

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

КУРБАНОВ ЭРКИН ИЛЬХАМОВИЧ

**НОАНЪАНАВИЙ ХОМАШЁ АСОСИДА ЦЕМЕНТ КЛИНКЕРИНИ
ВА УНИНГ ТЕХНОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.15 - Силикат ва қийин эрийдиган нометалл материаллар технологияси

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент - 2022

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**
**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Курбанов Эркин Ильхамович Ноанъанавий хомашё асосида цемент клинкери ва унинг технологик параметрларини ишлаб чиқиш	3
Курбанов Эркин Ильхамович Разработка цементного клинкера и его технологических параметров на основе нетрадиционного сырья	19
Kurbanov Erkin Ikhamovich Development of cement clinker and its technological parameters based on non-traditional raw materials.....	35
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works	38

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

КУРБАНОВ ЭРКИН ИЛЬХАМОВИЧ

**НОАНЪАНАВИЙ ХОМАСШЁ АСОСИДА ЦЕМЕНТ КЛИНКЕРИНИ
ВА УНИНГ ТЕХНОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.15 - Силикат ва қийин эрийдиган нометалл материаллар технологияси

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент-2022

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2018.2.PhD/Т648 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент кимё-технология институтида бажарилган. Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)). Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.tkti.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот-таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Мухамедбаева Замира Абдулжапаровна
техника фанлари номзоди, доцент

Расмий оппонентлар:

Юнусов Мирджалил Юсупович
техника фанлари доктори, профессор

Талипов Ниғматулло Хамидович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Тошкент архитектура-қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «__» _____ соат __ да бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент ш., А.Навои кўчаси, 32-уй. Тел.: (+99871)244-79-21, факс: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz)

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ _____ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент ш., А.Навои кўчаси, 32-уй. Тел.: (+99871)244-79-21).

Диссертация автореферати 2022 йил «__» _____ кун тарқатилди.
(2022 йил «__» _____ даги __ - рақамли реестр баённомаси).

С.М. Туробжонов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш раиси, т.ф.д. профессор

Х.К.Қодиров
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, т.ф.д., профессор

М.Х. Арипова
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунё миқёсида ноёб физик ва техник хусусиятларга эга, емирилишга чидамли ва ҳарорат ўзгаришига бардошли юқори сифатли клинкер асос цемент машинасозлик, кимё, тўқимачилик, кон - металлургия, тиббиёт, қурилиш соҳаларда кенг қўлланилмоқда. Цемент клинкерини қуйдиришнинг физик-кимёвий ва технологик асосларини ривожлантириш, ноанъанавий ва техноген материалларини қўллаб, паст ҳароратларда қуйдириш жараёнини жадаллаштириш, материал ва энергетик сарфларни камайтириш билан ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда хомашёнинг янги турларидан оқилона ва самарали фойдаланиш, ишлаб чиқариш технологиясини модернизациялаш асосида сифат кўрсаткичлари яхшиланган портландцемент клинкери ишлаб чиқаришнинг энергиятежамкор технологияларини қўллашга қаратилган чуқур тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада цемент клинкерини қуйдиришда паст ҳарорат ва ноанъанавий-техноген материалларни қўллаш, айланма печларда амалга ошувчи иссиқлик ва массаалмашилиш жараёнлари узвийлигини таъминлаш, юқори сафатли цемент олиш технологияларни ишлаб чиқиш ва синовдан ўтказишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда сўнги йилларда кимё саноати корхоналарини модернизация қилиш, рақобатбардош маҳсулотлар турлари ва ҳажмини кенгайтириш, маҳаллий хомашё ва ноанъанавий хомашё асосида цемент клинкерини ишлаб чиқариш технологияларини ривожлантириш бўйича маълум натижаларга эришилмоқда. Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида «юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, ишлаб чиқарилаётган маҳсулотларнинг сифатини яхшилаш ва клинкер ишлаб чиқаришда таркиби темир моддасига бой камёб ташкил этувчини тўлиқ алмаштириш имконини берадиган маҳаллий хомашё манбаларидан фойдаланиш, сифатли цемент олиш технологик жараёнини такомиллаштиришга қаратилган тадқиқотлар алоҳида аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги №ПФ-60-сонли «Янги Ўзбекистоннинг Тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги, 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сонли «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини ривожлантириш чоралари тўғрисида»ги, 2017 йил 21-апрельдаги ПҚ-2916-сон «Чиқиндилардан фойдаланиш тизимини тубдан такомиллаштириш ва ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2017 йил 8-ноябрдаги ПҚ-3379-сон «Энергия манбаларидан оқилона фойдаланишни таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сонли «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сонли «Кимё саноатини янада

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси тўғрисида» фармони

ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш чоратадбирлари тўғрисида»ги ва 2017 йил 6 апрелдаги ПФ-4891-сонли «Товарлар (ишлар, хизматлар) ҳажми ва таркибини танқидий таҳлил қилиш, импорт ўрнини босадиган ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришни чуқурлаштириш тўғрисида»ги фармонлари ва қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимё технологияси ва нанотехнологиялар» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Юқори ҳароратларда портландцемент клинкерини куйдириш, сифатли цемент олиш технологияларни ишлаб чиқиш, саноат печларида борадиган куйдириш жараёнлари шароитларини мақбуллаш бўйича А.И. Бойкова, Ю.М. Бутт, П.П. Гайджуров, А.П. Зубехин, В.И. Корнеев, Г.В. Коугия, И.В. Кравченко, Т.В. Кузнецова, И.Г. Лугинина, О.П. Мчедлов-Петросян, Б.И. Нудельман, А.П. Осокин, А.А. Пащенко, Л.М. Сулименко, М.М. Сычев, В.В. Тимашев, Н.А. Торопов, Р. Vhr, Е. Воерман, У. Людвиг, И. Маки, Р. Кондо, Г.Б. Егоров, А.А. Тимошенко, Л.Г. Шпынова, Х. Тейлор, В.К. Классен, Т.Ю. Судакас, В.И. Щубин, П. Вебер, И. Петерсен, Т.А. Атакузиев, З.П. Пулатов, М.И. Искандарова, Н.Х. Бабаев ва бошқалар илмий-тадқиқот ишларини олиб боришган.

Улар томонидан порландцемент клинкерини юқори ҳароратда куйдиришнинг физик-кимёвий ва технологик асослари ишлаб чиқилган, ноанъанавий ва техноген материалларини қўллаб, паст ҳароратларда куйдириш жараёни жадаллаштирилган, материал ва энергетик сарфларни камайтириш билан ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш тавсия этилган.

Шу билан бирга, «таркиб-структура-хусусият» боғлиқлиги асосида минералогик таркибларни тадқиқ қилиш, тўрт компонентли хомашёдан клинкер ҳосил бўлиш қонуниятлари аниқлаш, ноанъанавий хомашё материаллари асосида юқори физик-механик кўрсаткичли портландцемент олишнинг мақбул шароитлари аниқлаш, маҳаллий минерал ташкил этувчилар асосида қурилиш индустрияси учун қиммат бўлмаган ва эффектив портландцемент клинкери ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштириш бўйича тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг И-2015-7-20 «Паст ҳароратда куйдирилган туффитлар асосида актив гидравлик қўшимчалар олиш» (2015-2017 йй.) мавзусидаги инновацион лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади айланма печларда цемент клинкерини куйдиришни жадаллаштиришнинг энергия ва ресурстежамкор, илмий асосланган принципларини ривожлантириш, анъанавий хомашё базаси ўзгарганида технологик жараёнларни оптималлаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

кайта ишланадиган хомашё хусусиятлари ва олинадиган маҳсулотнинг минералогик таркиби ўзгарганида юқори ҳароратли ускуналарда портландцемент клинкерини олиш;

цемент ишлаб чиқаришнинг ҳўл ва қуруқ усулларида технологик параметрларни оптималлаштиришда 3 ва 4 компонентли таркибларни ҳисоблаш усулларидан фойдаланиш;

ноанъанавий хомашё материаллари қўлланилганида клинкер синтезининг физик-кимёвий ва технологик жараёнларини тадқиқ қилиш ҳамда қуйдириш жараёнини бошқариш ва клинкер сифатини ошириш принципларини ишлаб чиқиш;

ишлов бериладиган хомашё аралашмалари таркиби ва хусусиятларини бошқариш орқали портландцемент клинкерини ишлаб чиқаришнинг энергиятежамкорлик ва жадаллаштириш услубларини ишлаб чиқиш;

хомашё шлами қиздирилганида физик хусусиятларининг ўзгаришини инобатга олиб айланма печнинг иссиқлик алмашилиш қурилмаларини комплекс ўзгартириш ва лойихалаш алгоритминини ишлаб чиқиш;

портландцемент клинкери таркибида ноанъанавий компонент қўлланилганида печь қопламаси ҳолати ва печдан чиқаётган газларнинг ҳароратини аниқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Қорақия кони базальтлари, Балпантау кони диабазлари, охактош ва тупроқ танлаб олинган.

Тадқиқотнинг предмети сифатида ҳўл ва қуруқ усулда 4 компонентли хомашё аралашмасида кечадиган клинкер ҳосил бўлиш жараёнларини ўрганиш, саноат синовларини ўтказиш орқали хомашё аралашмасининг физик-кимёвий, физик-механик ва технологик хусусиятлари ва оптимал таркиб ва технологик режимларни аниқлаш танлаб олинган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида комплекс услубда масса таркибини аниқлаш, дилатометрик ва ИҚ-спектроскопик тадқиқотлар, термографик, рентгенографик, электрон микроскоп ва булардан ташқари физик-механик, технологик ва эксплуатацион хусусиятларини аниқлашда интеграциялашган тадқиқот усуллардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

тўйиниш коэффиценти ва модулларнинг турли кўрсаткичларида базальт асосли хомашё аралашмаларидан олинган клинкерларнинг микроструктураси ва фазавий таркибининг шаклланиш қонуниятлари асосланган;

клинкерни қуйдиришда базальт шишасининг кальций-темир таркибли авгит ҳосил қилиб парчаланиши аниқланиб, икки валентли темирнинг оксидланиши натижасида гематит ва кварцнинг ажралиши исботланган;

портландцементнинг мустаҳкамлиги темирга бой $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ таркибнинг анъанавий $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ таркибга нисбатан осон гидратланиши натижасида ҳосил бўлувчи алюмоферрит микдорининг ортиши билан асосланган;

айланма печлар қопламаси параллел шамот ва хромомагнезит иссиқбардош маҳсулотлари билан қопланиши орқали қуйдириш худудининг

аланга ости чегара бўлимида термик зўриқишларни 20 % гача камайиши, қоплама эксплуатацион муддати 1,2 марта узайиши исботланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ноанъанавий хомашё материаллари асосида юқори физик-механик кўрсаткичли портландцемент клинкери олишнинг мақбул шароитлари аниқланган;

оловбордош комплекс қопламалар ишлаб чиқариш технологияси такомиллаштирилган;

ёқилғи сарфи камайтирилган, қоплама турғунлигини таъминловчи айланма печларда цемент клинкерини қуйдиришнинг жадаллаштирилган технологияси ишлаб чиқилган;

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги лаборатория ва саноат тадқиқотларнинг замонавий физик-кимё таҳлил усуллари, маҳаллий хомашёни қўллаш борасида портландцемент клинкери хомашё аралашмалари таркибларини тайёрлашда замонавий компьютер ва дастурларни қўллаган ҳолда бажарилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти «таркиб-структура-хусусият» боғлиқлиги асосида турли минералогик таркибли портландцемент клинкери олинганлиги, илк бор тўрт компонентли хомашёдан клинкер ҳосил бўлиш қонуниятлари аниқланганлиги, ноанъанавий хомашё материаллари асосида юқори физик-механик кўрсаткичли портландцемент олишнинг мақбул шароитлари аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти, қуйдиришда паст ҳарорат ва ноанъанавий-техноген материалларни қўллаш, иссиқлик ва массаалмашиниш жараёнлари узвийлиги таъминланган айланма печларда юқори сафатли цемент клинкери ишлаб чиқаришда қўллашга ҳизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Таркибида базальт бўлган аралашмалар асосида цемент клинкери олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

«Зебра» усулида терилган ўтга чидамли ғишт қопламали айланма печларда цемент клинкери пишириш технологияси «Наманганцемент» МЧЖда ишлаб чиқаришга жорий қилинган (Ўзбекистон қурилиш материаллари саноати корхоналари уюшмасининг 2022 йил 28 июлидаги 03/06-1876-сон маълумотномаси). Натижада айланма печларнинг ўтга чидамли ғишт қопламаларини ишлаш муддатини 1,2 баробарга ошириш имконини берган;

таркибида базальт бўлган аралашмалар асосида цемент клинкери олиш технологиясини «Наманганцемент» МЧЖда ишлаб чиқаришга жорий қилинган (Ўзбекистон қурилиш материаллари саноати корхоналари уюшмасининг 2022 йил 28 июлидаги 03/06-1876-сон маълумотномаси). Натижада базальт хомашёсини қўллаш билан оловбордош комплекс қопламалар ишлаб чиқариш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари, 10 та халқаро ва 5 та республика миқёсидаги илмий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 24 та илмий иш, шу жумладан, асосий диссертация натижаларини нашр этиш учун Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган 1 та хорижий, 3 та республика миқёсидаги журналларда, шунингдек, ЎзР ИМАнинг 1 та фойдали модель (FAP № 01395) учун патентлари олинган ва 1 монография.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 126 бетни ташкил этди.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, Ўзбекистон Республикасининг фан, инновациялар ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мос эканлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва олинган тажриба натижаларининг илмий-амалий аҳамияти, уларни ишлаб чиқариш амалиётига жорий қилиниши, тадқиқотлар натижалари асосида олинган патентлар ва нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Юқори мустаҳкам цемент клинкерларини олишнинг кимё ва технологик масалалари бўйича тадқиқот ишларининг ҳозирги кундаги ҳолати»** деб номланган биринчи бобида магматик ва вулқон жинсларидаги кўпкомпонентли аюмосиликат системалардан фойдаланиб маълум ижобий натижаларга эришишга имкон берадиган замонавий илмий адабиётлар шарҳлари ва таҳлили келтирилган. Аниқланишича, магматик жинслар қўлланилганида фаза ҳосил бўлиш жараёнлари ва жараёнларнинг амалга ошиш кинетикаси классик аралашмаларни куйдиришда содир бўладиган жараёнларнинг боришидан шуниси билан фарқ қилар эканки, уларда кечадиган фаза ҳосил бўлиш жараёнларда табиий хомашё материаллар таркибига кирувчи йўлдош ишқорий-ер элементлари қатнашар экан. Тупроқ жинсларининг ўрнини боса оладиган янги турдаги алюмосиликат хомашёларини портландцемент клинкери олишда турли қийматли тўйиниш коэффициентлар ва модулларда қўллаш ва уларнинг ҳолати, куйдириш жараёнининг пишириш ҳудудини оптималлаштиришга оид муаммолар кўриб чиқилган. Портландцемент клинкери хусусиятларини яхшилашнинг асосий йўналишларидан бири сифатида базальт жинсларинининг суюқланишида клинкер суюқ фазаси миқдорининг ортиши ва минераллар ҳосил бўлишини яқунловчи даври тезлигига таъсири эканлиги аниқланган.

Келтирилган шархдан портландцемент клинкери технологиясида энергия ва ресурстежамкорликни таъминлаш борасида перспектив йўналишлардан бири сифатида ноанъанавий ва техноген материалларни цемент клинкерини куйдириш жараёнини жадаллаштиришда қўллаш эканлиги келиб чиқади. Ушбу диссертация иши айнан шу масалаларни ҳал қилишга, чунончи, юқори физик-механик ва эксплуатация хусусиятларига эга бўлган портландцемент

клинкерининг самарали хомашё аралашмалари ва технологиясини яратишга бағишланган.

Диссертациянинг «**Изланиш объектлари, уларнинг физик-кимёвий хоссалари ва тадқиқ қилиш усуллари**» номли иккинчи бобида портландцемент клинкерини олишда қўлланиладиган маҳаллий ноанъанавий ташкил этувчиларнинг физик-кимёвий, физик-механик ва технологик хусусиятларини таҳлил қилишнинг усуллари келтирилган. Портландцемент хомашё таркибларини лойихалашда Excel электрон жадваллари ва MathCad тизимлари каби замонавий усуллардан фойдаланилган. Базальтларнинг Қорақия кони, диабазларнинг Балпантау кони, охактошнинг Балиқли-Тау ва тупроқнинг Хилково конларидан олинган алюмосиликат таркибли хомашёларнинг кимёвий-минералогик хусусиятларига таалуқли олинган маълумотлар келтирилган.

Қўлланилган хомашё материалларнинг кимёвий таркиби 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Хомашё материалларининг кимёвий таркиби

Компонентлар	Оксидлар миқдори, масс.%								Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	ППП	
Охактош	2,18	0,61	0,31	52,69	0,86	0,30	0	42,41	99,26
Лёсс	54,63	11,65	4,74	10,00	2,80	0,63	0	11,36	95,81
Базальт	58,46	18,20	7,0	6,18	2,66	1,72	2,35	2,39	98,96
Диабаз	59,48	15,21	6,62	3,26	5,16	1,62	0	2,49	93,84
Огарка	33,10	7,92	41,49	3,58	2,61	2,87	0	0	91,57

Қорақия кони базальтлари таркибини таҳлил қилиш натижасида текшириляётган тоғ жинслари кўп фазали эканлигини кўрсатди. Микроскопик, рентгенографик ва электрон-микроскопик таҳлил маълумотларига кўра, уларда формуласи (Na,Ca)Al₂Si₂O₈ бўлган ишқортутувчи анортит, диопсид типига мансуб CaMg[Si₂O₆] темиртутувчи пироксенли қаттиқ эритма, авгит Ca(Mg,Fe²⁺)[Si₂O₆·CaFe[AlSiO₆], эгирир Na,Fe³⁺[Si₂O₆]; актинолит Ca₂[Mg,Fe]₅[OH]₂[Si₈O₂₂]; эпидот Ca₄Al₆[OH]₂O₃[Si₂O₇]₃, кварц SiO₂ каби асосий фазалар мавжуд.

Диссертациянинг «**Ноанъанавий хомашё материаллари қўлланилганида хомашё аралашмасини куйдириш жараёнида борадиган физик-кимёвий ўзгаришлар**» номли учинчи бобида қуруқ ва хўл усулда 4 компонентли хомашё аралашмаларининг тўйиниш коэффциенти ва модулларга боғлиқ ҳолда оптимал таркибларини лойихалаш натижалари келтирилган. Базальт ва диабаз асосидаги клинкер хомашё аралашмалари куйдирилишининг физик-кимёвий, физик-механик ва иссиқлик техник жараёнлари ўрганилган.

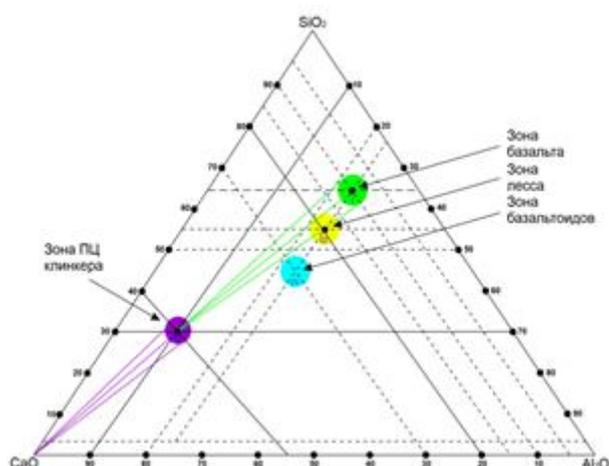
Хомашё аралашмаси ва клинкернинг ҳисобланган таркиби 2-жадвалда келтирилган.

Хомашё аралашмаси ва клинкернинг ҳисобланган таркиби

Компонент	Оксидлар миқдори, масс.%									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	ППП	бошқалар	Сумма
Охактош	0,94	0,60	0,38	40,48	0,50	0,15	0,23	32,22	0,02	75,52
Лёсс	9,62	2,02	0,84	2,61	0,36	0,15	0,52	2,57	0,04	18,73
Базальт	1,45	0,45	0,17	0,15	0,07	0,04	0,06	0,06	0,03	2,48
Огарка	1,52	0,29	1,31	0,04	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	3,24
Ёқилғи кули	0,81	0,18	0,31	0,21	0,12	0,05	0,00	0	0,25	1,93
хомашё аралашмаси, %	13,53	3,36	2,70	43,28	0,93	0,38	0,85	34,85	0,09	100
Клинкер,%	21,18	5,24	4,37	65,37	1,52	0,62	1,28	0	0,39	100

Хомашё аралашмаси таркибига базальт киритилганида компонентлар нисбати куйидагича (% мас.): охактош-75,52; лёсс-18,73; базальт-2,48; огарка-3,24. Уч ва тўрт компонентлар хомашё аралашмаси ҳисоби натижасида аралашмага базальт 4-компонент сифатида киритилганида охактош миқдори деярли ўзгармайди (1 тонна клинкерга 1183 ва 1190 кг). Киритиладаган базальт миқдори (1 тонна клинкерга 42 кг) хомашё аралашмаси таркибидаги лёсс миқдорининг камайиши ҳисобига (1 тонна клинкерга 369 ва 325 кг) тўғри келади.

Қорақия кони базальтларини портландцемент клинкери хомашё аралашмасида алюмосиликат компонент сифатида қўллаш имкониятларини баҳолаш учун биз томонимиздан уч компонентли системанинг ҳолат диаграммаси курилди. CaO-SiO₂-Al₂O₃ нинг ҳолат диаграммасига базальтларнинг 9 та кони кимёвий таркиблари нуқталари киритилди (1-расм) ва базальтсимон жинсларнинг мавжуд бўлиш ҳудуди аниқланди. Базальтсимон жинсларнинг мавжуд бўлиш ҳудуди портландцемент ҳудудидан ўтиши кўрсатиб берилди. Олинган натижалар маълум нисбатларда олинган базальт ва тупроқдан портландцемент клинкерини олиш мумкинлиги тўғрисидаги фаразларни тасдиқлади.



1-расм. CaO-SiO₂-Al₂O₃ системасининг ҳолат диаграммаси

I- портландцемент ҳудуди, II- базальт ҳудуди, III- тупроқ ҳудуди, IV- базальтсимонлар ҳудуди

Бинобарин, 1200 °С ҳароратда ҳосил бўладиган $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ портландцементдаги CaO ва Fe_2O_3 га нисбатан тез гидратланганлиги сабабли, темир билан бойиган ушбу фаза анъанавий таркибларга нисбатан паст ҳароратларда олинад ва клинкерда алюмоферрит фазанинг ортиши портландцемент клинкери хоссаларида ижобий намоён бўлиши мумкин. Шу сабабдан хомашё аралашмаси шламларининг кимёвий таркиби аниқланган (3-жадвал).

3-жадвал

Хомашё аралашмаси шламларининг кимёвий таҳлили

Шлам	Оксидлар миқдори, масс.%						Титр, %
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Сумма	
Тўрт компонентли аралашма	14,05	3,30	3,03	42,65	1,23	64,26	78,37
Уч компонентли аралашма	13,96	3,21	3,00	41,84	1,21	63,32	78,00

Уч компонентли хомашё аралашмасини куйдириш бўйича тажриба ишлари ҳўл усулда ишлайдиган ўлчами $\text{Ø}4\times 140$ м бўлган рекуператор совутгичли айланма печида ўтказилди. Клинкернинг технологик кўрсаткичлари: гидравлик модули- 2,10; калориметрик модули - 2,43; пиширилиш коэффициенти - 0,58; куйдирилиш индекси - 3,09. ТЭЖ – 1648 кДж/кг.кл (394 ккал/кг кл).

Тўрт компонентли хомашё аралашмасини куйдириш бўйича тажриба ишлари қуруқ усулда ишлайдиган рекуператор совутгичли декарбонизаторли айланма печда ўтказилди.

Тўрт компонентли хомашё аралашмасинидан олинган клинкернинг таҳлил натижалари 4-жадвалда келтирилган.

4-жадвал

Портландцемент клинкери ва цементнинг мустахкамлик кўрсаткичлари

Цементлар	Қўшимча миқдори, %	Буғлатишдаги активлиги, МПа				Цементнинг 28 кунлик мустахкамлиги, МПа	
		Клинкер ПЦ		Цемент ПЦ 400-Д20			
		эгилиш	сиқилиш	эгилиш	сиқилиш	эгилиш	сиқилиш
Тўрт компонентли аралашма	18,0-19,0	3,9	27,7	3,9	24,5	5,8	40,5
Уч компонентли аралашма	15,0-16,0	3,7	26,4	3,8	24,3	6,0	40,6

4-жадвалдан кўриниб турибдики, тўрт компонентли аралашмадан олинган клинкернинг буғлатишдаги мустахкамлиги уч компонентли аралашмадан олинган клинкерникидан 5% га юқори экан. Цементларнинг 28 кунлик мустахкамлиги деярли бир хил бўлиб, амалдаги давлатлараро стандартлар талабларига жавоб беради ва мустахкамлик кўрсаткичлари бўйича “400” маркага мос келади.

1200-1300 °С ҳароратда куйдирилган портландцемент хомашё аралашмалари қаттиқ фазаларда ҳосил бўлган минераллар ва реакцияга

киришмай қолган эркин кальций оксидидан ташкил топган. Ҳароратнинг янада кўтарилиши суяқ фазанинг ҳосил бўлишига олиб келади, куйдириш жараёни суяқ фаза иштирокида боради. Қаттиқ зич кальций оксиди эришининг натижасида икки кальцийли силикат ҳосил бўлади. Суяқ фазанинг керакли компонентлар билан етарли даражада тўйиниши туфайли янги фаза – уч кальцийли силикатнинг кристалланиш жараёни бошланади.

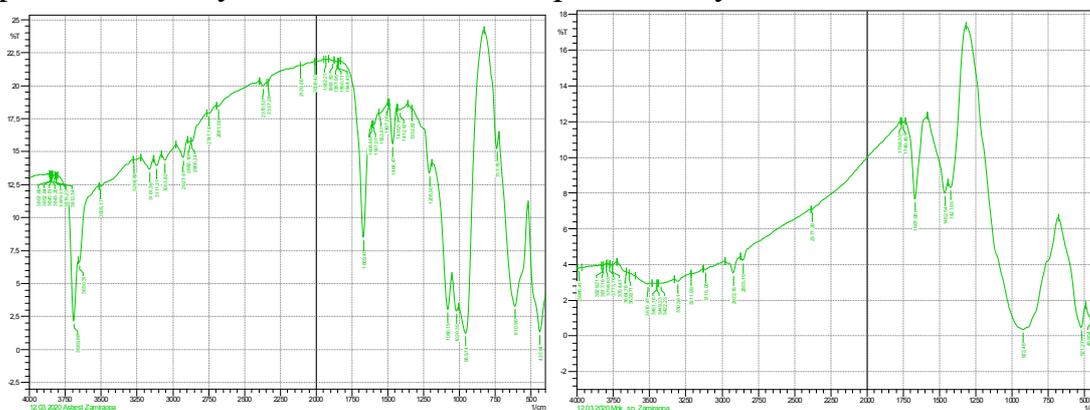
Тупроқ компонентли анъанавий хомашё аралашмаларини куйдиришда борадиган жараёнлар етарли даражада яхши ўрганилган. Тупроқ компонентли хомашё аралашмаларини куйдиришда минералларнинг ҳосил бўлиш кетма-кетлиги В.В. Тимашев ва бошқалар томонидан белгилаб берилган. Анъанавий 3 компонентли аралашма ҳамда 4 компонентли таркибида базальт бўлган портландцемент клинкери хомашё аралашмаларининг фазавий таркибини ўрганишимизда базальт ва тупроқли аралашмаларни куйдиришда минераллар ҳосил бўлиш кетма-кетлигида фарқ борлиги аниқланди. Тупроқ тутувчи компонентлар бўлганида бирламчи янги ҳосил бўлган фаза сифатида 700 °С да геленит, 900 °С да кальцийли алюминатлар ва 1000 °С да икки кальцийли силикат қайд этилди. Геленит 1250 °С гача, кварц эса 1200 °С гача мавжуд бўлади. Алитнинг шаклланиши 1250 °С да, яъни базальт иштирокидаги аралашмаларга нисбатан 100 °С юқорида ҳароратда бошланади.

Базальтли ва анъанавий аралашмалар таркибларини куйдиришда пайдо бўладиган янги ҳосилалар таркиби бир-биридан кескин фарқланади. Шу билан бирга, асосий клинкер минералларининг ҳосил бўлишининг ҳарорат чегаралари ҳам фарқланади. Фарқланиш базальтнинг қиздирилишдаги ўзига ҳослиги билан боғлиқ. Тадқиқ қилинаётган базальт намунасида рентгенофазавий таҳлил асосида пироксенлар гуруҳига мансуб авгит $d=0,162; 0,252; 0,298$ нм ва диопсид $d=0,294; 0,298; 0,323$ нм борлиги кузатилди. Намунада плагиоклаз гуруҳига мансуб минераллар, жумладан шу гуруҳга кирувчи анортит $d=0,286; 0,292; 0,322; 0,404$ нм ҳам борлиги аниқланди. Бундан ташқари темир тутувчи минераллар гематит $d=0,269; 0,259$ нм, магнетит $d=0,254; 0,210$ нм ва вюстит $d=0,214$ нм ҳам қайд этилади. Намуна 1150 °С гача қиздирилганида суяқлана бошлайди. Суяқланиш жараёнининг ниҳояси 1300 °С ҳароратларда кузатилади. Базальт 900 °С ҳароратгача қиздирилганида фазавий таркибнинг кескин ўзгариши кузатилмайди, фақат $d=0,252-0,254$ ва $0,292-0,298$ нм рефлексларининг авгит-магнетит-гематит ва плагиоклаз таркибларининг анортит томонига ўзгариши натижасида турли минераллар чизиқларининг устма-уст тушишидан бирмунча сурилиши кузатилади. 1000 °С дан кейин кристалларни суяқланишга олиб келадиган ўзгаришлар бошланади. Пироксен гуруҳига мансуб минералларнинг суяқланиши 1250 °С бошлаб жадаллашади. 1200-1250 °С ҳароратда фақатгина икки минерал – плагиоклаз ва гематитга мансуб рефлекслар намоён бўлади. 1300 °С да рентгенограмма базальтнинг тўлиқ суяқланишидан далолат берувчи шишасимон моддаларга ҳос бўлган кўринишга ўтади. Шундай қилиб, базальтнинг суяқланиши плагиоклаз ва гематитнинг миқдори сезилар бўлмайдиган 1250 °С деб қабул қилинса бўлади.

Тоза базальт ва 4 компонентли хомашё аралашмаси термограммаларида янги ҳосилаларнинг пайдо бўлганлигини тасдиқловчи дея қандай эффектлар топилмади. Фақатгина, фарқланиш эндотермик эффектнинг чуқурлигининг ўзгаришида акс этиб, базальтнинг суюқланиш ва ҳароратнинг чегараси ўзгаришидан далолат беради: тоза базальтнинг ҳарорат таъсирида суюқлик ҳосил қилиши таркибига кальций оксиди киргани сабабли 40 °С га кечроқ бошланиб, суюқланишга замин яратилишини кўрсатади.

Икки кальцийли силикатнинг вақтлироқ пайдо бўлишига, C_2S ҳосил бўлишида унинг таркибига кирувчи кремнийнинг базальт таркибида кристалл бирикмалар - силикатлар, алюмосиликатлар, шишасимон ва қўшилмали кварц ҳолида мавжудлигидадир. Кальций ионларининг миқдори декарбонизация-ланишда қаттиқ эритмаларда ютилишига нисбатан ортиқча бўлганида, кальций оксиди-кремнезем системаси учун оддий бўлган силоксан боғларнинг кристалллар юза қатламлари, шишасимон модда ва қўшилмали кварц доналарида узилиш жараёнлари содир бўлади. Айтилганларнинг бариси хомашё аралашмаларини куйдиришнинг ҳам қуруқ, ҳам хўл усулида амалга ошадиган жараёнларнинг ИК-спектроскопик тахлили натижалари билан ҳам тасдиқланган (2а ва 2б-расмлар).

Суюқ фазадаги реакцияларнинг бошланиши 1150 °С ҳароратда бошланиши кам миқдорда алитнинг ҳосил бўлишига олиб келади. Биз кўриб чиқилаётган ҳолатда 20-30% суюқликнинг мавжуд бўлиши алит ҳосил бўлишининг бошланиши 1200°С да, клинкер минераллари жараёнларининг якуни эса 1300-1350 °С да қайд этилди. Базальтли хомашё аралашмаларида 1150-1180 °С ҳароратда ҳосил бўладиган алит миқдори катта бўлмайди.



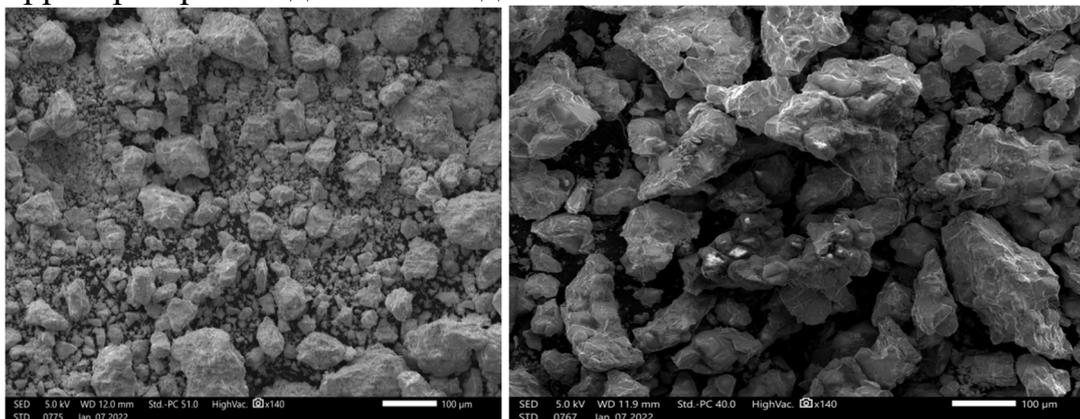
а

б

2-расм. Қуруқ (а) ва хўл (б) усулида 4 компонентли хомашё аралашмасидан олинган портландцемент клинкерларининг ИҚ- спектрлари

Портландцемент клинкери юзасининг электрон тасвири материал тузилиши зонадор эканлигидан далолат беради. Заррачалар ўлчами 15-30 мкм ни ташкил этади (3-расм, а). Паст ҳароратлар ҳудудида ҳосил бўладиган алит кристалларининг солиштирма юзаси ривожланган бўлиши сабабли, улар куйдиришнинг кейинги босқичларида CS доналарининг шаклланишида марказлар вазифасини бажариш қобилиятига эгадир. Базальтли аралашмаларда бундай марказларнинг анъанавий таркибларга нисбатан кўплиги (3-расм, б) билан базальтли аралашмаларда алит миқдорининг жадал ўсишини изоҳлаш

мумкин. Ўлчамлари 40-50 мкм бўлган думалоқ доналар мавжудлиги кузатилади. Кремний миқдори катта бўлган ва уларда кальций бўлмаган худудлар ҳам бор. Цемент клинкери алохида агрегат-блоклари зарраларидан ташкил топган, блокларнинг чегараси яққол бўлиб, айрим ҳолларда очроқ рангга эга. Бундай худудларни белит намоён қилади. Алюминий ва темир клинкер юза майдонида бир хил тарқалмаган ва уларнинг аксарияти алит ва белит зарралари оралиғида жойлашади.



а

б

3-расм. 3 компонентли хомшаё аралашмаси (а) ва 4 компонентли хомшаё аралашмасидан ҳўл усулда олинган (б) портландцемент клинкерлари намуналарининг электрон-микроскопик тасвири

Тўрт кальцийли алюмоферритнинг нисбатан кечроқ кристалланишининг сабаби 1250 - 1300 °С ҳароратда магнетит кристалларининг суюқликда эриши бўлиши мумкинки, бу ҳароратларда темир ионларининг турғунлиги куйдириш босқичларининг дастлабки даврларида танқислиги билан изоҳланади.

Шундай қилиб, хомшаё аралашмасида базальтнинг бўлиши кальцитнинг диссоциацияланиши жараёнида эркин кальций оксиди ажралиши тезлаштириши ва мазкур бирикманинг 1250 - 1300 °С да силикат, алюминат ва темир бирикмалари билан клинкер минералларининг ҳосил бўлишидаги паст ҳароратли босқичларда ўзаро таъсирланиши кўрсатилди.

«Цемент клинкери куйдиришдаги айланма печларда иссиқлик ва масса алмашинишни жадаллаштириш» деб номланган тўртинчи бобда намлиги 33,75% бўлган нормал шлам кўлланилганида айланма печларда иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнларининг бориши масалалари кўриб чиқилган (5-жадвал).

5-жадвал

Нормал шлам тавсифи

Шлам тавсифи	Кўрсаткичлари
Намлик, %	31 - 36
Ёйилиши, мм	58 - 72
Майдалик даражаси, № 02 элакдаги қолдиқ, %	1,2 - 2,0
Fe ₂ O ₃ миқдори, масс. %	2,5 - 3,1
MgO миқдори, масс. %	кўпи билан 3,2
Тўйиниш коэффициентлари (ТК)	0,91 - 0,95
Силикат модули (n)	1,95 - 2,8
Глинозем модули (p)	1,00 - 1,50

5-жадвалдан кўришиб турибдики, шламнинг тавсифи яхши, мустахкам гранулаларнинг ҳосил бўлишини таъминлай олади. Бундай шлам маълум даражада пластик боғловчи хусусиятларига эга.

Клинкер ишлаб чиқаришда базальтларнинг қўлланилиши шламнинг критик намлигининг ўзгариши билан боради, яъни занжирларга материалнинг максимал ўтиши билан. Занжирли худуд охирида материал куриши натижасида печдан чиқаётган чанг миқдори 25% гача ортади. Чанг миқдори ортишининг салбий томонини занжир миқдорини тўғри ҳисоблаш ва занжирларни осилиш турини танлаш орқали бартараф этиш мумкин.

«Бекободцемент» АЖ даги ўлчами Ø4,0x140 м бўлган печлар иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг комплекс тахлили занжирларни осилиш схемаси шламнинг куришдаги ўзгаришини инобатга олмаганлигини кўрсатди. Гранулаланишга мойил бўлмаган шламлар занжирларга материалнинг тез ўтиши билан ажралиб туради. Шунинг учун, занжир дарпардаларни бир учи эркин 4 киримли винт тарзида ўрнатилиши тавсия этилади. Дарпардалар зичлиги ва занжирлар узунлигининг оширилиши иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнларини яхшилайдди.

Шу тариқа ўлчами Ø4,0x140 м бўлган айланма печда 30 метр узунликдаги эски дарпарда реконструкция қилинди. Таклиф этилган ўзгартиришдан асосий мақсад печлар иссиқлик технологик режимининг бузилишига олиб келадиган занжир худуднинг пластик қисмида халқа ҳосил бўлишини бартараф қилишдир.

Занжир худуднинг янги схемасига асосан, 3 киримли гирлянд-винтли дарпарданинг 2 бўлими бутунлай олиб ташланди ва уларнинг ўрни сегментларининг қиялик бурчаги 27 градус ўрнига 50-60 градус бўлган 4 киримли эркин осилган дарпарда билан алмаштирилди.

Янги схемага кўра занжир худуди 37 метрни ташкил этади, шу жумладан: 1-бўлим, узунлиги 4 метр - хўл фильтр (4 киримли эркин осилган), ЦОН 25 × 120 маркали (овал нормал) занжирли; 2-бўлим, узунлиги 10 метр - 4 киримли эркин осилган дарпарда, ЦКН 25 × 100 маркали (думалоқ нормал) занжирли; 3-бўлим, узунлиги 15 метр - 4 киримли эркин осилган дарпарда, ЦОЖ 25 × 120 маркали (овал иссиқлик бардош) занжирли; 4-бўлим, умумий узунлиги 7,5 метр - айланма иссиқлик алмашиниш қурилмаси, бир қатор гирлянд дарпарда, 1,5 метрли 5 қаторли поёндоз; узунлиги 0,5 метр, ЦОЖ 25 × 120 маркали (овал иссиқлик бардош) занжирли 1 қатор парда (шторка).

Шундай қилиб, «Бекободцемент» АЖ да қўлланиладиган хомашё шлами барча хусусиятларини эътиборга олиб ва печ шлашининг оптимал чораларини кўриб, базальтни қўллаш натижасида айланма печ унумдорлигини соатига 2 тоннага оширишга эришилди.

Хомашё таркибида диабаз ва базальт бўлганида печ қопламаси турғунлигига таъсирини аниқлайдиган изланишларни ҳам ўтказдик.

Айланма печ иссиқлик қопламасининг куйдириш худуди аланганинг юқори ҳарорати таъсирида бўлади (1600-1700 °С). Шу худудда бўлган материалнинг ҳарорати аланга ҳароратидан 150-200 °С пастроқ бўлади. Цемент клинкерини ишлаб чиқаришнинг қуруқ усулида куйдириш худудига айланма

печ узунлигининг 60 % гача ва аланга узунлигининг тахминан 25 % га тўғри келади.

Куйдириш худуди узунлиги бўйича термик зўриқишларнинг бир меъёра тақсимланишини таъминлаш, максимал ҳароратлар бўлимида термик зўриқишларни камайтириш ва айланма печ иссиқлик бардош қопламаси турғунлигини ошириш мақсадида печ танасининг ўқи бўйича келма-кет алмашадиган параллел шамот ва хромомагнетит иссиқлик бардош махсулотлари билан қоплаш таклиф этилди.

«Зебра» усулидаги қопламада ШЦУ 3 маркали шамот ва ПШПЦ В320 маркали периклазшпинел магнезиал ғиштлардан фойдаланилди. Ғиштлар куйдириш худудининг юқори ўтиш бўлимидан 7 м масофада терилди. 23 метрдан бошлаб, магний миқдори 80 – 82 % бўлган В320 + В620 магнетитли ғиштлар ётқизилди. Қоплама кенгайтирувчисиз усулда қотирилди.

Таклиф этилган қоплама схемаси «Бекободцемент» АЖ да Ø4x60 м ўлчамли портландцемент клинкерини қуруқ усулда ишлаб чиқарадиган айланма печда синовдан ўтказилди. Куйдириш худудининг умумий узунлиги 37 м. Ўтказилган синовлар натижаси таклиф этилган иссиқлик қопламасини қўллашда куйдириш худудининг чегара бўлимида термик зўриқишларнинг 20% гача камайиши, қопламанинг хизмат қилиш муддати куйдириш худудидаги термик зўриқишларнинг текисланиши эвазига 1,1-1,2 баробар узайишини кўрсатди. Шу билан бирга, печ қопламасини барпо этиш вақти ҳам камаяди.

Цемент клинкерларини йўллаб чиқариш иқтисодий самарадорлигини таққослаш хомашё аралашмасининг кўп компонентлилиги, асосий технологик хомашё, материаллар ва ТЭР сарфига нисбатан олиб борилди. Ҳисоблашлар 3 компонентли хомашё аралашмасидан клинкер ишлаб чиқаришда умумий ҳаражатлар 8 038 470 000 сўмни, 4 компонентли хомашё аралашмасидан клинкер ишлаб чиқаришда эса 7 217 670 000 сўмни ташкил этишини кўрсатди. Демак, клинкер ишлаб чиқариш ҳажми 20 000 тонна бўлганида базальтни хомашё компоненти сифатида қўллашдан олинadиган иқтисодий самарадорлик 820 800 000 сўмни ташкил этади.

ХУЛОСАЛАР

1. Олиб борилган илмий изланишларнинг танқидий тахлили клинкер синтезида ноанъанавий хомашёлар қўлланилишида алюмосиликат ва темир тутувчи хомашё материалларнинг физик-кимёвий ва технологик жараёнларга таъсирини ўрганишни назарда тутувчи изланишлар самарали эканлигини тасдиқлайди. Куйдириш жараёнини бошқариш принципларини ва клинкер сифатини ошириш усуллари ишлаб чиқиш, цемент клинкерини куйдириш жараёнини жадаллаштириш йўллари топиш борасидаги изланишларни кенг қамровда олиб боришни тақазо қилади, шу билан бирга бу йўналишни энергия ва ресурстежамкорлик борасида истиқболли эканлигини белгилаб беради.

2. Қорақия кони базальт жинслари ва Балпантау кони диабазларини комплекс ўрганиш асосида портландцемент клинкери хомашё аралашмаларининг оптимал таркиблари ишлаб чиқилди. Турли қийматдаги

тўйиниш коэффициентлари ва модификацияловчи модулли таркибида базальт бўлган хомашё аралашмалари асосида олинган клинкерларнинг фазавий ва микроструктураси тузилишининг қонуниятлари белгилаб берилди.

3. Портландцемент клинкери хомашё аралашмасида тупроқ компонентни темир тутувчи алюмосиликат материаллар билан алмаштириш мумкинлиги асослаб берилди. Юқори мустаҳкамликга эга портландцемент олишда Қорақия базальти ва Балпантау кони диабазлари каби алюмосиликат жинслар портландцемент клинкери учун хомашё сифатида қўлланилиши мумкинлиги аниқланди.

4. Базальт жинсларини қўллашда клинкер синтези жараёнларининг физик-кимёвий ва технологик ўзига ҳос тамонлари куйдириш жараёнини бошқариш принциплари ва клинкер сифатини ошириш йўллари ишлаб чиқишда ўрганилди.

5. Охактош карбанизацияси ҳароратигача эркин ҳолдаги алюминий ва кремний оксидларининг бўлмаслиги ва геленит типигадаги оралиқ бирикмаларни ҳосил қилишнинг имкони йўқлиги туфайли таркибида базальт бўлган хомашё аралашмаларининг реакцияга киришиш қобилияти юқори бўлиб, шунга асосан клинкер ҳосил бўлиши нисбатан паст ҳароратларда ($1250-1300^{\circ}\text{C}$), клинкерни анъанавий хомашё аралашмаларини куйдириш ҳароратларидан 150°C пастроқда яқунланиши аниқланди.

6. Таркибида базальт бўлган порландцементларнинг физик-механик синовлари уларни амалдаги ГОСТ талабларига мос келадиган “400” ва “500” маркали портландцементларга мансуб эканлигини кўрсатди.

7. Қуруқ ва хўл усулда 4 компонентли хомашё аралашмаларида кечадиган клинкер ҳосил қилишнинг физик-кимёвий жараёнлари тадқиқ қилинди ва айланма печларда борадиган иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнлари ўрганилди, ҳамда жорий қурилмаларда куйдиришни жадаллаштиришнинг самаралироқ усуллари таклиф қилинди.

8. Қуруқ усулда ишлайдиган айланма печлар қопламаси келма-кет алмашадиган параллел шамот ва хромомагнетит иссиқлик бардош маҳсулотлари билан қопланиши орқали куйдириш худудининг аланга ости чегара бўлимида термик зўриқишларни 20% гача камайтириш, қопламанинг хизмат қилиш муддатини 1,1-1,2 баробар узайтириш имконини беради.

9. Клинкер ишлаб чиқариш ҳажми 20 000 тонна бўлганида базальтни хомашё компоненти сифатида қўллашдан олинадиган иқтисодий самарадорлик 820 800 000 сумни ташкил этади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КУРБАНОВ ЭРКИН ИЛЬХАМОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА И ЕГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ
НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ**

**02.00.15–Технология силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Ташкент–2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2018.2.PhD/T648

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу www.tkti.uz и информационно-образовательном портале «ZiyoNET» по адресу www.ziyo.net.

Научный руководитель: **Мухамедбаева Замира Абдулжапаровна**
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Юнусов Мирджалил Юсупович**
доктор технических наук, профессор

Талипов Нигматулло Хамидович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: **Тошкентский архитектурно-строительный институт**

Защита диссертации состоится « ____ » _____ 2022 г. в ____ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте. (Адрес: 100011, г.Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои32. Тел.: (99871) 244-79-21; факс: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за №_____, с которой можно ознакомиться в ИРЦ. (100011, Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871)244-79-21.

Автореферат диссертации разослан « ____ » _____ 2022 года.
(реестр протокола рассылки № _____ от _____ 2022 года).

С.М. Туробжонов
Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Х.И. Кадиров
Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

М.Х. Арипова
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 настоящее время в мире, в области машиностроения, химической, текстильной, горно-металлургической промышленности, медицине, строительной индустрии широко применяется цемент, полученный на основе высококачественного клинкера, обладающего редкими физическими, техническими свойствами, устойчивостью к изменению перепада температур. Интенсификация физико-химических и технологических процессов обжига цементного клинкера с использованием нетрадиционных и техногенных материалов, снижение температуры процесса обжига, затрат на энерго- и ресурсосбережения в технологии цемента является важной задачей.

В настоящее время на мировом уровне ведутся научные исследования по разработке ингредиентов и составов, улучшающих строительно-технические свойства портландцементного клинкера, созданию высокоэффективных энерго- и ресурсосберегающих технологий, улучшению их эксплуатационных показателей. В частности, можно отметить разработанные технологии по получению цемента путём интенсификации процесса обжига цементного клинкера с использованием нетрадиционных и техногенных материалов. Ведутся работы, направленные на создание высокоэффективных технологий получения качественного цемента за счет улучшения тепломассообменных, физико-химических и химических процессов, протекающих в печи.

В Республике особое внимание уделяется модернизации химической промышленности, в этом плане достигнуты определенные результаты по отбору минеральных ингредиентов на основе местных нетрадиционных сырьевых материалов и промышленных отходов, входящих в состав строительных материалов, увеличение выпуска специальной конкурентоспособных видов продукции, разработке технологий их производства.

В программе стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важные задачи, направленные на «...обеспечение продуктов и технологий совершенно нового типа, и обеспечение производства отечественных продуктов, конкурентоспособных на внешнем и внутреннем рынках на этой основе...»¹. В этом плане ведутся научные исследования, направленные на интенсификацию процесса обжига сырьевых смесей, создание производства портландцементного клинкера на основе сырьевых материалов, которые могут полностью заменить дефицитные железосодержащие компоненты в сырьевой шихте при производстве цемента.

Данное диссертационное исследование в определенной мере служит реализации задач, поставленных в Указе Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускорению развития химической промышленности в Республике Узбекистан», № ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической

¹ Указ Президента республики Узбекистан УП-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» от 28 января 2022 года.

промышленности и повышению ее инвестиционной привлекательности» и № УП -4891 от 6 апреля 2017 года «О критическом анализе объема и состава товаров (работ, услуг), углублении локализации импортозамещающих производств», а также других нормативно-правовых актах, относящиеся к данной деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Изучению высокотемпературного спекания портландцементного клинкера, разработке технологии получения высококачественного цемента, созданию альтернативных условий для протекания процессов обжига в промышленных печах были посвящены научно-исследовательские работы: А.И. Бойкова, Ю.М. Бутт, П.П. Гайджурова, А.П. Зубехина, В.И. Корнеева, Г.В. Коугия, И.В. Кравченко, Т.В. Кузнецовой, И.Г. Лугининой, О.П. Мчедлов-Петросяна, Б.И. Нудельмана, А.П. Осокина, А.А. Пащенко, Л.М. Сулименко, М.М. Сычева, В.В. Тимашева, Н.А. Торопова, Р. Vhr, Е. Воермана, У. Людвиг, И. Маки, Р. Кондо, Г.Б. Егорова, А.А. Тимошенко, Л.Г. Шпыновой, Х. Тейлор, В.К. Классен, Т.Ю. Судакас, В.И. Щубина, П. Вебер, И. Петерсен, Т.А. Атакузиева, З.П. Пулатова, М.И. Искандаровой, Н.Х. Бабаева и др.)

Ими разработаны физико-химические и технологические основы высокотемпературного обжига портландцементного клинкера при использовании нетрадиционных техногенных материалов, оптимизирован процесс обжига при низких температурах, при снижении материальных и энергетических затрат даны рекомендации по усовершенствованию технологии производства.

Наряду с этим путем установления корреляционной зависимости «структура-свойства» изучены минералогический состав, закономерности получения портландцементного клинкера из 4-х компонентной сырьевой смеси, определены альтернативные условия получения портландцемента с высокими физико-механическими показателями на основе нетрадиционных сырьевых материалов, проведены научные исследования по интенсификации технологии получения недорогого и эффективного портландцементного клинкера на основе минеральных ингредиентов из местного сырья для строительной индустрии

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно - исследовательских работ инновационных проектов Ташкентского химико-технологического института И-2015-7-20 по теме: «Активные гидравлические добавки на основе туффитов, обожженных при низких температурах» (2015-2016 гг.).

Целью исследования является развитие научно обоснованных принципов интенсификации обжига цементного клинкера при энерго- и

ресурсосбережении во вращающейся печи и оптимизация технологических процессов при изменении традиционной сырьевой базы.

Задачи исследования:

получение портландцементного клинкера в высокотемпературных аппаратах при изменении свойств перерабатываемого сырья и минералогического состава выпускаемой продукции;

применение методов расчета 3-х и 4-х компонентных сырьевых смесей портландцементного клинкера по мокрому и сухому способу производства цемента для оптимизации технологических параметров;

исследование особенностей физико-химических и технологических процессов синтеза клинкера при использовании нетрадиционных сырьевых материалов с разработкой принципов управления процессом обжига и способов повышения качества клинкера;

разработка методологии энергосбережения и интенсификации технологических процессов производства портландцементного клинкера, путем регулирования состава и свойств обрабатываемых сырьевых смесей;

разработка алгоритма проектирования и совершенствования комплекса теплообменных устройств во вращающейся печи с учетом изменения при нагревании физических свойств сырьевого шлама;

изучение состояния футеровки печи при использовании железосодержащего компонента в составе портландцементного клинкера и выявление температуры отходящих газов из печи.

Объектами исследования являются базальты месторождения Каракия, диабазы Балпантаусского месторождения, известняк и лесс.

Предметом исследования являются изучение процесса клинкерообразования 4-х компонентной сырьевой смеси по сухому и мокрому способам, физико-химических, физико-механических и технологических свойств сырьевых смесей и установление оптимальных составов и технологических режимов их спекания путем выполнения производственных испытаний.

Методы исследования. В диссертационной работе комплексным методом определен состав массы, проводили дилатометрическое и ИК-спектроскопическое исследования термографическим, рентгенографическим, электронномикроскопическими способами, кроме этого для определения физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств применяли интеграционные методы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлены закономерности формирования фазового состава и микроструктура клинкера из базальтсодержащих сырьевых смесей при различных значениях коэффициента насыщения и модифицирующих модулей;

выявлены особенности физико-химических процессов обжига клинкера при использовании базальтсодержащих пород. Установлено, что в процессе растекловывания базальта образуется авгит состава (Ca, Fe), из которого при окислении двухвалентного железа выделяются гематит и кварц;

выявлено, что повышение прочности портландцемента зависит от увеличения количества богатого железом расплава $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, в результате его быстрой гидратации, чем у традиционного состава $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$

предложены и реализованы принципы создания и совершенствования комплекса решений по футеровке во вращающейся печи, заключающееся в конструировании схемы и элементов кладки огнеупоров с учетом изменения в процессе нагревания физических свойств материала.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

значительное повышение стоимости природного топлива явилось побудительной мотивацией для возобновления работ, направленных на сокращение затрат при обжиге цементного клинкера;

разработка составов смесей и технологии получения портландцементного клинкера с высокими физико-механическими показателями на основе нетрадиционных сырьевых материалов;

разработка комплекса технологических и конструкторских решений, направленных на интенсификацию обжига цементного клинкера во вращающихся печах, которые включают модернизацию теплообменных устройств и методы направленного регулирования процессов, обеспечивающих экономию топлива и высокую стойкость футеровки;

совершенствование комплекса решений по футеровке во вращающейся печи, заключающееся в конструировании схемы и элементов кладки огнеупоров с учетом изменения в процессе нагревания физических свойств материала.

Достоверность полученных результатов обоснована на результатах лабораторных и промышленных экспериментов, проведенных автором с использованием современных методов физико-химического анализа при проведении комплексной переработки местного сырья с использованием современных компьютеров и программного обеспечения при приготовлении сырьевых смесей портландцементного клинкера.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Путем установления корреляционной зависимости «состав-структура-свойства» разработан портландцементный клинкер различного минералогического состава, впервые определены закономерности образования клинкера из 4-х компонентных сырьевых смесей, получение портландцемента с высокими физико-механическими показателями подтверждается альтернативными условиями.

Практическая значимость результатов исследования состоит в применении при низких температурах обжига нетрадиционных техногенных материалов. Тепло- и массообменные процессы, непосредственно протекающие во вращающейся печи, способствуют получению высококачественного цементного клинкера

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке технологии получения цементного клинкера из состава смесей с базальтом в МЧЖ «Наманганцемент» внедрена в производство технология обжига цементного клинкера во вращающейся печи с

футеровкой из огнеупорных кирпичей, уложенных методом зебра (справка управления “Узқурилишматериаллари” за номером 03/06-1876) от 2022 йил 28 июля. В результате футеровка вращающихся печей огнеупорными кирпичами дала возможность удлинить срок службы ее в 1,2 раза.

Технология получения цементного клинкера из состава смесей с базальтом внедрена в МЧЖ «Наманганцемент» (справка управления Узқурилишматериаллари за номером 03/06-1876) от 2022 йил 28 июля. В результате применение базальта как сырьевого компонента дало возможность получить комплекс огнеупорных футеровок для вращающихся печей.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждены на 10-ти международных и 5-ти республиканских научных конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 24 научных работ, в том числе для публикации основных научных результатов диссертации, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией Республики Узбекистан 1 в зарубежных и 3 в республиканских журналах, 1-полезная модель ((FAP № 01395)) и 1 монография.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем основного текстового материала составляет 126 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, приводятся объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована их достоверность, раскрыты теоретические и практические значимости полученных результатов, приведены результаты внедрений разработок, результаты апробации работы и сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние изучения вопроса химии и технологии получения высокопрочных цементных клинкеров**» приводится обзор и анализ современных литературных источников, позволивших достичь определенных положительных результатов по использованию в многокомпонентных алюмосиликатных системах щелочноземельных элементов магматических и изверженных пород. Установлено, что при использовании магматических пород процессы фазообразования и кинетика протекания процессов отличаются от таковых, протекающих при обжиге классических смесей тем, что в сферу реакций фазообразования будут вовлечены щелочноземельные элементы, сопутствующие в природных сырьевых материалах. Рассматриваются проблемы по состоянию и применению новых видов алюмосиликатного сырья, способного заменить глинистые породы в составе сырьевой смеси для

получения портландцементного клинкера при различных значениях коэффициента насыщения и модифицирующих модулей, оптимизации процесса обжига в зоне спекания. Выявлено, что одним из основных направлений улучшения свойств портландцементного клинкера является повышение количества жидкой фазы, образующейся при плавлении базальта и влияние её на скорость завершающих стадий минералообразования.

Из обзора следует необходимость проведения широких исследований по разработке путей интенсификации процесса обжига цементного клинкера с использованием нетрадиционных и техногенных материалов, что делает перспективным это направление по отношению энерго и ресурсосбережения в технологии производства портландцементного клинкера. Данная диссертационная работа посвящена решению этих задач, в том числе разработке эффективных составов сырьевых смесей и технологии получения портландцементного клинкера с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Во второй главе диссертации «**Объекты исследования, физико-химические свойства и методы их определения**» приведены методы определения физико-химических, физико-механических и технологических свойств используемых местных нетрадиционных ингредиентов при разработке сырьевых смесей для получения портландцементного клинкера. Используются современные методы с применением электронных таблиц Excel и системы MathCad при проектировании состава портландцементных сырьевых шихт. Приведены результаты полученных информации о характеристиках химико-минералогического состава алюмосиликатного сырья - базальтов месторождения Каракия, диабазов месторождения Балпантау, известняка месторождения Балыкли-Тау и лесса Хилковского месторождения. Химический состав исходных сырьевых материалов приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов

Компоненты	Содержание оксидов, масс.%								Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	ППП	
Известняк	2,18	0,61	0,31	52,69	0,86	0,30	0	42,41	99,26
Лёсс	54,63	11,65	4,74	10,00	2,80	0,63	0	11,36	95,81
Базальт	58,46	18,20	7,0	6,18	2,66	1,72	2,35	2,39	98,96
Диабаз	59,48	15,21	6,62	3,26	5,16	1,62	0	2,49	93,84
Огарки	33,10	7,92	41,49	3,58	2,61	2,87	0	0	91,57

Анализ состава базальта месторождения Каракия показал многофазность исследуемой горной породы. По микроскопическим, рентгенографическим и электронно-микроскопическим данным в них присутствуют несколько основных фаз в виде щелочесодержащего анортита с формулой (Na,Ca)Al₂Si₂O₈; железосодержащего пироксенового твердого раствора типа диопсида CaMg[Si₂O₆], авгита Ca(Mg,Fe²⁺)[Si₂O₆*CaFe[AlSiO₆], эгирира Na,Fe³⁺[Si₂O₆]; актинолита Ca₂[Mg,Fe]₅[OH]₂[Si₈O₂₂]; эпидота Ca₄Al₆[OH]₂O₃[Si₂O₇]₃; кварца SiO₂.

В третьей главе под названием «Физико-химические превращения сырьевой смеси в процессе обжига при использовании нетрадиционных сырьевых материалов» рассмотрены результаты исследований по проектированию оптимального состава 4-х компонентных сырьевых смесей сухого и мокрого способа в зависимости от КН и модифицирующих модулей. Были изучены физико-механические, физико-химические и теплотехнические процессы обжига сырьевых клинкерных смесей на основе базальта и диабазы.

Расчетный состав сырьевой смеси и клинкера приведена в таблице 2.

Таблица 2

Расчетный состав сырьевой смеси и клинкера

Компонент	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	ППП	Прочие	Сумма
Известняк	0,94	0,60	0,38	40,48	0,50	0,15	0,23	32,22	0,02	75,52
Лёсс	9,62	2,02	0,84	2,61	0,36	0,15	0,52	2,57	0,04	18,73
Базальт	1,45	0,45	0,17	0,15	0,07	0,04	0,06	0,06	0,03	2,48
Огарки	1,52	0,29	1,31	0,04	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	3,24
Зола топлива	0,81	0,18	0,31	0,21	0,12	0,05	0,00	0	0,25	1,93
сырьевая смесь, %	13,53	3,36	2,70	43,28	0,93	0,38	0,85	34,85	0,09	100
Клинкер, %	21,18	5,24	4,37	65,37	1,52	0,62	1,28	0	0,39	100

При введении базальта соотношение компонентов для сырьевой смеси составляет (% по массе): известняк-75,52; лёсс-18,73; базальт-2,48; огарки- 3,24. По данным расчета 3-х и 4-х компонентной сырьевой смеси установлено, что при введении в шихту базальта в качестве 4-го компонента расход изветстняка остаётся почти неизменным 1183 и 1190 кг/т клинкера соответственно. Количество вводимого базальта 42 кг/т клинкера, компенсируется за счет уменьшения количества лесса в сырьевой смеси (369 и 325 кг/т клинкера соответственно).

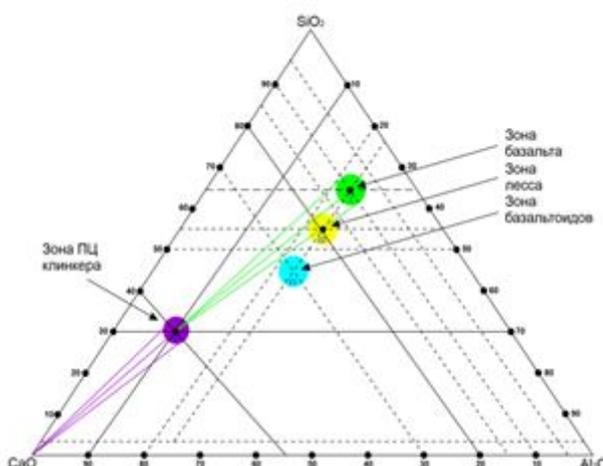


Рисунок 1. Диаграмма состояния системы CaO-SiO₂-Al₂O₃

I- область портландцементов, II- область базальта, III- область глин, IV-область базальтоидов

Для оценки возможности использования базальтов месторождения Каракия в качестве алюмосиликатного компонента сырьевой шихты

портландцементного клинкера была построена диаграмма состояния трехкомпонентной системы. На диаграмму состояния $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ нанесены точки химических составов базальтов 9 месторождений (рис.1) и определена область базальтоидных пород. Показано, что базальтоидные составы проходят через область портландцементного клинкера. Полученные данные подтвердили гипотезу о возможности получения портландцементного клинкера при определенных соотношениях базальта и глины.

Поскольку $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, образующийся при 1200 °С, гидратируется быстрее, чем $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ портландцемента, то повышение содержания алюмоферритной фазы в клинкерах, получаемых при более низких температурах, чем традиционные составы, и обогащение этой фазы железом может благоприятно сказаться на свойствах клинкеров. Поэтому, нами были определены химические составы шлама сырьевых смесей (таблица 3).

Таблица 3

Химический анализ шлама сырьевых смесей

Шлам	Содержание оксидов, масс. %						Титр, %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Сумма	
четырёх компонентная смесь	14,05	3,30	3,03	42,65	1,23	64,26	78,37
трех компонентная смесь	13,96	3,21	3,00	41,84	1,21	63,32	78,00

Опыты по обжигу шлама из 3-х компонентной сырьевой смеси проводились на вращающейся печи размером Ø4×140 м мокрого способа производства с рекуператорным холодильником. Технологические характеристики клинкера: гидравлический модуль 2,10; калориметрический модуль - 2,43; коэффициент спекаемости - 0,58; индекс обжигаемости - 3,09. ТЭК - 1648 кДж/кг кл (394 ккал/кг кл).

Таблица 4

Показатели прочности портландцементного клинкера и цемента

Цементы	Ввод добавок, %	Активность при пропаривании, МПа				Предел прочности цемента в возрасте 28 суток, МПа	
		Клинкер ПЦ		Цемент ПЦ 400-Д20			
		изгиб	сжатие	изгиб	сжатие	изгиб	сжатие
4-х компонентная сырьевая смесь	18,0-19,0	3,9	27,7	3,9	24,5	5,8	40,5
3-х компонентная сырьевая смесь	15,0-16,0	3,7	26,4	3,8	24,3	6,0	40,6

Обжиг 4-х компонентной сырьевой смеси проводили по сухому способу производства во вращающейся печи с декарбонизатором и колосниковым холодильником. Результаты испытаний клинкера из 4-х компонентной сырьевой смеси приведены в таблице 4.

Из данных табл. 4 видно, что активность клинкера при пропаривании из 4-х компонентной сырьевой смеси на 5% выше, чем показатели клинкера из 3-х компонентной сырьевой смеси. Прочностные показатели цементов к 28 суткам твердения примерно одинаковы, они удовлетворяют действующим

межгосударственным стандартам и их прочностные показатели соответствуют портландцементом марки «400».

Портландцементные сырьевые смеси при температуре 1200-1300 °С состоят из минералов, образовавшихся в твердых фазах, и не прореагировавшего свободного оксида кальция. Дальнейшее повышение температуры вызывает появление расплава, процесс спекания с участием жидкой фазы. Происходит растворение плотных частиц оксида кальция с образованием двухкальциевого силиката. При достаточном насыщении жидкой фазы необходимыми компонентами начинается процесс кристаллизации с выделением новой фазы-трехкальциевого силиката.

Процессы, протекающие при обжиге традиционных сырьевых смесей, включающих глинистый компонент изучены достаточно хорошо. Последовательность образования минералов при обжиге сырьевой смеси с глинистым компонентом была выведена В.В.Тимашевым и др. Нами при исследовании фазового состава 4-х компонентной сырьевой смеси базальтсодержащего портландцементного клинкера, параллельно изучались смеси традиционного 3-х компонентного состава, была выявлена не идентичность очередности образования минералов при обжиге шихты с базальтом и глиной. При содержании глиносодержащих компонентов в виде первичных новообразований фиксируется геленит 700 °С, алюминаты кальция - 900 °С и двухкальциевый силикат -1000 °С. Геленит присутствует до температуры 1250 °С, кварц до 1200 °С. Формирование алита начинается при 1250 °С, т.е. при температуре на 100 °С более высокой чем при смесях с базальтом.

Состав новообразований, возникающих при обжиге шихт с базальтом и контрольных смесей традиционного состава, существенно отличается. Различны и температурные границы появления основных клинкерных минералов. Различия связаны с особенностями поведения базальта при нагревании. В исследуемом образце базальта по рентгенофазовому анализу фиксируется авгит $d=0,162; 0,252; 0,298$ нм или диопсид $d=0,294; 0,298; 0,323$ нм, входящих в группу пироксенов. В образце фиксируются, наличие минералов группы плагиоклазов, к ней относится и анортит $d=0,286; 0,292; 0,322; 0,404$ нм. Присутствуют также железосодержащие минералы гематит $d=0,269; 0,259$ нм, магнетит $d=0,254; 0,210$ нм и вюстит $d=0,214$ нм. Порода начинает плавиться при нагревании до температуры 1150⁰С. Окончание процесса плавления должно наблюдаться при температурах, близких к 1300 °С. Нагревание базальта до 900⁰С не вызывает существенных изменений в его фазовом составе, незначительно смещается положение рефлексов с $d=0,252-0,254$ и $0,292-0,298$ нм, что может быть связано наложением линий различных минералов авгит - магнетит-гематит и изменения состава плагиоклазов в сторону содержания анортита. После нагревания до 1000 °С - начинается изменение кристаллов, предшествующее плавлению. Плавление минералов пироксеновой группы интенсивно протекает с температуры 1250 °С. При 1200 - 1250 °С присутствуют рефлекс только двух соединений: плагиоклаза и

гематита. При 1300 °С рентгенограмма приобретает вид, характерный для стекловидных веществ, что свидетельствует о полном плавлении базальта. Таким образом, можно считать процесс плавления базальта порядка 1250 °С т.к. остаточное количество плагиоклаза и гематита невелико.

На термограммах чистого базальта и 4-х компонентной сырьевой смеси никаких эффектов, свидетельствующих о формировании новообразований, не было обнаружено. Отличие состояло лишь в некотором уменьшении глубины эндотермического эффекта, соответствующего процессу плавления базальта, и изменении его температурных границ: начало плавления наступает при температуре на 40 °С более высокой, чем при нагревании чистого базальта, что свидетельствует об изменении состава базальта в присутствии оксида кальция в период, предшествующий плавлению.

Причинами раннего появления двухкальциевого силиката является то, что кремнезем, необходимый для образования C_2S , входит в состав базальта в виде кристаллических соединений - силикатов и алюмосиликатов, стекловидного и примесного кварца. Когда количество ионов кальция, выделившееся при декарбонизации, становится избыточным по отношению к поглощаемому твердыми растворами, происходит обычный для системы оксид кальция - кремнезем процесс разрыва силановых связей в поверхностных слоях кристаллов, частиц стекловидного вещества и примесного кремнезема. Высказанное предположение подтверждено ИК-спектроскопическим исследованием процессов, происходящих при обжиге сырьевых смесей как по мокрому, так и сухому способу (рис. 2а и 2б).

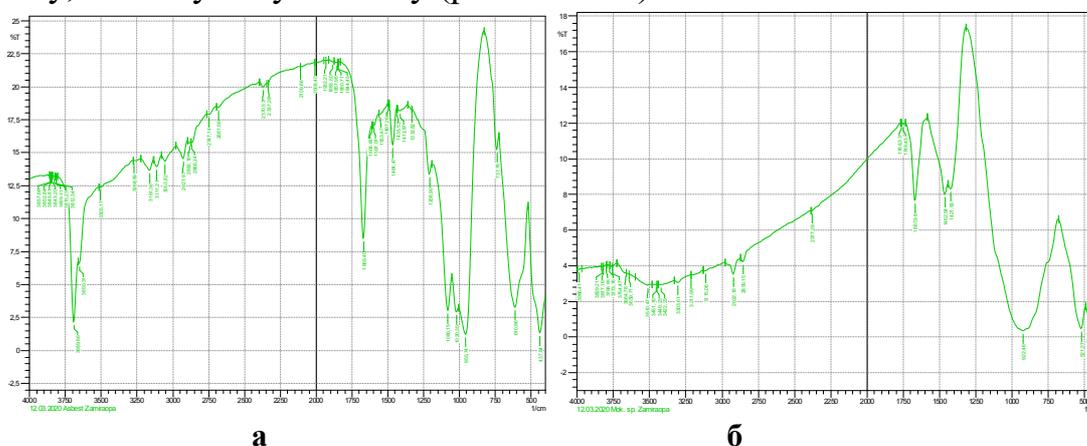
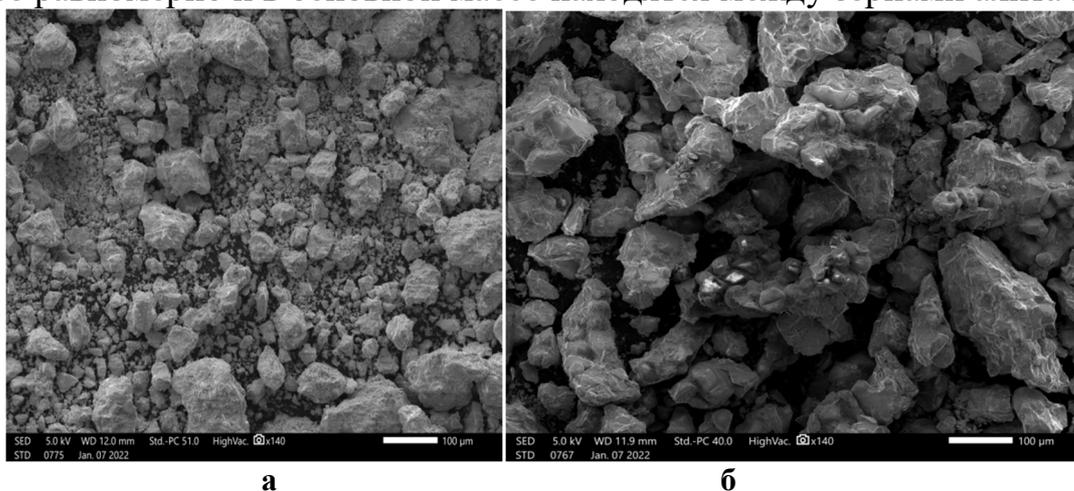


Рисунок 2. ИК спектры портландцементного клинкера 4-х компонентной сырьевой смеси сухого способа производства (а) и мокрого способа производства (б)

Начало жидкофазных реакций при температуре 1150 °С приводит к образованию незначительных количеств алита. В присутствии 20 - 30 % расплава, что имеет место в нашем случае, начало образования алита фиксируется уже при 1200 °С, а завершение процесса минералообразования в клинкере - при 1300 - 1350 °С. Количество алита, образующегося при температурах 1150 - 1180 °С, в сырьевых смесях с базальтом невелико.

Электронное изображение поверхности портландцементного клинкера свидетельствует о зернистом строении материала. Размер зерен составляет примерно 15-30 мкм (рис. 3а). Поскольку кристаллы образующегося в

низкотемпературной области алита характеризуются развитой удельной поверхностью, они способны играть роль затравки для формирования зерен CS на последующих стадиях обжига. При обжиге базальтовых шихт таких затравок больше, чем в контрольных составах (рис. 3б), что и объясняет опережающий рост количества алита в смесях с базальтом на завершающих стадиях обжига. Наблюдаются круглые зерна размером 40-50 мкм. Имеются участки с повышенным содержанием кремния и отсутствием в этих местах кальция. Цементный клинкер состоит из отдельных зерен блоков-агрегатов, границы этих блоков выражены четко и имеют местами большую светлоту. Эти участки представляют белит. Алюминий и железо распределены по площади клинкера менее равномерно и в основной массе находятся между зёрнами алита и белита.



а **б**
**Рисунок 3. Электронно-микроскопические снимки образцов
портландцементного клинкера 3-х компонентной сырьевой смеси(а) и 4-х
компонентной сырьевой смеси мокрого способа производства(б)**

Сравнительно поздняя кристаллизация четырех кальциевого алюмоферрита может быть следствием растворения кристаллов магнетита в расплаве при температурах 1250 - 1300 °С, устойчивость которого до этих температур является причиной дефицита ионов железа на ранних стадиях обжига.

Таким образом, показано, что присутствие базальта в сырьевой шихте ускоряет процесс диссоциации кальцита с выделением свободного оксида кальция и взаимодействие последнего с силикатными, алюминатными и железистыми соединениями шихты с образованием клинкерных минералов на низкотемпературной стадии 1250-1300 °С.

В четвертой главе «**Интенсификация тепло- и массообмена во вращающейся печи обжига цементного клинкера**» изучены вопросы протекания тепло- и массообменных процессов во вращающейся печи при использовании нормального шлама влажностью 33,75% (табл.5).

Как видно из таблицы 5, характеристика шлама вполне может обеспечить образование хороших, прочных гранул. Такой шлам имеет определенные пластические связующие свойства.

Использование базальтов при производстве клинкера сопровождается изменением критической влажности шлама, т.е. переход максимального количества материала на цепи. Из-за пересушки материала в конце зоны

цепных завес увеличится пылеунос из печи до 25%. Негативный эффект, вызванный увеличением пылеуноса, может быть устранен правильным расчетом количества цепей и выбором типа подвески завес.

Таблица 5

Характеристика нормального шлама

Характеристика шлама	Показатели
Влажность, %	31 – 36
Растекаемость, мм	58 – 72
Тонкость помола, остаток на сите № 02, %	1,2 - 2,0
Содержание Fe ₂ O ₃ , масс. %	2,5 - 3,1
Содержание MgO, масс. %	не более 3,2
Коэффициент насыщения (КН)	0,91 - 0,95
Силикатный модуль (n)	1,95 - 2,8
Глиноземный модуль (p)	1,00 - 1,50

Анализ комплекса теплообменных устройств печи размером Ø4,0×140 м АО «Бекабадцемент» показал, что схема цепных навес была установлена без учета особенностей поведения шлама при сушке. Шламы, характеризующиеся низкой способностью к грануляции, отличаются быстрым набором материала на цепи. Поэтому, рекомендуется устанавливать завесы со свободно висящими концами по 4-х заходному винту. Возможность изменения коэффициента плотности завесы и длины используемых цепей улучшают тепло- и массообменные процессы.

Так, на вращающейся печи Ø4,0×140 м была проведена реконструкция старой схемы цепной зоны длиной 30 метров. Основной задачей предлагаемых изменений было устранение кольцеобразования в пластичном участке цепной зоны, которое проводило к нарушению теплотехнического режима печи.

Согласно новой схемы цепной зоны, полностью убрали 2 участок из 3-х заходной гирляндно-винтовой завесы и заменили на 4-х заходную свободно-висящую завесу с полным изменением угла наклонов сегментов с 27 градусов по отношению к оси печи на 50 - 60 градусов.

По новой схеме цепная зона составила - 37 метров, в том числе: 1 участок – мокрый фильтр (4-х заходная, свободновисящая завеса) - длиной 4 метра, марка цепей ЦОН 25 × 120 (цепи овальные нормальные); 2 участок - 4-х заходная свободновисящая завеса - 10 метров, марка цепей ЦКН 25 х 100 (цепи круглые нормальные); 3 участок - 4-х заходная свободно висящая завеса - 15 метров, марка цепей ЦОЖ 25 × 120 (цепи овальные жаропрочные); 4 участок – периферийный теплообменник (коврик) - общей длиной 7,5 метров, гирляндная навеска по одному ряду, 5 рядов по 1,5 метра; шторка – длиной 0,5 метров 1 ряд, марка цепей ЦОЖ 25 × 120 (цепи овальные жаропрочные).

Таким образом, учет всех характеристик сырьевого шлама, используемого на АО «Бекабадцемент» и принятые меры по оптимизации работы печного агрегата при использовании базальта позволили увеличить производительность вращающейся печи до 2 тонн в час.

Нами проведены работы по выявлению присутствия в сырьевой шихте диабазы и базальта на стойкость футеровки. Футеровка вращающихся печей в зоне спекания на участке действия факела подвержена воздействию высоких

температур (1600-1700 °С). Температура обжигаемого материала в этой зоне на 150-200 °С ниже температуры факела. При сухом способе производства цементного клинкера на зону спекания приходится до 60% общей длины вращающейся печи и около 25% на длину факела.

Для создания равномерных термических напряжений по длине зоны спекания, снижения термических напряжений на участке максимальных температур и повышения стойкости огнеупорной футеровки вращающейся печи, предложена футеровка корпуса печи, выполненная из параллельных рядов кладки, чередующихся шамотных и хромомagneзитовых огнеупорных изделий вдоль оси печи.

В футеровке способом «зебра», использовали шамот марки ШЦУ 3 и периклазошпинельный магнезиальный кирпич марки ПШПЦ В320. Кирпичи укладывали на расстоянии 7 м от верхнего переходного участка зоны спекания. С 23 м укладывали магнезиальный кирпич марки В320 + В620 с содержанием магнезия 80÷82%. Способ крепления футеровки - безраспорный.

Предлагаемая схема футеровки была испытана на вращающейся печи сухого способа производства цементного клинкера размером Ø4×60м АО «Бекабадцемент». Общая длина зоны спекания печи составляет 37 м. Результаты испытаний показали, что при применении предлагаемой футеровки достигается уменьшение термических напряжений на участках приграничных к факельной зоне спекания до 20%, увеличение срока службы футеровки в 1,1 - 1,2 раза в результате выравнивания термических напряжений на участках зоны спекания. При этом уменьшается время на футеровку печи.

Сравнение экономической эффективности производства цементных клинкеров были проведены по отношению многокомпонентности сырьевой смеси, расходу основного технологического сырья, материалов и ТЭР. Расчеты показали, что общий расход на производство клинкера из 3-х компонентной сырьевой смеси составляет 8038470000 сумов, а для производства клинкера из 4-х компонентной сырьевой смеси - 7217670000 сумов. Следовательно, экономический эффект от применения базальта в качестве сырьевого компонента составляет 820 800 000 сумов при объеме производства 20 000 тонн клинкера.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ

1. Критический обзор научных исследований подтверждает эффективность влияния алюмосиликатных и железосодержащих сырьевых материалов, обуславливающих исследование особенностей физико-химических и технологических процессов синтеза клинкера при использовании нетрадиционных сырьевых материалов.

Разработка принципов управления процессом обжига и способов повышения качества клинкера, способствует проведению широких исследований по изысканию путей интенсификации процесса обжига цементного клинкера, что делает перспективным данное направление по

отношению энерго- и ресурсосбережения в производстве портландцементного клинкера.

2. На основе комплексных исследований базальтовых пород месторождения Каракия и диабазов месторождения Балпантау разработаны оптимальные составы сырьевых смесей портландцементного клинкера. Установлены закономерности формирования фазового состава и микроструктуры клинкеров из базальтсодержащих сырьевых смесей при различных значениях коэффициента насыщения и модифицирующих модулей.

3. Обоснована возможность замены глинистых компонентов сырьевой шихты портландцементного клинкера железосодержащими алюмосиликатными материалами. Установлено, что алюмосиликатные породы – базальты Каракийского и диабазы Балпантаусского месторождений могут служить сырьем для портландцементного клинкера при получении высокопрочного портландцемента.

4. Исследованы особенности физико-химических и технологических процессов синтеза клинкера при использовании базальтовых пород с разработкой принципов управления процессом обжига и способов повышения качества клинкера;

5. Установлено, что благодаря отсутствию свободных оксидов алюминия и кремния до температуры карбонизации известняка и невозможностью образования промежуточных соединений типа геленита, базальтсодержащие сырьевые смеси имеют высокую реакционную способность, за счет чего клинкерообразование завершается при относительно низких температурах (1250-1300 °С), что на 150 °С ниже температуры обжига клинкера на основе традиционной сырьевой смеси.

6. Физико-механические испытания базальтсодержащего портландцемента показали их соответствие требованиям действующих ГОСТ к портландцементам марки «400» .

7. Исследованы физико-химические процессы клинкерообразования в 4-х компонентной сырьевой смеси при сухом и мокром способе производства и изучены закономерности протекания тепло- и массообменных процессов во вращающейся печи, предложены эффективные способы интенсификации обжига клинкера в существующих агрегатах.

8. Применение параллельных рядов чередующихся шамотных и хромомagneзитовых огнеупорных изделий при футеровке зоны спекания вращающихся печей сухого способа производства, позволяют уменьшению термических напряжений на участках приграничных к факельной зоне спекания до 20%, увеличение срока службы футеровки в 1,1 - 1,2 раза.

9. Экономический эффект от применения базальтовых пород в качестве сырьевого компонента составляет 820 800 000 сумов при объеме производства 20 000 тонн клинкера.

**SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES DSc.03/30.12.2019.T.04.01
AT THE TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Kurbanov Erkin Ilkhamovich

**DEVELOPMENT OF CEMENT CLINKER AND ITS TECHNOLOGICAL
PARAMETERS BASED ON NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS**

**02.00.15 - Technology of silicate and refractory
non-metallic materials**

ABSTRACT

Doctor of Philosophy (PhD) dissertations in technical sciences

Tashkent-2022

The topic of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) is registered with the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under the number B2018.2.PhD/T648

The dissertation was completed at the Tashkent Institute of Chemical Technology. The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the web page at www.tkti.uz and on the Ziyonet information and educational portal at www.ziyonet.uz.

Scientific adviser: **Mukhamedbayeva Zamira Abdulzhaparovna**
candidate of technical sciences, associate professor

Official opponents: **Yunusov Mirjalil Yusupovich**
doctor of technical sciences, professor

Talipov Nigmatullo Khamidovich
doctor of technical sciences, professor

Lead organization: **Tashkent Institute of Architecture and Construction**

The defense of the thesis will take place on "____" 2022 at hours at the meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.04.01 at the Tashkent Institute of Chemical Technology. (Address: 100011, Tashkent, Shaikhontakhur district, A. Navoist. 32, Tel.: (99871) 244-79-21; fax: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz).

The dissertation was registered at the Information Resource Center of the Tashkent Institute of Chemical Technology under No.____, which can be found at the IRC. (100011, Tashkent, Shaikhontakhur district, A. Navoist., 32. Tel.: (99871) 244-79-21.

The abstract of the dissertation was sent on "____" _____ 2022.
(registry of the mailing protocol No. _____ dated _____ 2022).

S.M. Turobjonov
Chairman of the Scientific Council for
awarding academic degrees
Doctor of Technical Sciences, Professor
H.I. Kadirov
Scientific Secretary of the Scientific Council for
awarding academic degrees
Doctor of Technical Sciences, Professor
M.Kh. Aripova
Chairman of the scientific seminar at the scientific
Council for awarding academic degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is development of energy- and resource-saving, scientifically based principles of accelerating the burning of cement clinker in rotary kilns, optimization of technological processes when the traditional raw material base is changed.

The object of research work basalts of the Karakia mine, diabases of the Balpantau mine, limestone and soil were selected as.

The scientific novelty of the research is as follows:

the laws of formation of the microstructure and phase composition of clinkers obtained from basalt-based raw materials mixtures are based on various indicators of saturation coefficient and modules;

during burning of clinker, it was determined that basalt glass breaks down to form augite with calcium-iron content, and it is proved that hematite and quartz are oxidized as a result of oxidation of divalent iron;

the strength of portland cement is based on the increase in the amount of aluminoferrite formed as a result of easy hydration of the iron-rich $\text{SaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ composition compared to the traditional $\text{SaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ composition;

Complex coatings are created based on the construction of refractory coating elements and scheme of clinker burning rotary kiln.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained on the development of the technology for obtaining cement clinker based on mixtures containing basalt:

The technology of baking cement clinker in rotary kilns covered with fire-resistant bricks made by the "Zebra" method was introduced into production at "Namangantsement" LLC (Reference No. 03/06-1876 dated July 28, 2022 of the Association of Construction Materials Industry Enterprises of Uzbekistan). As a result, it made it possible to increase the service life of refractory brick linings of rotary kilns by 1.2 times;

the technology of obtaining cement clinker based on mixtures containing basalt has been introduced into production at "Namangantsement" LLC (Reference No. 03/06-1876 dated July 28, 2022 of the Association of Construction Materials Industry Enterprises of Uzbekistan). As a result, the use of basalt raw materials made it possible to obtain refractory complex coatings.

Structure and volume of the dissertation.

The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references and appendices. The total volume of the dissertation was 126 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Курбанов Э.И., Мухамедбаева З.А., Мухамедбаев А.А. Портландцементный клинкер с использованием диабазов Балпантаусского месторождения. Научно-технический журнал «Химия и химическая технология». Ташкент, 2018. -№ 4. – С.11-13. (02.00.00. №5)
2. Мухамедбаева З.А., Мухамедбаев А.А., Асадова Р.Д., Курбанов Э.И. Производство портландцемента с диабазами месторождения Балпантау./ Журнал «Архитектура-строительство-дизайн» Ташкент. -2019. -№1. -С.39-44 (02.00.00. №9).
3. Мухамедбаева З.А., Мухамедбаев А.А., Курбанов Э.И., Адинаев Х.А. Синтез портландцементного клинкера с использованием базальтов месторождения Каракия. Журнал «Химическая промышленность». Санкт-Петербург. Т. 97. 2020. -№ 5. -С. 225-230 (02.00.00. №11).
4. Мухамедбаева З.А., Курбанов Э.И., Мухамедбаев А.А. Rotary furnace lining to reduce thermal stress. Научно-технический журнал «Химия и химическая технология». Ташкент. - 2021. -№ 3. –С.23-28 (02.00.00. №5).
5. Э.И. Курбанов, З.А. Мухамедбаева, А.А. Мухамедбаев. Разработка состава портландцементного клинкера и его технологических параметров с использованием нетрадиционных местных сырьевых материалов. Монография. LAP.LAMBERT /Akademik Publishing/ 2022.-С.-94.

II бўлим (II часть; II part)

6. Мухамедбаева З.А., Мухамедбаев А.А., Курбанов Э.И., Мухамедбаева М.А. Футеровка вращающейся печи. Патент № FAP 01835 // Номер заявки FAr 2020 0032. Заяв.: 15.01.2016; опуб.: 28.09.2018. Бюлл. № 9.
7. Мухамедбаев А.А., Атаджанов Ш.Ю., Мухамедбаев Аг.А., Яичников Я.М., Курбанов Э.И. Цемент ишлаб чиқариш технологияси жараён ва қурилмалари. // O,quv qo'llanma. – Toshkent.: «Tafakkur tomchilari», 2021.-b.146.
- 8.Erkin Kurbanov, Zamira Mukhamedbaeva, Abduvali Mukhamedbaev, Zebo Babakhanova, Khidir Adinaev. Heat exchangers for wet process rotary kilns 1st International Scientific Conference "Modern Materials Science: Topical Issues, Achievements and Innovations" (ISCMMSTIAI-2022) (Tashkent, Mart 4-5, 2022 State transport university на базе Scopus. Tashkent-2022.
- 9.Курбанов Э.И., Мухамедбаева З.А., Мухамедбаев А.А. Интенсификация тепло- и массообмена во вращающейся печи обжига цементного клинкера. “Региональная центрально-азиатская международная конференция по химической технологии. “ХТ-12” 27-28 марта 2012. Ташкент. -2012. -С.58-61.
10. Курбанов Э.И., Мухамедбаева З.А., Мухамедбаев А.А. Результаты опытов по применению базальта при помолу клинкера. Сборник трудов научно-технической конференции “Актуальные проблемы инновационных технологий

химической, нефтегазовой и пищевой промышленности». 22 ноября 2012. ТКТИ, Ташкент. - 2012. –С. 25-26.

11. Курбанов Э.И., Мухамедбаева З.А., Мухамедбаев А.А., Пулатов М.К. Увеличение срока службы огнеупорной футеровки вращающейся печи. Межвузовский сборник научных трудов «Актуальные проблемы вопросы в области технических и социально-экономических наук». ТКТИ. Ташкент. - 2020. –С.107-108.

12. Курбанов Э.И., Мухамедбаев А.А., Мухамедбаева З.А., Юльчиев Р.А. Производство многокомпонентного цемента. Материалы Республиканской научно-технической конференции ”Новые композиционные материалы на основе органических и неорганических ингредиентов ”27-28 сентябрь 2012. Ташкент. -С.92-94.

13. Курбанов Э.И., Мухамедбаева З.А., Мухамедбаев А.А. Использование нетрадиционного сырья в роли активных минеральных добавок к цементу. Республиканский межвузовский сборник. «Актуальные вопросы в области химических и социально-экономических наук». Ч.1. Ташкент. -2013. -С.53-54.

14. Мухамедбаева З.А., Курбанов Э.И., Мухамедбаев А.А., Нарзуллаева Г., Адинаев Х.А. Влияние свойств сырья и режима обжига на качество клинкера. Материалы Республиканской научно-практической конференции “Технические и технологические науки инновационные проблемы”. Термиз. -2019.-С.131-136.

15. Курбанов Э.И., Мухамедбаева З.А., Мухамедбаев А.А. Получение портландцементного клинкера и повышение эффективности его измельчения. Материалы докладов 84-й научно-технической конференции, посвященной 90-летнему юбилею БГТУ и Дню белорусской науки (с международным участием). Минск, 3-4 февраль 2020. Минск. - С.94-96.

16. Курбанов Э.И., Мухамедбаева З.А. Повышение стойкости огнеупорной футеровки вращающейся печи сухого способа производства цемента. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефте-газовой и пищевой промышленности». Ташкент. -2021. -С.192-193.

17. Курбанов Э.И., Мухамедбаева З.А. Стабилизация влажности шлама с учетом свойств сырья как способ энергосбережения при обжиге клинкера. Тезисы докладов Республиканской конференции с зарубежным участием «Инновационные технологии в химической и строительной отраслях промышленности и решение актуальных экономических проблем». ТХТИ. Ташкент. - 2021. -С. 81-82.

18. Курбанов Э.И., Мухамедбаева З.А. ИК-спектроскопическое исследование процессов минералообразования портландцементного клинкера на основе нетрадиционных сырьевых материалов. Материалы II Республиканской научно-технической конференции с зарубежным участием «Инновационные разработки и развитие химической технологии силикатных материалов». Посвященная 90-летию с дня основания лаборатории химии и химической технологии силикатов АН РУЗ памяти заслуженного деятеля науки Узбекистана, д.х.н., проф. Н.А. Сиражиддинова и приуроченный Международному году «Стекло-2022» Ташкент.- 2022. -С. 341-344.

19. Курбанов Э.И., Мухамедбаева З.А. Электронно-микроскопические исследования портландцементного клинкера с использованием базальта. Международная научно-техническая конференция, посвященная международному году стекла “Инновационные технологии производства стекла, керамики и вяжущих материалов” ТХТИ. Ташкент. -2022. -С.74-76.
20. Курбанов Э.И., Мухамедбаева З.А. Использование нетрадиционных сырьевых материалов для увеличения производительности цементной вращающейся печи. 1st Uzbekistan-Japan International Symposium on Green Chemistry and Sustainable Development, November 29-30, 2021, Uzbek-Japan Innovation Center of Youth, Tashkent, Uzbekistan. -2021.-p.69.
21. Mukhamedbaeva Zamira Abduljaparovna, Adinaev Khidir Abdullaevich, Kurbanov Erkin Ikhamovich. Study of basalts of the karakiya deposit – as alumina silicate raw materials for the production of portland cement. Euro asia 8th. International congress on applied sciences. march 15-16, 2021. Tashkent, Uzbekistan. 2021. -pp.283-284.
22. Prof. Mukhamedbaeva Zamira Abduljaparovna, Dr. Kurbanov Erkin Ikhamovich, Alieva Rena A’zer Kizi. Basalts as an aluminosilicate raw material for the production of portland cement clinker International Engineering Journal for Research & Development Vol. 7. 2022. Issue 2 E-ISSN NO: 2349-0721. www.iejrd.com. SJIF: 7.169 1.
23. Z.A. Mukhamedbayeva, M.X. Aripova, A.A. Mukhamedbayev, T.A. Otaqo'ziyev, E.I.Kurbanov. «Sement va beton kim'osi» O,quv qo'llanma. Toshkent kimyo- texnorogiya instituti .Nashriyot.:”Fan ziyosi”, Toshkent . -2022. -b.248.
24. Мухамедбаева З.А., Мухамедбаев А.А., Курбанов Э.И. Использование щелочных диабазовых пород в производстве цементов. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы повышения энергоэффективности гражданских зданий и сельских жилых домов». Ташкент. - 2019. –С. 119-120.