

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc 26/30.12.2019.Т.11.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

ТУРГАЕВ ЖАМБУЛ АДИБАЕВИЧ

**ЭКСПЛУАТАЦИОН ХОССАЛАРИ ЯХШИЛАНГАН КОМПЛЕКС
МОДИФИКАЦИЯЛАНГАН БЕТОН**

05.09.05 – Қурилиш материаллари ва буюмлари

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

Тошкент – 2021

**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**

Тургаев Жамбул Адилбаевич

Эксплуатацион хоссалари яхшиланган
комплекс модификацияланган бетон 3

Тургаев Жамбул Адилбаевич

Комплексно модифицированный бетон
с улучшенными эксплуатационными
свойствами 21

Turgayev Jambul Adilbaevich

Complex modified concrete with
improved performance properties 39

Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 44

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc 26/30.12.2019.Т.11.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

ТУРГАЕВ ЖАМБУЛ АДИБАЕВИЧ

**ЭКСПЛУАТАЦИОН ХОССАЛАРИ ЯХШИЛАНГАН КОМПЛЕКС
МОДИФИКАЦИЯЛАНГАН БЕТОН**

05.09.05 – Қурилиш материаллари ва буюмлари

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

Тошкент – 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.4.PhD/T2010 рақами билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент давлат транспорт университетида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме). Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.taqi.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот-таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбарлар:

Цой Владимир Михайлович
техника фанлари доктори, доцент

Расмий оппонентлар:

Баходиров Азизбек Абдулазизович
техника фанлари доктори, профессор

Турапов Махмуд Турапович
техника фанлари номзоти, доцент

Етақчи ташкилот:

Жиззах политехника институти

Диссертация химояси Тошкент архитектура-қурилиш институти хузуридаги DSc.26/30.12.2019.T.11.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «28» декабрь соат 12³⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент ш., Абдулла Қодирий кўчаси 7в-уй. ТАҚИ, Архитектура факультети. 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 (№66 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100084, Тошкент ш., Кичик Халка йўли кўчаси 7-уй. Тел.: (99871) 232-43-30; факс: (99871) 234-15-11, e-mail: taqi_atm@edu.uz). факс: (99871) 241-80-00; e-mail taqi_atm@edu.uz).

Диссертация автореферати 2021 йил «13» декабрь куни тарқатилди.
(2021 йил «17» ноябрь даги 6 рақамли реестр баённомаси).



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

А.Т. Хотамов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги. Жаҳон қурилиш амалиётидаги ривожланишлар портландцемент асосидаги бетон ва темирбетонга бўлган талабни тобора ортиб боришига олиб келмоқда. Бу борада «International Federation for Structural Concrete» халқаро федерацияси маълумотларига¹ кўра сўнги йилларда жаҳонда йилига 4,2 млрд. тоннадан ортиқ портландцемент ва ундан фойдаланиб ишлаб чиқарилаётган бетон ва темирбетоннинг ҳажми эса 12,5 млрд. м³ дан ортиқни ташкил этмоқда. Шу жиҳатдан бетон ва темирбетон конструкцияларини ишлаб чиқаришдаги устивор вазифаларидан бири турли минерал ва кимёвий қўшимчалардан фойдаланиб бетон қоришмасини модификациялаш, мавжуд ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштириш орқали ишлаб чиқариладиган маҳсулотнинг сифатини, умрбоқийлигини ошириш масалаларига катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда бетоншунослик соҳасида боғловчи ва майин тўлдиргичларга механик, механокимёвий ишлов бериб фаоллаштириш, кимёвий ва минерал қўшимчалар билан модификациялаб бетонда структура ҳосил бўлишини бошқариш, бетон қоришмаси таркибини оптималлаштириш орқали тайёр маҳсулотнинг физик-механик ва физик-кимёвий хоссаларини ошириш, бетоннинг хоссаларини пасайтирмаган ҳолда бетоннинг энг қиммат бўлган компоненти портландцементни иқтисод қилиш, ишлаб чиқаришнинг замонавий технологияларини яратишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишларига алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада юқори зичлик, паст капилляр ғоваклик ва гидратланган минералларнинг янгидан пайдо бўлишининг кўпайиши, шу билан бирга цемент тоши структурасини тартибга солиш имконини беради комплекс қўшимчалар мажмуасидан фойдаланиш муҳим аҳамият касб этади.

Республикамызда қурилиш материаллари ишлаб чиқариш саноати ривожлантириш, мавжуд ишлаб турган корхоналарни модернизация қилиш, қурилиш материалларини ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш каби бир қанча ишлар амалга оширилиб, муайян ютуқларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасининг янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... ишлаб чиқариш соҳаларини ривожлантириш, саноатни модернизация ва диверсификация қилиш, амалиётда кам сарфли энергиятежамкор усулларни қўллаш, қурилиш материаллари ишлаб чиқариш саноатини ривожлантириш, ...»² муҳим вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан, комплекс модификаторлардан фойдаланган ҳолда юқори сифатли конструкциялар ва маҳсулотлар ишлаб чиқаришнинг янги технологияларини яратиш ва мавжудларини такомиллаштириш йўналтирилган илмий-тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-

¹ <http://enciklopediyastroy.ru>, <https://link.springer.com>

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

4947 «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармонида, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йилнинг 9 августидagi ПҚ-3190 «Ўзбекистон Республикаси ҳудудида сейсмология, сейсmobардош қурилиш ва аҳолининг сейсмик хавфсизлиги соҳасидаги тадқиқотлар ўтказилишини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармони ва Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2016 йилнинг 28 сентябридаги ПҚ-2615 «Қурилиш саноатини 2016-2020 йилларга янада ривожлантириш бўйича чора-тадбирлар дастури тўғрисида»ги Фармони, шунингдек ушбу соҳада қабул қилинган бошқа меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда кўзда тутилган 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. Цемент бетонларнинг эксплуатацион ва мустаҳкамлик тавсифларини яхшилаш муаммосида бетонлар структурасини комплекс модификаторлар билан модификациялаш соҳасидаги тадқиқотлар муҳим ўрин тутди. Цемент тизимларига ана шундай қўшимчалар қўшишдан фойдаланишга хорижлик таниқли олимлар В.М. Москвин, И.П. Александрин, Ю.М. Баженов, В.И. Соломатов, В.Г. Батраков, И.Н. Ахвердов, Г.Г. Вагнер, А.В. Волженский, Г.И. Горчаков, В.С. Демьянова, П.Г. Комохов, В.И. Калашников, С.В. Шестоперов, А.Е. Шейкин, V. Yogendran R. Fere, S. Sarcar, G. Hintze, F.J. Hogan, L.U. Spellman, H. Uchikawa, Sh. Hanehara, F. Lallard, T.S. Do, A. Durecovic, I. Older ва шу кабилар асос солганлар.

Ўзбекистон Республикасида комплекс-модификацияловчи қўшимчаларни қўллаш соҳасидаги илмий тадқиқотлар билан турли йилларда Э.У. Қосимов, М.К. Тахиров, Н.А. Самигов, А.И. Адилходжаев, Х.Х. Камилов, Б.Б. Хасанов, У.А. Газиёв, Н.Х. Талипов, А.А. Тўлаганов, И.М. Махаматалиёв, В.М. Цой ва бошқалар бу соҳада турли йилларда ўз тадқиқотлари асосида муҳим натижаларга эришганлар.

Аввалроқ ўтказилган тадқиқотлар кимёвий модификаторлар ва минерал тўлдирувчиларнинг цемент тизимида кўрсатадиган таъсир механизми масаласини кенг ёритиб бердилар. Бироқ цемент тоши структурасига, цемент ва тўлдиргич орасидаги ўтиш зонаси қалинлиги ва зичлигига таъсир кўрсатадиган қўшимчалар комплекси таъсири масаласи, уларни бетоннинг ишлаш муддатини узайтиришда асосий ўрин тутадиган структура ҳосил қилиш даврларига кўрсатадиган таъсири кам ўрганилганича қолмоқда. Шу билан бирга кимёвий модификаторлар тури ва таркибининг бетон хоссаларининг шаклланишига таъсирини ўрганиш вазифаси ҳам кам ўрганилган муаммолигича қолмоқда. Шунга боғлиқ ҳолда фаол минерал қўшимчалар, суперпластификатор ва модификацияланган гидрофобизатор асосидаги қўшимчалар комплексинан фойдаланиб, мустаҳкам бетон композицияларини ишлаб чиқишда тадқиқотлар олиб бориш ва янада батафсил ўрганишни талаб қилувчи долзарб вазифадир.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасаси илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти, Тошкент давлат транспорт университетининг БВ-Ф-4-04 илмий кенгаш томонидан тасдиқланган “Композицион материалларнинг полиструктурали назарияси асосида кўп компонентли юқори сифатли бетонлар таркибини оптимал лойиҳалаш ва хоссаларини башорат қилишнинг методологик асосларини ишлаб чиқиш” (2018-2020 йй.) мавзуси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади суперпластификатор, микрокремнезём ва модификацияланган гидрофобизаторни комплекс равишда қўллаш йўли билан Қорақалпоғистон Республикаси М400 портландцементи асосидаги эксплуатацион хоссалари яхшиланган кўп компонентли бетон олишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

қўшимчалар мажмуасига эга бўлган цемент тошининг структура ҳосил қилиш хусусиятларини аниқлаб олиш;

бетон қоришмаси таркибларини оптималлаштириш;

бетон қоришмаси ва бетоннинг технологик, физик-механик хоссаларини тадқиқ этиш;

тадқиқотларнинг тажриба-ишлаб чиқариш синовларини (апробациясини) ва тадқиқот натижалари техник-иқтисодий асосларини ўтказиш.

Тадқиқотнинг объекти - Қорақалпоғистон Республикасининг оддий М400 портландцементи асосида минерал-органик қўшимчалардан фойдаланган ҳолда комплекс модификацияланган бетонлар олинган.

Тадқиқотнинг предмети бўлиб комплекс модификацияловчи қўшимчалар қўшиб тайёрланган бетоннинг физик-механик, физик-кимёвий ва техник-иқтисодий кўрсаткичлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг услублари. Тадқиқотлар давомида замонавий физик-кимёвий таҳлил услублари, цемент бетони сифати, хоссалари ва кўрсаткичларини стандартлаштирилган услубларда синаш, шунингдек таркибларни лойиҳалаштиришнинг математик услубларидан фойдаланилди.

Тадқиқотининг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

минерал ва органик қўшимчалар комплекси таъсир этиш механизмини ҳисобга олган ҳолда улардан кўп компонентли бетонларда фойдаланиш асосланган;

органик ва минерал қўшимчалар комплексининг таъсири ҳисобига қотаётган цемент тошида юқори зичлик, паст капилляр говаклик ҳосил бўлиши аниқланган;

цемент тошининг физик-механик ва эксплуатация хоссалари органик ва минерал қўшимчалар комплекси миқдorigа боғлиқлиги аниқланган;

минерал ва органик қўшимчалар комплексига эга бўлган кўп компонентли бетон мустаҳкамлигининг фойдаланилган қўшимчалар (суперпластификатор, микрокремнезём, модификацияланган гидрофобизатор) миқдorigа боғлиқлигини ифодаловчи математик модел ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қўйидагилардан иборат:

Қорақалпоғистон Республикасининг оддий М400 портландцементи асосида минерал-органик қўшимчалар мажмуига, ҳамда юксак эксплуатацион хоссаларга эга бўлган бетон қоришмаларининг оптимал таркиблари ишлаб чиқилган;

комплекс минерал-органик қўшимчаларнинг қўлланиши тайёр маҳсулотларнинг эксплуатацион тавсифларини икки баробар яхшилаш имконияти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Олинган натижаларнинг ишончлилиги замонавий асбоблар ва экспериментлар ўтказишнинг стандарт услубларидан фойдаланган ҳолда, тадқиқот маълумотларининг меъёрий ва таклиф этилган услублар билан ўтказилган қиёсий таҳлили, юқори даражада мувофиқликка эришилган назарий тадқиқотлар ва экспериментлар натижалари, шунингдек, тавсия этилган ишланмаларни ишлаб чиқариш шароитларида апробация қилинганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқотлар натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, олинган натижалар суперпластификацияловчи қўшимчалар, фаол минерал қўшимча ва модификацияланган гидрофобизатор мавжудлигида цемент бетонларнинг структура ҳосил қилиши тўғрисидаги тасаввурларни чуқурлаштириб, буларнинг бари бетон структура ҳосил қилиш назарияси ва амалиёти, бетон технологияси ва хоссаларини ривожлантириш билан изоҳланади.

Тадқиқотлар натижаларининг амалий аҳамияти минерал-органик қўшимчали комплекс модификацияланган бетонлар таркибида компонентларнинг сифатини аниқлаш учун суперпластификацияловчи қўшимчалар, фаол минерал қўшимча ва модификацияланган гидрофобизаторларни танлаб олишнинг илмий-асосланган усули бўлиб, юқори физик-механик ва эксплуатацион хоссаларига эга бўлган маҳаллий материаллар ва хом ашё ресурсларига асосланган ҳолда оптималлаштирилган таркибдаги бетонларни олишдан ва уларни ишлаб чиқариш амалиётида қўлланилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Эксплуатацион хоссалари яхшилانган комплекс модификацияланган бетонни ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

минерал-органик қўшимчалар комплексин қўллаган ҳолдаги пойдевор блокларининг оптимал таркиби «Тахиаташ темир бетон» МЧЖ ва «Евро бетон» ТБМ МЧЖ корхоналарида темирбетон маҳсулотлар ишлаб чиқаришга жорий этилган (Қорақалпоғистон Республикаси Қурилиш Вазирлигининг 2021 йил 05-сентябрдаги №01-07/01-1995 маълумотнома). Тадқиқотлар натижаларини ишлаб чиқаришга татбиқ этилиши бетоннинг мустаҳкамлик бўйича кўрсаткичларини 10-15 % га, совуққа бардошлилиги ва сувга чидамлилигини икки баробар ошириш имконини берган;

амалга оширилган жараёнлар натижасида ишлаб чиқилган комплекс қўшимчали бетоннинг оптимал таркиби ва технологиясидан йигма бетон ва

темирбетон ишлаб чиқаришига татбиқ этилишидан олинадиган иқтисодий самарадорлик ҳисоблаб чиқилди. Натижада МЧЖ «ЕВРО БЕТОН» заводи учун 420,5 млн. сўмни, ООО «Тахиаташ темир бетон» заводи учун 265,8 млн. сўмлик иқтисодий самара олиш имкони яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг асосий натижалари 2 та халқаро ва 3 та республика илмий-амалий, илмий-техник конференцияларида муҳокама қилинди.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та илмий иш чоп этилган. Улардан, 8 та илмий мақола, шулардан 6 таси Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини нашр этиш учун тавсия этилган нашрларда, шу жумладан хорижий журналларда 2 та, республика журналларида 6 та чоп этилган.

Диссертация таркиби ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш қисми, беш боб, хулоса қисми, адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат бўлиб, диссертациянинг ҳажми 105 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ҳал қилинаётган муаммо долзарблиги ва диссертация мавзусининг зарурлиги асосланиб, тадқиқотларнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, объекти ва предметига аниқлик киритилган, тадқиқотларнинг Ўзбекистон Республикаси илм-фан ва технологияларини ривожлантириш йўналишларига мувофиқлиги аниқланган, тадқиқотлар илмий янгилиги ва амалий натижалари, тадқиқотлар натижаларининг ишлаб чиқаришга татбиқ этилганлиги баён этилган, тадқиқотлар натижаларининг синовдан ўтказилганлиги ҳамда диссертация иши мавзуси бўйича нашр этилган илмий асарлар тўғрисидаги, шунингдек диссертация структураси ва ҳажми тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Бетоннинг композицион материал сифатидаги узок муддат хизмат қилиши тўғрисидаги замонавий тасаввурлар”** деб номланган биринчи бобда кўриб чиқилаётган мавзу бўйича илмий тадқиқотларнинг таҳлилий шарҳи келтирилган. Адабий манбалар таҳлилидан аниқланишича, бетоннинг узок муддат ишлаши намлик ва ёгин-сочинлар, агрессив органик ва минерал муҳитлар, денгиз ва ер ости сувлари, қуёш нури ва ҳарорат кўтарилиб-тушишининг таъсири, унга таъсир қиладиган динамик ва статик юклар мавжудлиги ва уларнинг қиймати каби қатор омилларга боғлиқ. Аксарият ҳолларда бетоннинг узок муддат ишлашини белгилаб берадиган ташки емирувчи омилларининг биргаликдаги таъсири мавжуд бўлади. Бетон қоришмасининг таркибини мувофиқлаштириб бориб, унинг юқори даражадаги зичлиги ва сув ўтказмаслигини таъминлаш мумкин. Структура ҳосил қилувчи ва гидрофоблайдиган махсус қўшимчалар мажмуини тўғри танлаш билан бетонга зарур тавсифлар бериш ва мос равишда узок муддат ишлашини таъминлаш мумкин бўлади. Поликарбосилатли суперпластификаторни ва минерал тўлдирувчини модификацияланган гидрофобизатор билан бирга

Қорақалпоғистон Республикасида ишлаб чиқариладиган цементларда комплекс қўллашда бетондаги цемент тошининг ўзгаришлари етарли ўрганилмаган. Аниқланишича, поликарбонат суперпластификаторлар ва микрокремнезем фаол (актив) минерал қўшимчаси комплекс бирикмалар ҳосил қилиш билан $\text{Ca}(\text{OH})_2$ таъсирлашишга қодир бўлиб, буни бетоннинг узок муддат ишлашини таъминлаш учун ҳисобга олиш талаб этилади.

Бажарилаётган тадқиқотлар доирасида қўйилган вазифаларни амалга ошириш учун куйидаги ишчи фарази (гипотеза) шакллантирилган. Тўлдирилган цемент тизимида кечаётган физик-кимёвий ўзаро таъсирлар қонуниятлари тўғрисидаги замонавий тасаввурларга асосланган ҳолда, ҳамда микрокремнезем ва суперпластификаторни гидратация кечиш шароитларини яхшилаш учун имкониятлар яратишга қодир бўлган фаол минерал қўшимчалар сифатида кўриб чиқиб, талаб этилган физик-механик ва эксплуатацион кўрсаткичларни йўналтирилган тарзда шакллантириш билан, модификацияланган гидрофобизаторни эса бетон ичига намлик киришига йўл қўймайдиган тўсиқ деб қараб, Қорақалпоғистон Республикасида ишлаб чиқариладиган портландцементларда кўп компонентли бетоннинг оптимал таркибларини ишлаб чиқиш мумкин бўлади.

Диссертациянинг «**Тадқиқотлар услублари ва қўлланган материаллар**» номли **иккинчи бобида** кўп компонентли бетон қоришмаси олиш учун бошлангич хом ашё материалларининг тавсифлари ва экспериментал тажрибалар бажариш учун қабул қилинган тадқиқот услублари келтирилган.

МБС тайёрлаш мақсадида Қорақалпоғистон Республикасининг икки хил «Титан» ва «Қорақалпоқ» заводларининг портландцементи фойдаланилди.

Инерт тўлдирувчилар сифатида йириклик модули $M_k = 1,5-1,0$ бўлган Нукус карьерининг қуми ва Кекликтау конидан олинган шагал жинсига хос (порфирит) ишлатилди – VI ГОСТ 8267-93.

Фаол (актив) минерал қўшимча сифатида Бекобод металлургия комбинатининг микрокремнеземи қўлланди ТУ 00186200-12:2019.

MasterGlenium суперпластификатори – юқори даражадаги самарали сув редукцияловчи ва пластификацияловчи қўшимча. Поликарбонат эфири асосидаги учинчи авлод универсал суперпластификатори бўлиб ҳисобланади.

Гидрофоблаштирувчи қўшимча - натрий метилсиликонати сув аралашмаси бўлиб, унинг молекулалари цемент тошининг гидратацияланиш жараёнларини секинлаштириш мақсадида дастлаб микрокремнеземга чўктирилди.

Тадқиқот услублари диссертация ишининг мақсад ва вазифаларидан келиб чиқиб танланган. Экспериментал тадқиқотларда стандарт тадқиқ этиш услублари амалга оширилди: физик-механик, физик-кимёвий ва математик статик усуллар.

Диссертациянинг «**Модификатор қўшимчали цемент тошининг структураси ва хоссаларини ўрганиш**» деб номланган **учинчи бобида** цемент тошининг структураси ва хоссаларини тадқиқ этиш натижалари келтирилган. Цемент тоши хоссаларини тадқиқ этишда уч омили эксперимент режаси амалга оширилиб, унда энг аҳамиятли омиллар сифатида

поликарбоксилат суперпластификатор, микрокремнезем ва модификацияланган гидрофобизатор меъёрлари қабул қилинган. МК пуццоланли кўшимча бўлганлигини ҳисобга олиб, C_3S гидролизи жараёнида ажралиб чиқадиган кальций гидроксиди билан ўзаро таъсирлашгани сабабли уни боғловчи компоненти деб ҳисоблашга, сувга бўлган эҳтиёжни эса сув-цемент нисбатига кўра эмас, балки сув-боғловчи нисбатига кўра баҳолаш қабул қилинган. Аниқланишича, суперпластификаторни МК билан бирга кўшишда цемент хамирининг нормал куюқлиги қиймати кўшимчасиз таркиб даражасида ($C/B=0,26$) сақланиб, СП+МК+МГ $C/B=0,224$ кўшилганида эса бу ҳодисани цемент доначалари усти қисман гидрофобизатор молекулалари билан қопланиши орқали изохлаш мумкин.

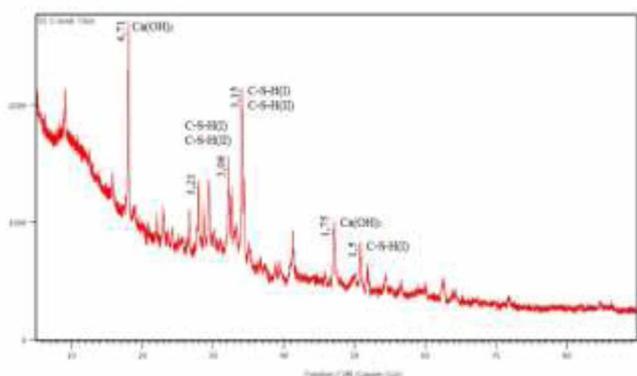
Олинган маълумотларга кўра цемент тошининг сиқилишга мустаҳкамлиги асосан C/B нисбатига боғлиқ. МК кўшилганида гидратация ҳосилаларининг модификацияланиш самараси фақат цемент тоши намуналарининг “ёши” катталаниши билан намоён бўлади.

Цемент тошига цемент массасининг СП-0,8 %, МК-6–8 % ва МГ-0,06 % меъёрида кўшимчалар кўшиш, бетоннинг дастлабки қотиш кунларида структура ҳосил бўлиш жараёнларини тезлаштириб, унинг энг катта мустаҳкамликни таъминлайди (36 МПа). Цемент тоши асосан 14 кунгагача бўлган дастлабки даврда жадал мустаҳкамликка эришиб, унинг максимал мустаҳкамлиги 91 МПа гача етади.

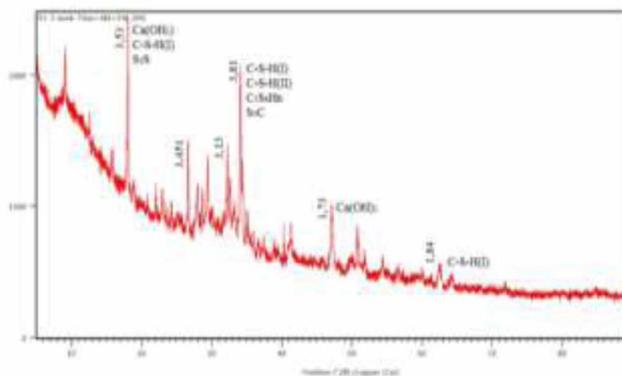
Цемент тоши 28 кунлик пайтида, СП 0,8 %, МК 6–8 % ва МГ 0,08 % кўшимчалари бирга киритилган ҳолида, цемент тошининг мустаҳкамлиги 52 МПа қийматига етиб, кейинчалик яна 55 МПа га қадар кўтарилиши мумкин. 0,5–1 % миқдорида СП кўшилган цемент тоши мустаҳкамлик даражаси 55 МПа дан ошиб, бу $C/B=0,21$ кўрсаткичининг нисбатан пастлиги билан изоҳланади.

Тадқиқотлар кўрсатишича, кўшимчалар мажмуини кўшиш билан эркин кальций гидроксиди миқдори анча камайиб, бу ҳол унинг структураси асосан юқори асосли $C-S-H(I)$ гидросиликатлардан шаклланиши билан изоҳланади.

Буни 28 кунлик, кўшимчалар кўшилмаган цемент тоши билан ўтказилган тадқиқотлар рентгенфазали таҳлили маълумотлари натижалари ҳам тасдиқлайди (1-расм).

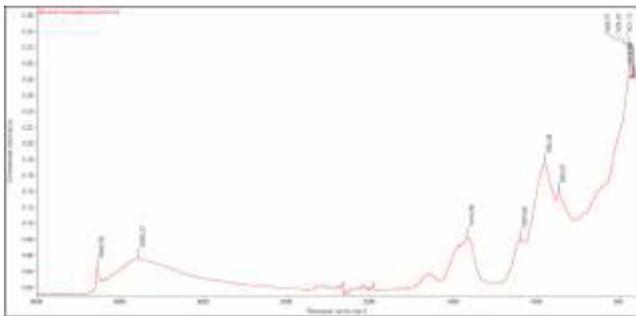


Кўшимчасиз цемент тошининг рентген-фазавий таҳлили маълумоти

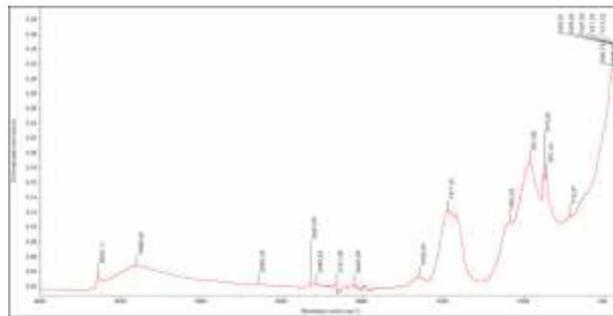


Цемент тоши СП+ МК+МГ рентгенфазавий таҳлили маълумоти

1-расм. Цемент тошларининг рентгенфазавий таҳлили маълумотлари.



Қўшимчасиз 28 кунлик цемент тоши ИҚ таҳлили маълумоти

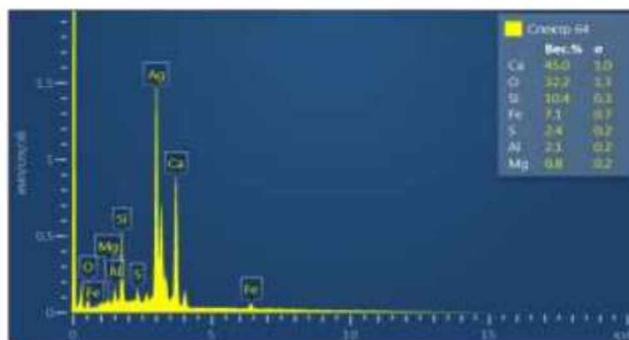
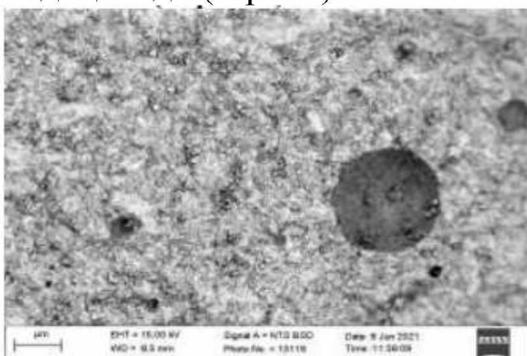


СП+МК+ МГ 28 кунлик цемент тоши ИҚ таҳлили маълумоти

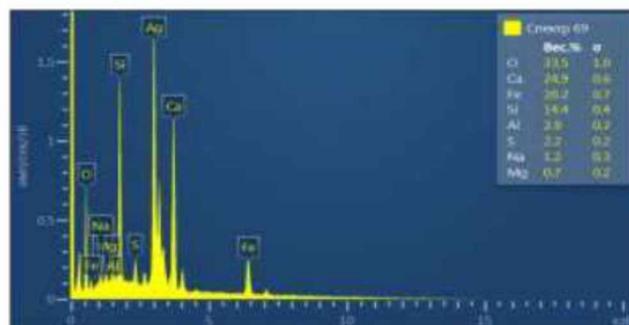
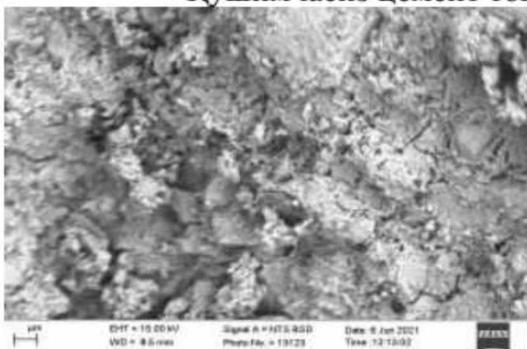
2-расм. Қўшимчасиз ва модификацияланган цемент тошининг ИҚ таҳлили маълумотлари.

«Титан» заводида ишлаб чиқарилган цементда ҳам шу каби кетма-кетлик кузатилган.

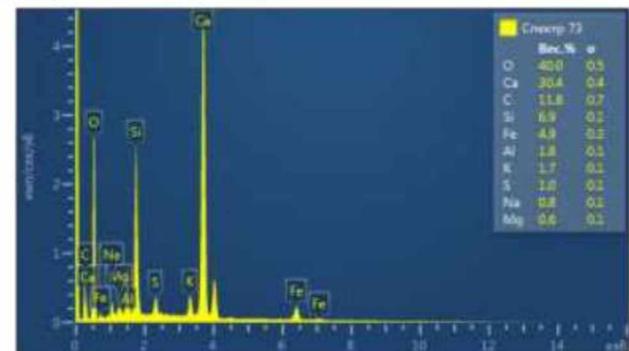
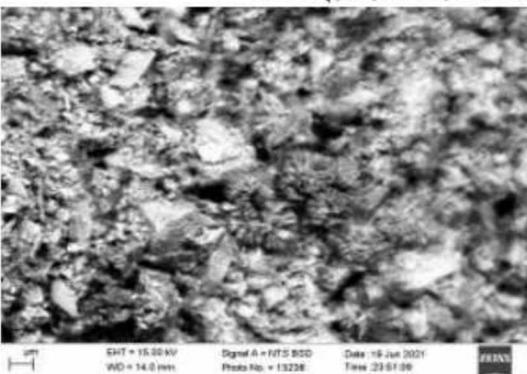
Электрон растрли микроскопияни қўлаган ҳолдаги қўшимча қўшилмаган цемент тошини тадқиқ этиш натижалари ИҚ таҳлили маълумотларини тасдиқлайди (3-расм).



Қўшимчасиз цемент тошининг микротузилиши ва таркиби.



МК цемент тошининг микротузилиши ва таркиби.



СП+МК+МГ цемент тошининг микротузилиши ва таркиби.

3-расм. Электрон растрли микроскопия маълумотларини ўрганиш.

Цемент тошининг синган жойи юзаси тахлили шуни кўрсатдики, синик юзасида шакланган кристаллар $\text{Ca}(\text{OH})_2$, кучсиз кристаллашган, C–S–H(II) типли кальций гидросиликатларидан иборат массаси кўриниб турибди.

МК кўшимчаси билан модификацияланган цемент тоши, кўшимчасиз цемент тошидан зич юзаси, чиганоксимон-зирапчали синиги ва C–S–H(II) фазали куйи асосли кальций гидросиликатларидан иборат таркиби ва $\text{Ca}(\text{OH})_2$ микдорининг озлиги билан фарқ қилади.

Портландит цемент тошида гидросиликатли ташкил қилувчилар орасида жойлашган кичикроқ участкалар кўринишида тақсимланади.

Кўшимчалар билан модификацияланган цемент тоши синик жойининг юзасида (3-расм) кучсиз кристаллашган C–S–H(I) фаза соҳалари кўриниб турибди.

Цемент тоши таркибига СП+МК+МГ кўшиш кучсиз кристаллашган пластинкасимон шакли, C–S–H(I) типли гидрат фазаларидан структура шаклланишига кўмаклашиб, бу унинг зичлиги ва мустаҳкамлиги яхшиланишига олиб келади.

Рентгенфазали таҳлил ва электрон микроскопия маълумотларидан шу нарса келиб чиқадики, кўшимчалар мажмуини кўшишда цемент тоши структурасида анча камроқ эркин кальций гидроксиди мавжуд бўлар экан.

Турли кўшимчалар кўшилган цемент тоши структурасининг чидамлилиги цикли намлаш ва қуритишлар, шунингдек музлатиш ва эритишлар натижаларига кўра баҳоланди.

Назорат намуналари ташқи таъсирларга дуч келмай, асосий намуналар билан бир вақтда синовдан ўтказилган. Тадқиқотлар натижалари 1-жадвалда келтирилган. Аниқланишича, цикли музлаш ва эриш цикли намланиш ҳамда қуритишга нисбатан камроқ агрессив жараён бўлиб ҳисобланади.

Ишлаб чиқилган кўшимчалар мажмуини цемент тошининг шакллантирилаётган структурасига кўшишда кальций гидроксиди ва адсорбцион боглиқ сув микдори цикли таъсирларга қадар ва улардан кейин деярли ўзгармайди.

1-жадвал

Модификаторлар ва цикли синовларнинг цемент тоши мустаҳкамлигига кўрсатадиган таъсири

Модификатор	С/Ц	Назорат қийматлари		Цикли музлаш		Цикли намланиш	
		МПа	%	МПа	%	МПа	%
0,8% СП (Титан)	0,230	42,5	100	38,5	77	35,5	56
0,8% СП (Каракалпак)	0,240	40,5		36,5	76	33,5	54
0,8% СП +8% МК +0,05% МГ (Титан)	0,230	50,5		48,5	92	45,5	86
0,8% СП+8%. МК+0,05% МГ (Каракалпак)	0,240	48,5		44,5	83	43,5	83

Шундай қилиб, СП, МК ва МГ каби модификацияловчи кўшимчаларни кўшиш цемент тошининг намланиш ва қуришга, шунингдек музлашга ва

эришга чидамлилигини оширишга кўмаклашиб, булар Са(ОН)₂ миқдори кам бўлган йўналтирилган ҳолда кучсиз кристаллашган структурани шакллантириш билан таъминланади.

«Комплекс модификацияланган бетон хоссаларини тадқиқ этиш» деб номланган тўртинчи бобда бетон қоришмаси ва огир бетонларнинг хоссалари тадқиқ этилди.

Модификацияловчи қўшимчали бетон таркиби мутлоқ ҳажмларнинг стандарт услубига биноан ҳисоблаб топилди (2-жадвал).

2-жадвал

Бетоннинг композицион таркиби 1 м³ учун

Модификацияловчи қўшимча	Цемент	Микрокремнезем	Пластификатор	Сув	Қум	Чақик тош	С/Ц	Бетон қоришмасининг ўртача зичлиги, кг/м ³
Қўшимчасиз	645	–	–	200	672	925	0,31	2444
СП (Қорақалпоқ)	456	–	4,55	130	790	1091		2479
СП (Титан)	435	–	4,31	135	810	1105		2486
СП+МК (Қорақалпоқ)	472	37,7	4,72	143	773	1043		2470
СП+МК (Титан)	470	37,4	4,65	142	764	1052		2475
СП+МК+МГ (Қорақалпоқ)	480	48	4,8	142	770	1030		2472
СП+МК+МГ (Титан)	470	48	4,8	141	765	1040		2479

Бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнида қўшимчалар алоҳида-алоҳида меъёрланди ва қўшилди – курук микрокремнезем ва модификацияланган гидрофобизатор цемент билан, суперпластификатор эса – ички сув билан аралаштирилган.

Бетон қоришмасини синаш натижалари 3-жадвалда берилган.

3-жадвал

Бетон қоришмасининг технологик ва реологик тавсифлари

Модификацияловчи қўшимча	Зичлик, кг/м ³	ҚЧ, см	Зичлик коэффициенти	Қатламлашиш, %		Сақланувчанлик, дак.	Вариация коэффициенти, С _v , %
				Сув ажралиши	Қоришма ажралиши		
Қўшимчаларсиз	2402	4±1	0,985	0,3±0,1	2,5	30	5±2
СП (Қорақалпоқ)	2431	3±1	0,982	0,3±0,05	0,5	60	4±1
СП (Титан)	2433	4±1	0,980	0,15±0,1	0,4		3±1
СП+МК (Қорақалпоқ)	2432	2±1	0,984	0	0,2		3±2
СП+МК (Титан)	2434	3±1	0,983	0	0,3		2±1
СП+МК+МГ (Қорақалпоқ)	2433	8±1	0,985	0	0,2		3±2
СП+МК+МГ (Титан)	2437	6±1	0,986	0	0,3		2±1

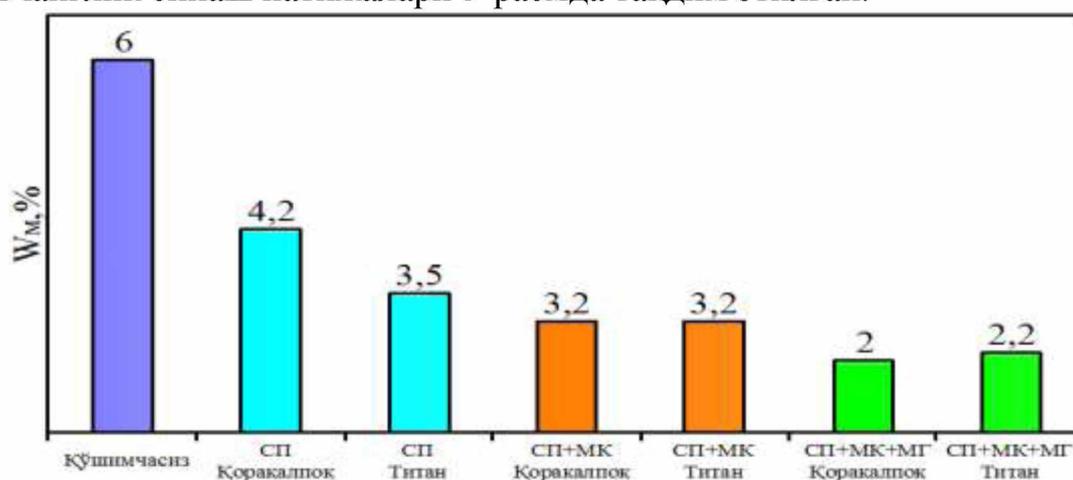
Модификатор қўшимчаларининг турли қотиш муддатларидаги бетоннинг мустаҳкамлик хоссаларига кўрсатадиган таъсири 4-жадвалда келтирилган.

Композицион бетоннинг физик-механик ва эксплуатацион кўрсаткичлари

Модификатор	W, МПа	R _{урт.} , МПа	S _n , МПа	V, %
28 кунда				
Кўшимчаларсиз	3,15	28,5	2,71	4,42
СП (Қорақалпоқ)	2,93	30,5	2,58	3,56
СП (Титан)	2,82	32,5	2,31	2,95
СП+МК (Қорақалпоқ)	3,27	34,5	2,73	3,33
СП+МК (Титан)	3,44	36,5	3,015	3,31
СП+МК+МГ (Қорақалпоқ)	3,30	38,5	2,37	4,80
СП+МК+МГ (Титан)	3,47	40,0	3,11	4,25

Олинган маълумотлардан кўшимчалар мажмуининг аҳамиятини қайд этиш талаб этилиб, у бетонда цемент тошининг кучсиз кристаллашган структураси шаклланишига кўмаклашиб, мос равишда, унинг мустаҳкамлигини ошириб, МГ молекулаларидан ҳосил қилинган тўсиқ эса сув киритмаслик таъсирини таъминлайди. СП ва МК каби модификацияловчи кўшимчалар кўшиш билан бетоннинг структура ҳосил қилиш жараёнларини жадаллаштириш бир кунлик бетоннинг мустаҳкамлиги уч баробар ўсишига олиб келса, бунда МГ кўшиш бу жараённи озроқ секинлаштиради.

Турли кўшимчалар кўшилган бетонларнинг массасига кўра сув шимувчанглик синаш натижалари 5-расмда тақдим этилган.



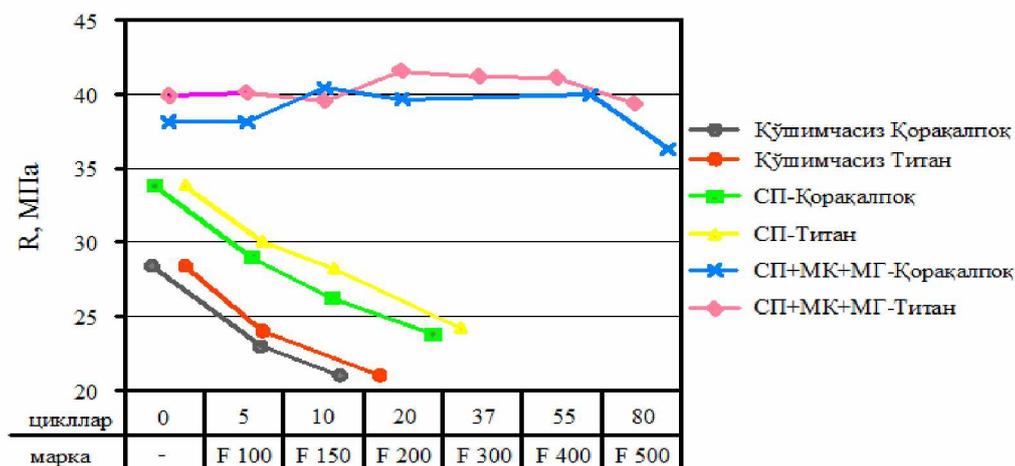
5-расм. 28 кунлик модификацияланган бетонларнинг сув шимувчанлиги хусусиятига оид синовлар натижалари.

Кўшимчалар мажмуи билан модификацияланган, 28 кунлик бетонларнинг сув шимувчанглик қиймати 6 % дан 2,2 % гача пасаяди.

Бетоннинг совуққа чидамлилиги бўйича маркаси ГОСТ 25192-2012 га мувофиқ 3-тезлаштирилган услубга биноан аниқланди (5-жадвал).

Модификацияловчи кўшимчаларнинг совуққа чидамликка кўрсатадиган таъсири

Кўшимча тури	R _c МПа	F 100	F 200	F 300	F 400
Назорат	28,00	-	+	-	-
Қорақалпоқ +МК+МГ	38,50	-	-	-	+
Титан+МК+МГ	40,00	-	-	-	+



6 -расм. Модификацияланган бетонлар намуналарининг совуққа чидамлилиққа синаш натижалари

Шундай қилиб, СП, МК ва МГ қўшимчаларини биргалиқда қўллаш – комплекс (биргалиқдаги) таъсир оқибатида юқори даражали совуққа чидамлилиққа эга бўлган бетон олишнинг энг самарали йўлларида бири: цемент тошида портландит миқдоринининг камайиши ва кучсиз кристаллашган гидросиликатлар ҳосил бўлиши, ҳамда модификацияланган гидрофобизатор молекулалари томонидан сув ўтказмайдиган тўсиқ яратилиши, совуққа чидамлилиққа қаратилган қуйи ҳароратли давомли синовлари пайтида сақланиб қолади.

«Тадқиқотлар натижаларини татбиқ қилиш ва ишланма самарадорлигини техник-иқтисодий жиҳатдан асослаш» деб номланган бешинчи бобда бетон конструкцияларини тайёрлашнинг технологик схемаси таклиф этилиб, шунингдек ишлаб чиқилган бетонни тайёрлаш ва қўллашдан олинадиган иқтисодий самара ҳисоблаб чиқилди.

Кўп компонентли бетонларнинг таркибларини ишлаб чиқиш бўйича ўтказилган илмий тадқиқотлар темирбетон маҳсулотлар ишлаб чиқаришга ихтисослашган икки завод «Евро бетон» ТБМ МЧЖ ва «Тахиаташ темир бетон» МЧЖ да амалга оширилди.

Ишлаб чиқилган технологик схемага мувофиқ (7-расм) фаол минерал қўшимча ва модификацияланган гидрофобизатор ярим курук ҳолдаги бетон қоришмасига қўшилиб, шундан кейин сувнинг қолган қисми билан суюқ СП киритилади. Заводнинг қурилиш лабораторияларида бажарилган экспериментал тадқиқотлар натижалари 6,7-жадвалда тақдим этилган.

6-жадвал

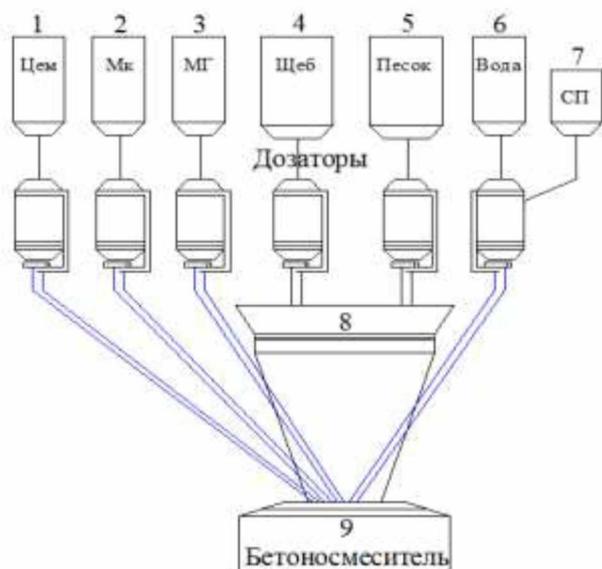
«Евро бетон» МЧЖ бетон қоришмаларини тайёрлаш учун материаллар сарфи меъёри

Бетон тоифаси	Маҳсулот номи	1м ³ бетон қоришмаси учун материаллар сарфи (номинал таркиби)				
		Цемент Кг	Бархан кум кг	Чақиқ тош кг	Сув л	Бетон қоришмасининг ўртача зичлиги, кг/м ³
B7,5 П2 F200 W2 (100)	(1-4) ФБС 240406	260	480	1400	185	2325

7-жадвал

«Евро бетон» МЧЖ товар бетонини тайёрлаш учун материаллар сарфи меъёри

Бетон маркаси	1м ³ бетон қоришмаси учун материаллар сарфи (номинал таркиби)				
	Цемент кг	Бархан қуми кг	Чақиқ тош кг	Сув л	Бетон қоришмасининг ўртача зичлиги, кг/м ³
М 200	420	380	1385	230	2405



7-расм. Модификацияловчи қўшимчалар мажмуига эга бўлган бетон олишнинг технологик схемаси

1-7 – композицион бетон қоришмасини ташкил қилувчилари бункери; 8 – қум ва шағал тақсимлагичи; 9 – бетон қориштиргич.

Оптималлаштирилган таркиблар 8-9 -жадвалларда келтирилган

8-жадвал

«Евро бетон» МЧЖ комплекс модификацияланган бетон қоришмасининг оптималлаштирилган таркиби

Бетон тоифаси	Маҳсулот номи	1м ³ бетон қоришмаси учун материаллари сарфи (номинал таркиби)							Бетон қоришмасининг ўртача зичлиги, кг/м ³
		Цем. кг	Барх. қуми кг	Чақиқ тош кг	Сув л	СП кг	МК кг	МГ кг	
В7,5 П2 F200 W6 (300)	(1-4) ФБС 240406	221	450	1420	178	2,4	39	0,13	2375

9-жадвал

«Евро бетон» МЧЖ товар бетони учун комплекс модификацияланган бетон қоришмасининг оптималлаштирилган таркиби

Бетон маркаси	1м ³ бетон қоришмасига материаллар сарфи (номинал таркиб)							Бетон қориш.ўртача зичлиги кг/м ³ ,
	Цем. кг	Барх. қуми кг	Чақиқ тош кг	Сув. л	СП. кг	МК. кг	Мод. гидр. кг	
М 200	357	385	1400	215	4,2	63	0,21	2435

«Евро бетон» заводи МЧЖ томонидан бетон қоришмаси тайёрлаш учун М 400 –Титан цементидан фойдаланилди.

10-жадвал

«Тахиаташ темир бетон» МЧЖда бетон қоришмаларини тайёрлаш учун материаллар сарфи меъёри

Маҳсулот номи	1м ³ бетон қоришмасига материаллар сарфи (номинал таркиб)			
	Цем. тн	Барх. қуми. м ³	Чақиқ тош. м ³	Сув. м ³
ФБС 240406	0,162	0,25	0,51	0,104

Оптималлаштирилган таркиблар 11-жадвалда келтирилган

11-жадвал

«Тахиаташ темир бетон» МЧЖ комплекс модификацияланган бетон қоришмасининг оптималлаштирилган таркиби

Маҳсулот номи	1м ³ бетон қоришмасига материаллар сарфи (номинал таркиб)						
	Цем. тн	Барх. қуми. м ³	Чақиқ тош. м ³	Сув. м ³	СП. кг	МК. кг	МГ. кг
ФБС 240406	0,138	0,253	0,52	0,103	1,6	24	0,08

Буг билан ишлов бериш жараёни тугалланганидан сўнг намуна-кублар амалдаги ГОСТларга мувофиқ сиқилишга мустаҳкамликка, сув ўтказмасликка ва совуққа чидамликка синаб кўрилди. Синов натижалари 12-13-жадвалда келтирилган.

12-жадвал

«Евро бетон» заводи МЧЖ бетон намуналарининг мустаҳкамликка (R_c , МПа), сув ўтказмасликка (W) ва совуққа чидамликка (F) ўтказилган синовлари натижалари

Маҳсулот номи	Бетон таркиби	Бетон тоифаси	КЧ см	Бетон хоссалари кўрсаткичлари		
				R_c , МПа	W , марка	F , марка
ФБС 240406	Ишлаб чиқариш учун	B7,5	1-4	8,2	W2	F200
	Оптималлаштирилган	B7,5	5	8,7	W6	F400
Товар бетон	Ишлаб чиқариш учун	B15	5	19,6	W2	F200
	Оптималлаштирилган	B15	8	20,2	W4	F300

13-жадвал

«Тахиаташ темир бетон» заводи МЧЖ бетон намуналарининг мустаҳкамликка ($R_{т\text{во}}$, МПа), сув ўтказмасликка (W) ва совуққа чидамликка (F) ўтказилган синовлари натижалари

Маҳсулот номи	Бетон таркиби	Бетон тоифаси	КЧ См	Бетон хоссалари кўрсаткичлари		
				R_c , МПа	W , марка	F , марка
ФБС 240406	Ишлаб чиқариш	B7,5	1-4	8,0	W2	F200
	Оптималлаштирилган	B7,5	5	8,5	W6	F400

Натижада қуйидаги миқдордаги маҳсулот ишлаб чиқарилди:

- «Евро бетон» заводи МЧЖда ФБС 240406 -50 дона ва 30 м³ товар бетон;
- «Тахиаташ темир бетон» заводи МЧЖ да ФБС 240406 -40 дона.

Татбиқ этиш натижаларига кўра ТБМ заводларда тегишли далолатномалар олинди. Олинган натижаларни берилган далолатномалар асосида кўриб чиқилиб, Қорақалпоғистон Республикаси Қурилиш вазирлигидан 2021 йил 05-сентябрдаги №01-07/01-1995 маълумотнома олинди.

Ишлаб чиқилган бетон оптимал таркиби ва комплекс қўшимчали бетон технологиясини йигма бетон ва темирбетон ишлаб чиқаришга татбиқ этилишидан олинган иқтисодий самара «Евро бетон» заводи МЧЖ да 420,5 млн. сўм., ва ООО «Тахиаташ темир бетон» МЧЖда -265,8 млн. сўмни ташкил этади.

ХУЛОСАЛАР

«Эксплуатацион хоссалари яхшиланган комплекс модификацияланган бетон» докторлик (PhD) диссертацияси бўйича ўтказилган экспериментал-назарий тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар шакллантирилди:

1. Манбалар таҳлили шуни кўрсатдики, бетоннинг узок муддат ишлаши унга салбий таъсир кўрсатадиган об-ҳаво омилларининг таъсирига боғлиқ. Бетон қоришмаси таркибини минерал ва кимёвий модификаторлар билан мувофиқлаштириб, бетон маҳсулотларининг юқори даражадаги зичлигини ва шунинг оқибатида узок муддат ишлашини таъминлаш мумкин бўлади.

2. Қорақалпоғистон Республикасида ишлаб чиқариладиган цементлардаги поликарбонат суперпластификатор ва модификацияланган гидрофобизаторли минерал тўлдирувчини комплекс қўллашда бетондаги цемент тоши микроструктурасининг ўзгаришларида шу нарса аниқландики, оптимал миқдордаги (0,8 %) поликарбонат СП ни қўшиш қотиш муддатининг 28 кунга келиб максимал, яъни 52 МПа қаттиқлик бериб, бунда Са(ОН)₂ даражасини 9,3 % дан 7,4 % гача пасайтирар экан. Структура асосан кучсиз кристаллашган С–S–Н(II) фазадан, тоберморит ва С–S– Н(I) фаза қўшилмалари билан шаклланиб, цемент тошига микрокремнезем қўшиш таркибдаги портлантит миқдорини 4,8 % гача камайтирса, гидросиликатли янги ҳосилалар эса қуйи асосли кучсиз кристаллашган кальций гидросиликатлари пластинкасимон структурали, С–S–Н(I) типли тоберморитдан шаклланади.

3. Фаол минерал қўшимчанинг СП ва модификацияланган метилсиликонат билан бирга цемент тоши таркибига киритилиши шакллантириладиган гидратли фазаларнинг цикли қуришидан ва музлашдан кейинги чидамлилиги ва ўзгармаслигини оширади, шу билан бирга фақат пластификацияловчи қўшимчалар қўшиш эса цикли таъсирларга бардошлиликни таъминламайди.

4. Портлантитни боғлаш устувор равишда қуйи асосли пластинкасимон тузилган, кучсиз кристаллашган кальций гидросиликатлари ҳосил бўлишига кўмаклашиб, улар, ўз навбатида, говаклилик даражасини пасайтиради ва бу цемент тошининг ҳарорат-намлик таъсирларига бардошлилигини таъминлайди.

Шундай қилиб, ҳам мустаҳкамлик, ҳам эксплуатацион кўрсаткичларни таъминлаб берадиган зарур композицион цемент боғловчисини олиш учун уларни СП=0,8÷1 %, МК=8-10 %, МГ=0,05 % миқдорида кўшиш талаб этилади.

5. Аниқланишича, бетон мустаҳкамлигининг кўшимчасиз таркибга нисбатан энг юқори даражага эришиши 30–35 %, 28 кун давомидаги нормал қотиш шароитларида доимий С/Ц = 0,31 бўлганида гидрат поликарбонат суперпластификатори, микрокремнезем ва модификацияланган гидрофобизатор кўшиш ҳисобига фазаларнинг заиф кристаллашган структурасини йўналтирилган тарздаги шакллантирилиши билан эришилади.

6. СП ва МК кўшимчалари кўшиш бетоннинг нормал шароитларда мустаҳкамлашиб боришини тезлаштиради – масалан бир кунлик сиқилишга мустаҳкамлик 15 МПа ни ташкил қилиб, у СП, МК ва МГ кўрсаткичларидан 36 %, кўшимча кўшилмаган намуналар кўрсаткичларидан эса – 68 % га юқоридир.

7. Огир бетоннинг совуққа чидамлилигини ошиб боришининг асосий сабаби С/Ц нинг доимий қийматида, цемент тоши структурасининг бир вақтнинг ўзида пуццоланлаштириш ва аморфлаштириш ҳисобланиб, бу кўшимчасиз намуналарнинг совуққа чидамлилик хусусиятларига нисбатан совуққа чидамлилик даражасининг МГ кўшимча кўшилган маркаларнинг F 100 дан F 300 гача ва СП, МК кўшимчалари кўшилган маркаларнинг F 500 гача кўтарилиши билан боғлиқ.

8. Комплекс кўшимчали бетоннинг оптимал таркиблари ва технологиясини тажриба-ишлаб чиқариш мақсадидаги татбиқ этиш натижалари таклиф этилган ишланмаларнинг ишлаб чиқариш шароитларидаги юксак самарадорлигини намоён этишди. Таркибларнинг татбиқ этилиши бетоннинг барча физик-механик ва эксплуатацион хоссалари асосий кўрсаткичларини сақлаб қолган ва яхшилаган ҳолда цементнинг 20 % миқдорида тежалишига эришиш имконини берди.

9. Ишлаб чиқилган комплекс кўшимчали бетоннинг оптимал таркиби ва технологиясидан йигма бетон ва темирбетон ишлаб чиқаришига татбиқ этилишидан олинган иқтисодий самарадорлик ҳисоблаб чиқилди. Комплекс кўшимчали бетоннинг оптимал таркибларини ва унинг технологиясини «ЕВРО БЕТОН» заводи МЧЖда йигма бетон ва темирбетон ишлаб чиқаришга татбиқ этилишидан кутилаётган йиллик иқтисодий самара 420,5 млн. сўмни, ООО «Тахиаташ темир бетон». -265,8 млн. сўмни ташкил этади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc 26/30.12.2019.Т.11.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНОМ ИНСТИТУТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ТУРГАЕВ ЖАМБУЛ АДИБАЕВИЧ

**КОМПЛЕКСНО МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БЕТОН С УЛУЧШЕННЫМИ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ**

05.09.05 – Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по
техническим наукам

Ташкент – 2021

Тема диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2021.4.PhD/Т2010

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете. Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-страница (www.taqi.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Цой Владимир Михайлович
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Баходиров Азизбек Абдулазизович
доктор технических наук, профессор

Турапов Махмуд Турапович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Джизакский политехнический институт

Защита диссертации состоится «28» декабрь 2021 года в 12³⁰ часов на заседании Научного совета DSc.26/30.12.2019.Т.11.01 при Ташкентском архитектурно-строительном институте, (Адрес: 100011, г. Тошкент, ул. Абдулла Кадири, дом 7в. Тел.: (99871) 241-10-84; факс: (99871) 241-80-00; e-mail: devon@taqi.uz, taqi_atm@edu.uz).

С диссертации можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного института (зарегистрирована за №66). (Адрес: 100084, г. Тошкент, Кичик Халка йўли, д. 7. Тел.: (99871) 232-43-30 факс: (99871) 234-15-11, e-mail: taqi_atm@edu.uz, (99871) 241-80-00; e-mail taqi_atm@edu.uz).

Автореферат диссертации разослан «13» декабрь 2021 года.
(реестр протокола рассылки № 6 от «17» ноябрь 2021 года).



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

А.Т. Хотамов
Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

Б.А. Асқаров
Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии(PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мировой практике строительства цементный бетон является самым востребованным строительным материалом. Статистика “Международной федерации по конструкционному бетону”¹ «International Federation for Struktural Concrete», показывает что, ежегодный выпуск цемента в мире составляет примерно 4,2 млрд. тонн, а бетона 12,5 млрд. м³ в год. За последние десятилетия в области технологии цементного бетона были достигнуты значительные достижения. Наиболее существенные результаты были достигнуты в вопросах проектирования и оптимизации многокомпонентных бетонов с использованием комплекса минеральных и химических модификаторов, совершенствование существующих технологий производства с целью увеличения эксплуатационных характеристик бетона.

Мировая практика строительства показывает, что для получения высококачественных бетонов с комплексом заранее заданных свойств необходимо применять не только химические модификаторы, но и высокоактивные минеральные наполнители. Применение такого комплекса добавок позволяет регулировать формирование структуры цементного камня, отличающейся высокой плотностью, низкой капиллярной пористостью, повышенным содержанием гидратных новообразований. Таким образом, на сегодняшний день применение комплексных высокоактивных добавок на основе химических модификаторов и минеральных наполнителей является самым доступным и простым способом получения бетонов с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными показателями.

В Республике достигнуты существенные результаты в области повышения качества цементных бетонов за счет большого многообразия химических модификаторов и местных минеральных наполнителей. Несмотря на это, возникает крайняя необходимость в возобновлении научно-исследовательских работ, направленных на дальнейшее повышение долговечности бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений, за счет направленного структурообразования цементных бетонов. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан предусматривается “... развитие производственных направлений, модернизация и диверсификация промышленности, применение на практике недорогих энергоэффективных методов, развитие промышленности по производству строительных материалов...”². Для реализации этих задач немаловажным является создание и совершенствование существующих технологий производств высококачественных конструкций и изделий с использованием комплексных модификаторов.

Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»,

¹ <http://enciklopediyastroj.ru>, <https://link.springer.com>

² Указ президента Республика Узбекистан от 7 февраля 2017 году № ПФ-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

Постановлением Президента Республики Узбекистан от 9 августа 2017 года ПП-3190 «О мерах по совершенствованию проведения научных исследований в области сейсмологии, сейсмостойкого строительства и сейсмической безопасности населения на территории Республики Узбекистан» и Постановлением Президента Республики Узбекистан от 28 сентября 2016 года ПП-2615 «О программе мер по дальнейшему развитию строительной индустрии на 2016-2020 годы», а так же других нормативно-правовых документов, принятых в данном диссертационном исследовании в определенной степени.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан II - «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. В проблеме улучшения эксплуатационных и прочностных характеристик цементных бетонов, немаловажное место занимают исследования в области модификации структуры бетонов комплексными модификаторами. Основы использования таких добавок в цементных системах заложили известные зарубежные ученые В.М. Москвин, И.П. Александрин, Ю.М. Баженов, В.И. Соломатов, В.Г. Батраков, И.Н. Ахвердов, Г.Г. Вагнер, А.В. Волженский, Г.И. Горчаков, В.С. Демьянова, П.Г. Комохов, В.И. Калашников, С.В. Шестоперов, А.Е. Шейкин, V. Yogendran R. Fere, S. Sarcar, G. Hintze, F.J. Hogan, L.U. Spellman, H. Uchikawa, Sh. Hanehara, F. Lallard, T.S. Do, A. Durecovic, и др.

В Республике Узбекистан научными исследованиями по применению комплексных-модифицирующих добавок в различные годы занимались Э.У. Касымов, М.К. Тахиров, Н.А. Самигов, А.И. Адилходжаев, Х.Х. Камиллов, Б.Б. Хасанов, У.А. Газиев, Н.Х. Талипов, А.А. Тулаганов, И.М. Махаматалиев, В.М. Цой и другие, они достигли значительных результатов в этой области на основе своих исследований на протяжении многих лет.

Ранее проведенные исследования широко осветили вопрос механизма действия химических модификаторов и минеральных наполнителей на цементную систему. Однако малоизученным оставался вопрос влияния комплекса добавок влияющих на структуру цементного камня, толщину и плотность переходной зоны между цементом и заполнителем, влияние их на периоды структурообразования, которая играет ключевую роль в повышении долговечности бетона. Наряду с этим, также малоизученной остается задача исследования влияния вида и содержания химических модификаторов на формирование свойств бетона. В связи с этим проведение исследований в разработке составов долговечных бетонов с использованием комплекса добавок, на основе активной минеральной добавки, суперпластификатора и модифицированного гидрофобизатора, является актуальной задачей требующей дальнейшей детальной проработки.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках

научно-исследовательской работы Ташкентского государственного транспортного университета БВ-Ф-4-04 “Разработка методологических основ оптимального проектирования составов и прогнозирования свойств многокомпонентных высококачественных бетонов на базе полиструктурной теории композиционных материалов” (2018-2020 гг).

Целью исследования является получение многокомпонентного бетона с улучшенными эксплуатационными свойствами на основе портландцемента М400 Республики Каракалпакстан путем комплексного применения микрокремнезёма, суперпластификатора и модифицированного гидрофобизатора.

Задачи исследования:

выявить особенности структурообразования цементного камня с комплексом добавок;

оптимизировать составы бетонной смеси;

исследовать технологические, физико-механические свойства бетонной смеси и бетона;

выполнить опытно-производственную апробацию и технико-экономическое обоснование результатов исследований.

Объектом исследования на основе обычного портландцемента М400 Республики Каракалпакстан получены комплексно-модифицированные бетоны с применением минерально-органических добавок.

Предметом исследования являются физико-механические, физико-химические и технико-экономические показатели бетона, изготовленного с использованием комплексов модифицирующих добавок.

Методы исследований. Во время проведения исследований использовались современные методы физико-химического анализа, стандартизированные методы изучения свойств и показателей качества цементного бетона, а также математические методы проектирования составов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

с учетом механизма действия обосновано использование комплекса минеральных и органических добавок в многокомпонентных бетонах;

в твердеющем цементном камне за счет действия комплекса органических и минеральных добавок установлены высокая плотность и низкая капиллярная пористость;

установлено, что физико-механические и эксплуатационные свойства цементного камня зависят от количества комплекса органических и минеральных добавок;

разработана математическая модель, выражающая зависимость прочности многокомпонентного бетона с комплексом минеральных и органических добавок от количества используемых добавок (суперпластификатор, микрокристаллический, модифицированный гидрофобизатор).

Практические результаты исследования:

разработаны оптимальные составы бетонных смесей, бетона с повышенными эксплуатационными свойствами на основе рядового

портландцемента М400 Республики Каракалпакстан с комплексом минерально-органических добавок;

применение комплекса минерально-органических добавок позволило увеличить эксплуатационные характеристики готовых изделий в 2 раза.

Достоверность результатов исследования. Достоверность полученных результатов подтверждается комплексными исследованиями с использованием современных приборов и стандартных методов проведения экспериментов, сравнительным анализом данных исследований с нормативными, полученными теоретическими и экспериментальными результатами высокой сходимости, а также апробацией в производство предлагаемых разработок.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что полученные результаты исследований углубляют представление о структурообразовании цементных бетонов в присутствии суперпластифицирующих добавок, активной минеральной добавкой и модифицированного гидрофобизатора в цементной системе имеющих важное значение для развития теории и практики структурообразования, технологии и свойств бетона.

Практическая значимость результатов исследования заключается в научном обосновании выбора суперпластифицирующих добавок, минеральных наполнителей и модифицированного гидрофобизатора для получения на основе местных сырьевых материалов оптимального состава бетонов обладающий высокими физико-механическими и эксплуатационными показателями.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов по разработке многокомпонентного бетона с комплексом модифицирующих добавок внедрены:

оптимальные составы бетонов с применением комплекса органоминеральных добавок в производстве железобетонных изделий на предприятии ООО «Тахиаташ темир бетон» и ООО ЖБИ «Евро бетон» (справка “Министерства Строительства Республики Каракалпакстан” № 01-07/01-1995 от 05 сентября 2021 г). Внедрение результатов исследований в производство позволило, повысить показатели бетона по прочности 10-15 %, морозостойкость и водонепроницаемость в два раза;

в результате внедрения оптимальных составов и технологии получения многокомпонентного бетона с комплексной добавкой в производство сборного бетона и железобетона ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения составляет ООО «Евро бетон» 420,5 млн. сўм., ООО «Тахиаташ темир бетон». -265,8 млн. сўм.

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертационной работы обсуждались на 2 международных и 3 республиканских научно-практических, научно-технических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 14 научных работ. Из них 8 научных статей, из них 6 в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики

Узбекистан, для публикации основных научных результатов докторских диссертаций: в том числе 2 - в зарубежных журналах, 6 - в республиканских журналах.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений, объём диссертации состоит из 105 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность решаемой проблемы и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, выявлены объект и предмет исследований, определено соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследований, внедрение результатов исследований в производство, приводятся сведения об апробации результатов исследований и опубликованных научных трудах по теме диссертационной работы, а также сведения о структуре и объёме диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное представление о долговечности бетона как композиционного материала»** приведён аналитический обзор научных исследований по рассматриваемой теме. Из анализа литературных источников установлено что, долговечность бетона зависит от воздействия на его ряда факторов, в числе которых влажность и атмосферные осадки, агрессивные органические и минеральные среды, морские и грунтовые воды, воздействие солнечного света и перепада температур, наличие и величина испытываемых динамических и статических нагрузок. В большинстве случаев имеет место комплексное воздействие внешних разрушающих факторов, определяющих степень долговечности бетона. Регулируя состав бетонной смеси можно обеспечить высокую плотность и водонепроницаемость. Правильный подбор специального комплекса добавок-структурообразующих и гидрофобизирующих позволит придать бетону необходимые характеристики и соответственно долговечность. Установлено что, поликарбоксилатные суперпластификаторы и активная минеральная добавка микрокремнезем способны взаимодействовать с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с образованием комплексных соединений, что необходимо учитывать для обеспечения долговечности бетона. Изменения микроструктуры цементного камня в бетоне при комплексном использовании поликарбоксилатного суперпластификатора и минерального наполнителя с модифицированным гидрофобизатором на цементах производимых в Республике Каракалпакстан изучены недостаточно.

Для реализации поставленных задач в рамках выполняемых исследований сформулирована следующая рабочая **гипотеза**. Основываясь на современных представлениях о закономерностях физико-химических взаимодействий протекающих в наполненной цементной системе, рассматривая микрокремнезем и суперпластификатор как активные минеральные добавки

способные создавать предпосылки для улучшения условий течения гидратации, с направленным формированием требуемых физико-механических и эксплуатационных показателей, а модифицированный гидрофобизатор как барьер, препятствующим проникновению влаги в толщу бетона представляется возможным разработку оптимальных составов многокомпонентного бетона на портландцементе производимых в Республике Каракалпакстан.

Во второй главе диссертации **«Методы исследования и применяемые материалы»** приводятся характеристики исходных сырьевых материалов для получения многокомпонентной бетонной смеси и принятые для выполнения экспериментальных опытов методы исследований.

Для изготовления МБС использовали- портландцемент двух заводов «Титан» и «Каракалпак» Республика Каракалпакстан.

В качестве инертных заполнителей использовали песок Нукусского карьера с модулем крупности $M_k = 1,5-1,0$ и щебень породы (порфиринов) месторождения Кекликтау – VI ГОСТ 8267-93.

В качестве активной минеральной добавки использовали микрокремнезем Бекабадского металлургического комбината ТУ 00186200-12:2019.

Суперпластификатор MasterGlenium - высокоэффективная водоредуцирующая и пластифицирующая добавка. Является универсальным суперпластификатором третьего поколения на основе поликарбоксилатного эфира.

Гидрофобизирующая добавка - водный раствор метилсиликоната молекулы которого предварительно осадили на микрокремнезем с целью предотвращения замедления процессов гидратации цементного камня.

Методы исследования были выбраны исходя из целей и задач диссертационной работы. В экспериментальных исследованиях были проведены следующие методы исследования: физико-механические, физико-химические и математико статические методы.

Третья глава диссертации **«Изучение структуры и свойств цементного камня с добавками модификаторами»** приведены результаты исследований структуры и свойств цементного камня. При исследовании свойств цементного камня реализован трехфакторный план эксперимента, в котором значимыми факторами приняты дозировки поликарбоксилатного суперпластификатора, микрокремнезема и модифицированного гидрофобизатора. Так как МК является пуццолановой добавкой и взаимодействует с гидроксидом кальция, выделяющимся при гидролизе C_3S , то было принято считать его компонентом вяжущего, а водопотребность оценивать не по водоцементному, а по водовяжущему отношению. Установлено, что при введении суперпластификатора совместно с МК сохраняется значение нормальной плотности цементного теста на уровне состава без добавок ($V/V=0,26$), а при введении СП+МК+МГ $V/V= 0,224$ это объясняется частичным покрытием цементных зерен молекулами гидрофобизатора.

По полученным данным прочность цементного камня при сжатии в основном зависит от V/V отношения. При введении МК эффект модификации

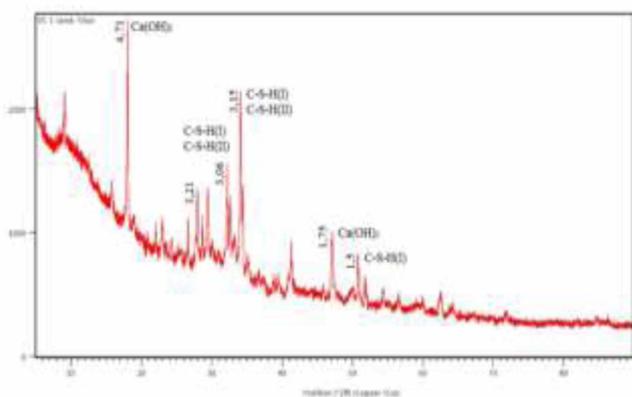
продуктов гидратации проявляется только с увеличением возраста образцов цементного камня.

Введение в цементный камень добавок, в количестве СП-0,8 %, МК-6–8 % и МГ-0,06 % от массы цемента, в первые сутки твердения приводит к ускорению процессов структурообразования и обеспечивает ему наибольшую прочность 17 МПа. Наиболее интенсивный набор прочности цементного камня в основном происходит в период до 14 суток, при достижении максимальной прочности 30 МПа.

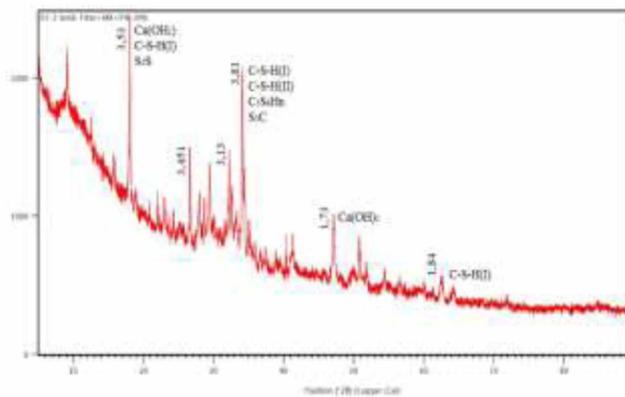
В возрасте 28 суток, при совместном введении добавок 0,8 % СП, 6–8 % МК и 0,08 % МГ, прочность цементного камня достигает значений 52 МПа, с дальнейшим её увеличением до 55 МПа. Цементный камень с добавкой СП в количестве 0,5–1 % набирает прочность свыше 55 МПа, что объясняется более низким В/В=0,21.

Исследования показали, что с введением комплекса добавок содержание свободного гидроксида кальция становится значительно меньше, это объясняется тем, что формирование его структуры состоит преимущественно из высокоосновных гидросиликатов С–S–Н(І).

Это подтверждается результаты данных рентгенофазового анализа цементного камня без добавок в возрасте 28 суток (рис. 1).

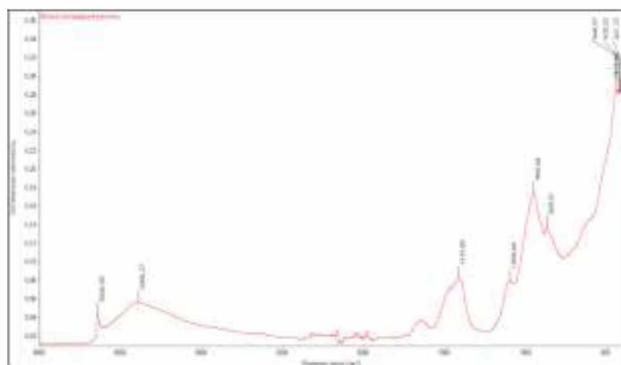


Данные рентгенофазового анализа цементного камня без добавки

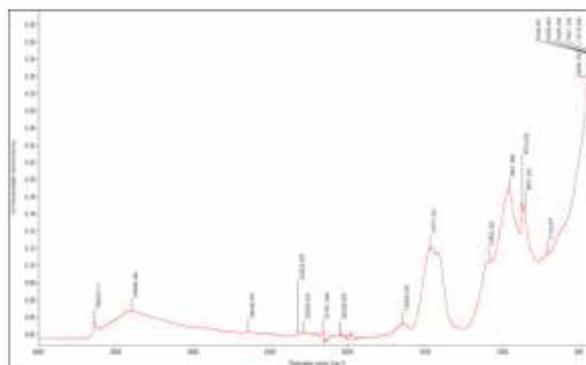


Данные рентгенофазового анализа цементного камня СП+МК+МГ

Рис.1. Рентгенофазовый анализ без добавочного и модифицированного цементного камня.



Данные ИК анализа цементного камня без добавки в возрасте 28 суток

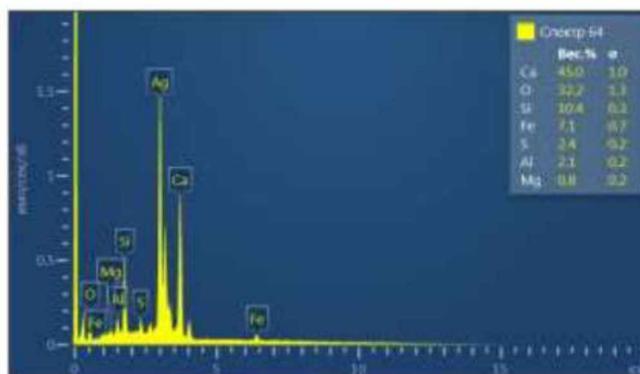
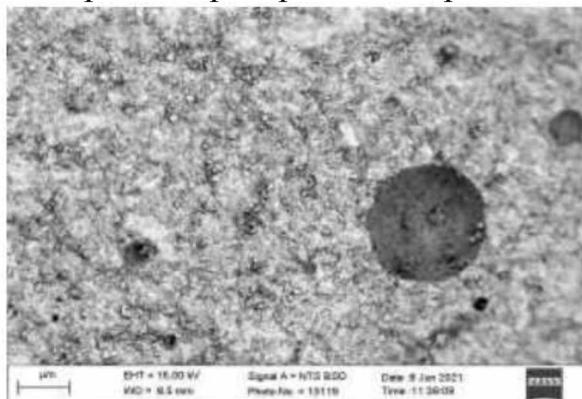


Данные ИК анализа цементного камня +СП+МК+МГ в возрасте 28 суток

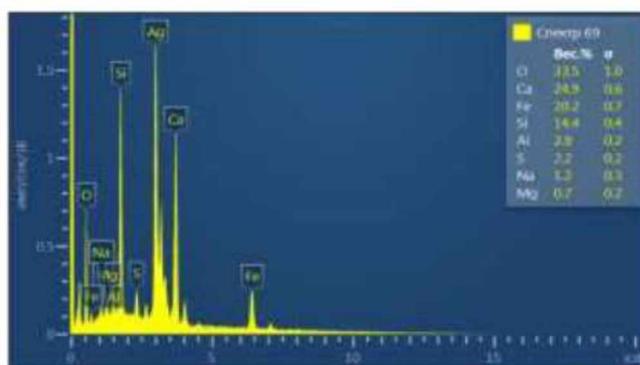
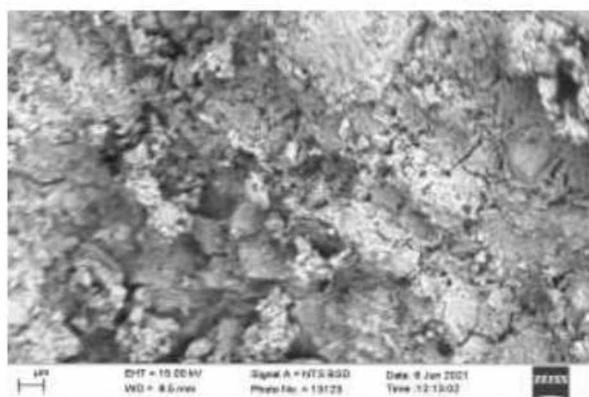
Рис. 2. ИК анализ без добавочного и модифицированного цементного камня.

Аналогичная последовательность наблюдалась и на цементе завода «Титан».

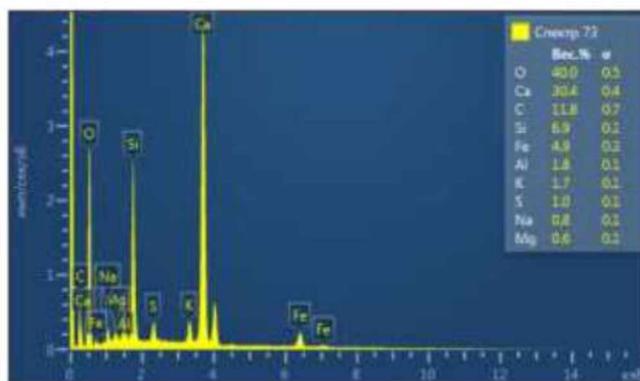
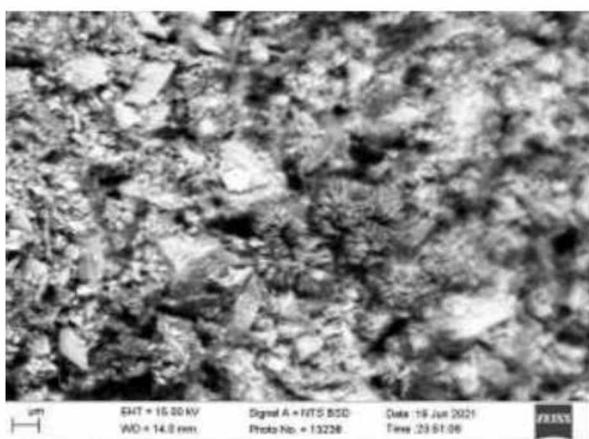
Исследование цементного камня без добавок с использованием электронной растровой микроскопии подтверждает данные ИК (рис. 3).



Микроструктура и состав цементного камня без добавок.



Микроструктура и состав цементного камня МК.



Микроструктура и состав цементного камня СП + МК + МГ.

Рис. 3. Данные исследования электронной растровой микроскопии.

Анализ поверхности скола цементного камня показал, что на поверхности скола видны сформировавшиеся кристаллы $\text{Ca}(\text{OH})_2$, слабозакристаллизованные массы из гидросиликатов кальция, типа С-S-H(II).

Цементный камень, модифицированный добавкой МК, отличается от бездобавочного плотной поверхностью с раковисто-заноцистым изломом и

фазовым составом, представленным низкоосновными гидросиликатами кальция – С–S–Н(I) фазой, с пониженным содержанием Ca(OH)₂.

Портландит распределяется в цементном камне в виде небольших участков, которые располагаются между гидросиликатными составляющими.

На поверхности скола цементного камня (рис. 3), модифицированного добавками, видны области слабозакристаллизованной С–S– Н(I) фазы.

Введение в цементный камень СП+МК+МГ способствует формированию структуры из слабозакристаллизованных гидратных фаз пластинчатой формы, типа С–S–Н(I), что приводит к повышению его плотности и прочности.

Из приведенных данных рентгенофазового анализа и электронной микроскопии следует, что при введении комплекса добавок в структуре цементного камня содержится значительно меньше свободного гидроксида кальция.

Оценку стойкости структуры цементного камня с различными добавками проводили по результатам циклических увлажнений и высушивания, а также замораживаний и оттаиваний.

Контрольные образцы не подвергались внешним воздействиям и испытывались одновременно с основными. Результаты исследований приведены в табл. 1. и рис. 4,5.

Таблица 1

Влияние модификаторов и циклических испытаний на прочность цементного камня

Модификатор	В/Ц	Контрольные значения		Циклическое замораживание		Циклическое увлажнение	
		МПа	%	МПа	%	МПа	%
0,8% СП (Титан)	0,230	42,5	100	38,5	77	35,5	56
0,8% СП (Каракалпак)	0,240	40,5		36,5	76	33,5	54
0,8% СП +8% МК +0,05% МГ (Титан)	0,230	50,5		48,5	92	45,5	86
0,8% СП+8%. МК+0,05% МГ (Каракалпак)	0,240	48,5		44,5	83	43,5	83

Установлено, что циклическое замораживание и оттаивание является менее агрессивным, чем циклическое увлажнение и высушивание.

При введении разработанного комплекса добавок в формируемой структуре цементного камня содержание гидроксида кальция и адсорбционно связанной воды практически не изменяется до и после циклических воздействий.

Таким образом, введение модифицирующих добавок СП, МК и МГ способствует повышению стойкости цементного камня к увлажнению и высушиванию, а также замораживанию и оттаиванию, что обеспечивается направленным формированием слабозакристаллизованной структуры с пониженным содержанием Ca(OH)₂.

В четвёртой главе «Исследование свойств комплексно модифицированного бетона» исследовали свойства бетонной смеси и тяжелых бетонов.

Состав бетона с модифицирующими добавками рассчитывали по стандартному методу абсолютных объёмов (табл. 2).

Таблица 2

Состав композиционного бетона на 1 м³

Модифицирующая добавка	Цемент	Микрокремнезем	Пластификатор	Вода	Песок	Щебень	В/Ц	Объёмная масса. Раствор. кг/м ³
Без добавок	645	–	–	200	672	925	0,31	2444
СП (Каракалпак)	456	–	4,55	130	790	1091		2479
СП (Титан)	435	–	4,31	135	810	1105		2486
СП+МК (Каракалпак)	472	37,7	4,72	143	773	1043		2470
СП+МК (Титан)	470	37,4	4,65	142	764	1052		2475
СП+МК+МГ (Каракалпак)	480	48	4,8	142	770	1030		2472
СП+МК+МГ (Титан)	470	48	4,8	141	765	1040		1479

В процессе приготовления бетонной смеси добавки дозировали и вводили отдельно – сухой микрокремнезем и модифицированный гидрофобизатор смешивали с цементом, а суперпластификатор – с водой затворения.

Результаты испытаний бетонной смеси приведены в табл. 3.

Таблица 3

Технологические и реологические характеристики бетонной смеси

Добавка	Плотн, кг/м ³	ОК, см	Коэф-т уплотн.	Расслаиваемость, %		Сохраняемость, мин.	Коэффициент вариации, C _v , %
				Водоотделение	Раствороотделение		
Без добавок	2402	4±1	0,985	0,3±0,1	2,5	30	5±2
СП (Каракалпак)	2431	3±1	0,982	0,3±0,05	0,5	60	4±1
СП (Титан)	2433	4±1	0,980	0,15±0,1	0,4		3±1
СП+МК (Каракалпак)	2432	2±1	0,984	0	0,2		3±2
СП+МК (Титан)	2434	3±1	0,983	0	0,3		2±1
СП+МК+МГ (Каракалпак)	2433	8±1	0,985	0	0,2		3±2
СП+МК+МГ (Титан)	2437	6±1	0,986	0	0,3		2±1

Влияние добавок модификаторов на прочностные свойства бетона в различные сроки нормального твердения представлены в табл. 4.

Таблица 4

Физико-механические и эксплуатационные показатели композиционного бетона

Модификатор	W, МПа	R _{ср} , МПа	S _n , МПа	V, %
28 суток				
Без добавок	3,15	28,5	2,71	4,42
СП (Каракалпак)	2,93	30,5	2,58	3,56
СП (Титан)	2,82	32,5	2,31	2,95
СП+МК (Каракалпак)	3,27	34,5	2,73	3,33
СП+МК (Титан)	3,44	36,5	3,015	3,31
СП+МК+МГ (Каракалпак)	3,30	38,5	2,37	4,80
СП+МК+МГ (Титан)	3,47	40,0	3,11	4,25

Из полученных данных следует отметить модифицирующую роль комплекса добавок, которые способствует формированию в бетоне слабозакристаллизованной структуры цементного камня и, соответственно, повышает его прочность, а образованный барьер из молекул МГ обеспечивает водоотталкивающее действие. Интенсификация процессов структурообразования бетона путем введения модифицирующих добавок СП и МК приводит к приросту прочности в суточном возрасте более чем в три раза, при введении МГ незначительно замедляет.

Результаты испытания водопоглощения по массе бетонов с различными добавками представлены на рис. 6.

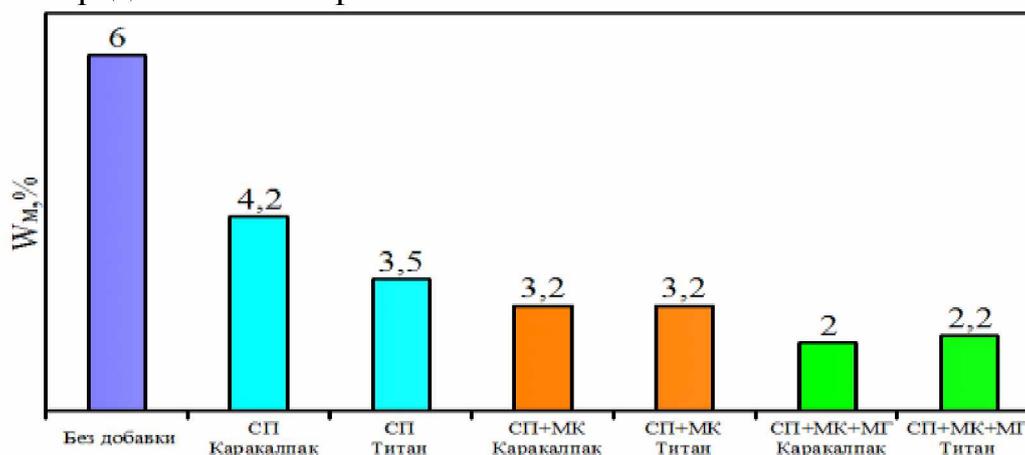


Рис. 5. Результаты испытания водопоглощения модифицированных бетонов в возрасте 28 суток.

Величина водопоглощения бетонов, модифицированных комплексом добавок, в возрасте 28 суток уменьшается с 6 % до 2,2 %.

Марку бетона по морозостойкости определяли по 3-ему ускоренному методу в соответствии с ГОСТ 25192-2012 табл. 5.

Таблица 5

Влияние модифицирующих добавок на морозостойкость

Вид добавки	R _{ср} МПа	F 100	F 200	F 300	F 400
Контрольных	28,00	-	+	-	-
Каракалпак+МК+МГ	38,50	-	-	-	+
Титан+МК+МГ	40,00	-	-	-	+

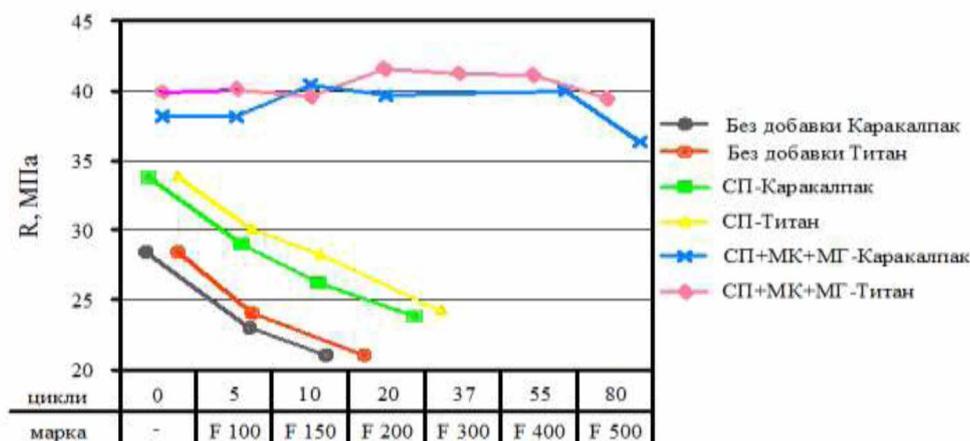


Рис. 6. Результаты испытания образцов модифицированных бетонов на морозостойкость

Таким образом, совместное применение добавок СП, МК, МГ – наиболее эффективный способ получения бетона высокой морозостойкости, вследствие комплексного воздействия: уменьшения содержания портландита в цементном камне и образования слабозакристаллизованных гидросиликатов, и создание молекулами модифицированного гидрофобизатора водонепроницаемого барьера, которые сохраняются на протяжении длительных низкотемпературных испытаний морозостойкости.

В пятой главе «Внедрение результатов исследований и технико-экономическое обоснование эффективности разработки» предложена технологическая схема изготовления бетонных конструкций, а также рассчитан экономический эффект изготовления и применения разработанного бетона.

Проведенные научные исследования по разработке составов многокомпонентных бетонов были реализованы на двух заводах по производству железобетонных изделий ООО ЖБИ «Евро бетон» и ООО «Тахиаташ темир бетон».

Согласно разработанной технологической схеме рис. 7. введение активной минеральной добавки и модифицированного гидрофобизатора осуществляется в полусухую бетонную смесь, затем с остальной частью воды вводится жидкий СП.

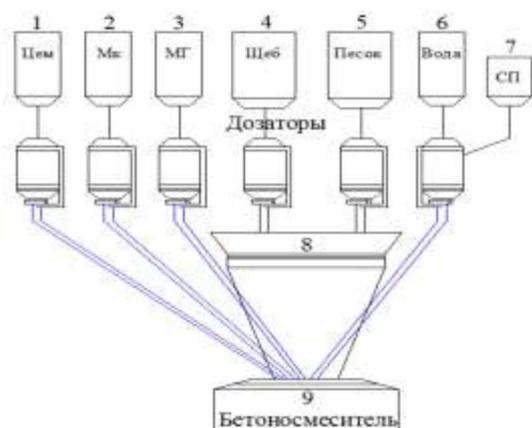


Рис. 7. Технологическая схема получения бетона с комплексом модифицирующих добавок 1-7 - бункер составляющих композиционную бетонную смесь; 8 - распределитель песка и щебня; 9 - бетоносмеситель.

Результаты экспериментальных исследований, выполненных в строительных лабораториях завода представлены в табл. 6-7.

Таблица 6

Норма расхода материалов для приготовления бетонных смесей
ООО «Евро бетон»

Класс бетона	Наименование изделия	Расход материалов на 1м ³ бетонной смеси (номинальный состав)				
		Цемент кг	Барх. песок кг	Щебень кг	Вода л	Объемная масса. Раствор. кг/м ³
B7,5 П2 F200 W2 (100)	(1-4) ФБС 240406	260	480	1400	185	2325

Таблица 7

Норма расхода материалов для приготовления товарного бетона
ООО «Евро бетон»

Марка бетона	Расход материалов на 1м ³ бетонной смеси (номинальный состав)				
	Цемент кг	Барх. песок кг	Щебень кг	Вода л	Объемная масса. Растворной смеси кг/м ³
M 200	420	380	1385	230	2405

Оптимизированные составы приведены в табл. 8-9.

Таблица 8

Оптимизированный состав комплексно модифицированной бетонной смеси
ООО «Евро бетон»

Класс бетон	Наименование изделия	Расход материалов на 1м ³ бетонной смеси (номинальный состав)							
		Цем. кг	Барх. пес. кг	Щеб. кг	Вода л	СП. кг	МК. кг	МГ. кг	Объем. масса. Раств. кг/м ³
B7,5 П2 F200 W6 (300)	(1-4) ФБС 240406	221	450	1420	178	2,4	39	0,13	2375

Таблица 9

Оптимизированный состав комплексно модифицированной бетонной смеси для товарного бетона ООО «Евро бетон»

Марка бетон	Расход материалов на 1м ³ бетонной смеси (номинальный состав)							
	Цем. кг	Барх. Пес. кг	Щеб. кг	Вода л	СП кг	МК кг	МГ кг	Объем. масса. Раств. смеси кг/м ³
M 200	357	385	1400	215	4,2	63	0,21	2435

Для приготовления бетонных смесей заводом ООО «Евро бетон» был использован цемент М 400 –Титан.

Таблица 10

Норма расхода материалов для приготовления бетонных смесей
ООО «Тахиаташ темир бетон»

Наименование изделия	Расход материалов на 1м ³ бетонной смеси (номинальный состав)			
	Цем. тн	Барх. песок м ³	Щеб. м ³	Вода м ³
ФБС 240406	0,162	0,25	0,51	0,104

Оптимизированные составы приведены в табл. 11

Таблица 11

Оптимизированный состав комплексно модифицированной бетонной смеси
ООО «Тахиаташ темир бетон»

Наименование изделия	Расход материалов на 1м ³ бетонной смеси (номинальный состав)						
	Цем. тн	Барх. песок м ³	Щеб. м ³	Вода м ³	СП кг	МК кг	МГ кг
ФБС 240406	0,138	0,253	0,52	0,103	1,6	24	0,08

После завершения процесса тепло влажностная обработка образцы-кубы испытывались на прочность при сжатии, водонепроницаемость и морозостойкость согласно действующих ГОСТ. Результаты испытаний приведены в табл. 12-13.

Таблица 12

Результаты испытаний образцов бетона на прочность ($R_{тво}$, МПа), водонепроницаемость (W) и морозостойкость (F) завода ООО «ЕВРО БЕТОН»

Наименование изделия	Состав бетона	Класс бетона	ОК, см	Показатели свойств бетона		
				$R_{тво}$, МПа	W, марка	F, марка
ФБС 240406	Производственный	B7,5	1-4	8,2	W2	F200
	Оптимизированный	B7,5	5	8,7	W6	F400
Товарный бетон	Производственный	B15	5	19,6	W2	F200
	Оптимизированный	B15	8	20,2	W4	F300

Таблица 13

Результаты испытаний образцов бетона на прочность ($R_{тво}$, МПа), водонепроницаемость (W) и морозостойкость (F) завода ООО «Тахиаташ темир бетон»

Наименование изделия	Состав бетона	Класс бетона	ОК, см	Показатели свойств бетона		
				$R_{тво}$, МПа	W, марка	F, марка
ФБС 240406	Производственный	B7,5	1-4	8,0	W2	F200
	Оптимизированный	B7,5	5	8,5	W6	F400

В результате было выпущено:

- на заводе ООО «Евро бетон» ФБС 240406 -50 шт. и 30 м³ товарного бетона ;
- на заводе ООО «Тахиаташ темир бетон» ФБС 240406 -40 шт.

По результатам внедрения на ЖБИ заводах были получены соответствующие акты. Рассмотрев полученные результаты на основании выданных актов была получена справка от Министерства строительства Республики Каракалпакстан. (справка № 01-07/01-1995 от 05 сентября 2021 г).

Экономический эффект от внедрения разработанного оптимального состава и технологии бетона с комплексной добавкой в производство сборного бетона и железобетона на заводе ООО «ЕВРО БЕТОН» составит 420,5 млн. сўм., а на заводе ООО «Тахиаташ темир бетон». -265,8 млн. сўм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов проведенных экспериментально-теоретических исследований по докторской (PhD) диссертации «Комплексно модифицированный бетон с улучшенными эксплуатационными свойствами» были сформулированы следующие выводы:

1. Анализ литературных источников показал, что долговечность бетона зависит от воздействия на него ряда негативно сказывающихся атмосферных факторов. Регулируя состав бетонной смеси минеральными и химическими модификаторами можно обеспечить высокую плотность и водонепроницаемость и как следствие долговечность бетонных изделий.

2. Исследование микроструктуры цементного камня в бетоне при комплексном использовании поликарбоксилатного суперпластификатора и минерального наполнителя с модифицированным гидрофобизатором на цементах производимых в Республике Каракалпакстан было установлено, что введение поликарбоксилатного СП в оптимальном количестве равным 0,8% дает максимальную прочность к 28 суткам твердения 52 МПа, при этом снижая $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с 9,3 % до 7,4 %, структура формируется в основном из слабозакристаллизованной C–S–H(II) фазы, с включениями тоберморита и C–S–H(I) фазы, а введение микрокремнезема в цементный камень снижает содержание портландита до 4,8 %, а гидросиликатные новообразования формируются из низкоосновных слабозакристаллизованных гидросиликатов кальция пластинчатого строения, типа C–S–H(I) и тоберморита.

3. Введение активной минеральной добавки в цементный камень, совместно с СП и модифицированным метилсиликонатом, повышает стойкость и неизменность формируемых гидратных фаз как после циклического высушивания, так и после замораживания, тогда как введение только пластифицирующих добавок не обеспечивает стойкость к циклическим воздействиям.

4. Связывание портландита способствует преимущественному образованию низкоосновных слабозакристаллизованных гидросиликатов кальция пластинчатого строения, которые в свою очередь понижают пористость, что обеспечивает цементному камню повышенную стойкость к температурно-влажностным воздействиям. Таким образом, для получения необходимого композиционного цементного вяжущего обеспечивающего как прочностные, так и эксплуатационные показатели необходимо вводить в состав СП=0,8÷1%, МК=8-10%, МГ=0,05%.

5. Установлено, что наибольшее повышение прочности бетона на 30–35 %, по сравнению с бездобавочным составом, в возрасте 28 суток нормального твердения при постоянном В/Ц=0,31 достигается при направленном формировании слабозакристаллизованной структуры гидратных фаз за счет введения поликарбоксилатного суперпластификатора, микрокремнезема и модифицированного гидрофобизатора.

6. Добавки СП и МК ускоряют набор прочности бетона в нормальных

условиях – так суточная прочность на сжатие составляет 15 МПа, что превышает этот показатель для СП, МК и МГ на 36 %, а для бездобавочных образцов – на 68 %.

7. Основной причиной повышения морозостойкости тяжелого бетона, при постоянной величине В/Ц, является одновременная пуццоланизация и аморфизация структуры цементного камня, что подтверждается увеличением марки по морозостойкости с F 100 до F 300 с добавками СП, МК и до F 500 с добавкой МГ по сравнению с морозостойкостью образцов бетона без добавок.

8. Результаты опытно-производственного внедрения оптимальных составов и технологии бетона с комплексными добавками, показали высокую эффективность предложенных разработок в производственных условиях. Внедрение составов позволило достичь экономию цемента в размере 20% с одновременным сохранением и улучшением всех основных показателей физико-механических и эксплуатационных свойств бетона.

9. Подсчитана экономическая эффективность от внедрения разработанных оптимальных составов и технологии бетона с комплексной добавкой в производство сборного бетона и железобетона. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения оптимальных составов и технологии бетона с комплексной добавкой в производство сборного бетона и железобетона на заводе ООО «Евро бетон» составит 420,5 млн. сўм., ООО «Тахиаташ темир бетон». -265,8 млн. сўм.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.26/30.12.2019.T.11.01 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREE AT TASHKENT ARCHITECTURAL
CONSTRUCTION INSTITUTE**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

TURGAYEV JAMBUL ADILBAEVICH

**COMPLEX MODIFIED CONCRETE WITH IMPROVED
PERFORMANCE PROPERTIES**

05.09.05 - Building materials and products

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY
(PhD) ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent-2021

The dissertation subject of Philosophy (PhD) is registered at Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2021.4.PhD/T2010

The dissertation has been prepared at the Tashkent state transport university.

The dissertation abstract of three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is available on the web page of the Scientific Council (www.taqi.uz) and on the website of «ZiyoNet» Information and educational portal (www.ziyounet.uz).

Scientific supervisor:

Tsoy Vladimir Mixaylovich
doctor of technical sciences, docent

Official opponents:

Bahodirov Azizbek Abdulazizovich
doctor of technical sciences, professor

Turapov Maxmud Turapovich
candidate of technical science, docent

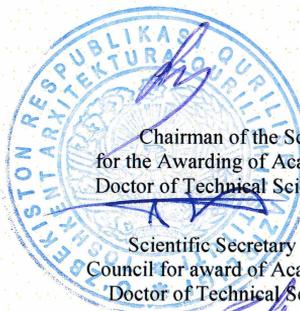
Leading organization:

Jizzakh Polytechnic Institute

The defense of the dissertation will take place on «28» dekember 2021 at 12³⁰ at the Scientific Council numbered DSc.26/30.12.2019.T.11.01 meeting at Tashkent Architecture and Construction Institute as the following address: 100011, Tashkent, Abdulla Qodiriy Street, 7v. Phone: (+998 71) 241-10-84, fax: (99871) 241-80-00, e-mail: devon@taqi.uz, taqi_atm@edu.uz.

The dissertation is registreted in Information-Resurce Center at Tashkent Architecture and Construction Institute (registration number № 66). The text of the dissertation is available at the Information Research Centet at the following address: 100011, Tashkent, Abdulla Qodiriy Street, 7v. Phone: (+99871) 232-43-30; Fax: (99871) 234-15-11, e-mail: taqi_atm@edu.uz. fax: (99871) 241-80-00; e-mail taqi_atm@edu.uz.

The abstract of the dissertation was circulated on « 13 » Dec. 2021 year.
(mailing report № 6 on « 17 » Nov 2021 year).



X.A. Akramov
Chairman of the Scientific Council
for the Awarding of Academic Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

A.T. Xotamov
Scientific Secretary of the Scientific
Council for award of Academic Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Dotsent

B.A. Askarov
Chairman of this Scientific Seminar at the
Scientific Council for the Awarding of
Academic Degrees, Doctor of Technical
Sciences, Professor

INRODUCTION (abstract of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD))

The aim of the research is a preparation with improved performance properties based on Portland cement M400 of the Republic of Karakalpakstan through the complex application of silica, superplasticizer and modified hydrophobizer.

The object of research on the basis of ordinary Portland cement M400 of the Republic of Karakalpakstan was obtained complex-modified concretes with the use of mineral-organic additives.

The subject of research is the physical and mechanical, physicochemical and technical and economic indicators of concrete made with the use of complex modifying additives.

The scientific novelty of the dissertation research is as follows:

taking into account the mechanism of action, the use of a complex of mineral and organic additives in multicomponent concretes is justified;

in the hardening cement stone due to the action of a complex of organic and mineral additives, high density and low capillary porosity are established;

it was found that the physical, mechanical and operational properties of cement stone depend on the amount of a complex of organic and mineral additives;

a mathematical model has been developed that expresses the dependence of the strength of multicomponent concrete with a complex of mineral and organic additives on the amount of additives used (superplasticizer, microcrystalline, modified water repellent).

Implementation of research results.

Based on the results obtained for the development of multicomponent concrete with a complex of modifying additives:

optimal concrete compositions with the use of superplasticizer, microsilicon and modified hydrophobizer in the production of reinforced concrete products at the company LLC «Takhiatash reinforced concrete» and LLC ZHBI «Euro concrete» (reference “Ministry of Construction of the Republic of Karakalpakstan” No. 01-07/01-1995 dated September 05, 2021). The introduction of the research results into production allowed to increase the concrete strength by 10-15%, frost resistance and water resistance by two times;

as a result of the introduction of optimal compositions and technologies for the production of multicomponent concrete with a complex additive in the production of precast concrete and reinforced concrete. The expected annual economic effect of the implementation is LLC «Euro concrete» 420.5 million sum., LLC «Takhiatash reinforced concrete». -265.8 million sum.

The structure and scope of the thesis.

The thesis consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and appendices, the volume of the thesis is 105 pages.

Based on the results of experimental and theoretical research on the doctoral (PhD) dissertation "Complex modified concrete with improved operational properties", the following conclusions were formulated:

1. Analysis of literary sources showed that the durability of concrete depends on the impact on it of a number of negatively affecting atmospheric factors. By adjusting the composition of the concrete mixture with mineral and chemical modifiers, it is possible to ensure high density and water resistance and, as a result, the durability of concrete products.

2. The study of the microstructure of cement stone in concrete with the complex use of polycarboxylate superplasticizer and mineral filler with modified hydrophobizer on cements produced in the Republic of Karakalpakstan found that the introduction of polycarboxylate SP in an optimal amount equal to 0.8% gives maximum strength to 28 days of hardening 52 MPa, while reducing $\text{Ca}(\text{OH})_2$ from 9.3% to 7.4%, the structure is formed mainly from weakly crystallized C-S-H(II) phases, with inclusions of tobermorite and C-S- H(I) phases, and the introduction of microsilicon into cement stone reduces the content of portlandite to 4.8%, and hydrosilicate neoplasms are formed from low-base weakly crystallized calcium hydrosilicates of lamellar structure, type C-S-H(I) and tobermorite.

3. The introduction of an active mineral additive into a cement stone, together with SP and modified methylsiliconate, increases the stability and invariability of the formed hydrate phases both after cyclic drying and after freezing, while the introduction of only plasticizing additives does not provide resistance to cyclic influences.

4. Binding of portlandite contributes to the predominant formation of low-basic, weakly crystallized calcium hydrosilicates of plate structure, which in turn reduce porosity, which provides cement stone with increased resistance to temperature and humidity. With such a sample, to obtain the required composite cement binder that provides both strength and performance indicators, it is necessary to enter into the composition $\text{SP} = 0.8 - 1\%$, $\text{MC} = 8-10\%$, $\text{MG} = 0.05\%$.

5. It was found that the greatest increase in the strength of concrete by 30–35%, in comparison with the non-additive composition, at the age of 28 days of normal hardening at a constant $\text{W/C} = 0.31$ is achieved with the directional formation of a weakly crystallized structure of hydrate phases due to the introduction of a polycarboxylate superplasticizer, microsilica and modified water repellent.

6. Additives SP and MK accelerate the strength of concrete under normal conditions - so the daily compressive strength is 15 MPa, which exceeds this figure for SP, MK and MG by 36%, and for non-additive samples - by 68%.

7. The main reason for the increase in frost resistance of heavy concrete, at a constant W/C value, is the simultaneous pozzolanization and amorphization of the structure of the cement stone, which is confirmed by an increase in the frost resistance grade from F 100 to F 300 with additives of SP, MK and up to F 500 with the addition of MG according to compared with the frost resistance of concrete samples without additives.

8. The results of the pilot production implementation of the optimal compositions and technology of concrete with complex additives have shown the high efficiency of the proposed developments in production conditions. The introduction of the compositions made it possible to achieve a cement saving of 20%

with the simultaneous preservation and improvement of all the main indicators of the physical, mechanical and operational properties of concrete.

9. The economic efficiency from the introduction of the developed optimal compositions and technology of concrete with a complex additive in the production of precast concrete and reinforced concrete has been calculated. The expected annual economic effect from the introduction of optimal compositions and technology of concrete with a complex addition to the production of precast concrete and reinforced concrete at the plant «Evrobeton» LLC will amount to 420.5 million sum., «Takhiatash reinforced beton» LLC. -265.8 million sum.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Тургаев Ж.А. Высокопрочные бетоны с модифицированным зольным наполнителем Архитектура. Қурилиш. Дизайн. Илмий амалий журнали №2 Тошкент-2019 ТАҚИ, 149-152б. (05.00.00; №4)

2. Tsoy V.M., Makhmataliyev I.M., Turgayev J.A. On electronic-microscopic research of a cement stone filled with fly ash. Science and Education in Karakalpakstan 2020 №2 ISSN 2181-9203 100-103p. (05.00.00; №27)

3. Махаматалиев И.М., Тургаев Ж.А. Иссиқлик электр станциялари чиқиндиларини утилизация қилишининг экологик муаммосини ечишда учирма кулни бетон блокларини ишлаб чиқиш учун хомашё сифатида ишлатиш. Архитектура. Қурилиш. Дизайн. Илмий амалий журнали №1 Тошкент-2021 ТАҚИ, 129-134б. (05.00.00; №4)

4. Цой.В.М., Тургаев Ж.А. Использование промышленных отходов в производстве монолитного бетона. Архитектура. Қурилиш. Дизайн. Илмий амалий журнали №2 Тошкент-2021 ТАҚИ, 124-127б. (05.00.00; №4)

5. Tsoy V.M., Turgayev J.A., Abdullaeva D.F. Multi-component concrete with micro-silica and modified hydrophobizer. Science and Education in Karakalpakstan 2021 №3 ISSN 2181-9203. 81-87p. (05.00.00; №27)

6. Turgayev J.A., Abdullaeva D.F. On regulation of the structure formation of cement stone with micro-silica and a modified hydrophobizer. Science and Education in Karakalpakstan 2021 №3 ISSN 2181-9203. 59-62p. (05.00.00; №27)

7. A.I. Adilkhodjaev, I.M. Makhmataliyev, V.M. Tsoy, F.Sh. Ruzmetov, J.A. Turgayev Assessment of Reinforcement Corrosion in High-Filled Ash-Containing Concrete. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering ISSN: 2278-3075 (IJITEE) Volume-8 Issue-12, October 2019, ((6) 2019 Scopus SJR: 0.102)

II бўлим (II часть; part II)

8. A.I. Adilkhodjaev, I.M. Makhmataliyev, V.M. Tsoy, J.A. Turgayev. Theoretical bases of optimization of concrete microstructure with application of the improved method of mathematical planning of experiments. "International Journal of Advanced Science and Technology" 10th June 2020, ISSN: 2207-6360 ((8) 2020 Scopus SJR:0.036)

9. В.М.Цой, Ж.А.Тургаев. Исследование поверхностно-активных свойств местных минеральных наполнителей природного и техногенного происхождения. «Орол буйи минтақасида меъморчилик ва шаҳар қурилиши барқарор ривожланиши масалалари» мавзусида халқаро илмий ва илмий-техник анжуман материаллари тўплами. Нукус, 20-21 июнь 2019 йил С 134-137 б.

10. Тургаев Ж.А., Адилбаев И.Б. Учирма кулни бетон блокларини ишлаб чиқиш учун хом ашё сифатида ишлатиш. «Орол буйи минтақасида меъморчилик ва шаҳар қурилиши барқарор ривожланиши масалалари» мавзусида халқаро илмий ва илмий-техник анжуман материаллари тўплами. Нукус, 22-22 апрель 2021 йил С 353-355 б.

11. Тургаев Ж.А. Применение промышленного вторсырья в процессе изготовления бетона. «Орол буйи минтақасида меъморчилик ва шаҳар қурилиши барқарор ривожланиши масалалари» мавзусида халқаро илмий ва илмий-техник анжуман материаллари тўплами. Нукус, 22-22 апрель 2021 йил С 411-413 б.

12. Махаматалиев И.М., Тургаев Ж.А., Сайдахметова З.Р. Каркасли структурали бетонларни олишнинг алохидаланган технологиялари ва уларнинг самарадорлиги. «Қурилишда долзарб экологик муаммолар ва уларнинг ечимлари» Республика илмий-амалий online конференция материаллари тўплами – Нукус, ҚҚДУ, 2020 – 272 б.

13. В.М.Цой, Ж.А.Тургаев Влияние золы-уноса новоангреновского ТЭС на структуруообразование цементного камня. ТашИИТ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ Материалы республиканской научно-практической конференции с участием зарубежных ученых Т-2020. 234-237 с.

14. В.М.Цой, Ж.А.Тургаев. Об опыте применения техногенных отходов. “Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте” республиканской научно-практической конференции с участием зарубежных ученых. Выпуск № 14. Тошкент-2019г С 48-50 с.

Автореферат “ТДТрУ ахборотномаси” илмий-амалий журнал таҳририятида
таҳрирдан ўтказилди ва матнларнинг мослиги текширилди
(09.12.2021 йил).

Қоғоз бичими 60x80^{1/16}. Ризограф босма усули Times гарнитураси
Шартли босма табоги: 2,6 б.т. Адади 70 нусха. Буюртма № 43-16/2021
Нашрга рухсат этилди: 11.12.2021й.

Тошкент давлат транспорт университети босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100167, Тошкент ш., Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй.

