

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

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

МАҲАМАТАЛИЕВ ИРКИН МУМИНОВИЧ

**МОДИФИКАЦИЯЛАНГАН БЕТОНЛАРНИНГ СТРУКТУРАСИ ВА
ХОССАЛАРИНИ СТРУКТУРАЛИ-ИМИТАЦИЯЛИ
МОДЕЛЛАШТИРИШ УСЛУБЛАРИ БИЛАН ТАДҚИҚОТ
ҚИЛИШНИНГ НАЗАРИЙ ВА МЕТОДОЛОГИК АСОСЛАРИ**

05.09.05 – Қурилиш материаллари ва буюмлари

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2019

Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации

Contents of Abstract of Doctoral (DSc) dissertation

Махаматалиев Иркин Муминович

Модификацияланган бетонларнинг структураси ва хоссаларини структурали-имитацияли моделлаштириш услублари билан тадқиқот қилишнинг назарий ва методологик асослари.....3

Махаматалиев Иркин Муминович

Теоретические и методологические основы исследования структуры и свойств модифицированных бетонов методами структурно-имитационного моделирования.....31

Maxamataliev Irkin Muminovich

Methodological basics of the optimal and direction of physical compounds design and chemical properties of multicomponent high-quality concretes.....59

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....63

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

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

МАҲАМАТАЛИЕВ ИРКИН МУМИНОВИЧ

**МОДИФИКАЦИЯЛАНГАН БЕТОНЛАРНИНГ СТРУКТУРАСИ ВА
ХОССАЛАРИНИ СТРУКТУРАЛИ-ИМИТАЦИЯЛИ
МОДЕЛЛАШТИРИШ УСЛУБЛАРИ БИЛАН ТАДҚИҚОТ
ҚИЛИШНИНГ НАЗАРИЙ ВА МЕТОДОЛОГИК АСОСЛАРИ**

05.09.05 – Қурилиш материаллари ва буюмлари

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2019

Техника фанлари бўйича докторлик (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.2.DSc/T234 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент темир йўл муҳандислари институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.taqi.uz) ва «Ziyonet» ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:	Адилходжаев Анвар Ишанович техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Тулаганов Абдуқобил Абдунабиевич техника фанлари доктори, профессор Ерофеев Владимир Трофимович техника фанлари доктори, профессор (Россия) Абдусаттаров Абдусамат техника фанлари доктори, профессор
Етакчи ташкилот:	Наманган муҳандислик-қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Тошкент-архитектура қурилиш институти, Тошкент темир йўл муҳандислари институти, Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институти ва Наманган муҳандислик-қурилиш институти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.11.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «2» ноябрь соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100011, Тошкент, Абдулла Қодирий кўчаси, 7В-уй. Тел.:(998 71) 241-10-84; факс: (998 71) 241-80-00, e-mail: devon@taqi.uz , taqi_atm@edu.uz).

Диссертация билан Тошкент архитектура қурилиш институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 25 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 13-уй. Тел.:(998 71) 244-63-30; факс: (998 71) 241-80-00, e-mail: taqi_atm@edu.uz.

Диссертация автореферати 2019 йил «16» октябрь куни тарқатилди.
(2019 йил «24» сентябрь 4 рақамли реестр баённомаси.)

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

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

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

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда таркиблари ва тайёрлаш технологияси жихатидан анъанавий бетонлардан жиддий фарқ қилувчи кўп компонентли юқори сифатли янги авлод бетонларини ишлаб чиқиш ва улардан саноат, фуқаро ва транспорт қурилишининг замонавий объектлари конструкцияларини барпо қилишда кенг кўламда фойдаланиш етакчи ўринни эгалламоқда. Ривожланган давлатларда, жумладан АҚШ, Япония, Канада, Германия, Франция ва Европанинг бошқа ривожланган мамлакатларида янги авлод бетонлари ҳозирги кунда инсониятнинг устувор ривожланишини таъминловчи асосий қурилиш материали сифатида эътироф қилинади ва «Конструкцион бетон бўйича халқаро федерация»¹ (International Federation for Struktural Concrete, FIB) маълумотларига кўра бетонларни ишлаб чиқариш ҳажми йилига 4,0 млрд. м³ га яқинлашганлиги башорат қилинади. Шу жихатдан олганда дунёнинг ҳар бир мамлакатада маҳаллий материаллар ва хом ашё базасига асосланган ҳолда кўп компонентли юқори сифатли янги авлод бетонларининг таркиби ва технологиясини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳоннинг етакчи илмий марказларида юқори қурилиш-техник ва эксплуатацион хоссаларга эга бўлган янги авлод бетонларининг таркиби ва технологиясини такомиллаштиришга йўналтирилган комплекс илмий-тадқиқот ишлари давом эттирилмоқда. Бундай бетонларни тайёрлашда уларнинг таркибига юқори маркали (М500 ва ундан юқори) цементлар, кимёвий қўшимчалар: супер- ва гиперпластификаторлар, кукунсимон реакцион-фаол минерал микротўлдиргичлар киритиш юқори самара бермоқда. Шу билан бирга ушбу соҳадаги мавжуд муаммоларни ечишда янги авлод бетонларининг таркиби ва структурасини замонавий математик ва структурали-имитацияли моделлаштириш усулларида фойдаланиб оптимал лойиҳалаштириш методикасини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикамизда қурилиш материаллари саноати ва қурилиш индустрияси тармоғини жадал ривожлантириш, янги замонавий қурилиш материаллари ва конструкцияларини ишлаб чиқариш, уларнинг таннархини арзонлаштириш, янги авлод бетонларидан барпо қилинаётган конструкциялар, бино ва иншоотларнинг ишончлилигини ошириш масалаларига алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришда энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»² вазифалари

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

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

белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан, қурилиш соҳасида энергия ва ресурслар сарфини сезиларли даражада тежаш имконини берувчи янги авлод бетонлари таркибини оптимал лойиҳалаш, комплекс модификацияланган бетонлар структурасини замонавий математик ва структурали-имитацияли моделлаштириш усулларидадан фойдаланиб оптималлаштиришнинг назарий ва методологик асосларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 9 августдаги ПҚ-3190-сон «Ўзбекистон Республикаси ҳудуди ҳамда аҳолининг сейсмик хавфсизлиги, қурилиш зилзилабардошлиги ва сейсмология соҳасида илмий тадқиқотлар ўтказишни такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2016 йил 28 сентябрдаги ПҚ-2615-сон «2016-2020 йилларда қурилиш индустриясини янада ривожлантириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги, 2019 йил 20 февралдаги ПҚ-4198 сон «Қурилиш материаллари саноатини тубдан такомиллаштириш ва комплекс ривожлантириш 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, энерго ва ресурс тежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи³.

Янги авлод бетонларининг янги турларини яратиш, таркибларини оптималлаштириш, уларни ишлаб чиқаришнинг самарали технологияларини ишлаб чиқиш ҳамда мавжудларни янада такомиллаштиришга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, American Concrete Institute (АҚШ), Bundesverband Betonbauteile Deutschland (Германия), European Federation for the Precast Concrete industry (Бельгия), International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials (Франция), International Federation for Structural Concrete (Швейцария), International Association for Shell and Spatial Structures (Испания), International Council for Building (Голландия), International Association for Earthquake Engineering (Япония), University of Exeter (Буюк Британия), А.А.Гвоздев номидаги Темирбетон ва бетон илмий-тадқиқот институти (Россия), Тошкент архитектура-қурилиш институти, Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институти, Тошкент темир йўл муҳандислари

³Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи <http://enciklopediyastroy.ru>, www.understanding-cement.com, <https://theconstructor.org>, <https://www.linkedin.com> ва бошқа манбаалар асосида ишлаб чиқарилган

институти (Ўзбекистон) томонидан кенг қамровли илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Жаҳонда янги авлод бетонларининг таркиби ва технологиясини яратиш, уларнинг асосида бетон ва темирбетон конструкцияларнинг ишончлилиги, умрбоқийлиги ва ресурстежамкорлигини оширишга оид олиб борилган тадқиқотлар натижасида бир қатор, жумладан қуйидаги натижалар олинган: таркибга микрокремнезем ва гиперпластификаторлар комплексини киритиш, қоришмани $t=150-200^{\circ}\text{C}$ ҳароратда пресслаш орқали бетоннинг мустаҳкамлигини кескин оширувчи ($>300\text{МПа}$) технологиялар ишлаб чиқилган (American Concrete Institute, АҚШ); таркибга графен қатламларини киритиш орқали ўта мустаҳкам (4 баровар мустаҳкамроқ) ва сувга чидамли (2 марта чидамлироқ) бетон олинган (University of Exeter, Буюк Британия); таркибга микрокремнезем ва базальт толаларини киритиш туфайли мустаҳкамлиги $150-175\text{МПа}$ га тенг бўлган фибробетонлар ишлаб чиқилган (Bundesverband Betonbauteile Deutschland, Германия); комплекс модификацияланган бетонлар асосида кўприklarнинг сейсмик устувор юпка деворли ва ўта мустаҳкам юк кўтарувчи конструкциялари ишлаб чиқилган (International Association for Earthquake Engineering, Япония).

Дунёда юқори физик-механик ва эксплуатацион хоссаларга эга бўлган янги авлод бетонларидан самарали қурилиш конструкциялари ва буюмларини ишлаб чиқиш бўйича бир қатор, жумладан: қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: таркибига минерал микротўлдиргич ва пластификацияловчи кимёвий қўшимчалар қўшилган комплекс модификацияланган бетонлар дисперс системасидаги фазалараро ўзаро таъсирланишни бошқариш усуллари ишлаб чиқиш; комплекс модификацияланган бетонлар таркибларини оптимал лойиҳалашнинг янги услубини ишлаб чиқиш ва мавжудларини такомиллаштириш; комплекс модификацияланган бетонларни микроструктура даражасида математик моделлаштиришнинг замонавий автоматлаштирилган услублари асосида оптималлаштириш методикасини ишлаб чиқиш; комплекс модификацияланган бетонларни макроструктура даражасида замонавий структурали-имитацияли моделлаштириш услублари асосида оптималлаштириш методикасини ишлаб чиқиш; комплекс модификацияланган бетонлар физик-механик ва эксплуатацион хоссалари кўрсаткичларини минерал микротўлдиргичлар сирт-фаол хоссалари ва кимёвий қўшимчаларнинг пластификациялаш қобилиятини эътиборга олган ҳолда олдиндан башорат қилиш методикасини ишлаб чиқиш; цементли системалар гидратацияланиш муҳитида физик-кимёвий ўзаро таъсирларни бошқаришга йўналтирилган технологияларни такомиллаштириш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё тажрибасида янги авлод бетонларини яратиш, модификацияланган бетонлар таркиби ва технологиясини такомиллаштириш, турли хилдаги минерал микротўлдиргичлар ва пластификацияловчи кимёвий қўшимчаларнинг

цементли боғловчи билан ўзаро таъсирлашуви қонуниятларини ўрганиш бўйича И.П.Александрин, И.Н.Ахвердов, Ю.М.Баженов, В.Г.Батраков, А.Н. Бобрышев, Г.Г.Вагнер, А.В.Волженский, В.Н. Выровой, Г.И.Горчаков, В.С.Демьянова, В.Т.Ерофеев, Ю.В.Зайцев, А.И.Звездов, П.Г.Комохов, В.И.Калашников, В.Н.Кондращенко, Н.В.Михайлов, Т.И.Петрова, Г.А. Полковникова, В.И. Соломатов, В.П.Селяев, Ю.А. Соколова, А.В.Ушеров-Маршак, Н.Б.Урьев, В.Р.Фаликман, Р.Фере, Г.У.Хинце, С.В.Шестоперов, А.Е.Шейкин ва бошқа олимлар кенг қамровли илмий тадқиқотлар олиб борганлар.

Республкамизда модификацияланган бетонларнинг таркиблари ва технологиясини маҳаллий материаллар ва хом ашё базасига татбиқан ишлаб чиқиш, таркибига пластификацияловчи кимёвий кўшимчалар ва минерал микротўлдиргичлар қўшилган бетонлар технологиясини такомиллаштириш, модификацияланган бетонлар структураси ва хоссаларини моделлаштириш асосида таркибларини оптималлаштириш масалалари бўйича Э.У. Қосимов, М.Қ. Тоҳиров, Н.А. Самиғов, А.И. Адилходжаев, А.Т.Джалилов, С.А.Ходжаев, Б.Б.Хасанов, Р.Д.Тешабаев, А.А.Ашрабов, Н.Х.Талипов, А.А.Тулаганов, В.М. Цой ва бошқалар турли йилларда илмий-тадқиқот ишлари олиб борганлар

Улар томонидан амалга оширилган кўплаб тадқиқотларда кимёвий кўшимчаларнинг цементли системаларга таъсир кўрсатиши, дисперс системаларнинг сирт фаоллигини минерал заррачаларнинг ўлчами оптимал бўлган микротўлдиргичлардан фойдаланиб бошқариш механизмлари очиб берилган, олдиндан белгиланган хоссалар комплексига эга бўлган модификацияланган бетонлар структурасининг мақсадга йўналтирилган шакллантирилиш масалалари батафсил кўриб чиқилган. Лекин ушбу тадқиқотларда минерал микротўлдиргич ва пластификацияловчи кимёвий кўшимчадан иборат бўлган органик-минерал кўшимчали комплекс модификацияланган бетонлар таркибини илмий-асосланган тарзда лойиҳалаш, комплекс модификацияланган бетонларнинг таркиби ва структурасини микро- ва макроструктура даражасида замонавий математик ва структурали-имитацияли моделлаштириш усулларидан фойдаланиб оптималлаштириш масалалари етарли даражада ўрганилмаган. Айнан шу ҳолат мазкур диссертация иши мавзусини танлаш, унинг мақсад ва вазифаларини белгилашда асос бўлиб хизмат қилди.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент темир йўл муҳандислари институти илмий-тадқиқот ишлари режаларининг № И-2015-8-2 «Бетон ва йиғма темир-бетон ишлаб чиқаришига самарадор технологияни жорий қилиш» (2013-2015); № А14-013 «Ўзбекистон Республикасида ишлаб чиқариладиган оддий маркали цемент асосида юқори мустаҳкам бетонларни олиш технологияси ва таркибларини ишлаб чиқиш» (2012-2015), № БВ-Ф4-04 «Композицион материалларнинг полиструктурали назарияси асосида кўп компонентли

юқори сифатли бетонлар таркибини оптималлаштириш ва хоссаларини башорат қилиш» (2017-2019), № БВ-Атех-2018-105 «Структурали-имитацияли моделлаштириш усулларида фойдаланиб сейсмочидамли қурилиш учун самарали цемент композитлар олиш ва тадқиқ қилиш методологиясини ишлаб чиқиш» (2017-2019) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади минерал микротўлдиргич ва пластификацияловчи кимёвий қўшимчадан иборат органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетонлар таркиби ва структурасини микро- ва макродаражаларда математик ва структурали-имитацияли моделлаштиришнинг замонавий услубларидан фойдаланиб оптимал лойиҳалаш усулини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

минерал микротўлдиргичлар ва пластификацияловчи кимёвий қўшимчалар қўшилган комплекс модификацияланган бетонларни ишлаб чиқиш ва улардан фойдаланиш бўйича хорижий мамлакатлар ва республикамиз олимлари илмий тадқиқотлари натижаларини ўрганиб чиқиш ва тизимлаштириш;

комплекс модификацияланган бетонларни алоҳида туркум сифатида ажратишни кўзда тутувчи цементли бетонларнинг “модификациялаш даражаси” белгиси бўйича янги таснифини ишлаб чиқиш;

комплекс модификацияланган бетонларнинг таркибий компонентларини сифат жиҳатидан аниқлаш имконини берувчи минерал микротўлдиргичлар ва пластификацияловчи кимёвий қўшимчаларни илмий асосланган танлаб олиш усулини ишлаб чиқиш;

комплекс модификацияланган бетонлар таркибий компонентларининг оптимал миқдорини аниқлаш имконини берувчи, ҳамда математик ва структурали-имитацияли моделлаштиришнинг замонавий услубларидан фойдаланишни кўзда тутувчи кўп даражали оптималлаштириш усулини ишлаб чиқиш;

комплекс модификацияланган бетонлар таркибини оптимал лойиҳалаш усулини маҳаллий материаллар ва Ўзбекистон Республикаси минерал хомашё ресурслари базасига татбиқан синовидан ўтказиш ва олинган натижалар асосида бетоннинг янги таркиби ва бетон қоришмасини тайёрлашнинг янги усулини ишлаб чиқиш ва уларни амалиётга жорий қилиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида таркиби келиб чиқиши табиий ёки техноген бўлган маҳаллий минерал микротўлдиргич ва самарали пластификацияловчи кимёвий қўшимчадан иборат бўлган органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетонлар олинган.

Тадқиқотнинг предмети таркиби маҳаллий минерал микротўлдиргич ва самарали пластификацияловчи кимёвий қўшимчадан иборат бўлган органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетонларнинг таркиби, структураси ва хоссалари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида қурилиш материалларини синашнинг стандартлаштирилган усуллари, физик-кимёвий ва математик-статистик таҳлил қилиш усуллари, ҳамда экспериментларни математик режалаштириш ва структурали-имитацияли моделлаштиришнинг замонавий усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетонлар таркибини лойиҳалашнинг ишлаб чиқилган усуллари асосида композицион қурилиш материаллари полиструктурали назариясининг методологик принциплари такомиллаштирилган;

органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетонларнинг сифат жиҳатидан таркибини аниқлаш учун минерал микротўлдиргичлар ва пластификацияловчи кимёвий қўшимчаларни илмий-асосланган ҳолда танлаш усули ишлаб чиқилган;

математик ва структурали-имитацияли моделлаштириш услубларидан фойдаланган ҳолда органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетонларнинг таркиби, микро- ва макроструктурасини оптималлаштириш усули ишлаб чиқилган;

илк бор маҳаллий материаллар ва минерал хом ашё ресурслари асосида органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетон қоришмасининг таркиби ишлаб чиқилган;

илк бор юқори физик-механик ва эксплуатацион хоссаларга эга бўлган органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетонларни олиш имконини берувчи бетон қоришмасини тайёрлаш усули ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

янги авлод бетонларини ва уларни ўз навбатида иккита: “модификацияланган” ва “комплекс модификацияланган” турларга ажратишни кўзда тутувчи цементли бетонларнинг “модификациялаш даражаси” белгиси бўйича янги таснифи таклиф қилинган;

органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетонларни олиш рецептурасида компонентларнинг сифат даражасидаги таркибини аниқлаш учун минерал микротўлдиргичлар ва пластификацияловчи кимёвий қўшимчаларни танлаб олишнинг илмий-асосланган усули ва ушбу методикани амалда қўллашда ҳисоблашларни автоматлаштириш имконини берувчи ЭҲМлар учун дастур яратилган;

органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетонлар микроструктураси даражасида таркиби ва структурасини оптималлаштириш имконини берувчи экспериментларни математик режалаштиришнинг такомиллаштирилган усуллари қўллашга асосланган усул ва ушбу усул доирасида ҳисоблашларни автоматлаштириш имконини берувчи ЭҲМлар учун дастур яратилган;

органоминерал кўшимчали комплекс модификацияланган бетонлар макроструктураси даражасида таркиби ва структурасини оптималлаштириш имконини берувчи структурали-имитацияли моделлаштиришнинг замонавий усулларига асосланган ЭХМлар учун дастур ишлаб чиқилган;

цемент сарфи бўйича юқори тежамкор ва физик-механик ва эксплуатацион хосса кўрсаткичларига эга бўлган органоминерал кўшимчали комплекс модификацияланган бетонларнинг маҳаллий материал ва хом ашё ресурсларига асосланувчи оптималлаштирилган таркиблари ва технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги экспериментал тадқиқотлар комплексининг замонавий услуб ва воситалардан фойдаланган ҳолда ўтказилганлиги, назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижаларининг юқори даражада мутаносиблиги, экспериментал маълумотларни қайта ишлашда математик статистиканинг синалган усулларидан фойдаланилганлиги, ҳамда методикалар, дастурий таъминот, комплекс модификацияланган бетон таркиблари ва технологиясини амалиётга жорий қилишда ижобий натижаларга эришилганлиги билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқотлар натижаларининг илмий аҳамияти органоминерал кўшимчали комплекс модификацияланган бетонларни янги авлод бетонларининг бир тури сифатида структураси ва хоссаларининг шаклланиши ҳақидаги илмий фаразларнинг ривожлантирилиши, уларнинг таркиби ва структурасини микро- ва макродаражаларда кўп даражали оптималлаштириш усулининг назарий асослари яратилиши, ҳамда композицион қурилиш материалларининг полиструктурали назарияси методологик принципларининг янада такомиллаштирилиши билан изоҳлананди.

Тадқиқотлар натижаларининг амалий аҳамияти органоминерал кўшимчали комплекс модификацияланган бетонлар рецептурасида компонентларнинг сифат жихатидан таркибини аниқлаш учун минерал микротўлдиргичлар ва пластификацияловчи кимёвий кўшимчаларни танлаб олишнинг илмий-асосланган усулини, юқори физик-механик ва эксплуатацион хоссалари кўрсаткичларига эга бўлган маҳаллий материаллар ва хом ашё ресурсларига асосланиб олинувчи янги авлод бетонларининг оптимал таркиблари, уларнинг таркиби ва структурасини микро- ва макродаражаларда оптималлаштириш учун ҳисоблашларни автоматлаштириш имконини берувчи алгоритмлар ва дастурий маҳсулотларни ишлаб чиқариш амалиётида қўлланиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Модификацияланган бетонларни структурали-имитацияли моделлаштириш усули билан структураси ва хоссаларини тадқиқот қилишнинг назарий ва методологик асосларини яратиш бўйича олинган натижалар асосида:

цеолитли тоғ жинси ва GLENIUM SKI 504 суперпластификатори асосида олинган органоминерал кўшимчали комплекс модификацияланган

бетонларнинг оптимал таркиблари «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» МЧЖ ҚҚда йиғма бетон ва темирбетон конструкциялар тайёрлашда ишлаб чиқаришга жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2019 йил 12 августдаги Н/4715-19-сонли маълумотномаси). Натижада цемент сарфини 1,4 марта камайтириш, мустаҳкамликни 12-20%га, музлашга чидамликни 1,5-2 баробар, сув ўтказмасликни эса бир марказга ошириш имкони яратилган;

органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетонларнинг таркиби ва микроструктурасини оптималлаштириш усули «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» МЧЖ ҚҚда бетонларнинг ишчи таркибларини оптимал лойиҳалашда жорий этилган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2019 йил 12 августдаги Н/4715-19-сонли маълумотномаси). Натижада В15-В40 синфли бетонларнинг оптимал таркибларини аниқлаш вақти, материал ва меҳнат сарфларини 20%га камайтириш имкони яратилган;

органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетонларнинг таркиби ва макроструктурасини оптималлаштириш усули «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» МЧЖ ҚҚда бетонларнинг ишчи таркибларини оптимал лойиҳалашда жорий этилган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2019 йил 12 августдаги Н/4715-19-сонли маълумотномаси). Натижада В15-В40 синфли бетонларнинг оптимал таркибларини аниқлаш вақти, материал ва меҳнат сарфларини 20%га камайтириш имкони яратилган;

органоминерал қўшимчали комплекс модификацияланган бетон қоришмасининг янги таркиби ва темирбетон конструкцияларини ишлаб чиқариш бўйича “Технологик инструкция”лар «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» МЧЖ ҚҚда жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2019 йил 12 августдаги Н/4715-19-сонли маълумотномаси; “Бетон қоришмаси” №ІАР 05771 15.02.2019). Натижада маҳсулотнинг таннархини 12-15 %га камайтириш имкони яратилган;

бетон қоришмасини тайёрлашнинг янги усули «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» ҚҚ МЧЖ корхонасида жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2019 йил 12 августдаги Н/4715-19-сонли маълумотномаси; “Бетон қоришмасини тайёрлаш усули” №ІАР 05772 15.02.2019). Натижада 1275 млн. сўмлик иқтисодий самара олиш имкони яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 8 та республика илмий-техник ва илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 75 та илмий ишлар, шулардан 2 таси монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фан доктори (DSc) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий журналларда 21 та мақола, жумладан 20 таси республика ва 1таси хорижий журналларда нашр этилган. Бундан ташқари 2 та ихтирога патент ва 4 та

дастурий воситага муаллифлик гувоҳномалари олинган, 1 та ўқув-услугий қўлланма ва 1 та услубий кўрсатма чоп этилган.

Диссертация тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, олти боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 243 бетни, асосий қисми эса 200 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация тадқиқотларининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотларнинг мақсад ва вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, Ўзбекистон Республикасида фан ва технологиялар тарақиётининг устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотларнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, шунингдек, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилинганлиги, чоп этилган илмий ишлар ва диссертациянинг тузилиши ва ҳажми бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Кўп компонентли юқори сифатли янги авлод бетонларини тадқиқ қилиш ва қўллашнинг замонавий ҳолати ва истиқболлари”** деб номланган биринчи бобда модификацияланган бетон технологияси ривожланишининг замонавий ҳолати бўйича аналитик шарҳ келтирилган бўлиб, унда цементли бетонлар технологияси ривожланишининг назарий ва амалий масалалари аниқлаштирилган, янги авлод бетонларини (ЯАБ) қўллашнинг илғор хорижий ва маҳаллий тажрибаси ақс этирилган, ЯАБнинг оптималлаштирилган таркиби ва структурасини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар самарадорлигини ошириш йўллари кўрсатиб берилган.

Илғор хорижий қурилиш тажрибасининг кўрсатишича, яқин келажакда оддий бетонлар ўрнини янги авлод бетонлари батамом эгаллайди. Бу биринчи навбатда бетонлар таркибига қўшимчалар комплексини: минерал микротўлдиргичлар ва пластификацияловчи кимёвий қўшимчаларни киритиш орқали амалга оширилади. Амалиётда бетонларнинг янги авлодини юқори даражада зич, капилляр ғовақларининг улуши кам, гидратли янги ҳосилаларининг миқдори кўп бўлган цемент тошининг структурасини мақсадга йўналтирилган равишда шакллантириш орқали амалга оширилади. Цементли бетонларни қўшимчалар комплекси билан модификациялаш цементли бетонларнинг самарадорлигини сезиларли даражада оширишнинг энг осон ва арзон усулларида бири ҳисобланади.

Бирок, қўшимчалар комплексининг цемент тоши фазали таркибига, цементли композициялар структурасининг шаклланиши ва умрбоқийлигига таъсири, ҳамда ЯАБлари, шулар жумласидан комплекс модификацияланган бетонлар (КМБ) таркибини илмий асосланган лойиҳалаштириш масалалари етарлича батафсил тадқиқ этилмаган. Илмий-техник адабиётларнинг таҳлили кўрсатишига, ҳозирги кунда пластификацияловчи кимёвий қўшимчалар ва минерал микротўлдиргичларни қўллаб олинadиган КМБ таркибини лойиҳалашда модификаторлар комплексини танлаб олиш, ҳамда уларнинг

таркиби ва структурасини кўп даражали оптималлаштириш услублари умуман мавжуд эмас. Шунинг учун мазкур докторлик диссертациясида курилиш материалшунослигидаги мавжуд ушбу илмий муаммони ечишга ҳаракат қилинган ва илк бор органоминерал кўшимча (ОМҚ) кўшилган КМБларнинг таркиби ва структурасини оптимал лойihalаштириш усули таклиф этилган. Диссертация ишининг мавзуси бўйича мавжуд адабиётлар шарҳи асосида тадқиқотларнинг ишчи гипотезаси шакллантирилган, мақсад ва вазифалари белгилаб берилган.

Ишчи гипотеза. Кўп компонентли гидратацияланувчи муҳитда содир бўладиган физик-кимёвий ўзаро таъсирлашувларнинг хусусияти ва мураккаблигини эътиборга олиб, математик ва структурали-имитацияли моделлаштиришнинг замонавий усуллари қўлланган янги авлод бетонлари таркиби ва структурасини кўп даражали оптималлаштиришни қўллаш асосида цементли композитнинг структура ҳосил қилиши механизмини ростлаш ва хоссаларини башорат қилишнинг назарий ва методологик асосларини ишлаб чиқиш ҳамда содир бўлувчи ўзгаришларга қулай муҳитни яратиш ҳисобига мустаҳкамлик ва эксплуатацион кўрсаткичлари юқори бўлган самарали комплекс модификацияланган бетонлар олиш эҳтимоли фараз қилинади.

Диссертациянинг **“Бошланғич материаллар тавсифи ва қабул қилинган тадқиқотлар усуллари”** деб номланган иккинчи бобида ЯАБ, хусусан ОМҚли КМБларнинг таркибига кирувчи бошланғич хом ашё материаллари ва экспериментал тажрибаларни бажариш учун қабул қилинган тадқиқот усуллари тавсифлари келтирилган.

Диссертация ишида тадқиқотлар учун Ўзбекистон Республикасида катта ҳажмда мавжуд бўлган, келиб чиқиши табиий ва техноген минерал микротўлдиргичлар: Ангрен ИЭС учирма кули, Бекобод меткомбинатининг электр-эритиш шлаки, Олмалиқ кон-металлургия комбинатининг мис-эритиш шлаки, Бельтау конининг цеолитли тоғ жинслари, Ангрен конининг глиежи, Қорақия конининг базальт тоши, Майский карьерининг кварцли қуми, Қизилқумнинг бархан қуми қабул қилинган. Экспериментал тадқиқотларда бетон учун пластификацияловчи кимёвий кўшимчалар сифатида камёб бўлмаган маҳаллий ва импорт қилинувчи: техник лигносульфонатлар (ЛСТ), натрий-карбоксиметилцеллюлоза қолдиқлари (КОН), сувли концентранган оқова (СВК), суперпластификатор С-3, Megaplast JK-02, GLENIUM SKY 504 кўшимчалари қабул қилинган.

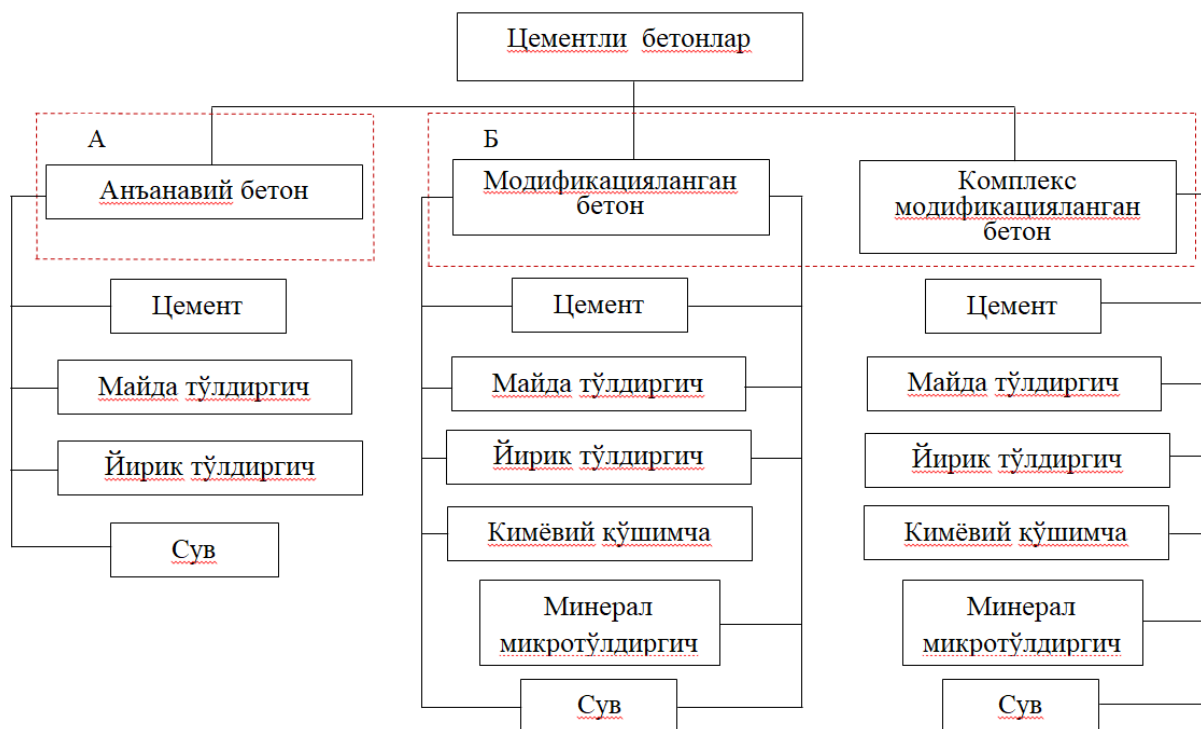
Диссертация тадқиқотлари олдида қўйилган мақсад ва вазифалардан келиб чиқиб тадқиқотларнинг услублари асослаб берилган ва танлаб олинган. Экспериментал тадқиқотларда стандартлаштирилган услублар билан бир қаторда физик-кимёвий таҳлилнинг замонавий услублари, ҳамда етакчи хорижий илмий-тадқиқот институтларининг мутахассислари томонидан ишлаб чиқилган ностандарт методикалар қўлланган. Минерал микротўлдиргичлар ШЛМ-100 лаборатория тегирмонида майдаланган.

Минерал микротўлдиргичларнинг дисперслигини баҳоловчи нисбий сирт кўрсаткичи ПСХ-11А асбобида ҳаво ўтказувчанлик услуги (Козени-Карман услуги) бўйича аниқланган. Минерал микротўлдиргичларнинг сирт-фаол хоссаларини ўрганиш бўйича экспериментал тадқиқотларда А.П.Ничепоренко (Россия) ишлаб чиққан адсорбция марказлари тақсимланишини аниқлаш услуги қўлланган. Цемент хамирининг структура ҳосил қилиши кинетикаси Ребиндер конуссимон пластометрида аниқланган. КМБлар ёрилишга чидамлилиги тавсифлари: кучланишлар интенсивлигининг критик коэффициентлари- K_c ни аниқлашда ГОСТ 29167-91 да келтирилган услубдан фойдаланилган. ОМҚ ли КМБлар ғоваклигини ўрганишда симобли порометрия услуги қўлланган ва бунда Thermo Scientific фирмасининг Pascal 240 EVO серияли симобли порозиметри ишлатилган. ОМҚ ли КМБлар таркиби ва структурасини микро- ва макроструктура даражасида оптималлаштиришда экспериментларни режалаштиришнинг классик ва такомиллаштирилган услублари ҳамда компьютерга оид моделлаштиришнинг замонавий структурали-имитацияли усулбидан фойдаланилган.

Диссертациянинг **“Комплекс-модификацияланган бетонлар учун минерал микротўлдиргичлар ва пластификацияловчи кимёвий қўшимчаларни танлашнинг илмий асосланган методикаси”** деб номланган учинчи бобида цементли бетонлар учун “модификациялаш даражаси” белгиси бўйича, пластификацияловчи кимёвий қўшимчаларни эса “сув сирт таранглигини нисбий камайиши” мезони бўйича таснифлари, минерал микротўлдиргичларни “келтирилган гидратацион фаоллик кўрсаткичи” бўйича таснифи, ҳамда кимёвий қўшимчаларни пластификациялаш қобилияти ва минерал микротўлдиргичлар сирт-фаол хоссаларини баҳолашнинг янги методикаларини ишлаб чиқиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари келтирилган.

ЯАБни ишлаб чиқиш ва улардан фойдаланиш масалалари бўйича бажарилган адабий манбаларнинг таҳлили уларни қурилиш амалиётда жуда кенг тарқалаётганлигини, хилма-хиллигини ва модификацияловчи қўшимчаларининг сони турлича эканлигини эътиборга олган цементли бетонларнинг янги таснифини ишлаб чиқишни тақозо қилди. Шуни эътиборга олиб, ЯАБларининг барча турларини ўз ичига олувчи цементли бетонларнинг “модификациялаш даражаси” белгиси бўйича янги таснифи ишлаб чиқилди (1-расм). Янги таснифнинг мазмуни шундан иборатки, назарий жиҳатдан ЯАБларининг таркибига бир-биридан кимёвий тузилиши ва цементнинг гидратацияси жараёнига таъсир кўрсатиши механизми жиҳатдан тубдан фарқ қилувчи 2 хил модификацияловчи қўшимча: кимёвий ва минерал қўшимча киритиш мумкин. Фикримизча, бетоннинг таркибига уларнинг биттасини киритиш модификацияланган бетон (МБ) деб, биргаликда киритилиши эса КМБ деб номланиши лозим. Ушбу таснифнинг қабул қилиниши ЯАБларнинг маълум бўлган барча турларини: “юқори

мустаҳкам бетон”, “ўзи зичланувчи бетон”, “юқори эксплуатацион кўрсаткичли бетон” ва бошқаларни ўз ичига қамраб олади ва уларнинг таркибини лойиҳалаш масаласига аниқлик киритади.



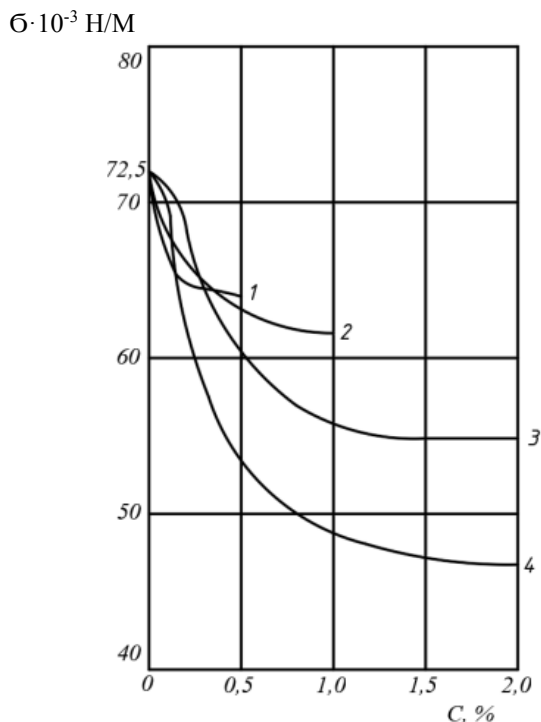
А Блок – эски авлод бетонлари; Б Блок – эски авлод бетонлари

1-расм. Бетонларнинг “модификациялаш даражаси”га кўра таснифи

Ушбу бобда цементли системалар учун ишлаб чиқилган пластификацияловчи кимёвий қўшимчалар ва минерал микротўлдиргичларнинг янги таснифлари ҳам келтирилган. Пластификацияловчи кимёвий қўшимчалар янги таснифининг асосида ушбу қўшимчаларнинг маълум бир ҳароратда эритмадаги сувнинг сирт таранглиги кўрсаткичини пасайтириш қобилияти ётади. Шунинг учун экспериментал тадқиқотларда кимёвий қўшимчаларнинг сувнинг сирт таранглигини пасайтириш даражаси батафсил ўрганилди ва ушбу қўшимчалар учун сувли эритмаларининг сирт таранглиги изотермалари олинди (2-расм). Ушбу изотермалар пасаювчи эгри чизиклар тўпламидан иборат бўлиб, уларда вертикал участкадан нишабли горизонтал участкага ўтишнинг яққол кўринувчи қисми мавжуд. Кимёвий қўшимчалар дозировкасининг ушбу жойдаги сон қиймати асосида сирт таранглигининг нисбий кўрсаткичи ($\bar{\sigma}$) ҳисоблаб топилади. Диссертация ишида ушбу кўрсаткич кимёвий қўшимчаларнинг пластификациялаш қобилиятини баҳоловчи мезон сифатида қабул қилинди ва ушбу мезон асосида кимёвий қўшимчаларнинг янги таснифи ишлаб чиқилди (1-жадвал).

Цементли системалар учун минерал микротўлдиргичларнинг янги таснифи - “келтирилган гидратацион фаоллик кўрсаткичи”га (P_{pga})

асосланган бўлиб, ушбу мезон, фикримизча, минерал микротўлдиргичлар сирт юзасининг гидратацияланиш мухитида кечадиган ўзаро таъсирлашувлар ва янги маҳсулотлар ҳосил бўлиши жараёнларининг боришини аниқроқ баҳолаш имконини беради. Минерал микротўлдиргичларнинг “келтирилган гидратацион фаоллик кўрсаткичи”ни ҳисоблаш учун экспериментал тадқиқотлар асосида олинган адсорбция марказлари тақсимланишининг график боғланишларидан фойдаланилади (3-расм).



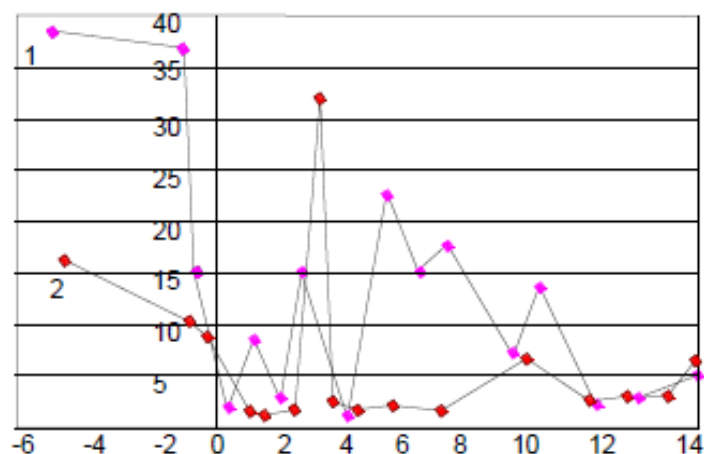
1,2,3,4- ЛСТ, КЖН,СВК,С-3 кимёвий қўшимчалар учун (t= 20 °С да);

2-расм. Кимёвий қўшимчалар эритмаларининг сирт таранглиги изотермалари

1-жадвал

Кимёвий қўшимчаларнинг сирт фаол хоссалари бўйича таснифланиши

Сирт таранглиги нисбий кўрсаткичи, $\bar{\sigma}$	Кимёвий қўшимчалар тавсифи
> 0,95	Кучсиз пластификатор
0,95-0,85	Ўрта кучли пластификатор
0,85-0,75	Кучли пластификатор
<0,75	Суперпластификатор



1- базальтти микротўлдиргич; 2- ИЭС учирма кули

3-расм. Микротўлдиргичлар сиртидаги адсорбция марказларининг тақсимланиш графиги

Сўнгги йилларда бажарилган минерал микротўлдиргичларнинг сирт фаоллик хоссаларини тадқиқ қилиш материалларини умумлаштирган холда уларнинг сиртидаги адсорбция марказларининг сон миқдорларини баҳолашда P_{pga} кўрсаткичидан фойдаланиш таклиф қилинди. Таклиф этилди кўрсаткич қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$P_{pga} = P_{kv} + P_{kl} + 0.33P_{ol} - 0.1P_{ob}, \quad (1)$$

бу ерда : P_{kv} , P_{kl} , P_{ol} , P_{ob} - $0 < pKa < 7$; $pKa > 13,0$; $-4 < pKa < 0$; $7 < pKa < 13,0$ 10^{-3} мг-экв/г– соҳалардаги адсорбция марказларининг сонини билдиради.

Янги тасниф бўйича P_{pga} кўрсаткичининг қийматига кўра минерал микротўлдиргичлар: фаоллиги паст, ўртача фаол, кучли фаол ва ўта фаол турларга бўлинади. КМБ таркибида минерал микротўлдиргичлардан ташқари турли пластификацияловчи қўшимчалар мавжуд бўлишини эътиборга олинса модификаторлар комплекси самарадорлигини ушбу P_{pga} кўрсаткичдан фойдаланиб баҳолашни тўғри деб бўлмайди, чунки гидратацияланувчи мухитдаги аниқ шароитлар тўлиқ эътиборга олинмайди. Шунинг учун ОМҚли КМБлар таркибидаги модификацияловчи қўшимчалар комплекси самарадорлигини башорат қилиш мақсадида “қўшимчалар бирлашмаси самарадорлигининг коэффиценти” номли янги мезон таклиф қилинди. Ушбу коэффицент- $K_{эсд}$ танлаб олинган модификаторлар комплексининг потенциал самарадорлигини юқори аниқлик билан кўрсатиб беради ва қуйидаги эмпирик формула бўйича ҳисобланади:

$$K_{эсд} = P_{pga} \cdot (1 - \sigma), \quad (2)$$

бу ерда: P_{pga} – минерал микротўлдиргичнинг “келтирилган гидратацион фаоллик кўрсаткичи”; σ – пластификацияловчи кимёвий қўшимчалар “сирт таранглигининг нисбий кўрсаткичи”.

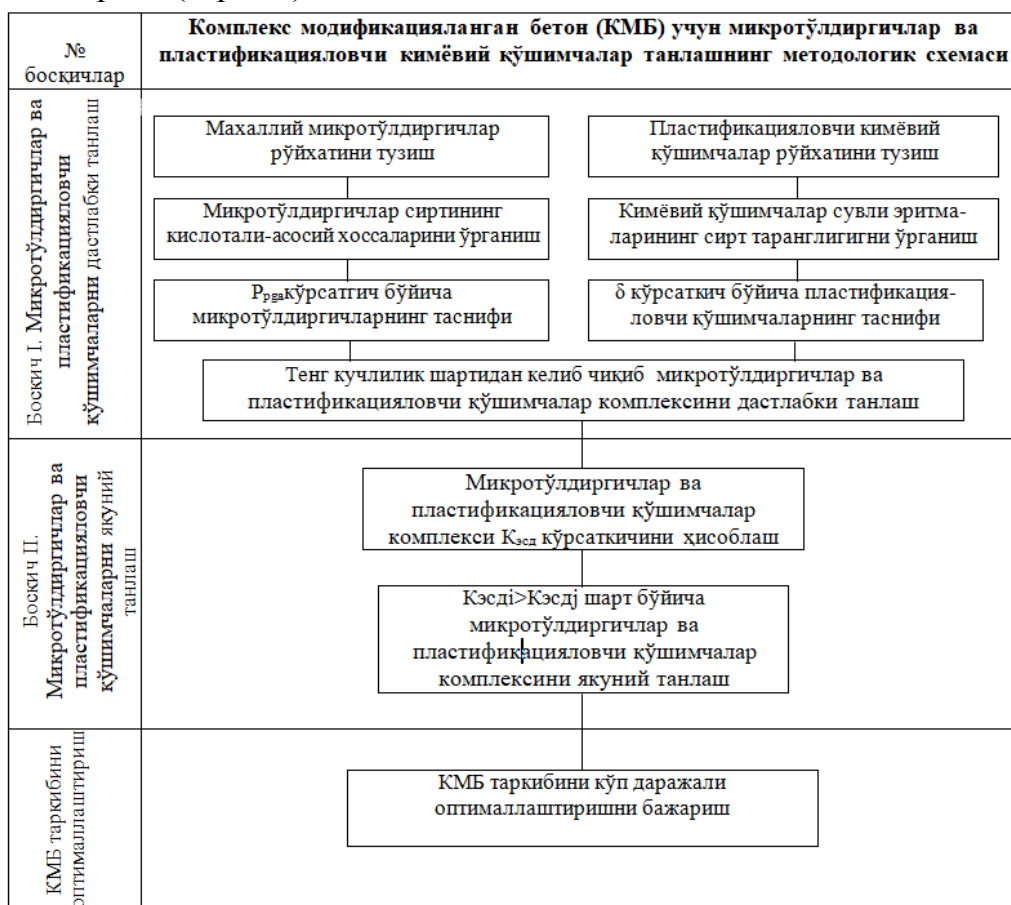
Экспериментал тадқиқотлар ва аввал ўтказилган тадқиқотларнинг натижаларига статистик ишлов бериш турли модификаторлар комплекси учун $K_{эсд}$ ни ҳисоблаб чиқиш имконини берди (2-жадвал).

2-жадвал

КМБ таркибидаги модификаторлар комплекслари учун $K_{эсд}$ нинг миқдорлари

Қўшимчалар комплекслари	$K_{эсд}$ мезони	Тўлдирилганлик даражасининг оптимал миқдори, %	Этлон таркибга нисбатан мустаҳкамликнинг ортиши, %
С-3+учирма кул	15,4	40	38
СВК+ учирма кул	10,2	35	32
ЛСТ+ учирма кул	8,80	32	28
СВК+базальт	6,75	30	25
КЖН+ учирма кул	5,10	28	16
АЦФ-3М+глиеж	4,70	25	8

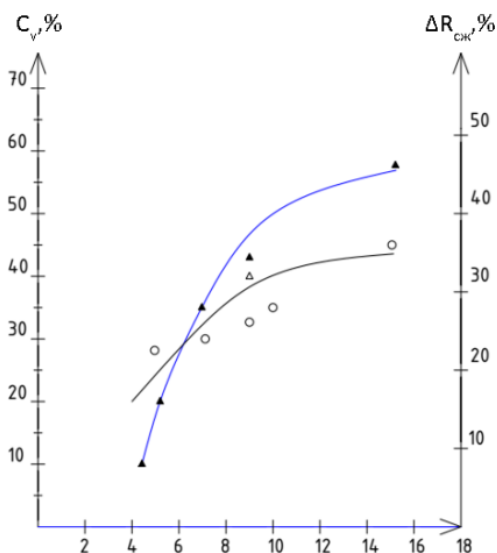
Ишлаб чиқилган янги таснифлар бетоншуносликда илк бор ОМҚли КМБлар учун минерал микроўлдиргичлар ва пластификацияловчи кимёвий қўшимчаларни танлаб олишнинг илмий асосланган методикасини яратиш имконини берди (4-расм).



4-расм. КМБ лар учун пластификацияловчи кимёвий қўшимчалар ва минерал микроўлдиргичлар танлаб олиш методологик схемаси

Бунда ОМҚли КМБлар учун модификацияловчи қўшимчаларнинг танлаб олиниши қоидаси қуйидагича: КМБлар таркибидаги кимёвий қўшимчалар ва минерал микротўлдиргичларнинг потенциал пластификацияловчи ва гидратацион-фаоллаштирувчи хоссаларидан тўлиқ фойдаланиш учун улар ўзаро тенг кучли бўлишига эришиш лозим, яъни суперпластификаторлар ўта фаол минерал микротўлдиргичлар билан, ўртача кучли пластификаторлар эса фаоллиги ўртача бўлган микротўлдиргичлар билан ва шу каби комплекс ҳолда қўлланиши лозим. Фақат шу ҳолдагина КМБ таркибидаги модификацияловчи қўшимчаларнинг потенциал сирт-фаол хоссаларидан тўлиқ фойдаланишга эришиш мумкин бўлади.

2-жадвал маълумотларининг таҳлили $K_{эсд}$ мезони ва тенг ҳаракатчан қоришмалар учун КМБлар тўлдирилганлик даражасининг оптимал миқдори, ҳамда эталон таркибга нисбатан мустаҳкамлигининг ортиши миқдори ўртасида корреляцион боғланишлар мавжудлигини кўрсатиб берди (5-расм).



5-расм. $K_{эсд}$ мезонига нисбатан КМБ тўлдирилганлик даражаси ва мустаҳкамлиги ортишининг график боғланишлари

Диссертациянинг “**Комплекс модификацияланган бетонлар таркиби ва структурасини кўп даражали оптималлаштиришнинг назарий ва методологик асослари**” деб номланган тўртинчи бобида ОМҚли КМБлар таркиби ва структурасини микро- ва макродаражаларда кўп даражали оптималлаштириш методикасини (6-расм) ишлаб чиқиш бўйича бажарилган назарий ва экспериментал тадқиқотларнинг натижалари келтирилган.

Композицион қурилиш материалларининг полиструктурали назарияси принципларига асосланиб КМБ таркибини микроструктура даражасида оптималлаштиришда моделлаштиришнинг математик усулларида, макроструктура даражасида эса моделлаштиришнинг структурали-имитацияли усулларида фойдаланиш мақсадга мувофиқ экан.

Таклиф этилган методологик схемага кўра биринчи босқичда цементли композитнинг таркиби микроструктура даражасида экспериментларни

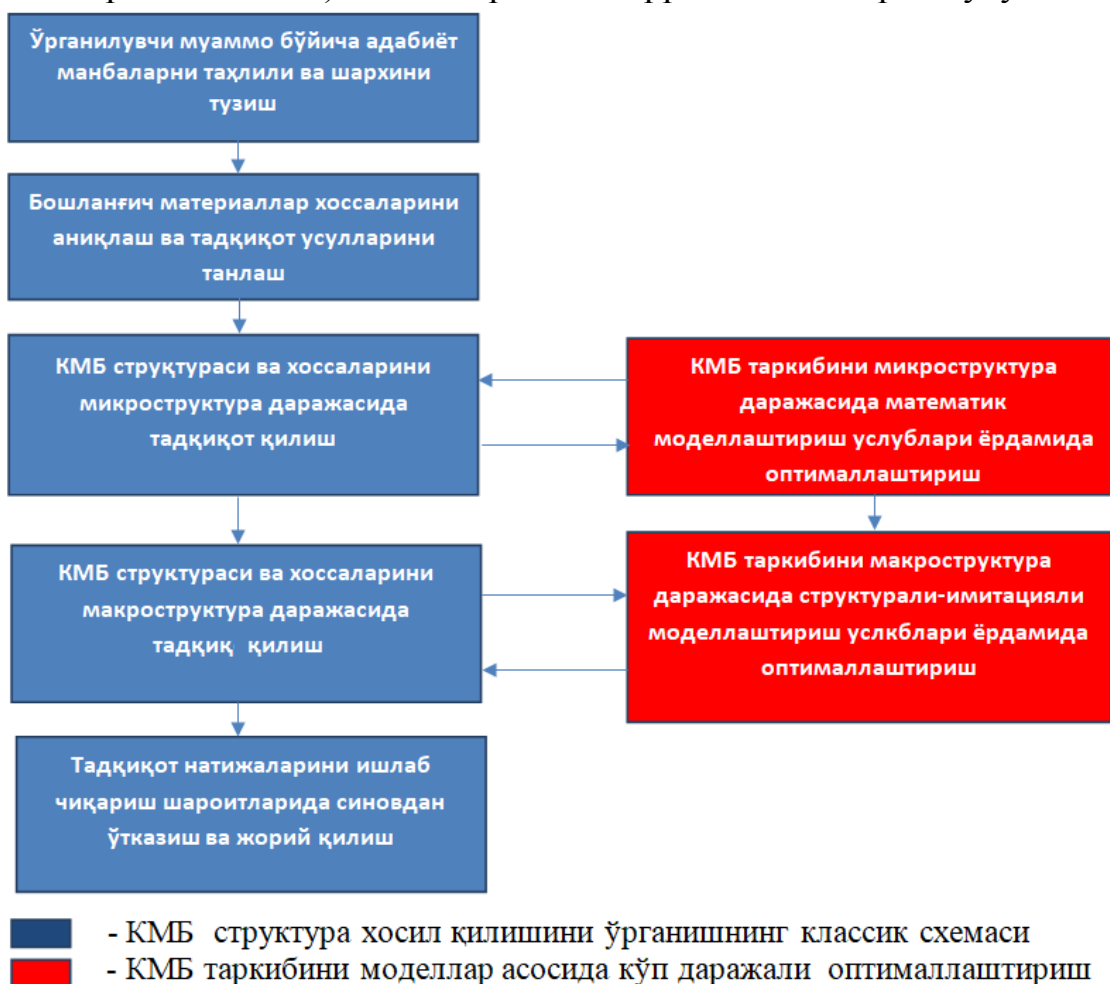
режалаштиришнинг математик усулини қўллаб оптималлаштирилади. Бунда “хусусий рақамлардаги регрессиядан фойдаланилган экспериментларни режалаштириш” деб номланган такомиллаштирилган математик усул қўлланади. Ушбу регрессия усулини бош компонентлар усулининг ривожлантирилиши деб кўриш мумкин.

Уларнинг ўртасидаги фарқ кенгайтирилган корреляцион матрицани куришдан иборат бўлиб, бунда мустақил ўзгарувчилар ўртасидаги корреляция коэффициентларидан ташқари акс таъсир этувчининг охирги ва номустақил ўзгарувчилари коэффициентлари ҳам киритилади ва улар матрицада тартиб бўйича биринчи қўйилади, яъни:

$$\mathbf{Z}^* = |\mathbf{y}, \mathbf{Z}|, \quad (3)$$

Бу ерда: $\mathbf{y} = \frac{(\mathbf{Y} - \mathbf{1}\bar{Y})}{\sqrt{\sigma_{YY}}}$, $\sigma_{YY} = \sum_i (Y_i - \bar{Y})^2$. (1) дан келиб чикувчи $\mathbf{Z}^{*T} \mathbf{Z}^*$ («Т» -

транспонирлаш белгиси) кенгайтирилган корреляцион матрица учун бош



6-расм. КМБ таркибини кўп даражали оптималлаштириш методологик схемаси

компонентлар усули каби хусусий рақамлар ва хусусий векторлар ҳисоблаб топилади. Юқорида жойлашган учбурчак шаклидаги кенгайтирилган симметрик корреляцион матрица қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\begin{pmatrix} & Y & Z_1 & Z_2 & \dots & Z_{l-1} & Z_l \\ \hline Y & 1 & R_{01} & R_{02} & \dots & R_{0,l-1} & R_{0l} \\ Z_1 & & 1 & R_{12} & \dots & R_{1,l-1} & R_{1l} \\ Z_2 & & & 1 & \dots & R_{2,l-1} & R_{2l} \\ \dots & & & & \dots & \dots & \dots \\ Z_{l-1} & & & & & 1 & R_{l-1,l} \\ Z_l & & & & & & 1 \end{pmatrix} = \mathbf{Z}^* \mathbf{r} \mathbf{Z}^*, \quad (4)$$

бу ерда: « $Y \quad Z_1 \quad Z_2 \quad \dots \quad Z_l$ » қатори ва, мос равишда, устуни симметрик матрица элементларини ҳисоблашнинг кетма-кетлигини кўрсатади $R_{ij}(i=0, \dots, l, j=0, \dots, l)$, яъни бирини қатор акс таъсир этувчи Y ва мустақил ўзгарувчилар (омиллар) Z_1, Z_2, \dots, Z_l ўртасидаги корреляция коэффицентларини ўз ичига олади. Хусусий векторлар хусусий рақамларнинг камайишига мос равишда тартиблашади. Хусусий миқдори жуда кичик бўлган векторларни сафдан чиқариш орқали энг кичик квадратлар усули нормал тенгламаларининг модификациялашган системасини оламиз. Шундан сўнг ҳар бир кейинги кадамда сафдан чиқаришнинг Стъюдент ва Фишер мезонларини қўллаб бажариш орқали регрессион моделнинг $0, 1, \dots, q-1$ рақамларига эга бўлган биринчи q компоненти чиқариб ташланган якуний кўринишини ҳосил қиламиз:

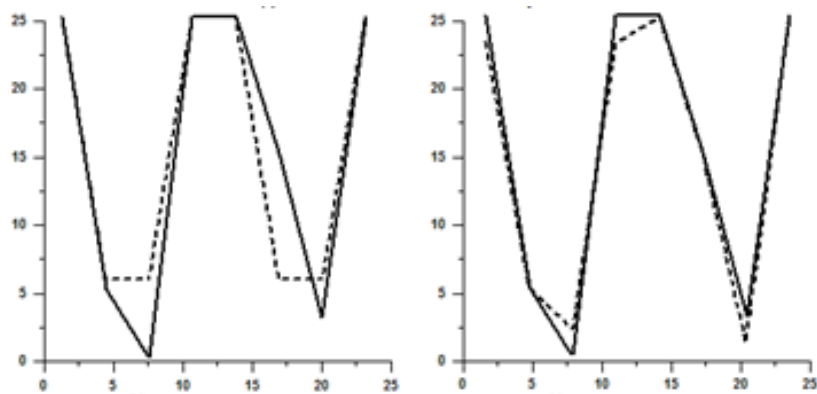
$$\hat{Y} = b_0 + \sum_{i=q}^l b_i Z_i, \quad (5)$$

$$\text{бу ерда: } b_k = -c \sum_{j=q}^l \varphi_{0j} \lambda_j^{-1} \varphi_{kj}, \quad (k=1, 2, \dots, l), \quad b_0 = \bar{Y}. \quad (6)$$

(6) даги $c = \text{const}$ қуйидаги ифодадан аниқланади:

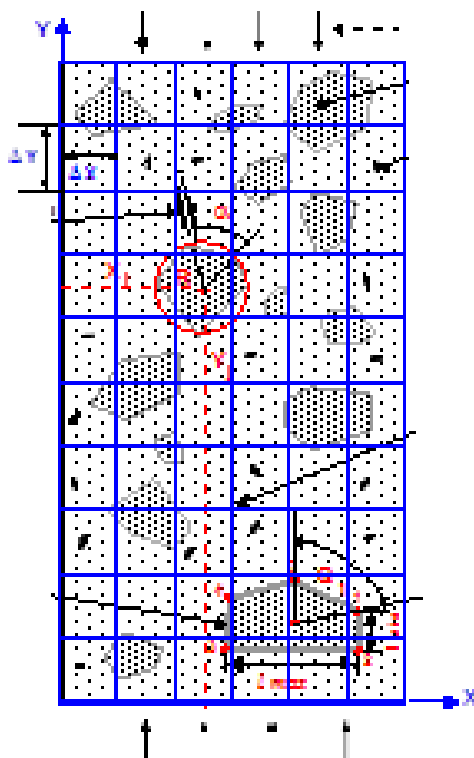
$$c = \left(\sum_{j=q}^l \varphi_{0j}^2 \lambda_j^{-1} \right)^{-1} \sigma_{YY}. \quad (7)$$

7-расмда регрессион тенгламалар (классик ва такомиллаштирилган математик моделлаштириш усулларида олинган) асосида қурилган акс таъсир этувчи Y нинг графиклари келтирилган. Келтирилган графикалардан кўриниб турибдики, “хусусий рақамлардаги регрессиядан фойдаланилган экспериментларни режалаштириш” усули классик усулга нисбатан анча юқори аниқликда экспериментал тадқиқотларни тасарруф этади.



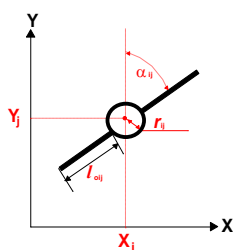
7-расм. Регрессия тенгламалари асосида тикланган Унинг миқдорлари (классик ва такомиллаштирилган услублар бўйича) графиклари

Методологик схемага кўра кўп даражали оптималлаштиришнинг иккинчи босқичида структурали-имитацияли моделлаштириш усулини, хусусан ишлаб чиқилган «Бетон-технология» дастурий маҳсулотини қўллаш кўзда тутилади. КМБ макроструктурасини структурали-имитацияли моделлаштиришда тадқиқот объекти қуйидаги кўринишга эга бўлади (8-расм).



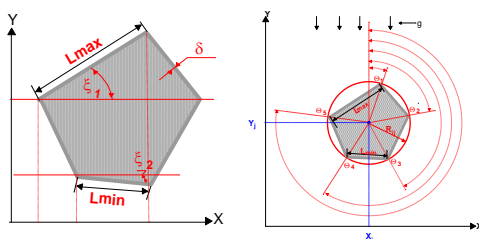
8-расм. Моделлаштириш объекти ва унинг компонентлари

КМБ макроструктурасини моделлаштиришда у иккита блокдан: йирик тўлдиргич ва матрицадан ташкил топган, бетон структураси ва компонентларининг бошланғич нуқсонлари эса коллениар ёриқларга (9-расм) эга деб қабул қилинади.



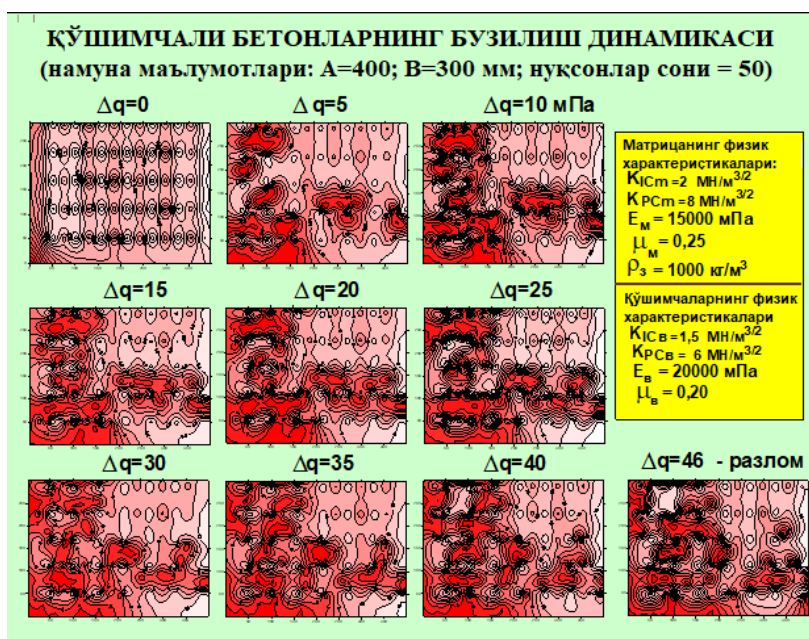
9-расм. Моделлаштириш объекти структураси бошланғич нуқсонларининг геометрик параметрлари

Қўшлмалар–йирик тўлдиргич доналари тегишли геометрик параметрларга эга бўлган қабарик кўпбурчаклар кўринишида моделлаштирилди (10-расм).



10-расм. Моделлаштириш объекти қўшилмаларининг умумий кўриниши

КМБ макроструктураси емирилиши жараёнининг ишлаб чиқилган модели ва унинг «Бетон-технология» дастурий таъминоти макроструктурадаги деструктив жараёнлар шаклланиш эволюциясини кузатиш, композитнинг мустақамликка оид хоссаларини башорат қилиш, ташқи юк-гнинг ортиб бориши билан намунадаги кучланишлар тақсимланишининг, токи намуна тўлиқ емирилиш онигача, виртуал тасвирини олиш имконини беради (11-расм).



11-расм. КМБ намунаси емирилиши динамикасининг виртуал тасвири

КМБ макроструктурасини оптималлаштиришда структуралимитацияли моделлаштириш услубидан фойдаланиш композит структураси шаклланишида содир бўладиган ички жараёнлар ҳақида тўлиқ маълумот олиш, содир бўлувчи ўзаро таъсирлашувларда алоҳида элементларнинг таъсир механизмини аниқлаш ва, умуман олганда, структура шаклланишининг ўзига хос хусусиятларини изоҳлаш, композитнинг талаб этилувчи физик-механик, физик-техник ва махсус хоссаларини шакиллантириш учун турли ташқи ва ички омиллар таъсирини баҳолаш имконини берди.

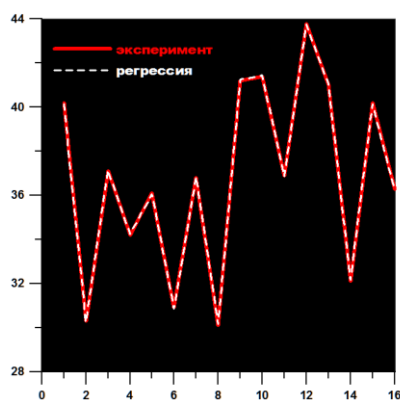
Диссертациянинг “Ўзбекистоннинг минерал-хом ашё базасини ҳисобга олувчи оптималлаштирилган структурага эга бўлган комплекс модификацияланган бетонлар таркибини ишлаб чиқиш ва уларнинг хоссаларини тадқиқ қилиш” деб номланган бешинчи бобида ишлаб чиқилган ОМҚли КМБлар таркиби ва структурасини кўп даражали оптималлаштириш методикасини маҳаллий материаллар ва Ўзбекистон Республикасининг минерал хом ашё базасини эътиборга олган дастлабки синовлари натижалари келтирилган.

Ўтказилган тадқиқотларда дастлаб ишлаб чиқилган методологик схемага асосан (4-расм) ОМҚ олиш учун модификацияловчи кўшимчаларнинг энг самарали комплекси аниқлаб олинди. Бунда $K_{эсд1} > K_{эсд2}$ шартини қаноатлантирувчи модификаторлар жуфтлиги «КМБ таркибини илмий асосланган танлашда кўшимчалар бирлашмаси самарадорлиги коэффицентини ҳисоблаш Дастури» дан фойдаланиб танлаб олинди. $K_{эсд}$ мезонининг автоматлаштирилган ҳисоби «цеолитли тоғ жинси + GLENIUM SKI 504» кўшимчаларининг бирлашмаси энг юқори кўрсаткичга, яъни 21,39 бирликка тенг бўлишини кўрсатиб берди ва улар кейинги тадқиқотлар учун қабул қилинди. ОМҚ ли КМБ микроструктурасини экспериментларни режалаштиришнинг такомиллаштирилган математик услубидан фойдаланиб оптималлаштиришда чиқиш параметри сифатида цемент тошининг мустаҳкамлиги $Y(X)$, ўзгарувчан параметрлар сифатида эса: X_1 - минерал микротўлдиргич сарфи; X_2 - минерал микротўлдиргич дисперслиги; X_3 - суперпластификаторнинг сарфи; X_4 - сув-боғловчи нисбати қабул қилинди.

Режалаштирилган экспериментни амалга ошириш, натижаларга статистик ишлов бериш ва регрессия тенгламасининг энг аҳамиятсиз коэффицентларини автоматик тарзда саралашдан сўнг оптимал тўлдирилган цемент тошининг сиқилишга мустаҳкамлигини тавсифловчи куйидаги математик модель олинди:

$$Y(X) = 42,164 + 1,9X_1 - 0,137X_2 - 2,325X_3 + 0,425X_4 + 1,075X_1X_2 + 1,187X_1X_3 - 0,387X_1X_4 + 1,3X_2X_4 - 0,638X_3X_4 - 0,387X_1X_2X_3 - 0,362X_1X_2X_4 + 2,75X_1X_3X_4 - 1,188X_2X_3X_4 + 1,350X_1X_2X_3X_4; \quad (8)$$

Регрессия тенгламасининг адекватлиги ишлаб чиқилган дастурнинг график пакети ёрдамида текшириб кўрилди (12-расм).



12-расм. Регрессия тенгламасининг адекватлигини текшириш графиги

Олинган математик моделни технологик таҳлил қилиш натижасида КМБ микроструктурасининг қуйидаги оптимал рецептура-технологик параметрлари аниқланди: тўлдирилганлик даражаси -40 % цементнинг массасидан; минерал тўлдиргичнинг майдалиги - 3000 см²/гр; GLENIUM SKI 504 суперпластификатори дозировкаси - 1,0 % аралаш боғловчининг массасидан; цемент хамирининг сув-боғловчи нисбати - 0,32.

Кўп даражали оптималлаштиришнинг иккинчи босқичида бошланғич таркибдаги бетонларнинг макроструктураси «Бетон-технология» дастурий комплексининг асосида ётувчи структурали-имитацияли моделдан фойдаланиб оптималлаштирилди. ОМҚли КМБларнинг оптималлаштирилган таркиблари 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

ОМҚли КМБларнинг оптималлаштирилган таркиблари

Бетон синфи	Харакатчанлик, марка (КЧ,см)	1м ³ даги бетон аралашмасининг ишчи таркиби				
		Цемент	Қум Мк=2,5-2,7	Чақиқ тош Фр.5-20	Сув	ОМҚ (ЦТЖ+СП)
		кг	кг	кг	л	кг
B25	П2(5-9)	290	1020	846	115	156
B30	П2(5-9)	318	920	900	165	172
B35	П2(5-9)	331	905	980	168	179

Оптималлаштирилган таркибдаги ОМҚли КМБларнинг физик-механик ва эксплуатацион хоссаларини ўрганиб чиқиш натижасида олинган маълумотлар 4-жадвалда келтирилган.

4-жадвал

Нормал шароитларда қотган ОМҚли КМБларнинг сиқилишга мустаҳкамлиги

Бетон таркиби	Бетон синфи	КЧ,см	Намуналарнинг қотиш муддати, сутка				
			3	7	14	28	90
Назоратга оид	B25	6,0	9,9/30	19,7/60	29,5/90	32,8/100	42,6/130
	B30	6,5	11,4/29	23,1/59	34,5/88	39,2/100	50,6/129
	B35	6,0	12,8/28	26,6/58	40,8/89	45,8/100	59,1/129

Оптимал лаштирил ган	B25	6,5	11,8/30	26,8/68	37,5/95	39,5/100	51,4/132
	B30	6,0	14,6/31	31,7/67	44,4/94	47,3/100	61,5/131
	B35	6,5	16,5/30	37,5/68	51,9/94	55,1/100	72,9/132

Тадқиқотларнинг натижалари таҳлилидан ОМҚли КМБларнинг таркибларини кўп даражали оптимллаштиришда цементли боғловчини сезиларли иқтисод қилиш (40% гача) билан бирга композитнинг анча юқори даражадаги мустаҳкамликка оид ва эксплуатацион хоссалари кўрсаткичларига эришиш мумкинлиги аниқланди. Хусусан, бошланғич бетон таркибидаги 40% цементнинг «цеолитли тоғ жинси + GLENIUM SKI 504» асосидаги ОМҚ билан алмаштирилиши унинг мустаҳкамлиги кўрсаткичининг эталон бетон кўрсаткичига нисбатан 12-20%га ва музлашга чидамлилиги 1,5-2 марта, сув ўтказмаслиги эса бир марказга юқорироқ бўлишига олиб келди.

Диссертациянинг **“Тадқиқотлар натижаларининг тажрибавий ишлаб чиқаришга жорий қилиниши ва ишланманинг техник-иқтисодий самарадорлиги”** деб номланган олтинчи бобида 2016-2019 йй. давомида ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» ҚК заводида бажарилган тадқиқотлар натижаларининг йиғма бетон ва темирбетон буюмлари ишлаб чиқаришига жорий қилиш натижалари келтирилган. Ишланмаларини ишлаб чиқаришга жорий қилиниши натижасида:

корхонада ОМҚли КМБларни олиш бўйича “Технологик регламент”, В15;22,5;30 ва 40 синфли бетонлар учун цементнинг оддий М400 маркази асосидаги оптимллаштирилган таркиблар, янги таркиб ва технология асосида ишлаб чиқарилувчи бетон ва темирбетон буюмлар учун “Технологик инструкциялар”(ТИ 64 - 23394175 – 46:2016, ТИ 64 - 23394176 – 46:2016, ТИ 64 - 23394177 – 46:2016, ТИ 64 - 23394178 – 46:2016) ишлаб чиқилди;

ОМҚли КМБларнинг таркиблари ва структурасини оптимллаштиришда ишлатилувчи «Хусусий рақамларда регрессиялашдан фойдаланилувчи экспериментларни математик режалаштиришнинг автоматлаштирилган услуби» ва «Бетон макроструктурасини структуралимитацияли моделлаштиришда сиқилишга мустаҳкамликни автоматлаштирилган ҳисоблаш дастури» дастурий воситалари корхонанинг қурилиш лабораториясидаги персонал компьютерларга ўрнатилди;

ОМҚли КМБдан 22 та ФБС 12.4.6-Т ертўла деворлари учун блоклар, 16 та 2ЛП -3-5 йўл четлари учун лотоклар, 60 та СС 108.7-3 темир йўл контакт тармоғининг таянчлари, 60 та ТС 80-4,0 контакт тармоғи таянчлари остига пойдеворларнинг синов партиялари ишлаб чиқарилди. Ишлаб чиқарилган маҳсулотлар “Ўзбекистон темир йўллари”АЖга (Капитал қурилиш дирекциясига) етказиб берилган ва транспорт инфраструктураси объектлари қурилишида ҳамда темир йўллари электрлаштиришда ишлатилган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2017 йил 22 сентябрдаги НГ/4273-сонли маълумотномаси).

ОМҚли КМБларнинг оптимллаштирилган таркиблари ва технологиясини ишлаб чиқаришига жорий қилинишидан олинган иқтисодий

самара В30 ва В40 синфли бетонлар учун мос равишда: 104543 сўм ва 86341 сўмни (1 м³ учун) ташкил этди. Корхонада СС 108.7-3 темир йўл контакт тармоғининг таянчлари ва ТС 80-4,0 контакт тармоғи таянчлари остига пойдеворлар таннархининг камайиши ҳисобига олинган иқтисодий самара мос равишда 627400 минг сўм ва 647600 минг сўмни ташкил этди. Бир йилда олиниши мумкин бўлган иқтисодий самара эса 1275 млн. сўмга етиши кутилмоқда (2019 й. нархларида).

ХУЛОСА

«Модификацияланган бетонларни структурали-имитацияли моделлаштириш усуллари билан структураси ва хоссаларини тадқиқ қилишнинг назарий ва методологик асослар» мавзусидаги фан доктори (DSc) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида куйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Цементли бетонларнинг кўп компонентли юқори сифатли бетонлар янги авлодини алоҳида таснифий тоифага ажратувчи ва уларни ҳам ўз навбатида 2та “модификацияланган” ва “комплекс модификацияланган” хилларга ажратишни кўзда тутган “модификациялаш даражаси” белгиси бўйича янги классификацияси таснифи таклиф қилинди.

2. Комплекс модификацияланган бетонларнинг сифат жиҳатидан энг самарали таркибини аниқлаб олиш учун реакция-фаол минерал микротўлдиргичлар ва пластификацияловчи кимёвий кўшимчаларни танлашнинг илмий асосланган методикаси ишлаб чиқилди.

3. Модификацияланган бетонлар таркибига кўшиладиган алоҳида минерал микротўлдигич турининг самарадорлик даражасини баҳолаш имконини берувчи “Келтирилган гидратацион фаоллик кўрсаткичи”дан (R_{pga}) фойдаланиш асосида сон қиймати КМБ таркибида модификацияловчи кўшимчалар комплексининг потенциал самарадорлигини кўрсатиб берувчи янги мезон -“кўшимчалар бирлашмаси самарадорлигининг коэффициенти ” ($K_{эсд}$) таклиф қилинди.

4. Пластификацияловчи кимёвий кўшимчаларнинг сирт-фаол хоссалари ва пластификациялаш қобилиятини тавсифловчи ва уларнинг цементли системаларда самарадорлигини баҳолаш имконини берувчи сирт таранглигининг нисбий кўрсаткичи ($\bar{\sigma}$) асосидаги янги таснифланиш таклиф қилинди.

5. Курилиш материалшунослигида илк бор ОМҚли КМБлар учун модификацияловчи кўшимчалар сирт-фаол хоссаларининг ўзига хослигини эътиборга олган минерал микротўлдиргичлар ва пластификацияловчи кимёвий кўшимчаларни танлаб олишнинг илмий-асосланган методикаси ҳамда бундай бетонлар таркиби ва структурасини таркибий компонентларининг потенциал реакция, зичловчи ва мустаҳкамловчи қобилиятларини максимал даражада ишлатишга имкон берадиган кўп даражали оптималлаштириш методикаси ишлаб чиқилди ва амалиётда фойдаланиш учун таклиф қилинди.

6. Композицион қурилиш материаллари полиструктурали назариясининг методологик жиҳатларини такомиллаштириш асосида ОМҚли КМБларни кўп даражали оптималлаштиришнинг илмий-асосланган методикаси ишлаб чиқилиб, унга асосан оптималлаштиришнинг биринчи босқичида (микроструктура даражасида) математик моделлаштиришнинг, иккинчи босқичда эса (макроструктура даражасида) структурали-имитацияли моделлаштиришнинг замонавий услублари ишлатилади.

7. ОМҚли КМБлар таркиби ва структурасини микро- ва макроструктура даражасида оптималлаштиришда асосий ҳисоблаш жараёнларини автоматлаштириш имконини берадиган дастурий воситалар: «Тўла факторли экспериментни математик режалаштириш», «Хусусий рақамлардаги регрессиядан фойдаланилган экспериментларни математик режалаштиришнинг автоматлаштирилган услуби» ва «Бетон макроструктурасини структурали-имитацияли моделлаштиришда сиқилишга мустаҳкамликни автоматлаштирилган ҳисоблаш дастури» ишлаб чиқилди.

8. ОМҚли КМБлар макроструктурасини оптималлаштиришда структурали-имитацияли моделлаштириш услубларидан фойдаланиш: композит структурасининг шаклланишида кечаётган ички жараёнлар ҳақидаги объектив тасавурларни ҳосил қилиш, содир бўлувчи ўзаро таъсирлашувлар кечишига алоҳида элементларнинг таъсир кўрсатиши механизмини аниқлаш ва умуман структура шаклланишининг ўзига хослигини тушунтириб бериш, шаклланувчи композит структурасининг виртуал тасвирини олиш, лойиҳаланувчи материалнинг талаб этилувчи физик-механик, физик-техник ва махсус хоссаларини шакллантириш учун ташқи ва ички факторлар таъсирини табақалаштириш ва ифодалаш имкониятини беради.

9. “Кўшимчалар бирлашмаси самарадорлигининг коэффиенти” $K_{эсд}$ миқдори энг катта қийматга эга (21,39) бўлган вариант сифатидаги «цеолитли тоғ жинси + GLENIUM SKI 504» модификаторлар комплекси қўшилган ОМҚли КМБларнинг таркиби ва структурасини оптималлаштиришда ишлаб чиқилган кўп даражали оптималлаштириш методикаси тест синовидан ўтказилди.

10. ОМҚли КМБларни кўп даражали оптималлаштириш методологик схемасига мувофиқ оддий М400 маркали цемент асосидаги В25, В30, В35 синфли бетонларнинг оптималлаштирилган таркиблари патентланган дастурий маҳсулотлар: «Тўла факторли экспериментни математик режалаштириш», «Хусусий рақамлардаги регрессиядан фойдаланилган экспериментларни математик режалаштиришнинг автоматлаштирилган услуби» ва «Бетон макроструктурасини структурали-имитацияли моделлаштиришда сиқилишга мустаҳкамликни автоматлаштирилган ҳисоблаш дастури» дан фойдаланиб ишлаб чиқилди.

11. «Цеолитли тоғ жинси + GLENIUM SKI 504» модификаторлар комплекси қўшилган ОМҚли КМБларнинг физик-механик ва эксплуатацион

хоссаларини тадқиқот қилиш шуни кўрсатиб бердики, уларнинг таркибини кўп даражали оптималлаштириш натижасида (цемент массасига нисбатан 40% гача) цементли боғловчини сезиларли тежаш билан бирга бошланғич таркибдаги бетонларга нисбатан анча юқори мустаҳкамликка оид (12-20%) ва эксплуатацион (музлашга чидамлилиги 1,5-2 марта, сув ўтказмаслиги бир маркага ортиқ) хоссалари кўрсаткичларига эришиш мумкин.

12. Тадқиқотлар натижаларини «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» ҚК МЧЖ заводида ишлаб чиқаришга жорий қилиниши натижасида :

ОМҚли КМБларни олиш бўйича “Технологик регламент”, янги таркиб ва технология асосида ишлаб чиқарилувчи бетон ва темирбетон буюмлар учун “Технологик инструкциялар” ишлаб чиқилди; ОМҚли КМБларнинг таркиблари ва структурасини оптималлаштиришда ишлатиладиган 4 та дастурий восита корxonанинг қурилиш лабораториясидаги персонал компьютерларга ўрнатилди; ОМҚли КМБдан 22 та ФБС 12.4.6-Т ертўла деворлари учун блоклар, 16 та 2ЛП -3-5 йўл четлари учун лотоклар, 60 та СС 108.7-3 темир йўл контакт тармоғининг таянчлари, 60 та ТС 80-4,0 контакт тармоғи таянчлари остига пойдеворларнинг синов партиялари ишлаб чиқарилди. ОМҚли КМБларнинг оптималлаштирилган таркиблари ва технологиясини ишлаб чиқаришига жорий қилинишидан олинган иқтисодий самара В30 ва В40 синфли бетонлар учун мос равишда: 104543 сўм ва 86341 сўмни (1 м³ учун) ташкил этди. Корхонада бир йилда олиниши мумкин бўлган иқтисодий самара эса 1275 млн. сўмга етиши кутилмоқда (2019 й. нархларида).

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА**

МАХАМАТАЛИЕВ ИРКИН МУМИНОВИЧ

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ
МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНОВ МЕТОДАМИ СТРУКТУРНО-
ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

05.09.05. – Строительные материалы и изделия

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc) ДИССЕРТАЦИИ
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент-2019

Тема докторской (DSc) диссертации по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2018.2.DSc/T234

Диссертация выполнена в Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта.

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

Научный консультант:	Адилходжаев Анвар Ишанович доктор технических наук, профессор
Расмий оппонентлар:	Тулаганов Абдуқобил Абдунабиевич доктор технических наук, профессор Ерофеев Владимир Трофимович доктор технических наук, профессор (Россия) Абдусаттаров Абдусамат доктор технических наук, профессор
Етакчи ташкилот:	Наманганский инженерно-строительный институт

Защита диссертации состоится « 2 » ноября 2019 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017. Т.11.01 при Ташкентском архитектурно-строительном институте, Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта, Самаркандском архитектурно-строительном институте и Наманганском инженерно - строительном институте. (Адрес: 100011, г. Ташкент, улица Абдулла Кодирий, дом №7В. Тел.:(998 71) 241-10-84; факс: (998 71) 241-80-00, e-mail: devon@taqi.uz , taqi_atm@edu.uz).

С докторской диссертацией (Doctor of Science) можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного института (зарегистрирована за №25). Адрес: 100011, г. Ташкент улица Навои, дом №13. Тел.: (998 71) 244-63-30; факс: (998 71) 241-80-00, e-mail: taqi_atm@edu.uz.

Автореферат диссертации разослан «16» октября 2019 года.

(реестр протокола рассылки №4 от «24» сентября 2019 года.)

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

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

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской (DSc) диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире широкое распространение при возведении современных объектов промышленного, гражданского и транспортного строительства получают конструкции разрабатываемые на основе многокомпонентных высококачественных бетонов нового поколения, существенно отличающихся от традиционных бетонов своим составом и технологией получения. В настоящее время в таких развитых странах мира как: США, Япония, Канада, Германия, Франция и других государствах Европы бетоны нового поколения признаны основным строительным материалом, обеспечивающим устойчивое развитие человечества. По данным «Международной федерации по конструкционному бетону»¹ (International Federation for Structural Concrete, FIB) в настоящее время ежегодное производство таких бетонов в мире составляет примерно 4,5 млрд. м³ в год. В этом отношении в каждой стране мира особое внимание уделяется разработке составов и технологии получения многокомпонентных высококачественных бетонов нового поколения основанных на использовании местных материалов и сырья.

В ведущих научных центрах мира продолжается проведение комплекса научных исследований по совершенствованию составов и технологии получения бетонов нового поколения. В частности, для получения многокомпонентных высококачественных бетонов нового поколения проводятся исследования по совершенствованию его структуры с введением в его состав высокомарочных (M500 и выше) цементов, высокоэффективных супер- и гиперпластификаторов, а также реакционно-активных дисперсных микронаполнителей. При решении данной проблемы актуальной задачей представляется разработка методики оптимизации состава и структуры цементного бетона на различных структурных уровнях с использованием современных методов математического и структурно-имитационного моделирования.

В нашей республике уделяется особое внимание ускоренному развитию промышленности строительных материалов и строительной индустрии, производству новых современных строительных материалов и конструкций, снижению себестоимости строительной продукции, повышению надёжности зданий и сооружений возводимых из конструкций с использованием бетонов нового поколения. В стратегии Действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы предусматривается "...повышение конкурентноспособности национальной экономики, ...сокращение в экономике энергетических и материальных расходов, широкое внедрение в

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

производство энергосберегающих технологий”.² Разработка эффективных бетонов с наперед заданными показателями связана в частности, с решением задач оптимизации составов, разработки теоретических и методологических основ оптимизации структуры комплексно модифицированных бетонов с использованием современных методов математического и структурно-имитационного моделирования.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениями Президента Республики Узбекистан от 9 августа 2017 года №ПП-3190 «О мерах по совершенствованию проведения научных исследований в области сейсмологии, сейсмостойкого строительства и сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан», от 28 сентября 2016 года № ПП-2615 «О программе мер по дальнейшему развитию строительной индустрии на 2016-2020 годы», от 20 февраля 2019 года № ПП-4198 «О мерах по коренному совершенствованию и комплексному развитию промышленности строительных материалов, а так же других нормативно-правовых документов, принятых в данной сфере.

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

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации³.

Ведущими научными центрами и высшими учебными заведениями мира, в том числе American Concrete Institute (США), Bundesverband Betonbauteile Deutschland (Германия), European Federation for the Precast Concrete industry (Бельгия), International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials (Франция), International Federation for Structural Concrete (Швейцария), International Association for Shell and Spatial Structures (Испания), International Council for Building (Голландия), International Association for Earthquake Engineering (Япония), University of Exeter (Великобритания), Научно исследовательский институт железобетона им. А.А.Гвоздева (Россия), Ташкентский архитектурно-строительный институт, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт, Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (Узбекистан) проводятся обширные научные исследования по разработке

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

³ Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации осуществлялся на основе: <http://enciklopediyastroy.ru>, www.understanding-cement.com, <https://theconstructor.org>, <https://www.linkedin.com> и других источников.

новых и совершенствованию существующих технологий бетонов нового поколения, методов оптимального проектирования их составов и структуры.

В мире в результате проведенных комплексных исследований по разработке составов и технологии бетонов нового поколения, совершенствованию технологических процессов, направленных на повышение качества и долговечности бетона, надёжности бетонных и железобетонных конструкций получены ряд интересных научных достижений, в том числе: разработаны технологии позволяющие путем введения в состав комплекса добавок из микрокремнезема и гиперпластификаторов и прессования смеси при температуре $t=150-200^{\circ}\text{C}$ получить очень высокую прочность бетона ($>300\text{МПа}$) (American Concrete Institute, США); получен бетон отличающийся от исходного состава сверх высокой прочностью (в 4 раза) и водостойкостью (в 2 раза) путем введения в состав слоев графена (University of Exeter, Великобритания); разработаны фибробетоны с высокими прочностными показателями равным $150-175\text{МПа}$ на основе использования в составе композита микрокремнезема и базальтовых волокон (Bundesverband Betonbauteile Deutschland, Германия); разработаны тонкостенные сейсмоустойчивые, высокопрочные мостовые железобетонные конструкции на основе использования комплексно модифицированных бетонов (International Association for Earthquake Engineering, Япония).

В мире научные исследования в области разработки эффективных строительных конструкций и изделий из бетонов нового поколения с высокими физико-механическими и эксплуатационными показателями развиваются по следующим приоритетным направлениям: разработка методов управления межфазными взаимодействиями в дисперсной системе комплексно модифицированных бетонов с пластифицирующими химическими добавками и минеральными наполнителями; совершенствование методов оптимального проектирования составов бетонных смесей с различными минеральными и химическими добавками; разработка новых методов математического планирования экспериментов, позволяющее обеспечить оптимальные показатели структуры и свойств комплексно модифицированных бетонов на микроуровне; разработка методик по оптимизации структуры и свойств комплексно модифицированных бетонов на макроуровне с использованием методов структурно-имитационного моделирования, разработка методологических основ оптимального проектирования состава бетонов нового поколения на различных структурных уровнях; совершенствование технологии управления физико-химическими взаимодействиями, протекающих в гидратирующей среде с учетом поверхностной активности минеральных наполнителей и пластифицирующей способности химических добавок.

Степень изученности проблемы. В мировой практике строительного материаловедения вопросам разработки бетонов нового поколения,

совершенствования состава и технологии модифицированных бетонов, изучения влияния минеральных наполнителей в комплексе с пластифицирующими химическими добавками на структуру и свойства цементных бетонов были посвящены широкомасштабные научные исследования таких ученых как: И.П.Александрин, И.Н.Ахвердов, Ю.М.Баженов, В.Г.Батраков, А.Н. Бобрышев, Г.Г.Вагнер, А.В.Волженский, В.Н. Выровой, Г.И.Горчаков, В.С.Демьянова, В.Т.Ерофеев, Ю.В.Зайцев, А.И.Звездов, П.Г.Комохов, В.И. Калашников, В.Н.Кондращенко, Н.В.Михайлов, Т.И.Петрова, Г.А. Полковникова, В.И. Соломатов, В.П.Селяев, Ю.А. Соколова, А.В.Ушеров-Маршак, Н.Б.Урьев, В.Р.Фаликман, Р.Фере, Г.У.Хинце, С.В.Шестоперов, А.Е.Шейкин и др.

В Республике Узбекистан научными исследованиями по разработке составов и технологии получения модифицированных бетонов с использованием местных материалов и сырья, совершенствованию технологии бетонов с минеральными наполнителями и пластифицирующими химическими добавками, оптимизации составов и структуры модифицированных бетонов с использованием методов моделирования в различные годы занимались Э.У. Қосимов, М.Қ. Тоҳиров, Н.А. Самиғов, А.И. Одилахўжаев, А.Т.Джалилов, С.А.Ходжаев, Б.Б.Хасанов, Р.Д.Тешабаев, А.А.Ашрабов, Н.Х.Галипов, А.А.Тулаганов, В.М Цой и другие.

В этих исследованиях были раскрыты механизмы влияния химических добавок на свойства цементных систем, управления поверхностной активностью дисперсных систем путем использования минеральных наполнителей с оптимальными размерами частиц, механизм взаимодействия минеральных наполнителей с цементным вяжущим в гидратирующейся многокомпонентной среде, а так же вопросы целенаправленного формирования структуры модифицированных бетонов, обладающих высокими показателями прочностных и эксплуатационных свойств. Однако, в этих исследованиях не были достаточно подробно изучены вопросы научно-обоснованного проектирования состава комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками, состоящих из минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок, оптимизации состава и структуры комплексно модифицированных бетонов на микро- и макроуровнях с использованием современных методов математического и структурно-имитационного моделирования. Именно эти обстоятельства стали основой при выборе темы настоящей диссертационной работы и установлении целей и задач исследований.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного или научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках реализации плана научно-исследовательских работ Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта по следующим проектам: И-2015-8-2

«Внедрение эффективной технологии в производство сборного бетона и железобетона» (2013-1015); А14-013 «Разработка составов и технологии получения высокопрочных бетонов на рядовых марках цемента производимых в Республике Узбекистан» (2012-2015); БВ-Ф4-04 «Разработка методологических основ оптимизации составов и прогнозирования свойств многокомпонентных высококачественных бетонов на базе полиструктурной теории композиционных материалов» (2017-2019), БВ-Атех-2018-105 «Разработка методологии исследований и получение эффективных цементных композитов для сейсмостойкого строительства с использованием методов структурно-имитационного моделирования» (2017-2019).

Целью исследования является разработка методологии оптимального проектирования состава и структуры комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками на основе научно-обоснованных методик выбора минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок и многоуровневой оптимизации состава и структуры композита на микро- и макроуровнях с использованием современных методов математического и структурно-имитационного моделирования.

Задачи исследования:

изучение и систематизация результатов исследований отечественных и зарубежных учёных по разработке и использованию модифицированных и комплексно модифицированных бетонов с минеральными наполнителями и пластифицирующими химическими добавками и эволюции достижения ими высоких прочностных и эксплуатационных свойств;

разработка принципиально новой классификации цементных бетонов по признаку «степень модификации» с выделением бетонов нового поколения в отдельный классификационный разряд;

разработка научно-обоснованной методики подбора реакционно-активных минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок для определения качественного содержания компонентов комплексно модифицированных бетонов;

разработка методики многоуровневой оптимизации состава и структуры комплексно модифицированных бетонов для определения количественного содержания компонентов с использованием современных методов математического и структурно-имитационного моделирования;

тестирование разработанной методологии подбора оптимального состава комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками применительно к местным материалам и минерально-сырьевым ресурсам Узбекистана.

Объектом исследования являются комплексно модифицированные бетоны с органоминеральными добавками, состоящей из местных минеральных наполнителей природного и техногенного происхождения и эффективных пластифицирующих химических добавок.

Предметом исследования составляют состав, структура и свойства комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками, состоящей из местных реакционно-активных минеральных наполнителей и эффективных пластифицирующих химических добавок.

Методы исследования. Исследования выполнены с использованием стандартизированных методов испытания строительных материалов, физико-химических и математико-статистических методов анализа, а также современных методов математического и структурно-имитационного моделирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

усовершенствованы методологические принципы полиструктурной теории композиционных строительных материалов на основе разработанных методик используемых при оптимальном проектировании комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками;

разработана научно-обоснованная методика подбора минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок для установления качественного содержания компонентов комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками;

разработана методика оптимизации состава, микро- и макроструктуры комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками с использованием современных методов математического и структурно-имитационного моделирования;

разработан новый состав комплексно модифицированной бетонной смеси с органоминеральными добавками на основе использования местных материалов и сырьевых ресурсов;

разработан новый способ приготовления бетонной смеси позволяющий получать комплексно модифицированные бетоны с органоминеральными добавками, отличающиеся высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана принципиально новая классификация цементных бетонов по признаку «степень модификации» с выделением бетонов нового поколения в отдельный классификационный разряд и подразделением их на 2 вида: «модифицированные» и «комплексно модифицированные»;

разработаны научно-обоснованная методика подбора реакционно-активных минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок для установления качественного содержания компонентов в рецептуре получения комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками и программа для ЭВМ, позволяющая автоматизировать расчеты при практическом применении данной методики;

разработана методика и расчётная программа оптимизации состава комплексно модифицированных бетонов с применением усовершенствованного методов математического планирования

экспериментов, позволяющая в автоматическом режиме решать оптимизационные задачи на уровне микроструктуры;

разработан программный продукт для ЭВМ позволяющий производить вычислительные эксперименты в процессе оптимизации состава и структуры комплексно модифицированных бетонов на уровне макроструктуры:

разработаны оптимальные составы и технология получения комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками на основе местного сырья и материалов, обладающих повышенными показателями прочностных и эксплуатационных свойств.

Достоверность результатов исследований. Достоверность полученных результатов подтверждается проведением комплекса экспериментальных исследований с использованием современных средств и методов, высокой сходимостью полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований, применением апробированных методов статистической обработки экспериментальных данных, а также положительными результатами внедрения методик, программного обеспечения, составов и технологии комплексно модифицированных бетонов.

Научная и практическая значимость результатов исследований. Научное значение результатов исследований заключается в развитии представлений о формировании структуры и свойств комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками, как разновидности бетонов нового поколения, разработке методики многоуровневой оптимизации состава и структуры комплексно модифицированных бетонов на микро- и макроуровнях с использованием современных методов математического и структурно-имитационного моделирования, а также развитием методологических принципов полиструктурной теории композиционных строительных материалов.

Практическое значение результатов исследований заключается в разработке методологии оптимального проектирования состава и структуры комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками, состоящей из минерального наполнителя и пластифицирующей химической добавки, научно-обоснованной методики подбора минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок для установления качественного содержания компонентов в рецептуре их получения, разработке оптимальных составов комплексно модифицированных бетонов с повышенными показателями прочностных и эксплуатационных свойств на основе местного сырья и материалов, разработке алгоритмов и программных продуктов для ПК, позволяющих автоматизировать вычислительный процесс при оптимизации состава и структуры комплексно модифицированных бетонов и успешным использованием их в производственной практике.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов при разработке теоретических и методологических основ

исследования структуры и свойств модифицированных бетонов методами структурно-имитационного моделирования внедрены:

оптимальные составы комплексно модифицированных бетонов с органоминеральной добавкой, состоящей из цеолитсодержащей породы и суперпластификатора GLENIUM SKI 504 в производство сборных бетонных и железобетонных изделий на предприятии СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» (справка АО «Ўзбекистон темир йўллари» № НГ/4715-19 от 12 августа 2019 года). В результате достигнуто сокращение цемента в бетоне в 1,4 раза, увеличены показатели исходного состава бетона по прочности на 12-20%, морозостойкости 1,5-2 раза и водонепроницаемости на одну марку;

методика оптимизации состава и структуры комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками на уровне микроструктуры композита при проектировании оптимальных составов бетона на предприятии СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» (справка АО «Ўзбекистон темир йўллари» № НГ/4715-19 от 12 августа 2019 года). В результате достигнуто сокращение на 20% временных, материальных и трудовых затрат при определении оптимальных составов бетонов классов В15-В40;

методика оптимизации состава и структуры комплексно модифицированных бетонов с органоминеральными добавками на уровне макроструктуры композита при проектировании оптимальных составов бетона на предприятии СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» (справка АО «Ўзбекистон темир йўллари» № НГ/4715-19 от 12 августа 2019 года). В результате достигнуто сокращение на 20% временных, материальных и трудовых затрат при определении оптимальных составов бетонов классов В15-В40;

новый состав комплексно модифицированной бетонной смеси с органоминеральными добавками на предприятии СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» (справка АО «Ўзбекистон темир йўллари» № НГ/4715-19 от 12 августа 2019 года; №IAP 05771 «Бетонная смесь» 15.02.2019). В результате освоено производство многокомпонентных высококачественных бетонов нового поколения со сниженной на 12-15 % себестоимостью;

новый способ приготовления бетонной смеси на предприятии СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» (справка АО «Ўзбекистон темир йўллари» № НГ/4715-19 от 12 августа 2019 года; №IAP 05772 «Способ приготовления бетонной смеси» 15.02.2019). В результате внедрения нового способа приготовления бетонной смеси в производство сборных бетонных и железобетонных изделий появилась возможность получить экономический эффект в размере 1275 млн. сум.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований диссертационной работы обсуждались на 5 международных и 8 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертационной работы опубликовано всего 75 научных работ, из них 2 монографии, 21 научных статей, в том числе 1 - в зарубежном журнале, 20 - в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций. Кроме этого получено 2 патента на изобретение и 4 свидетельства на расчётные программы, опубликованы 1 учебно-методическое пособие и 1 методическое указание.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 243 страницы, в том числе основная часть - 200 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации **«Современное состояние и перспективы исследований и применения многокомпонентных высококачественных бетонов нового поколения»** приведен аналитический обзор современного состояния вопроса развития науки о бетоне, выявлены теоретические и практические задачи развития технологии цементных бетонов, отражен передовой зарубежный и отечественный опыт применения бетонов нового поколения (БНП) в строительстве, указаны пути повышения эффективности исследований по разработке и оптимизации составов и структуры БНП.

Как показывает передовой зарубежный опыт строительства, в ближайшей перспективе произойдет постепенное замещение обычных традиционных бетонов на БНП. Такой переход в первую очередь будет осуществляться за счет введения в состав бетона комплекса добавок: минеральных наполнителей и пластифицирующих химических веществ. Получение на практике БНП возможно при целенаправленном формировании структуры цементного камня, отличающейся высокой плотностью, низкой долей капиллярных пор, повышенным содержанием гидратных новообразований. Модифицирование цементных бетонов комплексом добавок является наиболее доступным и простым способом существенного повышения эффективности цементных бетонов и может быть успешно

использовано для этих целей.

Однако, влияние комплекса добавок на фазовый состав цементного камня, формирование структуры и долговечность цементных композиций, а также научно-обоснованное проектирование состава и структуры БНП, в том числе комплексно модифицированных бетонов (КМБ), исследовано недостаточно. Как показывает обзор научно-технической литературы в настоящее время при проектировании КМБ с применением пластифицирующих химических добавок и дисперсных минеральных наполнителей отсутствует методика выбора комплекса модификаторов и многоуровневой оптимизации их состава и структуры. Поэтому в данной диссертационной работе сделана попытка восполнения данного научного пробела в бетоноведении и впервые предложена методология оптимального проектирования состава и структуры КМБ с органоминеральными добавками (ОМД). Исходя из результатов проведенного литературного обзора по теме диссертационной работы сформулирована рабочая гипотеза, определены цели и задачи исследований.

Рабочая гипотеза. Учитывая специфику и сложность физико-химических взаимодействий протекающих в многокомпонентной гидратирующей среде КМБ, предполагается возможным на основе использования многоуровневой оптимизации состава и структуры композита с использованием современных методов математического и структурно-имитационного моделирования разработать теоретические и методологические основы регулирования процессов структурообразования и формирования его свойств и за счёт создания благоприятных условий для течения возникающих превращений обеспечить получение эффективных КМБ с повышенными показателями прочностных и эксплуатационных свойств.

Во второй главе «**Характеристика исходных материалов и принятые методы исследований**» приводятся характеристики исходных сырьевых материалов для получения БНП, в частности КМБ с ОМД и принятые для выполнения экспериментальных опытов методы исследований.

В диссертационной работе к исследованиям были приняты минеральные наполнители для цементных систем природного и техногенного происхождения, запасы которых имеются в Республики Узбекистан в достаточно большом объеме: зола-уноса Новоангреновской ТЭС, отвальный шлак электроплавильного производства Бекабадского металлургического комбината, отвальный шлак медеплавильного производства Алмалыкского горно-металлургического комбината, цеолитсодержащие горные породы месторождения Бельтау; глиеж Ангреновского месторождения; базальт Каракийского месторождения; кварцевый песок Майского карьера; Кызылкумский барханный песок. В экспериментальных исследованиях в качестве пластифицирующих химических добавок были использованы наиболее доступные местные и импортируемые в Республику Узбекистан

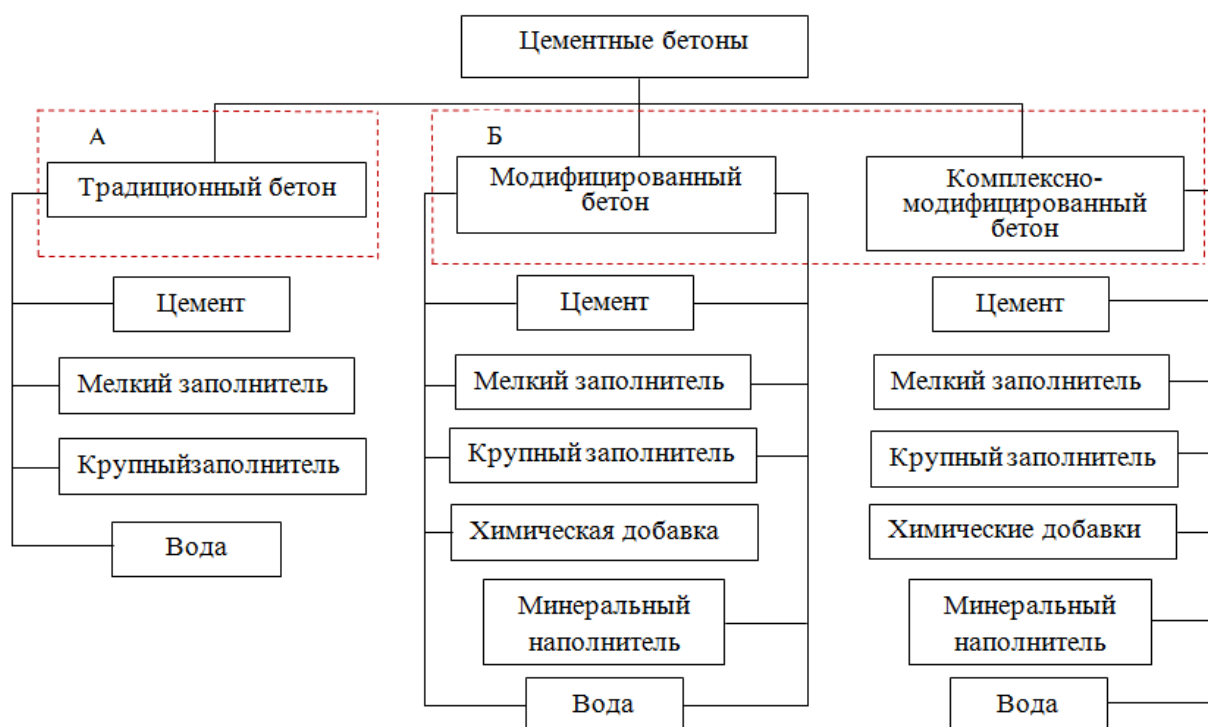
добавки: лигносульфонаты технические (ЛСТ), кубовые остатки производства натрий-карбоксиметилцеллюлозы (КОН), сток водный концентрированный (СВК), суперпластификатор С-3, Megaplast JK-02, GLENIUMSKY 504.

В экспериментальных исследованиях наряду со стандартизированными методами были использованы современные методы физико-химического анализа, а также нестандартные методики, разработанные специалистами ведущих зарубежных научно-исследовательских институтов. Процесс помола минеральных наполнителей природного и техногенного происхождения производился с использованием лабораторной мельницы марки ШЛМ-100. Дисперсность минеральных наполнителей оценивалась по величине удельной поверхности, которая определялась на приборе приборе ПСХ-11А методом воздухопроницаемости (метод Козени-Кармана). В экспериментальных исследованиях по изучению поверхностно-активных свойств минеральных наполнителей применяли метод определения распределения центров адсорбции (РЦА) разработанный проф. Ничепоренко А.П. Кинетику структурообразования цементного теста в пределах сроков схватывания определяли на коническом пластометре Ребиндера. Для определения характеристик трещиностойкости КМБ с ОМД на уровне микроструктуры: критических коэффициентов интенсивности напряжений - K_c использовали стандартизированную методику согласно ГОСТ 29167-91. При изучении поровой структуры БНП с комплексом минеральных и пластифицирующих химдобавок был применён метод ртутной порометрии на приборе нового поколения- порозиметре фирмы ThermoScientific серии Pascal 240 EVO. Для оптимизации состава и структуры КМБ с ОМД на различных структурных уровнях были использованы классический и усовершенствованный метод математического планирования экспериментов и методы компьютерного моделирования, в частности метод структурно-имитационного моделирования.

В третьей главе работы **«Методика научно-обоснованного подбора минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок для комплексно-модифицированных бетонов»** приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований по разработке классификации цементных бетонов по признаку «степень модификации», классификации пластифицирующих химических добавок для бетонов и растворов по критерию «относительное снижение поверхностного натяжения воды», классификации минеральных наполнителей для бетонов по критерию «показатель приведенной гидратационной активности», а также методики оценки пластифицирующей способности химических добавок и поверхностно-активных свойств минеральных наполнителей.

Проведенный в первой главе анализ литературных источников по вопросам разработки и использования БНП указывает на необходимость разработки новой классификации цементных бетонов с учетом появления и

широкого распространения их на практике. Учитывая вышеизложенное нами была предложена новая классификация бетонов по признаку «степень модификации», учитывающая и включающая в себя все вышеуказанные виды современных БНП (рис.1). В основу разработанной новой классификации заложено предположение о том, что теоретически в состав БНП могут входить 2 вида добавок: химические и минеральные, существенно отличающиеся как по химическому составу, так и по механизму воздействия на процессы гидратации и твердения цементного вяжущего. Разработка данной классификации цементных бетонов позволяет охватить практически все виды БНП получившие такие названия как: «высокопрочный бетон», «самоуплотняющийся бетон», «бетон с высокими эксплуатационными показателями», «многокомпонентный высококачественный бетон» и т.д.



Блок А – бетоны старого поколения ; Блок Б – бетоны нового поколения

Рисунок. 1. Классификация цементных бетонов по степени модификации

В данной главе представлена также разработанная впервые в практике бетоноведения научно-обоснованная методика выбора минеральных наполнителей в комплексе с пластифицирующими химическими добавками для КМБ. В основе методики лежат разработанные новые классификации пластифицирующих химдобавок и минеральных наполнителей для цементных систем. В основе первой классификации доминирующее значение отводится способности пластифицирующих добавок снижать показатель поверхностного натяжения воды при определенной температуре раствора. В связи с этим в данном контексте подробно был изучен вопрос влияния химических добавок различной природы на степень снижения поверхностного натяжения воды и получены изотермы поверхностного

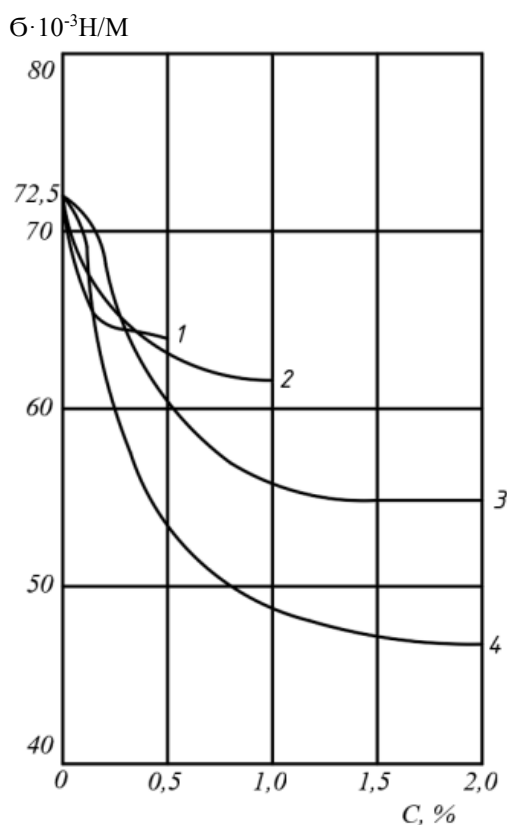
натяжения водных растворов этих добавок (рис.2), представляющие собой семейство убывающих кривых с явно выраженным участком перехода от вертикального к наклонному горизонтальному участку.

Таблица 1

Классификация химических добавок по поверхностно-активным свойствам

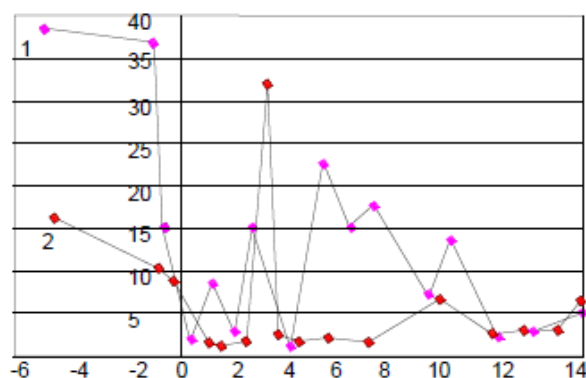
Относительный показатели поверхностного натяжения, ($\bar{\sigma}$)	Характеристика химических добавок
Более 0,95	Слабый пластификатор
0,95-0,85	Средний пластификатор
0,85-0,75	Сильный пластификатор
Менее 0,75	Суперпластификатор

В этой области дозировки пластифицирующие химдобавки характеризуются относительным показателем поверхностного натяжения ($\bar{\sigma}$), т.е. критерием по которому предлагается оценивать пластифицирующую способность химдобавок, согласно разработанной классификации (табл.1).



1,2,3,4- для химических добавок ЛСТ, КЖН,СВК,С-3 (при t= 20 °С);

Рисунок. 2. Изотермы поверхностного натяжения растворов химдобавок



1- базальтовый наполнитель; 2- зола-уноса ТЭС

Рисунок 3. Распределение центров адсорбции на поверхности наполнителей

В основе классификации минеральных наполнителей для цементных систем лежит критерий P_{pga} - показатель приведенной гидратационной активности, позволяющий наиболее точно оценить вклад поверхностной активности минеральных наполнителей на ход течения процессов взаимодействий и превращений, протекающих в гидратируемой среде. Подсчёт показателя P_{pga} производится на основании экспериментально полученных графических зависимостей распределения центров адсорбции, которые расположены на поверхности этих наполнителей (рис.3).

Обобщением материалов исследований поверхностных свойств минеральных наполнителей различной природы выполненных нами в последние годы, было предложено количественное содержание центров адсорбции на поверхности дисперсных порошков оценивать показателем - P_{pga} и рассчитывать её по следующей формуле:

$$P_{pga} = P_{кв} + P_{кл} + 0.33P_{ол} - 0.1P_{об}, \quad (1)$$

где, $P_{кв}$, $P_{кл}$, $P_{ол}$, $P_{об}$ —количество центров адсорбции в областях $0 < pKa < 7$; $pKa > 13,0$; $-4 < pKa < 0$; $7 < pKa < 13,0$ в 10^{-3} мг-экв/г. соответственно.

Согласно классификации в зависимости от конкретного значения критерия- P_{pga} минеральные наполнители принято подразделять на: слабоактивные, среднеактивные, сильноактивные и суперактивные.

Как показали дальнейшие исследования критерий P_{pga} позволяет производить оценку эффективности того или иного вида наполнителя в конкретных условиях гидратирующей среды, т.е. в среде в которой используются только лишь минеральный порошок в так называемым чистом виде. Учитывая наличие в составе КМБ помимо минерального наполнителя и различных пластифицирующих химдобавок использование критерия P_{pga} для оценки эффективности комплекса модификаторов в составе композита представляется не достаточно корректным. Поэтому с целью более объективной оценки влияния комплекса модифицирующих добавок в составе КМБ на её эффективность был предложен новый критерий - $K_{эсд}$, получивший название «коэффициент эффективности сочетания добавок». $K_{эсд}$

учитывает поверхностно-активные свойства обеих модификаторов и определяется по следующей эмпирической формуле:

$$K_{\text{эсд}} = P_{\text{рга}} \cdot (1 - \sigma), \quad (2)$$

где $P_{\text{рга}}$ – показателю приведённой гидратационной активности минеральных наполнителей; σ – относительный показатель поверхностного натяжения пластифицирующих химдобавок.

Результаты проведенных экспериментальных исследований и статистическая обработка результатов ранее проведенных исследований по расчету значений критерия $K_{\text{эсд}}$, представлены в табл.2.

Таблица 2

Значение критерия $K_{\text{эсд}}$ для различных комплексов модификаторов

Комплексы добавок	Критерий $K_{\text{эсд}}$	Оптимальное значение степени наполнения, %	Прирост прочности КМБ относительно эталонного состава
С-3+зола-уноса	15,4	40	38
СВК+зола-уноса	10,2	35	32
ЛСТ+зола-уноса	8,80	32	28
СВК+базальт	6,75	30	25
КЖН+зола-уноса	5,10	28	16
АЦФ-3М+глиеж	4,70	25	8

На основании разработанных классификаций впервые была предложена научно-обоснованной методика выбора минеральных наполнителей и пластифицирующих химдобавок для КМБ с ОМД, позволяющая в максимальной степени использовать потенциальную реакционную, уплотняющую и упрочняющую способность составляющих компонентов композита (рис.4).

При этом сформулирован принцип выбора модифицирующих добавок для КМБ: при проектировании состава КМБ с ОМД в целях более полного использования потенциальных пластифицирующих свойств химдобавок и гидратационно-активизирующих свойств минеральных наполнителей научно-обоснованным и технически целесообразным является то, что они должны быть равнозначимыми, а именно- суперпластификатор должен применяться в комплексе с суперактивным минеральным наполнителем, а сильный пластификатор в комплексе с сильноактивным минеральным наполнителем и т.д.Только в этом случае возможно достичь наиболее полного использования потенциала поверхностно-активных свойств модификаторов в составе КМБ.

Анализ результатов приведенных в табл.2 указывают на наличие явно выраженной корреляционной зависимости между значениями $K_{\text{эсд}}$ и оптимальным значением степени наполнения КМБ, а также приростом прочности КМБ относительно эталонного (бездобавочного) состава для равноподвижных смесей. Графическая интерпретация полученных результатов приведен на рис.5.

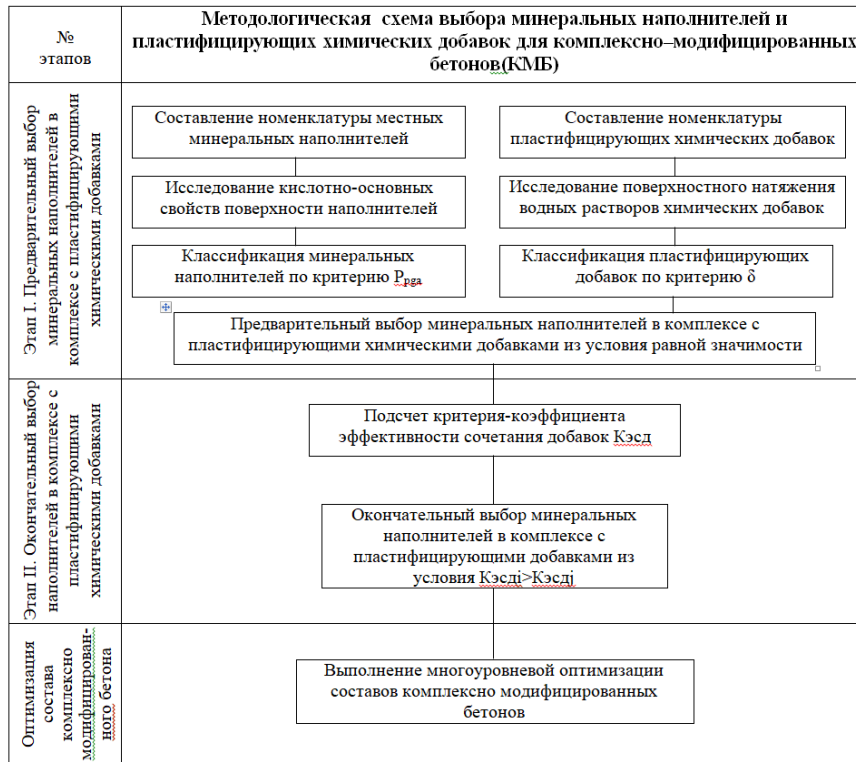


Рисунок 4. Методолгическая схема выбора минеральных наполнителей и пластифицирующих химдобавок для КМБ

Приведенные графические зависимости наглядно показывают, что высоким значениям $K_{эсд}$ соответствуют высокие строительно-технические и экономические показатели КМБ. Исходя из этого рекомендуется при проектировании состава КМБ ориентироваться на получение составов с высокими значениями критерия $K_{эсд}$. В целях автоматизации расчета данного коэффициента разработана «Программа по расчету коэффициента эффективности сочетания добавок при научно-обоснованном подборе состава комплексно-модифицированных бетонов».

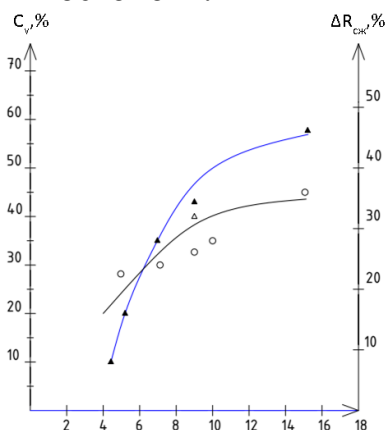


Рисунок 5. Графические зависимости оптимального значения степени наполнения и прироста прочности КМБ от критерия $K_{эсд}$

В четвертой главе диссертации «Теоретические и методологические основы многоуровневой оптимизации состава и структуры комплексно модифицированных бетонов» приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований по разработке методики многоуровневой оптимизации состава и структуры КМБ с ОМД на микро- и макроуровнях (рис.6).



Рисунок 6. Методологическая схема многоуровневой оптимизации состава КМБ

На основании принципов полиструктурной теории композиционных строительных материалов при оптимизации состава КМБ на уровне микроструктур целесообразным представляется использование методов математического моделирования, а на уровне макроструктуры методов структурно-имитационного моделирования.

Согласно разработанной методологической схеме на первом этапе выполняется оптимизация цементного композита на уровне микроструктуры с использованием методов математического планирования экспериментов. Учитывая существующие недостатки классической методики математического планирования экспериментов в данной главе была разработана и предложена усовершенствованная методика, которая получила название “планирование экспериментов с использованием регрессии на собственных числах”. Проведенными фундаментальными исследованиями было показано, что классическую теорию полного факторного эксперимента (ПФЭ) можно расширить, используя разложение по системе собственных векторов, а коэффициенты регрессионного уравнения определять на

характеристических корнях (собственных числах). Разработанный метод регрессии на собственных числах является развитием метода главных компонент для построения альтернативных регрессионных моделей и выбора предикторных переменных. Его отличия от регрессии на главных компонентах состоит в построении расширенной корреляционной матрицы, включающей, кроме коэффициентов корреляции между независимыми переменными (факторами), коэффициенты корреляции между последними и зависимой переменной отклика, поставленных в матрице первыми по порядку, т.е.

$$\mathbf{Z}^* = |\mathbf{y}, \mathbf{Z}|, \quad (3)$$

где $\mathbf{y} = \frac{(\mathbf{Y} - \mathbf{1}\bar{Y})}{\sqrt{\sigma_{YY}}}$, $\sigma_{YY} = \sum_i (Y_i - \bar{Y})^2$. Из (1) следует, что $\mathbf{Z}^{*\Gamma} \mathbf{Z}^*$ («Т» - знак транспонирования) расширенная корреляционная матрица, для которой, как и в методе главных компонент, вычисляются собственные числа и собственные векторы. Расширенная симметричная корреляционная матрица, представленная в виде верхнего треугольника, имеет вид

$$\left(\begin{array}{c|cccccc} & \mathbf{Y} & \mathbf{Z}_1 & \mathbf{Z}_2 & \dots & \mathbf{Z}_{l-1} & \mathbf{Z}_l \\ \hline \mathbf{Y} & 1 & R_{01} & R_{02} & \dots & R_{0,l-1} & R_{0l} \\ \mathbf{Z}_1 & & 1 & R_{12} & \dots & R_{1,l-1} & R_{1l} \\ \mathbf{Z}_2 & & & 1 & \dots & R_{2,l-1} & R_{2l} \\ \dots & & & & \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{Z}_{l-1} & & & & & 1 & R_{l-1,l} \\ \mathbf{Z}_l & & & & & & 1 \end{array} \right) = \mathbf{Z}^{*\Gamma} \mathbf{Z}^*, \quad (4)$$

где: строка « $\mathbf{Y} \mathbf{Z}_1 \mathbf{Z}_2 \dots \mathbf{Z}_l$ » и, соответственно, столбец указывают на последовательность вычисления элементов симметричной относительно главной диагонали матрицы $R_{ij} (i=0, \dots, l, j=0, \dots, l)$, т.е. первая строка содержит коэффициенты корреляции между откликом Y_i и независимыми переменными (факторами) Z_1, Z_2, \dots, Z_l . Собственные векторы упорядочиваются в соответствии с убыванием собственных чисел. Малые значения собственных чисел означает наличия мультиколлинеарности. Исключая векторы, для которых собственные значения малы, получаем модифицированную систему нормальных уравнений метода наименьших квадратов. Далее применением процедуры исключения, в которой на первом шаге учитывается максимальное количество компонент с дальнейшим их отбрасыванием и выполнением оценок точности регрессионной модели на каждом последующем шаге с помощью критериев Стьюдента и Фишера, получим окончательный вид регрессионной модели с учетом исключения первых q компонент с номерами $0, 1, \dots, q-1$:

$$\hat{Y} = b_0 + \sum_{i=q}^l b_i z_i, \quad (5)$$

где
$$b_k = -c \sum_{j=q}^l \varphi_{0j} \lambda_j^{-1} \varphi_{kj}, \quad (k=1,2,\dots,l), \quad b_0 = \bar{Y}. \quad (6)$$

В (6) $c = \text{const}$ определяется из выражения

$$c = \left(\sum_{j=q}^l \varphi_{0j}^2 \lambda_j^{-1} \right)^{-1} \sigma_{YY} \quad (7)$$

На рис.7. показана исходная (на основе экспериментальных данных) и восстановленная на основе регрессионных уравнений функция отклика Y , как результат применения классического метода ПФЭ и метода регрессии на собственных числах. Как видно из приведенных на рис.7 графиков прочности КМБ регрессионное уравнение на собственных числах с большей точностью воспроизводит экспериментальные данные относительно регрессии, выполненной классическим методом ПФЭ.

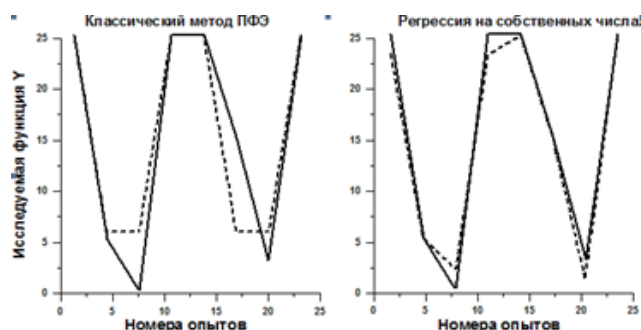


Рисунок 7. Исходная и восстановленная по уравнениям регрессии значения Y на основе классического и нового метода ПФЭ

Согласно разработанной методологической схеме на втором этапе предусматривается использование методов структурно-имитационного моделирования, в частности применение разработанного программного продукта «Бетон-технология». При структурно-имитационном моделировании макроструктуры КМБ объект моделирования имел следующий вид (рис. 8).

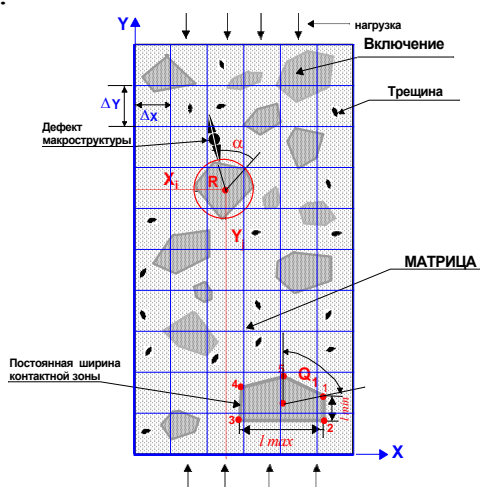


Рисунок 8. Моделируемый объект и его структурные компоненты

При моделировании макроструктуры КМБ принято, что она состоит из двух блоков: крупного заполнителя и матрицы, а начальные дефекты макроструктуры (НДС) бетона и его компонентов с коллинеарными трещинами (рис.9).

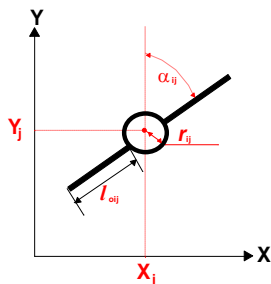


Рисунок 9. Геометрические параметры начальных дефектов структуры объекта

Включения - зерна крупного заполнителя моделировались выпуклыми многогранниками (рис.10).

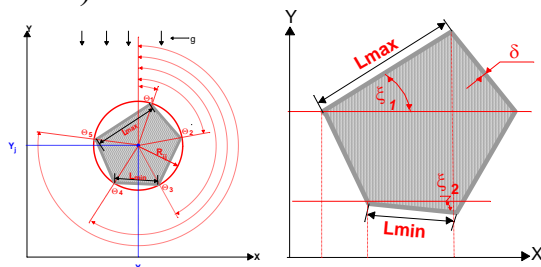


Рисунок 10. Общий вид включений в моделируемом объекте

Разработанная модель процесса разрушения макроструктуры КМБ с и программное обеспечение «Бетон-технология» позволяют проследить эволюцию возникновения деструктивных процессов, прогнозировать прочностные свойства композита на макроструктурном уровне и получить виртуальное изображение динамики распределения напряжений в образце в процессе увеличения внешней нагрузки - вплоть до завершающего момента разрушения образца включительно (рис.11).

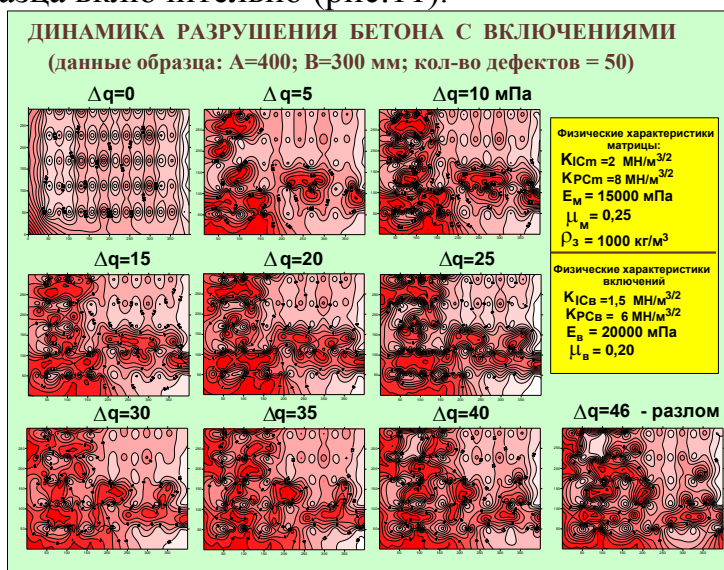


Рисунок 11. Графическая визуализация динамики разрушения КМБ

Применение структурно-имитационного моделирования при оптимизации макроструктуры КМБ с ОМД позволила получить явное представление о внутренних процессах, протекающих при формировании структуры композита, установить механизм влияния отдельных элементов на ход течения возникающих взаимодействий и объяснить особенности формирования структуры в целом. Кроме того применение структурно-имитационного моделирования позволила получить виртуальную картину формирующейся структуры композита, производить ранжирование и описание влияния различных внешних и внутренних факторов для формирования требуемых физико-механических, физико-технических и специальных свойств проектируемого цементного композита.

В пятой главедиссертационной работы: **«Разработка составов комплексномодифицированных бетонов оптимизированной структуры с учетом минерально-сырьевой базы Узбекистана и исследование их свойств»** приведены результаты тестирования разработанной методики многоуровневой оптимизации состава и структуры КМБ с ОМД с учетом минерально-сырьевой базы Узбекистана.

Для тестирования разработанной методики согласно методологической схемы (рис.4) были проведены исследования по установлению наиболее эффективного качественного состава бетона с местным минеральным наполнителем и суперпластифицирующей химической добавкой, удовлетворяющей условие: $K_{эсд_i} > K_{эсд_j}$. При этом в процессе вычисления коэффициента $K_{эсд}$ был использован разработанный программный продукт «Расчет коэффициента эффективности сочетания добавок при научно-обоснованном подборе состава комплексно-модифицированных бетонов». Автоматизированный расчет критерия $K_{эсд}$ показал наибольшую величину равную 21,39 единиц для варианта совмещения добавок «цеолитсодержащая порода + GLENIUMSKI 504 », которые и были выбраны для дальнейших исследований. При оптимизации составов КМБ с ОМД на уровне микроструктуры с использованием усовершенствованного метода математического планирования экспериментов переменные факторы и интервалы их варьирования приняты на основании ранее выполненных экспериментальных исследований. В качестве выходного параметра была принята прочность цементного камня на сжатие $Y(X)$, МПа, а в качестве переменных факторов были приняты: X_1 - расход минерального наполнителя, % от массы цемента; X_2 - дисперсность минерального наполнителя, см²/гр; X_3 - дозировка суперпластификатора, % от массы смешенного вяжущего, X_4 - водо-вяжущее отношение цементного теста, относительные единицы. После реализации матрицы планирования, обработки полученных результатов и автоматического отсева наиболее незначимых коэффициентов уравнения регрессии была получена математическая модель, описывающая прочность на сжатие оптимально наполненного цементного камня:

$$Y(X) = 42.164 + 1.9X_1 - 0.137X_2 - 2.325X_3 + 0.425X_4 + 1.075X_1X_2 + 1.187X_1X_3 - 0.387X_1X_4 + 1.3X_2X_4 - 0.638X_3X_4 - 0.387X_1X_2X_3 - 0.362X_1X_2X_4 + 275X_1X_3X_4 - 1.188X_2X_3X_4 + 1.350X_1X_2X_3X_4 \quad (8)$$

Адекватность данного уравнения регрессии проверена в автоматическом режиме с помощью графического пакета разработанной программы, которая приведена на рис.12.

На основании технологического анализа полученной математической модели, описывающей прочность на сжатие наполненного цементного камня установлены следующие оптимальные рецептурно-технологические параметры микроструктуры КМБ: степень наполнения -40 % от массы цемента; дисперсность минерального наполнителя – 3000 см²/гр; дозировка суперпластификатора GLENIUMSKI 504 -1,0 % от массы смешенного вяжущего, водо-вяжущее отношение цементного теста - 0,32 единицы.

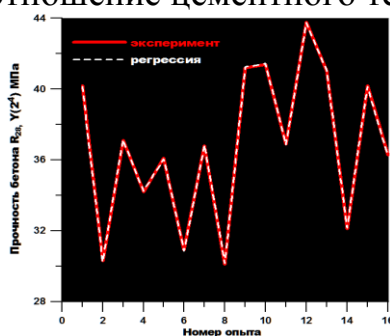


Рисунок12. Графическая проверка адекватности уравнения регрессии Y

На втором этапе выполнена оптимизация макроструктуры исходных составов бетонов при совмещении добавок «цеолитсодержащая порода + GLENIUMSKI 504» с использованием структурно-имитационной модели КМБ с ОМД, заложенной в основу программы «Бетон-технология» и приведены оптимизированные их составы (табл. 3).

В результате проведения натурных экспериментов были исследованы физико-механические и эксплуатационные свойства КМБ с комплексом добавок «цеолитсодержащая порода + GLENIUMSKI 504». Результаты исследований приведены в табл.4.

Таблица 3

Оптимизированные исходные составы тяжелых бетонов, полученные путем комплексной модификации и многоуровневой оптимизации

Класс бетона	Подвижность, марка (ОК, см)	Рабочий состав бетонной смеси на 1м ³				
		Цемент	Песок M _к =2,5-2,7	Щебень Фр.5-20	Вода	ОМД (ЦП+СП)
		кг	кг	кг	л	кг
B25	П2(5-9)	290	1020	846	115	156
B30	П2(5-9)	318	920	900	165	172
B35	П2(5-9)	331	905	980	168	179

Предел прочности при сжатии образцов из КМБ нормального твердения

Составы бетона	Класс бетона	ОК, см	Возраст образцов, сутки				
			3	7	14	28	90
Контрольные	B25	6,0	9,9/30	19,7/60	29,5/90	32,8/100	42,6/130
	B30	6,5	11,4/29	23,1/59	34,5/88	39,2/100	50,6/129
	B35	6,0	12,8/28	26,6/58	40,8/89	45,8/100	59,1/129
Оптимальные	B25	6,5	11,8/30	26,8/68	37,5/95	39,5/100	51,4/132
	B30	6,0	14,6/31	31,7/67	44,4/94	47,3/100	61,5/131
	B35	6,5	16,5/30	37,5/68	51,9/94	55,1/100	72,9/132

Анализ полученных результатов показал, что при оптимизации состава КМБ по методике многоуровневой оптимизации возможно достичь наряду с существенной экономией цементного вяжущего (до 40% от массы цемента) и весьма высоких прочностных и эксплуатационных показателей композита. В частности, замена цемента органоминеральной добавкой (ОМД) «цеолитсодержащая порода + GLENIUMSKI 504», в размере 40% приводит к получению бетонов с прочностью существенно большей (на 12-20%) чем таковой для контрольных составов бетонов, а такие показатели эксплуатационных свойств бетонов как морозостойкость и водонепроницаемость превышаются в 1,5-2 раза и на целую марку соответственно.

В шестой главе диссертации «**Опытнo-производственное внедрение результатов исследований и технико-экономическая эффективность разработки**» приведены результаты опытного внедрения результатов исследований в производство сборных бетонных и железобетонных изделий на заводе СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS», выполненных в период 2016-2019 гг. В результате внедрения результатов исследований в производство:

разработаны: «Технологический регламент на производство КМБ с ОМД» и «Технологические инструкции» (ТИ 64 - 23394175 – 46:2016, ТИ 64 - 23394176 – 46:2016, ТИ 64 - 23394177 – 46:2016, ТИ 64 - 23394178 – 46:2016) на производимые предприятием бетонные и железобетонные изделия из бетонов классов В15;22,5;30 и 40 на рядовом цементе марки М400;

установлены на ПК строительной лаборатории предприятия программные продукты: «Планирование полного факторного эксперимента» и «Программа автоматизированного расчета прочности на сжатие при структурно-имитационном моделировании макроструктуры бетона» позволяющие автоматизировать все вычислительные процессы при оптимизации КМБ с ОМД;

изготовлены опытные партии фундаментов для опор контактной сети железных дорог ТС 80-4,0 в количестве 60 шт., стоек для опор контактной сети железных дорог СС 108.7-3 в количестве 60 шт., блоков бетонных для стен подвалов ФБС 12.4.6-Т в количестве 22 шт. и лотков прикромочных

железобетонных 2ЛП-3-5 в количестве 16 шт. Опытная партия железобетонных изделий поставлена потребителю- АО «Ўзбекистон темир йўллари» (Дирекции капитального строительства) и использована при строительстве объектов транспортной инфраструктуры и электрификации железных дорог;

Расчет технико-экономической эффективности разработки выполнен по стандартной методике. Согласно произведенным расчётам, экономическая эффективность от внедрения разработанных оптимальных составов и технологии КМБ с ОМД в производство сборного бетона и железобетона на данном предприятии составила для бетонов класса В30 и В40: 104543сўм и 86341сўм на 1 м³ соответственно. Ожидаемый экономический эффект только по классу бетона В30 и В40, обусловленный снижением себестоимости фундаментов и стоек опор контактной сети железных дорог (ТС 80-4,0 и СС 108.7-3) составил 627400 тыс. сўм и 647600 тыс. сўм соответственно. В случае стабильного использования существующих производственных мощностей на указанные виды продукции завода СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» ожидаемый общий годовой экономический эффект составит 1275 млн. сўм(в ценах 2019 г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты исследований, проведенных в рамках выполнения докторской (DSc) диссертации на тему: «Теоретические и методологические основы исследования структуры и свойств модифицированных бетонов методами структурно-имитационного моделирования» сводятся к следующему:

1. Предложена принципиально новая классификация цементных бетонов по признаку «степень модификации» с выделением МВБНП в отдельный классификационный разряд и подразделением их на следующие 2 вида бетонов: «модифицированные» и «комплексно- модифицированные».

2. Разработана научно-обоснованная методика подбора реакционно-активных минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок для определения наиболее эффективного качественного состава КМБ.

3. На основе использования показателя приведенной гидратационной активности ($P_{pга}$), позволяющего оценить степень эффективности применения отдельного вида минерального наполнителя в составе модифицированных бетонов предложен новый критерий - $K_{эсд}$, получивший название «коэффициента эффективности сочетания добавок», значение которого указывает на потенциальную эффективность пластифицирующих добавок в составе КМБ.

4. Предложена новая классификация пластифицирующих химических добавок в зависимости от «показателя относительного снижения

поверхностного натяжения воды» - ($\bar{\sigma}$), характеризующего поверхностно-активные свойства и пластифицирующую способность данного вида химической добавки и позволяющая производить оценку её эффективности в цементных системах.

5. Впервые разработана и предложена для практического использования научно-обоснованная методика выбора минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок для КМБ с ОМД, учитывающая специфические особенности поверхностно-активных свойств модифицирующих добавок и методика многоуровневой оптимизации состава и структуры таких бетонов, позволяющая в максимально высокой степени использовать потенциальную реакционную, уплотняющую и упрочняющую способность всех без исключения составляющих компонентов.

6. Разработана научно-обоснованная методика многоуровневой оптимизации КМБ с ОМД, согласно которой на первом этапе оптимизации (на уровне микроструктуры) используются современные методы математического моделирования, а на втором (на уровне макроструктуры) - методы структурно-имитационного моделирования.

7. Разработана методика оптимизации состава и структуры КМБ с ОМД на микро- и макроуровнях с использованием программных продуктов: «Математическое планирование полного факторного эксперимента», «Автоматизированный метод математического планирования экспериментов с использованием регрессии на собственных числах» и «Программа автоматизированного расчета прочности на сжатие при структурно-имитационном моделировании макроструктуры бетона», позволяющие автоматизировать основные вычислительные процессы оптимизации.

8. Установлено, что применение структурно-имитационного моделирования при оптимизации макроструктуры КМБ с ОМД, позволяет: получить объективное представление о внутренних процессах, протекающих при формировании структуры композита, установить механизм влияния отдельных элементов на ход течения возникающих взаимодействий и объяснить особенности формирования структуры в целом, получить виртуальную картину формирующейся структуры композита, производить ранжирование и описание влияния различных внешних и внутренних факторов для формирования требуемых физико-механических, физико-технических и специальных свойств, проектируемого материала.

9. Протестирована методика многоуровневой оптимизации состава и структуры КМБ с ОМД предусматривающих использование добавок «цеолитсодержащая порода + GLENIUMSKI 504 », как варианта имеющей наибольшую величину критерия «коэффициента эффективности совмещения добавок» - $K_{\text{сд}}$ равную 21,39.

10. Разработаны оптимизированные составы бетонных смесей классов В25, В30, В35 на рядовом цементе марки М400 методом многоуровневой оптимизации КМБ с использованием программных продуктов:

«Планирование полного факторного эксперимента», «Автоматизированный метод математического планирования экспериментов с использованием регрессии на собственных числах» и «Программа автоматизированного расчета прочности на сжатие при структурно-имитационном моделировании макроструктуры бетона».

11. Исследование физико-механических и эксплуатационных свойств КМБ с ОМД содержащих комплекс добавок «цеолитсодержащая порода + GLENIUMSKI 504» показало, что при оптимизации их состава по методике многоуровневой оптимизации возможно достичь наряду с существенной экономии цементного вяжущего (до 40% от массы цемента) и весьма высоких прочностных и эксплуатационных показателей композита. В частности, замена цемента органоминеральной добавкой (ОМД) включающей комплекс добавок «цеолитсодержащая порода + GLENIUMSKI 504 », в размере 40% позволяет получить КМБ с ОМД прочностью существенно большей (на 12-20%) чем таковой для контрольных составов бетонов, а такие показатели эксплуатационных свойств бетонов как морозостойкость и водонепроницаемость повышаются в 1,5-2 раза и на целую марку соответственно.

12. Результаты опытно-производственного внедрения оптимальных составов и технологии КМБ с ОМД, содержащей комплекс добавок «цеолитсодержащая порода + GLENIUMSKI 504» выполненное на заводе СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» показали высокую эффективность использования предложенных разработок в производственных условиях. В частности, оптимизация рабочих составов бетонов классов В15, В22,5, В30 и В40 с использованием запатентованных программных продуктов позволяет достичь экономии цемента в размере 40% с одновременным улучшением всех основных показателей физико-механических и эксплуатационных свойств КМБ. Экономическая эффективность от внедрения разработанных оптимальных составов и технологии КМБ с ОМД в производство на предприятии составила для бетонов класса В30 и В40: 104543сўм и 86341сўм на 1 м³ соответственно (в ценах 2019 г.). Ожидаемая экономическая эффективность от внедрения разработок в производство на данном предприятии составляет 1275 млн. сўм в год (в ценах 2019 г.).

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

TASHKENT INSTITUTE OF RAILWAY TRANSPORT ENGINEERS

MAXAMATALIEV IRKIN MUMINOVICH

**METHODOLOGICAL BASICS OF THE OPTIMAL AND DIRECTION OF
PHYSICAL COMPOUNDS DESIGN AND CHEMICAL PROPERTIES OF
MULTICOMPONENT HIGH-QUALITY CONCRETES**

05.09.05 - Buildings materials and products

**ABSTRACT OF THE DOCTORAL (DSc) DISSERTATION ON
TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent-2019

The theme of doctoral dissertation (DSc) was registered with №B2017.1.DSc/T63 at Higher Attestation Commission of Cabinet of Ministry of the Republic of Uzbekistan.

The dissertation was conducted at the Tashkent Institute of Railway Transport Engineers.

The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English(resume)) its pages are at (www.taqi.uz) and information and educational portal “Ziyonet” (www.ziyonet.uz).

Academic consultant:	Adilxodjayev Anvar Ishanovich Doctor of technical sciences, Professor
Official opponents:	Tulaganov Abdukobil Abdunabievich Doctor of technical sciences, Professor Erofeev Vladimir Trofimovich Doctor of technical sciences, Professor) Abdusattarov Abdusamat Doctor of technical sciences, Professor
Leading organization:	Namangan Engineering Construction Institute

Defensing of the dissertation will take place on “ 2 ” november 2019 at 10⁰⁰ at the Scientific Council numbered dsc.27.06.2017.t.11.01 in the meeting including Tashkent Architecture and Construction Institute, Tashkent Institute of Railway Transport Engineers, Samarkand State Architecture and Civil- Engineering Institute and Namangan Engineering Construction Institute as the following address:100011, Tashkent Abdulla Kadiriy Street, 7 B. Phone (99871) 241-10-84, Fax: (99871) 241-80-00, e-mail: taqi_atm@edu.uz.

The dissertation is registered in Information-Resource Center at Tashkent Architecture and Construction Institute (registration number 25) The text of the dissertation is available at the Information Research Center at the following address: 100011, Tashkent, Navoi Street, 13.

Phone: (99871) 244-63-30, Fax: (99871) 241-80-00, e-mail: taqi_atm@edu.uz.

The abstract of the dissertation was circulated on “16” october 2019.

(mailing report №4 on “24” september 2019)

H.A. Akramov

Chairman of the Scientific Council for the award
the degree of Doctor of Science, Doctor of technical Sciences, Professor

Kh.Kh.Kamilov

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

S.A. Khodzhaev

Chairman of scientific seminar at the attachment to the Scientific Council
for the award the degree of Doctor of technical Science,
Doctor of technical Science, Professor

INTRODUCTION (abstract of doctoral dissertation)

The aim of research work is the development of a methodology for the optimal design of the composition and structure of complexly modified concretes with organomineral additives based on scientifically based methods to select mineral fillers and plasticize chemical additives and multilevel optimization of the composition and structure of the composite at micro and macro levels using modern methods of mathematical and structural-simulation modeling.

The tasks of the research:

to study the systematization of research results of domestic and foreign scientists on the development and use of modified and complexly modified concrete with mineral fillers and plasticizing chemical additives and the evolution of their achievement of high strength and performance properties;

to develop a fundamentally new classification of cement concretes based on the “degree of modification” with the release of new generation concretes into a separate classification category;

to develop a scientifically based methodology for the selection of reactive mineral fillers and plasticizing chemical additives to determine the qualitative content of components of complex modified concrete;

to develop a methodology for multilevel optimization of the composition and structure of complexly modified concrete to determine the quantitative content of components using modern methods of mathematical and structural-simulation modeling;

to test the developed methodology for selecting the optimal composition of complex modified concrete with organomineral additives as applied to local materials and mineral resources of Uzbekistan.

The object of the research work is complexly modified concretes with organomineral additives, consisting of local mineral fillers of natural and technogenic origin and effective plasticizing chemical additives.

Scientific novelty of the research work is as following stages:

a methodology has been developed for the optimal design of BMB with OMD based on the use and improvement of the principles of the multistructure theory of composite building materials;

for the first time, a scientifically based methodology has been developed for the selection of mineral fillers and plasticizing chemical additives to establish the quality content of components in the formulation for complex-modified concretes with organomineral additives;

a methodology has been developed for multilevel optimization of the composition and structure of complexly modified concrete, which is provided with the use of modern methods of mathematical and structural-simulation modeling at the micro- and macrourostructure levels of the composite;

a new composition of complex modified concrete with organomineral additives based on the use of local materials and raw materials has been developed;

a new method of preparation of concrete mix has been developed, which allows to obtain complexly modified concretes with organomineral additives with high physical, mechanical and operational properties.

The structure and volume of the thesis. The structure of the dissertation consists of an introduction, six chapters, conclusion, a list of used literature and applications. The volume of the thesis is 243 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Махаматалиев И.М., Тургунбаев У.Ж., Цой В.М.; под.общ. ред. Адылходжаева А.И. Интенсивные технологии строительства. (Монография). –Ташкент, Изд- во «Фан ва технология», 2016. -228 с.
2. Махаматалиев И.М., Адылходжаев А.И., Цой В.М. под.общ. ред. Адылходжаева А.И. Композиционные строительные материалы (Монография). - «LAMBERT» ACADEMIC PUBLISHING, 2018 -176 с.
3. Махаматалиев И.М., Адылходжаев А.И., Цой В.М., Рузметов Ф.Ш. Бетонная смесь.//Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Патент на изобретение РУз, IAP 05771 (15.02.19г).
4. Махаматалиев И.М., Адылходжаев А.И., Цой В.М. Способ приготовления бетонной смеси.// Агентство по интеллектуальной собственности РУз.Ташкент. Патент на изобретение РУз, IAP05772 (15.02.19г).
5. Махаматалиев И.М., Тахиров М.К. О коррозионном состоянии стальной арматуры в высоконаполненном бетоне//“Ўзбекистон архитектураси ва курилиши”, 1997 й., №1-2, с. 50-51. (05.00.00. №29)
6. Махаматалиев И.М., Цой В.М. Особенности структурообразования наполненных цементных вяжущих с базальтовым наполнителем // Вестник ТашИИТа. –Ташкент. 2006,- №2. С.18. (05.00.00. №11)
7. Махаматалиев И.М. О новой технологии получения высокопрочных бетонов с использованием модифицированного зольного наполнителя // Вестник ТашИИТа. –Ташкент. 2006,- №3/4. -С. 8-13. (05.00.00. №11).
8. Махаматалиев И.М. О моделировании процесса разрушения модифицированного наполненного бетона структурно-имитационным методом // Архитектура. Курилиш. Дизайн. –Ташкент. 2009,- №1-2.- С.24-28. (05.00.00. № 4)
9. Махаматалиев И.М. Высокопрочные бетоны: проблемы и их решения // Вестник ТашИИТа. –Ташкент. 2011,- №1.- С.2-5. (05.00.00. № 11)
10. Махаматалиев И.М. Современные тенденции совершенствования железобетонных конструкций // Вестник ТашИИТа. –Ташкент. 2012,- №2.- С.16-18. (05.00.00. №11)
11. Махаматалиев И.М. О бетонах нового поколения на основе эффективных минеральных добавок, тонкозернистых песков и гиперпластификаторов // Вестник ТашИИТа. –Ташкент. 2013,- №1/2.- С.24-27. (05.00.00. №11)
12. Махаматалиев И.М. О технико-экономической эффективности использования высокопрочных бетонов//Архитектура. Градостроительство. Дизайн. –Ташкент. 2013,- №2. - С.17-21. (05.00.00. №4)

13. Махаматалиев И.М. О совершенствовании методологических аспектов полиструктурной теории композиционных строительных материалов // Вестник ТашИИТа. –Ташкент. 2015,- №2.- С.106-110. (05.00.00.№11)

14. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. Некоторые аспекты структурообразования минеральных вяжущих веществ и способы их исследования // Проблемы механики. –Ташкент. 2015,- №2.-С.43-48. (05.00.00. № 6)

15. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. Вопросы управления качеством при проектировании составов многокомпонентных высококачественных бетонов с минеральными наполнителями // Вестник ТГТУ. -Ташкент. 2016,- №1.-С.152-160. (05.00.00.№16)

16. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. О применении усовершенствованного метода математического планирования экспериментов для оптимизации состава бетонной смеси // Вестник ТашИИТа. -Ташкент. 2016,- №1.-С.3-8. (05.00.00. №11)

17. Махаматалиев И.М. О влиянии суперпластификатора Complast 430 на свойства бетонной смеси и бетона // Вестник ТашИИТа.-Ташкент. 2016,- №1.-С.19-22.(05.00.00. №11)

18. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. Классификация минеральных наполнителей для цементных бетонов и растворов по показателю приведенной гидратационной активности // Вестник ТашИИТа.-Ташкент. 2016,- №2.-С.3-13. (05.00.00. №11)

19.Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. О новом методологическом подходе к исследованию поверхностно активных свойств минеральных наполнителей в цементных системах // «Ўзбекистон архитектураси ва курилиши».-Ташкент. 2016,- №4-5.-С.79-82. (05.00.00.№29)

20. Махаматалиев И.М. Композицион курилиш материалларининг полиструктурали назарияси асосидаги илмий тадқиқотларнинг методологик жихатлари хақида // ФерПИИ илмий-техник журнали. –Фаргона.2017, -№1.- 171-173 б. (05.00.00.№20)

21. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М., Ильясов А.Т. Особенности использования лазерно-интерференционных методов при исследовании деформационных свойств цементосодержащих материалов // Вестник Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан. –Нукус. 2017, -№4.- С.30-36. (05.00.00. №19)

22. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. О свойствах многокомпонентных высококачественных бетонов с модифицированным зольным наполнителем // Вестник ТашИИТа.- Ташкент.2017,- №2-3.-С.3-8. (05.00.00. №11)

23. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М., Кондращенко В.И.О физических принципах голографической интерферометрии и

возможностях её применения в исследованиях композиционных материалов // Проблемы механики. –Ташкент. 2018.-№1.-С.6-12. (05.00.00. №6)

24. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М., Кадыров И.А. Об эффективности наполнения цементных бетонов местными цеолитсодержащими породами // Проблемы механики.–Ташкент. 2019.-№2.-С.9-13. (05.00.00.№6)

25. Adylkhodzhaev A.I., Makhamataliev I.M., Kadyrov I. A., Ruzmetov F.Sh. To the Question of the Influence of the Intensity of Active Centers on the Surface of Mineral Fillers on the Properties of Fine-Grained Concrete // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), ISSN: 2277-3075, IF= 5,54 Scopus, Volume-8, Issue-9S2, July 2019, p.219-222.

II бўлим (II часть; II part)

26. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. Планирование полного факторного эксперимента. // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин №DGU 03293 (01.07.2015г.)

27. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. Автоматизированный метод математического планирования экспериментов с использованием регрессии на собственных числах// Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин №DGU 03569 (13.01.2016 г.)

28. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Розмухамедов Д. Программа автоматизированного расчета прочности на сжатие при структурно-имитационном моделировании макроструктуры бетона// Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин №DGU 05645 (28.11.2018г.)

29. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Ильясов А.Т., Умаров К.С., Доспанов Р.Р. Расчет коэффициента эффективности сочетания добавок при научно-обоснованном подборе состава комплексно-модифицированных бетонов// Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин №DGU 06347 (13.05.2019 г.)

30. Махаматалиев И.М. О влиянии технологических параметров механической активации на свойства наполненного цементного вяжущего // Межвузовский сборник научных трудов «Эффективные строительные материалы и технологии».- Ташкент, 1994.- С. 65-68.

31. Махаматалиев И.М., Тахиров М.К. Особенности структурообразования цементного камня с песчаным наполнителем // «Замонавий илм-фан ва технологияларнинг энг мухим муаммолари» Республика илмий-амалий конференциясининг тезислар тўплами, Жиззах, Жиззах политехника институти, 14-15 май 2004 й., б. 186.
32. Махаматалиев И.М. О способе повышения пассивирующих свойств высоконаполненного бетона с зольным наполнителем // Материалы научно-практической конференции «Строительное материаловедение. Состояние и перспективы». Ташкент, 2004.- С.77-81
33. Махаматалиев И.М. О некоторых вопросах исследования наполнителей цементных систем // Межвузовский сборник научных трудов «Essential issues of development in education, science and economy», Aarhus, Aarhus Technical College (Дания), 2005г.
34. Махаматалиев И.М. Пути повышения эффективности использования микронаполнителей в цементных системах // Материалы республиканской конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». Ташкент, 2005.- С.236-239.
35. Махаматалиев И.М., Цой В.М. О влиянии базальтового наполнителя на свойства растворной части цементного бетона // Межвузовский сборник научных трудов «Ресурсосберегающие технологии строительства». Ташкент, 2006.- С.56-57.
36. Махаматалиев И.М. О способе получения бетонов высокой прочности на основе местного сырья // Сборник научных и методических трудов СПбГПУ «Родник знаний». Санкт-Петербург, 2006.- С.51-52
37. Махаматалиев И.М. О классификации минеральных наполнителей для цементных систем // Материалы научно-практической международной конференции «Строительные материалы, изделия и проблемы их пороизводства». Самарканд, 2006.-С.68-69.
38. Махаматалиев И.М. Физико-механические свойства бетонов с базальтовым наполнителем // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». Ташкент, 2006.-С.30-33.
39. Махаматалиев И.М. О новом подходе к оценки поверхностно-активных свойств минеральных наполнителей // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». Ташкент, 2006.-С.95-97.
40. Махаматалиев И.М., Наров Р.А. О методике подбора рационального состава высокопрочных бетонов // «Ўзбекистонда қурилиш технологияси ва ташкилийетини ривожланиши»/ Илмий-амалий анжуман илмий ишлари тўплами. Тошкент, ТАҚИ, 2007 й., с.159-162.
41. Махаматалиев И.М. О новой стратегии применения полиструктурной теории композиционных строительных материалов в исследованиях по совершенствованию технологии наполненных бетонов // Межвузовский

сборник научных трудов, «Теория и практика композиционных строительных материалов». Ташкент, 2008.- С.34-35.

42. Махаматалиев И.М. О моделировании и прогнозировании прочностных свойств модифицированных наполненных бетонов // Материалы международной научной конференции «Проблемы прочности транспортных конструкций и сооружений». Алматы, 2008.-С.150-152.

43. Махаматалиев И.М. О программном комплексе «Бетон-технология» для прогнозирования прочностных свойств модифицированных наполненных бетонов структурно-имитационным методом // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». Ташкент, 2008.- С.11-13.

44. Махаматалиев И.М., Ёдгоров Ж.Р. Введение суперпластификаторов - основа повышения качества бетона // Межвузовский сборник научных трудов «Ресурсосберегающие технологии в строительстве». Ташкент, 2009.- С.51-54.

45. Махаматалиев И.М. О моделировании и прогнозировании прочностных свойств модифицированных наполненных бетонов // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы усовершенствования преподавания строительных дисциплин».-Ташкент, 2009.-С.64-65.

46. Махаматалиев И.М., Абдуллаев С.А. Ресурсосберегающая технология высокопрочного бетона для использования в транспортном строительстве Узбекистана // Ўзбекистонда қурулиш технологиялари ва уларни ташкил этишни ривожлантириш масалалари. Илмий ишлар тўплами. Тошкент, ТАҚИ, 2010й, с.93-96.

47. Махаматалиев И.М. , Илахунов С.М. Программа «Бетон-технология» для автоматизации расчетов при моделировании прочности бетона структурно-имитационным методом // Ўзбекистонда қурулиш технологиялари ва уларни ташкил этишни ривожлантириш масалалари. Илмий ишлар тўплами. Тошкент. ТАҚИ, 2010й, с.153-156.

48.Махаматалиев И.М. О принципах моделирования макроструктуры модифицированных наполненных бетонов структурно-имитационным методом // Межвузовский сборник научных трудов «Ресурсосберегающие технологии в строительстве».Ташкент, 2010.- С.64-67.

49.Махаматалиев И.М., Худоёров А.А. Высокопрочные бетоны с модифицированным зольным наполнителем // Сборник научных трудов 4-ой Республиканской научно-технической конференции «Проблемы внедрения инновационных идей, технологий и проектов в производство». Джизак, 2012. – С.214 -216.

50.Махаматалиев И.М., Тургунбаев У.Ж. Оптимизация состава высокопрочного бетона с модифицированным зольным наполнителем // Межвузовский сборник научных трудов «Ресурсосберегающие технологии в строительстве». Ташкент, 2012.- С.40-43.

51. Махаматалиев И.М., Муминов Р.Р. О химических добавках для бетона нового поколения от компании BASF // Научные труды Республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных учёных «Ресурсосберегающие технологии на железно дорожном транспорте». Ташкент, 2012.-С.165-166.

52. Махаматалиев И.М. О концепции разработки технологии высокопрочных бетонов на основе полиструктурной теории композиционных строительных материалов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Теория композиционных материалов и инновационные технологии». Ташкент, 2012.-С.26-29.

53. Махаматалиев И.М., Цой В.М., Муминов Р.Р. О новой технологии высокопрочных бетонов на местных материалах с использованием добавки GLENIUM SKY 504 (фирмы BASF) // Материалы международной научно-технической конференции «Энерго- и ресурсосберегающие безвредные композиционные материалы». Ташкент, 2013.- С.143-145.

54. Махаматалиев И.М., Абдухоликов А. А. Эффективность использования высокопрочных бетонов// Материалы международной научно-технической конференции «Энерго- и ресурсосберегающие безвредные композиционные материалы». Ташкент, 2013.-С.145-147.

55. Махаматалиев И.М., Исаханов А.С. Реологические свойства цементного теста и физико-механические свойства цементного камня с суперпластификатором// Межвузовский сборник научных трудов «Ресурсосберегающие технологии в строительстве». Ташкент, 2014.-С.36-38.

56.Махаматалиев И.М., Юсупов Х.И. Исследование коррозии арматурной стали в бетоне с модифицированным зольным наполнителем //Материалы Республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных учёных «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». Ташкент, 2014.-С.46-50.

57. Махаматалиев И.М. Технология и свойства высококачественных многокомпонентных бетонов с модифицированным зольным наполнителем//Материалы международного симпозиума «Сейсмостойкое строительство с применением быстровозводимых лёгких конструкций». Ташкент, 2014.-С.12-13.

58. Махаматалиев И.М., Адылходжаев А.И., Цой В.М. Общие представления о бетонных смесях с порошковой активацией // Материалы Республиканской Межвузовской научно-практической конференции «Инновационные технологии в строительстве». Ташкент, 2015. –С. 3-4.

59. Adilhodgaev A. I., Maxamataliyev I.M., Tsoy V.M. Assessment of reinforcement corrosion in high-filled ash-containing concrete designed for railway buildings and structures // Transport Problems -Poland, 2015y. - P. 14-18.

60. Adilhodgaev A.I., Maxamataliyev I.M., Tsoy V.M. About nature of interphase interactions of basalt aggregate and polycarboxylate superplasticizer

with cement in multicomponent concrete// “Ibausil” 19 Internationale Baustofftagung, Weimar, Bundesrepublik Deutschland, 2015y., P.2.1211-1219.

61. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. Об автоматизации решения оптимизационных задач в технологии бетона методом математического планирования экспериментов// “Курилиш ашёларининг тузилиши ва хоссаларини яхшилаш усуллари ”Илмий–амалий семинар қатнашчиларининг илмий ишлари тўплами, ТАҚИ , 2015 й., 8-14 б.

62. Махаматалиев И.М., Лесов Н.К. Оптимизация состава композиционного цементного вяжущего с базальтовой фиброй и суперпластификатором С-3//Материалы республиканской научно-практической конференции «Повышение энергоэффективности зданий и актуальные проблемы строительной физики». Самарканд, 2015.- С.90-91.

63. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. О совершенствовании методологических аспектов полиструктурной теории композиционных материалов// Сборник научных статей по итогам Международной научно-практической конференции «Инновационная стратегия развития фундаментальных и прикладных научных исследований» Санкт-Петербург, 2016.- С.101-104.

64. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. О структурно-имитационном моделировании прочности цементного бетона//Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Прочность конструкций, сейсמודинамика зданий и сооружений». Ташкент, 2016.-С.53-54.

65. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. Цеолитсодержащие породы Узбекистана – эффективные минеральные наполнители для цементных растворов и бетонов// Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию д.т.н., профессора О.В. Кунцевича «Строительные материалы, конструкции и сооружения XXI века». Санкт-Петербург, 2016.-С.33-34.

66. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. О новом способе приготовления бетонной смеси//“Замонавий курилишлар, бинолар ва иншоотларнинг конструкциявий ва сейсмик хавфсизлиги масалалари” Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами, НамПИ, 2017й, 1-қисм, 52-56 б.

67. Махаматалиев И.М. О закономерностях изменения прочностных свойств бетона во времени при различных условиях твердения//“Замонавий курилишлар, бинолар ва иншоотларнинг конструкциявий ва сейсмик хавфсизлиги масалалари” Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами, НамПИ, 2017й, 1-қисм, 56-59 б.

68. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Шаумаров С.С. Теоретические аспекты структурно-имитационного моделирования макроструктуры композиционных строительных материалов // Нучно-

технический вестник Брянского государственного университета.- Брянск. 2018,- №3.-С.312-320.

69. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М., А.И.,Шаумаров С.С. Прогнозирование эффективности введения минеральных наполнителей в цементные композиты // Нучно-технический вестник Брянского государственного университета.- Брянск. 2019,- №1.-С.105-112.

70. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М., А.И.,Шаумаров С.С. Научно-обоснованная методика подбора добавок при проектировании состава комплексно-модифицированных бетонов // Нучно-технический вестник Брянского государственного университета.- Брянск. 2019,- №2.- С.269-279.

71.Махаматалиев И.М., Шамсиев М.Х. О прогнозировании прочностных свойств тяжелого бетона методом структурно-имитационного моделирования с использованием программы «Бетон-технология»//Материалы Республиканской Межвузовской научно-практической конференции с участием зарубежных ученых «Инновационные технологии в строительстве».-Ташкент. 2019.-С.31-36.

72. Махаматалиев И.М., Шухратов Ш.Рузметов Ф.Ш. Об оценке влияния распределения центров адсорбции на поверхности минеральных наполнителей на прочностные показатели цементных бетонов// Материалы Республиканской Межвузовской научно-практической конференции с участием зарубежных ученых «Инновационные технологии в строительстве». Ташкент, 2019,-№14.-С.63-65.

73. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М.,Цой В.М., Шаумаров С.С., Мухаммадиев Н.Р. К оценке эффективности совместного применения пластифицирующих химических добавок и минеральных наполнителей в составе комплексно модифицированных бетонов для строительства объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта // «Бюллетень результатов научных исследований. Электронный научный журнал». Санкт-Петербург. 2019,-№2.-С.19-32.

74. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Кадыров И.А. Некоторые особенности процесса помола цеолитсодержащих пород в шаровой мельнице// Сборник материалов Международной научной и научно-технической конференции на тему «Вопросы устойчивого развития архитектуры городского строительства в приаральском регионе».Нукус, 2019.- С.10-13.

75. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. Методы исследования и критерии оценки поверхностно-активных свойств минеральных наполнителей в цементных бетонах // В монографии «Инновационные материалы и технологии в строительстве». Ташкент. 2016,- С.69.-115.

Авореферат «ТошТЙМИ хабарномаси» илмий-амалий журнали
тахририяида тахрирдан ўтказилди ва матнларини мослиги текширилди
(4.10.2019 й.)

Бичими 60×84 ¹/₁₆. Ризограф босма усули. Times гарнитураси
Шартли босма табағи 4,5. Адади: 100. Буюртма: №19-8/2019

Тошкент темир йўл муҳандислари институти босмаҳонасида чоп этилган.
Босма хона манзили: 100167, Тошкент ш., Одилхўжаев кўчаси, 1-уй.