

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ, ТОШКЕНТ
ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ, САМАРҚАНД
ДАВЛАТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ВА НАМАНГАН
МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.11.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

МУХАМЕДБАЕВ АБДУГАФУР АБДУВАЛИЕВИЧ

**МЕХАНОАКТИВЛАШТИРИЛГАН КЎП КОМПОНЕНТЛИ ИШҚОРЛИ
БОҒЛОВЧИЛАР ВА УЛАР АСОСИДАГИ КЎПИКБЕТОНЛАР**

05.09.05 – Қурилиш материаллари ва буюмлари

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

Тошкент-2019

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

Мухамедбаев Абдугафур Абдувалиевич

Механоактивлаштирилган кўп компонентли ишқорли боғловчилар
ва улар асосидаги кўпикбетонлар 5

Мухамедбаев Абдугафур Абдувалиевич

Механоактивированные многокомпонентные щелочные вяжущие
и пенобетоны на их основе 21

Mukhamedbaev Abdugafur Abduvalievich

Mechano-activated multicomponent alkaline binders and foam concrete
on their basis..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works 44

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ, ТОШКЕНТ
ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ, САМАРҚАНД
ДАВЛАТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ВА НАМАНГАН
МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.11.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

МУХАМЕДБАЕВ АБДУГАФУР АБДУВАЛИЕВИЧ

**МЕХАНОАКТИВЛАШТИРИЛГАН КЎП КОМПОНЕНТЛИ ИШҚОРЛИ
БОҒЛОВЧИЛАР ВА УЛАР АСОСИДАГИ КЎПИКБЕТОНЛАР**

05.09.05 – Қурилиш материаллари ва буюмлари

**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 В2017.3.PhD/Т488 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент архитектура-қурилиш институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)). Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.taqi.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот–таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Тўлаганов Абдуқобил Абдунабиевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Искандарова Мастура
техника фанлари доктори, профессор

Цой Владимир Михайлович
техника фанлари доктори, доцент

Етақчи ташкилот:

Фарғона политехника институти

Диссертация ҳимояси Тошкент архитектура-қурилиш институти, Тошкент темир йўл муҳандислари институти, Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институти ва Наманган муҳандислик-қурилиш институти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.11.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «18» декабр соат 10⁰⁰ да Архитектура факультетининг мажлислар залида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент ш., Абдулла Қодирий кўчаси, 7в-уй. Тел.: (+99871) 241-10-84, факс:(+99871) 241-80-00, e-mail: devon@taqi.uz, taqi_atm@edu.uz)

Диссертация билан Тошкент архитектура-қурилиш институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 31 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100084, Тошкент ш., Кичик Халқа йўли кўчаси, 7-уй. Тел.:(+99871) 235-43-30; факс:(+99871) 234-15-11, e-mail: taqi_atm@edu.uz).

Диссертация автореферати 2019 йил «3» декабр куни тарқатилди.
(2019 йил «8» ноябрдаги 9 - рақамли реестр баённомаси).

Х.А. Акрамов

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

Х.Х. Камилов

Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, т.ф.н., профессор

С.А. Ходжаев

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда ёқилғи ва энергетика ресурсларидан самарали фойдаланиш борасида юзага келаётган муаммолар сабабли замонавий қурилиш материалларини ишлаб чиқаришда энергия самарадорлиги юқори бўлган қурилиш материалларининг улуши тобора ортиб бормоқда. Ривожланган, жумладан АҚШ, Буюк Британия, Германия ва Япония каби давлатларда энергия самарадорлиги юқори бўлган қурилиш материаллари таркибларини ишлаб чиқиш ва уларни ишлаб чиқариш орқали турар-жой, жамоат ва саноат бинолари ҳолатини яхшилаш борасида қатор ижобий ютуқларга эришилган бўлиб, бۇ ўринда бино ва иншоотларнинг массасини камайтириш ҳамда уларни иссиқлик самарадорлигини ошириш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу сабабдан энергия самарадорлиги юқори бўлган деворбоп материалларни мавжуд маҳаллий хомашё ва саноат чиқиндилари асосида ишлаб чиқаришнинг энергия тежамкор технологияларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Жаҳонда гранулаланган алюмосиликатли саноат тошқоллари асосида ишқорли боғловчиларнинг физик-механик ва физик-кимёвий хоссалари яхшиланган таркибларини ишлаб чиқишда механик усулда активлаштириш жараёнларига алоҳида эътибор берилмоқда. Саноат тошқолларини механик усулда активлаштириш вақтида турли хил фаол минерал ва кимёвий қўшимчалардан фойдаланган ҳолда модификацияланган боғловчиларнинг оптимал таркибларини ишлаб чиқиш ва улар асосида юқори сифатли қурилиш буюмларини ишлаб чиқариш бўйича қатор ижобий илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада механик усулда активлаштирилган боғловчиларни қўллаган ҳолда деворбоп ғовак бетонларнинг иссиқлик-техник хоссаларини яхшилаш, кўпик ҳосил қилувчи сирт-фаол моддалар иштирокида материалнинг бутун ҳажми бўйича бир текис тарқалган серғовак структурани ҳосил қилиш ва кўпикбетонларнинг зичлигини камайтириш, жумладан уларни ишлаб чиқаришнинг замонавий инновацион технологияларини ишлаб чиқиш ҳамда мавжудларини такомиллаштириш долзарб вазифалардан ҳисобланади. Бу ўринда гранулаланган электротермофосфор (ЭТФ) тошқолини минерал ва кимёвий қўшимчалар иштирокида механик усулда активлаштириш орқали олинадиган модификацияланган ишқорли боғловчиларни оптимал таркибларини топиш ва улар асосидаги кўпикбетонларни ишлаб чиқаришнинг ҳар томонлама самарадор технологияларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Республикамизда қурилиш материаллари ва буюмларини ишлаб чиқариш тармоғида ишлаб чиқариш ислохотларини чуқурлаштириш ва уларни ривожлантириш, қурилиш материаллари, буюмлари ва конструкциялари турини ҳамда уларни ишлаб чиқарувчи корхоналар сонини кўпайтириш борасида муайян ижобий натижаларга эришилмоқда. 2017-2021 йилларга мўлжалланган Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...аҳолини қулай арзон уй-жой билан таъминлаш», «...иқтисодиётда ёқилғи-энергия ва хомашё ресурслари сарфини камайтириш» ва «...қурилиш материалларини ишлаб

чиқарувчи янги корхоналарни куриш»¹ кабилар алоҳида белгилаб берилган. Белгиланган вазифаларнинг амалга оширилиши, хусусан, жамоат, саноат ва уй-жой биноларининг энергия самарадорлигини оширувчи сифатли ғовак курилиш материаллари ва буюмлари билан таъминлаш мақсадида гранулаланган ЭТФ тошқоли, табиий минерал хомашёлар ва замонавий кимёвий кўшимчалардан фойдаланиб, белгиланган хосса ва кўрсаткичларга эга ишқорли боғловчи ва у асосида кўпикбетон буюмларини ишлаб чиқаришнинг самарадор технологияларини ишлаб чиқиш муҳим ва долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2016 йил 28 сентябрдаги ПҚ-2615-сонли «2016-2020 йилларда курилиш индустриясини янада ривожлантириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги, 2016 йил 21 октябрдаги ПҚ-2639-сонли «2017-2021 йилларда қишлоқ жойларда янгиланган намунавий лойиҳалар бўйича арзон уй-жойлар куриш дастури тўғрисида»ги ҳамда 2019 йил 23 майдаги ПҚ-4335-сонли «Курилиш материаллари саноатини жадал ривожлантиришга оид кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли барча меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларнинг бажарилишига ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Механик усулда активлаштириш борасидаги илмий тадқиқотлар билан М.Л. Моргулис, С.Е. Андреев, В.В. Товаров, В.А. Перов, Р. Гийо, Ю.И. Дешко, М.Б. Креймер, Г.С. Крыхтин, Г.С. Ходаков, П.М. Сиденко, Л.М. Сулименко, А.Ф. Шевченко, М.М. Рыжков, Ю.Р. Кривобородов, Р.Р. Шаратов, Н.Ф. Глухарев, В.П. Кузьмина, Ш.М. Рахимбаев, В.Е. Каушанский, Д.В. Ломаченко, J. Jurgen, P. Fleiger, Y. Reichardt, J. Harder, J. Stark ва бошқалар; ишқорли боғловчиларнинг янги таркибларини ишлаб чиқиш ва улар асосидаги турли хил бетонларнинг хоссаларини яхшилаш борасида Н. Kuhl, А.О. Purdon, В.Д. Глуховский, П.В. Кривенко, Р.Ф. Рунова, Г.В. Румына, О.Н. Петропавловский, J. Davidovits, А. Palomo, В.И. Калашников, Р.З. Рахимов, Н.Р. Рахимова, Б.К. Сарсенбаев, S.D. Wang, P. Duxson, С. Shi, F. Puertas ва бошқалар шуғулланганлар.

Юртимиз олимлари Э.У. Касимов, У.А. Газиев, А.Г. Алиев, А.А. Азимов, А.А. Тулаганов, А.А. Султанов, А.М. Камилов, Х.Х. Камилов, О.Б. Косимов, А.А. Ашрабов, Н.Ф. Бахриев ва бошқалар томонидан ишқорли боғловчилар ва улар асосидаги буюмларнинг янги таркиблари ишлаб чиқилиб, уларнинг физик-механик ва физик-кимёвий хоссалари тадқиқ этилган.

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

Илмий-техник адабиётлар таҳлили турли хил гранулаланган тошқолларни механик усулда активлаштириш, ишқорли боғловчиларнинг янги таркибларини ишлаб чиқиш ва улар асосида буюмлар олиш ҳамда олиниш технологиялари борасида маълум бир даражадаги натижаларга эришилганини кўрсатди. Бироқ, ЭТФ тошқоли ва унинг аралашмаларини механик усулда активлаштириш жараёнлари, майдалик даражаси ва боғловчилар таркибидаги минерал қўшимчанинг миқдорини аниқлаш бўйича тезкор усулларни ишлаб чиқиш, ишқорли боғловчилар асосида кўпикбетонларни олиш масалалари, олиниш технологиялари ва линияларини ишлаб чиқиш етарлича даражада ўрганилмаганлигини кўрсатди.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент архитектура-қурилиш институтининг № Ф-7-44 «Янги органоминерал енгил композицияларни яратишнинг физик-кимёвий асослари ва уларда структура ҳосил бўлишининг қонуниятлари» мавзусидаги (2012-2016 йй.) фундаментал лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади. Механик усулда активлаштирилган кўп компонентли ишқорли боғловчилар ва улар асосидаги кўпикбетонларни тадқиқ этиш.

Тадқиқотнинг вазифалари:

гранулаланган ЭТФ тошқолини механик усулда активлаштириш жараёнларига минерал ва кимёвий қўшимчаларнинг таъсири, модификацияланган ишқорли боғловчиларнинг физик-механик хоссалари ва қотиш жараёнида юзага келган ҳосилаларни тадқиқ этиш;

майдалик даражасини ва боғловчининг таркибидаги минерал қўшимчаларнинг миқдорини аниқлаш борасидаги мавжуд усулларни таҳлил этган ҳолда янгиларини ишлаб чиқиш;

кўп компонентли системада механик активлаштириш жараёнларини тажрибани математик режалаштириш усули ёрдамида тадқиқ этган ҳолда улар таркибини оптималлаштириш, қотиш жараёни маҳсулотларини тадқиқ этиш ҳамда кўп компонентли ишқорли боғловчини ишлаб чиқаришни соддалаштирилган технологик линиясини ишлаб чиқиш;

кўпик ҳосил қилувчининг ишқорли муҳитдаги оптимал технологик кўрсаткичларини аниқлаш, уларнинг ишқорли боғловчиларнинг физик-механик хоссаларига таъсири ва тошлардаги структура ҳосил бўлиш жараёнининг ўзига хосликларини тадқиқ этиш;

бир ва кўп компонентли ишқорли боғловчилар асосидаги кўпикбетонларнинг физик-механик, иссиқлик-техник хоссалари, микроғоваклиги ва қотиш жараёни маҳсулотларини тадқиқ этиш ҳамда кўпикбетон ишлаб чиқаришга мўлжалланган технологик линияни ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида асосий алюмосиликатли компоненти гранулаланган ЭТФ тошқоли бўлган механик усулда активлаштирилган бир ва кўп компонентли ишқорли боғловчилар асосидаги кўпикбетон буюмлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети сифатида механик усулда активлаштириш маҳсулотларининг физикавий кўрсаткичлари, ишқорли боғловчилар ва улар асосидаги кўпикбетонларнинг физик-механик ва физик-кимёвий хоссалари ҳамда техник-иктисодий кўрсаткичлари танлаб олинган.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотларни бажаришда замонавий физик-механик ва физик-кимёвий тадқиқот ҳамда тажрибаларни математик режалаштириш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ЭТФ тошқолини механик усулда активлаштириш вақтида фаол минерал ва кимёвий қўшимчалардан фойдаланиш натижасида ишқорли боғловчини физик-механик хоссаларини яхшилашга эришилган;

илк бор заррачалараро бўшлиқ кўрсаткичини аниқлашга асосланган боғловчи материалларни майдалик даражасини ҳамда боғловчини сувдаги суспензиясини рН ва оксидланиш-тикланиш потенциалига асосланган боғловчи таркибидаги минерал қўшимчанинг миқдорини аниқлашнинг янги усуллари ишлаб чиқилган;

таркибида ЭТФ тошқоли, портландцемент клинкери, клинкер куйдиришдаги печ орти чанги ва сода бўлган кўп компонентли ишқорли боғловчининг янги таркиблари ишлаб чиқилган;

кўпик ҳосил қилувчининг ишқорли боғловчининг контрол таркибига нисбатан физик-механик хоссаларига, қотиш жараёнларига ва у асосидаги тошнинг микроструктурасига таъсири аниқланган;

асосий алюмосиликатли компоненти ЭТФ тошқоли бўлган механик активлаштирилган бир ва кўп компонентли ишқорли боғловчилар асосида автоклавсиз усулда кўпикбетонлар олинган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

грануланган ЭТФ тошқолини минерал ва кимёвий қўшимчалар билан биргаликда шарли тегирмонда механик усулда активлаштириш орқали модификацияланган ишқорли боғловчилар ва улар асосида кўпикбетонлар олиш мумкинлиги кўрсатиб берилган;

боғловчи моддаларнинг майдалик даражасини ва улар таркибидаги минерал қўшимча миқдорини аниқлаш бўйича янги инновацион тезкор (экспресс) усуллари ишлаб чиқилган;

кўп компонентли ишқорли боғловчи ва кўпикбетон ишлаб чиқаришнинг содалаштирилган ҳамда такомиллаштирилган технологик линиялари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги тадқиқотларни замонавий усул ва воситаларни ҳамда тажрибани математик режалаштириш усуллари кўллаган ҳолда бажарилганлиги, тажриба йўли билан олинган хулосаларнинг назарий асос бўлувчи қонунлар билан мослиги, шунингдек, ишланмаларнинг ишлаб чиқариш шароитларида апробация қилинганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ЭТФ тошқоли ва унинг аралашмаларини механик усулда активлаштириш жараёнларини ўрганишда, қурилиш

материаллари ишлаб чиқариш саноатида ишлатиладиган тадқиқот усулларини келгусидаги ривожига ва ишлаб чиқариш назоратини оширилишига хисса қўшувчи майдалик даражаси ва боғловчилар таркибидаги минерал қўшимчанинг миқдорини аниқлаш усулларининг ишлаб чиқилганлигида ўз аксини топган. Шунингдек, кўп компонентли ишқорли боғловчининг таркиби ва технологик линияларни ишлаб чиқилиши ушбу йўналишларнинг келгусидаги ривожига ижобий таъсир қилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти олинган натижаларни ишқорли кўпикбетонларни олиш, ишлаб чиқилган назорат қилиш усулини ишлаб чиқаришда сифатни баҳолаш ва олинган натижаларни ишончлилигини оширишда қўшимча кўрсаткич сифатида, кўпикбетонлар ишлаб чиқариш бўйича янги корхоналарни қуриш ва ташкил этишда, механик усулда активлаштириш ва ишқорли кўпикбетонлар олиш бўйича келгусидаги илмий – тадқиқот ишларида ишлатилиши мумкинлиги билан аҳамиятлидир.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Механик усулда активлаштирилган кўп компонентли ишқорли боғловчилар ва улар асосидаги кўпикбетонлар бўйича олинган илмий натижалар асосида:

боғловчининг майдалик даражасини аниқлаш усули «Бекободцемент» АЖда жорий қилинган («Ўзсаноатқурилишматериаллари» уюшмасининг 2019 йил 24 июлдаги 05/06-1245 – сонли маълумотномаси; «Майдалик даражасини аниқлаш усули» ІАР № 06008, 06.09.2019 й.). Натижада, ишлаб чиқариш шароитларидаги майдалик даражасини аниқлашнинг тезкорлигини ошириш имконини берган;

механик усулда активлаштирилган ишқорли боғловчи асосида кўпикбетонни синов партияси «Бекободцемент» АЖда ишлаб чиқарилган («Ўзсаноатқурилишматериаллари» уюшмасининг 2019 йил 24 июлдаги 05/06-1245 – сонли маълумотномаси). Натижада, амалдаги стандарт талабларига жавоб берувчи маҳсулот олиш имконини берган;

механик усулда активлаштирилган кўп компонентли ишқорли боғловчининг таркибига ҳамда уни ишлаб чиқариш бўйича технологик линияга ЎЗР ИМА нинг ихтиро ва фойдали моделига патентлари олинган («Боғловчи» ІАР № 05647, 28.09.2018 й. ва «Кам клинкерли шлак-ишқорли боғловчини ишлаб чиқариш усули» FAP № 01395, 31.07.2019 й.). Натижада, ишлаб чиқилган таркиб асосида мустаҳкамлиги юқори бўлган боғловчини ва уни ишлаб чиқаришни соддалаштирилган технологик линиясини олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 4 та халқаро ва 9 та республика миқёсидаги илмий-техник ва илмий-амалий анжуманларда муфассал муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 32 та илмий иш чоп этилган. Улардан 1 та монография, 10 та илмий мақола, шу жумладан, асосий диссертация натижаларини нашр этиш учун Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган 1 та хорижий ва 5 та республика миқёсидаги журналларда,

шунингдек, ЎзР ИМА нинг 3 та ихтиро (IAP № 05647, IAP № 05722 ва IAP № 06008) ва 1 та фойдали модель (FAP № 01395) учун патентлари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 120 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 **«Механик усулда активлаштириш, клинкерсиз ва кам клинкерли ишқорли боғловчилар ҳамда улар асосидаги кўпикбетонлар бўйича тадқиқот ишларининг ҳозирги кундаги аҳволи»** деб номланган биринчи бобида ишқорли боғловчилар ва улар асосида буюмлар олишнинг ривожланиш тарихи ва замонавий илмий-техник адабиётларнинг қисқача таҳлили, механик активлаштириш бўйича илмий йўналишлар ва жараёнлар баён этилган, кўпикбетонларни олиш усуллари, технологиялари ва муаммолари кўрсатиб ўтилган. Илмий-техникавий адабиётларнинг ҳар томонлама таҳлили асосида тадқиқотларнинг ишчи илмий фарази, мақсади ва асосий вазифалари шакллантирилган.

Назарий ҳаволалар қуйидаги, яъни алюмосиликатли компонентни минерал қўшимчалар ва сирт-фаол моддалар билан механик активлаштириш орқали олинган модификацияланган ишқорли боғловчи асосида кўпикбетон олиш, бунда бир томондан боғловчини активлигини оширишга, бошқа томондан оптимал физик-механик хоссаларга эга кўпикбетонлар олиш ва ҳажм бўйича бир текис тарқалган макро ва микроструктура шаклланишига олиб келади деган *ишчи фараз*ни шаклланишига асос бўлди.

Диссертациянинг **«Фойдаланилган хомашё материаллари тавсифи ва тадқиқот усуллари»** номли иккинчи бобида тадқиқот ишларида қўлланилган хомашё материалларинининг физик-кимёвий тавсифлари ҳамда физик-механик ва физик-кимёвий тадқиқот усуллари ҳақида маълумотлар келтирилган. Физик-кимёвий таҳлил усулларида рентгенографик таҳлил ДРОН-2,0 ва 3,0 дифрактометрларида, дифференциал-термик таҳлил Ф.Паулик-И.Паулик-Л.Эрдей тизимидаги дериватографда, ИҚ-спектроскопик таҳлил РҮЕ ва NiСAМ ҳамда Япониянинг «IRAffinity-1, SHIMADZU» фирмасининг спектрофотометрида, электрон микроскопик таҳлил бир босқичли кулли репликага асосланган ЭМВ-100 БР ва растрли электрон микроскопда (Баухаус университети, Германия), иссиқлик техник хоссалар таҳлили «ИТС-1» ускунасида, микроғоваклик таҳлили Thermo Scientific

фирмасининг «Pascal 240 EVO» русумли симобли порозиметрида ўрганиш орқали бажарилган.

Диссертация ишида муаллиф томонидан ишлаб чиқилган 2 та янги тадқиқот усуллари ҳақида қисқача маълумотлар келтирилган. Уларнинг бирига кўра майдалиқ даражасини аниқлашда баҳолаш мезони сифатида заррачалараро бўшлиқ кўрсаткичидан фойдаланиш таклиф этилган. Иккинчи тадқиқот усули эса боғловчи таркибидаги минерал қўшимча (МК) нинг миқдорини аниқлашга оид бўлиб, сув-боғловчи суспензиясининг тиндирилган қисмидан олинган намунанинг рН кўрсаткичини ва оксидланиш-қайтарилиш потенциалини аниқлашга асосланган. Иккала ҳолатда ҳам боғлиқлик графиклари тузилиши кераклиги таъкидланган.

Диссертациянинг «**Модификацияланган механик усулда активлаштирилган ишқорли боғловчиларни олиш жараёни тадқиқи**» номли учинчи боби ЭТФ тошқоли ва унинг аралашмаларини барабанли шарли тегирмондаги механик усулда активлаштирилишига бағишланган. Тегирмоннинг битта бўлинмаси-даги шарлар массаси 55 кг ни ташкил этиб, у $\varphi=0,25$ тўлиш коэффициентига ҳамда $N_{м.т.}=0,25$ кВт майдаловчи жисмлар қувватига тўғри келади. Тадқиқот-лар натижасида ЭТФ тошқоли учун энг кичик талаб қилинадиган солиштира сирт юзасига (≈ 3000 см²/г) 60-70 дақиқадан кам бўлмаган вақтдаги механик усулда активлаштириш орқали эришилиши аниқланган. Майдалиқ даражаси солиштира сирт юзаси ($S_{сол.}$, см²/г), элакдаги қолдиққа (№ 008, %) ва зичланмаган ҳолдаги тўкма зичликка кўра баҳоланган.

МК ва сирт фаол модда (СФМ) ларнинг ЭТФ тошқолини механик активлаштириш жараёнларига ва улар асосида олинган ишқорли боғловчиларнинг физик-механик хоссаларига таъсири тадқиқ этилган (1- ва 2- жадвал). Ишқорли қотиш активатори сифатида натрийнинг дисиликатли (ДСН) $\rho=1,3$ г/см³ зичликдаги эритмасидан фойдаланилди.

1-жадвал

Минерал қўшимчали ишқорли боғловчиларнинг физик-механик кўрсаткичлари

Т/ р	МК тури ва миқдори, %	Туйиш вақти, дақиқа	Тўкма зичлик, г/см ³	Оқлик даражаси, %	Солиштира сирт юзаси, см ² /г	Сиқилишдаги муштаҳкамлик, МПа		Намуналарнинг зичлиги, г/см ³
						Буғла- тилган	28 сутка (буғла- тилган)	
1	–	60	1,080	45,8	2972	77,25	94,25	2,12
2	ККПОЧ -10		1,038	50,2	4067	97,50	95,33	2,15
3	ПЦК - 5		1,068	46,5	3036	98,66	89,16	2,11
4	ПЦК-10		1,065	46,0	3117	110,08	92,16	2,21
5	Туффит - 20		0,940	50,0	5787	27,25	38,68	2,12
6	Глиеж - 20		0,957	45,2	5080	62,08	70,37	2,17

Изоҳ: ККПОЧ – клинкерни куйдиришдаги печ орти чанглари; ПЦК – портландцемент клинкери; Буғлатиш режими (2+6+2 соат).

Олинган натижалар (1-жадвал) ЭТФ тошқолини МК билан қисман алмаштирилганда, бир хил вақт ичида механик усулда активлаштирилган

аралашма тўкма зичлигининг пасайиши ва солиштирма сирт юзасининг ортиши содир бўлишини кўрсатди. Туйилган кукунларнинг оқлик даражаси МК тури ва миқдориға қараб ўзгариши аниқланди. Мустаҳкамлик кўрсаткичларига кўра портландцемент клинкери (ПЦК) бор таркиблар энг юқори натижаларға эға бўлишиға қарамай, бу ҳолда массанинг тез тишлашиши кузатилди. Ҳар томонлама қилинган таҳлил натижаси клинкерни куйдириш печ орти чанглари (ККПОЧ) қўшилган таркиб энг мақбул ечим эканлигини кўрсатди.

СФМ иштирокидаги тадқиқот натижалари (2-жадвал) ЭТФ тошқолининг солиштирма сирт юзасининг ошмаганлигини ва кўпик ҳосил қилувчи моддадан ташқари барча суперластикаторлар мустаҳкамлик кўрсаткичларига ижобий таъсир этишини яққол намоён этди. Шунингдек, кўпик ҳосил қилувчи модда намунанинг зичлигини камайтириши ҳам кузатилди. СФМ ишлатилганда тўкма зичликнинг юқорилаб кетишини кимёвий қўшимчаларнинг ЭТФ тошқоли заррачаларининг бир-бириға ёпиштириши ҳолати билан изоҳлаш мумкин. ЭТФ тошқолининг оқлик даражаси шарли тегирмондаги механик активлаштириш жараёни давомийлигининг ортиб бориши билан ошиши кузатилди. ЭТФ тошқоли ва унинг аралашмалари оқлик даражасининг таҳлили, ушбу кўрсаткич орқали ЭТФ боғловчиси таркибидаги қўшимчанинг миқдорини аниқлаш имконияти мавжудлигини кўрсатди.

2-жадвал

СФМ билан модификацияланган ишқорли боғловчиларни физик-механик кўрсаткичлари

Т/р	СФМ тури ва миқдори, %	Туйиш вақти, дақиқа	Тўкма зичлик, г/см ³	Оқлик даражаси, %	Солиштирма сирт юзаси, см ² /г	Сиқилишдаги мустаҳкамлик, МПа		Намуналарнинг зичлиги, г/см ³
						Буғлатилган	28 сутка (буғлатилган)	
1	–	60	1,080	45,8	2972	77,25	94,25	2,12
2	Glenium 51–0,3		1,185	43,1	2787	98,16	119,75	2,18
3	Glenium150–0,3		1,140	43,2	2891	85,83	112,33	2,21
4	ПБ-Люкс-0,3		1,190	43,6	2852	49,83	57,75	1,83
5	JK.02 – 1,0		1,125	47,6	2784	94,91	103,00	2,07
6	Лахта –1,0		1,100	47,4	2884	104,08	85,83	2,14

Изоҳ: Glenium 51 ва Glenium150 – суюқ ҳолдаги суперпластикаторлар; JK.02 ва Лахта КМД PRO – курук ҳолдаги суперпластикаторлар; ПБ-Люкс – суюқ ҳолдаги кўпик ҳосил қилувчи СФМ; Буғлатиш режими - (2+6+2 соат).

Кўп компонентли боғловчи (ККБ) ни механик усулда активлаштириш жараёнини тадқиқ этиш ва уни баҳолаш имкониятини ўрганиш мақсадида 3 омилли тажриба режаси тузилди. Бунинг учун 2-тартибли ротатабелли усулдан фойдаланилди. Жараёнға таъсир қилувчи 1- ва 2-омиллар сифатида ПЦК ва ККПОЧ нинг массавий миқдори ва 3-омил сифатида механик активлаштириш давомийлиги танлаб олинди. Компонентларнинг миқдори қуйидаги ораликларда олинди (%): ПЦК 0-25,00; ККПОЧ 0-15,00; ЭТФ тошқоли – қолгани. Режалаштирилган матрицадаги тажриба сони 20 та қилиб

белгиланган. Юлдузчали елкалар катталиги 1,682 ва $n = 6$ га тенг. Тадқиқот натижалари ЭТФ тошқолининг туйилиш даражасига механик активлаштириш вақтидан ташқари ПЦК ва ККПОЧ нинг миқдори ҳам таъсири қилишини кўрсатди. ККПОЧ миқдорининг ортиши ЭТФ тошқоли механик активлаштириш жараёнининг секинлашишига ва материални тегирмон деворлари ҳамда шарлари юзасига ёпишишига олиб келишини кўрсатди. ККБ ни механик усулда активлаштиришдан олинган натижалар асосида қуйидаги регрессия тенгликлари олинди:

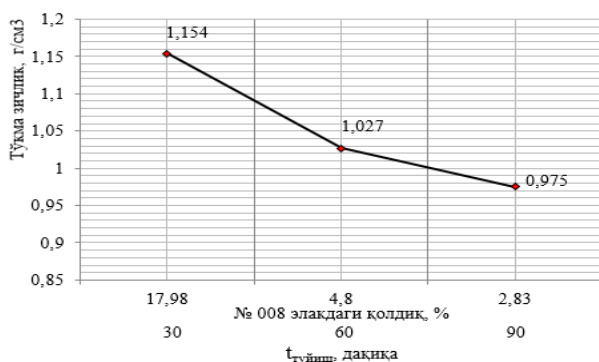
- зичлаштирилмаган ҳолатдаги тўкма зичлик учун (ρ_0 , г/см³):

$$Y_{\rho_0} = 1,0281 + 0,0069X_1 - 0,0199X_2 - 0,0447X_3 + 0,0061X_1X_2 + 0,0051X_1X_3 + 0,0119X_2X_3 + 0,0052X_1^2 + 0,0109X_2^2 + 0,0133X_3^2 \quad (1)$$

- № 008 элакдаги қолдиқ учун (%):

$$Y_{\text{қол}} = 3,229 + 0,0745X_1 - 1,617X_2 - 3,664X_3 - 0,0225X_1X_2 + 0,035X_1X_3 + 0,0225X_2X_3 + 0,368X_1^2 + 1,1615X_2^2 + 1,8402X_3^2 \quad (2)$$

ККБ ни механик активлаштириш давомийлиги ортиши билан унинг зичлаштирилмаган ҳолатдаги тўкма зичлигининг пасайиши аниқланди. Ушбу ҳолатни таркиби бир хил ва механик активлаштириш давомийлиги узайиб борган ҳолатда яққол кўришимиз мумкин (1-расм).



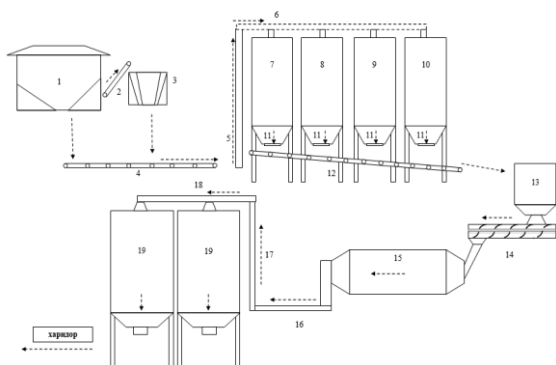
1-расм. ККБ ни № 008 элакдаги қолдиқ ва механик активлаштириш вақтига кўра тўкма зичлигини ўзгариш боғлиқлиги (%):
ПЦК-12,5; ККПОЧ-7,5;
ЭТФ тошқоли-80,0

Тадқиқотлар вақтида олинган баъзи таркиблар натижалари қуйида келтириб ўтилган (3-жадвал). № 008 элакдаги қолдиқ миқдори 15% дан ортиқ ҳамда солиштирма сирт юзаси 3000 см²/г дан кам бўлганлиги сабабли шарли тегирмонда 30 дақиқалик механик активлаштириш жараёни етарли эмаслиги аниқланди (таркиб № 5). Уч хил шароитда қотган намуналарнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари таҳлили тадқиқ этилган таркибларга иссиқлик ва намликнинг биргаликдаги таъсири ижобий эканлигини, яъни иссиқлик-намлик ишловининг табиий ва сувли муҳитга нисбатан устун эканлигини кўрсатди. Сувнинг ўрнига қориш суюқлиги сифатида Na₂CO₃ нинг $\rho = 1,050$ г/см³ эритмаси ишлатилганда, намуналарнинг сувга чидамлиги ортиб, намуналар ҳеч қандай бузилиш ҳолати юзага келмаслиги маълум бўлди (№ 3-5 таркибларга қаранг). ККБ нинг Na₂CO₃ асосидаги таркибига ЎзР ИМА нинг ихтиро учун патенти олинган (IAP № 05647). Шунингдек, ушбу кўп компонентли ишқорли боғловчини ишлаб чиқариш бўйича технологик линия ишлаб чиқилиб (2-расм), унга 2019 йил ЎзР ИМА нинг фойдали модель учун патенти олинган (FAP № 01395).

Кўп компонентли боғловчининг физик-механик кўрсаткичлари

Т /р	Комп. нисбати, %			Туйиш вақти, дақиқа	№ 008 элак қолдик, %	Солиштирма сирт юзаси, см ² /Г	Сиқилишдаги мустаҳкамлик (МПа), қориш суюқлигининг тури					
	ЭТФ	ПШҚ	ККПОЧ				Сув			Na ₂ CO ₃ (ρ=1,050 г/см ³)		
							ТМ, 28 сут	БМ	СМ, 28 сут	ТМ, 28 сут	БМ	СМ, 28 сут
1	68	20	12	78	6,70	3420	18,0	29,0	28,1	25,2	22,8	28,4
2	77	20	3	78	2,52	3380	15,7	21,3	37,3	25,9	33,6	33,3
3	83	5	12	78	2,32	3520	17,9	31,2	буз-н	22,7	19,3	13,7
4	92	5	3	78	5,87	3900	11,9	21,7	буз-н	23,5	24,8	8,9
5	80	12,5	7,5	30	17,98	2440	28,8	17,9	буз-н	28,0	13,9	17,4
6	80	12,5	7,5	60	4,80	3450	24,6	28,9	23,4	29,5	22,7	25,6
7	80	12,5	7,5	90	2,83	4100	25,2	28,6	30,4	27,7	24,2	25,7

Изоҳ: ТМ – табиий муҳитда сақланган; СМ – сувда сақланган; Na₂CO₃ – техник кальцийланган соданинг ишқорли эритмаси; БМ – буғли муҳит (2+6+2 соат).



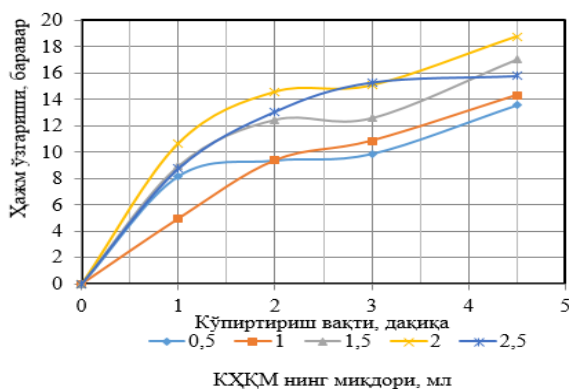
2-расм. Кўп компонентли ишқорли боғловчини ишлаб чиқариш бўйича технологик линия:

- 1- хомашёни қабул қилиш бўлими;
2,4,5,6,12,16,17 ва 18-транспортирловчи қурилмалар; 3-майдалаш ускунаси; 7-10,19- силослар; 11- дозаторлар; 13- таъминлагич бункери; 14- винтли таъминлагич; 15- шарли тегирмон.

Диссертациянинг «Механик усулда активлаштирилган ишқорли боғловчилар асосидаги кўпикбетонлар» номли тўртинчи бобида СФМ ларнинг кўпик ҳосил қилиш хоссалари, кўпик ҳосил қилувчи (СФМ) ларнинг ишқорли боғловчилар физик-механик хоссаларига ва структура ҳосил қилишига таъсири, ишқорли боғловчилар асосида кўпикбетонларни олиш, кўпикбетонларнинг иссиқлик-техник хоссалари, микроҶоваклиги ва ҳоказолар ўрганилган. Шунингдек, ишқорли боғловчи асосида автоклавсиз кўпикбетон ишлаб чиқаришнинг технологик линияси ишлаб чиқилган. Кўпик ҳосил қилиш хоссалари (ҳажм ўзгариши, кўпикнинг зичлиги, аэрацион потенциал) «ПБ-2000» ва «Ареком-4» лар учун сувда ва натрийли дисиликат (ДСН, ρ=1,3 г/см³) да ўрганилган. Маълум бўлишича, «ПБ-2000» ишлатилганда кўпиртириш муҳитидан қатъий назар «Ареком-4» дагига нисбатан ҳажми бўйича бир текис ва майда Ҷовакли кўпик олиш мумкинлиги аниқланди. Шунингдек, кўпик ҳосил қилиш хоссаларига СФМ нинг миқдоридан ташқари кўпиртириш вақти ҳам таъсир қилиши маълум бўлди. «ПБ-2000» нинг ДСН да кўпиртирилган ҳажм ўзгариши 3-расмда келтирилган.

Кўпик ҳосил қилувчиларни ишқорли боғловчининг мустаҳкамлиги ва у асосдаги тошнинг зичлигига таъсирини ўрганиш мақсадида 4 хил СФМ дан фойдаланилди (4-жадвал). СФМ ни ЭТФ массасидан 0,75 % миқдорда қориштириш суюқлиги ДСН (ρ=1,3 г/см³) га қўшган ҳолда қоришмалар тайёрланган. Олинган натижалар, СФМ лар ишқорли боғловчининг сиқилишдаги мустаҳ-

камлигига салбий таъсир қилишини, шунингдек, контрол таркибига нисбатан тошлар зичлигининг пасайишига олиб келишини кўрсатди.



3-расм. «ПБ-2000» нинг миқдори ва кўпиртириш вақтига кўра ҳосил бўладиган кўпик ҳажмини ўзгариши (ДСН, $\rho=1,3$ г/см³)

4-жадвал

Кўпик ҳосил қилувчиларни ишқорли боғловчи асосидаги тошнинг физик-механик хоссаларига таъсири

Т/р	СФМ тури	Сиқилишдаги мустаҳкамлик, МПа		Зичлик, г/см ³
		7 сут	28 сут	
1	Ареком-4	26,50	33,87	1,80
2	ПБ-2000	19,25	19,12	1,65
3	ПБ-Люкс	17,75	16,75	1,56
4	Сетора	38,25	39,12	2,01
5	-	33,12	60,75	2,23

Изоҳ: намуналар табиий муҳитда сақланган.

Кўшимча тарзда ўтказилган тажрибаларда 2 хил муҳит (табиий ва нам муҳит) да сақланган намуналарни синаш натижалари ҳам худди шундай қонуниятларни кўрсатди.

Микроскопик таҳлил натижалари ҳар бир кўпик ҳосил қилувчи ишқорли боғловчи асосидаги тошларнинг микроструктурасига ўзига хос таъсир қилишини кўрсатди. Рентгенографик таҳлил ЭТФ тошқоли ҳамда ДСН эритмаси аморф структурага эга бўлганлиги сабабли рентгенограмма майда пиклардан иборат бўлиб, кальций гидросиликатларнинг паст асосли бирикмалари $CSH(I)$ ва $Si-O-Na$ ҳосил бўлганлигини кўрсатди. Олинган натижалар дифференциал-термик ва ИҚ – спектроскопия таҳлиллари билан ўз тасдиғини топди.

Худди шу каби тадқиқот ишлари кўп компонентли ишқорли боғловчида ҳам бажарилган бўлиб, ушбу ҳолатда ҳам кўпик ҳосил қилувчининг мустаҳкамликка ва зичликка юқоридаги каби таъсир этиши аниқланган. Ушбу тажриба ишларида қориштириш суюқлиги сифатида Na_2CO_3 ($\rho=1,050$ г/см³) дан ва кўпик ҳосил қилувчи сифатида «ПБ-2000» ҳамда «Ареком-4» дан фойдаланилган. Ушбу ҳолатда, рентгенограммаларда ККПОЧ ($CaCO_3=0,304$ нм) га ва ПЦК минераллари ($C_3S=0,275$; $0,162$ нм; $C_2S=0,287$; $0,275$ нм; $C_4AF=0,192$ нм) га таъалукли чизиклар мавжудлиги аниқланди. Аммо, ассосий массанинг аморфлиги ҳамда ПЦК ва ККПОЧ минераллари чизикларининг бир-бирининг устига тушиб қолиши туфайли ҳар бир минерални алоҳида ажратиб олиш имконияти йўқлиги маълум бўлди.

Ишқорли боғловчи асосида автоклавсиз кўпикбетон олиш бўйича тажриба ишларида ЭТФ тошқоли асосидаги бир компонентли ва ККБ лар

ишлатилиб, барча ҳолатда ҳам кўпик ҳосил қилувчи сифатида «ПБ-2000» дан фойдаланилди. ККБ нинг таркиби (%): ПЦК-12,5; ККПОЧ-7,5; ЭТФ тошқоли-80,0. Кўпик олишда кўпиртириш суюқлиги сифатида ДСН ($\rho=1,3 \text{ г/см}^3$) фойдаланилди. Бир компонентли ишқорли боғловчи аралашмасини тайёрлашда ДСН дан, ККБ ни қоришда эса NaOH ва Na₂CO₃ ларнинг эритмалари ишлатилди. Намуналар қотиш жараёнлари 2 хил: иссиқлик-намлик ишловида (буғлатиш) ва нормал нам муҳитда 28 суткага қадар олиб борилган. Иссиқлик-намлик ишлови 80-95 °С да буғлатиш камерасида 2+6+2 соат режимида олиб борилган. Намуналарнинг физик-механик хоссалари 5-жадвалда кўрсатилган. Натижалар таҳлили кўпикбетоннинг мустаҳкамлик кўрсаткичларига буғлатиш, яъни иссиқлик ва намликнинг биргаликдаги ижобий таъсирини кўрсатди.

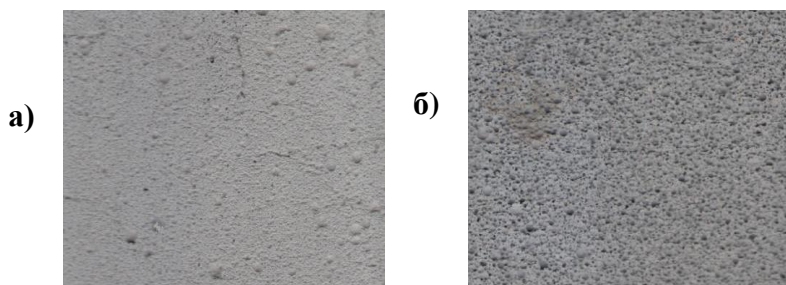
5-жадвал

Механик усулда активлаштирилган ишқорли боғловчилар асосидаги кўпикбетонларнинг физик-механик хоссалари

Т/р	Номланиши	Буғлатилган			28 сутка		
		R _{сик} , МПа	ρ , кг/м ³	W, %	R _{сик} , МПа	ρ , кг/м ³	W, %
1	ИБ	2,04-4,19	671,5-822,9	20,78-26,79	2,15-4,62	717,2-860,2	15,97-22,08
2	ИБ (қум билан)	1,76-2,16	755,2-887,0	15,27-17,09	2,12-2,22	791,2-878,9	15,60-16,79
3	ККИБ (NaOH)	1,48-2,20	598,7-699,8	23,43-29,50	1,43-1,52	601,3-622,8	21,19-28,51
4	ККИБ (Na ₂ CO ₃)	0,82-0,90	526,9-532,4	27,15-28,54	0,75-0,88	558,2-562,1	21,57-23,12

Изоҳ: ИБ – бир компонентли ишқорли боғловчи; ККИБ – кўп компонентли ишқорли боғловчи; R_{сик} – сиқилишдаги мустаҳкамлик; ρ – қуруқ ҳолатдаги намуналарнинг зичлиги; W – намуналарнинг намлиги; Буғлатилган намуналар (2+6+2 соат).

Ишқорли боғловчи асосида олинган кўпикбетонларнинг макроструктураси қуйида келтирилган (4-расм). Тўлдирувчи сифатида қум ($M_k=1,2$) ишлатилганда нисбатан йирик ғовак макроструктурали кўпикбетон ҳосил бўлиши кузатилди. Қум заррачалари ғовак деворларида бир-бирини устига устма-уст жойлашган ҳолда деформацион чўкиш ва ғовакларнинг бузилишига қаршилик қилувчи скелет ҳосил қилиши маълум бўлди.

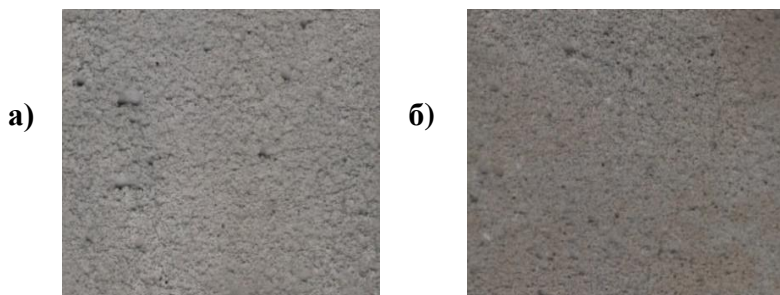


4-расм.
Ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетонлар макроструктураси:
а) қумсиз; б) қумли

Кўп компонентли ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетонларнинг макроструктурасида жуда катта фарқлар кузатилмади (5-расм).

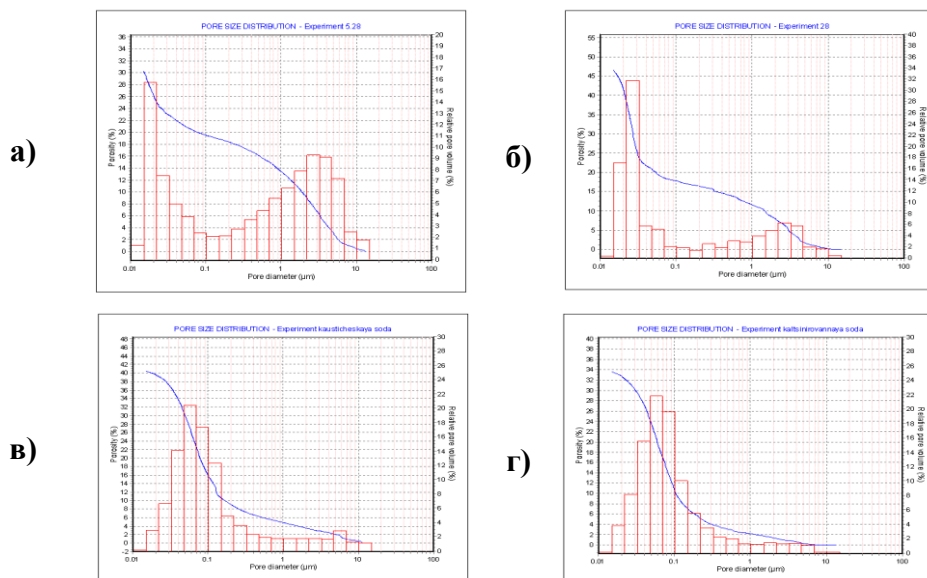
Бир компонентли ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетонларнинг қумли ва қумсиз таркибларининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda=0,17-0,18 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ (нам ҳолатда) ва $\lambda=0,11-0,12 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ (қуруқ ҳолатда) ҳамда

термик қаршилиги $R=0,11-0,17 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ни ташкил этиши аниқланди. Кўп компонентли ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетонларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари $\lambda=0,10-0,12 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ (нам ҳолатда) ва $\lambda=0,07-0,08 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ (қуруқ ҳолатда), шунингдек, термик қаршилиги $R=0,15-0,24 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ни ташкил этди.



5-расм.
Кўп компонентли ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетонлар макроструктураси ($\rho=1,150 \text{ г}/\text{см}^3$):
а) NaOH б) Na_2CO_3

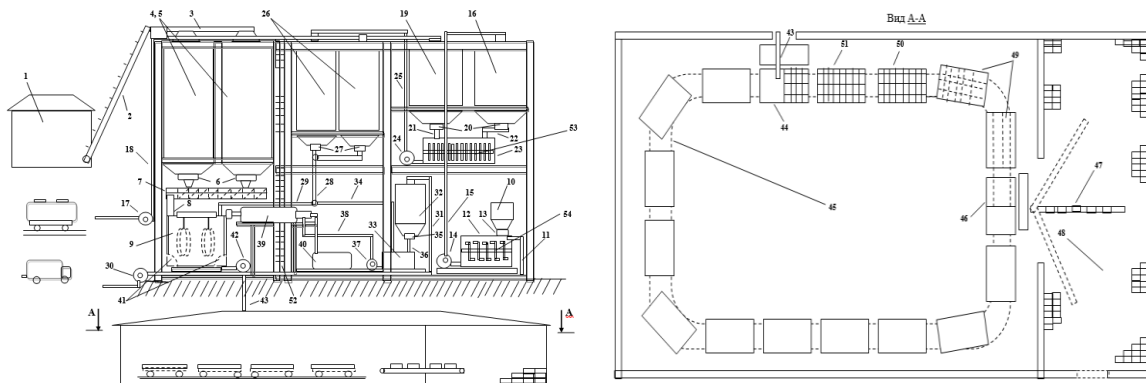
Симобли порозиметрия усулида бир компонентли ишқорли боғловчи (қумсиз ва қумли) асосидаги кўпикбетонларнинг микрофоваклиги ўрганилганда намуналарнинг умумий микрофоваклиги 30,31 ва 46,52%, шунингдек, микрофовакларнинг ўртача диаметри 0,0644 ва 0,0406 мкм эканлиги аниқланди (6-расм, а ва б). NaOH ва Na_2CO_3 ишқорларининг $\rho=1,150 \text{ г}/\text{см}^3$ зичликдаги эритмаларига қорилган ККБ асосидаги кўпикбетон намуналарининг умумий микрофоваклиги 40,43 ва 33,60% ни ҳамда микрофовакларнинг ўртача диаметри 0,0676 ва 0,0600 мкм ни ташкил этди (6-расм, в ва г).



6-расм. Симобли порозиметрда аниқланган микрофоваклик гистограммалари:
а-ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетон (қумсиз); б-ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетон (қумли); в-кўп компонентли ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетон (NaOH); г- кўп компонентли ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетон (Na_2CO_3).

Зичлиги $650-900 \text{ кг}/\text{м}^3$ бўлган ишқорли боғловчи асосидаги (қумсиз ва қумли) кўпикбетонларнинг умумий ҳажмий фоваклиги сув шимувчанлик кўрсаткичига кўра 45,51-54,33% атрофида бўлиши аниқланди. NaOH ва Na_2CO_3 ($\rho=1,050$ ва $1,150 \text{ г}/\text{см}^3$) эритмалари ишлатилган кўп компонентли ишқорли боғловчи асосидаги зичлиги $500-750 \text{ кг}/\text{м}^3$ бўлган кўпикбетонларда ушбу кўрсаткичлар 52,30-62,33 ва 55,58-65,82% ни ташкил этди.

Тадқиқотлар натижасида ишқорли боғловчи асосида кўпикбетон ишлаб чиқариш бўйича технологик линия ишлаб чиқилган бўлиб (7-расм), унга ЎзР ИМА нинг фойдали модел учун патентини олиш мақсадида талабнома топширилган (FAP 20180012). Бошқа хилдаги хоссаларга эга кўпикбетонлар олиш лозим бўлганида тошқол, тўлдирувчи, кўпик ҳосил қилувчи турини ва ишчи ишқор эритмасининг силикат модулини ўзгартириш мумкин.



7-расм. Ишқорли боғловчи асосида кўпикбетон ишлаб чиқаришнинг технологик линияси: 1-хомашёни қабул қилиш бўлими; 2,3,7,47–транспортрловчи қурилмалар; 11,15,18,21, 22,25,28,29,31,34,36,38,43–қувурлар; 14,17,24,30,37,42–насослар; 8-тарнов; 4,5,16,19,26,32,33 –сиғимлар; 6,13–дозаторлар; 20, 27,35–сарф ўлчагичлар; 12,23–аралаштиргичлар; 10-таъминловчи бункер; 39–кўпик генератори; 40-компрессор; 41-кўшимча параклар; 9-кўпикбетон аралаштиргичи; 44-аравача; 45- ёпиқ ҳолдаги темир-йўл ҳалқаси; 46-қолипларни бўшатиш пункти; 48-тайёр маҳсулот омбори; 49– қолипларни тозалаш ва йиғиш пункти; 50-металл қолипларни мойлаш; 51-тайёр қолиплар; 52-зинапоя; 53,54-аралаштирувчи қурилмалар

Диссертациянинг “**Тадқиқот натижаларининг амалиётда жорий қилиниши**” номли бешинчи бобида лаборатория шароитида олинган натижаларни ишлаб чиқаришда жорий этилиши бўйича маълумотлар келтирилган. Янги ишлаб чиқилган ва таклиф этилган «Майдалик даражасини аниқлаш усули» Тошкент вилоятининг Бекобод шаҳрида фаолият олиб бораётган «Бекободцемент» АЖ корхонаси қошидаги ишлаб чиқариш-синов бўлимида апробациядан ўтказилган (Далолотнома, 07.05.2019 й.). Таклиф этилаётган усул корхона томонидан инновацион ғоя сифатида эътироф этилиб, ишлаб чиқаришдаги фавқулудда вазиятларда ва майдалик даражаси борасида юзага келадиган ишлаб чиқарувчи – мижоз ўртасидаги баҳсли вазиятларда ишлатилиш учун қабул қилинган. Шу билан бирга параллел тарзда «Бекободцемент» АЖ корхонасининг ишлаб чиқариш-синов бўлимида ишқорли боғловчи асосида автоклавсиз кўпикбетон олиш ишлари бажарилган (Далолотнома, 07.05.2019 й.). Натижада, таркибида портландцемент бўлмаган ишқорли боғловчи асосида зичлиги D 700 – 750, сиқилишдаги мустаҳкамлиги 2,0-4,8 МПа ва намлиги 16,1-21,5% бўлган кўпикбетонлар олинган. Шунингдек, Ўзбекистон Республикаси «Ўзсаноатқурилишматериаллари» уюшмаси томонидан диссертация иши натижаларини келгусидаги иш жараёнларида қўллаш учун қабул қилинганлиги тўғрисида маълумотнома тақдим этилган (Т/р 05/06-1245 сонли маълумотнома, 24.07.2019 й.).

ХУЛОСАЛАР

«Механоактивлаштирилган кўп компонентли ишқорли боғловчилар ва улар асосидаги кўпикбетонлар» номли техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) даражасини олиш учун тайёрланган диссертация иши бўйича бажарилган назарий-тажриба тадқиқот натижалари асосида қуйидаги умумий хулосалар келтирилган:

1. Боғловчи активлигининг ортишини ва максимал даражада бир хил макро- ва микроструктурани ҳосил бўлишини таъминловчи алюмосиликатли компонентни минерал кўшичалар ва сирт-фаол моддалар билан механик усулда активлаштирилиши натижасида ишқорли боғловчилар асосида ўртача зичлиги $550-900 \text{ кг/м}^3$ ва мустаҳкамлиги $0,75$ дан $5,19 \text{ МПа}$ га эга кўпикбетонлар олиш мумкинлиги кўрсатиб берилган.

2. Илк бор майдалик даражасини зичлаштирилмаган ҳолатдаги тўкма зичлик ва заррачалараро бўшлиқ кўрсаткичлари орқали баҳолаш мумкин эканлиги ўз тасдиғини топди. Ушбу ҳолда фақатгина ҳар бир материал ва таркиб учун алоҳида граудирловчи боғлиқлик қурилиши талаб этилади.

3. Боғловчилар таркибидаги минерал кўшимчани миқдорини оқлик кўрсаткичи орқали аниқлаш мумкинлиги аниқланган. Илк бор боғловчи моддалар таркибидаги минерал кўшимчани миқдорини сув-боғловчи суспензиясининг тиндирилган қисмидан олинган намунанинг рН кўрсаткичи ва оксидланиш-тикланиш потенциалини аниқлашга асосланган усули ишлаб чиқилган. Ушбу ҳолатда ҳам алоҳида граудирловчи боғлиқлик қурилиши талаб этилади.

4. Шарли тегирмондаги механик усулда активлаштириш жараёнида электротермофосфорли тошқолни минерал кўшимчалар билан қисман алмаштириш солиштирма сирт юзасини контрол таркибга нисбатан ортишига олиб келишини кўрсатди. Механик активлаштириш жараёнида $0,3-1,0\%$ миқдорда сирт фаол моддаларни қўллаш туйиш жараёнини тезлаштирмаслигини кўрсатди.

5. Ишлатилган минерал кўшимчалар ичида 10% миқдорда клинкерни қуйдириш печ орти чангларидан фойдаланиш истиқболли эканлиги аниқланган. Суперпластификаторлардан фойдаланилганда ишқорли боғловчиларнинг қотиш жараёнида куртаксимон ва ингичка шаклдаги янги ҳосилалар, кристалларни бир текис жойлашиши ҳамда боғловчининг гидратацияланувчи заррачаларининг зич жойлашиши туфайли тошларнинг сиқилишдаги мустаҳкамлик кўрсаткичлари контрол таркибга нисбатан юқори чиқиши аниқланган.

6. Шарли тегирмонда кўп компонентли боғловчини механик усулда активлаштириш жараёни натижасида зичлаштирилмаган ҳолдаги тўкма зичлик ва № 008 элакдаги қолдиқ кўрсаткичлари учун регрессия тенгламалари олинган. Шарли тегирмонда механик активлаштириш давомийлигининг узайиши натижасида зичлаштирилмаган ҳолатдаги тўкма зичлик кўрсаткичлари пасайиши ва у орқали майдалик даражасини баҳолаш мумкинлиги аниқланган.

7. Ишқорли компонент сифатида Na_2CO_3 ишлатилган кўп компонентли ишқорли боғловчининг таркиби тажрибани математик режалаштиришнинг ротатабелли усулидан фойдаланилган ҳолда оптималлаштирилган ва уни ишлаб чиқариш технологик линияси ишлаб чиқилган. Кўпик ҳосил қилувчиларнинг натрийнинг дисиликатли ишқорли аралашмасидаги технологик хоссалари ўрганилган. Кўпиртириш ускунасининг ўзгармас айланишлар сонида кўпиртириш жараёнига кўпик ҳосил қилувчининг миқдори ва кўпиртириш давомийлиги таъсир қилиши аниқланган.

8. Ишқорли компонент сифатида натрий дисиликат ва Na_2CO_3 ишлатилган бир ва кўп компонентли ишқорли боғловчиларнинг физик-механик хоссаларига кўпик ҳосил қилувчиларнинг таъсири тадқиқ этилган. Кўпик ҳосил қилувчилар ишқорли боғловчининг мустаҳкамлиги ва у асосидаги тошнинг зичлигини контрол таркибга нисбатан камайтириши аниқланган.

9. Механик усулда активлаштирилган бир ва кўп компонентли ишқорли боғловчи асосида анъанавий усулда автоклавсиз кўпикбетонлар олинган: бир компонентли ишқорли боғловчи асосида - сиқилишдаги мустаҳкамлиги $R_{\text{сиқ}}=1,09-5,19$ МПа; ўртача зичлиги $\rho=700-900$ кг/м³; намлиги $W=15-27\%$; иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda=0,11-0,12$ Вт/м·К; кўп компонентли ишқорли боғловчи асосида - сиқилишдаги мустаҳкамлиги $R_{\text{сиқ}}=0,75-2,20$ МПа; ўртача зичлиги $\rho=550-700$ кг/м³; намлиги $W=21-30\%$; иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda=0,07-0,08$ Вт/м·К. Олинган натижалар ГОСТ 25485 талабларига мос келиши аниқланган.

10. Бир компонентли ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетонларнинг ғоваклик кўрсаткичлари: сув шимувчанлик (ҳажмий) 45,51-54,33%; микроғоваклик 30,31-46,52%; микроғовакларнинг ўртача диаметри 0,0406-0,0644 мкм атрофида бўлиши аниқланди. Кўп компонентли ишқорли боғловчилар асосидаги кўпикбетонларнинг ғоваклик кўрсаткичлари: сув шимувчанлик (ҳажмий) 52,30-65,82%; микроғоваклик 33,60-40,43%; микроғовакларнинг ўртача диаметри 0,0600-0,0676 мкм атрофида бўлиши аниқланди.

11. Механик усулда активлаштирилган ишқорли боғловчи асосида технологик ускуналар ва жараёнлар кетма-кетлигини ўз ичига олган кўпикбетон ишлаб чиқариш бўйича технологик линия ишлаб чиқилган.

12. “Бекободцемент” АЖ корхонасининг ишлаб чиқариш-синов бўлимида механик активлаштирилган ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетонларни олиш технологияси ва майдалик даражасини аниқлаш методикаси апробациядан ўтказилган. Ишқорли боғловчи асосида кўпикбетон ишлаб чиқариш портландцемент асосидаги газобетонга нисбатан 1 м³ буюм учун 41 минг сўм иқтисодий самарадорликка эгаллиги аниқланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017. Т.11.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНОМ ИНСТИТУТЕ, ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА,
САМАРКАНДСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНОМ ИНСТИТУТЕ И НАМАНГАНСКОМ
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ИНСТИТУТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

МУХАМЕДБАЕВ АБДУГАФУР АБДУВАЛИЕВИЧ

**МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ
ЩЕЛОЧНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И ПЕНОБЕТОНЫ НА ИХ ОСНОВЕ**

05.09.05 – Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Ташкент-2019

Тема диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрированной в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2017.3.PhD/T488

Диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном институте.

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

Научный руководитель: **Тулаганов Абдукабил Абдунабиевич**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Искандарова Мастура**
доктор технических наук, профессор

Цой Владимир Михайлович
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация: **Ферганский политехнический институт**

Защита диссертации состоит «18» декабря 2019 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.11.01 при Ташкентском архитектурно-строительном институте, Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта, Самаркандском государственном архитектурно-строительном институте и Наманганском инженерно-строительном институте. (Адрес: 100011, г. Ташкент, улица Абдулла Кадирий, 7в-дом. Тел.: (+99871) 241-10-84, факс: (+99871) 241-80-00, e-mail: devon@taqi.uz, taqi_atm@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного института (зарегистрирован за № 31). (Адрес: 100084, г.Ташкент, улица Малая кольцевая дорога, дом №7. Тел.:(71)235-43-40, факс:(71)234-15-11), e-mail: taqi_atm@edu.uz).

Автореферат диссертации разослан «3» декабря 2019 года.
(реестр протокола рассылки № 9 от «8» ноября 2019 года).

Х.А. Акрамов

Председатель научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

Х.Х. Камилов

Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней, к.т.н., профессор

С.А. Ходжаев

Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в результате возникающих проблем по эффективному использованию топливных и энергетических ресурсов в современном производстве строительных материалов все больше увеличивается доля энергоэффективных строительных материалов. В высокоразвитых странах, как, Великобритания, Германия, США и Япония достигнуты ряд положительных результатов по разработкам составов современных энергоэффективных строительных материалов и улучшению состояния жилых, общественных и производственных зданий за счет их производства. В этом плане уменьшение массы зданий и сооружений, а также повышение их теплоэффективности имеют важнейшие значения. Вследствие этого разработкам энергоэффективных технологий производства стеновых материалов с высокой энергоэффективностью на основе доступных местных сырьевых ресурсов и производственных отходов уделяется особое внимание.

В мире уделяется отдельное внимание процессам механоактивации при разработках составов щелочных вяжущих с улучшенными физико-механическими и физико-химическими свойствами на основе гранулированных алюмосиликатных производственных шлаков. Разработкам оптимальных составов, модифицированных вяжущих и производству строительных материалов высокого качества на их основе за счет применения различных минеральных и химических добавок в процессе механоактивации производственных шлаков проводятся ряд положительных научно-исследовательских работ. В данном случае актуальными задачами являются улучшение теплотехнических свойств стеновых поризованных материалов за счет применения механоактивированных вяжущих, посредством пенообразователей получение материалов с максимально равномерно распределенной пористостью по всему объему и понижение плотности пенобетонов, в частности разработка современных инновационных и усовершенствование имеющихся технологий производства. Нахождение оптимальных составов механоактивированных модифицированных щелочных вяжущих на основе электротермофосфорного (ЭТФ) шлака с использованием минеральных и химических добавок с дальнейшей разработкой различных энергоэффективных технологий производства пенобетонов имеет важнейшее значение.

В Республике Узбекистан в области производства строительных материалов и изделий проводятся широкомасштабные меры по углублению производственных реформ и дальнейшему развитию данной отрасли, увеличению количества предприятий по производству строительных материалов, изделий и конструкций в результате которых достигаются значительные положительные результаты. В стратегии развития на 2017-2021 годы были особо подчеркнуты, в частности «...обеспечение населения комфортным доступным жильём», «...снижение расхода топливно-энергетических и сырьевых ресурсов в экономике» и «...строительство новых

предприятий по строительным материалам»². Практическая реализация намеченных задач, в частности с целью обеспечения строительства общественных, производственных и жилых зданий качественными поризованными материалами и изделиями важными и актуальными являются получение щелочных вяжущих с заданными свойствами и показателями на основе гранулированного ЭТФ шлака, минеральных сырьевых ресурсов природного происхождения и современных химических добавок, а также разработка на ее основе энергоэффективной технологии производства пенобетонных изделий.

Ряд постановлений и указов Президента Республики Узбекистан, как например, № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 7 февраля 2017 года, ПП-2615 «О программе мер по дальнейшему развитию строительной индустрии на 2016-2020 годы» от 28 сентября 2016 года, № ПП-2639 «О государственной программе по строительству доступных жилых домов по обновленным типовым проектам в сельской местности на 2017-2021 годы» от 21 октября 2016 года и ПП-4335 «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов» от 23 мая 2019 года и все нормативно-правовые документы относящиеся к данной деятельности определяют актуальность и востребованность данной научной диссертационной работы, а также в определенной степени служит выполнению задач, указанных в данных документах.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данная диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Научными исследованиями в области механоактивации занимались М.Л. Моргулис, С.Е. Андреев, В.В. Товаров, В.А. Перов, Р. Гийо, Ю.И. Дешко, М.Б. Креймер, Г.С. Крыхтин, Г.С. Ходаков, П.М. Сиденко, Л.М. Сулименко, А.Ф. Шевченко, М.М. Рыжков, Ю.Р. Кривобородов, Р.Р. Шарапов, Н.Ф. Глухарев, В.П. Кузьмина, Ш.М. Рахимбаев, В.Е. Каушанский, Д.В. Ломаченко, J. Jurgen, P. Fleiger, Y. Reichardt, J. Harder, J. Stark и др. Разработками новых составов щелочных вяжущих и улучшению различных свойств бетонов на их основе занимались такие ученые как Н. Kuhl, А.О. Purdon, В.Д. Глуховский, П.В. Кривенко, Р.Ф. Рунова, Г.В. Румына, О.Н. Петропавловский, J. Davidovits, A. Palomo, В.И. Калашников, Р.З. Рахимов, Н.Р. Рахимова, Б.К. Сарсенбаев, S.D. Wang, P. Duxson, C. Shi, F. Puertas и др.

Отечественными учеными Э.У. Касимовым, У.А. Газиевым, А.Г. Алиевым, А.А. Азимовым, А.А. Тулагановым, А.А. Султановым, А.М. Камиловым, Х.Х. Камиловым, О.Б. Косимовым, А.А. Ашрабовым, Н.Ф. Бахриевым и другими были разработаны новые составы щелочных вяжущих

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

и изделия на их основе, а также исследованы их физико-механические и физико-химические свойства.

Анализ научно-технической литературы показал, что в области механоактивации различных гранулированных шлаков, разработок новых составов щелочных вяжущих и изделий на их основе, а также технологий их получения были достигнуты определенные результаты. Однако, недостаточно исследованы процессы механоактивации ЭТФ шлака и его смесей, разработка экспресс методик определения тонкости помола и содержания минеральных добавок в составе вяжущих, вопросы получения пенобетонов на основе щелочных вяжущих, разработка технологий и линий по производству пенобетонов на основе щелочных вяжущих.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ по фундаментальному проекту по теме Ф-7-44 «Физико-химические основы разработки новых органоминеральных легких композиций и закономерности их структурообразования» (2012-2016 гг.) Ташкентского архитектурно-строительного института.

Целью исследования является исследование механоактивированных многокомпонентных щелочных вяжущих и пенобетонов на их основе.

Задачи исследования:

исследование влияния минеральных и химических добавок на процессы механоактивации гранулированного ЭТФ шлака, физико-механических свойств модифицированных щелочных вяжущих и новообразований, образуемых в процессе твердения;

разработка новых способов определения тонкости помола и содержания минеральных добавок в вяжущих на основе анализа имеющихся;

исследование процессов механоактивации многокомпонентной системы с помощью математического планирования эксперимента, оптимизация вещественного состава, продуктов твердения, а также разработка упрощенной технологической линии производства многокомпонентного щелочного вяжущего;

определение оптимальных технологических параметров пенообразователя в щелочной среде, влияния их на физико-механические свойства щелочных вяжущих и исследование особенностей процессов структурообразования щелочного камня;

исследование физико-механических, теплотехнических характеристик, микропористости и продуктов твердения пенобетонов на основе одно- и многокомпонентных щелочных вяжущих, а также разработка технологической линии предназначенной для производства пенобетона.

Объектом исследования являются пенобетонные изделия на основе механоактивированных одно- и многокомпонентных щелочных вяжущих в которых в качестве основного алюмосиликатного компонента был использован гранулированный ЭТФ шлак.

Предметом исследования являются физические параметры продуктов механоактивации, физико-механические и физико-химические, а также технико-экономические параметры получения щелочных вяжущих и пенобетонов на их основе.

Методы исследования. В процессе исследований были использованы современные общеизвестные физико-механические и физико-химические методы исследований, применяемые в научно-исследовательских работах. Также были использованы методы математического планирования экспериментов.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

доказано возможность улучшения физико-механических свойств щелочного вяжущего за счет введения активных минеральных и химических добавок в процессе механоактивации ЭТФ шлака;

впервые разработаны новые методы определения тонкости помола вяжущих материалов, основанная на определении показателя межзерновой пустотности и содержания минеральной добавки в вяжущем, заключающаяся в определении показателя рН и окислительно-восстановительного потенциала водной вытяжки взятой из осветленной части водно-вяжущей суспензии;

разработаны новые составы многокомпонентного щелочного вяжущего в котором в качестве сырьевых компонентов были использованы ЭТФ шлак, портландцементный клинкер, запечная пыль клинкерообжигательной печи и техническая кальцинированная сода;

определены особенности влияния пенообразователей на физико-механические характеристики, процессы твердения и микроструктуру камня на основе щелочного вяжущего в сравнении с контрольным составом;

получены пенобетоны неавтоклавного твердения на основе одно- и многокомпонентных щелочных вяжущих в которых в качестве основного алюмосиликатного компонента был использован ЭТФ шлак.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

показана возможность получения модифицированных щелочных вяжущих и пенобетонов с использованием минеральных и химических добавок при совместной механоактивации ЭТФ шлака в шаровой мельнице;

разработаны новые экспресс методики по определению тонкости помола вяжущих веществ и количества минеральных добавок, содержащихся в них;

разработаны упрощенные и усовершенствованные технологические линии производства многокомпонентного щелочного вяжущего и пенобетона на основе щелочного вяжущего.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов определяется проведением исследований с использованием современных методов и средств, методов математического планирования эксперимента, соответствием полученных экспериментальных выводов с теоретическими основополагающими законами, а также апробации разработок в производственных условиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в изучении механоактивации ЭТФ шлака и его смесей, разработке методик определения тонкости помола и количественного содержания минеральной добавки в вяжущих, способствующих дальнейшему развитию методик для строительно-производственной отрасли и повышению производственного контроля, в разработке нового состава многокомпонентного щелочного вяжущего и технологических линий их производства.

Практическая значимость работы заключается в том, что в производственных условиях доказана возможность получения щелочных пенобетонов; в использовании разработанной методики контроля в качестве дополнительного критерия оценки качества; в повышении достоверности полученных результатов исследований при строительстве и организации новых производств пенобетонных изделий; в использовании полученных результатов в дальнейших научно-исследовательских работах по процессам механоактивации и получению щелочных пенобетонов.

Внедрение результатов исследования. Результаты исследований апробированы в производственных условиях и получены следующие результаты:

методика определения тонкости помола была апробирована в производственно-испытательном подразделении АО «Бекабадцемент» (Справка № 05/06-1245 от 24 июля 2019 года общества «Узпромстройматериалы»; «Способ определения тонкости помола» IAP № 06008, 06.09.2019г.). В результате в производственных условиях стало возможно повышение скорости определения тонкости помола;

в производственно-испытательном подразделении АО «Бекабадцемент» была осуществлена апробация выпуска опытно-промышленной партии пенобетона на основе щелочного вяжущего (Справка № 05/06-1245 от 24 июля 2019 года общества «Узпромстройматериалы»). В результате были получены продукты, отвечающие требованиям действующего стандарта;

на состав механоактивированного многокомпонентного щелочного вяжущего и ее технологическую линию производства получены патенты на изобретение (IAP № 05647, 28.09.2018г.) и полезную модель (FAP № 01395, 31.07.2019г.) АИС РУз. В результате были получены вяжущие с повышенными прочностными показателями и ее упрощенная технологическая линия производства.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования прошли апробацию и изложены в виде докладов на 4 международных и 9 республиканских научно-технических и научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 32 научных работ. Из них 1 монография, 10 научных статей, в том числе 1 в зарубежных и 5 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, а также получены 3 патента на

изобретение (IAP № 05647, IAP № 05722 и IAP № 06008) и 1 патент на полезную модель (FAP № 01395) АИС РУз.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность диссертационной работы, формируются цели и задачи, приводятся объект и предмет исследования, устанавливается соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки, инноваций и технологий Республики Узбекистан, приводятся научная новизна и научно-практическая значимость полученных экспериментальных результатов, внедрение их в производственную практику, сведения по полученным патентам и опубликованным работам на основе результатов исследований, а также структура диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние исследований в области механоактивации, безклинкерных и малоклинкерных щелочных вяжущих и пенобетонов на их основе»** приводится краткий анализ развития и современной научно-технической литературы по щелочным вяжущим, а также изделий на их основе, описаны процессы и современные научные направления по механоактивации, рассмотрены способы, технологии и проблемы получения пенобетонов. На основании многостороннего тщательного анализа научно-технической литературы была сформирована основная рабочая научная гипотеза, были определены цель и основные задачи исследований.

Теоретические предпосылки позволили выдвинуть *научную гипотезу* о возможности получения пенобетонов на основе щелочных вяжущих, базирующихся на процессах механоактивации основного алюмосиликатного компонента с целью модифицирования их минеральными добавками и поверхностно-активными веществами, которые обеспечивают с одной стороны повышение активности матрицы щелочных вяжущих, а с другой стороны приводят к получению пенобетонов с оптимальными физико-механическими характеристиками и формированию структуры с максимально равномерно распределенной макро- и микропористостью.

Во второй главе диссертации **«Характеристика сырьевых материалов и методы проведения исследований»** приведены физико-химические характеристики сырьевых материалов и изложены современные физико-механические и физико-химические методы исследования, использовавшиеся при проведении экспериментальных работ, такие как, рентгенографический анализ на дифрактометрах ДРОН-2,0 и 3,0, дифференциально-термический анализ на дериватографе системы Ф.Паулик-И.Паулик-Л.Эрдей, ИК-спектроскопический анализ на спектрофотометрах РУЕ и NiCAM, а также «IRAffinity-1, SHIMADZU» (Япония), электронно-микроскопический анализ на ЭМБ-100 БР основанный на одноступенчатой угольной реплике и

растровом микроскопе (Университет Баухаус, Германия), анализ теплотехнических характеристик на приборе «ИТС-1», анализ микропористости на ртутном порозиметре «Pascal 240 EVO» фирмы Thermo Scientific.

Приводятся краткие информации о 2 новых методиках исследований, разработанных автором диссертационной работы. По одной из них предложено использовать показатель межзерновой пустотности в качестве критерия при оценке тонкости помола. Во второй из них говорится о способе определения количества минеральной добавки (МД) во вяжущем, основанная на определении показателя рН или окислительно-восстановительного потенциала водной вытяжки отобранной из осветленной части цементно-водной суспензии. В обоих случаях предлагается построение градировочных или тарировочных графиков.

Третья глава диссертации «Исследование процесса получения модифицированных механоактивированных щелочных вяжущих» посвящена вопросам механоактивации ЭТФ шлака и его смесей в барабанной шаровой мельнице. Шаровая загрузка одной камеры мельницы составляла 55 кг, что соответствует коэффициенту заполнения $\varphi=0,25$, а также мощности мелющих тел $N_{м.т.} = 0,25$ кВт. В ходе исследований установлено, что минимальное значение удельной поверхности (≈ 3000 см²/г) для ЭТФ шлака достигается при продолжительности механоактивации не менее чем 60-70 минут. Тонкость помола ЭТФ шлака оценивали по показателю удельной поверхности ($S_{уд.}$, см²/г), количеству остатка на сите № 008 (%) и насыпной плотности (ρ , г/см³) в не уплотненном состоянии.

Исследованы влияние МД и химических поверхностно-активных веществ (ПАВ) на процессы механоактивации ЭТФ шлака и физико-механические характеристики щелочных вяжущих на их основе (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Физико-механические свойства добавочных щелочных вяжущих

№	Вид и количество МД, %	Время помола, мин	Насыпная плотность, г/см ³	Белизна, %	Удельная поверхность, см ² /г	Прочность при сжатии, МПа		Плотность образцов, г/см ³
						после ТВО	28 суток (после ТВО)	
1	-	60	1,080	45,8	2972	77,25	94,25	2,12
2	ЗПКП -10		1,038	50,2	4067	97,50	95,33	2,15
3	ПЦК - 5		1,068	46,5	3036	98,66	89,16	2,11
4	ПЦК-10		1,065	46,0	3117	110,08	92,16	2,21
5	Туффит - 20		0,940	50,0	5787	27,25	38,68	2,12
6	Глиеж - 20		0,957	45,2	5080	62,08	70,37	2,17

Примечание: ЗПКП – запечная пыль клинкерообжигательных печей; ПЦК — портландцементный клинкер; ТВО – тепловлажностная обработка (2+6+2 ч.).

В качестве щелочного активатора твердения использовался раствор дисиликата натрия (ДСН) плотностью $\rho=1,3$ г/см³. Полученные результаты показали (табл.1), что частичная замена ЭТФ шлака МД приводит к понижению насыпной плотности и повышению удельной поверхности

молотых смесей при одинаковой длительности механоактивации. Белизна молотых порошков меняется в зависимости от вида МД и ее количества. Несмотря на то, что составы с портландцементным клинкером (ПЦК) имели самые высокие показатели прочности, происходило быстрое схватывание массы. Результаты всестороннего анализа показали, что состав, содержащий запечную пыль клинкерообжигательных печей (ЗПКП) является наилучшим решением в данном случае.

Результаты исследований ЭТФ шлака с участием ПАВ (табл. 2) явным образом показали, положительное влияние суперпластификаторов на прочностные показатели при одинаковых показателях удельной поверхности. Также наблюдается понижение плотности и прочности образцов при добавлении пенообразователя. Повышение насыпной плотности можно объяснить тем, что при использовании ПАВ зерна порошка ЭТФ шлака слипаются друг с другом. С увеличением продолжительности механоактивации в шаровой мельнице наблюдалось повышение степени белизны ЭТФ шлака. Анализ показателя белизны ЭТФ шлака и его смесей показал, что посредством данного показателя можно определить количественное содержание добавки в составе ЭТФ шлака.

Таблица 2

Физико-механические свойства щелочных вяжущих модифицированных с ПАВ

№	Вид и количество ПАВ, %	Время помола, мин	Насыпная плотность, г/см ³	Белизна, %	Удельная поверхность, см ² /г	Прочность при сжатии, МПа		Плотность образцов, г/см ³
						после ТВО	28 суток (после ТВО)	
1	–	60	1,080	45,8	2972	77,25	94,25	2,12
2	Glenium 51–0,3		1,185	43,1	2787	98,16	119,75	2,18
3	Glenium150–0,3		1,140	43,2	2891	85,83	112,33	2,21
4	ПБ-Люкс-0,3		1,190	43,6	2852	49,83	57,75	1,83
5	JK.02 – 1,0		1,125	47,6	2784	94,91	103,00	2,07
6	Лахта –1,0		1,100	47,4	2884	104,08	85,83	2,14

Примечание: Glenium 51 и Glenium150 – суперпластификаторы в жидком состоянии; JK.02 и Лахта КМД PRO – суперпластификаторы в сухом состоянии; ПБ-Люкс – пенообразующее ПАВ в жидком состоянии; ТВО – тепловлажностная обработка (2+6+2 ч).

Для изучения процессов механоактивации многокомпонентного вяжущего (МКВ) и возможности ее оценки был спланирован 3-х факторный план эксперимента. Для этого использовали ротатбельный метод второго порядка. В качестве 1- и 2- го факторов были выбраны массовое содержание ПЦК и ЗПКП и 3-го фактора - длительность механоактивации. Количественное содержание компонентов варьировали в следующих пределах (%): ПЦК 0-25,00; ЗПКП 0-15,00; ЭТФ шлак – остальное. Число опытов в матрице планирования равно 20. Величина звездного плеча равно 1,682 и n = 6. Результаты исследований показали, что на степень измельчения ЭТФ шлака кроме времени механоактивации влияние оказывают количественное содержание ПЦК и ЗПКП. Увеличение количества ЗПКП приводило к

замедлению процесса механоактивации ЭТФ шлака и наблюдалось налипание материала на стенки мельницы и на поверхность шаров. После обработки экспериментальных данных механоактивации МКВ получены следующие уравнения регрессии:

- для насыпной плотности в неуплотненном состоянии (ρ_0):

$$Y_{\rho_0} = 1,0281 + 0,0069X_1 - 0,0199X_2 - 0,0447X_3 + 0,0061X_1X_2 + 0,0051X_1X_3 + 0,0119X_2X_3 + 0,0052X_1^2 + 0,0109X_2^2 + 0,0133X_3^2 \quad (1)$$

- для остатка на сите № 008:

$$Y_{oc} = 3,229 + 0,0745X_1 - 1,617X_2 - 3,664X_3 - 0,0225X_1X_2 + 0,035X_1X_3 + 0,0225X_2X_3 + 0,368X_1^2 + 1,1615X_2^2 + 1,8402X_3^2 \quad (2)$$

Увеличение длительности механоактивации МКВ приводило к понижению значений насыпной плотности в неуплотненном состоянии. Данное явление можно увидеть для одинакового состава при увеличивающейся длительности механоактивации (рис. 1).

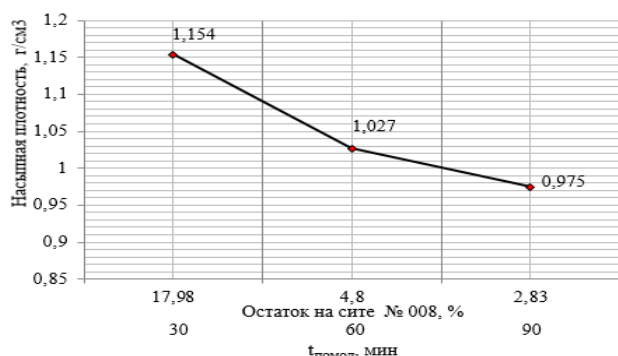


Рис. 1. Зависимость изменения насыпной плотности и остатка на сите № 008 и длительности механоактивации МКВ (%):
ПЦК-12,5; ЗПКП-7,5;
ЭТФ шлак-80,0

Ниже приведены результаты некоторых составов, полученные во время исследований (табл. 3).

Таблица 3

Физико-механические характеристики многокомпонентного вяжущего

№	Соот-е комп-в, %			Время помола, МИН	Остаток на сите № 008, %	Удельная поверхность, см²/г	Прочность при сжатии (МПа), при затворении с					
	ЭТФ	ПЦК	ЗПКП				Водой			Na ₂ CO ₃ (ρ=1,050 г/см³)		
							ЕХ, 28 сут	ТВО	ВХ, 28 сут	ЕХ, 28 сут	ТВО	ВХ, 28 сут
1	68	20	12	78	6,70	3420	18,0	29,0	28,1	25,2	22,8	28,4
2	77	20	3	78	2,52	3380	15,7	21,3	37,3	25,9	33,6	33,3
3	83	5	12	78	2,32	3520	17,9	31,2	раз-сь	22,7	19,3	13,7
4	92	5	3	78	5,87	3900	11,9	21,7	раз-сь	23,5	24,8	8,9
5	80	12,5	7,5	30	17,98	2440	28,8	17,9	раз-сь	28,0	13,9	17,4
6	80	12,5	7,5	60	4,80	3450	24,6	28,9	23,4	29,5	22,7	25,6
7	80	12,5	7,5	90	2,83	4100	25,2	28,6	30,4	27,7	24,2	25,7

Примечание: ЕХ – естественное хранение; ВХ – водное хранение; Na₂CO₃ – щелочной раствор технической кальцинированной соды; ТВО – тепловлажностная обработка (2+6+2 ч).

Механоактивация в шаровой мельнице продолжительностью 30 минут считается недостаточной, так как остаток на сите № 008 составляет более 15 % и удельная поверхность меньше 3000 см²/г (состав № 5). Анализ результатов прочностных показателей образцов твердевших в трех условиях показали положительный эффект совместного влияния тепла и влаги на исследуемые

составы, то есть преимущество ТВО перед естественным и водным твердением. При использовании в качестве жидкости затворения раствор Na_2CO_3 ($\rho=1,050 \text{ г/см}^3$) вместо воды повышается водостойкость образцов (не наблюдается разрушение образцов) при водном хранении (составы № 3-5). На состав МКВ с содержанием Na_2CO_3 был получен патент на изобретение АИС РУЗ (IAP № 05647). На производство данного многокомпонентного щелочного вяжущего была разработана технологическая линия (рис. 2), на которое был получен патент на полезную модель (FAP № 01395) АИС РУЗ.

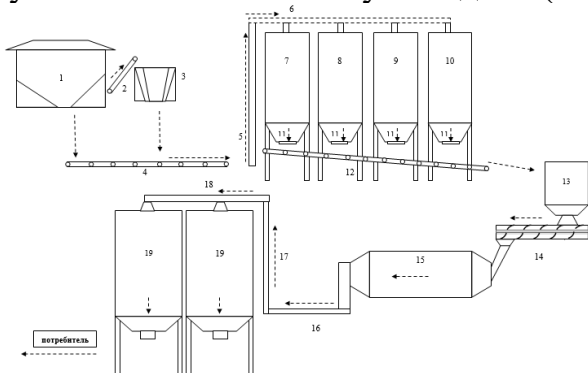


Рис. 2. Технологическая линия по производству многокомпонентного щелочного вяжущего:

1-приёмник сырья; 2,4,5,6,12,16,17 и 18-транспортирующие устройства; 3-дробильная установка; 7-10,19-силоса; 11-дозаторы; 13-приемный бункер; 14-винтовой питатель; 15-трубная шаровая мельница.

В четвертой главе диссертации «**Пенобетоны на основе механоактивированных щелочных вяжущих**» изучены пенообразующие свойства ПАВ, влияние пенообразователей на физико-механические свойства и структурообразование щелочных вяжущих, получение пенобетонов на основе щелочных вяжущих, теплотехнические свойства пенобетонов, микропористость и т.д. Разработана технологическая линия по производству неавтоклавного пенобетона на основе щелочного вяжущего. Пенообразующие свойства (объем, плотность пены, аэрационный потенциал) «ПБ-2000» и «Ареком-4» были изучены на воде и дисиликате натрия (ДСН, $\rho=1,3 \text{ г/см}^3$). Оказалось, что независимо от среды вспенивания, при использовании пенообразователя «ПБ-2000» получается более равномерная и мелкопористая пена по всему объему в сравнении с «Ареком-4». На пенообразующие свойства кроме количества пенообразователя оказывает влияние время вспенивания. Изменение объема пены при использовании «ПБ-2000» в среде ДСН представлен в виде графика на рис. 3.

С целью изучения влияния ПАВ на прочность щелочного вяжущего и плотность камня на его основе, исследованы 4 вида пенообразователя (табл. 4). Количество пенообразователя брали 0,75% от массы ЭТФ шлака и добавляли в жидкость затворения ДСН ($\rho=1,3 \text{ г/см}^3$) для приготовления раствора. Полученные результаты показали отрицательное влияние пенообразователей на прочность щелочного вяжущего при сжатии, приводящие к понижению плотности камня в сравнении с контрольным составом.

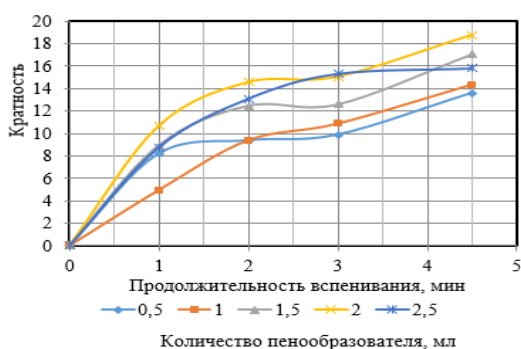


Рис. 3. Кратность получаемой пены в зависимости от количества «ПБ-2000» и продолжительности вспенивания (ДСН, $\rho=1,3 \text{ г/см}^3$)

Таблица 4

Влияние пенообразователей на физико-механические свойства камня на основе щелочного вяжущего

№	Вид пенообразователя	Прочность при сжатии, МПа		Плотность, г/см^3
		7 сут	28 сут	
1	Ареком-4	26,50	33,87	1,80
2	ПБ-2000	19,25	19,12	1,65
3	ПБ-Люкс	17,75	16,75	1,56
4	Сетора	38,25	39,12	2,01
5	-	33,12	60,75	2,23

Примечание: образцы хранились в естественных условиях.

Результаты испытаний образцов, проведенных в естественных и нормально-влажностных условиях хранения показали те же закономерности изменения, что отмечено выше.

Микроскопический анализ показал, что каждый вид пенообразователя по-разному влияет на микроструктуру камня полученного на основе щелочного вяжущего. Так как, ЭТФ шлак и раствор ДСН имеет аморфную структуру, рентгенограммы образцов состояли из мельчайших пиков, показывающие образование низкоосновных гидросиликатов кальция CSH (I) и соединений типа Si-O-Na. Полученные результаты были подтверждены данными, полученными при дифференциально-термическими и ИК-спектроскопическими анализами.

Аналогичные исследования были проведены и для многокомпонентного щелочного вяжущего. В данном случае в качестве жидкости затворения был использован Na_2CO_3 ($\rho=1,050 \text{ г/см}^3$) и пенообразователи «ПБ-2000» и «Ареком-4». Образцы твердели в нормально-влажностных условиях до 28 суток. На затвердевших образцах обнаружены пики CaCO_3 (0,304; 0,275; 0,228; 0,186, 0,162 нм), SiO_2 (0,334; 0,229; 0,228 нм) относящиеся ЗПКП и минералам ПЦК ($\text{C}_3\text{S} = 0,275; 0,162 \text{ нм}$; $\beta\text{-C}_2\text{S} = 0,287; 0,275; 0,274 \text{ нм}$; $\text{C}_4\text{AF} = 0,192 \text{ нм}$). Но, из-за аморфности основной массы и накладывания пиков минералов ПЦК и ЗПКП друг на друга, не имелось возможность отделить каждый минерал по отдельности.

В экспериментах по получению неавтоклавных пенобетонов на основе щелочных вяжущих были использованы одно – и МКВ на основе ЭТФ шлака. При этом, во всех случаях в качестве пенообразователя использовали «ПБ-2000». Состав многокомпонентного вяжущего (%): ПЦК-12,5; ЗПКП-7,5; ЭТФ шлак-80,0. Для вспенивания использовали ДСН ($\rho=1,3 \text{ г/см}^3$). При пригото-

лении раствора однокомпонентного щелочного вяжущего использовали ДСН, а при смешивании МКВ применяли водные растворы NaOH и Na₂CO₃. Процессы твердения образцов осуществлялись в 2 условиях: ТВО и нормально-влажностные до 28 суток. ТВО осуществляли в пропарочной камере при температуре 80-95⁰С по режиму 2+6+2 ч. Физико-механические свойства образцов приведены в табл. 5. Анализ полученных результатов показали положительное влияние ТВО на прочность образцов, то есть совместное влияние тепла и влаги.

Таблица 5

Физико-механические свойства пенобетонов на основе механоактивированных щелочных вяжущих

№	Наименование	ТВО			28 суток		
		R _{сж} , МПа	ρ, кг/м ³	W, %	R _{сж} , МПа	ρ, кг/м ³	W, %
1	ЩВ	2,04-4,19	671,5-822,9	20,78-26,79	2,15-4,62	717,2-860,2	15,97-22,08
2	ЩВ (с песком)	1,76-2,16	755,2-887,0	15,27-17,09	2,12-2,22	791,2-878,9	15,60-16,79
3	МКЩВ (NaOH)	1,48-2,20	598,7-699,8	23,43-29,50	1,43-1,52	601,3-622,8	21,19-28,51
4	МКЩВ (Na ₂ CO ₃)	0,82-0,90	526,9-532,4	27,15-28,54	0,75-0,88	558,2-562,1	21,57-23,12

Примечание: ЩВ – однокомпонентное щелочное вяжущее; МКЩВ – многокомпонентное щелочное вяжущее; R_{сж} – прочность при сжатии; ρ – плотность образцов в сухом состоянии; W – влажность образцов; ТВО – тепловлажностная обработка (2+6+2 ч).

Макроструктура образцов пенобетона на основе щелочного вяжущего приведены на рис. 4. Из которых видно, что при использовании песка (M_к=1,2) в качестве заполнителя были получены пенобетоны с более крупнопористой макроструктурой. Оказалось, что на стенках пор зерна песка располагаясь друг на друге, формируют скелет, противостоящий усадочным деформациям и разрушению пор.

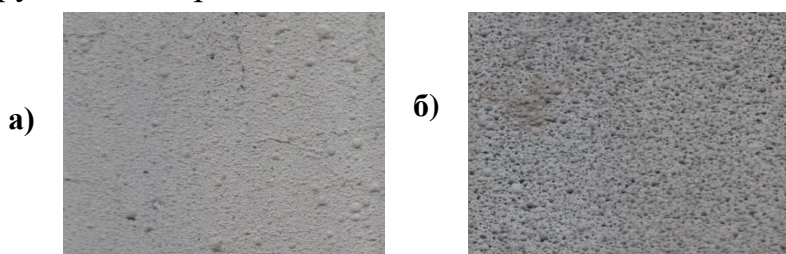


Рис. 4.
Макроструктура
пенобетона на
основе щелочного
вяжущего:
а) без песка;
б) с песком

На снимках макроструктурах пенобетонов на основе многокомпонентного щелочного вяжущего не были выявлены значительные отличия независимо от вида щелочного затворителя (рис. 5).

Коэффициент теплопроводности пенобетонов на основе щелочного вяжущего с содержанием песка и без составляло λ=0,17-0,18 Вт/м·К во влажном состоянии и λ=0,11-0,12 Вт/м·К в сухом состоянии при этом термическое сопротивление оставалось в пределах R=0,11-0,17 м²·К/Вт. Показатели коэффициента теплопроводности для пенобетонов на основе многокомпонентного щелочного вяжущего составляли λ=0,10-0,12 Вт/м·К во

влажном состоянии и $\lambda=0,07-0,08$ Вт/м·К в сухом состоянии при термическом сопротивлении $R=0,15-0,24$ м²·К/Вт.

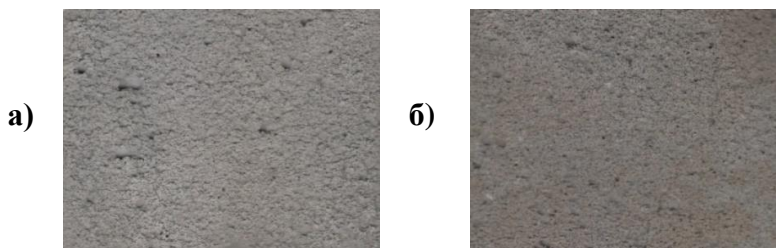


Рис. 5.
Макроструктура
пенобетонов на основе
многокомпонентного
щелочного вяжущего
($\rho=1,150$ г/см³):
а)NaOH б)Na₂CO₃

Исследования микропористости пенобетонов (с песком и без него) на основе щелочного вяжущего показали, что общая микропористость образцов составляет 30,31 и 46,52% при среднем диаметре микропор 0,0644 и 0,0406 мкм (рис. 6, а и б). Образцы пенобетона на основе многокомпонентного щелочного вяжущего, затворенных щелочными растворами NaOH и Na₂CO₃ ($\rho=1,150$ г/см³) имели общую микропористость 40,43 и 33,60 % при среднем диаметре микропор 0,0676 и 0,0600 мкм (рис. 6, в и г).

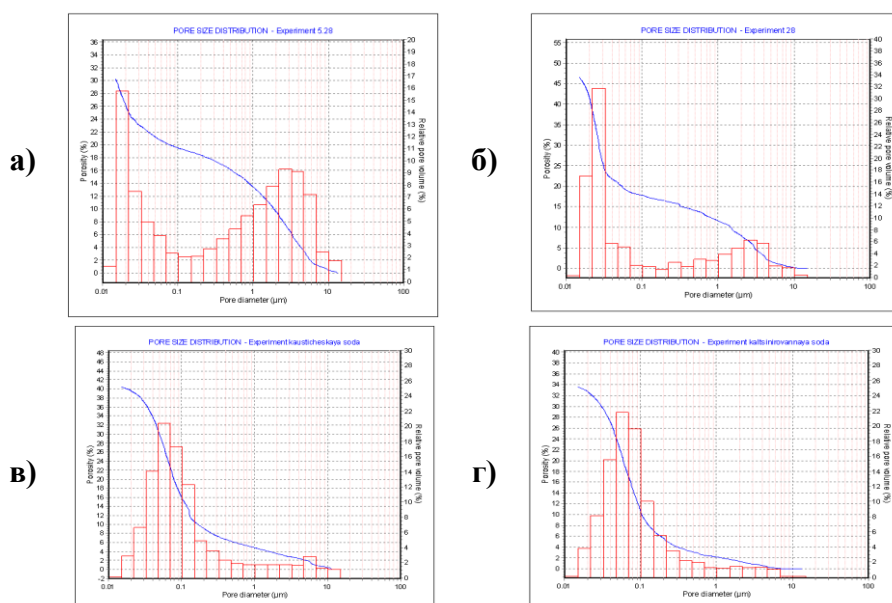


Рис. 6. Гистограммы микропористости определенные ртутной порозиметрией: а- пенобетон на основе щелочного вяжущего (без песка); **б-** пенобетон на основе щелочного вяжущего (с песком); **в-** пенобетон на основе многокомпонентного щелочного вяжущего (NaOH); **г-** пенобетон на основе многокомпонентного щелочного вяжущего (Na₂CO₃).

Общая объемная (кажущая) пористость пенобетонов плотностью 650-900 кг/м³ на основе щелочного вяжущего по показателю водопоглощения составляет 45,51-54,33%, а для пенобетонов плотностью 500-750 кг/м³ на основе многокомпонентного щелочного вяжущего затворенных растворами NaOH и Na₂CO₃ ($\rho=1,050$ и 1,150 г/см³): 52,30-62,33 и 55,58-65,82%.

В результате исследований была разработана технологическая линия по производству пенобетона на основе щелочного вяжущего (рис. 7). При получении пенобетонов с другими характеристиками возможно изменение применяемого вида шлака, заполнителя, пенообразователя и силикатного модуля рабочего щелочного раствора.

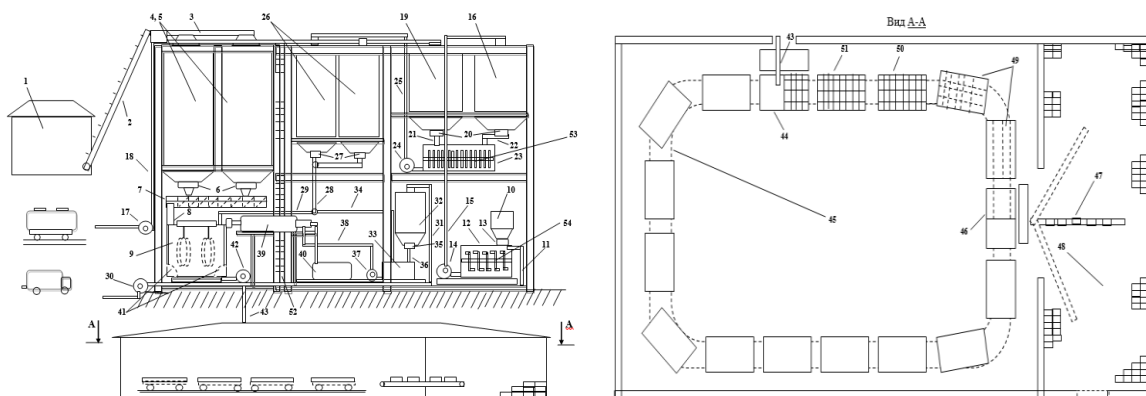


Рис. 7. Технологическая линия по производству пенобетона на основе щелочного вяжущего: 1-приемник сырья; 2,3,7,47–транспортирующие устройства; 11,15,18,21,22,25,28,29,31, 34,36,38,43–трубопроводы; 14,17,24,30,37,42–насосы; 8-лоток; 4,5,16,19,26,32,33 –емкости; 6,13–дозаторы; 20, 27,35–расходомеры;12,23–смесители; 10-питательный бункер; 39–пеногенератор; 40-компрессор; 41-дополнительные пропеллеры; 9-пенобетоносмеситель; 44-тележка; 45- замкнутая рельсовая дорога; 46-пункт расформовки образцов; 48-склад готовой продукции; 49– пункт очистки и сборки форм; 50-пункт промасливания металлических форм; 51-готовые формы; 52-лестничный марш; 53,54-смесительные устройства.

В пятой главе диссертации «**Апробация результатов исследований в опытно-промышленных условиях**» приведены сведения об апробации результатов исследования, в производственных лабораторных условиях в производстве. Разработанный и предложенный новый «*Способ определения тонкости помола*» был апробирован в производственно-испытательном подразделении АО «Бекабадцемент» (г. Бекабад, Ташкентской области, АКТ от 07.05.2019 г.). Предложенный способ отмечен в качестве инновационной идеи и рекомендован для использования в экстренных и спорных случаях, возникающих при определении тонкости помола цементов на производстве между производителем и потребителем. Параллельно на производственно-испытательном подразделении АО «Бекабадцемент» были проведены работы по получению неавтоклавно пенобетона на основе щелочного вяжущего (АКТ от 07.05.2019 г.). В результате были получены пенобетоны, несодержащие в своем составе портландцемент плотностью D 700-750, прочностью при сжатии 2,0-4,8 МПа и влажностью 16,1-21,5%. Об использовании результатов диссертации в делопроизводстве в дальнейшем отмечена обществом «Узпромстройматериалы» (справка № 05/06-1245 от 24.07.2019 г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов проведенных исследований по докторской (PhD) диссертации на тему «Механоактивированные многокомпонентные щелочные вяжущие и пенобетоны на их основе» были сформулированы следующие выводы:

1. Доказана возможность получения пенобетона на основе щелочных вяжущих со средней плотностью 550-900 кг/м³ и прочностью от 0,75 до 5,19 МПа за счет механоактивации алюмосиликатного компонента минеральными добавками и поверхностно-активными веществами, обеспечивающих повышению активности вяжущего и формирования структуры с максимально равномерно распределенной макро- и микропористостью.

2. Впервые установлена возможность оценки тонкости помола по показателям насыпной плотности в неуплотненном состоянии и межзерновой пустотности. В данном случае для каждого материала и состава требуется построение градуировочной зависимости.

3. Установлена возможность определения количества минеральной добавки во вяжущих по показателю белизны. Впервые разработан способ определения количества минеральной добавки, основанный на определении показателю рН или окислительно-восстановительного потенциала водной вытяжки взятой из осветленной части водной суспензии вяжущего. В данном случае также требуется построение градуировочной зависимости.

4. Процесс механоактивации электротермофосфорного шлака в шаровой мельнице показал, что частичная его замена минеральными добавками во время помола привело к повышению значений удельной поверхности в сравнении с контрольным составом. Показано, что применение поверхностно-активных веществ в процессе механоактивации в количестве 0,3-1% не приводит к интенсификации процесса.

5. Доказано, что среди использованных минеральных добавок наиболее перспективным является запечная пыль клинкерообжигательных печей в количестве 10%. Установлено повышенные показатели прочности камня щелочного вяжущего при использовании суперпластификаторов по сравнению с контрольными образцами, достигающийся за счет возникновения кристаллов новообразований почковидной и удлиненной формы, равномерным расположением кристаллов, а также повышения плотности упаковки гидратирующихся зерен вяжущего.

6. Получены уравнения регрессии для насыпной плотности и остатка на сите № 008 в результате механоактивации многокомпонентного вяжущего в шаровой мельнице. Установлено понижение насыпной плотности в неуплотненном состоянии с увеличением длительности механоактивации в шаровой мельнице и возможность оценки тонкости помола с ее применением.

7. С применением ротатбельного метода математического планирования эксперимента оптимизирован состав многокомпонентного щелочного вяжущего и разработана технологическая линия ее производства, в котором в качестве щелочного компонента был использован Na₂CO₃. Изучены технологические характеристики пенообразователей в щелочном растворе дисиликата натрия. Установлено, что при одинаковом количестве оборотов смесителя на процесс вспенивания влияют количество пенообразователя и длительность вспенивания.

8. Исследовано влияние пенообразователей на физико-механические свойства одно- и многокомпонентного щелочного вяжущего, в котором в

качестве щелочного компонента был использован дисиликат натрия и Na_2CO_3 соответственно. Установлено, что пенообразователи понижают прочность щелочного вяжущего и плотность камня на его основе в сравнении с контрольным составом.

9. На основе механоактивированных одно- и многокомпонентных щелочных вяжущих по традиционному способу получены неавтоклавные пенобетоны: на основе однокомпонентного щелочного вяжущего – прочность при сжатии $R_{сж}=1,09-5,19$ МПа, средняя плотность $\rho=700-900$ кг/м³, влажность $W=15-27\%$, коэффициент теплопроводности $\lambda=0,11-0,12$ Вт/м·К; на основе многокомпонентного щелочного вяжущего – прочность при сжатии $R_{сж}=0,75-2,20$ МПа, средняя плотность $\rho=550-700$ кг/м³, влажность $W=21-30\%$, коэффициент теплопроводности $\lambda=0,07-0,08$ Вт/м·К. Полученные результаты соответствуют требованиям ГОСТ 25485.

10. Определены показатели пористости пенобетонов: на основе однокомпонентного щелочного вяжущего – водопоглощение (объемная) 45,51-54,33%, микропористость 30,31-46,52%, средний диаметр микропор 0,0406-0,0644 мкм; пенобетонов на основе многокомпонентных щелочных вяжущих – водопоглощение (объемная) 52,30-65,82%, микропористость 33,60-40,43%, средний диаметр микропор 0,0600-0,0676 мкм.

11. Разработана технологическая линия производства пенобетона на основе механоактивированного щелочного вяжущего, состоящая из последовательно расположенных технологических оборудований и операций.

12. На производственно-испытательном подразделении АО «Бекабадцемент» прошли апробацию технология получения пенобетонов на основе механоактивированного щелочного вяжущего и методика определения тонкости помола. Экономическая эффективность производства пенобетона на основе механоактивированного щелочного вяжущего по сравнению газобетоном на основе портландцемента составляет 41 тыс. сум на 1 м³ изделия.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.27.06.2017.T.11.01 AT TASHKENT
INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION, TASHKENT
RAILWAY ENGINEERING INSTITUTE, SAMARKAND STATE
ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING INSTITUTE AND
NAMANGAN ENGINEERING-CONSTRUCTION INSTITUTE ON
GRADUATION OF DOCTOR OF SCIENCE**

TASHKENT INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

MUKHAMEDBAEV ABDUGAFUR ABDUVALIEVICH

**MECHANO-ACTIVATED MULTICOMPONENT ALKALINE BINDERS
AND FOAM CONCRETE ON THEIR BASIS**

05.09.05-Construction materials and production

DISSERTATION ABSTRACT

of the doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

Tashkent-2019

The theme of doctor of philosophy dissertation is registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan № B2017.3.PhD/T488.

The dissertation was conducted at the Tashkent Institute of Architecture and Construction.
The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) it is web pages at (www.taqi.uz) and information and educational portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific advisor: **Tulaganov Abdukabil Abdunabievich**
doctor of technical sciences, Professor

Official opponents: **Iskandarova Mastura**
doctor of technical sciences, Professor

Soy Vladimir Mixaylovich
doctor of technical sciences, Professor

Leading organization: **Ferghana Polytechnic Institute**

The defense of the dissertation will take place on «18» December 2019 at 10⁰⁰ at the Scientific Council numbered DSc.27.06.2017.T.11.01 meeting at Tashkent Institute of Architecture and Construction, Tashkent Railway Engineering Institute, Samarkand State Architecture and Civil-Engineering Institute and Namangan Engineering-Construction Institute as the following address:100011, Tashkent city, Abdulla Qodiriy Street, 7v. Phone (+99871) 241-10-84, Fax: (+99871) 241-80-00, e-mail: devon@taqi.uz taqi_atm@edu.uz.

The dissertation is registered in Information-Resource Center at Tashkent Institute of Architecture and Construction (registration number № 31). The text of the dissertation is available at the Information Research Center at the following address: 100084, Tashkent, Kichik Xalqa yuli Street, 7. Phone: (+99871) 235-43-30, Fax: (99871) 234-15-11, e-mail: taqi_atm@edu.uz .

The abstract of the dissertation was circulated on «3» December 2019 year.
(mailing report № 9 on «8» November 2019 year)

Kh.A. Akramov
Chairman of the Scientific Council for the award
the degree of Doctor of Science, Doctor of technical Sciences, Professor

Kh. Kh. Kamilov
Scientific Secretary of the Scientific Council for the award
doctoral degree, Candidate of technical Sciences, Professor

S.A. Khodzhaev
Chairman of scientific seminar at the attachment to the Scientific Council
for the award the degree of Doctor of technical Science,
Doctor of technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of research is to study mechanically activated multicomponent alkaline binders and foam concretes based on them.

The tasks of research are:

- investigation of the influence of mineral and chemical additives on the processes of mechanical activation of granular electrothermophosphorus (ETP) slag, physical and mechanical properties of modified alkaline binders and new formations formed during hardening;

- development of new methods for determining the fineness of grinding and the content of mineral additives in binders based on the analysis of the available;

- research of the processes of mechanical activation of a multicomponent system using mathematical planning of the experiment, optimization of the material composition, hardening products, as well as the development of a simplified production line for the production of multicomponent alkaline binder;

- determining the optimal technological parameters of the foaming agent in an alkaline medium, their influence on the physical and mechanical properties of alkaline binders and the study of the features of the processes of structure formation of alkaline stone;

- research of physical and mechanical, thermal characteristics, microporosity and hardening products of foam concrete based on single and multicomponent alkaline binders, as well as the development of a technological line designed for the production of foam concrete

The object of research is foam concrete products based on mechanically activated single and multicomponent alkaline binders in which granular ETP slag was used as the main aluminosilicate component.

The scientific novelty of the dissertation research is as follows:

- proved the possibility of improving the physical and mechanical properties of an alkaline binder due to the introduction of active mineral and chemical additives in the process of mechanical activation of ETP slag;

- for the first time, new methods have been developed for determining the fineness of grinding of binders, based on the determination of intergranular voidness and the content of mineral additives in the binder, which consists in determining the pH and the redox potential of the aqueous extract taken from the clarified part of the water-binder suspension;

- new compositions of a multicomponent alkaline binder were developed in which ETP slag, Portland cement clinker, baking dust of a kiln and technical soda ash were used as raw materials;

- the features of the influence of blowing agents on the physical and mechanical characteristics, hardening processes and the microstructure of the stone based on an alkaline binder in comparison with the control composition have been determined;

- non-autoclaved foam concrete was obtained on the basis of one- and multicomponent alkaline binders in which ETP slag was used as the main aluminosilicate component.

The outline of the dissertation. Based on the results of experimental and theoretical research on the doctoral (PhD) thesis «Mechano-activated multicomponent alkaline binders and foam concrete on their basis» the following conclusions are formulated:

1. The possibility of producing foam concrete based on alkaline binders with an average density of 550-900 kg/m³ and strength from 0.75 to 5.19 MPa due to the mechanical activation of the aluminosilicate component by mineral additives and surfactants, which increase the activity of the binder and the formation of the structure, has been proved. with the most evenly distributed macro- and microporosity.

2. For the first time, the possibility of evaluating the fineness of grinding by the indicators of bulk density in an uncompact state and intergranular voidness was established. In this case, for each material and composition, the construction of a calibration dependence is required.

3. The possibility of determining the amount of mineral additives in binders by whiteness indicator has been established. For the first time, a method has been developed for determining the amount of a mineral additive based on determining the pH value or the redox potential of an aqueous extract taken from the clarified portion of an aqueous binder suspension. In this case, the construction of a grading dependence is also required.

4. The process of mechanical activation of ETP slag in a ball mill showed that its partial replacement with mineral additives during grinding led to an increase in the specific surface area in comparison with the control composition. It is shown that the use of surfactants in the process of mechanical activation in the amount of 0.3-1% does not lead to an intensification of the process.

5. It is proved that among the used mineral additives, the most promising is the baking dust of clinker kilns in the amount of 10%. Increased strength indicators of an alkaline binder stone when using superplasticizers compared with control samples were established, achieved due to the appearance of kidney-shaped and elongated neoplasm crystals, a uniform crystal arrangement, as well as an increase in the packing density of hydrated binder grains.

6. The regression equations for bulk density and residue on sieve No. 008 were obtained as a result of mechanical activation of a multicomponent binder in a ball mill. A decrease in bulk density in an uncompressed state with an increase in the duration of mechanical activation in a ball mill and the possibility of evaluating the fineness of grinding with its use have been established.

7. Using the rotatable method of mathematical planning of the experiment, the composition of the multicomponent alkaline binder was optimized and a production line for its production was developed, in which Na₂CO₃ was used as the alkaline component. The technological characteristics of foaming agents in an alkaline solution of sodium disilicate were studied. It has been found that with the same number of turns of the mixer, the amount of foaming agent and the duration of foaming affect the foaming process.

8. The effect of foaming agents on the physical and mechanical properties of a one- and multi-component alkaline binder, in which sodium disilicate and Na₂CO₃

were used as the alkaline component, respectively, was studied. It was found that foaming agents lower the strength of the alkaline binder and the density of the stone based on it in comparison with the control composition.

9. On the basis of mechanically activated one- and multicomponent alkaline binders according to the traditional method, non-autoclave foam concrete was obtained: on the basis of a single-component alkaline binder - compressive strength $R_{comp} = 1.09-5.19$ MPa, average density $\rho = 700-900$ kg / m³, humidity $W = 15-27\%$, thermal conductivity coefficient $\lambda = 0.11-0.12$ W/m·K; based on a multicomponent alkaline binder - compressive strength $R_{comp} = 0.75-2.20$ MPa, average density $\rho = 550-700$ kg / m³, humidity $W = 21-30\%$, thermal conductivity $\lambda = 0.07-0.08$ W/m·K. The results obtained comply with the requirements of GOST 25485.

10. The porosity of foam concrete was determined: on the basis of a one-component alkaline binder - water absorption (volumetric) 45.51-54.33%, microporosity 30.31-46.52%, average micropore diameter 0.0406-0.0644 μm ; foam concrete based on multicomponent alkaline binders - water absorption (volumetric) 52.30-65.82%, microporosity 33.60-40.43%, average micropore diameter of 0.0600-0.0676 μm .

11. A technological line for the production of foam concrete based on mechanically activated alkaline binder consisting of sequentially located technological equipment and operations has been developed.

12. At the production and testing unit of «Bekabacement» JSC, the technology for producing foam concrete based on mechanically activated alkaline binder and the method for determining the fineness of grinding were tested. The economic efficiency of the production of foam concrete based on an alkaline binder compared to aerated concrete based on Portland cement is 41 thousand soums 1 m³ of product.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Камилов Х., Тулаганов А., Хасанова М., Мухамедбаев А., Камилов Ш. Механоактивация безобжиговых щелочных вяжущих // Монография: под ред. д.т.н., проф. Тулаганова А. – Т.: “Fan va texnologiya”, 2016. 176 с.
2. Патент IAP 05647 UZ. Вяжущее / Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А., Тулаганов А.А., Мухамедбаев А.А., Камилов Ш.Х. (Ташкентский архитектурно-строительный институт) // Заяв.: 15.01.2016; опуб.: 28.09.2018. Бюл. № 9.
3. Патент IAP 05722 UZ. Способ определения количества минеральной добавки в цементном вяжущем / Мухамедбаев А.А., Камилов Х.Х., Тулаганов А.А., Мухамедбаев А.А., Хасанова М.К. (Ташкентский архитектурно-строительный институт) // Заяв.: 31.03.2015; опуб.: 29.12.2018. Бюл. № 12.
4. Патент IAP 06008 UZ. Способ определения тонкости помола / Мухамедбаев А.А., Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А., Яичников Я.М. (Ташкентский архитектурно-строительный институт) // Заяв.: 11.06.2014; опуб.: 31.10.2019. Бюл. № 10.
5. Патент FAP 01395 UZ. Технологическая линия по производству малоклинкерного шлакощелочного вяжущего / Мухамедбаев А.А. // Заяв.: 23.08.2017; опуб.: 31.07.2019. Бюл. № 7.
6. Мухамедбаев А.А., Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А., Яичников Я.М. Влияние добавок и продолжительности помола на степень белизны цемента / Научно – практический журнал «Архитектура. Строительство. Дизайн». Ташкент, 2014. - № 3. -С. 23-27. (05.00.00, № 4).
7. Мухамедбаев А.А., Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А., Яичников Я.М. Определение белизны электротермофосфорного шлака и его смесей – как метод контроля количества добавок в безобжиговом щелочном вяжущем / Журнал «Химия и химическая технология». Ташкент, 2014. -№ 3. –С.16-19. (02.00.00, № 2).
8. Мухамедбаев А.А., Камилов Х.Х., Хасанова М.К., Тулаганов А.А. Особенности процесса помола электротермофосфорного шлака и его смесей / Журнал «Химия и химическая технология». Ташкент, 2016. -№ 1. –С. 58-61. (02.00.00, № 2).
9. Хасанова М.К., Мухамедбаев А.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А. Исследование возможности получения композиционных шлакощелочных вяжущих / Узбекский научно-технический и производственный журнал

- «Композиционные материалы». Ташкент, 2016. - № 4. –С. 52-55. (05.00.00, № 13).
10. Mukhamedbaev Ag.A. Slag-alkaline foam concrete based on granulated electrothermophosphor slag / Journal «European science review», Viena, 2018. Vol. 1. -№ 9-10. -Р. 192-195. (05.00.00, № 3).
11. Мухамедбаев Аг.А., Камилов Х.Х., Тулаганов А.А. Модифицированные шлакощелочные вяжущие / Научно-технический журнал ФерПИ. Фергана, 2019. -№ 3. –С. 74-78. (05.00.00, № 20)

II бўлим (II часть; II part)

12. Мухамедбаев А.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А., Хасанова М.К. К вопросу определения содержания минеральных добавок в цементном вяжущем / Журнал «Технологии бетонов». Москва, 2015. -№ 5-6. –С. 28-29.
13. Мухамедбаев Аг.А. Механоактивация алюмосиликатного компонента безобжигового щелочного вяжущего / Журнал «Сухие строительные смеси». Москва, 2017. - № 5. –С. 35-37.
14. Мухамедбаев Аг.А. Исследование влияния времени механоактивации на свойства многокомпонентного вяжущего / Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. Пермь, 2018. – Т.9, № 3. –С. 121-129. DOI: 10.15593/2224-9826/2018.3.12
15. Мухамедбаев Аг.А., Тулаганов А.А. Помол многокомпонентного вяжущего с низким содержанием портландцементного клинкера / Научно-технический журнал «Наманганского инженерно-технологического института». Наманган, 2018. -№ 3. –С. 50-55.
16. Kamilov Kh., Mukhamedbaev A., Tulaganow A., Khasanova M., Nizamov T., Mukhamedbaev A. Bindemittel mit wenig Portlandklinker auf Basis von Industrieabfällen / 19. Internationale Baustofftagung “Ibausil”. Weimar, Bundesrepublik Deutschland, 2015. Band 2. SS. 851-856.
17. Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А., Мухамедбаев Аг.А. Исследование процесса помола малоклинкерных вяжущих с помощью математического планирования эксперимента / Материалы X Международной конференции молодых ученых «Теория и практика повышения эффективности строительных материалов». Под общ. ред. М.О. Коровкина. – Пенза: ПГУАС, 2015. -С. 121-124.
18. Мухамедбаев Аг.А. Экспресс методы определения количественного содержания шлака в цементе / Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы отраслей химической технологии» 10-12 ноября 2015 г. Бухара, БухИТИ. 2015. -С. 186-190.

19. Хасанова М.К., Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А. Возможность оценки тонкости помола с помощью межзерновой пустотности / Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы отраслей химической технологии» 10-12 ноября 2015 г. Бухара, БухИТИ. 2015. -С. 477-479.
20. Хасанова М.К., Камилов Х.Х., Закиров Д.С., Мухамедбаев А.А. Исследование процесса помола малоклинкерных шлаковых вяжущих в шаровой мельнице / Республика илмий-техник анжумани материаллари «Биноларнинг энергия самарадорлигини ошириш ва қурилиш физикасининг долзарб муаммолари». Самарқанд, СамДАҚИ, 2015. 129-131 б.
21. Мухамедбаев А.А., Яичников Я.М., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А., Закиров Д.С. Исследование степени белизны минеральношлаковых композиций / Материалы Республиканской научно-технической конференции «Прогрессивные технологии получения композиционных материалов и изделий из них». Ташкент, ГУП «Фан ва тараккиёт», 2015. – С. 277-278.
22. Мухамедбаев А.А. Пылешлакощелочное вяжущее / Сборник тезисов докладов Республиканской научно-практической конференции – молодых ученых-2015. Ташкент, АН РУз, 2015. –С. 347-350.
23. Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А., Хасанова М.К., Туропов Ф.Х. Влияние поверхностно-активных веществ на прочностные характеристики шлакощелочного камня / Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами «Кимёвий технология ва озиқ-овқат саноати корхоналарида ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштиришда инновацион ғоялар». Наманган, НамМТИ, 2016. I қисм. –С. 29-32.
24. Мухамедбаев А.А., Камилов Х.Х., Закиров Д.С., Низамова Ю.Ф. Композиционное малоклинкерное вяжущее / Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами «Кимёвий технология ва озиқ-овқат саноати корхоналарида ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштиришда инновацион ғоялар». Наманган, НамМТИ, 2016. I қисм. 41-44 б.
25. Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А. Особенности процесса гидратации безобжигового щелочного вяжущего с пенообразователями / Сборник трудов Республиканской научно-технической конференции «Перспективы развития композиционных и наноконпозиционных материалов». Ташкент, ГУП «Фан ва тараккиёт», 2016. –С. 80-84.
26. Мухамедбаев А.А., Тулаганов А.А. Исследование водной среды хранения минеральных вяжущих систем / Труды XXVI – научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата «Умидли кимёгарлар-2017». Ташкент, ТХТИ, 2017. -С. 83-84.

27. Мухамедбаев Аг.А. Новые методы исследования вяжущих веществ / Материалы Второй Всероссийской научной конференции «Омские научные чтения-2018» [Электронный ресурс]. Омск, ОмГУ им. Ф.М. Достоевского. 2018. –С. 818-820.
28. Мухамедбаев Аг.А., Тулаганов А.А. Неавтоклавный пенобетон на основе шлакощелочного вяжущего / IV Всероссийская конференция «Химия и химическая технология: достижения и перспективы». Кемерово, Кузбасский ГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2018. -С. 131.1-131.4.
29. Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев Аг.А. Технологическая линия производства шлакощелочного ячеистого бетона / XXVII – анъанавий конференция материаллари «Архитектура – курилиш фани ва давр». Тошкент, ТАҚИ, 2018. 91-94 б.
30. Мухамедбаев Аг.А., Тулаганов А.А., Камилов Х.Х. Влияния пенообразователей на процессы твердения многокомпонентного щелочного вяжущего / Республика илмий-техникавий конференция материаллари тўрлами “Энергия тежамкор ва маҳаллий хом ашёлар асосида курилиш материаллари, буюмлари ва конструкцияларини ишлаб чиқаришни ривожлантириш муаммолари” 14-15 декабрь 2018 й. Тошкент, ТАҚИ. 2018. 182-185 б.
31. Мухамедбаев Аг.А., Тулаганов А.А. Механоактивация гранулированного шлака / Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г.: в 4 ч. / редкол.: Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 3. -С. 171-173.
32. Тулаганов А.А., Мухамедбаев Аг.А. Исследование пористости пенобетонов на основе механоактивированного щелочного вяжущего / Сборник научных трудов Республиканской научно-практической конференции «Строительная индустрия Казахстана в XXI веке: достижения и перспективы» посвященная 90-летию академика Паримбетова Б.П (19-20 сентября, 2019 г.). Казахстан, Алматы, 2019. Секция № 1. - С. 24-25.

Автореферат «Архитектура. Қурилиш. Дизайн» илмий-амалий журнал
таҳририятидан ўтказилди ва матнларини мослиги текширилди
(4.11.2019 й.)

Босишга рухсат этилди: 8.11.2019 й.
Адади 100 нусха. Бичими 60x84 ¹/₁₆
Босма табоғи 3. «Times New Roman» гарнитураси.
«АКТИВ PRINT» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Тошкент ш., Чилонзор 25, Лутфий кўчаси, 1А-уй.