

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

---

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**МАМАТОВ ХАМИДУЛЛА АБДУЛЛАЕВИЧ**

**ЯНГИ АВЛОД КОМПЛЕКС ҚЎШИМЧАЛИ КЎПИКБЕТОН  
СТРУКТУРАСИ ВА ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**05.09.05–Қурилиш материаллари ва буюмлари**

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

**АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент–2022 йил**

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

**Маматов Хамидулла Абдуллаевич**

Янги авлод комплекс қўшимчали кўпикбетон структураси ва технологияси .5

**Маматов Хамидулла Абдуллаевич**

Структури и технология пенобетоны с комплексными добавками нового поколения.....24

**Mamatov Khamidulla Abdullaevich**

Structures and technology of new generation foam concrete with complex additives.....46

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works.....52

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

---

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**МАМАТОВ ХАМИДУЛЛА АБДУЛЛАЕВИЧ**

**ЯНГИ АВЛОД КОМПЛЕКС ҚЎШИМЧАЛИ КЎПИКБЕТОН  
СТРУКТУРАСИ ВА ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**05.09.05–Қурилиш материаллари ва буюмлари**

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

**АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент–2022 йил**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.3.PhD/T1366 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент архитектура-қурилиш институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:	Самигов Нигматжан Абдурахимович техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Ходжаев Саидагло Аглоевич техника фанлари доктори, профессор Сатторов Зафар Муродович техника фанлари номзоди, профессор
Етакчи ташкилот:	Наманган муҳандислик-қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Тошкент архитектура-қурилиш институти ҳузуридаги DSc.26/30.12.2019.T.11.1 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил 15 март соат 10<sup>00</sup> да Архитектура факультетининг мажлислар залида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент ш., Абдулла Қодирий кўчаси, 7В-уй. Тел.: (99871) 241-10-84; факс: (99871) 241-80-00, e-mail: [devon@taqi.uz](mailto:devon@taqi.uz), [taqi.atm@edu.uz](mailto:taqi.atm@edu.uz)).

Диссертация билан Тошкент архитектура-қурилиш институти Ахборот-ресурс марказида таниши мумкин (№ 74-рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100084, Тошкент ш., Кичик Халқа йўли кўчаси, 7-уй. Тел.: (+99871)235-43-30; факс: (+99871)234-15-11, e-mail: [taqi.atm@edu.uz](mailto:taqi.atm@edu.uz)).

Диссертация автореферати 2022 йил 28 февраль куни тарқатилди.  
(2021 йил "28" декабр-11-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 илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

## КИРИШ (докторлик диссертациясининг аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда энергия ресурсларининг камайиб бориши бинолар қурилишида энергия самарадорликни кескин оширишни тақозо этади. XX–асрда кечган энергия кризиси қурилиш саноатида ёқилғи нархларнинг кўтарилишини, қурилиш материаллари ва буюмларини ишлаб чиқаришда ресурс ва энергия тежамкор технологияларни яратиш ва амалга ошириш зарурлигини кўрсатди. Бу борада, қурилиш материаллари соҳасида, энергия тежамкор технологияларни самарали қўллаш, янги қурилиш материаллари ва уларнинг мавжуд технологиясини такомиллаштириш ҳамда кўпикбетонларнинг қурилиш-техник ва эксплуатацион хоссаларини яхшилаш мақсадида кимёвий ва минерал қўшимчалардан фойдаланиш, цемент гидратациясини интенсивлаш ва бетоннинг дастлабки мустаҳкамлигини тезлаштириш ҳамда юқори мустаҳкамликка эришишини таъминлаш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Жаҳонда охириги йилларда ашёшунос олимлар ва қурувчиларнинг серғовак бетон технологиясига асосланган кўпикбетонларга бўлган қизиқишлари ортиб бормоқда. Кўпикбетонларни хоссаларини яхшилашга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари ўтказилмоқда. Жумладан, юқори сифатли кўпикбетонларни ишлаб чиқариш учун тўлдиргичларни танлаш, кимёвий ва минерал қўшимчалардан фойдаланиб қотаётган цемент тошида структура ҳосил бўлишини бошқариш, кўпикбетонларнинг таркибини оптималлаштириш ҳамда мустаҳкам структурасини шакллантиришга йўналтирилган кўплаб илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бинобарин, кўпикбетонларнинг физик-техник хоссаларини тадқиқ этиш, уларни ишлаб чиқаришда маҳаллий хом-ашё ва иккиламчи ресурслардан фойдаланиб минерал боғловчи сарфини камайтириш, энергия тежаш имконини берувчи технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Республикамызда қурилиш индустриясини ривожлантириш, қурилиш материаллари ишлаб чиқаришни модернизациялаш, маҳаллий ва иккиламчи хом-ашёлардан қурилиш материаллари ишлаб чиқаришда самарали фойдаланиш ва шу билан бирга ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш каби бир қанча ишлар амалга оширилиб, муайян ютуқларга эришилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, “...миллий иқтисодиётни рақобатбардошлигини ошириш, иқтисодиётда энергия ва материал сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежамкор технологияларни кенг тадбиқ қилиш”<sup>1</sup> вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда маҳаллий хом-ашёлар асосидаги полимер-минераллардан ишлаб чиқилган комплекс кимёвий қўшимчалардан фойдаланган ҳолда сифатли кўпикбетон конструкция ва буюмларни ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2016 йил 28 сентябрдаги ПҚ-2615-сонли “2016-2020 йилларда қурилиш индустриясини янада ривожлантириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида”ги, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 20 февралдаги ПҚ-4198-сонли “Қурилиш материаллари саноатини тубдан такомиллаштириш ва комплекс ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 22 майдаги ПФ-5445-сонли “Капитал қурилишда лойиҳа ва қурилиш ишларини амалга ошириш тартибини оптималлаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги фармони, 2019 йил 23 майдаги ПП-4335-сонли “Қурилиш материаллари саноатини жадал ривожлантиришга оид қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. “Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Жаҳон амалиётида кўпикбетонларини модификациялаш учун кимёвий қўшимчалардан фойдаланишнинг илмий асослари кўплаб чет эл давлатлари олимлари - Ю.А. Саввина, В.Ф. Черных, В.И. Ницун, А.П. Морозов, Л.Д. Шахова, И.М. Баранов, Е.Г. Величко, А.И. Кудяков, Э.А. Половова, В.В. Балясников, В.Н. Моргун, П.А. Ребиндер, В.И. Федоров, Э.Ш. Хакимова, С.А. Гусенков, О.Ф. Суворов, А.С. Коломацкий, Ю.М.Баженов, И.Б. Удачкин, Я.М. Паплавская, Л.Н. Попов, В.Н. Тарасенко, Д.В. Твердохлебов ва бошқаларнинг илмий асарларида шуғуланиб, ушбу масалаларни ҳал қилишга катта ҳисса қўшганлар.

Республикада қурилиш материаллари соҳасидаги етакчи олимлари - А.Т. Джалилов, А.Б. Ашрабов, Э.У. Қосимов, Н.А. Самигов, А.А. Тўлаганов, А.И. Адилхўжаев, Б.А. Асқаров, Х.А. Акрамов, А.А. Тохиров, С.А. Ходжаев, Н. Аббасхонов, Х.Х. Комилов, М.У. Каримов, З.М. Сатторов ва бошқалар узок йиллар давомида кимёвий қўшимчалардан фойдаланиб, бетонларнинг структураси ва хоссаларини яхшилаш масалаларини ўрганишда салмоқли ҳисса қўшдилар ва маълум ютуқлар ҳамда муҳим илмий натижаларга эришдилар.

Улар томонидан ўтказилган тадқиқотлар таҳлили маҳаллий хом-ашёлар асосидаги комплекс кимёвий қўшимчалардан фойдаланиш орқали кўпик бетон хоссаларини оптималлаштириш, кўпикбетондан тайёрланган блоklarга кетадиган сарф-харажатларни камайтиришга қаратилган масалалар етарли даражада ўрганилмаганлигини ва янада кенгроқ тадқиқ қилишни талаб этаётганлигини кўрсатди.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.**

Диссертация тадқиқоти Тошкент архитектура-қурилиш институтининг ОТ-Атех-2018-63 “Маҳаллий хом-ашёлар асосида импорт ўрнини босувчи янги авлод полимер-минерал комплекс қўшимчали энергия ва ресурс тежамкор иссиқлик изоляцияси материаллари енгил ва ячейкали бетонлар технологиясини яратиш ва тадқиқ этиш” (2018-2020 й.й.) мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** маҳаллий хом-ашёлар асосидаги комплекс полимер-минерал қўшимчалар билан модификацияланган кўпикбетоннинг хоссаларини ўрганиш ва энергия тежамкор технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

кимёвий қўшимчалар қўшилган кўпикбетон таркибини оптималлаштириш;

комплекс кимёвий қўшимчалари билан модификацияланган кўпикбетон таркибини физик-кимёвий таҳлил қилиш;

комплекс кимёвий қўшимчалар билан модификацияланган кўпикбетоннинг физик-механик ва иссиқлик ўтказувчанлик хусусиятларини ўрганиш;

комплекс кимёвий қўшимчалар билан модификацияланган кўпикбетон технологиясини ишлаб чиқаришга жорий қилиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида маҳаллий хом-ашёлар асосидаги комплекс полимер-минерал қўшимчалардан фойдаланиб тайёрланган кўпикбетонлар олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** сифатида маҳаллий хом-ашёлар асосидаги янги авлод комплекс полимер-минерал қўшимчалардан фойдаланиб тайёрланган кўпикбетоннинг физик-механик, физик-кимёвий ва техник-иктисодий параметрлари ташкил қилади.

**Тадқиқотнинг усуллари** тадқиқотларда кўпикбетонларнинг хоссалари ва сифат кўрсаткичларини ўрганишнинг стандартлаштирилган усуллари билан бир қаторда физик-кимёвий таҳлилниң замонавий усуллари инфрақизил-спектроскопик, электрон микроскопик ва дифференциал-термик таҳлиллари, тажриба натижаларини таҳлил қилишнинг статистик математик моделлаштириш усуллари қўлланилган.

**Тадқиқотининг илмий янгилиги:**

-кўпик ҳосил қилувчи ва КДж-ЗЦМБ комплекс кимёвий қўшимчасининг таъсирини ҳисобга олган ҳолда модификацияланган кўпикбетонда структура ҳосил бўлиш механизми асосланган;

-комплекс қўшимча ва алюмосиликат микросфера миқдорига нисбатан модификацияланган кўпикбетоннинг хоссаларига таъсир этиш механизми аниқланган;

-модификацияланган кўпикбетон таркибидаги минерал боғловчи, майда тўлдиргич ва кўпик ҳосил қилувчи миқдорини ўзгариши орқали қотган бетоннинг ўртача зичлиги ва мустаҳкамлиги бошқариш мумкинлигини ифодаловчи математик регрессия тенгламалари ишлаб чиқилган;

-фойдаланиладиган комплекс қўшимча, фаол минерал қўшимча ва минерал тўлдиргичдан фойдаланиш ҳисобига модификацияланган

кўпикбетон ишлаб чиқаришнинг энергия тежамкор технологияси такомиллаштирилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари:**

комплекс кимёвий кўшимчалари кўшилган кўпикбетонларнинг энергия ва ресурс тежамкор самарали таркиблари ишлаб чиқилган;

комплекс кимёвий кўшимчалар кўшилган кўпикбетонларнинг янги технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг натижаларининг ишончлилиги.** Олинган натижаларнинг ишончлилиги тадқиқотларни замонавий асбоблар ва стандарт усулларни қўлланилган ҳолда комплекс ўрганилиши, тажрибаларни қурилиш меъёрлари ва қоидалари бўйича ўтказилиши, ўтказилган назарий ва экспериментал тадқиқот натижаларини юқори аниқликда мос келиши ҳамда уларни амалиётга жорий қилинганлиги билан таъминланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти КДж-3ЦМБ комплекс кўшимчалар асосидаги кўпикбетон бўйича илмий назариялар, уларнинг таркиби, физик-механик ва физик-кимёвий хусусиятларини таҳлил қилишдан иборатдир.

Ишнинг амалий аҳамияти тадқиқот натижалари асосида КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий кўшимчалар билан модификацияланган кўпикбетоннинг энергия ва ресурс тежамкор самарали таркиблари ва технологияси ишлаб чиқилган ва ишлаб чиқаришга жорий қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Янги авлод комплекс кўшимчалар кўшилган кўпикбетоннинг таркибларини лойиҳалаш ва хоссаларини оптималлаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий кўшимчаси билан модификация қилинган кўпикбетон таркиблари деворбоп блоклар, ишлаб чиқариш учун Наманган шаҳридаги “NAMANGAN TEMIR BETON ZAVODI” МЧЖ заводида жорий қилинган (“Ўзсаноатқурилишматериаллари” уюшмасининг 2021 йил 01 ноябрдаги 05/15-2717-сонли маълумотномаси). Натижада кўпикбетон қоришмасининг сувга талабчанлигини 15-20% камайтириш имконини берган;

КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий кўшимчаси билан модификация қилинган кўпикбетон таркиблари тўсувчи деворлар учун ариқча-тарокли блоклар ишлаб чиқариш учун Наманган шаҳридаги “NAMANGAN TEMIR BETON ZAVODI” МЧЖ заводида жорий қилинган (“Ўзсаноатқурилишматериаллари” уюшмасининг 2021 йил 01 ноябрдаги 05/15-2717-сонли маълумотномаси). Натижада кўпикбетон қоришмасининг цемент сарфини 15-25% га камайтириш имконини берган;

КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий кўшимчаси билан модификация қилинган кўпикбетон таркиблари деворбоп блоклар, тўсувчи деворлар учун ариқча-тарокли деворбоп блоклар ишлаб чиқариш учун Наманган шаҳридаги “NAMANGAN TEMIR BETON ZAVODI” МЧЖ заводида жорий қилинган (“Ўзсаноатқурилишматериаллари” уюшмасининг 2021 йил 01 ноябрдаги 05/15-2717-сонли маълумотномаси). Натижада кўпикбетон қоришмасининг сувга талабчанлигини 15-20% ва цемент сарфини 15-25% га камайтириш имконини берган.



**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертация мавзуси бўйича тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 2 та Республика илмий-амалий конференцияларида муҳокама этилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси ва материаллари бўйича жами 10 та илмий ишлар нашр этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 4 та, жумладан, 1 та хорижий журналларида нашр қилинган. Халқаро ва Республика илмий-амалий анжуманларда 5 та маъруза тезислари чоп этилган.

**Диссертация таркиби ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат бўлиб, диссертациянинг ҳажми 116 бетни ташкил этди.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида бажарилган диссертация тадқиқотларининг долзарблиги асосланган, тадқиқотларнинг мақсад ва вазифалари ҳамда тадқиқот объекти ва предмети келтирилган, тадқиқотларнинг Республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларга мос келиши кўрсатилган, тадқиқотларнинг илмий янгилиги ва олинган натижаларнинг илмий-амалий аҳамияти ифодаланган, тадқиқот ишлари натижаларининг ишлаб чиқаришга тадбиқ этилганлиги таъкидланган. Тадқиқот ишлари натижаларининг апробацияси ҳақида маълумотлар ва диссертация мавзуси бўйича чоп этилган илмий мақолалар, шунингдек, диссертация структураси ва ҳажми тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

**Диссертациядаги “Муаммонинг ўрганилганлик ҳолати ва масалани қўйилиши”** деб номланган биринчи бобида илмий муаммонинг замонавий ҳолатини аналитик шарҳлари келтирилган. Унда энергия тежамкор енгил бетонларни олиш усуллари, кимёвий қўшимчалар қўшилган бетоннинг нархи ва материаллар сарфини камайтириш, уларнинг физик-механик хоссаларини яхшилаш бўйича Республикамиз ва хорижий тадқиқотчилар томонидан олиб борилган илмий ишларнинг натижалари чоп этилган адабий манбааларни таҳлили ёритилган.

**Диссертациянинг “Қўлланиладиган материалларнинг хусусиятлари ва тадқиқот усуллари”** деб номланган иккинчи бобида тадқиқот ишида фойдаланилган цемент, тўлдирувчилар, кимёвий қўшимчаларнинг тавсифлари ҳамда қўлланилган экспериментал тадқиқотларнинг усуллари келтирилган. Тадқиқотларда “Кувасойцемент” АЖ да ишлаб чиқарилган, ГОСТ 31108-2020 талабларига жавоб берувчи ПЦ400 Д20 маркали портландцементдан, тўлдирувчи сифатида Фарғона вилояти, Ёзёвон туманида жойлашган карьердан қазиб олинаётган, қурилиш қоришмалари учун яроқли кумдан ҳамда “Янги Ангрен” иссиқлик электр станцияси учувчан кул чиқиндиси ва ундан ажратиб олинган алюмосиликат микросфераларидан фойдаланилди. Тадқиқотларда “Ўзкимёсаноат” ДАК Тошкент кимё технология илмий-тадқиқот институтида акад. А.Т. Джалилов,

к.ф.д. М.У. Каримовлар томонидан синтезлаштирилган, ГОСТ 30459-2008 талабларига жавоб берувчи КДж-3ЦМБ, КДж-3, КДж-3Ц ва КДж-3М комплекс кимёвий қўшимчалар қўлланилди.

Диссертация ишининг мақсади ва вазифаларидан келиб чиқиб, тадқиқот методлари асосланган ҳолда танланди. Экспериментал тадқиқотларда стандартлаштирилган физик-кимёвий методлар билан бир қаторда физик-кимёвий таҳлил методларидан, хусусан, кўпикбетонларнинг структурасини ўрганишда ИҚ- спектроскопик, рентген фаза таҳлиллари, дифференциал термик таҳлиллар ва электрон-микроскопик таҳлилдан фойдаланилди. Бундан ташқари, тадқиқот ишларида кўпикбетон таркибларини мақбуллаштириш учун экспериментларни режалаштиришнинг математик методидан ҳам фойдаланилди.

**Диссертациянинг учинчи “Комплекс кимёвий қўшимчалар билан модификацияланган кўпикбетоннинг таркиби ва хусусиятлари”** бобида комплекс кимёвий қўшимчалар билан кўпикбетон таркибини модификациялашнинг илмий асослари, самарадорлигини оширишнинг назарий тамойиллари, кўпик ва унинг хусусиятлари, цементнинг реологик хоссаларига комплекс кимёвий қўшимчаларни таъсири бўйича бажарилган экспериментал тадқиқотларнинг натижалари ва кўпикбетон таркибини танлаш, таркибини математик усулда оптималлаштир келтирилган.

Маълумки, суперпластикаторлар цемент системаларининг сувга бўлган талабчанлигини камайтириши ҳамда бетон қоришмасининг мустаҳкамлигини ошириши керак. Комплекс кимёвий қўшимчаларни портландцемент ва у асосда тайёрланган кўпикбетоннинг сувга талабчанлиги ва қотиш кинетикасига таъсирини ўрганиш мақсадида назарий ва амалий тадқиқотлар ўтказилди.

Кўпик-цемент композицияларининг мустаҳкамлиги пластификаторларни қўлланилиши билан сувга талабчанлигини камайиши ҳисобига ортиши керак. Аммо бу усул, агар уларнинг қўлланилиши кўпикнинг бузилишига олиб келмаса, ижобий натижалар беради. Шунинг учун, КДж-3ЦМБ, КДж-3, КДж-3Ц ва КДж-3М комплекс кимёвий қўшимчаларни ПБ-2000 кўпиклаштирувчи воситанинг кўпиклашиш даражасига таъсири ўрганилди. Олинган натижалар 1-жадвалда берилган.

1-жадвал

Комплекс кимёвий қўшимчаларни ПБ-2000 кўпиклантирувчи воситасининг кўпиклашиш даражасига таъсири

Кўшимчасиз	Комплекс кимёвий қўшимчани тури ва миқдори, %											
	КДж-3ЦМБ			КДж-3			КДж-3Ц			КДж-3М		
	Кўпиклашиш даражаси (марта)											
	8	10	12	0,6	0,9	1,2	0,6	0,9	1,2	0,6	0,9	1,2
9	11	12	13	9	10	10	6	7	7	8	9	9

1-жадвалдаги маълумотлар кимёвий қўшимчалар ПБ-2000 кўпик ҳосил қилувчи воситанинг кўпиклашиш даражасига ижобий таъсир кўрсатишини, ва КДж-3ЦМБ кўшимчаси КДж-3 КДж-3Ц, КДж-3М га нисбатан юқори кўрсаткичга эга эканлиги ва КДж-3Ц, КДж-3М

қўшимчалари эса қўшимчасиз кўпикка нисбатан паст эканлигини кўришимиз мумкин.

КДж-3, КДж-3ЦМБ, КДж-3Ц ва КДж-3М маркадаги комплекс кимёвий қўшимчаларни “Қувасойцемент” АЖ томонидан ишлаб чиқарилган портландцементнинг сувга талабчанлигига таъсири текширилди. Тадқиқот натижалари 2-жадвалда берилган. КДж-3ЦМБ қўшимчаси 4% гача қўшилганда цемент хамирининг нормал қуйиқлиги ўзгармади. Шу сабабдан, унинг 15% миқдордаги сувга талабчанлиги ўрганилди.

2-жадвал

Комплекс кимёвий қўшимчаларни цементнинг сув талабчанлигига таъсири

Қўшимча маркаси	Қўшимчани миқдори, цемент массасига нисбатан % да					
	Цемент хамирининг сувга талабчанлигини камайиши, %					
	4	6	8	10	12	15
КДж-3ЦМБ	10,0	18,5	25,0	28,5	30,0	31,0
КДж-3	Қўшимчани миқдори, цемент массасига нисбатан % да					
	Цемент хамирининг сувга талабчанлигини камайиши, %					
	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
	5,0	12,5	21,3	25,1	26,9	28,7
КДж-3Ц	Қўшимчани миқдори, цемент массасига нисбатан % да					
	Цемент хамирининг сувга талабчанлигини камайиши, %					
	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
	4,5	12	20,5	24	25,6	27,2
КДж-3М	Қўшимчани миқдори, цемент массасига нисбатан % да					
	Цемент хамирининг сувга талабчанлигини камайиши, %					
	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
	4,7	12,3	20,4	24,1	25,5	27,4

2-жадвалда келтирилган натижалардан кўришиб турибдики, кимёвий қўшимчалар ҳам цемент хамирининг сувга талабчанлигини камайиштиришга имкон беради. Бунда КДж-3ЦМБ нинг таъсири КДж-3, КДж-3Ц, КДж-3М қўшимчаларидан бирмунча юқори кўрсаткичга эга. Шу билан бирга, КДж-3ЦМБ нинг кимёвий қўшимчалар миқдорининг 10% дан ошиши иқтисодий жиҳатдан самарасиз ҳисобланиб, конструкцияни таннархини ошишига олиб келиши мумкин.

Жадвалда келтирилган маълумотларга кўра, цемент таркибига комплекс кимёвий қўшимчаларни қўшилиши цемент хамирининг пластиклигини оширади ва сувга бўлган талабчанлигини камайтиради, қотишнинг бошланиш вақтини қисқартиради тугаш вақтини эса узайтиради. Булар комплекс кимёвий қўшимчаларнинг муҳим хусусиятлари бўлиб, кўпикбетон ишлаб чиқаришда цемент сарфини камайитиришга, маҳсулот сифатини оширишга имкон беради.

Комплекс кимёвий кўшимчаларни цемент хаамири қотишининг  
муддатларига таъсири

Кўшим- ча маркаси	Цементнинг куюқланиш муддати	Кўшимчани миқдори, цемент массасига нисбатан %да					
		4	6	8	10	12	15
КДж-3 ЦМБ	Қотиш бошланиши (соат, мин.)	2,20	1,30	0,75	0,52	0,45	0,35
	Қотиш тугаши (соат, мин.)	4,15	4,20	4,25	5,15	5,30	5,40
		Кўшимчани миқдори %да					
		0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
КДж-3	Қотиш бошланиши (соат, мин.)	2,20	2,00	1,55	1,10	0,55	0,45
	Қотиш тугаши (соат, мин.)	4,15	4,20	4,25	4,55	5,10	5,20
		Кўшимчани миқдори %да					
		0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
КДж-3Ц	Қотиш бошланиши (соат, мин.)	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
	Қотиш тугаши (соат, мин.)	2,20	2,05	1,5	1,15	1	0,55
		4,15	4,20	4,30	4,50	5,05	5,10
		Кўшимчани миқдори %да					
		0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
КДж-3М	Қотиш бошланиши (соат, мин.)	2,20	2,10	2	1,20	1,05	1
	Қотиш тугаши (соат, мин.)	4,05	4,15	4,20	4,45	5	5,15

Математик модел иккинчи даражали уч факторли ортогонал план шаклида қабул қилинди. Оптималлаштириш параметрларини натижаси сифатида Д600 маркадаги кўпикбетон олишда сарфланалиган материаллар миқдори қабул қилинди.

Кўпикбетон тайёрлашнинг асосий технологик факторлари сифатида 1 м<sup>3</sup> кўпикбетонга ишлатиладиган цемент, қум ва кўпиклаштирувчи агент (ПБ 2000) миқдорлари олинди. Ҳар бир компонент учун ўзгартириш даражаси келтирилган.

**Компонентларни ўзгариш чегаралари**

Омиллар	Ўзгариш чегаралари			Ўзгартириш интервали
	+1	0	-1	
Цемент миқдори, кг $X_1$	390	360	330	30
Қум миқдори, кг $X_2$	250	175	100	75
Кўпик ҳосил қилувчи агент миқдори, кг $X_3$	1,3	1,1	0,9	0,2

Ўртача зичлиги бўйича қуйидаги регрессия тенгламалари олинди:

$$Y_{p0}=602,30+30,10X_1+75,0X_2+8,1X_1X_2-0,65X_1^2-0,15X_2^2-4,05 X_3^2$$

Мустақамлиги бўйича қуйидаги кўринишдаги регрессия тенгламалари олинди:

$$R_c=2,225+0,168X_1+0,340X_2+0,040X_3+0,013X_1X_2+0,07X_1^2+0,067X_2^2-0,033X_3^2$$

Таҳлил барча факторлар бўйича амалга оширилди: цемент, қум ва кўпиклаштирувчи агент миқдор. Бунинг учун  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  ларни (1;0;-1) га тенг деб оламиз ва икки факторли регрессия тенгламасини ҳосил қиламиз:

Шундай қилиб, ўтказилган тадқиқотлар натижаси Д600 маркадаги кўпикбетонни 330 кг портландцемент, 175 кг қум ва 1,1 кг кўпиклаштирувчи агентдан ташкил топган кўпикбетон қоришмасидан олиниши мумкинлигини кўрсатди.

**Диссертациянинг тўртинчи “Комплекс кимёвий қўшимчалар билан модификацияланган кўпик бетоннинг физик-механик хусусиятлари ва микроструктураси”** бобида комплекс кимёвий қўшимча КДж-3ЦМБ билан модификацияланган кўпикбетоннинг физик-кимёвий таҳлиллари, кўпикбетоннинг иссиқлик ўтказувчанлиги, кўпикбетоннинг ғовак структурасига комплекс кимёвий қўшимча таъбири, кўпикбетоннинг иссиқлик ўтказувчанлигига комплекс кимёвий қўшимча КДж-3ЦМБ ни таъсири, кўпикбетоннинг совуққа чидамлилик таъсирини аниқлаш бўйича бажарилган экспериментал-тадқиқот ишларининг натижалари келтирилган.

5-жадвал

Кўпикбетоннинг физик-механик хоссаларига алюмосиликат микросфераларни таъсири

АСМ миқдори, %	Сувга талабчанликни камайиши, %	Ўртача зичлиги, кг/м <sup>3</sup>	Сиқилишдаги мустақамлиги МПа/%				
			Қотиш муддати, кун				
			1	3	7	14	28
0	0	610	$\frac{0.42}{100}$	$\frac{0.85}{100}$	$\frac{1.55}{100}$	$\frac{2}{100}$	$\frac{2.3}{100}$
1	-5	580	$\frac{0.44}{105}$	$\frac{0.9}{106}$	$\frac{1.65}{106}$	$\frac{2.1}{105}$	$\frac{2.4}{104}$
2	-7	<u>570</u>	$\frac{0.46}{110}$	$\frac{0.95}{112}$	$\frac{1.75}{112}$	$\frac{2.2}{110}$	$\frac{2.5}{109}$
3	-10	<u>560</u>	$\frac{0.45}{107}$	$\frac{0.92}{108}$	$\frac{1.7}{109}$	$\frac{2.15}{108}$	$\frac{2.48}{108}$

Жадвалда келтирилган маълумотлардан, кўпикбетон таркибига АСМларни киритиш натижасида кўпикбетон қоришмасининг сувга талабчанлигини 10% гача, ўртача зичлиги эса 50кг га камайганини кўриш мумкин. Буни қум ва АСМ доналарининг шакли ҳамда сирт тузилишлари орасидаги фарқ орқали изоҳланади. Оддий қум нотўғри кўп қиррали доналардан иборат бўлиб, улар бетон қоришмада бир-бирига ишқаланиши ва ҳаракатланиши қийинлашади. Уларни қоришмада эркин ҳаракатланиши учун қўшимча суюқлик цемент хаамири талаб қилинади. АСМ доналари эса сирти силлиқ, юмалоқ сферик шаклда бўлганлиги сабабли кўпик билан биргаликда

коришмани пластиклигини оширади. Бу эса ўз навбатида кўшимча цемент талаб қилмаган ҳолда кўпикбетонни мустаҳкамлигини оширишга имкон яратади, АСМ доналарининг оддий қумга нисбатан енгиллиги туфайли кўпикбетоннинг ўртача зичлиги камаяди.

6-жадвал

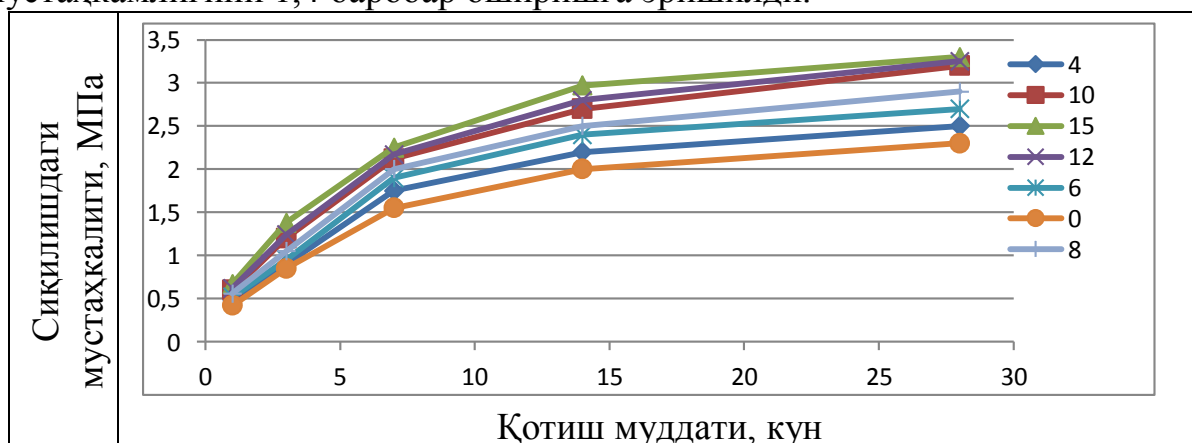
#### Кўпикбетонларни таркиби

КДж-3ЦМБ, %	Хом-ашё материаллари				
	Цемент, кг	Қум, кг	Сув, л	ПБ- 2000, кг	АСМ, %
0	330	175	115	1,1	2
4	330	175	107	1,1	2
6	330	175	102	1,1	2
8	330	175	95	1,1	2
10	330	175	92	1,1	2
12	330	175	89	1,1	2
15	330	175	86	1,1	2

Кўпикбетон коришмасига КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий кўшимчани цемент массасининг 4% ва 15% гача миқдорда киритилиши натижасида кўпикбетоннинг ўртача зичлигини фақат 5-35 кг/м<sup>3</sup> дан 10-20 кг/м<sup>3</sup> гача камайиши ва сув талабчанлиги 25% гача камайганлиги кузатилди.

Кимёвий кўшимча миқдорининг 10% дан ошиши иқтисодий жиҳатдан самарасиз ҳисобланиб, конструкцияни таннархини ошишига олиб келиши мумкин.

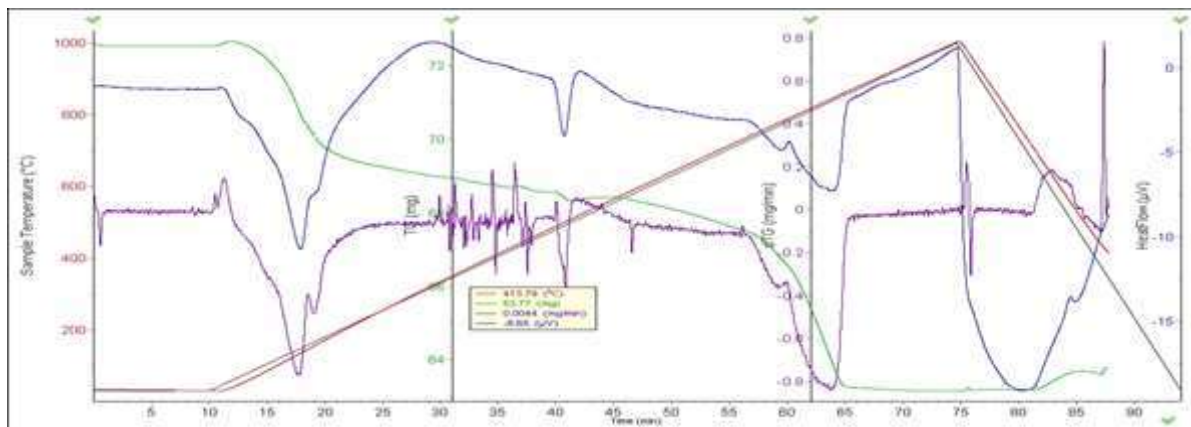
КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий кўшимчани киритилиши билан кичик ўлчамдаги берк ғоваклар ҳосил бўлди. Олинган маълумотларга кўра, модификацияловчи кўшимчанинг киритилиши натижасида кўпикбетоннинг мустаҳкамлигини 1,4 баробар оширишга эришилди.



1-расм. Кўпикбетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси

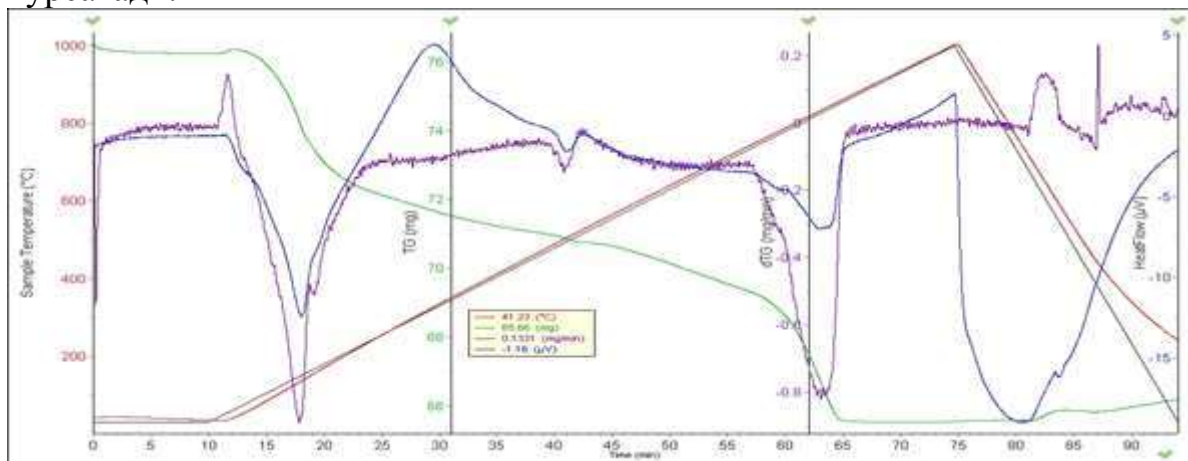
Физик-кимёвий таҳлил усуллари комплекс кимёвий кўшимчалар таъсирида кўпикбетоннинг микроструктурасини ва унинг ўзгариш жараёнларини, масалан, гидратация, кристалланиш ва бошқаларни ўрганишга имкон беради. Кўпикбетонни тузилишини ўрганиш учун инфрақизил спектроскопия, рентген фаза таҳлиллари термогравиметрик таҳлил ва электрон микроскопия усулларидадан фойдаланилди.

Кўшимчасиз кўпикбетон термогравиметрик таҳлили 3-расмда келтирилган.



2-расм. Кўшимчасиз кўпикбетон термогравиметрик таҳлили  
 1-ҳарорат эгри чизиғи; 2-динамик термогравиметрик таҳлил эгри чизиғи (ДТГА); 3-динамик термогравиметрик таҳлил эгри чизиғи (ДТГП);  
 4- дифференциал термик таҳлил эгри чизиғи (ДТТ).

Кўшимчасиз кўпикбетон динамик термогравиметрик анализ эгри чизиғи (ДТГА) (2-эгри чизик) таҳлили шуни кўрсатадики, ДТГА эгри чизиғида куйидаги эндоэффектлар кузатилган: 1 Масса йўқотилиши 100-200<sup>0</sup>С оралиғидаги эндоэффектлар 4.3% ни ташкил этади асосан гидратация жараёнига иштирок этмаган эркин сувнинг ажралишини кўрсатади. 2 Масса йўқотилиши 250-700 <sup>0</sup>С оралиғидаги эндоэффектлар 6.7% ни ташкил этади кимёвий боғланган сувнинг ажралишини кўрсатади. 3 Масса йўқотилиши 750-850<sup>0</sup>С оралиғидаги эндоэффектлар 12.95% ни ташкил этади асосан цемент гидратациясида ҳосил бўлган минералларнинг парчаланашини кўрсатади.

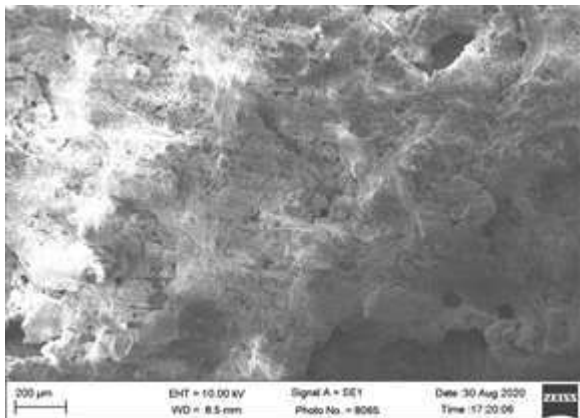


3-расм. Комплекс кимёвий кўшимча КДж-3ЦМБ 10 % миқдорда кўшилган кўпикбетон термогравиметрик таҳлили.

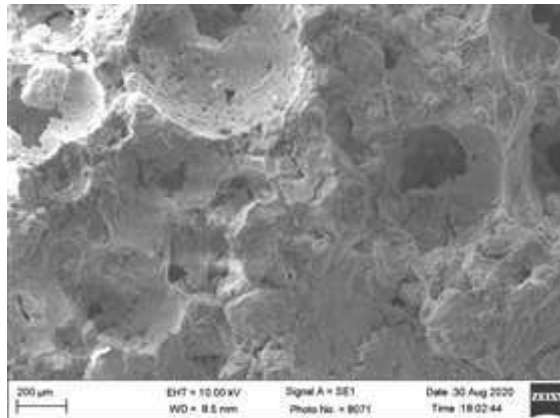
КДж-3ЦМБ 10% кўшимчаси кўшилган кўпикбетон динамик термогравиметрик анализ эгри чизиғи (ДТГА) (2-эгри чизик) таҳлили шуни кўрсатадики, ДТГА эгри чизиғида куйидаги эндоэффектлар кузатилган: 1 Масса йўқотилиши 100-200<sup>0</sup>С оралиғидаги эндоэффектлар 4.9% ни ташкил этади, асосан гидратация жараёнига иштирок этмаган эркин сувнинг ажралишини кўрсатади. 2 Масса йўқотилиши 250-750 <sup>0</sup>С оралиғидаги эндоэффектлар 9.6% ни ташкил этади кимёвий боғланган сувнинг ажралишини кўрсатади, 3 Масса йўқотилиши 800-900<sup>0</sup>С оралиғидаги

эндоэффектлар 14,18 % ни ташкил этади асосан цемент гидратациясида ҳосил бўлган минералларнинг парчаланашини кўрсатади.

### Электрон микроскоп (ЭМ) таҳлили



а) Қўшимчасиз кўпикбетон намунасини электрон микроскопик тасвирлари.



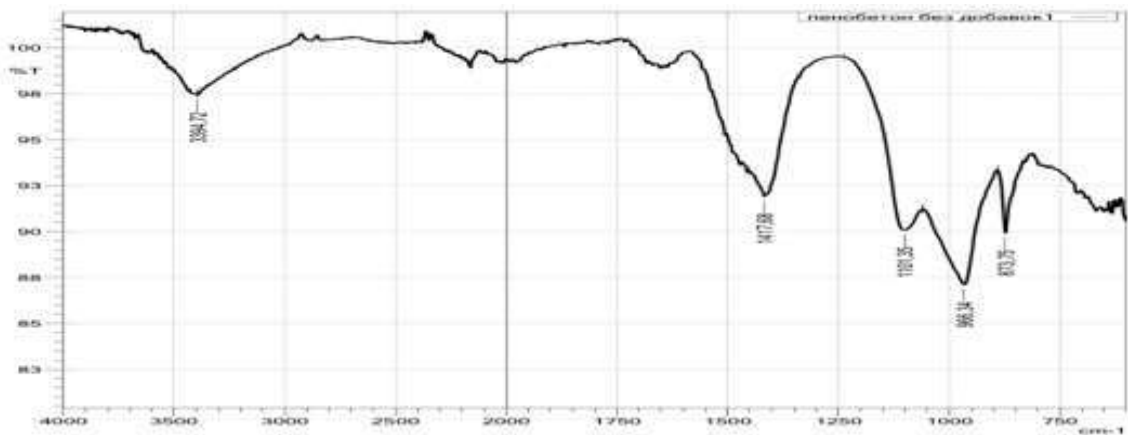
б) Комплекс кимёвий қўшимчаси КДж-3ЦМБ цемент массасига нисбатан 10% қўшилган кўпикбетон намунасини электрон микроскопик тасвирлари.

4 ва 5-расмлар. Кўпикбетон намунасини электрон микроскопик тасвирлари.

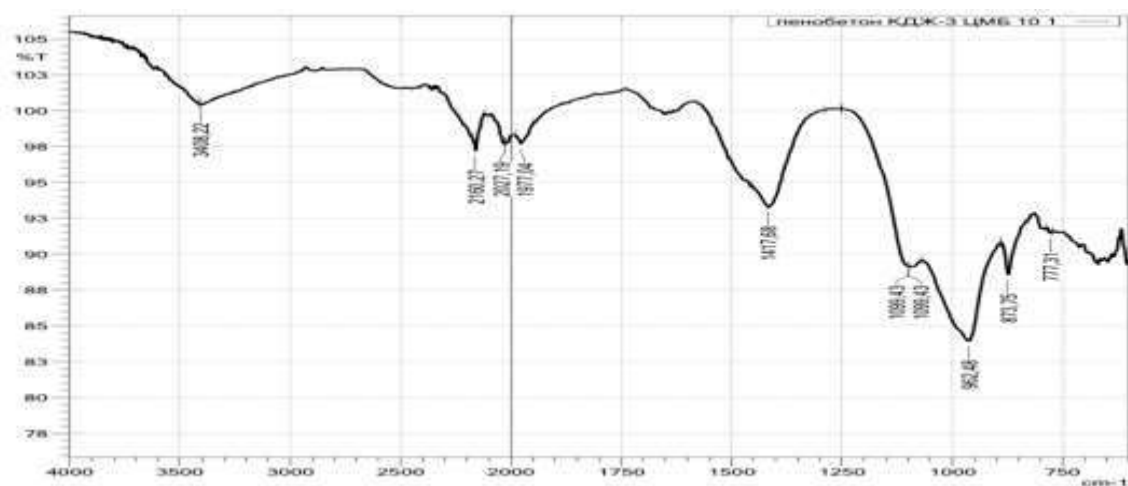
Игнасимон эттрингит кристаллари неоплазмаларнинг асосий гелсимон массасида кузатилиб, эркин бўшлиқларни тўлдиради. Эттрингитнинг ўсиши эркин ҳажмда ҳосил бўлади. Олинган комплекс қўшимча КДж-3ЦМБ қўшилган кўпикбетон намуналарининг электрон микрофотографларида гипс ва калций гидросулфоалюминати билан ҳам ғовақларни тўлдириши кузатилади. Бундан ташқари комплекс қўшимчалар қўшилганда гидросулфоалюминат миқдори устун бўлади. Калций гидросулфоалюминат концентрациясининг ошиши ва кўпикбетоннинг умумий тузилишида ҳам, фазовий скелетнинг нуқсонли жойларида ҳам, гидрат фазаларининг ўзига ҳос юзасининг ортиши материалнинг қотишига олиб келади. Қотишнинг дастлабки босқичларида портландцементли композициялар структурасини ихчамлаштириш ва мустаҳкамлаш комплекс қўшимчалар қўшилганда гипс ва калций гидросулфоалюминатнинг ҳам ҳажми ортиб кристалланади.

Комплекс кимёвий қўшимча КДж-3ЦМБ қўшилган кўпикбетоннинг ИҚ-спектр таҳлил қилишда қўшимчасиз ҳамда 8; 10 ва 12% комплекс кимёвий КДж-3ЦМБ қўшимчали намуналардан фойдаланилди. Синов натижаларида олинган спектрограммалар 6 ва 7-расмларда тасвирланган.





6-расм. Қўшимчасиз кўпикбетон ИҚ-спектри.



7-расм. Кўпикбетоннинг КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий қўшимчасининг 10% қўшилиши ИҚ-спектри.

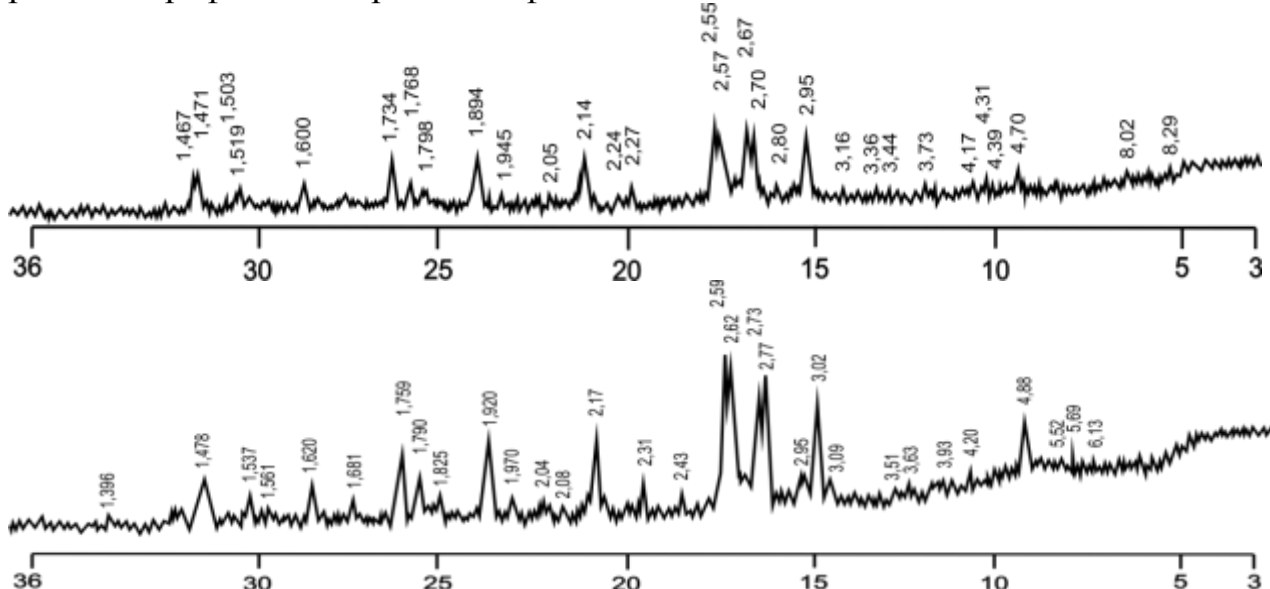
ИҚ спектроскопияси натижасида ютилиш полосалари адсорбцияланган сувга (3390 см-1 ва 3410 см-1), карбонатларга (870 ва 1420 см-1) ва силикатларга (1000-1200 см-1) тўғри келишини кўриш мумкин. 1097-1101 см-1 диапазонидаги чизиқлар кремний-кислород рамкасининг Si-O тетраэдраларининг ассиметрик ва симметрик тебранишларига мос келади. 3394-3410 см-1 оралиғидаги кучли, чўзилган тасма эркин ва боғланган сувнинг ОН-чўзилиш ва эгилиш тебранишларини англатади.

Барча намуналарда карбонат борлиги 874 ва 1417 см-1 (C-O боғланишларининг тебранишлари) CO<sub>3</sub>-HCO<sub>3</sub>-гуруҳларининг калций гидроксиди Ca(OH) ҳосил бўлиши билан чўзилиши ва деформацияланиши билан боғлиқ ассимиляция диапазонлари билан тасдиқланади. 7-расмдаги эгри чизиқларни сув молекулалари ва гидроксид ионларининг частоталари билан таққослаганда 2160, 2029 ва 1967 см-1 худудларида чўзилган тебранишлар бетоннинг кучига мос келадиган минералларнинг функционал гуруҳларини (алит, Белит) ва КДж -3ЦМБ қўшимчалари концентрациясининг ошиши билан ортади. 960-974 см-1 оралиғида ўзгартирилган композицияда чизиқларнинг юқори кўрсаткичларга силжиши калций гидросиликатнинг полимерланиш даражасининг каттароқлигини кўрсатади, бу модификацияланган композициянинг юқори кучлилиги билан таққослаганда қўшимчалар таркиби 3000-4000 см-1

оралиғидаги чизикларнинг интенсивлиги цемент тошида Si-OH гуруҳлари мавжудлигини ва уларнинг модификацияланган таркибидаги юқори интенсивлиги ўзгартирилган цемент тошининг юқори сирт майдони билан тавсифланганлигини кўрсатади.

### Рентген-диффрактометр таҳлил

Комплекс кимёвий қўшимча КДж-3ЦМБ қўшилган кўпикбетоннинг рентгенографик миқдорий ва сифат таҳлили.



8-расм. а) қўшимчасиз; б) 10% ли КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий қўшимча.

Кўпикбетон намуналарининг РДТ таҳлили натижасида (8-расм) ўрганилаётган намуналар таркибида қуйидаги минераллар мавжудлиги аниқланди:

кальций карбонат  $\text{CaCO}_3$  (38.60, 28.80, 25.00, 22.90, 22.10, 19.10, 18.80)  $10^{-2}$  нм,  
 кальций гидроксиди  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (49.20, 31.10, 30.40, 26.30, 19.20, 18.00)  $10^{-2}$  нм,  
 кальций силикат  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  – (27.80, 20.60, 19.80, 16.20)  $10^{-2}$  нм,  
 $\beta$ -кварц  $\text{SiO}_2$  (33.50, 42.70, 18.20, 13.70)  $10^{-2}$  нм,  
 $\text{C}_6\text{S}_6\text{H}$  (71.00, 36.00, 30.30; 20.33, 19.50)  $10^{-2}$  нм,  
 $\text{C}_3\text{AH}_6$  (22.30, 22.60, 33.60, 16.80)  $10^{-2}$  нм,  
 $\text{C}_2\text{SH}(\text{II})$  (30.40, 19.20, 17.90)  $10^{-2}$  нм,  
 $\text{CSH}(\text{I})$  (30.40, 18.10, 16.70, 27.90)  $10^{-2}$  нм.

Гидратация маҳсулотларининг миқдорий нисбати билвосита кальций гидроксидининг диффракцион таъсирини интенсивлиги ( $49,20 \cdot 10^{-2}$  нм) билан баҳоланиши мумкин. 8% миқдордаги КДж-3ЦМБ комплекс қўшимчаси билан модификацияланган кўпикбетон намуналарини назорат намуналарига нисбатан интенсивлиги юқорилиги цементнинг тўлиқ гидратацияланганини кўрсатади. КДж-3ЦМБнинг 10% миқдорда кўпикбетон таркибига қўшилиши билан  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  қўшимча миқдорда кальций гидросиликатларини ҳосил қилиш учун сарфланади, рентгенограммада энг юқори интенсивлик ( $30,40 \cdot 10^{-2}$  нм) 12% комплекс қўшимча қўшилган кўпикбетон намуналарига тўғри келади.

Рентгенограммада гидратланмаган  $\text{C}_2\text{S}$  (27.84, 27.40)  $10^{-2}$  нм мавжудлигини ҳам кўриш мумкин. Бундай чизикларнинг мавжудлиги кальций силикатларининг гидратацияси маҳсулотларини кристалланиш жараёнининг

тўлиқ тугалланмаганлигини ва 28 кунлик муддатда уларнинг шаклланишини кўрсатади.

Маълумки, кўпикбетоннинг ғовак структурасини тузилиши унинг хусусиятларига катта таъсир кўрсатади.

Кўпикбетоннинг ғовак структураси ўлчами 10x10x10см бўлган, қўшимчасиз ҳамда 8;10 ва 12% комплекс кимёвий КДж-3ЦМБ қўшимчали, 28 кун нормал шароитда қотган намуналарда ўрганилди.

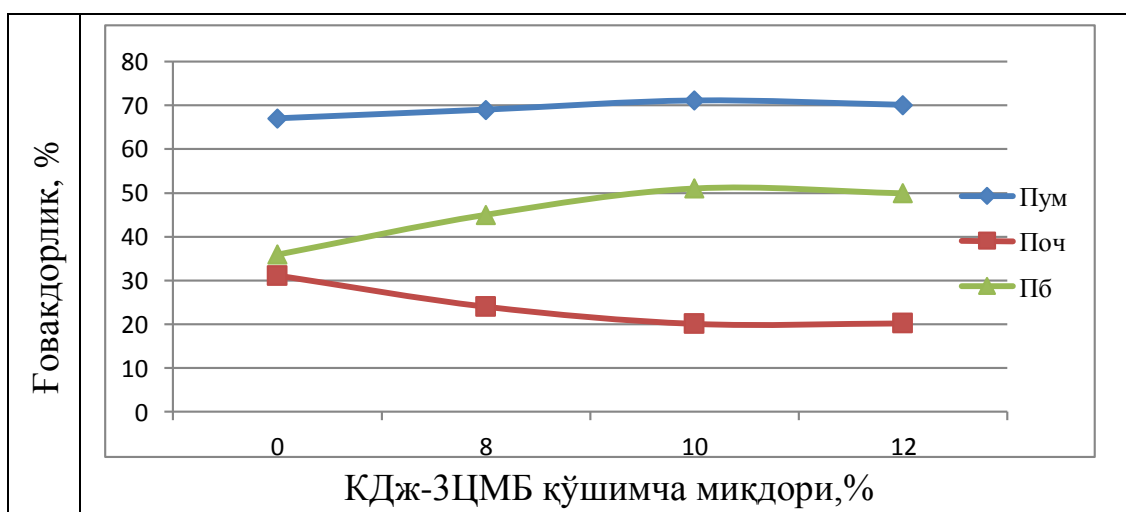
Ғовак структураси параметрлари сифатида ГОСТ 12730.4-78 меъёрий ҳужжатда берилган умумий ғовакдорлик ( $P_{ум}$ ), очиқ ғовакдорлик ( $P_{оч}$ ), берк ғовакдорлик ( $P_б$ ), ғоваклар ўртача ўлчами кўрсаткичи ( $\lambda$ ) ва ғовакларни ўлчамлари бўйича бир хиллик кўрсаткичи ( $\alpha$ ) олинди.

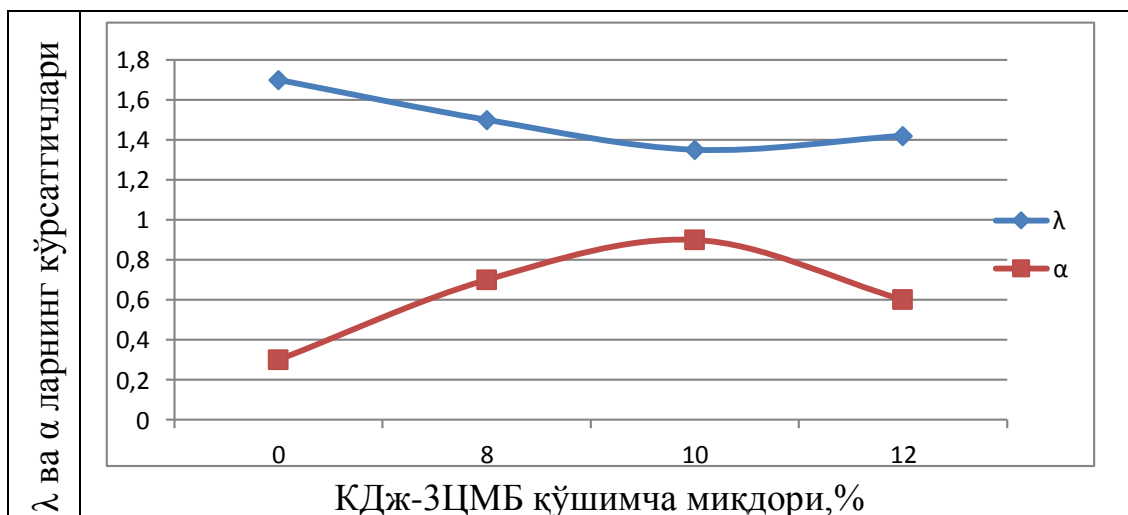
Синов натижалари ва улар асосида қурилган графиклар 7–жадвал ва 9–расмда берилган.

7–жадвал

Кўпикбетон намуналарининг ғовак структураси параметрлари

Кўрсаткичлар	КДж-3ЦМБ қўшимча миқдори, %			
	0	8	10	12
$P_{ум}$	67,0	69,0	71,1	70,1
$P_{оч}$	31,1	24,0	20,1	20,2
$P_б$	35,9	45,	51,0	49,9
$\lambda$	1,7	1,5	1,3	1,4
$\alpha$	0,3	0,7	0,9	0,6





9-расм. Кўпикбетоннинг ғовак параметрларига КДж-3ЦМБ қўшимчасини таъсири.

Таъсвиланган эгри чизиқлар ва 7-жадвалда берилган маълумотлар кўпикбетоннинг ғовак структурасининг тузилиши мураккаб кимёвий қўшимчалар миқдorigа боғлиқлигидан далолат беради. КДж-3ЦМБ қўшимчаси кўпикбетоннинг умумий ғовакдорлигига деярли таъсир кўрсатмайди, лекин, очик ғоваклар ҳажмини оширган ҳолда берк ғоваклар улушини оширишга имкон яратади. Бетонда тартибсиз ғоваклар ёки очик капиллярлар ўрнига сферик шаклдаги бир хил тақсимланган майда ғоваклар туркуми вужудга келади, ғоваклараро деворлар қалинлашади.

КДж-3ЦМБ қўшимчаси билан модификациялаш натижасида кўпикбетонда бир хил ўлчамдаги майда ғоваклар шаклланади. Ўтказилган тадқиқотларнинг натижалари бўйича кўпикбетоннинг ғовак структурасини оптималлаштириш КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий қўшимчасини портландцемент массасига нисбатан 10% миқдорда қўшганда эришиш мумкинлигини кўрсатди. Бу ўз навбатида бетоннинг мустаҳкамлиги, совуққа чидамлилиқ хоссаларини ва энергия тежамкорлик хусусиятларини оширишга имкон яратади.

Иссиқлик ўтказувчанлигига иссиқлик қаршилигини ҳисоблашда бундай бир хилликни ҳисобга олиш, бир қатламли деворларнинг қалинлигини 5, 10% га, кўп қатламли деворларда эса 30% ва ундан кўпроққа кўпайишига олиб келади. Бундан ташқари, рақобатбардошлиқни ошириш учун кўпикбетонда цемент матрицасининг мустаҳкамлигини ошириш ва унинг ўртача зичлигини камайтириш талаб этилади. Ўз навбатида, ўртача зичликнинг пасайиши иссиқлик ўтказувчанлигини, бино деворининг қалинлигини (материал истеъмолини) ва унинг нархини пасайтиради.

Кўпикбетоннинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентига Комплекс кимёвий қўшимчанинг таъсирини аниқлаш учун 10x10x10см ва 15x15x2,0см ўлчамлардаги намуналар тайёрланди.

Намуналар 28 кун нормал шароитда қотгандан сўнг, намлиги (W), ўртача зичлиги (ρ) конструктив сифат кўрсаткичлари (КСК) аниқланди. 15x15x2,0см ўлчамлардаги намуналар «ИТС-1» маркадаги қурилмада синалиб иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари (λ) аниқланди. Синов

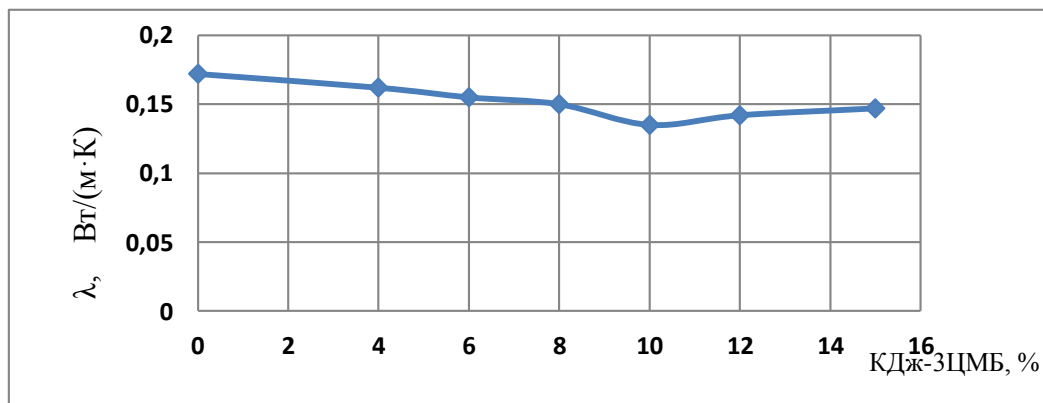
натижалари ва улар асосида курилган графиклар 8-жадвал ва 10-расмларда берилган.

8-жадвал

Кўпикбетон намуналарининг ғовак структураси параметрлари ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентлари

Кимёвий қўшимча миқдори КДж-ЗЦМБ, %	Ўртача зичлиги $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Конструктив сифат коэффиценти КСК, МПа/ (кг/м <sup>3</sup> )	Намлиги W, %	Иссиқлик ўтказувчанлиги $\lambda$ , Вт/(м·°С)	Сиқилиш-даги мустаҳкамлиги МПа
0	570	0,0038	21	$\frac{0.172}{100}$	2,3
4	572	0,0042	21.4	$\frac{0.162}{94}$	2,5
6	578	0,0045	21.8	$\frac{0.155}{90}$	2,7
8	585	0,0048	22	$\frac{0.150}{87}$	2,9
10	585	0,0053	22.7	$\frac{0.135}{78}$	3,2
12	600	0,0053	22.4	$\frac{0.142}{83}$	3,18
15	605	0,0052	22.1	$\frac{0.147}{85}$	3,1

10-расмда тасвирланган эгри чизиклар ва 8-жадвалда берилган маълумотлар кўпикбетоннинг иссиқлик ўтказувчанлиги қийматларининг ўзгариши комплекс кимёвий қўшимчага боғлиқлигидан далолат беради.



10-расм. Кўпикбетоннинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффицент ( $\lambda$ )га КДж-ЗЦМБ қўшимчасини таъсири.

Ушбу боғлиқлик қўшимчани миқдorigа билвосита боғлиқ бўлиб, унинг миқдорини ошиши кўпикбетонининг зичлигини камайтириш ва ғовак структурасини яхшилаш орқали кўпикбетонининг иссиқлик ўтказувчанлиги пасайишига имкон яратади.

Курилиш материаллари, шу жумладан цемент бетонларининг сифатини белгилайдиган кўрсаткичлар орасида уларнинг совуққа чидамлилиги алоҳида аҳамиятга эга.

Тадқиқотларимиз кўшимчасиз ва КДж-3ЦМБ кўшимчаси 8;10 ва 12 %, кўшилган 10x10x10см кўпикбетон намуналарининг совуққа чидамлилигини аниқлаш бўйича олиб борилди. Қўлланилган кўпикбетоннинг таркиби ва хоссалари ҳақидаги маълумотлар 9-жадвалда берилган.

9-жадвал

Комплекс кимёвий кўшимчали кўпикбетон намуналарини совуққа чидамликка синаш натижалари

Таркиб рақами	КДж-3ЦМБ %	Кўпикбетон намуналарининг хусусиятлари				Совуққа чидамлилик
		Синашдан кейинги ўртача мустаҳкамлик	Синашдан аввалги ўртача мустаҳкамлик	Музлатиш ва эритишдаги йўқотиш,%		
				Масса	Мустаҳкамлик	
1	-	2,18	2,3	4,1	5,1	F <sub>1</sub> 35
2	4	2,39	2,5	3,7	4,3	F <sub>1</sub> 35
3	6	2,59	2,7	3,2	3,9	F <sub>1</sub> 35
4	8	2,81	2,9	2,6	3,2	F <sub>1</sub> 35
5	10	3,13	3,2	1,4	2,1	F <sub>1</sub> 35
6	12	3,11	3,18	1,8	2,3	F <sub>1</sub> 35
7	15	3,02	3,1	2,1	2,5	F <sub>1</sub> 35

Юқоридаги маълумотларидан 30 марта музлатиш ва эритиш циклига барча таркибдаги кўпикбетон намуналари яхши бардош берганликлари кўришиб турибди. Синов жараёнидаги намуналарнинг массаси ва мустаҳкамлигини пасайиши ГОСТ 10060-2012 «Бетон. Совуққа чидамлилигини аниқлаш усуллари» нинг меъёр талабларига тўлиқ жавоб беради ҳамда совуққа чидамлилик бўйича F<sub>1</sub>35 маркага мос келади.

Диссертациянинг бешинчи “**Янги авлод комплекс кимёвий кўшимчалар билан модификацияланган кўпикбетоннинг тажриба-ишлаб чиқариш тадбири ва уни қўллашнинг техник-иқтисодий самарадорлиги**” бобида комплекс кимёвий кўшимчалар модификацияланган кўпикбетонни тажрибавий ишлаб чиқаришга жорий этиш, таклиф қилинаётган комплекс кимёвий кўшимча КДж-3ЦМБ билан модификацияланган кўпикбетонни қўллашнинг техник-иқтисодий самарадорлиги натижалари келтирилган.

«NAMANGAN TEMIR BETON ZAVODI» МЧЖда Д600 синфли кўпикбетон ишлаб чиқариш учун КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий кўшимча кўшиш билан кўпикбетоннинг таркиби ишлаб чиқилди. КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий кўшимчасини қўллаш цемент сарфини 15-25% га қисқартириш имконини берди. Завод шароитларида кўпикбетонни ишлаб чиқаришда қўлланадиган материалларнинг таркиби ва бу материалларнинг таннархларини ҳисоблаш натижалари 9-жадвалда келтирилган.

10-жадвал

**Д600 синфли 1 м<sup>3</sup> кўпикбетонга завод шароитларида қўлланадиган материалларнинг сарфи ва таннархлари**

Материалларнинг номи	Ўл. бирл	1 м <sup>3</sup> га ишлатиладиган меъёрий сарф		Нархи (ҚҚС), сўм.	Баҳоси, сўм	
		Қўшимча сиз	Қўшимча ли		Қўшимча сиз	Қўшимча ли
Цемент ПЦ 400 Д20	кг	330	250	700	231000	175000
Қум фр. 0-5	кг	175	175	40	7000	7000
Кўпик ҳосил қилувчи	кг	1,1	1,2	25000	27500	30000
КДж-3ЦМБ кўшимчаси	кг		25	1300		32500
Жами:					265500	244500

10-жадвалдаги маълумотларга кўра, цемент сарфини камайтириш эвазига 1 м<sup>3</sup> кўпикбетон бўйича эришилган иқтисодий самара 21000 сўмни ташкил этди.

КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий кўшимча ишлаб чиқариш текширувидан муваффақиятли ўтди. Кўпикбетоннинг умрбоқийлигини ошириш учун комплекс кимёвий кўшимчаларни қўллаш мақсадга мувофиқдир.

### **ХУЛОСА**

1. Эластиклик модули, зичлиги, мустаҳкамлиги ва бошқа хусусиятларни баҳолаш учун ишлаб чиқилган математик моделлар асосан пластификаторлар билан модификацияланмаган бетон қоришмаларига тегишли бўлиб, енгил тўлдирувчилар асосида олинган юқори сурилувчан бетон қоришмалари хусусиятларини баҳолашда қўллаб бўлмайди. Бетон ва бетон қоришмасининг сифатини яхшилаш, уларга ўзига хос хусусиятлар бериш, қурилиш жараёнининг нархини камайтириш мақсадида турли ҳил маҳаллий хом-ашёлар асосида синтез қилинган комплекс кимёвий кўшимчалардан фойдаланилади.

2. Материалларнинг хусусиятларини ўрганишнинг стандарт усуллари ёрдамида тизимни тадқиқ қилиш, кўшимчалар билан модификацияланган кўпикбетонни ҳақиқий хусусиятларини топиш имконини берди. Комплекс кўшимчалар билан модификацияланган цемент композициялари ва кўпикбетонни кимёвий таркиби ҳамда тузилиш структурасини тадқиқ қилишда дифференциал-термик, инфракизил-спектроскопик ва электрон микроскопик сингари замонавий усуллардан фойдаланилди.

3. КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий кўшимчасини олишда таркибий қисмларнинг оптимал нисбати 1:1:1(полиакрилонитрил: натрий сульфит: формалин) бўлиб, энг мақбул ҳарорат эса 90°С дир. Бундай шароитда комплекс кўшимчанинг чиқиши 95% ни ташкил қилади.

4. КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий кўшимчаси цемент хамирининг қуюқланиш жараёнининг бошланишида унинг давомийлигини бирмунча

қисқартириб, сувга талабчанлигини 15-20% га камайштириши аниқланди.

5. Кўпикбетоннинг физик-механик хоссаларига кўрсатиладиган энг яхши КДж-3ЦМБ комплекс кимёвий қўшимчасини портландцемент массасига нисбатан 10% миқдорда қўшишга эришилди.

6. Цементли композициялар ва физик-кимёвий анализ усулларининг ҳосил бўлиш структурасини ўрганишда олинган комплекс қўшимчалар оз миқдорда қўшилганда бетон маҳсулотларининг мустаҳкамлиги ва мустаҳкамлигини таъминловчи цемент композицияларида минераллар ҳосил бўлиши аниқланди.

7. Енгил бетоннинг иссиқлик ўтказувчанлиги ғовак тўлдирувчи турига, енгил бетоннинг ғоваклилигига, бетоннинг қатламлари бўйича иссиқлик оқимининг йўналишига, иссиқлик узатиладиган вақтдаги ўртача ҳароратга, бетоннинг ўртача зичлиги ва намлигига боғлиқ. Майда, берк ва бир хил ўлчамдаги ғоваклар материалнинг иссиқлик ўтказувчанлигининг пасайишига ва иссиқдан ҳимоялаш хусусиятларининг ошишига олиб келади.

8. «NAMANGAN TEMIR BETON ZAVODI» МЧЖ да КДж-3ЦМБ комплекс қўшимчаси қўшилган темирбетон буюмларини ишлаб чиқаришда юқори мустаҳкамликка эга бўлган боғловчи материалларни тежаш имконини берувчи кўпикбетоннинг ишлаб чиқилган таркибидан фойдаланилди. Шу билан бирга, қўшимчаларсиз кўпикбетон ишлаб чиқариш билан солиштирганда цемент тежалиши 10,01% (21000 сўм/м<sup>3</sup>)ни ташкил этди.



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

---

**ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**МАМАТОВ ХАМИДУЛЛА АБДУЛЛАЕВИЧ**

**СТРУКТУРА И ТЕХНОЛОГИЯ ПЕНОБЕТОНА НОВОГО  
ПОКОЛЕНИЯ С КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ**

**05.09.05–Строительные материалы и изделия**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Ташкент-2022 год**

**Тема диссертации на соискание ученой степени доктора философии (Phd) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2019.3. PhD/T1366**

Диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице ([www.taqi.uz](http://www.taqi.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)).

**Научный руководитель:**

**Самигов Нигматджан Абдурахимович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Ходжаев Саидаглю Аглоевич**  
доктор технических наук, профессор

**Сатторов Зафар Мурадович**  
кандидат технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Наманганский инженерно-строительный институт**

Защита диссертации состоится «15» марта 2022 года в 10:00 часов на заседании Научного совета DSc.26/30.12.2019.T.11.01 при Ташкентском архитектурно-строительном институте, (Адрес: 100011, г. Ташкент, улица Абдулла Қодирий, дом №7в.Тел: (99871) 241-10-84; факс: (99871) 241-80-00, e-mail: [devon@taqi.uz](mailto:devon@taqi.uz), [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного института (зарегистрирован 74). (Адрес: 100084, г.Ташкент, улица Малая кольцевая дорога, дом № 7. Тел.:(71) 235-43-40; факс: (998 71) 234-15-11), e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz).

Автореферат диссертации разослан «28» февраль 2022 года.  
(Реестр протокола рассылка № 11 от «28» декабря 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. Аскарлов**  
Председатель научного семинара при  
научном совете по присуждению ученых  
степеней, д.т.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Истощение энергоресурсов в мире требует резкого повышения энергоэффективности при строительстве зданий. Энергетический кризис XX века показал рост цен на топливо в строительной отрасли, необходимость создания и внедрения ресурсосберегающих и энергосберегающих технологий в производстве строительных материалов и изделий. В связи с этим эффективное использование энергосберегающих технологий, совершенствования новых строительных материалов и существующих технологий в области строительных материалов, использование химических и минеральных добавок для улучшения строительных и эксплуатационных свойств пенобетона, интенсификация гидратации цемента, а также ускорение начальной прочности бетона являются одним из важнейших задач.

В последние годы в мире со стороны ученых и строителей появляется большой интерес к пенобетонам на основе технологии газобетона. Ведутся исследования по улучшению свойств пенобетона. В частности, проводятся множество исследований для выбора наполнителей для производства высококачественного пенобетона, контроля образования структур в затвердевшем цементном камне с использованием химических и минеральных добавок, оптимизации состава пенобетона и формирования прочной структуры материала. В связи с этим, имеет важное значение исследование физико-технических свойств пенобетона, снижение расхода минеральных вяжущих используя местное сырье и вторичных ресурсов при их производстве, разработка энергосберегающих технологий.

В Республике осуществляется ряд мероприятий по развитию строительной индустрии, модернизации производства строительных материалов, эффективного использования местного и вторичного сырья при производстве строительных материалов, а также увеличение производства. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы определены задачи, в частности, «...повышение конкурентоспособности национальной экономики, снижение энерго-и материалоемкости экономики, повсеместное внедрение энергосберегающих технологий в производство». Одним из важнейших задач является совершенствование технологии производства качественных пенобетонных конструкций и изделий с применением комплексных химических добавок из полимерно-минеральных материалов на основе местного сырья.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии дальнейшего развития Республики Узбекистан», ПП-2615 от 28 сентября 2016 года «О программе мер по дальнейшему развитию строительной индустрии на 2016-2020гг.», ПП-4198 от 20 февраля 2019 года «О мерах по коренному совершенствованию и комплексному развитию промышленности строительных материалов», Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-5445 от 22 мая 2018 года «О дополнительных мерах по оптимизации порядка

осуществления проектных и строительных работ в капитальном строительстве» и ПП-4335 «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов» и других задач, связанных с данной деятельностью.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан.** Диссертация выполнена в соответствии с приоритетным направлением программы научных исследований развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энергия и ресурсосбережение».

**Степень изученности проблемы.** Научное обоснование использования химических добавок для модификации пенобетона в мировой практике были разработаны такими зарубежными учеными как Ю.А. Саввина, В.Ф. Черных, В.И. Ницун, А.П. Морозов, Л.Д. Шахова, И.М. Баранов, Е.Г. Величко, А.И. Кудяков, Э.А. Половова, В.В. Балясников В.Н. Моргун, П.А. Ребиндер. В.И. Федоров, Э.Ш. Хакимова, С.А. Гусенков, О.Ф. Суворов, А.С. Коломацкий, Ю.М. Баженов, И.Б. Удачкин, Я.М. Паплавская Л.Н. Попов, В.Н. Тарасенко, Д.В. Твердохлебовым и др., которые внесли огромный вклад в исследования данной отрасли.

Ведущие ученые в области строительных материалов республики - А.Т. Джалилов, А.Б. Ашрабов, И.У. Касимов, Н.А. Самигов, А.А. Тулаганов, А.И. Адилходжаев, Б.А. Аскарлов, Х.А. Акромов, А.А. Тахиров, С.А. Ходжаев, Н. Аббасханов, Х.Х. Комилов, М.У. Каримов., З.М. Сатторов и другие в течение многих лет внесли значительный вклад в изучение, улучшения структуры и свойств бетона с использованием химических добавок и достигли определенных достижений, а также важных научных результатов.

Анализ их исследований показал, что вопросы оптимизации свойств пенобетона с использованием комплексных химических добавок на основе местного сырья, снижения стоимости блоков из пенобетона изучены недостаточно и требуют дальнейших исследований.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование проводилось в Ташкентском архитектурно-строительном институте в рамках практического проекта по теме ОТ-Атех-2018-63 «Создание и исследование энерго и ресурсосберегающей технологии теплоизоляционных материалов – легких и ячеистых бетонов с импортозамещающими комплексными полимер-минеральными добавками нового поколения на основе местного сырья» (2018-2020 г.).

**Целью исследования** является изучение свойств модифицированного пенобетона с комплексными полимерно-минеральными добавками на основе местного сырья и разработка энергосберегающей технологии.

**Задачи исследования:**

оптимизация состава пенобетона с добавлением химических добавок;  
физико-химический анализ состава пенобетона, модифицированного комплексными химическими добавками;

исследование физико-механических и теплопроводных свойств модифицированного пенобетона с комплексными химическими добавками;  
внедрение технологии модифицированного пенобетона с комплексными химическими добавками.

**Объектом исследования является:** пенобетон, изготовленный с применением комплексных полимерно-минеральных добавок на основе местного сырья.

**Предметом исследования** являются физико-механические, физико-химические и технико-экономические параметры пенобетона, изготовленного с применением комплексных полимерно-минеральных добавок нового поколения на основе местного сырья.

**Методы исследования.** Помимо стандартизированных методов исследования свойств и качества пенобетона, использовались современные методы физико-химического анализа, инфракрасно-спектроскопический, электронно-микроскопический и дифференциально-термические анализы, методы статистического, математического моделирования и анализа результатов экспериментов.

**Научная новизна исследования:**

-обоснован механизм структурообразования в модифицированном пенобетоне с учетом эффекта пенообразователя и комплексной химической добавки КДж-ЗЦМБ;

-определен механизм воздействия на свойства модифицированного пенобетона в зависимости от количества комплексной добавки и алюмосиликатной микросферы;

-разработаны уравнения математической регрессии, представляющие возможность управления прочности и средней плотности затвердевшего бетона через изменения количества минерального вяжущего, мелкого заполнителя и пенообразователя в модифицированном пенобетоне;

-усовершенствована энергосберегающая технология производства модифицированного пенобетона за счет применения комплексных добавок, активных минеральных добавок и минеральных наполнителей.

**Практические результаты исследования:** разработаны энергоэффективные и ресурсосберегающие составы пенобетона с добавлением комплексных химических добавок;

разработана новая технология пенобетона с добавлением комплексных химических добавок.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность полученных результатов обеспечивается комплексным изучением исследований с использованием современных приборов и стандартных методов, проведением экспериментов в соответствии со строительными нормами и правилами, высокой точностью результатов теоретических и экспериментальных исследований и внедрением их на практике.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в анализе научных представлений о пенобетоне на основе комплексных добавок КДж-ЗЦМБ, их составе, физико-механических и физико-химических свойствах

Практическая значимость работы. По результатам исследования разработаны и внедрены в производство энерго и ресурсосберегающие составы и технологии модифицированного пенобетона с комплексными химическими добавками КДж-3ЦМБ

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных научных результатов по проектированию и оптимизации свойств пенобетона с добавлением комплексных добавок нового поколения:

Пенобетонные конструкции, модифицированные комплексной химической добавкой КДж-3ЦМБ, внедрены для производства стеновых блоков на заводе ООО «НАМАНГАН ТЕМИР БЕТОН ЗАВОДИ» в г. Наманган (справка ассоциации «Узпромстройматериалы» от 1 ноября 2021 г. 05/15-2717). В результате водопотребность пенобетонной смеси снизилась на 15-20%;

Пенобетонные конструкции, модифицированные с комплексной химической добавкой КДж-3ЦМБ, внедрены на заводе ООО «НАМАНГАН ТЕМИР БЕТОН ЗАВОДИ» в г. Наманган для производства пазогребневых перегородочных блоков (справка ассоциации «Узпромстройматериалы» от 1 ноября 2021 г. 05/15-2717). В результате удалось снизить цементный расход пенобетонной смеси на 15-25%;

Пенобетонные конструкции, модифицированные комплексной химической добавкой КДж-3ЦМБ, внедрены на заводе ООО «НАМАНГАН ТЕМИР БЕТОН ЗАВОДИ» в г. Наманган по производству кладочных блоков, стеновых блоков и пазогребневых ограждающих стен (справка ассоциации «Узпромстройматериалы» от 1 ноября 2021 г. 05/15-2717). В результате водопотребность пенобетонной смеси снизилась на 15-20%, а расход цемента -на 15-25%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований по теме диссертации обсуждены на 3-х международных и 2-х республиканских научно-практических конференциях.

#### **Публикация результатов исследования.**

Всего опубликовано 10 научных работ по теме и материалам диссертации, из которых 4 научных издания рекомендованы к публикации основными научными результатами докторских диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 1 зарубежный журнал. 5 тезисов лекций были опубликованы на международных и республиканских научно-практических конференциях.

**Состав и объем диссертации:** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 116 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** диссертационной работы обосновывается актуальность и востребованность выполненных диссертационных исследований, приводятся цели и задачи исследований, объект и предмет исследований, показано соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагается научная новизна исследований и научно-практическая значимость полученных результатов, внедрение результатов исследований в производство, приводятся сведения об апробации результатов исследований, опубликованных научных трудах по теме диссертационной работы, а также сведения о структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Состояние проблемы и постановка задач»**, даётся аналитический обзор современного состояния научной проблемы. Описаны методы получения энергоэффективного легкого бетона на основе пористых заполнителей, проведен анализ литературных источников по результатам научных работ, проводимых отечественными и зарубежными исследователями по удешевлению бетона с химическими добавками и расходом материалов, улучшающим их физико-механические свойства.

Во второй главе диссертации **«Свойства применяемых материалов и методы исследования»** представлены цементы, наполнители, химические добавки, использованные в исследованиях, а также используемые методы экспериментальных исследований. В исследовании в качестве вяжущего вещества использовали портландцемент ПЦ 400 Д20 по ГОСТ 31108-2020 ОАО «Кувасай цемент», в виде заполнителя использован песок, добытый на карьере в Язованском районе Ферганской области, зола-унос «Янги-Ангренской» ТЭС и выделенные из него алюмосиликатные микросферы.

В исследованиях использованы комплексные химические добавки КДж-ЗЦМБ, КДж-З, КДж-ЗЦ и КДж-ЗМ, ГАК синтезированные в Ташкентском научно-исследовательском химико-технологическом институте при «Узкимёсаноат» академиком В. Джалиловым и доктором химических наук М.У. Каримовым, по соответствующим требованиям ГОСТ 30459-2008.

Методы исследования диссертации были выбраны исходя из целей и задач работы. В экспериментальных исследованиях для изучения структуры пенобетона помимо стандартизированных физико-химических методов, использовались методы физико-химического анализа, в частности, ИК-спектроскопический, рентгенофазовый анализ, дифференциально-термический анализ и электронно-микроскопического анализа. Кроме того, для оптимизации составов пенобетона в исследовании также использовался математический метод планирования экспериментов.

В третьей главе диссертации **«Состав и свойства пенобетона, модифицированного комплексными химическими добавками»** Научные основы модификации состава пенобетона комплексными химическими добавками, теоретические основы повышения эффективности пенобетона и его свойств, результаты экспериментальных исследований влияния комплексных химических добавок на реологические свойства цемента подбор состава пенобетона, математическая оптимизация его состава.

Известно, что суперпластификаторы должны снижать водопотребность цементных систем и повышать прочность бетонной смеси. Проведены теоретические и практические исследования по изучению влияния комплексных химических добавок на водопотребность и кинетику портландцемента и пенобетона, приготовленных на его основе.

Прочность пеноцементных композиций должна увеличиваться за счет снижения водопотребности при применении пластификаторов. Однако этот метод дает положительные результаты, если их применение не приводит к разрушению пены. Поэтому изучено влияние комплексных химических добавок КДж-3ЦМБ, КДж-3, КДж-3Ц и КДж-3М на скорость вспенивания пенообразователя ПБ-2000. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица 1.

Влияние комплексных химических добавок на степень вспенивания пенообразователя ПБ-2000

Без добавок	Вид и количество комплексных химических добавок, %											
	КДж-3ЦМБ			КДж-3			КДж-3Ц			КДж-3М		
	Степень вспенивания (раза)											
	8	10	12	0,6	0,9	1,2	0,6	0,9	1,2	0,6	0,9	1,2
9	11	12	13	9	10	10	6	7	7	8	9	9

Данные таблицы 1 показывают, что химические добавки ПБ-2000 положительно влияют на скорость вспенивания пенообразователя, а добавка КДж-3ЦМБ имеет более высокий показатель, чем КДж-3, КДж-3Ц, КДж-3М, а, с добавками КДж-3Ц, КДж-3М ниже, чем у пены без добавок.

Исследовано влияние комплексных химических добавок КДж-3 и КДж-3ЦМБ на водопотребность портландцемента производства ОАО «Кувасойцемент». Результаты исследования представлены в таблице 2. Нормальная плотность цементного теста не изменилась при добавлении КДж-3ЦМБ до 4%. По этой причине была изучена его потребность в 15% воды.

Таблица 2.

Влияние комплексных химических добавок на водопотребность цемента

Марка добавки	Количество добавки, по отношению цемента, в %					
	Снижение водопотребности цементного теста, в %					
	4	6	8	10	12	15
КДж-3ЦМБ	10,0	18,5	25,0	28,5	30,0	31,0
КДж-3	Количество добавки, по отношению цемента, в %					
	Снижение водопотребности цементного теста, в %					
	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
	5,0	12,5	21,3	25,1	26,9	28,7
КДж-3Ц	Количество добавки, по отношению цемента, в %					
	Снижение водопотребности цементного теста, в %					
	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
	4,5	12	20,5	24	25,6	27,2
КДж-3М	Количество добавки, по отношению цемента, в %					
	Снижение водопотребности цементного теста, в %					
	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5



	4,7	12,3	20,4	24,1	25,5	27,4
--	-----	------	------	------	------	------

Результаты, представленные в таблице 2, показывают, что химические добавки также могут снизить водопотребность цементного теста. При этом действие КДж-3ЦМБ несколько выше, чем у КДж-3, КДж-3Ц, КДж-3М. Однако увеличение количества химических добавок КДж-3ЦМБ более чем на 10% считается экономически неэффективным и может привести к удорожанию строительства.

Таблица 3.

Влияние комплексных химических добавок на продолжительность упрочнения цементного теста.

Марка добавки	Время конденсации цемента	Количество добавки, по отношению цемента, в %					
		4	6	8	10	12	15
КДж-3 ЦМБ	Начало твердения (часы, мин.)	2,20	1,30	0,75	0,52	0,45	0,35
	Окончание твердения (часы, мин.)	4,15	4,20	4,25	5,15	5,30	5,40
		Количество добавки, по отношению цемента, в %					
		0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
КДж-3	Начало твердения (часы, мин.)	2,20	2,00	1,55	1,10	0,55	0,45
	Окончание твердения (часы, мин.)	4,15	4,20	4,25	4,55	5,10	5,20
		Количество добавки, по отношению цемента, в %					
КДж-3Ц	Начало твердения (часы, мин.)	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
	Окончание твердения (часы, мин.)	2,20	2,05	1,5	1,15	1	0,55
		4,15	4,20	4,30	4,50	5,05	5,10
		Количество добавки, по отношению цемента, в %					
		0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
КДж-3М	Начало твердения (часы, мин.)	2,20	2,10	2	1,20	1,05	1
	Окончание твердения (часы, мин.)	4,05	4,15	4,20	4,45	5	5,15

Согласно таблице, добавление в цементный состав сложных химических добавок увеличивает пластичность цементного теста и снижает его потребность в воде, сокращает время начала твердения и продлевает время окончания твердения. Это важные свойства комплексных химических добавок, которые позволяют снизить расход цемента при производстве пенобетона и улучшить качество продукции.

Математическая модель принята в виде вторичного трехфакторного ортогонального плана. В результате оптимизации параметров было принято количество материала, используемого при производстве пенобетона марки Д600.

Основными технологическими факторами приготовления пенобетона были выбраны количество цемента, песка и пенообразователя (ПБ 2000) из расчета на 1 м<sup>3</sup> бетона. Коэффициент конверсии указан для каждого компонента.

Таблица 4.

Пределы изменения компонентов

Факторы	Пределы изменения			Интервал изменений
	+1	0	-1	
Количество цемента, кг $X_1$	390	360	330	30
Количество песка, кг $X_2$	250	175	100	75
Количество пенообразователя, кг $X_3$	1,3	1,1	0,9	0,2

Уравнения регрессии средней плотности получаются следующим образом:

$$Y_{p0} = 602,30 + 30,10X_1 + 75,0X_2 + 8,1X_1X_2 - 0,65X_1^2 - 0,15X_2^2 - 4,05X_3^2$$

По прочности получаются следующие уравнения регрессии:

$$R_c = 2,225 + 0,168X_1 + 0,340X_2 + 0,040X_3 + 0,013X_1X_2 + 0,07X_1^2 + 0,067X_2^2 - 0,033X_3^2$$

Анализ проводился по всем факторам: цемент, песок и количество пенообразователя. Для этого возьмем  $X_1, X_2, X_3$  как (1;0;-1) и сформируем уравнение двухфакторной регрессии:

Таким образом, результаты исследований показали, что пенобетон марки Д600 можно получить из бетонной смеси, состоящей из 330 кг портландцемента, 175 кг песка и 1,1 кг пенообразователя.

В четвертой главе диссертации **«Физико-механические свойства и микроструктура пенобетона, модифицированного комплексными химическими добавками»** представлены физико-химический анализ пенобетона модифицированного комплексной химической добавкой КДж-ЗЦМБ, теплопроводность пенобетона, влияние комплексных химических добавок на пористую структуру пенобетона, влияние комплексной химической добавки КДж-ЗЦМБ на теплопроводность пенобетона, результаты экспериментальных исследований по определению устойчивости пенобетона на морозостойкость.

Из данных, приведенных в таблице, видно, что в результате добавления АСМ в пенобетон, водопотребность бетонной смеси снизилась на 10%, а средняя плотность - на 50 кг. Это объясняется различием формы и структуры поверхности песчинок и зерен АСМ. Обычный песок состоит из неправильно многослойных зерен, которые трудно тереть и сдвигать друг с другом в бетонной смеси.

Таблица 5.

Влияние алюмосиликатных микросфер на физико-механические свойства пенобетона.

Количество АСМ, %	Снижение водопотребности, %	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие МПа/%				
			Сроки твердения, день				
			1	3	7	14	28
0	0	610	<u>0.42</u> 100	<u>0.85</u> 100	<u>1.55</u> 100	<u>2</u> 100	<u>2.3</u> 100
1	-5	580	<u>0.44</u> 105	<u>0.9</u> 106	<u>1.65</u> 106	<u>2.1</u> 105	<u>2.4</u> 104
2	-7	<u>570</u>	<u>0.46</u> 110	<u>0.95</u> 112	<u>1.75</u> 112	<u>2.2</u> 110	<u>2.5</u> 109
3	-10	<u>560</u>	<u>0.45</u> 107	<u>0.92</u> 108	<u>1.7</u> 109	<u>2.15</u> 108	<u>2.48</u> 108

Для их свободного перемещения в смеси требуется дополнительная жидкость-цементная паста. Зерна АСМ, напротив, вместе с пеной увеличивают пластичность смеси, поскольку поверхность имеет гладкую круглую сферическую форму. Это в свою очередь позволяет повысить прочность пенобетона без необходимости добавления цемента, средняя плотность пенобетона снижается за счет легкости зерен АСМ по сравнению с обычным песком.

Таблица 6.

Состав пенобетона

КДж-3ЦМБ, %	Сырье				
	Цемент, кг	Песок, кг	Вода, л	ПБ- 2000, кг	АСМ, %
0	330	175	115	1,1	2
4	330	175	107	1,1	2
6	330	175	102	1,1	2
8	330	175	95	1,1	2
10	330	175	92	1,1	2
12	330	175	89	1,1	2
15	330	175	86	1,1	2

В результате введения в пенобетонную смесь комплексной химической добавки КДж-3ЦМБ в количестве 4% и 15% от массы цемента средняя плотность пенобетона составляет всего 5-35 кг/м<sup>3</sup> до 10-20 кг/м<sup>3</sup>, а водопотребление сократилось на 25%.

Увеличение количества химической добавки более чем на 10% считается экономически неэффективным и может привести к удорожанию строительства.

При введении комплексной химической добавки модификатор КДж-3ЦМБ образовывались закрытые поры небольшого размера. По данным, в результате введения модифицирующей добавки достигнуто увеличение прочности пенобетона в 1,4 раза.

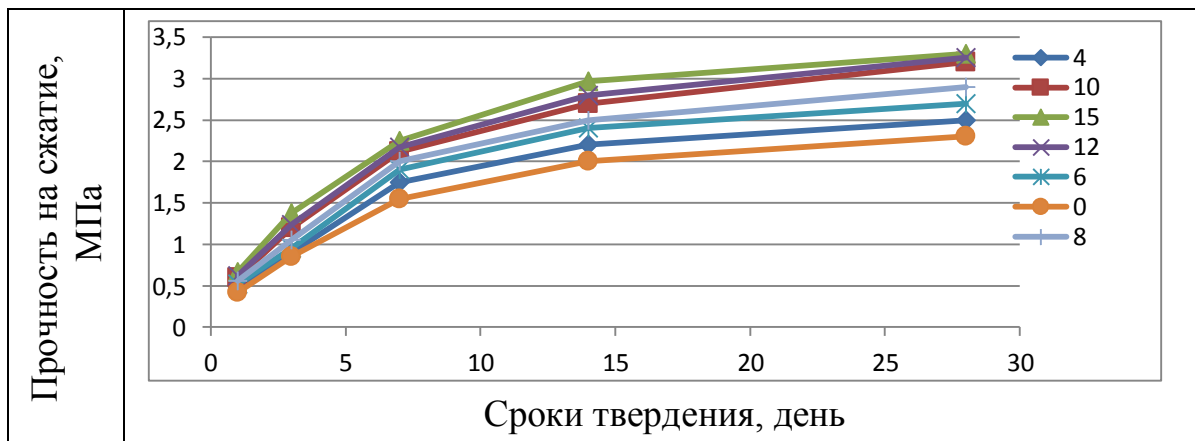


Рис. 1. Предел прочности пенобетона на сжатие.

Методы физико-химического анализа позволяют изучать микроструктуру пенобетона под воздействием комплексных химических добавок и процессы ее изменения, такие как гидратация, кристаллизация и другие. Для исследования структуры пенобетона использовались инфракрасная спектроскопия, рентгенофазовый анализ, термогравиметрический анализ и электронная микроскопия. Термогравиметрический анализ пенобетона без добавок представлен на рисунке 2.

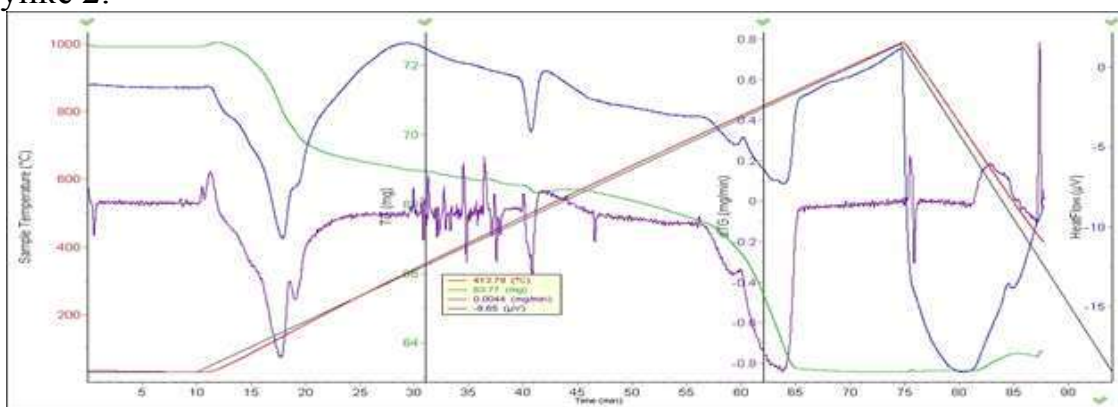


Рис. 2. Термогравиметрический анализ пенобетона без добавок.

1-температурная кривая; 2-кривая динамического термогравиметрического анализа (ДТГА); 3- кривая динамического термогравиметрического анализа (ДТГП); 4-Кривая дифференциального термического анализа (ДТТ).

Анализ кривой динамического термогравиметрического анализа (ДТГА) пенобетона без добавок (кривая 2) показывает, что на кривой ДТГА наблюдались следующие эндоэффекты: 1. Потеря массы эндоэффекта в диапазоне  $100-200^{\circ}\text{C}$  составляют 4,3%, что в основном указывает на отделение свободной воды, не участвующей в процессе гидратации. 2. Потеря массы эндоэффекта в диапазоне  $250-700^{\circ}\text{C}$  составляет 6,7% и указывает на отделение химически связанной воды. 3. Потеря массы эндоэффекта в диапазоне  $750-850^{\circ}\text{C}$  составляет 12,95%, что в основном указывает на разложение минералов, образующихся при гидратации цемента.

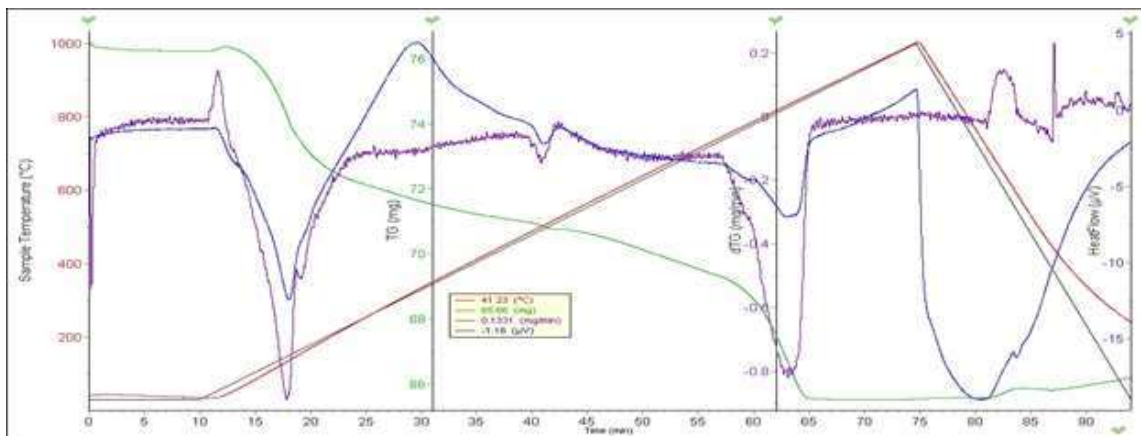
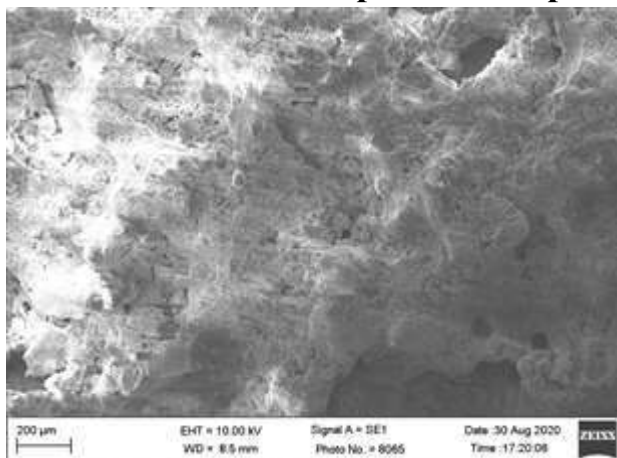


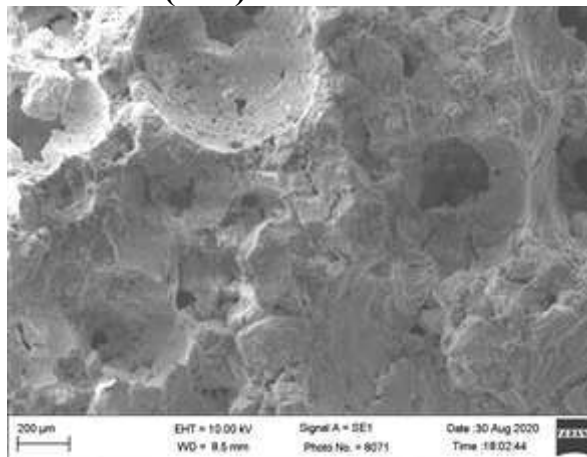
Рис.3. Термогравиметрический анализ пенобетона с добавлением комплексной химической добавки КДж-3ЦМБ 10%.

Анализ кривой динамического термогравиметрического анализа (ДТГА) (кривая 2) с добавлением 10% добавки КДж-3ЦМБ показывает, что на кривой ДТГА наблюдались следующие эндоэффекты: 1. Потеря массы эндоэффекта в диапазоне 100-200<sup>0</sup>С составляет 4,9%, что в основном указывает на отделение свободной воды, не участвующей в процессе гидратации. 2. Потеря массы эндоэффекта в диапазоне 250-750<sup>0</sup>С составляет 9,6%, которая указывает на разделение химически связанной воды. 3. Потеря массы эндоэффекта в диапазоне 800-900<sup>0</sup>С составляет 14,18%, что в основном указывает на разложение минералов, образующихся при гидратации цемента.

#### Электронно-микроскопический (ЭМ) анализ



а) Электронно-микроскопические изображения образца пенобетона без добавок.



б) Электронно-микроскопические изображения образца пенобетона с комплексной химической добавкой КДж-3ЦМБ 10% от массы цемента.

Рис. 4-5. Электронно-микроскопические изображения образца пенобетона.

Игольчатые кристаллы этtringита наблюдаются в основной гелевой массе новообразований и заполняют свободные полости. Рост этtringита образуется в свободном объеме. На электронных микрофотографиях образцов пенобетона с добавкой КДж-3ЦМБ к полученному комплексу также зафиксировано заполнение пор гипсом и гидросульфоалюминатом кальция. Кроме того, количество гидросульфоалюмината является преобладающим при добавлении комплексных добавок. Повышение концентрации гидросульфоалюмината кальция и увеличение удельной поверхности

гидратных фаз, как в общей структуре пенобетона, так и в дефектных участках пространственного каркаса приводит к упрочнению материала. На ранних стадиях затвердевания для уплотнения и укрепления структуры композиций портландцемента с добавлением комплексных добавок гипс и гидросульфат алюмината кальция также кристаллизуются.

При ИК-спектральном анализе пенобетона с комплексной химической добавкой КДж-3ЦМБ были использованы дополнительные образцы без добавок и образцы с комплексными химическими добавками 8; 10 и 12% КДж-3ЦМБ. Спектрограммы, полученные по результатам испытаний, показаны на рис. 6-7.

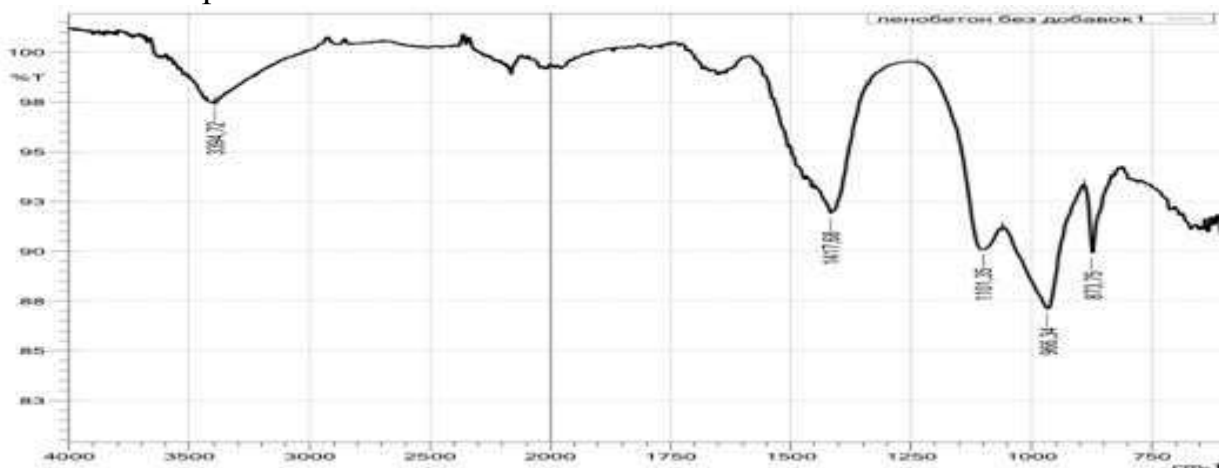


Рис.6. ИК-спектр пенобетона без добавок.

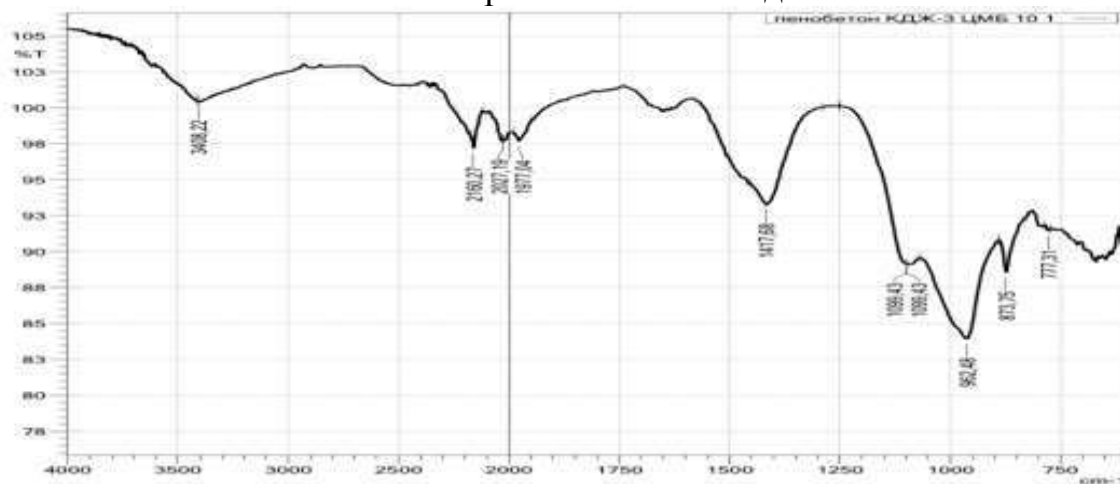


Рис.7. ИК-спектр 10%-ной комплексной химической добавкой пенобетона КДж-3ЦМБ.

По результатам ИК-спектроскопии видно, что полосы поглощения соответствуют адсорбированной воде (3390 см<sup>-1</sup> и 3410 см<sup>-1</sup>), карбонатам (870 и 1420 см<sup>-1</sup>) и силикатам (1000-1200 см<sup>-1</sup>). Линии в диапазоне 1097-1101 см<sup>-1</sup> соответствуют асимметричным и симметричным колебаниям тетраэдров Si-OH кремний-кислородного каркаса. Сильная удлиненная полоса в диапазоне 3394–3410 см<sup>-1</sup> представляет собой ON-удлинение и изгибные колебания свободной и связанной воды.

Присутствие карбоната во всех образцах подтверждается диапазонами ассимиляции 874 и 1417 см<sup>-1</sup> (колебания связей C-O), связанных с удлинением и деформацией групп CO<sub>3</sub>-HCO<sub>3</sub>-с образованием гидроксида

кальция Ca (ОН). На рис.7. колебания в областях 2160, 2029 и 1967 см<sup>-1</sup> по сравнению с частотами молекул воды и гидроксид-ионов увеличиваются с увеличением концентрации функциональных групп минералов (алит, белит) и добавок КДж-3ЦМБ, соответствующих прочности бетона. Сдвиг линий в сторону более высоких значений в модифицированном составе в диапазоне 960-974 см<sup>-1</sup> указывает на большую степень полимеризации гидросиликата кальция, который является составом добавок, по сравнению с высокой прочностью модифицированного состава. Интенсивность линий в диапазоне 3000-4000 см<sup>-1</sup> указывает на присутствие групп Si-ОН в цементном камне, а их высокая интенсивность в модифицированном составе характеризуется большой площадью поверхности модифицированного цементного камня.

### Рентгеновский дифрактометрический анализ

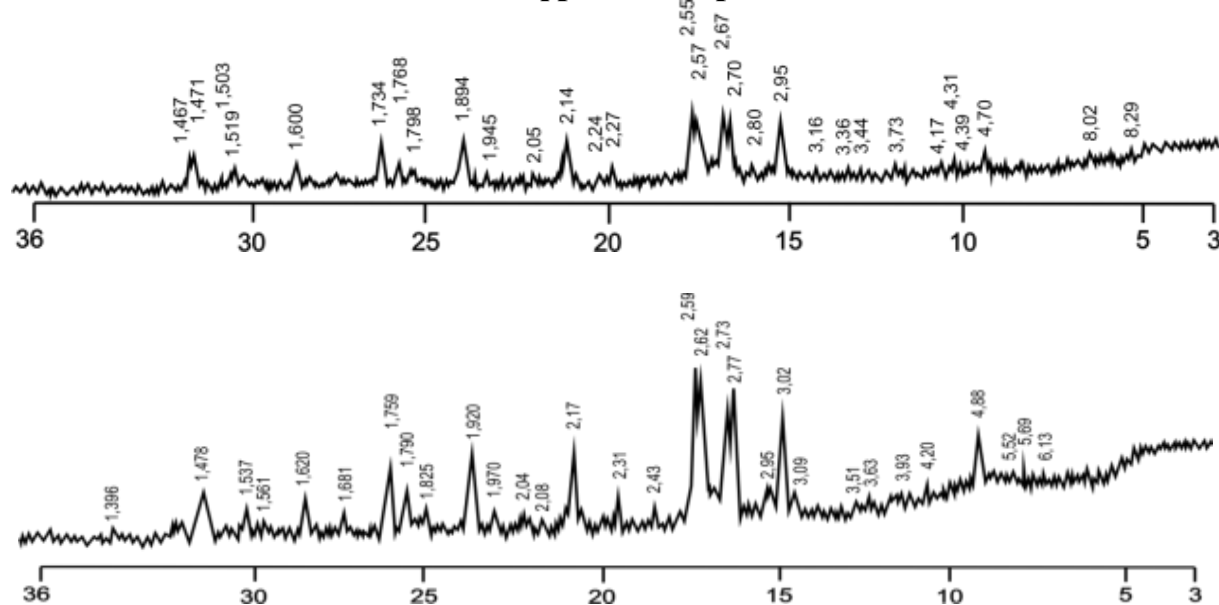


Рис.8. а) без добавок; б) с 10% комплексной химической добавкой КДж-3ЦМБ.

РДТ-анализ образцов пенобетона (рис.8.) выявил наличие в исследуемых образцах следующих минералов:

карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$  (38.60, 28.80, 25.00, 22.90, 22.10, 19.10, 18.80)  $10^{-2}$  нм,

гидроксид кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (49.20, 31.10, 30.40, 26.30, 19.20, 18.00)  $10^{-2}$  нм,

силикат кальция  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  – (27.80, 20.60, 19.80, 16.20)  $10^{-2}$  нм,

$\beta$ -кварц  $\text{SiO}_2$  (33.50, 42.70, 18.20, 13.70)  $10^{-2}$  нм,

$\text{C}_6\text{S}_6\text{H}$  (71.00, 36.00, 30.30; 20.33, 19.50)  $10^{-2}$  нм,

$\text{C}_3\text{AH}_6$  (22.30, 22.60, 33.60, 16.80)  $10^{-2}$  нм,

$\text{C}_2\text{SH}(\text{II})$  (30.40, 19.20, 17.90)  $10^{-2}$  нм,

$\text{CSH}(\text{I})$  (30.40, 18.10, 16.70, 27.90)  $10^{-2}$  нм.

Количественное соотношение продуктов гидратации можно косвенно оценить по интенсивности дифракционного эффекта гидроксида кальция (49,20  $\cdot 10^{-2}$  нм). Более высокая интенсивность образцов модифицированного пенобетона с добавлением 8% комплекса КДж-3ЦМБ по сравнению с контрольными образцами свидетельствует о полной гидратации цемента. При добавлении 10% КДж-3ЦМБ к пенобетону  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  используется для образования дополнительных гидросиликатов кальция с наибольшей

интенсивностью ( $30,40 \cdot 10^{-2}$  нм) на рентгенограмме, соответствующей образцам пенобетона с комплексной добавкой 12%.

Рентгенограмма также может показать присутствие негидратированного  $C_2S$  (27,84, 27,40)  $10^{-2}$ нм наличие таких линий указывает на то, что процесс кристаллизации продуктов гидратации силикатов кальция не завершен и они образуются в течение 28 дней.

Известно, что пористые структуры пенобетона оказывают большое влияние на его свойства.

Пористую структуру пенобетона размером  $10 \times 10 \times 10$  см, без добавок и 8; 10 и 12% комплексными химическими добавками КДж-3ЦМБ изучали в течение 28 дней при нормальных условиях в отвержденных образцах.

Параметры структуры пористости общая пористость ( $P_{ум}$ ), открытая пористость ( $P_{оч}$ ), закрытая пористость ( $P_б$ ), средний размер пор ( $\lambda$ ) и индекс однородности пор ( $\alpha$ ), приняты с нормативного документа ГОСТ 12730.4-78.

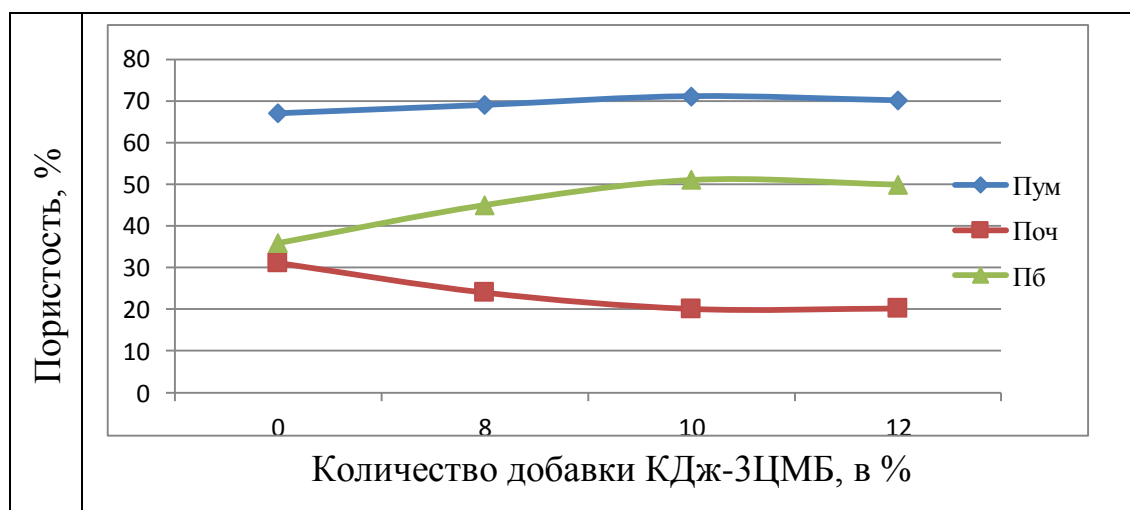
Результаты испытаний и графики на их основе приведены в таблице 7 и на рисунке 9.

Таблица 7.

Параметры пористой структуры образцов пенобетона

Показатели	Количество добавки КДж-3ЦМБ, в %			
	0	8	10	12
$P_{ум}$	67,0	69,0	71,1	70,1
$P_{оч}$	31,1	24,0	20,1	20,2
$P_б$	35,9	45,	51,0	49,9
$\lambda$	1,7	1,5	1,3	1,4
$\alpha$	0,3	0,7	0,9	0,6

Кривые, представленные на рисунке 9, и данные в таблице 7 показывают, что структура пористого пенобетона зависит от количества комплексных химических добавок. Добавка КДж-3ЦМБ практически не влияет на общую пористость пенобетона, но позволяет увеличить долю закрытых пор за счет увеличения объема открытых пор. В бетоне неправильные поры или открытые капилляры заменяются серией равномерно распределенных мелких пор сферической формы, межполюсные стенки утолщаются.





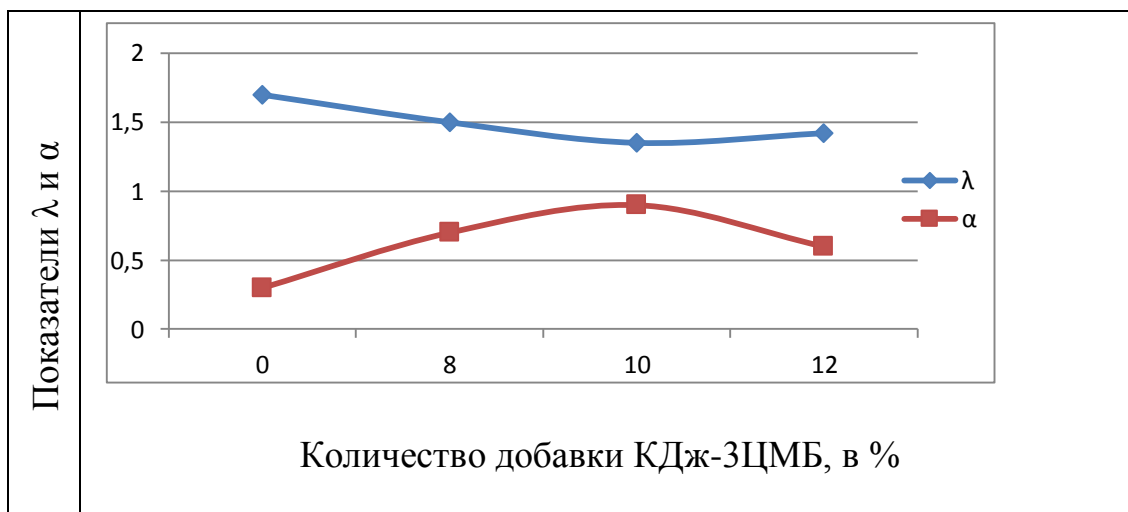


Рис.9. Влияние добавки КДж-3ЦМБ на пористые параметры пенобетона.

В результате модификации с добавкой КДж-3ЦМБ в пенобетоне образуются мелкие поры такого же размера. Результаты исследования показали, что оптимизация пористой структуры пенобетона может быть достигнута путем добавления комплексной химической добавки КДж-3ЦМБ в количестве 10% по отношению к массе портландцемента. Это, в свою очередь, позволяет повысить прочность, морозостойкость и энергосберегающие свойства бетона.

Учет такой равномерности при расчете термического сопротивления теплопроводности приводит к увеличению толщины однослойных стенок на 5, 10%, а у многослойных стенок на 30% и более. Кроме того, для повышения конкурентоспособности необходимо повысить прочность цементной матрицы в пенобетоне и снизить его среднюю плотность. В свою очередь, уменьшение средней плотности снижает теплопроводность, толщину стены здания (расход материала) и его стоимость.

Для определения влияния комплексной химической добавки на теплопроводность пенобетона были приготовлены образцы размером 10x10x10 см и 15x15x2,0 см.

После отверждения образцов в нормальных условиях в течение 28 дней определяли влажность (W), среднюю плотность (ρ) и расчетные показатели качества (КСК). Образцы размером 15x15x2,0 см испытывали на приборе марки «ИТС-1» и определяли коэффициенты теплопроводности (λ). Результаты испытаний и графики на их основе приведены в таблице 8 и на рисунке 10.

Таблица 8.

Параметры пористой структуры и теплопроводность образцов пенобетона

Количество химической добавки КДж-3ЦМБ, %	Средняя плотность ρ, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент конструктивного качества КСК, МПа/(кг/м <sup>3</sup> )	Влажность W, %	Теплопроводность λ, Вт/(м·°С)	Прочность на сжатие МПа
0	570	0,0038	21	$\frac{0.172}{100}$	2,3

4	572	0,0042	21.4	$\frac{0.162}{94}$	2,5
6	578	0,0045	21.8	$\frac{0.155}{90}$	2,7
8	585	0,0048	22	$\frac{0.150}{87}$	2,9
10	585	0,0053	22.7	$\frac{0.135}{78}$	3,2
12	600	0,0053	22.4	$\frac{0.142}{83}$	3,18
15	605	0,0052	22.1	$\frac{0.147}{85}$	3,1

Кривые, представленные на рис. 10, и данные, приведенные в таблице 8, показывают, что изменение значений теплопроводности пенобетона зависит от комплексной химической добавки.

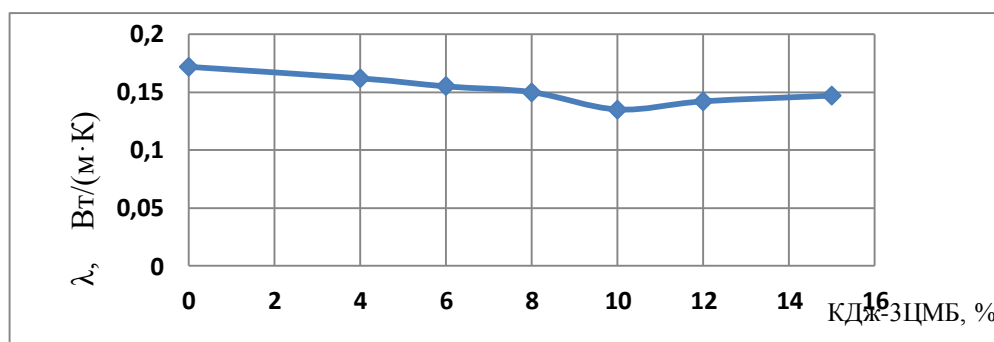


Рис.10. Влияние добавки КДж-3ЦМБ на теплопроводность ( $\lambda$ ) пенобетона.

Эта зависимость косвенно связана с количеством добавки, увеличение количества которой позволяет снизить теплопроводность пенобетона за счет уменьшения плотности пенобетона и улучшения пористой структуры.

Среди показателей, определяющих качество строительных материалов, в том числе цементобетона, особое значение имеет их морозостойкость.

Наши исследования по определению морозостойкости проводились на образцах размерами 10x10x10см. пенобетона без добавок и с 8; 10 и 12% добавками КДж-3ЦМБ. Информация о составе и свойствах используемого пенобетона приведена в таблице 9.

Таблица 9.

Результаты испытаний образцов пенобетона с комплексными химическими добавками на морозостойкость

Номер испытаний	КДж-3ЦМБ %	Свойства образцов пенобетона				Морозостойкость
		Средняя прочность после испытаний	Средняя прочность до испытаний	Потери при замораживании и оттаивании, %		
				Масса	Прочность	
1	-	2,18	2,3	4,1	5,1	F <sub>135</sub>
2	4	2,39	2,5	3,7	4,3	F <sub>135</sub>

3	6	2,59	2,7	3,2	3,9	F <sub>135</sub>
4	8	2,81	2,9	2,6	3,2	F <sub>135</sub>
5	10	3,13	3,2	1,4	2,1	F <sub>135</sub>
6	12	3,11	3,18	1,8	2,3	F <sub>135</sub>
7	15	3,02	3,1	2,1	2,5	F <sub>135</sub>

Из приведенных данных видно, что образцы пенобетона всех составов хорошо выдержали 30 циклов замораживания-оттаивания. Уменьшение массы и прочности образцов при испытаниях ГОСТ 10060-2012 «Бетон. Метод определения морозостойкости» полностью отвечает требованиям нормы и соответствует марке F<sub>135</sub> по морозостойкости.

В пятой главе диссертации **«Опытное производство и возможность применения модифицированного пенобетона с комплексными химическими добавками нового поколения»** представлены результаты внедрения комплексных химических добавок модифицированного керамзитобетона в опытное производство и приведены результаты обоснования целесообразности использования пенобетона, модифицированного предлагаемой комплексной химической добавкой КДж-3ЦМБ и результаты технико-экономического обоснования.

ООО «НАМАНГАН ТЕМИР БЕТОН ЗАВОДИ» разработало состав пенобетона с добавлением комплексной химической добавки КДж-3ЦМБ для производства пенобетона класса Д600. Применение комплексной химической добавки КДж-3ЦМБ позволило снизить расход цемента на 15-25%. Состав материалов, используемых при производстве пенобетона на заводе, и результаты расчета стоимости этих материалов приведены в таблице 10.

Согласно таблице 10, экономическая эффективность 1 м<sup>3</sup> пенобетона в обмен на снижение расхода цемента составила 21 000 сумов.

Таблица 10.

Расход и стоимость применяемых в заводских условиях материалов на 1 м<sup>3</sup> пенобетона класса Д600.

Наименование материала	Единица измерения	Нормативный расход на 1 м <sup>3</sup>		Цена (ККС), сум.	Стоимость, сум	
		Без добавок	С добавкой		Без добавок	С добавкой
Цемент ПЦ 400 Д20	кг	330	250	700	231000	175000
Песок фр. 0-5	кг	175	175	40	7000	7000
Пенообразователь	кг	1,1	1,2	2500	27500	30000
Добавка КДж-3ЦМБ	кг		25	1300		32500
Итого:					265500	244500

КДж-3ЦМБ успешно прошел производственные испытания комплексных химических добавок. Желательно использовать комплексные химические добавки для увеличения прочности пенобетона.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Математические модели, разработанные для оценки модуля упругости, плотности, прочности и других свойств, в основном применимы к бетонным смесям, не модифицированным пластификаторами, и не могут использоваться при оценке свойств бетонных смесей с высоким скольжением, полученных на основе легких заполнителей. Для улучшения качества бетона и бетонной смеси, придания им специфических свойств, удешевления строительного процесса используются комплексные химические добавки, синтезированные на основе различного местного сырья.

2. Исследование системы стандартными методами изучения свойств материалов позволило выявить реальные свойства модифицированного пенобетона с добавками. При изучении химического состава и структурной структуры цементных композиций и пенобетона, модифицированного комплексными добавками, использованы современные методы, такие как дифференциально-термический, инфракрасно-спектроскопический и электронно-микроскопический.

3. Оптимальное соотношение компонентов при получении комплексной химической добавки КДж-3ЦМБ составляет 1:1:1 (полиакрилонитрил: сульфит натрия: формалин), а оптимальная температура составляет 90°C. В таких условиях выход комплексной добавки составляет 95%.

4. Установлено, что комплексная химическая добавка КДж-3ЦМБ снижает водопотребность цементного теста на 15-20% в начале процесса загустевания, незначительно сокращая его продолжительность.

5. Лучшая химическая добавка КДж-3ЦМБ, повышающая физико-механические свойства пенобетона, добавлена в количестве 10% от массы портландцемента.

6. При изучении структуры образования цементных композиций и физико-химического анализа установлено, что с добавлением небольших количеств комплексных добавок обеспечивающих прочность и долговечность бетонных изделий, образование минералов в цементных композициях.

7. Теплопроводность легкого бетона зависит от типа пористого заполнителя, пористости легкого бетона, направления теплового потока через слой бетона, средней температуры в момент теплопередачи, средней плотности и влажности бетона. Маленькие, закрытые и однородные поры приводят к снижению теплопроводности материала и повышению его теплозащитных свойств.

8. В СП ООО «НАМАНГАН ТЕМИР БЕТОН ЗАВОДИ» применен разработанный состав пенобетона, позволяющий экономить вяжущее при производстве железобетонных изделий с высокой прочностью при производстве железобетонных изделий с добавкой КДж-3ЦМБ. При этом экономия цемента составила 10,01% (21 000 сум/м<sup>3</sup>) по сравнению с производством пенобетона без добавок.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc. 26/30.12.2019.T.11.01 AT TASHKENT  
INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING ON  
GRADUATION OF DOCTOR OF SCIENCE**

---

**TASHKENT INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CIVIL  
ENGINEERING**

**MAMATOV XAMIDULLA ABDULLAYEVICH**

**STRUCTURE AND TECHNOLOGY OF NEW GENERATION FOAM  
CONCRETE WITH COMPLEX ADDITIVES**

**05.09.05 - Building materials and products**

**DISSERTATION ABSTRACT of the doctor of philosophy (phd) on technical sciences**

**Tashkent-2022**

The theme of doctor of philosophy dissertation is registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan №

The dissertation was conducted at the Turin polytechnic university in Tashkent and Tashkent institute of architecture and civil engineering

The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) it is web pages at ([www.taqi.uz](http://www.taqi.uz)) and information and educational portal "Ziyonet" ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific advisor:**

**Samigov Nigmatjan Abdurakhimovich**  
Doctor of Technical Sciences, professor

**Official opponents:**

**Khojaev Saidaglam Agloevich**  
Doctor of Technical Sciences, professor

**Sattarov Zafar Muradovich**  
Candidate of Technical Sciences, professor

**Lead organization:**

**Namangan Institute of Civil Engineering**

The defence of the dissertation will take place on «15» march 2022 at 10:00 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: (99871) 241-10-84; fax: (99871) 241-80-00, e-mail: [devon@taqi.uz](mailto:devon@taqi.uz), [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

The dissertation is registered in Information-Resource Center at Tashkent Architecture and Construction Institute (registration number No. 74). The text of the dissertation is available at the Information Research Center at the following address: 100011, Tashkent, Abdulla Qodiriy Street, 7v. Phone: (99871) 244-63-30; Fax: (99871) 241-80-00, e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

The abstract of the dissertation was circulated on «28» february 2022 year.

(mailing report №11 on «28 » december 2021)



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

**A.T. Khotamov**  
Scientific Secretary of the Scientific  
Council for the award of doctoral degrees,  
Doctor of technical Sciences, associate professor

**B.A. Askarov**  
Chairman of scientific seminar at the attachment of the Scientific  
Council for the award the degree of Doctor of technical Science,  
Doctor of technical Science, Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**Relevance and relevance of the topic of the dissertation.** The depletion of energy resources in the world requires a sharp increase in energy efficiency in the construction of buildings. The energy crisis of the twentieth century showed an increase in fuel prices in the construction industry, the need to create and implement resource-saving and energy-saving technologies in the production of building materials and products. In this regard, the effective use of energy-saving technologies, the improvement of new building materials and existing technologies in the field of building materials, the use of chemical and mineral additives to improve the construction and operational properties of foam concrete, the intensification of cement hydration, as well as the acceleration of the initial strength of concrete are one of the most important tasks.

In recent years, scientists and builders in the world have shown great interest in foam concrete based on aerated concrete technology. Research is underway to improve the properties of foam concrete. In particular, many studies are being conducted to select fillers for the production of high-quality foam concrete, control the formation of structures in hardened cement stone using chemical and mineral additives, optimize the composition of foam concrete and form a strong structure of the material. In this regard, it is important to study the physical and technical properties of foam concrete, reduce the consumption of mineral binders using local raw materials and secondary resources in their production, and develop energy-saving technologies.

A number of measures are being implemented in the Republic to develop the construction industry, modernize the production of building materials, effectively use local and secondary raw materials in the production of building materials, as well as increase production. The Strategy of Actions for the Further Development of the Republic of Uzbekistan for 2017-2021 defines the tasks, in particular, "... improving the competitiveness of the national economy, reducing the energy and material intensity of the economy, the widespread introduction of energy-saving technologies into production." One of the most important tasks is to improve the technology of production of high-quality foam concrete structures and products using complex chemical additives from polymer-mineral materials based on local raw materials.

This dissertation research to a certain extent serves to fulfill the tasks provided for by the Decree of the President of the Republic of Uzbekistan PF-4947 of February 7, 2017 "On the Strategy for further development of the Republic of Uzbekistan", PP-2615 of September 28, 2016 "On the program of measures for further development of the construction industry for 2016-2020", PP-4198 of February 20, 2019 "On measures for radical improvement and integrated development of the building materials industry", Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PF-5445 dated May 22, 2018 "On additional measures to optimize the procedure for carrying out design and construction work in capital construction" and PP-4335 "On additional measures to accelerate the development of the construction materials industry" and other tasks related to this activity.



**Compliance of the research with the priority directions of the development of science and technology of the Republic of Uzbekistan.** The dissertation was carried out in accordance with the priority direction of the research program for the development of science and technology of the Republic II. "Energy, energy and resource conservation".

**The degree of knowledge of the problem.** Scientific substantiation of the use of chemical additives for modification of foam concrete in the world practice was developed by such foreign scientists as Y.A. Savvina, V.F. Chernykh, V.I. Nitsun, A.P. Morozov, L.D. Shakhova, I.M. Baranov, E.G. Velichko, A.I. Kudiyakov, E.A. Polovova, V.V. Balyasnikov, V.N. Morgun, P.A. Rebinder, V.I. Fedorov, E.S. Khakimova, S.A. Gusenkov, O.F. Suvorov, A.S. Kolomatsky, Y.M. Bazhenov, I.B. Udachkin, Y.M. Paplavskaya L.N. Popov, V.N.T arasenko, D.V. Tverdokhlebov and others, who made a huge contribution to the research of this industry.

The leading scientists in the field of building materials of the republic - A.T. Jalilov, A.B. Ashrabov, E.U. Kasimov, N.A. Samigov, A.A. Tulaganov, A.I. Adilkhodjaev, B.A. Askarov, H.A. Akramov, A.A. Tokhirov, S.A. Khodjaev, N. Abbashonov, X.X. Komilov, M.U. Karimov., Z.M. Sattorov and others for many years have made a significant contribution to the study, improvement of the structure and properties of concrete using chemical additives and have achieved certain achievements, as well as important scientific results.

An analysis of their research has shown that the issues of optimizing the properties of foam concrete using complex chemical additives based on local raw materials, reducing the cost of foam concrete blocks have not been sufficiently studied and require further research.

**The connection of the dissertation research with the plans of research works of the higher educational institution where the dissertation was performed.** The dissertation research was conducted at the Tashkent Institute of Architecture and Construction within the framework of a practical project on the topic of ATEX-2018-63 "Creation and research of energy and resource-saving technology of thermal insulation materials - light and cellular concrete with import-substituting complex polymer-mineral additives of a new generation based on local raw materials" (2018-2020).

**The purpose of the study** is to study the properties of modified foam concrete with complex polymer-mineral additives based on local raw materials and the development of energy-saving technology.

**Research objectives:**

optimization of the composition of foam concrete with the addition of chemical additives;

physico-chemical analysis of the composition of foam concrete modified with complex chemical additives;

investigation of physico-mechanical and heat-conducting properties of modified foam concrete with complex chemical additives;

introduction of modified foam concrete technology with complex chemical additives.

**The object of the study is:** foam concrete made with the use of complex polymer-mineral additives based on local raw materials.

**The subject of the study** is the physico-mechanical, physico-chemical and technical and economic parameters of foam concrete made with the use of complex polymer-mineral additives of a new generation based on local raw materials.

**Research methods.** In addition to standardized methods for studying the properties and quality of foam concrete, modern methods of physico-chemical analysis, infrared spectroscopic, electron microscopic and differential thermal analyses, methods of statistical, mathematical modeling and analysis of experimental results were used.

**Scientific novelty of the study:**

the mechanism of structure formation in modified foam concrete is substantiated, taking into account the effect of a foaming agent and a complex chemical additive KDj-3ChMB;

-the mechanism of influence on the properties of modified foam concrete depending on the amount of complex additive and aluminosilicate microsphere is determined;

-mathematical regression equations have been developed that represent the possibility of controlling the strength and average density of hardened concrete through changes in the amount of mineral binder, fine aggregate and foaming agent in modified foam concrete;

-the energy-saving technology of modified foam concrete production has been improved through the use of complex additives, active mineral additives and mineral fillers.

**Reliability of the results of the study.** The reliability of the results obtained is ensured by a comprehensive study of research using modern instruments and standard methods, conducting experiments in accordance with building codes and regulations, high accuracy of the results of theoretical and experimental studies and their implementation in practice.

**Scientific and practical significance of the research results.** The scientific significance of the results of the study lies in the analysis of scientific ideas about foam concrete based on complex additives KJ-3TsMB, their composition, physical-mechanical and physical-chemical properties

The practical significance of the work. Based on the results of the study, energy and resource-saving compositions and technologies for modified foam concrete with complex chemical additives KDj-3ChMB were developed and introduced into production

**Implementation of the research results.** On the basis of the research results on the design and optimization of the properties of foam concrete with the addition of complex additives of the new generation:

Foam concrete structures, the modified complex chemical additive KJ-3TsMB implemented for the production of wall blocks at the plant of "NAMANGAN TEMIR BETON BACKWATER" in the city of Namangan (statement of Association "Uzpromstroybank" on November 1, 2021, No. 05/15 -2717). As a result, the water demand of the foam concrete mixture decreased by 15-20%;

Foam concrete structures modified with a complex chemical additive KJ-3CMB were introduced at the NAMANGAN TEMIR CONCRETE WORKS LLC plant in Namangan for the production of pazogrebnevy partition blocks (certificate of the association "Uzpromstroyaterials" dated November 1, 2021 No. 05/15 - 2717). As a result, it was possible to reduce the cement consumption of the foam concrete mixture by 15-25%;

Foam concrete structures modified with a complex chemical additive KJ-3CMB were introduced at the NAMANGAN TEMIR CONCRETE WORKS LLC plant in Namangan for the production of masonry blocks, wall blocks and pazogrebnevy enclosing walls (certificate of the association "Uzpromstroyaterials" dated November 1, 2021 No. 05/15 -2717). As a result, the water demand of the foam concrete mixture decreased by 15-20%, and the consumption of cement-by 15-25%;

**Approbation of the results of the study.** The results of research on the topic of the dissertation were discussed at 3 international and 2 republican scientific and practical conferences.

**Publication of the research results.**

A total of 10 scientific papers on the topic and materials of the dissertation have been published, of which 4 scientific publications are recommended for publication by the main scientific results of doctoral dissertations by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan, including 1 foreign journal. 5 abstracts of lectures were published at international and republican scientific and practical conferences.

**Dissertation:** The dissertation work consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 116 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть, I part)**

1. Samigov N.A., Karimov M.U., Mamatov X.A., “Physicochemical Structure And Properties Of Cement Stones With A Complex Chemical Additive KDj-3CHMB”// The American Journal of Engineering and Technology Volume 3 Issue 04, 2021 ISSN 2689-0984 Pages:43-53. Impact Factor (2021) 5.705

2. Н.А.Самигов, М.У.Каримов, Х.А.Маматов “Цемент тоши комплекс кимёвий кўшимча КДж-3ЦМБ билан физик-механик хусусиятлари”// “Илмий-техника журнали” Фарғона Политехника Институту 2021. Том 25. № 4 126-139 бетлар (05.00.00. №4)

3. Н.А.Самигов, М.У.Каримов, Х.А.Маматов “Инфракрасной спектроскопический анализ пенобетона с комплексной химической добавкой КДж-3ЦМБ”// “Научно-практический журнал «Архитектура Строительство Дизайн» № 3-4/2020 г. С. 156-161 (05.00.00. №3-4).

4. Н.А.Самигов, М.У.Каримов, Х.А.Маматов “Физико-механические свойства цементных композиций с комплексными химическими добавками КДж-3Ц”// проблемы архитектуры и строительства (научно-технический) СамГАСИ №4, специальный выпуск 2020 год С. 43.-44. (05.00.00. №4).

5. Н.А. Самигов, М.У.Каримов, Х.А.Маматов Исследование состава и физико-механических свойств пенобетона с комплексной химической добавкой КДж-3// Научно-практический журнал «Архитектура Строительство Дизайн» № Спец. Выпуск/2019 г. С. 53-56. (05.00.00. №4).

**II бўлим (II часть, II part)**

6. Н.А.Самигов, А.Т.Джалилов, М.У.Каримов, Х.А.Маматов Комплекс кимёвий кўшимча КДж-3 билан Кўпикбетоннинг физик-механик хусусиятларини ўрганиш // “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях” Международной научно-практической конференции Фарғона политехника институту 24-25 мая 2019 г. С.247-248.

7. Н.А.Самигов, М.У.Каримов, Х.А.Маматов “Инновационная модификация пенобетона с комплексной химической добавкой КДж-3. // Тошкент техника университети Международная Научно- практическая конференция “Инновация–2019” С. 172-174.

8. Н.А.Самигов, Х.А.Маматов “Влияние керамзита на свойства пенобетона” // Қурилишда инновациялар, энергиятежамкор технологиялар, бинолар ва иншўтларнинг конструкциявий ва сейсмик хавфсизлиги Халқаро миқёсидаги илмий-техник конференция Наманган муҳандислик–қурилиш институту № 7-9 ноябр 2019 й. б. 250-252.

9. Н.А.Самигов, Х.А.Маматов “Влияние зола унос на свойства пенобетона”// “Ресурсосберегающе технологии на железнодорожном транспорте инновационные технологии о строительстве.” республиканской научно-практической конференции Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта Выпуск 15 2020г Ст. 23-24.

10. Н.А.Самигов, М.У.Каримов, Х.А. Маматов “Физико-механические свойства цементных композиций с комплексными химическими добавками КДж-3Ц” // “Замонавий қурилиш материаллари ва буюмларини Тайёрлаш жараёнида фан, таҳлим ва ишлаб чиқариш интеграциясини такомиллаштиришнинг муаммо ва ечимлари” республика илмий-амалий конференция Мирзо Улуғбек номидаги Самарқанд давлат Архитектура-қурилиш институтида (2020 йил 16-17 октябрь) 81-84 бетлар.



Автореферат “Архитектура қурилиш ва дизайн” илмий-амалий журнали  
таҳририятидан ўтказилди ва матнларни мослиги текширилди  
(23.02.2022.й.)

Босишга рухсат этилди 27.11.2020 й. Бичими 60x841/16.  
Офис қоғози. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табағи: 2.8. Адади 100 нусха. Буюртма № 23-11.  
Тел.: (99) 832 99 79; (97) 815 44 54  
«IMPRESS MEDIA» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилди.  
Манзил: Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6 уй.