

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

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**КАДИРОВ ИЛХОМ АБДУЛЛАЕВИЧ**

**ЦЕОЛИТ ЖИНСЛИ ТЎЛДИРУВЧИЛИ КОМПЛЕКС  
МОДИФИКАЦИЯЛАНГАН БЕТОНЛАР**

**05.09.05 - Қурилиш материаллари ва буюмлари**

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

**Тошкент – 2020**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация  
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по  
техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical  
sciences**

**Кадиров Илхом Абдуллаевич**

Цеолит жинсли тўлдирувчили

комплекс-модификацияланган бетонлар ..... 3

**Кадиров Илхом Абдуллаевич**

Комплексно-модифицированные бетоны с наполнителями из

цеолитсодержащей породы ..... 21

**Kadyrov Ilkhom Abdullaevich**

Complex-modified concrete with using zeolite-containing rock fillers ..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works ..... 44

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

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**КАДИРОВ ИЛХОМ АБДУЛЛАЕВИЧ**

**ЦЕОЛИТ ЖИНСЛИ ТЎЛДИРУВЧИЛИ КОМПЛЕКС  
МОДИФИКАЦИЯЛАНГАН БЕТОНЛАР**

**05.09.05 - Қурилиш материаллари ва буюмлари**

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

**Тошкент – 2020**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.3.PhD/T1875 ракам билан рўйхатга олинган.**

Докторлик диссертацияси Тошкент Давлат транспорт университетида бажарилган.

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

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Адилходжаев Анвар Ишанович</b> техника фанлари доктори, профессор
<b>Расмий оппонентлар:</b>	<b>Хасанов Бахриддин Баратович</b> техника фанлари доктори, профессор <b>Газиев Учқун Абдуллаевич</b> техника фанлари номзоди, профессор
<b>Етакчи ташкилот:</b>	<b>Наманган муҳандислик-қурилиш институти</b>

Диссертация химояси Тошкент архитектура-қурилиш институти ҳузуридаги DSc.26/30.12.2019.T.11.01 ракамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «30» ноябрь соат 10<sup>00</sup> да Архитектура факультетининг мажлислар залида бўлиб ўтади (Манзил: 100011, Тошкент ш., Абдулла Кодирий кўчаси, 7в-уй. Тел.:(99871) 241-10-84; факс: (99871) 241-80-00, e-mail: [devon@taqi.uz](mailto:devon@taqi.uz), [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

Диссертация билан Тошкент архитектура-қурилиш институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 47 раками билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100084, Тошкент ш., Кичик Халка йўли кўчаси,7-уй. Тел.:(+99871) 235-43-30; факс:(+99871) 234-15-11,e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).факс: (99871) 241-80-00, e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

Диссертация автореферати 2020 йил «16» ноябрь кунни тарқатилди. (2020 йил «03» ноябрь даги 9 ракамли реестр баённомаси).

  
**Х.А. Акрамов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
раиси ўринбосари, т.ф.д., профессор  
**Х.Х. Камиллов**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш илмий котиби, т.ф.д., профессор  
**С.А. Ходжаев**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
кошиқаси илмий семинар раиси,  
т.ф.д., профессор

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳон қурилиш тажрибасида муқобили йўқ ва ўта самарали конструкцион материал ҳисобланувчи цементли бетонга бўлган талаб тобора ошиб бормоқда. Конструкцион бетон бўйича халқаро «Фелерация» (International Federation for Struktural Concrete, FIB) маълумотлақ кўра<sup>1</sup>, ҳозирги кунда цементнинг йиллик ишлаб чиқарилиш ҳажми қарино 4 млрд. м<sup>3</sup> ни ташкил этаётгани ва унинг асосидаги глобал миқёсдаги бетон ишлаб чиқариш 12 млрд. м<sup>3</sup> га яқинлашаётгани башорат қилинган. XXI аснинг, биринчи ўн йиллиги цементли бетоннинг янги технологияларини ишлаб чиқиш соҳасида эришилган сезиларли ютуқлар билан ажралиб турибди. Хусусан, янги авлод кўп компонентли юқори сифатли бетонларни лойиҳалашни такомиллаштириш масалаларига катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳон қурилиш амалиётида фаол минерал микротўлдиргичли бетон қоришмалари ва улар асосидаги юқори мустаҳкам бетонларни қўллаш ва технологиясини такомиллаштиришга алоҳида эътибор беришмоқда. Бундай бетонларни ишлаб чиқаришга зичликни ошириш, капилляр ғоваклиликни камайтириш ва янги минералларнинг ҳосил бўлиши билан ажралиб турувчи цемент тошининг структурасини шакллантириш орқали эришиш мумкин. Турли даврларда олиб борилган тадқиқотлар юқори мустаҳкам ва ўта сифатли бетонларни олишнинг энг мақбул ва оддий усули кимёвий модификатор ва минерал микротўлдиргичлар асосидаги юқори самарали комплекс қўшимчалардан фойдаланиш усули эканлигини кўрсатди. Ҳозирги вақтда юқори даражада мустаҳкам бетонларни ишлаб чиқариш учун нанотехнологиялар асосида олинган юқори самарали суперпластикловчи таъсирга эга кимёвий модификаторлар – поликарбонат эфирлари асосидаги моддалар қўлланилмоқда. Ривожланган мамлакатларда юқори мустаҳкамли бетон олиш учун кимёвий модификаторлар ва минерал микротўлдиргичлар билан бир қаторда, М500 ва ундан юқори маркали цементлардан фойдаланилади. Ўзбекистон Республикаси қурилиш соҳасида юқори технологияли бетон олишнинг кенг кўламда ривожланиши бундай цементлар олишнинг йўлга қўйилмаганлиги сабабли чекланмоқда. Шу сабабли, бугунги кунда Ўзбекистон цемент заводларида оммавий равишда ишлаб чиқарилаётган М400 портландцементи асосида юқори мустаҳкам бетон олиш масаласини тадқиқ қилиш муҳим аҳамият касб этади.

Республикамизда жадал ривожланаётган қурилиш саноатида цементли бетонларининг хоссаларини юқори самарали кимёвий қўшимчалар ва минерал микротўлдиргичлардан фойдаланиш ҳисобига яхшилашга, ишлаб чиқарилаётган бетон ва темирбетон конструкцияларининг таннархини пасайтириш, шунингдек, барпо этилаётган бино ва иншоотларнинг ишончилигини ошириш масалаларида муҳим натижаларга эришилган. Шу билан бир қаторда, бино ва иншоотларнинг бетон ва темирбетон

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

конструкцияларини сифатини яхшилаш, юқори мустаҳкамлик кўрсаткичлари ва сейсмик турғунлигини ошириш, уларнинг вазнини камайтиришга қаратилган тадқиқот ишларини жадаллаштириш зарурати туғилади. 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»<sup>2</sup> вазифалари белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишнинг муҳим масалаларидан бири поликарбонат суперпластификатори (СП) ва цеолитли тоғ жинси (ЦТЖ) (натролит) асосидаги комплекс модификаторлардан фойдаланган ҳолда цемент бетонидан юқори сифатли конструкция ва буюмлар ишлаб чиқаришнинг мавжуд технологияларини такомиллаштириш муҳим вазифалардан 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, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Цемент бетонларини ишлаб чиқаришда материал ва энергия сарфини камайтириш, шунингдек уларнинг физик ва механик хоссаларини яхшилаш муаммосида комплекс модификаторлар билан бетон структурасини модификациялаш соҳасидаги тадқиқотлар муҳим аҳамиятга эга.

Цемент системасида бундай қўшимчалардан фойдаланиш асосларини И.П. Александрин, В.И. Соломатов, 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, П.Г. Комохов, В.И. Калашников, В.И. Кондращенко, Т.И. Петрова, С.В. Шестоперов, А.Е. Шейкин, R. Fere, G. Hintze, F. Loher, T. Thorvaldson, F.J. Hogan, L.U. Spellman, A. Walter, H.

---

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

Uchikawa, Sh. Hanehara, F. Lallard, T.S. Do, A. Durecovic, S. Sarcar, I. Older, V. Yogendran va бошқа машхур хорижий олимлар асос солишган.

Ўзбекистон Республикасида турли йилларда Э.У. Касимов, М.К. Тахиров, Н.А. Самигов, А.И. Адилходжаев, Б.Б. Хасанов, У.А. Газиев, Н.Х. Талипов, А.А. Тулаганов, В.М. Цой, И.М. Махаматалиев ва бошқалар комплекс-модификацияловчи кўшимчаларни қўллаш бўйича муҳим натижаларга эришганлар.

Аввал ўтказилган тадқиқотларда юқори мустаҳкам бетонларни лойихалаш ва цемент тизимининг технологик ва физик-механик хоссаларига кимёвий модификаторлар ва минерал микроўлдиргичларнинг таъсир этиш механизмлари боғлиқлигини ўрганиш кенг ёритилган. Бироқ, бетон мустаҳкамлигини оширишда асосий рол ўйнайдиган минерал микроўлдиргич ва суперпластификаторнинг цемент ва тўлдирувчи орасидаги контакт зонаси зичлиги, қалинлиги ва структурасига таъсири, шунингдек, минерал микроўлдирувчи тури ва таркибининг бетон хоссаларини шаклланишига таъсирини ўрганиш вазифаси ҳам етарлича ўрганилмаган. Шунинг учун, илгари бетоншуносликда қўлланилмаган ЦТЖ (натролит)ни фаол кўшимча сифатида самарали бетонлар таркибларини ишлаб чиқишда комплекс тадқиқотлар ўтказишни талаб этилаётганини кўрсатмоқда.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент темир йўл муҳандислари институти илмий-тадқиқот иши № БВ-Ф4-04 «Композицион материалларнинг полиструктурали назарияси асосида кўп компонентли юқори сифатли бетонлар таркибини оптималлаштириш ва хоссаларини башорат қилиш» (2018-2020) мавзусидаги лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** механик фаоллаштирилган ЦТЖ ва самарали СП ларни комплекс қўллаш йўли билан М400 портландцементи асосида эксплуатацион хоссалари яхшиланган юқори мустаҳкам бетон олишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

ЦТЖ ва СП қўшилган цемент тошининг структураси шаклланиши хусусиятларини тадқиқ қилиш;

ЦТЖ ва СП қўшилган бетон қоришмаси таркибини оптималлаштириш;

ЦТЖ ва СП қўшилган бетон ҳамда бетон қоришмасининг технологик, физик-механик хоссаларини тадқиқ этиш;

Тадқиқот натижаларини техник-иқтисодий асослаш, тажриба апробациясини ишлаб чиқаришда бажариш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида маҳаллий ЦТЖ ва СП асосидаги комплекс модификацияланган бетонлар олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** сифатида ЦТЖ ва СП қўшиб тайёрланган бетоннинг физик-механик, физик-кимёвий ва техник-иқтисодий кўрсаткичлари олинган.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида замонавий физик-

кимёвий таҳлил усулларидан, бетоннинг сифат кўрсаткичлари ва хоссаларини ўрганишнинг стандартлаштирилган усулларидан ҳамда қоришма таркибини оптималлаштиришни математик усулларидан ва экспериментлар натижаларини статистик таҳлил қилиш усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

ЦТЖ ни юқори фаоллигини ҳисобга олган ҳолда юқори мутаҳкам бетонларни олиш учун минерал қўшимча сифатида қўллаш имконияти асосланган;

цемент бетонларининг технологик ва эксплуатацион хоссаларига ЦТЖ ва СП нинг модификациялаш таъсири қонуниятлари аниқланган;

ЦТЖ ва СП билан модификацияланган цемент тоши структурасининг шаклланиш механизми аниқланган;

комплекс модификацияланган цемент тошида структуранинг яхшиланиши ва ғоваклиликни камайиши ҳисобига физик-механик хоссаларини сезиларли ўсишига олиб келгани аниқланган;

бетон мустаҳкамлигини унинг ташкил этувчилари ва технологик омилларига боғлиқлигини ифодаловчи математик моделлар ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

монолит ва йиғма темирбетон конструкциялари тайёрлаш учун СП ва ЦТЖ қўшилган оддий М400 портландцементи асосида юқори мустаҳкам бетон, бетон қоришмасаларининг оптимал таркиблари ишлаб чиқилган;

СП ва ЦТЖ қўшимчаларини қўллаш, илгари М400 оддий цемент маркасида ишлаб чиқариш имконияти мавжуд бўлмаган, В65 синфга мансуб юқори мустаҳкам бетонларни олиш имкониятини яратган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги тадқиқотларни замонавий усул ва воситаларни ҳамда тажрибани математик режалаштириш усулларини қўллаган ҳолда бажарилганлиги, тажриба йўли билан олинган хулосаларнинг назарий асос бўлувчи қонунлар билан мослиги, шунингдек, ишланмаларни ишлаб чиқариш шароитларида апробация қилинганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти цемент тизимида суперпластикловчи қўшимчалар ва дисперс минерал микротўлдиргичлар иштирокидаги цемент бетонларнинг таркиби шаклланиши ҳақидаги тушунчалар ривожлантирилган, бу эса структуранинг шаклланиши, технология ва бетон хоссалари назарияси ва амалиётини ривожлантириш учун муҳим ўрин тутиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти маҳаллий хомашёлар асосидаги комплекс қўшимчалардан юқори сифатли ва юқори мустаҳкам бетонларни олиш ва уларни ишлаб чиқаришга жорий қилиш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Цеолит жинсли тўлдирувчилик комплекс-модификацияланган бетонларни яратиш бўйича олинган натижалар асосида:



СП ва ЦТЖ дан фойдаланиб комплекс-модификацияланган бетонларнинг оптимал таркиблари “GEO BETON TRUST” МЧЖ корхонасида жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2020 йил 04 сентябрдаги №01/2945-20-сонли маълумотномаси). Натижада цемент сарфини 1,3 баравар камайтириш, мустаҳкамликни 8-12 % га, совуқбардошликни 1,1-1,6 баробар, сув ўтказмасликни эса бир маркага ошириш имконини берган;

комплекс қўшимчали бетонларнинг таркиби ва хоссаларини оптималлаштириш дастури “Программа оптимизации состава тяжелого бетона с комплексной добавкой” “GEO BETON TRUST” МЧЖ корхонасида бетонларнинг оптимал таркибларини лойихалашда жорий этилган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2020 йил 04 сентябрдаги №01/2945-20-сонли маълумотномаси). Натижада В27,5; В30 ва В50 синфли бетонларнинг оптимал таркибларини аниқлаш вақти, материал ва меҳнат сарфларини 20 %га камайтириш имкони яратилган;

комплекс қўшимчали бетон қоришмаларини тайёрлаш учун технологик йўриқнома “Технологическая инструкция по производству стоек железобетонных предварительно напряженных воздушных линий электропередачи стендового безопалубочного формования из бетона с минеральным наполнителем и суперпластификатором длиной до 11,0м (ТИ-20182894-12:2020) “GEO BETON TRUST” МЧЖ корхонасида жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2020 йил 04 сентябрдаги №01/2945-20-сонли маълумотномаси). Натижада 447 млн. сўмлик иқтисодий самара олинган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертациянинг асосий натижалари 4 та халқаро ва 4 та республика миқёсидаги илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 19 та илмий ишлар, 15 та илмий мақола, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий журналларда 7 та мақола, жумладан 3 та хорижий ва 4 та республика журналларида чоп этилган. Бундан ташқари, 4 та ҳисоблаш дастурлари учун (№DGU 06792, №DGU 06906, №DGU 07071, №DGU 09139) гувоҳнома олинган.

**Диссертация таркиби ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат бўлиб, диссертациянинг ҳажми 125 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 очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилинганлиги, чоп этилган илмий ишлар ва диссертациянинг тузилиши ва ҳажми бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг “**Муаммонинг ҳолати ва тадқиқот вазифалари**” деб номланган биринчи бобида кўриб чиқиладиган мавзу бўйича илмий тадқиқотларнинг таҳлилий шарҳи келтирилган.

Илмий манбаларнинг таҳлили шуни кўрсатдики, жаҳон қурилиш амалиётида юқори мустаҳкам ва ўта сифатли бетонлар қўлланилмоқда ва технологияси ривожлантирилмоқда. Амалиётда бундай бетонлар ишлаб чиқарилишини зичликни ошириш, капилляр ғоваклиликни камайтириш ва янги минералларнинг ҳосил бўлиши билан ажралиб турувчи цемент тошининг структурасини шакллантириш орқали эришиш мумкин.

Турли даврларда олиб борилган тадқиқотлар юқори мустаҳкам ва ўта сифатли бетонларни олишнинг энг мақбул ва оддий усули кимёвий модификатор ва минерал микротўлдиргичлар асосидаги юқори самарали комплекс қўшимчалардан фойдаланиш усули эканлигини кўрсатди. Ушбу талабларга янги авлод кимёвий қўшимчаси поликарбонат СП ва ЦТЖ (натролит) жавоб бериши аниқланди.

Бажарилган тадқиқотлар шарҳи ва адабиётлар таҳлили ҳозирги кунга қадар СП ва ЦТЖ асосидаги комплекс қўшимчаларнинг гидратациянинг кечиш жараёнлари, ғовакларнинг ҳосил бўлиши ва цемент композитининг хоссаларига таъсири етарлича ўрганилмаганлигини кўрсатди.

Илмий нуқтаи назардан қараганда, зарур кўрсаткичли бетонларни олиш амалиётида ЦТЖ микротўлдиргичлари асосида ишлаб чиқиш маълум даражада қизиқиш уйғотади.

Ўтказилган тадқиқотлар доирасида белгиланган вазифаларни амалга ошириш учун қуйидаги **ишчи гипотеза** шакллантирилди. Микротўлдиргич билан тўлдирилган цемент тизимида юзага келувчи физик ва кимёвий ўзаро таъсир қонуниятлари ҳақидаги замонавий ғояларга асосланиб, ЦТЖ ни бетон структуравий параметрларининг талаб қилинган кўрсаткичларини шакллантириш билан гидратация жараёнлари кечиш шароитларини яхшилаш имконини берувчи фаол минерал қўшимча сифатида кўриб чиқиши оддий М400 маркали цементларида юқори мустаҳкам бетоннинг оптимал таркибларини ишлаб чиқиш мумкинлиги фараз қилинади.

Диссертациянинг “**Тадқиқот усуллари ва фойдаланилган материаллар**” деб номланган иккинчи бобида комплекс қўшимчани олиш учун қўлланиладиган хомашёнинг хусусиятлари ва экспериментал тажрибаларни ўтказиш учун қабул қилинган тадқиқот усуллари келтирилган.

Цемент композицияларини ишлаб чиқиш учун тадқиқотларда “Оҳангаронцемент” МЧЖ ПЦ М400 портландцементи қабул қилинган.

Белтау конидан олинган ЦТЖ (натролит) минерал майда тўлдиргич сифатида, поликарбонат эфирлари асосидаги POLIMIX суперпластификатори кимёвий қўшимча сифатида қабул қилинган.

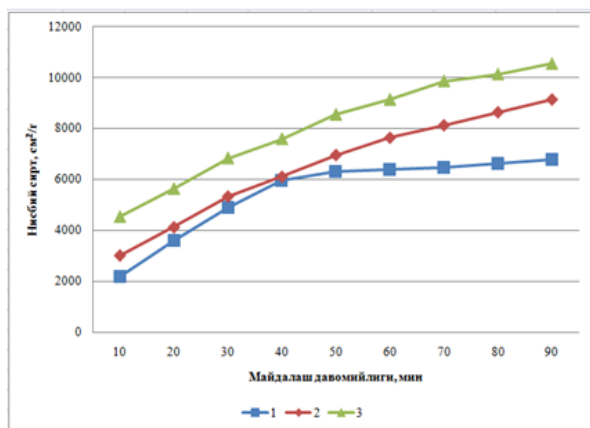
Диссертация тадқиқотлари олдида қўйилган мақсад ва вазифалардан келиб чиқиб тадқиқотларнинг услублари асослаб берилган ва танлаб

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. ЦТЖ минерал микротўлдиргичи ШЛМ-100 лаборатория тегирмонида майдаланган. Минерал микротўлдиргичнинг дисперслигини баҳоловчи нисбий сирт кўрсаткичи ПСХ-11А асбобида Козени-Карман ҳаво ўтказувчанлик услуби бўйича аниқланган. Цемент хаамири қотиш муддати ва нормал қуюқлиги ВИКА асбобида аниқланган. Цемент суспензиялари реологик кўрсаткичлари В.И. Калашников ва Стокс усуллари бўйича аниқланган. Минерал қўшимчалар билан ва уларсиз гидратланувчи цемент суспензиясининг рН муҳитини баҳолаш рН-метр ёрдамида амалга оширилган. Цемент тизимлари ғоваклигини ўрганишда симобли порометрия услуби қўлланган ва бунда Thermo Scientific фирмасининг Pascal 240 EVO серияли симобли порозиметри ишлатилган. Цемент композицияларининг тузилишини тадқиқ этиш ва шаклланаётган структурасини баҳолаш дифференциал-термик, рентгенфаза, ИК-спектроскопик ва электрон-микроскопик таҳлиллари асосида амалга оширилган. Бундан ташқари, тадқиқотларда бетон қоришмалари таркибини ва минерал микротўлдиргични майдалаш жараёнларини оптималлаштириш учун тажрибаларни режалаштиришнинг математик усули қўлланилган.

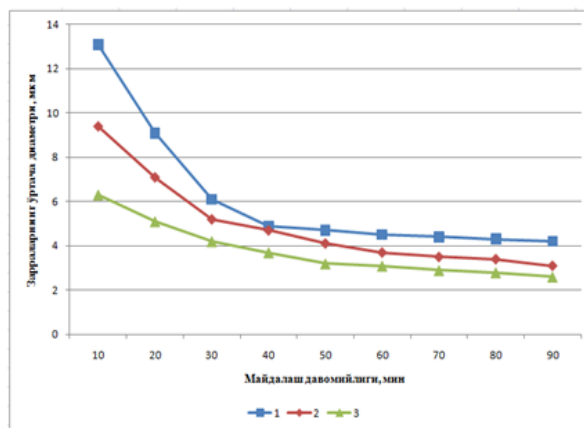
Диссертациянинг **“Цеолитли тоғ жинсли микротўлдиргич ва поликарбонат суперпластификатори қўшимчаси қўшилган цемент тошининг хоссалари ва тузилишининг хусусиятлари”** деб номланган учинчи боби минерал ва кимёвий модификаторлардан фойдаланган ҳолда аралаш цемент боғловчилари хоссалари ва тузилишини ишлаб чиқиш ва оптималлаштириш бўйича экспериментал тадқиқотлар натижаларига, минерал майда микротўлдиргичнинг механик фаоллашувини ўрганишга, микротўлдиргич билан тўлдирилган цемент тизимини пўлат арматуранинг коррозия ҳолатини ўрганишга, цемент тошининг ғоваклик тузилиши ва физик-кимёвий тадқиқотларини ўрганишга бағишланган.

Биринчи бобда келтирилган адабиётлар таҳлили шуни кўрсатдики, боғловчи гидратацияси бошланғич босқичида структура ҳосил бўлиши жараёнларига қулай шарт-шароитлар яратишнинг максимал самараси микротўлдиргичнинг оптимал дисперслиги билан таъминланади. Оптимал дисперсликни олишнинг муҳим технологик босқичи бу майдалаш (механик фаоллаштириш) ҳисобланади. Юқоридагиларни инобатга олган ҳолда майдалаш жараёнини оптималлаштириш билан шарли тегирмоннинг турли иш режимларида ЦТЖ ни механик фаоллаштириш бўйича тадқиқотлар ўтказилди.

Турли майдалаш режимларида ЦТЖ зарраларининг нисбий сирти ва ўртача диаметри ўзгаришини таққослаш натижалари 1,2-расмларда намоиш қилинган.



**1-расм Шарли тегирмоннинг (1) ишқаланувчи, (2) зарбли-ишқаланувчи ва (3) зарбли режимларда ЦТЖ нисбий сиртининг ўзгариши**



**2-расм Шарли тегирмоннинг (1) ишқаланувчи, (2) зарбли-ишқаланувчи ва (3) зарбли режимларда ЦТЖ зарраларнинг ўртача диаметрининг ўзгариши**

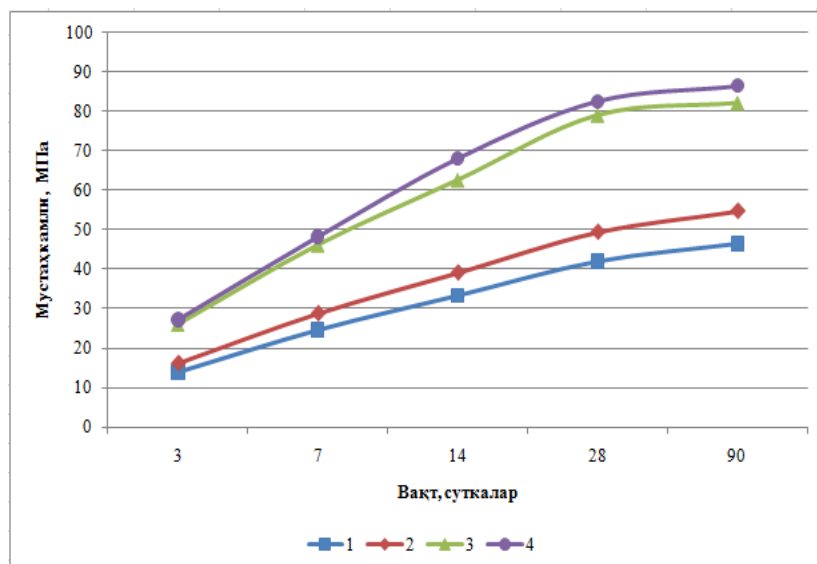
Майдаланган ЦТЖ ни туйилганлик қийматларини таққослаш шуни кўрсатдики, ишқаланиш режимининг 90 дақиқа ўзгармас майдалаш давомийлигида нисбий сирт  $6800 \text{ см}^2/\text{г}$  ва зарраларнинг ўртача диаметри  $4,2 \text{ мкм}$  кўрсаткичига етади; зарбли-ишқаланиш режими  $3,1 \text{ мкм}$  ўртача диаметр заррали  $9130 \text{ см}^2/\text{г}$  дисперсия яратиш имконини беради. Майдалашнинг зарбли режимида нисбий сирт  $10542 \text{ см}^2/\text{г}$  га етади. Зарраларнинг ўртача диаметри  $2,6 \text{ мкм}$  ни ташкил қилади.

Таърибалар нисбий сирт  $4520 \text{ см}^2/\text{г}$  кўрсаткичидан ошиши зарраларнинг агрегациясига олиб келишини кўрсатди.

Майда тўлдиргичнинг нисбий сирти ва тўлдириш даражасининг цемент боғловчисидаги рационал қийматларини аниқлаш учун, ЦТЖ нинг турли нисбий сирт  $1010, 2060, 3010, 4220, 5080 \text{ см}^2/\text{г}$  ва  $10\%, 20\%, 30\%, 40\%, 50\%$  тўлдириш қийматлари билан экспериментал тадқиқотлар ўтказилди.

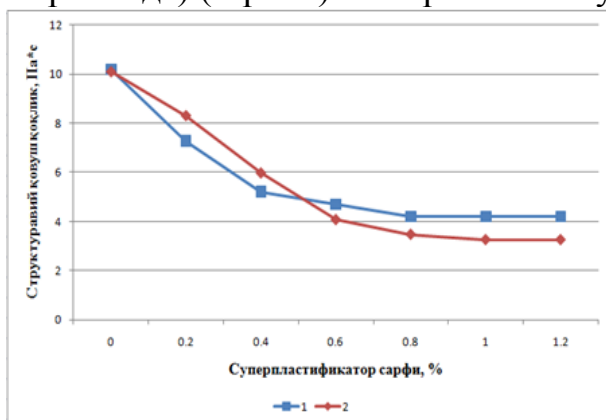
Олинган натижалар асосида цемент боғловчисининг ( $30\%$ ) ЦТЖ билан дисперслиги  $3500 \text{ см}^2/\text{г}$  га тўлдириш цемент тошининг мустаҳкамлик хусусиятларини ошириш имконини бериши аниқланди.

СП ва ЦТЖ микротўлдиргич асосидаги қўшимчаларни комплекс қўллаш юқори мустаҳкам цемент боғловчисини олиш имконини яратади. СП ва ЦТЖ микротўлдиргичининг рационал дозаси  $86 \text{ МПа}$  юқори мустаҳкам цемент тошини олишни таъминлайди, бу ҳақида 3-расмдаги маълумотлар далолат беради.

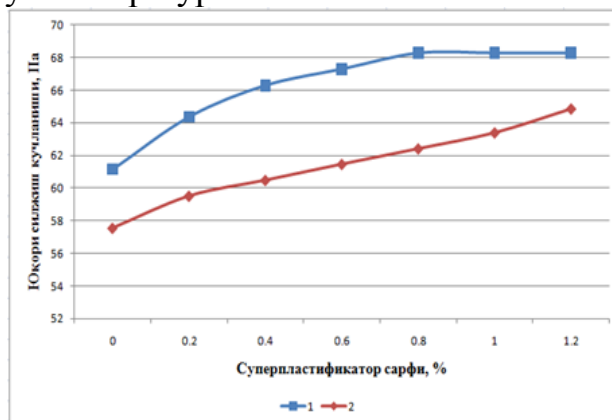


**3-расм. Вақт давомида цемент тоши мустаҳкамлигининг ўзгариши**  
**1-цемент; 2-цемент+ЦТЖ (30%); 3-цемент+СП (1,0%); 4-цемент+СП (0,8%)+ЦТЖ (30%)**

Модификацияланган цемент тизимларининг турли шароитларда ҳаракатлувчанлигини баҳолаш учун тизимнинг структуравий қовушқоқлик (4-расм) ва юқори силжиш кучланиши (аралашманинг тенг ҳаракатчанлиги шароитида) (5-расм) каби реологик хусусиятлари ўрганилган.



**4-расм. Микротўлдиргичсиз (1) ва ЦТЖ билан тўлдирилган (2) цемент пасталарининг структуравий қовушқоқлиги**



**5-расм. Микротўлдиргичсиз (1) ва ЦТЖ билан тўлдирилган (2) цемент қоришмаларининг юқори силжиш кучланиши**

Комплекс қўшимчали цемент пастасининг структуравий қовушқоқлиги СП ли таркибларга нисбатан 14 % га камайганлиги аниқланди. Бундан ташқари, СП ва ЦТЖ қўшимчаларини комплекс қўллаш юқори силжиш кучланиши кўрсаткичини камайтиради.

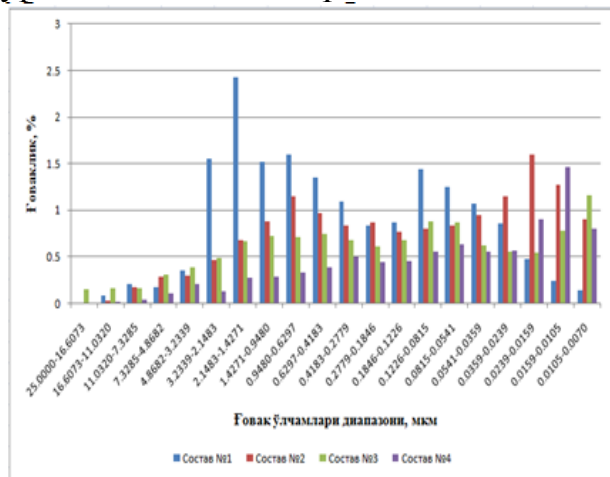
Олинган натижалар шуни кўрсатдики, ЦТЖ ни қўллаш ички ишқаланишни камайтиради, коллоид тизимининг силжиш кучланишини камайтиради, бу эса  $\tau_0$  кўрсаткичини пасайишига олиб келади, керакли ҳаракатланувчанлиги талаб қилинганда СП сарфини 20% га қисқартиради ва яхши виброрезишани таъминлайди.

Учинчи бобда, шунингдек комплекс қўшимчали цемент тошининг ғовак тузилиши хусусиятлари тадқиқот натижалари тақдим этилган.

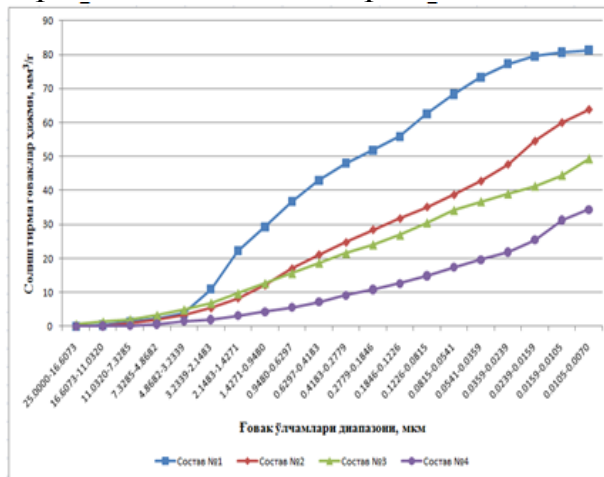
Тажрибалар давомида тўрт турдаги таркиблар батафсил ўрганилди:

№1-фақат цементдан иборат назорат таркиби; №2-цемент+ЦТЖ (30%); №3-цемент+СП (1,0%); №4-цемент+СП (0,8%)+ЦТЖ (30 %).

Цемент тошининг ўрганилган намуналарининг умумий ғоваклиги (6-расм), нисбий ғоваклар ҳажми, солиштирма ғоваклар ҳажми (7-расм) ва ўртача ғовак диаметри аниқлаш натижалари 1-жадвалда келтирилган.



**6-расм. Ўрганилаётган таркиблар ўлчамлари бўйича умумий ғоваклиги гистограммаси**



**7-расм. Ўрганилаётган таркиблар ўлчамлари бўйича ғовакликнинг солиштирма ҳажми**

1-жадвал

Тадқиқ қилинаётган намуналарнинг ғовак тузилиши характеристикалари

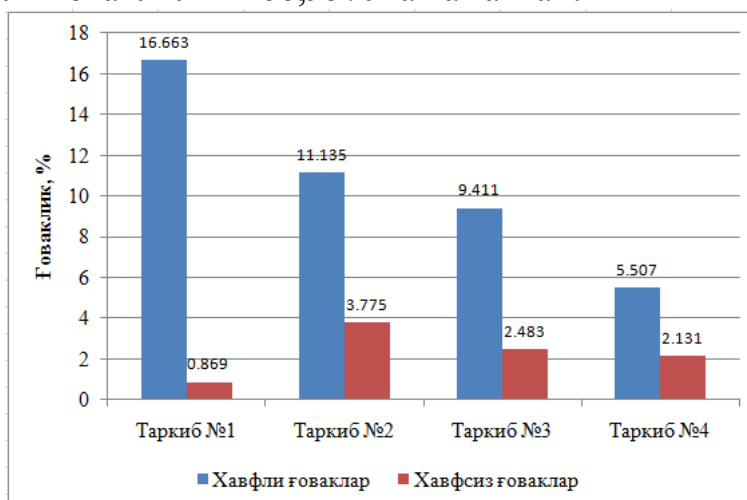
Ғовак структураси параметрлари	Таркиб №1	Таркиб №2	Таркиб №3	Таркиб №4
Умумий ғоваклилик ҳажми (мм <sup>3</sup> /г):	81.32	63.81	49.24	34.42
Умумий ғоваклилик юзаси (м <sup>2</sup> /г):	6.576	5.112	4.908	3.269
Ғовакларнинг ўртача диаметри (мкм):	0.0995	0.0388	0.0385	0.028
Намуналарнинг умумий ғоваклилиги, %	17.532	14.91	11.894	8.678

Ғоваклилик структурасини ўрганиш натижаларини таҳлил қилиш ЦТЖни қўллаш ғовакликни 14,95% га камайишига олиб келган. Цемент тошининг СП билан биргаликдаги таркибдаги ғоваклик эталон таркибига нисбатан 32,16% камайганлигини кўрсатди.

Энг яхши кўрсаткич комплекс қўшимчали таркибда кузатилди. Цемент тошининг ғоваклилиги назорат таркибига нисбатан 50,5% га камайди. Шунингдек, ғовакларнинг нисбий ва солиштирма ҳажми сезиларли 57,67% га қисқарди. Комплекс қўшимчали таркибда ғоваклиликнинг сезиларли даражада пасайиши туфайли энг юқори мустаҳкамлик кўрсаткичи қайд этилди. Ғовак структурасининг ўзгариши сабаби, фикримизча Са(ОН)<sub>2</sub> нинг паст асосли бирикмаларга трансформацияси ва қоришмадаги сув микдорининг камайганлигидан бўлса керак.

Ғовак тузилмаларини ўрганиш чоғида М.М. Дубинин классификацияси асосида барча таркибларнинг хавфли ва хавфсиз ғоваклари ҳисоблаб чиқилди (8-расм). 8-расмда кўришиб турибдики, комплекс қўшимчали цемент

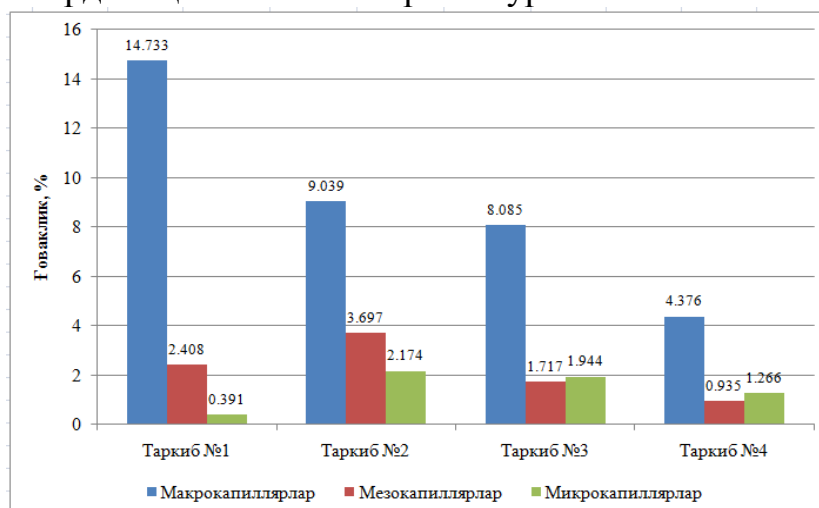
ТОШИНИНГ ХАВФЛИ ҒОВАКЛИЛИГИ 66,95% ГА КАМАЙГАН.



**8-расм. Тадқиқ қилинаётган таркибларнинг хавфли ва хавфсиз ғоваклиликлари**  
 Биринчи маротаба М.М. Дубинин классификациясига асосланиб, цемент тошининг капилляр ғовакликларини қуйидаги уч гуруҳга ажратишни таклиф қилинди:

1. Макрокапиллярлар – 15-0,5 мкм (мустаҳкамлик, ўтказувчанлик ва совуқбардошликка таъсир қилади);
2. Мезокапиллярлар – 50-10 нм (мустаҳкамлик, ўтказувчанлик ва юқори намликда қисқаришга таъсир қилади);
3. Микрокапиллярлар – 10-2,5 нм (қисқаришга таъсир қилади).

Цемент тошининг капилляр ғоваклиликларининг макро-, мезо- ва микро- даражаларда тақсимланиши 9-расм кўрсатилган.

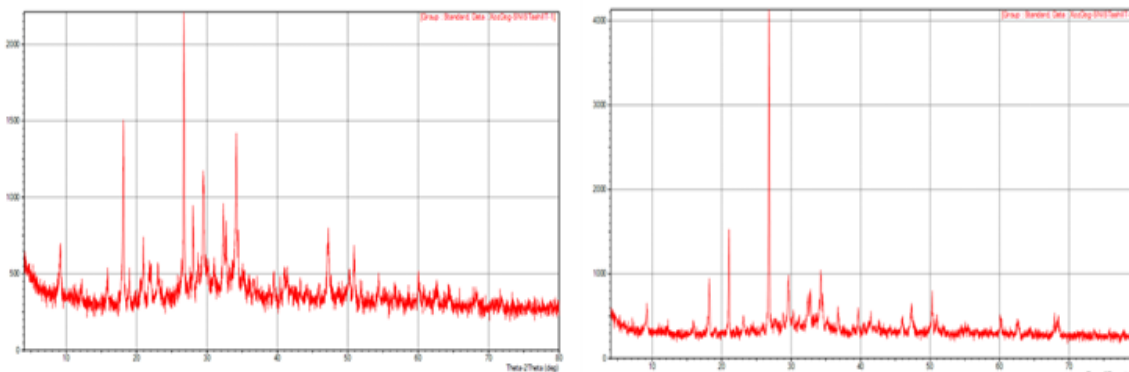


**9-расм. Тадқиқ қилинаётган таркибларнинг макро-, мезо- ва микрокапиллярлари миқдори**

Турли қўшимчали ҳар хил таркибли цемент тошларининг ғовак тузилишларини солиштириш цемент тошининг макро-, мезо- ва микрокапиллярларининг камайиши, гидратация даражаси ва мустаҳкамликни ошириш нуқтаи назаридан энг мақбул таркиб комплекс қўшимчали таркиб эканлигини кўрсатди.

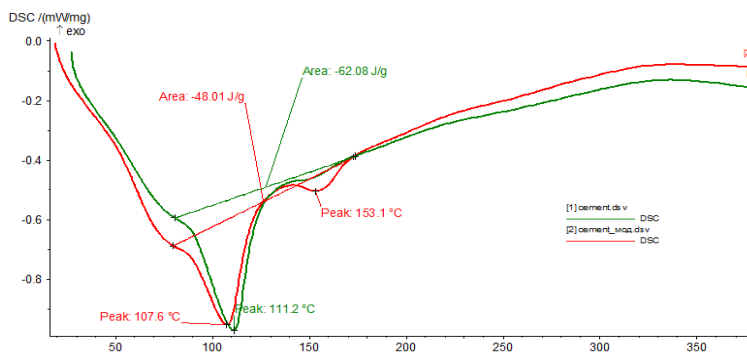
Таркиблар фазаларининг рентген-фаза таҳлили шуни кўрсатдики, комплекс қўшимчали цемент тошида мустаҳкамлик ортиши билан эталон

таркибидан фарқли равишда, эркин  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  портландит чўққилари пасайиб, шу билан бирга калций гидросиликат (CSH) чўққилари ортиши кузатилди (10-расм).



**10-расм. 28-суткалик модификацияланмаган ва модификацияланган таркибларнинг гидратация маҳсулотлари акс этган рентгенограммаси**

Термоаналитик тадқиқотлар 20-400 °С ҳарорат оралиғида ўтказилди. Қўшимчасиз ва модификацияланган цементнинг ДТТ эгри чизиқлари 11-расмда намоён қилинган.



**11-расм. 28 суткалик цемент тошининг дифференциал термик таҳлили: 1-қўшимчасиз цемент тоши; 2-ЦТЖ ва СП қўшимчали цемент тоши.**

Термоаналитик тадқиқотлар шуни кўрсатдики, эндотермик эффект иссиқликни ютиш билан содир бўлади ва чўққилар ҳарорати 107-111 °С (биринчи чўққи) ва 153,1 °С (иккинчи чўққи) оралиғида бўлади. Олинган натижалар бу эффектларнинг эркин сувнинг чиқишига мос келишини кўрсатди. Эталон цементда фақат битта эндотермик чўққи кузатилган ва жараённинг умумий эталпияси -48,01 J/g ни ташкил қилган. Модификацияланган цементларда эркин сув намуналарида икки босқичда 107,5 °С ва 153,1 °С да чиқиши кузатилган. Ушбу жараённинг умумий эталпияси -62,06 J/g ни ташкил қилган.

ИК-спектроскопияси ва электрон-микроскопик тадқиқотлар гидратация ва структура шаклланиши жараёнларининг кечишининг ижобий динамикасини аниқлади, бу эса комплекс қўшимчали цемент тошининг оптимал структурасини яратишга ёрдам беради.

Диссертациянинг “**ЦТЖ микротўлдиргичли ва поликарбоксилатли суперпластификатор қўшимчаси асосидаги бетон қоришмаси ва бетоннинг технологияси ва хоссалари**” деб номланган диссертациянинг тўртинчи бобида комплекс қўшимча билан самарали бетоннинг таркибини оптималлаштириш ва унинг физик-механик кўрсаткичларини экспериментал



тадқиқот қилиш натижалари келтирилган.

Қурилишда монолит ва йиғма темир-бетон буюмлари ва конструкцияларини ишлаб чиқариш учун В27,5; В30 ва В50 синфларининг М400 портландцементи асосидаги бетонларидан кенг фойдаланилади. Тадқиқот учун қабул қилинган дастлабки материалларидан EXCEL дастури ёрдамида бетоннинг назорат ва оптималлаштирилган таркиблари тайёрланди.

Моделлаштиришда чиқиш параметри сифатида:  $Y_1 - 28$  кунлик ( $R^{28}$ ) МПа бетон мустаҳкамлиги қабул қилинди.

Оптималлаштириш жараёнида ўзгариб турувчи омиллар сифатида  $x_1$  – кимёвий қўшимча сарфи цемент массасидан, %;  $x_2$  – цемент сарфи, кг/м<sup>3</sup>;  $x_3$  – сув-цемент нисбати қабул қилинган. Олинган натижаларни қайта ишлашдан ва регрессия тенгламаларининг аҳамиятсиз коэффицентларини саралаб чиқилганидан сўнг, комплекс қўшимчали бетон мустаҳкамлигини тавсифловчи математик модел олинди.

Иккинчи босқичда дастлабки таркибларни комплекс қўшимчалар билан оптималлаштириш амалга оширилган. Оптималлашган таркиблар маълумотлари 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

Комплекс қўшимчалар билан оптималлаштирилган бетон қоришмалари

Бетон синфи	Харакатланувчанлик маркаси (КЧ, см)	1м <sup>3</sup> даги бетон аралашмасининг ишчи таркиби					
		Цемент	Қум M <sub>к</sub> =2,5	Чақик тош Фр.20	Сув	ЦТЖ	СП
		кг	кг	кг	л	кг	кг
В 27,5	П1	232	443	1258	119	100	1,73
В 30	П1	258	393	1209	119	110	1,98
В 50	П1	384	593	1197	119	164	2,82

Тажрибалар натижасида комплекс қўшимчали бетоннинг физик-механик ва эксплуатацион хоссалари тадқиқ қилинди. Тадқиқот натижалари маълумотлари 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Нормал шароитларда қотган комплекс қўшимчали бетонларнинг сиқилишга мустаҳкамлиги

Бетон таркиблари	Бетон синфи	КЧ, см	Намуналарнинг қотиш муддати, сутка				
			3	7	14	28	90
Контроль	В 27,5	1,0	10,5/32	18,6/58	25,3/79	32/99	43,2/134
	В 30	1,0	11,4/29	23,1/59	34,5/88	39,2/100	50,6/129
	В 50	1,0	21,2/32	37,5/58	50/79	64/100	73,7/135
Оптималлаштирилган	В 27,5	1,0	12,66/39	22,42/69	30,41/94	38,4/119	46,2/145
	В 30	1,0	14,6/31	31,7/67	44,4/94	47,3/107	61,5/133
	В 50	1,0	23,3/36	41,2/64	55,9/89	70,6/110	82,4/148

Тадқиқотларнинг натижалари таҳлилидан комплекс қўшимчали бетонларнинг таркибларини оптималлаштиришда цементли боғловчини сезиларли иқтисод қилиш (30% гача) билан бирга композитнинг анча юқори даражадаги мустаҳкамлик ва эксплуатацион хоссалари кўрсаткичларига эга бўлиши мумкинлиги аниқланди. Хусусан, бошланғич бетон таркибидаги 30%

цементнинг комплекс қўшимча асосидаги қўшимчалар билан алмаштирилиши унинг мустаҳкамлиги кўрсаткичининг эталон бетон кўрсаткичига нисбатан 8-12% га ва совуқбардошлигини 1,1-1,6 марта, сув ўтказмаслиги эса бир марказга юқорироқ бўлишига олиб келди.

Диссертациянинг **“Тадқиқот натижаларини жорий қилиш ва ишланмалар самарасини техник-иқтисодий асослаш”** деб номланган бешинчи бобида 2019-2020 йй. давомида «GEO BETON TRUST» МЧЖ корхонасида бажарилган тадқиқотлар натижаларининг йиғма бетон ва темирбетон буюмлари ишлаб чиқаришига жорий қилиш натижалари келтирилган. Ишланмаларнинг ишлаб чиқаришга жорий қилиниши натижасида В27,5; 30 ва 50 синфли бетонлар учун цементнинг оддий М400 маркаси асосида ишлаб чиқарилувчи бетон ва темирбетон буюмлар учун “Технологическая инструкция по производству стоек железобетонных предварительно напряженных воздушных линий электропередачи стендового безопалубочного формования из бетона с минеральным наполнителем и суперпластификатором длиной до 11,0м ТИ-20182894-12:2020” деб номланган технологик йўриқнома ишлаб чиқилди.

ТИ-20182894-12:2020 бўйича СВ-110 маркасидаги темир йўл таянчлари учун тажриба намуналари 60 дона миқдорида ишлаб чиқарилган.

Ишлаб чиқарилган маҳсулотлар “Ўзбекистон темир йўллари” АЖга (Капитал курилиш дирекциясига) етказиб берилган ва транспорт инфраструктураси объектлари курилишида ҳамда темир йўллари электрлаштиришда ишлатилган.

“GEO BETON TRUST” МЧЖ корхонасида В30 бетон синфи учун йиғма бетон ва темир-бетонни ишлаб чиқаришда комплекс қўшимчали оптимал таркиб ва технологияни жорий этишдан олинган иқтисодий самарадорлик 1 м<sup>3</sup> бетон учун 89335 сўмни ташкил этди (2020 йил нархларида). “GEO BETON TRUST” МЧЖ корхонасида фақат В30 синфли бетонлар учун СВ-110 маркасидаги темир йўл контакт тармоғининг таянчлари таннархининг камайиши ҳисобига олинган иқтисодий самара мос равишда 602313 минг сўмни ташкил этди. Бир йилда олинishi мумкин бўлган иқтисодий самара 1000 дона таянч учун 447 млн. сўмга етиши кутилмоқда (2020 й. нархларида).

## ХУЛОСА

«Цеолит жинсли тўлдирувчи комплекс-модификацияланган бетонлар» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар шакллантирилди:

1. М400 цемент маркаларида цеолитли тоғ жинсидан (натролит) олинган микротўлдиргичли ва поликарбонатли суперпластификатор асосидаги комплекс қўшимчалар билан В65 синфига мансуб юқори мустаҳкам бетон олиш имконияти мавжудлиги исботланди.

2. Биринчи марта цементли бетон таркибида цеолитли тоғ жинсидан (натролит) минерал микротўлдиргич сифатида фойдаланилди.

Цеолитли тоғ жинсидан (натролит) минерал микротўлдиргич сифатида фойдаланиш цемент тоши структурасини сезиларли даражада мустаҳкамлиги ва зичлигини ошириши аниқланди.

3. Цемент тошидаги комплекс қўшимчанинг цемент боғловчиси массасидан келиб чиқиб цеолитли тоғ жинсидан олинган минерал микротўлдиргичнинг нисбий сирти  $S_{уд}=3500 \text{ см}^2/\text{г}$ , тўлдириш даражаси 30 % бўлган ва поликарбоксилат суперпластификатордан (0,8%) иборат оптимал таркиби аниқланди.

4. Комплекс қўшимчаларни қўллаш, ғовак структураси параметрларини яхшилаш, сув талабчанлигини камайтириш ҳисобига цемент бетонларининг зичлиги, совуқбардошлиги, сув ўтказмаслиги кўрсаткичларини оширишга ва сув ютувчанлик, сувга тўйинганлик каби хоссаларини камайтиришга олиб келиши аниқланди.

5. Цеолитли тоғ жинсидан (натролит) минерал микротўлдиргич ва поликарбоксилат суперпластификатори асосидаги комплекс қўшимчалар назорат таркибига нисбатан умумий ғовакликни 50,5 % га камайтириши аниқланди. Шу билан бирга, ғовакликнинг турли даражаларда сезиларли пасайиши натижасида бетоннинг сув ўтказмаслиги бир поғона, совуқбардошлиги эса 1,1-1,6 марта ошишига олиб келиши кўрсатилди.

6. Физик-кимёвий усуллар асосида ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, комплекс қўшимчалардан фойдаланиш цемент тошининг гидратация даражасини 97 % гача оширади ва унда гидратацияга учрамаган зарралар деярли қолмайди.

7. Цеолитли тоғ жинсидан (натролит) минерал микротўлдиргич олишда майдалаш жараёнлари ва комплекс қўшимчали бетон таркиби ва хоссаларини оптималлаштириш имконини берадиган дастурий воситалар: “Шарли тегирмоннинг ишқаланиш режимида цеолит таркибли тоғ жинсиларини майдалашдаги нисбий сиртини автоматлаштирилган ҳисоблаш дастури”, “Шарли тегирмоннинг зарбли-ишқаланиш режимида цеолит таркибли тоғ жинсиларини майдалашдаги нисбий сиртини аниқлаш учун ЭВМ дастури”, “Шарли тегирмоннинг зарбли режимида цеолит таркибли тоғ жинсиларини майдалашдаги нисбий сиртини аниқлаш учун ЭВМ дастури” ва “Комплекс қўшимчали оғир бетоннинг таркибини оптимизациялаш дастури” ишлаб чиқилди.

8. “Комплекс қўшимчали оғир бетоннинг таркибини оптимизациялаш дастури” дастурий таъминотидан фойдаланиб М400 оддий маркали цементлари билан В27,5; В30 ва В50 синфли бетон қоришмалари оптималлаштирилган таркиблари ишлаб чиқилди.

9. Цеолитли тоғ жинсидан (натролит) минерал микротўлдиргич ва поликарбоксилатли суперпластификаторлар асосидаги комплекс модификацияланган бетонларнинг физик-механик ва эксплуатацион хоссаларини тадқиқот қилиш шуни кўрсатиб бердики, уларнинг таркибини оптималлаштириш натижасида (цемент массасига нисбатан 30% гача) цементли боғловчини сезиларли тежаш билан бирга бошланғич таркибдаги бетонларга нисбатан мустаҳкамлиги 8-12% ва совуқбардошлиги 1,1-1,6

марта, сув ўтказмаслиги бир маркага ортишига эришиш мумкинлиги кўрсатилди.

10. “GEO BETON TRUST” МЧЖ корхонасида В30 бетон синфи учун йиғма бетон ва темир-бетонни ишлаб чиқаришда комплекс қўшимчали оптимал таркиб ва технологияни жорий этишдан олинган иқтисодий самарадорлик 1 м<sup>3</sup> бетон учун 89335 сўмни ташкил этди (2020 йил нархларида). “GEO BETON TRUST” МЧЖ корхонасида фақат В30 синфли бетонлар учун СВ-110 маркасидаги темир йўл контакт тармоғининг таянчлари таннархининг камайиши ҳисобига олинган иқтисодий самара мос равишда 602313 минг сўмни ташкил этди. Бир йилда олиниши мумкин бўлган иқтисодий самара 1000 дона таянч учун 447 млн. сўмга етиши кутилмоқда (2020 й. нархларида).

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

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**КАДИРОВ ИЛХОМ АБДУЛЛАЕВИЧ**

**КОМПЛЕКСНО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ БЕТОНЫ С  
НАПОЛНИТЕЛЯМИ ИЗ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩЕЙ ПОРОДЫ**

**Специальность 05.09.05-«Строительные материалы и изделия»**

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

**Ташкент – 2020**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2020.3.PhD/T1875.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

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

**Научный руководитель:** Адилходжаев Анвар Ишанович  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Хасанов Бахриддин Баратович  
доктор технических наук, профессор

Газиев Учкун Абдуллаевич  
кандидат технических наук, профессор

**Ведущая организация:** Наманганский инженерно-строительный институт

Защита диссертации состоится «30» ноября 2020 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.26/30.12.2019.T.11.01 при Ташкентском архитектурно-строительном институте. Адрес: 100011, г. Ташкент, улица Абдулла Кодирий, дом-7в. Тел.:(99871) 241-10-84; факс: (99871) 241-80-00, e-mail: [devon@taqi.uz](mailto:devon@taqi.uz), [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного института (зарегистрирован за № 47 ). (Адрес: 100084, г.Ташкент, улица Малая кольцевая дорога, дом №7. Тел.:(71) 235-43-40, факс:(71) 234-15-11), e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

Автореферат диссертации разослан «16» ноября 2020 года. (Реестр протокола рассылки № 9 от «03» ноября 2020 года).



**Х.А. Акромов**  
Заместитель председателя научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

**Х.Х. Камиллов**  
Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

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

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мировой практике строительства увеличивается спрос на цементный бетон как безальтернативному и эффективному конструкционному материалу. По данным «Международной федерации по конструкционному бетону» (International Federation for Structural Concrete, FIB) в настоящее время ежегодный выпуск цемента в мире составляет примерно 4 млрд. тонн, а производство бетона на его основе в мировом масштабе приближается к 12,0 млрд. м<sup>3</sup> в год<sup>1</sup>. Первое десятилетие XXI века ознаменовались значительными достижениями в области разработки новых технологий цементного бетона. В этом отношении большое внимание было уделено вопросам совершенствования проектирования составов многокомпонентных высококачественных бетонов нового поколения.

В мировой строительной практике получают развитие и применение высоконаполненные активными минеральными наполнителями бетонные смеси и высокопрочные бетоны на их основе. Разработка на практике таких бетонов возможна при целенаправленном формировании структуры цементного камня, отличающейся высокой плотностью, низкой капиллярной пористостью, повышенным содержанием гидратных новообразований. Выполненные исследования в разное время убедительно показали, что самым доступным и простым способом получения высокопрочных и высококачественных бетонов является способ применения комплексных высокоэффективных добавок на основе химического модификатора и минеральных наполнителей. В настоящее время для производства бетонов повышенной прочности используется высокоэффективный комплексный химический модификатор суперпластифицирующего действия поликарбоксилат, полученный на основе нанотехнологий. Наряду с химическими модификаторами и минеральными наполнителями для получения высокопрочного бетона в развитых странах используются только высококачественные цементы марок  $\geq M500$ . Продвижение высоких технологий бетона в строительстве Узбекистана сдерживается из-за отсутствия таких цементов. Поэтому представляет научный и практический интерес исследование вопросов получения высокопрочного бетона на портландцементе M400, который массово производится на цементных заводах Узбекистана.

В нашей республике в сфере развивающейся высокими темпами строительной индустрии были достигнуты существенные результаты в вопросах повышения качества и улучшения свойств цементных бетонов путем введения в их состав высокоэффективных химических добавок и минеральных наполнителей, снижения себестоимости производимых бетонных и железобетонных конструкций, а также повышения надежности возводимых зданий и сооружений. Вместе с тем, возникает крайняя

---

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

необходимость в активизации научно-исследовательских работ, направленных на дальнейшее повышение качества бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений, снижению их веса за счет достижения высоких прочностных показателей и сейсмической стойкости. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы предусматривается "...повышение конкурентоспособности национальной экономики, ...сокращение в экономике энергетических и материальных расходов, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий"<sup>2</sup>. Одним из важных вопросов для реализации этих задач является создание и совершенствование существующих технологий для производств высококачественных конструкций и изделий с использованием комплексных модификаторов на основе поликарбонатного суперпластификатора (СП) и цеолитсодержащей породы (ЦСП) (натролит).

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», Постановлением Президента Республики Узбекистан от 9 августа 2017 года №ПП-3190 «О мерах по совершенствованию проведения научных исследований в области сейсмологии, сейсмостойкого строительства и сейсмической безопасности населения на территории Республики Узбекистан» и Постановлением Президента Республики Узбекистан от 28 сентября 2016 года № ПП-2615 «О программе мер по дальнейшему развитию строительной индустрии на 2016-2020 годы», а так же других нормативно-правовых документов, принятых в 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».

**Степень изученности проблемы.** В проблеме снижения материалоемкости и энергоемкости цементных бетонов, а также повышения их физико-механических свойств немаловажное место занимают исследования в области модификации структуры бетонов комплексными модификаторами.

Основы использования таких добавок в цементных системах заложили известные зарубежные ученые И.П. Александрин, В.И. Соломатов, 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, П.Г. Комохов, В.И. Калашников, В.И. Кондращенко, Т.И. Петрова, С.В. Шестоперов, А.Е. Шейкин, R. Fere, G. Hintze, F. Loher, T. Thorvaldson, F.J. Hogan, L.U. Spellman, A. Walter, H. Uchikawa, Sh. Hanehara, F. Lallard, T.S. Do, A. Durecovic, S. Sarcar, I. Older, V. Yogendran и др.

---

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



В Республике Узбекистан научными исследованиями по применению комплексных-модифицирующих добавок в различные годы занимались Э.У. Касымов, М.К. Тахиров, Н.А. Самигов, А.И. Адилходжаев, Б.Б. Хасанов, У.А. Газиев, Н.Х. Талипов, А.А. Тулаганов, В.М. Цой, И.М. Махаматалиев и др.

В ранее выполненных исследованиях широко освещены вопросы проектирования высокопрочных бетонов и связи технологических и физико-механических свойств с исследованиями механизмов действия химических модификаторов и минеральных наполнителей на цементную систему. Однако малоизученным оставался вопрос влияния минерального наполнителя и суперпластификатора на структуру, толщину и плотность переходной зоны между цементом и заполнителем, которая играет ключевую роль в повышении прочности бетона. Наряду с этим, также малоизученной остается задача исследования влияния вида и содержания минерального наполнителя на формирование свойств бетона. Поэтому проведение комплексных исследований разработки составов эффективных бетонов с использованием в качестве активной минеральной добавки ЦСП (натролит), ранее не применяемой в бетоноведении, является актуальной задачей требующей дальнейшей детальной проработки.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта БВ-Ф-4-04. “Разработка методологических основ оптимального проектирования составов и прогнозирования свойств многокомпонентных высококачественных бетонов на базе полиструктурной теории композиционных материалов” (2018-2020 гг.).

**Целью исследования** является получение бетона повышенной прочности с улучшенными эксплуатационными свойствами на основе портландцемента М400 путем комплексного применения СП и механоактивированной ЦСП.

**Задачи исследования:**

выявить особенности структурообразования цементного камня с ЦСП и СП;

оптимизировать составы бетонной смеси с ЦСП и СП;

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

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

**Объектом исследования** являются комплексно-модифицированные бетоны с использованием местного ЦСП и СП.

**Предметом исследования** являются физико-механические, физико-химические и технико-экономические показатели бетона, изготовленного с использованием СП и ЦСП.

**Методы исследований.** В процессе исследований использовались современные методы физико-химического анализа, стандартизированные методы изучения свойств и показателей качества цементного бетона, а также математические методы проектирования составов и оптимизации технологических переделов изготовления цементного бетона, статистические методы обработки анализа результатов эксперимента.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в следующем:

обоснована возможность применения в качестве высокоактивной минеральной добавки ЦСП для получения высокопрочного цементного бетона;

установлены закономерности модифицирующего действия ЦСП и СП на технологические и эксплуатационные свойства цементного бетона;

установлен механизм формирования структуры модифицированного цементного камня с ЦСП и СП;

установлено, что комплексная модификация цементного камня приводит к значительному увеличению физико-механических параметров за счет улучшения структуры цементного камня и уменьшения пористости;

установлены закономерности изменения прочности бетона и разработаны математические модели зависимости  $R_{сж}$  от рецептурно-технологических факторов.

#### **Практическое значение исследования.**

разработаны оптимальные составы бетонных смесей, бетона с повышенной прочностью на основе рядового портландцемента М400 с добавкой СП и ЦСП для изготовления монолитных и сборных железобетонных конструкций;

применение добавок СП и ЦСП позволила получить высокопрочные бетоны класса В65 которые ранее не представлялось возможным производить на рядовой марке цемента М400.

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

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что полученные результаты исследований углубляют представление об структурообразовании цементных бетонов в присутствии суперпластифицирующих добавок и дисперсных минеральных наполнителей в цементной системе имеющих важное значение для развития теории и практики структурообразования, технологии и свойств бетона.

Практическая значимость результатов исследования заключается в получении на основе комплексных добавок из местного сырья

высококачественных и высокопрочных бетонов внедрением их в производства.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных результатов по разработке комплексно-модифицированных бетонов с наполнителями из цеолитсодержащей породы внедрены:

оптимальные составы комплексно модифицированных бетонов на основе СП и ЦСП в производство железобетонных изделий на предприятии ООО “GEO BETON TRUST” (справка АО “Ўзбекистон темир йуллари” № 01/2945-20 от 4 сентября 2020 г.). Внедрение результатов исследований в производство позволило сократить расход цемента в 1,3 раза, повысить показатели бетона по прочности 8-12 %, морозостойкости 1,1-1,6 раза и водонепроницаемости на одну марку;

применение программы оптимизации состава и свойств комплексно-модифицированных бетонов на основе СП и ЦСП обеспечило сокращение на 20 % временных, материальных и трудовых затрат при разработке составов бетонов классов В27,5; В30; В50 (справка АО “Ўзбекистон темир йуллари” № 01/2945-20 от 4 сентября 2020 г.);

разработанная и принятая предприятием «Технологическая инструкция по производству стоек железобетонных предварительно напряженных воздушных линий электропередачи стендового безопалубочного формования из бетона с минеральным наполнителем и суперпластификатором длиной до 11,0м (ТИ-20182894-12:2020)” обеспечила выпуск изделий требуемых показателей свойств (справка АО “Ўзбекистон темир йуллари” № 01/2945-20 от 4 сентября 2020 г.). В результате внедрения получен экономический эффект в размере 447 млн. сум.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертационной работы обсуждались на 4 международных и 4 республиканских научно-практических, научно-технических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 19 научных работ, 15 научных статей, из них 7 в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, для публикации основных научных результатов докторских диссертаций: в том числе 3 - в зарубежных журналах, 4 - в республиканских журналах. Кроме того получено 4 свидетельства на разработку расчётных программных продуктов (№DGU 06792, №DGU 06906, №DGU 07071, №DGU 09139).

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Основная часть диссертации состоит из 125 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации «**Состояния вопроса и задачи исследования**» приведён аналитический обзор научных исследований по рассматриваемой теме.

Из анализа литературных источников установлено что, в мировой практике строительства получают развитие и применение высокопрочные и высококачественные бетоны. Разработка на практике таких бетонов возможна при целенаправленном формировании структуры цементного камня, отличающейся высокой плотностью, низкой капиллярной пористостью, повышенным содержанием гидратных новообразований.

Выполненные исследования в разное время убедительно показали, что самым доступным и простым способом получения высокопрочных и высококачественных бетонов является способ применения комплексных высокоэффективных добавок на основе химического модификатора и минеральных наполнителей. Таким требованиям отвечают химическая добавка нового поколения – поликарбоксилатный СП и ЦСП (натролит).

Анализ выполненных исследований и литературный поиск показал, что к настоящему времени недостаточно изучено влияния комплексной добавки на основе СП и ЦСП на ход течения процессов гидратации, формирования порового пространства и свойства цементного композита.

С научной точки зрения представляет определенный интерес также то, что в практике разработки бетонов требуемых показателей свойств микронаполнители на основе ЦСП не использовались. Для реализации поставленных задач в рамках выполняемых исследований сформулирована следующая **рабочая гипотеза**. Основываясь на современных представлениях о закономерностях физико-химических взаимодействий протекающих в наполненной цементной системе, рассматривая ЦСП как активную минеральную добавку способную создавать предпосылки для улучшения условий течения гидратационных процессов с направленным формированием требуемых показателей структурных параметров бетона, представляется возможным разработки оптимальных составов бетона повышенной прочности на рядовых цементах М400.

Во второй главе диссертации «**Методы исследования и применяемые материалы**» приводятся характеристики исходных сырьевых материалов для получения комплексной добавки и принятые для выполнения

экспериментальных опытов методы исследований.

Для изготовления цементных композиций использован портландцемент ООО «Ахангаранцемент» ПЦ400.

В качестве минерального наполнителя был использован ЦСП (натролит) месторождения Бельтау, а в качестве пластифицирующей химической добавки суперпластификатор POLIMIX на основе поликарбоксилатовых эфиров.

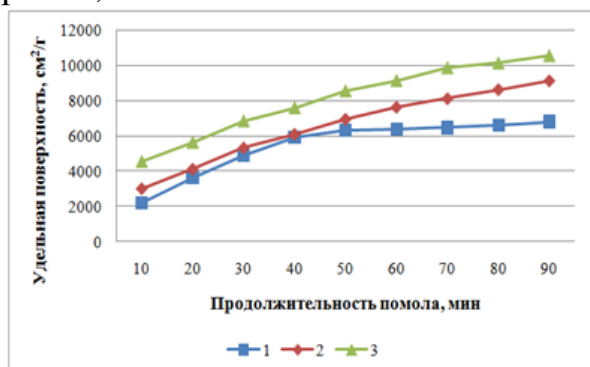
В исследованиях наряду со стандартизированными методами были применены современные методы физико-химического анализа, а также нестандартные методики, разработанные специалистами ведущих зарубежных научно-исследовательских институтов. Процесс помола ЦСП производился с использованием лабораторной шаровой мельницы марки ШЛМ-100. Дисперсность минерального наполнителя оценивалась по величине удельной поверхности, которая определялась на приборе ПСХ-11А методом воздухопроницаемости Козени-Кармана. Сроки схватывания и нормальная плотность цементного теста определялась на приборе ВИКА. Реологические характеристики цементных суспензий определялась по методикам В.И. Калашникова и Стокса. Оценку рН-среды гидратирующихся цементных суспензий с минеральными добавками и без них осуществлялась с помощью рН-метра. При изучении поровой структуры цементных систем с комплексной добавкой применён метод ртутной порометрии на порозиметре фирмы Thermo Scientific серии Pascal 240 EVO. Исследования структуры цементных композиций и оценку структуры формирующегося цементного камня осуществляли на основе дифференциально-термического, рентгенофазового, ИК-спектроскопического и электронно-микроскопического анализов. Кроме этого, в исследованиях применялся математический метод планирования экспериментов для оптимизации составов бетонных смесей и размолочного процесса минерального наполнителя.

Третья глава диссертации **“Особенности структуры и свойств цементного камня с добавкой цеолитсодержащего наполнителя и поликарбоксилатового суперпластификатора”** посвящена результатам выполненных экспериментальных исследований по разработке и оптимизации структуры и свойств смешанных цементных вяжущих с использованием минеральных и химических модификаторов, изучению механоактивации минерального наполнителя, исследованию коррозионного состояния арматурной стали в наполненных цементных системах, изучению поровой структуры и физико-химическим исследованиям цементного камня.

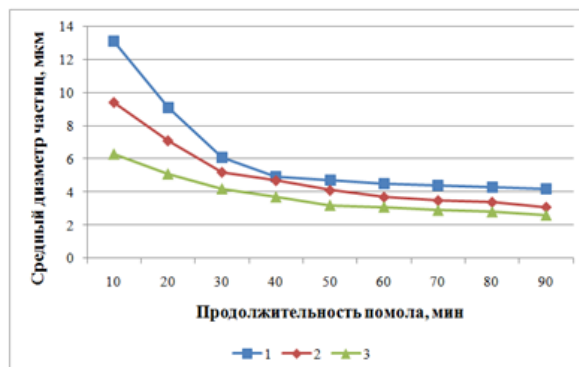
Приведенный в первой главе анализ литературы показал, что максимальный эффект наполнения с целью создания необходимых условий течения процессов структурообразования обеспечивается на начальных этапах гидратации вяжущего при оптимальной дисперсности минерального порошка. Важным технологическим приемом получения оптимальной дисперсности является измельчение (механоактивация). Учитывая вышеизложенное были проведены исследования по механоактивации ЦСП

при разных режимах работы шаровой мельницы с оптимизацией размолочного процесса.

Сравнительные результаты изменение удельной поверхности и среднего диаметра частиц ЦСП при разных режимах измельчения представлены на рис. 1, 2.



**Рис. 1.** Изменение величины удельной поверхности ЦСП при истирающем (1), ударно-истирающем (2) и ударном режиме (3) шаровой мельницы



**Рис. 2.** Изменение среднего диаметра частиц ЦСП при истирающем (1), ударно-истирающем (2) и ударном режиме (3) шаровой мельницы

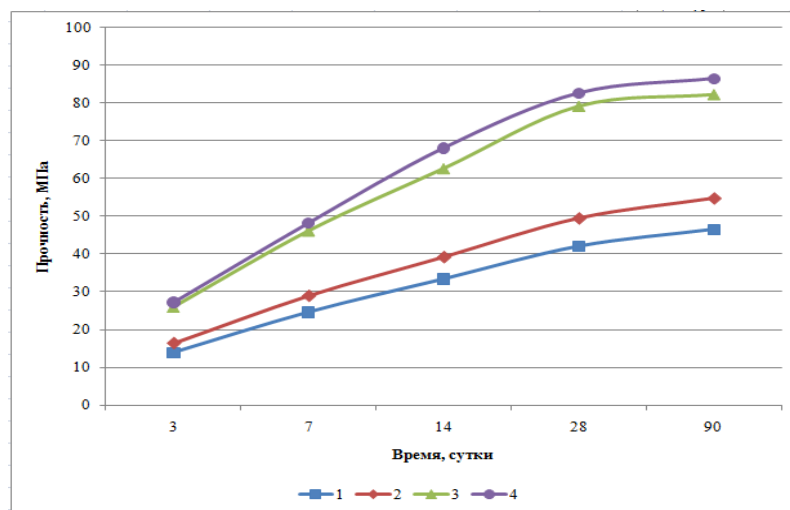
В ходе сравнения величин тонкости помола измельчаемого ЦСП, установлено, при равном времени обработки 90 мин при истирающем режиме достигает удельная поверхность  $6800 \text{ см}^2/\text{г}$  при среднем диаметре частиц до  $4,2 \text{ мкм}$ ; ударно-истирающий режим позволяет создать дисперсность  $9130 \text{ см}^2/\text{г}$ , со средним диаметром частиц  $3,1 \text{ мкм}$ . При ударном режиме измельчения удельная поверхность достигает  $10542 \text{ см}^2/\text{г}$ . Средний диаметр частиц составляет  $2,6 \text{ мкм}$ .

Экспериментами установлено что дальнейшее увеличение удельной поверхности свыше  $4520 \text{ см}^2/\text{г}$ , приводит к агрегации частиц материала.

Для выявления зоны рационального значения удельной поверхности наполнителя и степени наполнения цементного вяжущего экспериментальные исследования были проведены с различными значениями удельной поверхности ЦСП наполнителя:  $1010, 2060, 3010, 4220, 5080 \text{ см}^2/\text{г}$  и степени наполнения  $10\%, 20\%, 30\%, 40\%, 50\%$ .

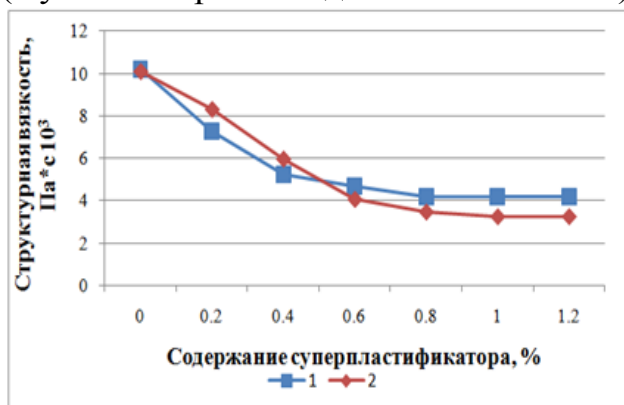
На основании полученных результатов показано, что наполнение цементного вяжущего ( $30 \%$ ) ЦСП с дисперсностью  $S_{уд}=3500 \text{ см}^2/\text{г}$  позволяет достичь требуемые значения прочностных характеристик цементного камня.

Комплексное использование добавки СП и ЦСП наполнителя с упрочняющим эффектом позволяет получить цементное вяжущее с высокими прочностными свойствами. Рациональная дозировка СП и ЦСП наполнителя обеспечивает получение высокопрочного цементного камня с  $86 \text{ МПа}$ , о чем свидетельствуют данные, приведенные на рис. 3.

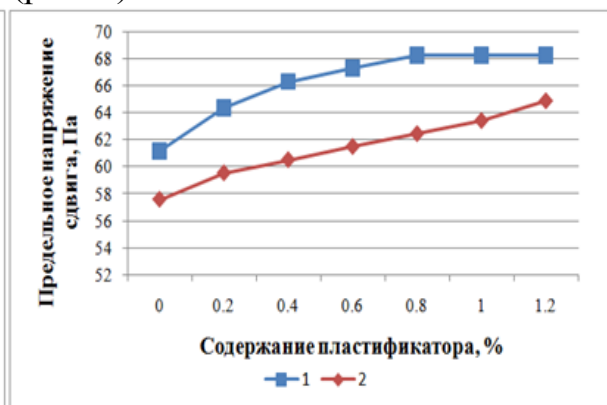


**Рис. 3. Изменение прочности цементного камня во времени. 1-цемент; 2-цемент+ЦСП (30 %); 3-цемент+СП (1,0 %); 4-цемент+СП (0,8 %)+ЦСП (30 %)**

Для оценки подвижности модифицированных цементных систем в различных условиях использовались такие реологические характеристики как структурная вязкость системы (рис. 4) и предельное напряжения сдвига (в условиях равноподвижности смесей) (рис. 5).



**Рис. 4. Структурная вязкость ненаполненных (1) и наполненных с ЦСП (2) цементных паст**



**Рис. 5. Предельное напряжение сдвига ненаполненных (1) и наполненных (2) цементных паст**

Установлено что, структурная вязкость цементной пасты с комплексной добавки снижается на 14 % по отношению к составам с СП. Кроме того применение добавок СП и ЦСП уменьшает показатель предельного напряжения сдвига.

Из полученных результатов можно констатировать, что применение ЦСП снижает внутреннее трения, увеличивает значения напряжения сдвига коллоидной системы приводящий к снижению показателя  $\tau_0$ , сокращает расход СП на 20 % при сохранении требуемой подвижности и помимо прочего обеспечивает хорошую способность к виброуплотнению.

В третьей главе также представлены результаты исследования характеристик поровой структуры цементного камня с комплексной добавкой.

При проведении экспериментов детально изучены четыре типа составов:

№1 – контрольный состав на чистом цементе; №2 – цемент+ЦСП (30 %); №3 – цемент+СП (1,0 %); №4 – цемент+ЦСП (30 %)+СП (0,8 %);

Результаты определения общей пористости (рис. 6), удельного объема пор (рис. 7), относительного объема пор и среднего диаметра пор исследуемых образцов цементного камня приведены в табл. 1.

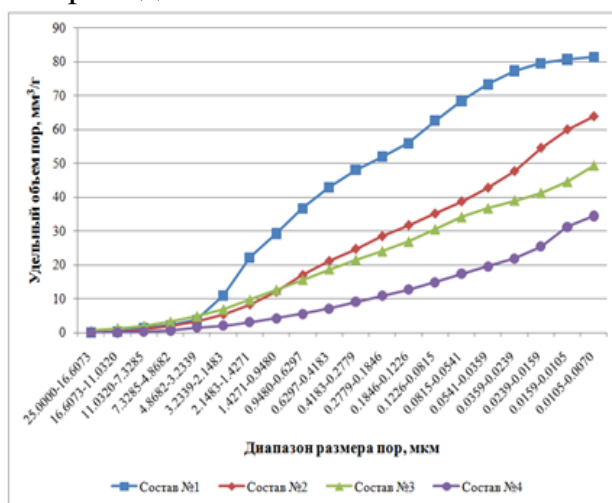
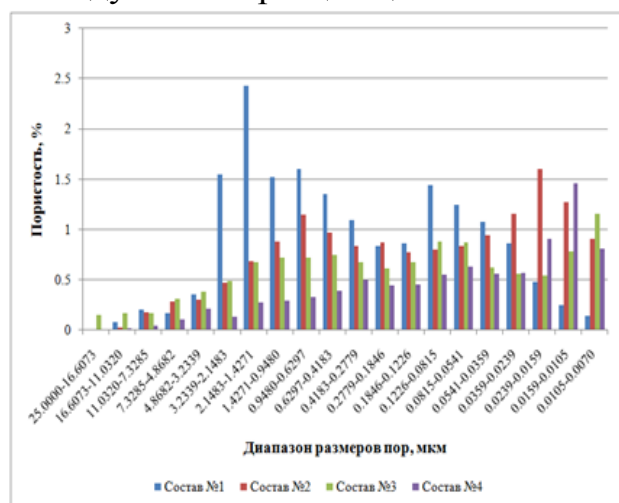


Рис. 6. Гистограмма общей пористости по размерам исследуемых составов

Рис. 7. Удельный объем пор по размерам исследуемых составов

Таблица 1

Характеристика пористой структуры исследуемых образцов

Параметры поровой структуры	Состав №1	Состав №2	Состав №3	Состав №4
Общий объем пор (мм <sup>3</sup> /г):	81.32	63.81	49.24	34.42
Общая площадь поверхности пор (м <sup>2</sup> /г):	6.576	5.112	4.908	3.269
Средний диаметр пор (мкм):	0.0995	0.0388	0.0385	0.028
Общая пористость образца, %	17.532	14.91	11.894	8.678

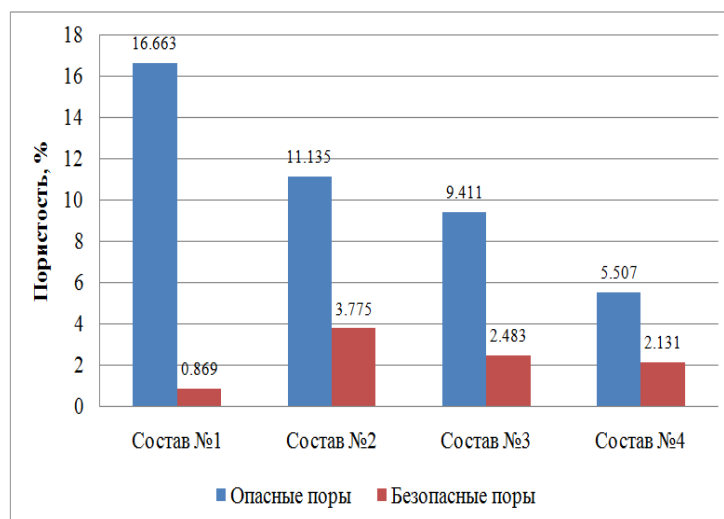
Анализ результатов изучения поровой структуры показали что, при введении молотого ЦСП наблюдается снижения пористости на 14,95 %. В составе у цементного камня с СП пористость снижается на 32,16 % по отношению эталонного.

Наилучший показатель наблюдается в составе с комплексной добавкой. Пористость цементного камня снижается относительно контрольного на 50,5 %. Также, имеют место значительные сокращения удельных и относительных объемов пор на 57,67 %. За счет значительного снижения пористости с комплексной добавкой зарегистрирован самый высокий показатель прочности. Причиной изменения пористой структуры является видимо, трансформация Ca(OH)<sub>2</sub> в нискоосновные соединения за счет наличия в составе активного кремнезема и сокращения количество воды затворения.

В ходе изучения пористой структуры исходя из классификации М.М. Дубинина вычислили опасные и безопасные поры всех составов (рис. 8).

Из рис. 8 видно, что у цементного камня с комплексной добавкой опасная пористость снижается на 66,95 %.



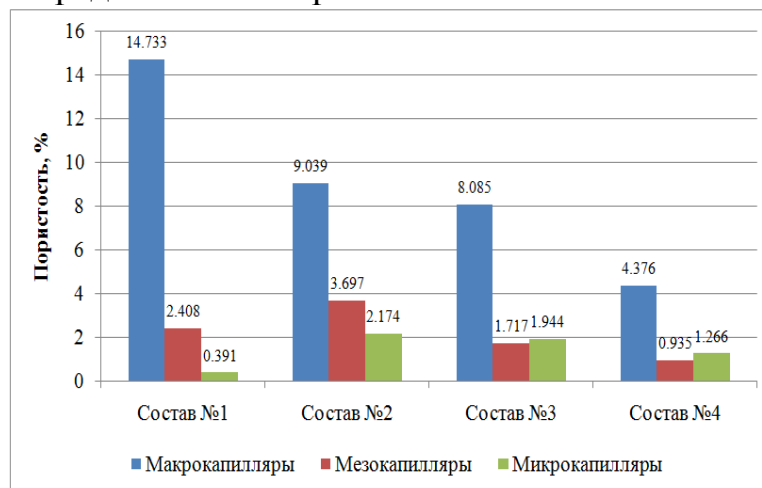


**Рис. 8. Опасные и безопасные поры исследуемых составов**

Впервые исходя из классификации М.М. Дубинина, нами были предложено классифицировать капиллярные поры цементного камня на следующие три группы:

1. Макрокапилляры - 15-0,5 мкм (влияют на прочность, проницаемость, морозостойкость);
2. Мезокапилляры – 50-10 нм (влияют на прочность, проницаемость и усадку при высокой влажности);
3. Микрокапилляры – 10-2,5 нм (влияют на усадку).

Распределение капиллярной пористости цементного камня макро-, мезо- и микроуровнях представлены на рис. 9.

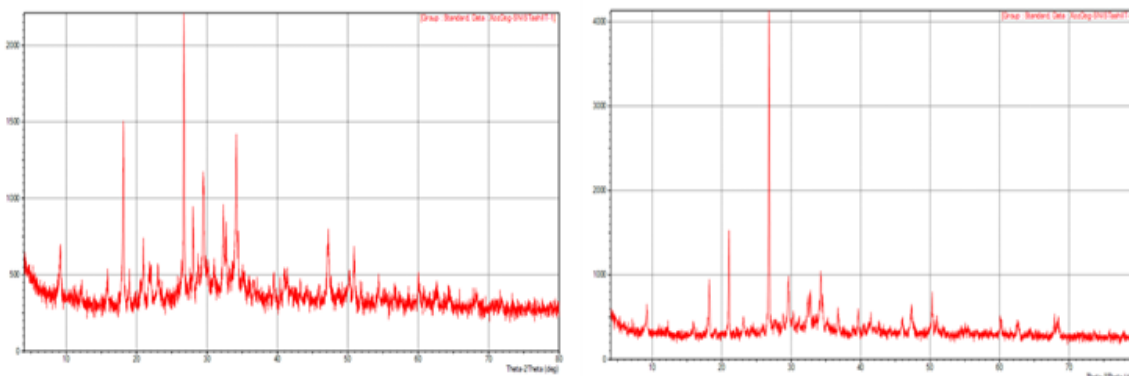


**Рис. 9. Количество макро-, мезо- и микрокапилляров исследуемых составов**

Сравнение поровой структуры цементного камня с разным содержанием модифицирующих добавок показало, что наиболее благоприятным с точки зрения снижения макро-, мезо- и микрокапилляров, повышения степени гидратации и прочности цементного камня является состав с комплексным модификатором.

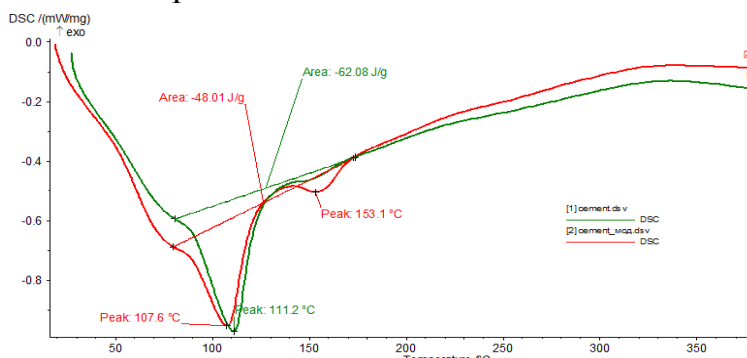
Рентгенофазовые исследования фазового состава показали, что в отличие от эталонного состава интенсивность пиков свободного  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  – портландита (СН), уменьшается по мере набора прочности цементного камня у состава с комплексной добавкой и в то же время возрастает интенсивность

пиков гидросиликатов кальция – CSH (рис. 10).



**Рис. 10. Рентгенограмма продуктов гидратации не модифицированного и модифицированного состава в возрасте 28 суток**

Термоаналитические исследования проводились в температурном диапазоне 20- 400°C. Кривые ДТА бездобавочного и модифицированного цемента представлены на рис. 11.



**Рис. 11. Дифференциально-термический анализ цементного камня в 28-суточном возрасте: 1-цементный камень без добавки; 2-цементный камень с добавкой ЦСП и СП**

Термоаналитическими исследованиями установлено, что эндотермический эффект протекает с поглощением тепла и температура пиков лежит в диапазоне 107-111°C (первые пики) и 153.1°C (второй пик). Полученные результаты свидетельствуют о том, что данные эффекты соответствуют выходу кристаллизационной воды. В эталонном цементе наблюдается только один эндотермический пик, и суммарная энтальпия процесса составляет -48.01 J/g. В модифицированном цементе кристаллизационная вода удаляется из образцов в два этапа – при 107°C и 153.1°C. Суммарная энтальпия данного процесса составляет уже -62.06J/g.

Исследованиями ИК-спектроскопии и электронной микроскопии установлена положительная динамика более глубокого течения процессов гидратации и структурообразования способствующая созданию оптимальной структуры цементного камня с комплексной добавкой.

В четвёртой главе диссертационной работы **«Технология и свойства бетонной смеси и бетона с добавкой поликарбоксилатового суперпластификатора и цеолитсодержащего наполнителя»** приведены результаты экспериментальных исследований по оптимизации состава эффективного бетона с комплексной добавкой и его физико-механические характеристики.

В строительстве для изготовления монолитных и сборных железобетонных изделий и конструкций широко используют бетоны на ПЩ М 400 классов В27,5, В30 и В50. Из принятых к исследованию исходных материалов, изготовлены контрольные составы бетонов и произведена их оптимизация с помощью программы EXCEL.

В качестве выходных параметров были приняты:  $Y_1$  –прочность бетона на сжатие в 28-суточном возрасте ( $R_{сж}^{28}$ ) МПа;

При оптимизации варьировались следующие факторы:  $X_1$ - расход химической добавки % от массы цемента;  $X_2$ - расход цемента, кг/м<sup>3</sup>;  $X_3$ - водоцементное соотношения. После обработки полученных результатов и отсева незначимых коэффициентов уравнения регрессии была получена математическая модель описывающая прочность на сжатие бетона с комплексной добавкой.

На втором этапе выполнена оптимизация исходных составов с использованием комплексной добавки. Оптимизированные составы приведены в табл. 2.

Таблица 2

Оптимизированные составы бетона с комплексной добавкой

Класс бетона	Подвижность, марка (ОК, см)	Рабочий состав бетонной смеси на 1 м <sup>3</sup>					
		Цемент	Песок M <sub>к</sub> =2,5	Щебень Фр.20	Вода	ЦСП	СП
		кг	кг	кг	л	кг	кг
В 27,5	П1	232	443	1258	119	100	1,73
В 30	П1	258	393	1209	119	110	1,98
В 50	П1	384	593	1197	119	164	2,82

В результате проведения экспериментов были исследованы физико-механические и эксплуатационные свойства бетона с комплексной добавкой. Результаты исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3

Предел прочности при сжатии образцов с комплексной добавкой нормального твердения

Составы бетона	Класс бетона	ОК, см	Возраст образцов, сутки				
			3	7	14	28	90
Контрольные	В 27,5	1,0	10,5/32	18,6/58	25,3/79	32/99	43,2/134
	В 30	1,0	11,4/29	23,1/59	34,5/88	39,2/100	50,6/129
	В 50	1,0	21,2/32	37,5/58	50/79	64/100	73,7/135
Оптимальные	В 27,5	1,0	12,66/39	22,42/69	30,41/94	38,4/119	46,2/145
	В 30	1,0	14,6/31	31,7/67	44,4/94	47,3/107	61,5/133
	В 50	1,0	23,3/36	41,2/64	55,9/89	70,6/110	82,4/148

Анализ полученных результатов показал, что при оптимизации состава бетона с комплексной добавкой, возможно достичь экономии цементного вяжущего (до 30 %) и высоких прочностных и эксплуатационных показателей композита. В частности, замена цемента комплексной добавкой в размере 30 % приводит к получению бетонов с прочностью существенно большей (8-12 %) чем таковой для контрольных составов бетонов, а такие показатели эксплуатационных свойств бетонов как морозостойкость и

водонепроницаемость превышаются в 1,1-1,6 раза и на целую марку соответственно.

В пятой главе диссертации «**Внедрение результатов исследований и технико-экономическое обоснование эффективности разработки**» приведены результаты опытного внедрения результатов исследований в производство сборных бетонных и железобетонных изделий на заводе ООО «GEO BETON TRUST», выполненных в период 2019-2020 гг. На основе внедрения результатов исследований в производство разработана «Технологическая инструкция по производству стоек железобетонных предварительно напряженных воздушных линий электропередачи стендового безопалубочного формования из бетона с минеральным наполнителем и суперпластификатором длиной до 11,0м ТИ-20182894-12:2020», производимые предприятием бетонные и железобетонные изделия из бетонов классов В27,5; В30 и В50 на рядовом цементе марки М400.

Изготовлены опытные партии стоек для опор контактной сети железных дорог марки СВ-110 по ТИ-20182894-12:2020 в количестве 60 шт.

Опытная партия железобетонных изделий была поставлена потребителю - АО «Ўзбекистон темир йўллари» (Дирекции капитального строительства) для использования при электрификации участков железных дорог.

Экономическая эффективность от внедрения разработанного оптимального состава и технологии бетона с комплексной добавкой в производство сборного бетона и железобетона на заводе ООО «GEO BETON TRUST» для класса бетона В30 составила - 89335 сўм на 1 м<sup>3</sup> бетона (в ценах 2020 г.). Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения оптимальных составов и технологии бетона с комплексной добавкой в производство сборного бетона и железобетона на заводе ООО «GEO BETON TRUST» только по классу бетона В30, обусловленная снижением себестоимости стоек для опор контактной сети железных дорог СВ-110 составил в ценах 2020 г. 602313 тыс. сўм. В случае стабильного спроса на указанные виды продукции завода ООО «GEO BETON TRUST» на серию из 1000 стоек ожидаемый экономический эффект составит 447 млн. сўм.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании результатов проведенных экспериментально-теоретических исследований по докторской (PhD) диссертации «Комплексно-модифицированные бетоны с наполнителями из цеолитсодержащей породы» были сформулированы следующие выводы:

1. Доказана возможность разработки высокопрочного бетона класса В65 с комплексной добавкой на основе цеолитсодержащей породы (натролит) и поликарбоксилатового суперпластификатора на рядовых марках цемента М400.

2. Впервые в составе цементного бетона использована минеральная добавка из цеолитсодержащей породы (натролит). Установлено, что использование цеолитсодержащей породы приводит к значительному

упрочнению и уплотнению структуры цементного камня.

3. Определен оптимальный состав цементного камня с комплексной добавкой состоящий из цеолитсодержащей породы 30 % с удельной поверхностью  $S_{уд}=3500 \text{ см}^2/\text{г}$  и поликарбосилатового суперпластификатора (0,8%) от массы цементного вяжущего.

4. Установлено, что введение комплексной добавки за счет улучшения параметров поровой структуры, снижения водопотребности повышают плотность, водонепроницаемость, морозостойкость бетона и уменьшают его водопоглощение и водонасыщение цементных бетонов.

5. Установлено, что комплексная добавка на основе цеолитсодержащего наполнителя и поликарбосилатового пластификатора снижает пористость на 50,5 % по отношению к контрольному составу. При этом показано, что пористость значительно снижается на разных уровнях, следствием чего является повышение водонепроницаемости бетона на целую марку, а морозостойкости на 1,1-1,6 раза.

6. Физико-химическими методами показана, что применения комплексной добавки повышает степень гидратации цементного камня до 97 % и в нем практически не остается негидратировавшихся зерен цемента.

7. Разработаны методики оптимизации размолочного процесса цеолитсодержащей породы, состава и свойств бетона с комплексной добавкой с использованием программных продуктов: «Программа автоматизированного расчета удельной поверхности цеолитсодержащих горных пород при истирающем режиме измельчения в шаровой мельнице», «Программа ЭВМ для вычисления удельной поверхности цеолитсодержащих пород при ударно-истирающем режиме измельчения в шаровой мельнице», «Программа ЭВМ для вычисления удельной поверхности цеолитсодержащих пород при ударном режиме измельчения в шаровой мельнице» и «Программа оптимизации состава тяжелого бетона с комплексной добавкой», позволяющие автоматизировать основные вычислительные процессы оптимизации.

8. Разработаны оптимизированные составы бетонных смесей классов В27,5; В30; В50 на рядовом цементе марки М400 с использованием программного продукта «Программа оптимизации состава тяжелого бетона с комплексной добавкой».

9. Исследование физико-механических и эксплуатационных свойств бетонов с комплексной добавкой на основе цеолитсодержащей породы и поликарбосилатового суперпластификатора показала, что при оптимизации их состава возможно достичь наряду с существенной экономии цементного вяжущего (до 30%) и весьма высоких прочностных и эксплуатационных показателей композита. В частности, замена цемента комплексной добавкой в размере 30 % приводит к получению бетонов с прочностью существенно большей (8-12 %) чем таковой для контрольных составов бетонов, а такие показатели эксплуатационных свойств бетонов как морозостойкость и водонепроницаемость превышаются в 1,1-1,6 раза и на целую марку соответственно.

10. Результаты опытно-производственного внедрения разработанного оптимального состава и технологии бетона с комплексной добавкой в производство сборного бетона и железобетона выполнено на заводе ООО «GEO BETON TRUST» для класса бетона В30 составила - 89335 сўм на 1 м<sup>3</sup> бетона (в ценах 2020 г.). Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения оптимальных составов и технологии бетона с комплексной добавкой в производство сборного бетона и железобетона на заводе ООО «GEO BETON TRUST» только по классу бетона В30, обусловленный снижением себестоимости стоек для опор контактной сети железных дорог СВ-110 составил в ценах 2020 г. 602313 тыс. сўм. В случае стабильного спроса на указанные виды продукции завода ООО «GEO BETON TRUST» на серию из 1000 стоек ожидаемый экономический эффект составит 447 млн. сўм.

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

---

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY**

**KADYROV ILKHOM ABDULLAEVICH**

**COMPLEX-MODIFIED CONCRETE WITH USING ZEOLITE-  
CONTAINING ROCK FILLERS**

**05.09.05- Building materials and products**

**THESIS ABSTRACT**  
**of the doctor of philosophy (PhD) on technical sciences**

**Tashkent -2020**

The theme of doctor of philosophy thesis is registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan B2020.3.PhD/T1875.

The dissertation was conducted at the Tashkent State Transport University.

The abstract of the thesis is in three languages (Uzbek, Russian, English (abstract)) it is web pages at ([www.taqi.uz](http://www.taqi.uz)) and information and educational portal «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Scientific advisor:** Adilkhodzhaev Anvar Ishanovich  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Official opponents:** Khasanov Bahriddin Baratovich  
Doctor of Technical Sciences, Professor


Gaziev Uchkun Abdullaevich  
Candidate of technical sciences, Professor

**Leading organization:** Namangan Engineering-Construction Institute

The defence of the dissertation will take place on «30» November 2020 at 10<sup>00</sup> at the Scientific Council numbered DSc.26/30.12.2019.T.11.01 meeting at Tashkent Architecture and Construction Institute as the following address: 100011, Tashkent, Abdulla Qodiriy Street, 7v. Phone: (99871) 241-10-84; Fax: (99871) 241-80-00, e-mail: [devon@taqi.uz](mailto:devon@taqi.uz), [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz).

The dissertation is registered in Information-Resource Center at Tashkent Architecture and Construction Institute (registration number № 47 ). The text of the dissertation is available at the Information Research Center at the following address: 100011, Tashkent, Abdulla Qodiriy Street, 7v. Phone: (99871) 244-63-30; Fax: (99871) 241-80-00, e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz).

The abstract of the dissertation was circulated on «16» November 2020 year. (mailing report № 9 on «03» November 2020).



**Kh. Akramov**  
Deputy Chairman of the Scientific Council for the award  
the degree of Doctor of Science, DSc, Professor

**Kh. Kamilov**  
Scientific Secretary of the Scientific Council for  
the award doctoral degree, DSc, Professor

**S. Khodjaev**  
Chairman of scientific seminar at the attachment to  
the Scientific Council for the award  
the degree of Doctor of technical Science, DSc, Professor



## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of research.** The aim of the study is to obtain concrete of increased strength with improved performance properties based on portlandcement M400 through the combined use of a superplasticizer and mechanically activated zeolite-containing rock.

**The tasks of research are:**

to reveal the features of the structure formation of a cement stone with a zeolite-containing rock and a super plasticizer;

to optimize the composition of concrete mix with zeolite-containing rock and super plasticizer;

to investigate the technological, physical and mechanical properties of the concrete mixture and concrete with a zeolite-containing rock and a super plasticizer;

to carry out pilot production approbation and feasibility study of research results.

**The object of research** is complex-modified concretes with the use of local zeolite-containing rocks and superplasticizer.

**The scientific novelty of the dissertation research** is as follows:

substantiated the possibility of using ZCR as a highly active mineral additive to obtain high-strength cement concrete;

the regularities of the modifying action of the cement-bonded concrete and the joint venture on the technological and operational properties of cement concrete have been established;

established the formation of the structure of the modified cement stone with ZCR and SP;

it was found that a complex modification of a cement stone leads to a significant increase in physical and mechanical properties due to an improvement in the structure and a decrease in porosity;

the regularities of changes in the strength of concrete have been established and mathematical models have been developed for the dependence of  $R_c$  on the recipe and technological factors.

**The outline of the dissertation.**

1. The possibility of developing high-strength concrete of class B65 with a complex additive based on zeolite-containing rock (natrolite) and polycarboxylate super plasticizer on ordinary brands of cement M400 has been proven.

2. For the first time, a mineral additive from a zeolite-containing rock (natrolite) was used in the composition of cement concrete. It was found that the use of a zeolite-containing rock leads to significant strengthening and compaction of the structure of the cement stone.

3. Determined the optimal composition of cement stone with a complex additive consisting of a zeolite-containing rock 30% with a specific surface  $S_{ss} = 3500 \text{ cm}^2/\text{g}$  and a polycarbosilate super plasticizer (0.8%) by weight of the cement binder.

4. It was found that the introduction of a complex additive by improving the

parameters of the pore structure, reducing water demand, increase the density, water resistance, frost resistance of concrete and reduce its water absorption and water saturation of cement concretes.

5. It was found that a complex additive based on a zeolite-containing filler and a polycarboxylate plasticizer reduces the porosity by 50.5% in relation to the control composition. At the same time, it was shown that the porosity significantly decreases at different levels, which results in an increase in the water resistance of concrete by a whole grade, and frost resistance by 1.1-1.6 times.

6. Physicochemical methods have shown that the use of a complex additive increases the degree of hydration of the cement stone to 97% and there is practically no non-hydrated cement grains in it.

7. Methods have been developed to optimize the grinding process of zeolite-containing rock, the composition and properties of concrete with a complex additive using software products: "Program for automated calculation of the specific surface area of zeolite-containing rocks in abrasive grinding in a ball mill", "Computer program for calculating the specific surface area of zeolite-containing rocks at shock-abrasive grinding mode in a ball mill ", " Computer program for calculating the specific surface area of zeolite-containing rocks in the impact mode of grinding in a ball mill "and" Program for optimizing the composition of heavy concrete with a complex additive ", allowing to automate the main computational optimization processes.

8. Optimized compositions of concrete mixtures of B27.5 classes have been developed; B30; B50 on ordinary cement grade M400 using the software product: "Program for optimizing the composition of concrete with a complex additive."

9. The study of the physical, mechanical and operational properties of concretes with a complex additive based on a zeolite-containing rock and a polycarboxylate super plasticizer showed that when optimizing their composition, it is possible to achieve, along with significant savings in the cement binder (up to 30%), and very high strength and performance characteristics of the composite. In particular, the replacement of cement with a complex additive in the amount of 30% leads to the production of concretes with a strength significantly higher (8-12%) than that for control concrete compositions, and such indicators of the operational properties of concrete as frost resistance and water resistance are exceeded by 1.1-1,6 times and for the whole brand, respectively.

10. The results of the pilot production implementation of the developed optimal composition and technology of concrete with a complex addition to the production of precast concrete and reinforced concrete was carried out at the plant LLC "GEO BETON TRUST" for the class of concrete B30 was - 89335 soums per 1 m<sup>3</sup> of concrete (in 2020 prices). The expected annual economic effect from the introduction of optimal compositions and technology of concrete with a complex addition to the production of precast concrete and reinforced concrete at the plant of LLC "GEO BETON TRUST" only for concrete class B30, due to a decrease in the cost of racks for the supports of the contact network of SV-110 railways amounted to 2020 602313 thousand soums. In case of stable demand for the specified types of products of the LLC "GEO BETON TRUST" plant for a series

of 1000 racks, the expected economic effect will be 447 million soums.

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

**I-бўлим (I часть; I part)**

1. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров. Некоторые аспекты исследования структуры строительных материалов методом ртутной порометрии // Вестник ТашИИТ № 2/3, 2018 г. С. 3-7. (05.00.00. №11).

2. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров, И.М. Махаматалиев, В.М. Цой. Об эффективности наполнения цементных бетонов местными цеолитсодержащими породами // Механика муаммолари, №3, 2019. С. 9-13. (05.00.00. №6).

3. Anvar Adylkhodjayev, Ikhom Kadyrov, Said Shaumarov, Kadir Umarov. Some Peculiarities of the Process of Preparing the Zeolites Containing Breeds in a Ball Mill // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-4, November 2019. (SCOPUS).

4. Anvar Adylkhodjayev, Ikhom Kadyrov, Irkin Makhamataliev, Said Shaumarov, Fazliddin Ruzmetov. 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 (IJTEE) ISSN: 2278-3075, Volume-8, Issue- 9S2, July 2019. Page 219-222. (SCOPUS).

5. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров, К.С. Умаров, А.А. Назаров. К вопросу механоактивации цеолитсодержащих пород // Известия Петербургского Государственного университета путей сообщения, №3, 2019. ISSN 1815-588X. Известия ПГУПС. С. 489-498. (05.00.00. №110).

6. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров, К.С. Умаров. О влиянии цеолитсодержащего наполнителя (натролит) на свойства цементного вяжущего // Вестник ТашИИТ №2, 2020 г. С. 20-27. (05.00.00. №11).

7. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров, К.С. Умаров. Исследование пористости цементного камня с цеолитсодержащим наполнителем и суперпластификатором // Вестник ТашИИТ №3, 2020 г. С. 15-22. (05.00.00. №11).

**II-бўлим (II часть; II part)**

8. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров, К.С. Умаров, М.М. Расулмухамедов. Программа автоматизированного расчета удельной поверхности цеолитсодержащих горных пород при истирающем режиме измельчения в шаровой мельнице. Агентство интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин DGU 06792 (01.08.2019 г.).

9. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров, К.С. Умаров, М.М. Расулмухамедов. Программа ЭВМ для вычисления удельной поверхности цеолитсодержащих пород при ударно-истирающем режиме измельчения в шаровой мельнице.

Агентство интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин DGU 06906 (13.09.2019 г.).

10. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров, К.С. Умаров, М.М. Расулмухамедов. Программа ЭВМ для вычисления удельной поверхности цеолитсодержащих пород при ударном режиме измельчения в шаровой мельнице. Агентство интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин DGU 07071 (24.10.2019 г.).

11. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров, К.С. Умаров. Программа оптимизации состава тяжелого бетона с комплексной добавкой. Агентство интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин DGU 09139 (09.10.2020 г.).

12. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров. О влияние пористости на морозостойкость бетона // “Таълим, фан ва ишлаб чиқариш интеграциясида инновацион технологияларни қўллаш -мамлакат тараққиётининг муҳим омили” мавзусидаги XV республика илмий-амалий конференцияси МАТЕРИАЛЛАРИ IV-ҚИСМ, Самарқанд, 2018 йил, 2-3 июнь. 102-104 бетлар.

13. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров, К.С. Умаров. Оптимизация параметров помола цеолитсодержащих пород // “Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте” Материалы Республиканской научно-практической конференции с участием зарубежных ученых. Ташкент, 2019 г. Выпуск №14. С. 15-19.

14. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров, И.М. Махаматалиев. Некоторые особенности процесса помола цеолитсодержащих пород в шаровой мельнице // Сборник материалов международной научной и научно-технической конференции на тему "Вопросы устойчивого развития архитектуры и городского строительства в приаральском регионе" Нукус, 20-21 июнь 2019 года. С. 10-13.

15. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров, А.А. Колдаев. Перспективы применения цеолитсодержащих пород западного Узбекистана в цементных композитах // “Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте” Материалы Республиканской научно-практической конференции с участием зарубежных ученых. Ташкент, 2019 г. Выпуск №14. С. 3-6.

16. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров,. Цеолитсодержащие породы Узбекистана и перспективы применения в цементных композитах // Наука – автодорожному хозяйству Материалы I Международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов, студентов и учащихся колледжей. Гомель, 2019. С. 42-46.

17. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров. О влиянии цеолитсодержащего наполнителя (натролит) на долговечность стальной арматуры в железобетонных изделиях “Қурилишда инновациялар, энергиятежамкор

технологиялар, бинолар ва иншоотларнинг конструкциявий ва сейсмик хавфсизлиги” мавзусида Халқаро илмий-техник конференция материаллари тўплами. Наманган шаҳри 7-9 ноябрь 2019 йил. 284-288-бетлар.

18. А.И. Адилходжаев, И.А. Кадыров, К.С. Умаров. Структурообразование цементного камня с цеолитсодержащим наполнителем (натролит) и суперпластификатором // “Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте” Материалы Республиканской научно-практической конференции с участием зарубежных ученых. Выпуск №15, 2020 г. С. 108-111.

19. Anvar Ishanovich Adilkhodjaev, Kadyr Saparbaevich Umarov, Pkhom Abdullaevich Kadirov. Some features of rheological properties of cement pasts with zeolite-containing fillers // Vol. 5 No. CONGRESS (2020): International congress on modern education and integration. Oct 11, 2020, (IF-6,549). (<http://www.iejrd.com/index.php/%20/article/view/1204>).

Автореферат “ТошТЙМИ ахбороти” илмий-амалий журнал тахририягидан ўтказилди ва матнлар  
мослиги текширилди  
(30.10.2020 й.)

Қоғоз бичими 84x60-1/16. Ризограф босма усули. Times гарнитураси  
Шартли босма табағи: 2,75 б.т. Адади: 100 нусха.  
Буюртма №19-9/2020 Нашрга рухсат этилди: 14.11.2020 й.

Тошкент давлат транспорт университетида чоп этилган.  
100167, Тошкент шаҳар, Одилхўжаева кўчаси, 1-уй.

