

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

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

КАМИЛОВ ХАБИБИЛЛА ХАМИДОВИЧ

**КУЙДИРМАСДАН ОЛИНАДИГАН ИШҚОРЛИ БОҒЛОВЧИЛАР
АСОСИДАГИ СЕРГОВАК КОМПОЗИЦИЯЛАРНИНГ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛ-НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ**

05.09.05 – Қурилиш материаллари ва буюмлари

**Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

Докторлик (Doctor of Science) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской (Doctor of Science) диссертации

Contents of the Doctoral (DSc) Dissertation Abstract

Камилов Хабибилла Хамидович

Куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчилар асосидаги серговак композицияларнинг экспериментал-назарий асослари..... **3**

Камилов Хабибилла Хамидович

Экспериментально-теоретические основы высокопористых композиций на безобжиговых щелочных вяжущих..... **29**

Kamilov Khabibilla Khamidovoch

Experimental and theoretical foundations of highly porous compositions based on unburned alkaline binders..... **57**

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... **61**

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

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

КАМИЛОВ ХАБИБИЛЛА ХАМИДОВИЧ

**КУЙДИРМАСДАН ОЛИНАДИГАН ИШҚОРЛИ БОҒЛОВЧИЛАР
АСОСИДАГИ СЕРГОВАК КОМПОЗИЦИЯЛАРНИНГ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛ-НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ**

05.09.05 – Қурилиш материаллари ва буюмлари

**Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2019.4.DSc/T332 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент архитектура-қурилиш институтида бажарилган.

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

Илмий маслаҳатчи: **Тулаганов Абдукабил Абдунабиевич**
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Ходжаев Саидаглам Аглюевич**
техника фанлари доктори, профессор
Талипов Нигматулла Хамидович
техника фанлари доктори, катта илмий ходим
Цой Владимир Михайлович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот: **«O'zog'irsanoatloyiha» АЖ**

Диссертация ҳимояси Тошкент архитектура-қурилиш институти ҳузуридаги DSc.26/30.12.2019.T.11.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «19» июнь соат 10-00 да Архитектура факультетининг мажлислар залида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент ш., Абдулла Қодирий кўчаси, 7в-уй. Тел.: (+99871) 241-10-84, факс:(+99871) 241-80-00, e-mail: devon@taqi.uz, taqi_atm@edu.uz)

Диссертация билан Тошкент архитектура-қурилиш институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№41 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100084, Тошкент ш., Кичик Халқа йўли кўчаси, 7-уй. Тел.: (+99871) 235-43-30; факс:(+99871) 234-15-11, e-mail: taqi_atm@edu.uz).

Диссертация автореферати 2020 йил «16» июнь куни тарқатилди.
(2020 йил «12» июндаги 4 - рақамли реестр баённомаси).

А.И. Адилходжаев
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш раиси ўринбосари, т.ф.д., профессор

И.И. Касимов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби в.в.б., т.ф.д., проф. в.б.

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

КИРИШ (докторлик (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда замонавий қурилишда энергия ва ресурстежамкорлик энг устувор йўналишларидан бири бўлиб, бунга биринчи навбатда энергиясамарали ва тежайдиган материаллар ва уларни ишлаб чиқариш технологияларидан фойдаланиш орқали эришиш мумкин. Портландцемент турли мақсадлар учун фойдаланиладиган бетонлар ишлаб чиқариш учун асосий боғловчи материал ҳисобланади, аммо ҳозирги вақтда турли хил технологик жараёнлар ва иккиламчи ресурслардан фойдаланган ҳолда муқобил минерал боғловчиларни яратиш ва ишлаб чиқариш бутун дунёда катта қизиқиш уйғотмоқда. Ривожланган мамлакатларда, жумладан АҚШ, Англия, Франция, ГФР ва Хитой каби давлатларда ишлаб чиқариш жараёнида табиий ҳомашёларни тежаш, иккиламчи ресурсларлардан фойдаланиш, атроф-муҳитга камроқ ифлослантирувчи газлар чиқариш ва энергиятежамкорликка эришиш имкониятларини берувчи минерал боғловчиларни яратиш масалалари етакчи ўрин эгалламоқда. Шу жиҳатдан уларнинг хосса ва структураларини оптималлаштириш, узоқ вақт давомида хизмат қилишини ошириш ва ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштиришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий ўқув юртлари лабораторияларида портландцементга муқобил бўлган, ишлаб чиқариш технологиясида куйдириш жараёнидан воз кечиш имконини берадиган ишқорли боғловчиларни яратиш, улар асосида материалларнинг таркибларини ишлаб чиқиш, боғловчиларини модификациялаш, физик-механик ва физик-кимёвий хоссаларини бошқариш, уларни ишлаб чиқаришнинг замонавий технологияларини яратишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу йўналишда, ишқорли боғловчилар ва улар асосида материалларни яратишда маҳаллий ва иккиламчи ҳомашёдан фойдаланиш, уларнинг таркибларини оптималлаштириш, модификациялаб, структура ва хоссаларини яхшилаш, энергия ва ресурс тежамкорлигини ошириш, муҳим аҳамият касб этади.

Республикамизда қурилиш материаллари ишлаб чиқариш саноати ривожлантирилиб, ишлаб турган корхоналарни модернизациялаш, маҳаллий ва иккиламчи ҳомашёлар асосида қурилиш материалларининг янги турларини ишлаб чиқариш, республикамиз ҳудудларида мослаштирилган кичик корхоналарни яратиш, қурилиш материалларини ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш каби бир қанча ишлар амалга оширилиб, муайян ютуқларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... ишлаб чиқариш соҳаларини ривожлантириш, саноатни модернизация ва диверсификация қилиш, амалиётда кам сарфли энергиятежамкор усулларни қўллаш, қурилиш материаллари ишлаб чиқариш саноатини ривожлантириш, ...»¹ муҳим вазифалари белгиланган.

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

Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан, маҳаллий иккиламчи хомашёдан куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчилар ва улар асосидаги серфовак композицияларни ишлаб чиқаришга йўналтирилган илмий-тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2019 йил 23 майдаги ПҚ-4335-сон “Қурилиш материаллари саноатини жадал ривожлантиришга оид қўшимча чора-тадбирлар 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.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи². Дунёнинг етакчи тадқиқот марказлари ва университетлари, шу жумладан University of Sheffield (Англия), Zeobond Pty Ltd, Docklands (Австралия), Spanish National Research Council, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (Испания), Nanjing University of Technology, Hunan University (Китай), Centre for Materials Research, Curtin University (Австралия), Geopolymer Institute (Франция), Веймар Баухаус университетида (ГФР), Киев миллий қурилиш ва архитектура университетида, Харьков миллий қурилиш ва архитектура университетида (Украина), Қозон давлат архитектура-қурилиш университети, Император Александр I номи Санкт-Петербург давлат темир йўллари университетида, В.Г. Шухов номидаги Белгород давлат технологик университетида (Россия), Жанубий Қозоғистон давлат университетида (Қозоғистон), Ташкент архитектура-қурилиш институтида, Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институтида (Ўзбекистон) куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчилар (КОИБ) ва улар асосидаги материалларнинг мавжуд таркиб ва технологияларини такомиллаштириш, янги таркиб ва технологияларни, структура ва хоссаларини мақсадли бошқариш усулларини ишлаб чиқиш бўйича кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

КОИБда янги қурилиш материалларини яратиш, уларнинг эксплуатацион хусусиятларини оптималлаштириш ва ишлаб чиқариш жараёнларини яхшилашда дунёда бир қатор илмий натижалар қўлга киритилди, жумладан:

²Диссертация мавзуси бўйича илмий тадқиқотлар шарҳи: <https://foamconcreteworld.com/>, <https://www.sciencedirect.com/>, <https://www.hindawi.com/journals/>, <https://www.researchgate.net/>, <http://www.concrete.org.uk/>, <https://www.mdpi.com>, <https://link.springer.com/>, <https://books.google.co.uz/books/>, <https://www.scientific.net/>, <https://www.academia.edu/>, <https://www.ytong.ru>, <https://www.elsevier.com/>, www.understanding-cement.com, <https://theconstructor.org>, <https://www.linkedin.com>, <https://www.wehrhahn.de> ва бошқалар бўйича ишлаб чиқилган.

ишқорли цемент асосида турли мақсадлар учун бетоннинг таркиби, хусусиятлари ва чидамлилигини ўрганиш, композицияларни ишлаб чиқиш, шу билан бирга метакаолин ва учувчи кулни ишқор билан фаоллаштириб, турли хил хомашёлардан автоклавда чиқадиган газбетонни яратиш, (Киев миллий қурилиш ва архитектура университети), учувчи кулни ишқор билан фаоллаштирилган материалларнинг реакциялари, фазалари ва микро тузилишини ўрганиш (Нагоя университети, Япония); ишқорий фаоллаш жараёнларини ўрганиш, шлаклар, учувчи кул ва уларнинг аралашмалари асосидаги ишқорий фаоллаштирилган бетоннинг бардошлилиги, саноат ривожланиши ўрганиш (Брно технология университети, Чехия); метакаолин ва учувчан кулдан геополимерлар яратиш ва ишлаб чиқариш (Геополимерлар институти, Франция) Кул, шлаклар асосида олдиндан зўриқтирилган шпаллар яратиш (ПГУПС, Санкт-Петербург, Шеффилд университети, Англия), минерал силикат ва алюмосиликат қўшимчаларидан фойдаланиб қоришма ва бетонли композит олиш учун КОИБ хусусиятларини ўрганиш (Қозон архитектура ва қурилиш университети, Россия), электротермофосфор шлаклари асосида КОИБлар яратиш (ЖҚДУ, Қозоғистон), КОИБ ва маҳаллий хомашёлар асосида материаллар (ТАҚИ, Ўзбекистон).

Дунёда КОИБ ва улар асосидаги материалларни ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш учун бир қатор, жумладан: турли хил органик ва минерал қўшимчаларнинг материалнинг хусусиятларига таъсири; турли хил саноат чиқиндиларидан фойдаланиш; турли хил тўлдиргичлардан шу жумладан, ўсимликдан олинadиган тўлдиргичлардан фойдаланиш; материалнинг хусусиятларига турли хил технологик омилларнинг таъсирини ўрганиш; самарали ишлаб чиқариш технологияларини ривожлантириш каби устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Куйдирмасдан олинadиган ишқорли боғловчиларни яратиш ва тадқиқоти билан В.Д.Глуховский, П.В. Кривенко, Р.З. Рахимов, Н.Р. Рахимова, Т.М. Петрова, Caijun Shi, D.M. Roy, J.L. Provis, P.Duxon, J.S.J. Van Deventer, A. Palomo, A. Fernández-Jiménez, A. Buchwald, С.Т. Сулейманов, А.Г. Алиев, Б.К. Серсенбаев, И.У. Касимов, А.А. Тулаганов, У.А. Газиёв, А.А. Султанов ва бошқа етакчи олимлар шуғулланганлар. Бажарилган илмий тадқиқотлар натижасида қуйидаги КОИБ ва улар асосидаги материаллар ишлаб чиқариш учун хомашё танлаш асослари; синтез, гидратация ва структура ҳосил бўлишини бошқаришнинг асосий усуллари; боғловчи тошининг микротузилиши шаклланишининг физик-кимёвий асосларини тадқиқ этиш; КОИБ ва улар асосидаги қурилиш материалларининг физик-механик ва физик-кимёвий хусусиятларини, хусусан енгилдан то оғиргача бўлган бетонни хусусиятларини ўрганиш; олинган материалларни қўллаш соҳалари аниқлаш билан боғлиқ устивор йўналишларда амалга оширилган.

Кўпикли ва газбетонлар каби серғовак материаллар ишлаб чиқариш учун композициялар ва технологияларни ривожлантиришдаги илмий изланишлар ва муаммолар бир қатор олимлар, хусусан А.А. Брюшков, А.Т. Баранов, Ю.М. Баженов, П.И. Боженков, М.С. Гаркави, Б.Н. Кауфман, Л.Д. Зухуа Зҳанга, Жон Л. Провис, Рамамурти, Намбиар, В.И. Удачкин, Л.Д. Шахова, Л.В. Моргун, В.Г.

Хозин, Г.И. Яковлев, В.В. Стринг, А.И. Адилходжаев, И.У. Қосимов, Н.А. Самигов, А.А. Тўлаганов, А.А. Султанов ва бошқалар томонидан олиб борилган. Шу билан бирга, ушбу изланишларнинг аксарияти портландцемент асосидаги уяли тузилишли бетонларни турли толалар билан дисперс арматуралаб мустаҳкамлаш; турли хил суперпластикаторлардан фойдаланиш, фаол минерал қўшимчалар ёрдамида микро даражада уя тузулишли бетонларнинг тузулиши ва хусусиятларини оптималлаштириш, маҳсулот ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштириш билан боғлиқдир.

Амалга оширилган ишларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, маҳаллий иккиламчи хомашё асосида КОИБ таркибини яратишда уя тузулишли бетон яратилиши билан биргаликда амалга ошириш керак. Шу муносабат билан маҳаллий саноат ва қишлоқ хўжалиги чиқиндиларидан фойдаланган ҳолда КОИБ асосида серғовак композицияларни яратишнинг назарий асосларини ишлаб чиқиш долзарбдир.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент архитектура-қурилиш институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг А-5-040 рақамли “Техноген хомашё материалларидан фойдаланиб куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчилар олишнинг самарали ресурс тежамкор технологиясини ишлаб чиқиш ва тадқиқ этиш” (2006-2008 йй.), 16-042 рақамли “Маҳаллий хомашё ва саноат чиқиндилари асосидаги серғовак иссиқлик изоляция арболитни технологиясини яратиш ва тадқиқ этиш” (2009-2011 йй.) ва Ф-7-44 рақамли «Янги органоминарал енгил композицияларни яратишнинг физик-кимёвий асослари ва уларда структура ҳосил бўлишининг қонуниятлари» мавзусидаги (2012-2016 йй.) лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади маҳаллий саноат ва қишлоқ хўжалиги чиқиндиларидан фойдаланиб, куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчилар асосидаги серғовак композицияларни яратишнинг экспериментал ва назарий асосларини ривожлантиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

минерал боғловчилардан серғовак композициялар яратиш ва улардан фойдаланишнинг ҳозирги ҳолати ва ривожланиш истикболларини ўрганиш;

маҳаллий иккиламчи хомашё асосида КОИБ ишлаб чиқишни ривожлантириш бўйича экспериментал ва назарий тадқиқотлар;

минерал ва органик қўшимчаларнинг олинган материалнинг хоссалари ва тузилишига таъсири нуқтаи назаридан КОИБда тадқиқотлар ўтказиш;

КОИБларни ғоваклаштириш бўйича назарий ва экспериментал тадқиқотлар бажариш;

"целлюлоза таркибли тўлдиргич - КОИБ" тизимида контакт зонасини шакллантириш механизмини назарий ва экспериментал ўрганиш;

КОИБ асосидаги кўпикбетонларнинг фрактал ўлчамини боғлиқлиги ва аниқлаш моделини ишлаб чиқиш;

КОИБ асосидаги серғовак композицияларнинг таркибини лойиҳалаш

усулини ишлаб чиқиш;

КОИБ ва улар асосидаги серфовак материаллар ишлаб чиқариш технологияларини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида маҳаллий иккиламчи хомашёдан фойдаланиб куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчилар ва улар асосидаги серфовак композициялар олинган.

Тадқиқотнинг предметини маҳаллий иккиламчи хомашёдан фойдаланиб, куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчилар ва улар асосидаги серфовак композициялар таркиби, хоссалари ва технологияси ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотлар жараёнида физик-кимёвий таҳлилнинг замонавий усулларида, структура ҳосил бўлишини рентген-структура ва дифференциал термик таҳлил, электрон микроскопия, материалларнинг сифат кўрсаткичлари ва хоссаларини ўрганишнинг стандартлаштирилган усулларида ҳамда таркибни лойиҳалаш ва технологик жараёнларни оптималлаштиришнинг математик усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги куйидагилардан иборат:

боғловчиларнинг структура ва хоссаларини белгиловчи омилларга асосланиб, фрактал геометрияни ҳисобга олган ҳолда, минерал ва органик қўшимчали КОИБ олиш ва структурасини ҳосил бўлиш жараёнларининг назарий ва экспериментал асослари ривожлантирилган;

КОИБ тоши мустаҳкамлиги ва фрактал ўлчам орасидаги боғлиқлик қарама-қарши эканлиги аниқланган;

КОИБдаги «матрица-кўпик ҳосил қилувчи» модел тизими орқали кўпик ҳосил қилувчиларнинг ишқорли муҳитда ғовак ҳосил қилиш қобиляти ва матрицанинг контракцион ва капилляр ғоваклигининг камайиши назарий-экспериментал тарзда аниқланган;

кўпик массасини ҳосил қилиш учун матрицани ташкил этувчилари ва тўлдиргичларнинг тури ва миқдори, аралаштириш вақтига нисбатан ғоваклар орасидаги деворнинг капилляр ва гелли ғоваклигига боғлиқлиги аниқланган;

“целлюлоза таркибли тўлдиргич – КОИБ” тизимида адгезион-адсорбцион жараёнлар натижасида зич контакт зона шаклланиши механизми аниқланган;

КОИБ асосидаги материалнинг мустаҳкамлиги ишқорий компонент миқдори, боғловчи тошининг ҳажми, композициянинг ғоваклиги ва ғоваклар орасидаги девор қалинлигига боғлиқлиги асосланган;

кўпикбетонларда ғоваклар миқдори, уларни диаметри ўлчамининг ўртача миқдори, материалдаги ғоваклар орасидаги девор қалинлигини аниқлашга асосланган КОИБ асосида белгиланган зичликдаги серфовак структурали кўпикбетонларни олиш имконини берадиган фрактал ўлчамни аниқлаш боғлиқлиги ва модели таклиф этилган;

алюмосиликат ва ишқорий компонент миқдори ва кўпик ҳажми сарфини аниқлаш боғлиқлигини ҳисобга олган ҳолда КОИБ асосидаги кўпикбетон таркибини лойиҳалаш усули таклиф этилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси куйидагилардан иборат:

маҳаллий иккиламчи хомашёлардан КОИБ асосида арболит, кўпикарболит

ва автоклавсиз қотадиган кўпикбетон таркиблари ишлаб чиқилди ва таклиф қилинди;

КОИБ ва целлюлоза таркибли қишлоқ хўжалиги чиқиндилари асосида иссиқлик изоляцияловчи арболит ишлаб чиқариш технологик схемаси ишлаб чиқилган;

КОИБ асосида автоклавсиз қотадиган серғовак материалларнинг таркиблари ишлаб чиқилган;

маҳаллий иккиламчи хомашёлардан кўпикбетон ишлаб чиқариш учун кўпик ҳосил қилувчини танлашнинг принциплари ишлаб чиқилган;

Маҳаллий иккиламчи хомашёлардан КОИБ асосида ўртача зичлиги 350 - 750 кг/м³ бўлган материалларнинг физик-механик хоссалари аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий қоидаларнинг муаллиф томонидан олинган назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижаларининг ўзаро мутаносиблиги, тадқиқотларни замонавий услуб ва воситалардан фойдаланган ҳолда ўтказилганлиги, тажриба натижалари ишлаб чиқаришда синовдан ўтганлиги ва жорий қилинганлиги, натижаларни меъёрий-услубий ҳужжатларда қўлланилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти, КОИБ асосидаги серғовак композицияларда структура ва хоссаларни шакллантиришга оид тассавурларни ривожлантирилганлиги, оксидлашсиз интенсив технологияни яратиш натижасида битум таркибида смола ва асфальтенларнинг ҳосил бўлиши ҳисобига кўшимча мустаҳкам структура ҳосил бўлиши механизми тадқиқот қилинган ва янги усуллари қўлланилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчилар асосидаги серғовак композицияларнинг экспериментал-назарий асослари бўйича олинган илмий натижалар асосида:

КОИБ ва қишлоқ хўжалигининг целлюлоза таркибли чиқиндилари асосидаги арболит таркиби «Зухайл» хусусий корхонасида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2020 йил 12 июндаги 4670/08-07-сон маълумотномаси). Натижада саноат ва қишлоқ хўжалиги чиқиндилари асосида ўртача зичлиги 350 кг/м³ бўлган иссиқлик изоляция материали ишлаб чиқариш имконияти яратилган;

ишлаб чиқилган КОИБнинг таркиблари «Иморат-АДА» НПКЧРда жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2020 йил 12 июндаги 4670/08-07-сон маълумотномаси). Натижада активлиги 600 бўлган куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчи ишлаб чиқаришга эришилган;

кўпикбетон ва кўпик арболит таркиблари ва технологияси «Алина-Инвест» МЧЖ ҚҚда жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2020 йил 12 июндаги 4670/08-07-сон маълумотномаси). Натижада ўртача зичлиги 350 до 750 кг/м³ ва сиқилишдаги мустаҳкамлиги 0,5 до 2,7 МПа бўлган кўпикбетон ва кўпик арболит ишлаб чиқаришга эришилган.

механик усулда фаоллаштирилган ишқорли боғловчи асосида кўпикбетонни синов партияси «Бекободцемент» АЖда ишлаб чиқарилган

(Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2020 йил 12 июндаги 4670/08-07-сон маълумотномаси). Натижада, амалдаги стандарт талабларига жавоб берувчи маҳсулот олиш имконини берган;

боғловчи таркиби, ишқорий боғловчи ишлаб чиқариш усулига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтиро патентлари (IAP 04945 UZ, IAP 05647 UZ) ва шлак-ишқорли боғловчи асосида кўпикбетон ишлаб чиқатиш линиясига фойдали моделга патен (FAP 01486). Натижада юқори мустаҳкамлик кўрсаткичларига эга минерал боғловчи олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 13 та халқаро ва 7 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 46 та илмий иш чоп этилган. Улардан 3 та монография, 17 та илмий мақола, шу жумладан, асосий диссертация натижаларини нашр этиш учун Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган 2 та хорижий ва 12 та республика миқёсидаги журналларда, шунингдек, ЎЗР ИМА нинг 2 та ихтиро (IAP № 04945, IAP № 05647) ва 1 та фойдали модель (FAP № 011486) учун патентлари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш қисми, олти боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 243 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 тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотларнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, шунингдек, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилинганлиги, чоп этилган илмий ишлар ва диссертациянинг тузилиши ва ҳажми бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг биринчи **“Минерал боғловчилар асосидаги серфовак композицияларни яратиш ва улардан фойдаланишнинг ҳозирги ҳолати ва ривожланиш истиқболлари ҳақидаги адабиётларнинг таҳлилий шарҳи”** номли бобида КОИБ, целлюлоза таркибли ўсимлик хомашёси ва минерал боғловчилар асосидаги органоминерал композицияларни яратиш ва ишлаб чиқаришнинг ҳозирги ҳолати, композицион материалларни яратиш назарияларининг асосий принциплари таҳлил қилинган, минерал боғловчилар асосидадаги, жумладан Ўзбекистон Республикаси саноати ва қишлоқ хўжалиги целлюлоза таркибли ўсимлик чиқиндиларидан фойдаланиб серфовак композицияларни яратишни такомиллаштириш йўллари кўрсатилган.

КОИБ, минерал боғловчи моддалар ва ўсимлик хомашёси асосидаги иссиқлик изоляцияловчи ғовак материалларини яратиш ҳолати ва ривожланиш истиқболларининг таҳлили, структуранинг масштаб даражалари орасида юқори

боғланган структураости тизимлари - матрица, контакт зонаси ва тўлдиргич ғовакларида яхлит конгломерат сифатида вужудга келишига олиб келадиган боғловчи матрицаси хоссаларидан фойдаланиб, матрицани ғоваклаштириш ва мустаҳкамлиги паст бўлган тўлдирувчилардан фойдаланиб енгил бетонларни яратишнинг янги ёндашувни ишлаб чиқиш мумкинлигини кўрсатмоқда.

Бу бетон структурасини ягона тизим сифатида цемент тошининг фазовий матрицаси, мустаҳкамланган, бир жинсли контакт зоналари, мустаҳкамлик кўрсаткичларидан иборат фрактал структура билан ифодаланган кучли каркасни яратишга ёрдам беради.

Бу Ўзбекистонда кенг тарқалган хомашёлар асосида микро ва макро даражада серғовак таркибнинг физик-кимёвий таркибини ўзгартиришлар орқали, хоссаларини бутун технологик жараён давомида ўзаро боғлиқ бўлган ҳаракатлар билан тавсифланган барча омилларни ҳисобга олган ҳолда турли босқичларда “таркиб-технология-хосса” кетма-кетлигида бошқариш орқали олдиндан белгиланган хусусиятларга эга самарали енгил бетон олиш имкониятини беради.

Муаммони ҳал қилиш ҳолатини адабий ва патент манбаларини таҳлил қилиш натижасида диссертация тадқиқотининг мақсади ва вазифалари шакллантирилган.

“Маҳаллий хомашёлардан куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчиларни яратиш ва тадқиқ этиш” деб номланган иккинчи бобда алюмосиликат ва ишқорий компонентлар, шунингдек модификацияловчи қўшимчаларнинг тури ва миқдорини маҳаллий хомашёлар асосидаги КОИБ физик-механик хоссаларига таъсири, уларни олишнинг мақбул параметрларни аниқлаш бўйича экспериментал ва назарий тадқиқотлар натижалари келтирилган.

Тадқиқотларда боғловчиларнинг алюмосиликат ташкил этувчиси сифатида электртермофосфор (ЭТФ) шлагги, электр пўлат эритиш (ЭПЭ) шлагги ва учувчан кулдан, ишқорий компонент сифатида сода-сульфат аралашмаси (ССА), Na_2SO_4 , NaCO_3 , NaOH , $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,8\text{SiO}_2$, $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$, модификацияловчи қўшимчалар сифатида эса туффит, клинкер пишириш печлари чанги, портландцемент клинкери (ПЦК) ва глиеждан фойдаланилди.

Органик модификацияловчи қўшимча сифатида JK-08NP, ЛАХТА КМД PRO, Glenium 150, Glenium 51 суперпластификаторларидан фойдаланилди. Модификаторлар бир хилда тарқалиши учун ЭТФ шлакини майдалаш жараёнида JK-08NP ва ЛАХТА КМД PRO массага нисбатан 1%, Glenium 150, Glenium 51 ва ПБ Люкс 0,3% қўшилди. Майдалаш жараёни 60 ва 90 минутни ташкил этди. Кўпик ҳосил қилувчи сифатида Сетора, Ареком-4, ПБ 2000, ПБ Люкс, Винпор ва Зимпордан фойдаланилди.

Тадқиқот давомида ҳал қилиниши керак бўлган вазифаларга қараб, ҳар бир алоҳида ҳолатда, принципиал танланган ёндашувга риоя қилинган ҳолда, бетоннинг микродаражасида таркибидаги модификатор ва структура ҳосил бўлишини таъминлайдиган катион алмашув комплекси кўринишидаги қўшимча мавжуд бўлишини ҳисобга олган ҳолда, ушбу таркибий қисмлар орасидаги

нисбат доимий, ўзгартириб амалга оширилди. Юқорида айтилганларга асосланиб, КОИБ минералларнинг фазавий таркибини ўрганиш бўйича бир қатор тадқиқотлар ўтказилди. Алюмосиликат ва ишқорий компонентларнинг КОИБ хоссаларига таъсирини тадқиқ этиш билан бирга уларнинг қотиш шароитини ҳам таъсири ўрганилди.

Тадқиқ этилган боғловчи композицияларнинг қотишидан ҳосил бўлган маҳсуллар гиролит, гиллебрандит, трукотит, тоберморит ва табиий цеолитларнинг $R_2O \cdot Al_2O_3 \cdot (1-3)SiO_2 \cdot nH_2O$ кўринишидаги ишқорий минераллари ва шунингдек, кальцитдан иборат.

Олинган термик таҳлил натижалари рентген фаза таҳлил натижаларини тасдиқлади ва $350^\circ C$ да кальцийнинг гидроалюмосиликатларининг дегидратациясини кузатиш мумкин. $680-820^\circ C$ даги эффектлар кальцийнинг гидроалюмосиликатларини парчаланиб, волластанитга кристалланиб ўтишини кўрсатади. Шу билан бирга умумий масса йўқотиш 7,42% ни ташкил қилди.

Сирт фаол моддалари таъсирининг самараси кўп жиҳатдан қаттиқ фаза юзасида ҳосил бўлган хемосорбция боғланишлар билан белгиланиши кўрсатиб ўтилган. Бундан ташқари нормал шароитда қотган ҳамма намуналарнинг мустаҳкамлиги куруқ ҳаво шароитида қотган намуналарнинг мустаҳкамлигига нисбатан икки баробаргача юқори бўлди.

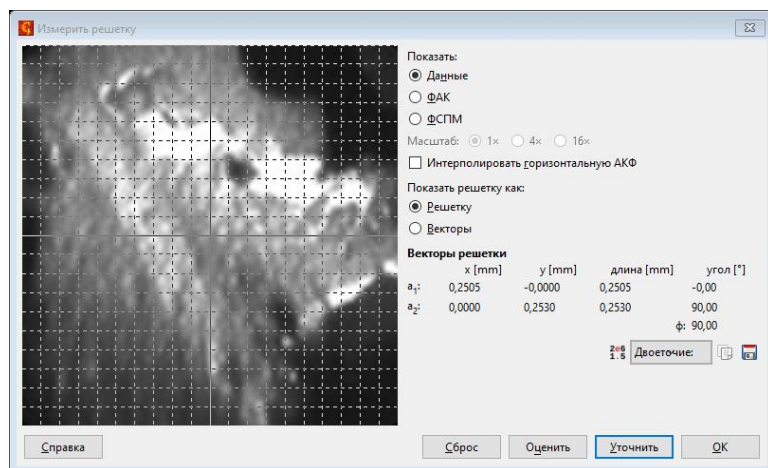
Контрол намуналари билан таққослаганда пластификаторлардан фойдаланиб тайёрланган намуналарда мустаҳкамлик кўрсаткичларининг ортиши куртаксимон ва узунчоқ кристалларнинг ҳосил бўлиши, кристалларнинг бир текис жойлашиши, шунингдек гидратланаётган заррачаларнинг зич жойлашишининг билан ортиши аниқланган. Бундан ташқари боғловчи олиш учун, майдалаш даврида пластификаторларни қўшилиши материал заррачалари юзасида бир сирт фаол моддалар бир хил адсорбцияланишига олиб келади. Катион-алмашинувчи комплекслар ва аралаш ишқорли таркибий қисмлардан фойдаланиш орқали композицияни сифатли ва миқдорий тузатиш натижасида фаоллиги 110 МПа бўлган КОИБ олинди.

КОИБни ўрганишнинг жиҳатларидан бири КОИБнинг микро тузилишини фрактал таҳлил қилишга йўналтирилиши мумкин, бу эса ушбу материалларнинг хусусиятларини тушунишда ва таҳлил қилишда катта ёрдам бериши мумкин.

Фрактал геометрия нуқтаи назаридан, КОИБлар фрактал ўлчам билан тавсифланиши мумкин бўлган кўп даражали тузилишдир. Бундан ташқари, фрактал ўлчам фрактал шаблонини кўп даражали структура сифатида миқёсланганда уни ўзгартиришнинг мураккаблиги статистик ўлчовини тавсифлайди. Бизнинг ишимизнинг изланиш параметри КОИБнинг экспериментал равишда аниқланадиган фрактал ўлчовидир. КОИБнинг фрактал ўлчамини экспериментал аниқлаш учун визуализация ва маълумотларни таҳлил қилиш учун эркин тарқатиладиган Gwyddion-2.55 дастуридан фойдаланилди. Gwyddion-2.55да ҳар хил фрактал таҳлиллар мавжуд: кубларни ҳисоблаш усули; триангуляция усули; вариацион усул, шунингдек кувват спектри усули.

Тадқиқотларда Браве панжаралари блокларини ҳисоблаш асосланган кубларни ҳисоблаш усулидан фойдаланилди.

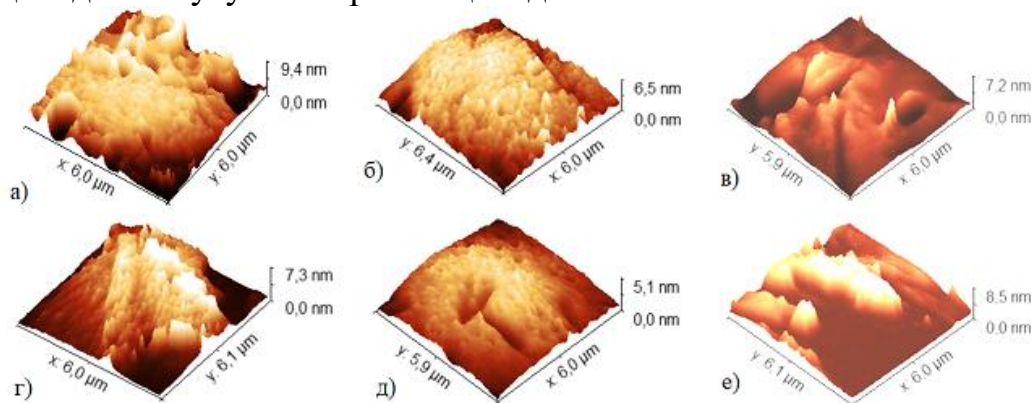
Ўрганилаётган намуналарнинг юзаси қатъий даврий тузилишга эга эмаслиги сабабли, КОИБ мустаҳкамлигини олинган тасвирларни фрактал таҳлил қилиш орқали оширилди. Тасвирлардаги юза топологиясининг фрактал ўлчамларини аниқлаш учун нотўғри хулосалар қилмаслик учун юзага келадиган ҳисоблаш хатолари тўғриланди. 2-расмда КОИБ намуналари юзасининг 3D-визуал тасвирларини тақдим этилган.



1-расм - 1% JK-08NP қўшимчали КОИБ сирт топологиясини панжара ва сирт ҳажмига қараб ажратиш.

КОИБ намуналари сирт юзаси топологиясининг расмларини ва уларни 3D-визуализациясини таҳлил қилиш орқали ЭТФ шлагини майдалаб тайёрланган намуналарнинг юза топографиясига қўшимчаларнинг таъсирини аниқлаш имконини берди.

Тадқиқотларда улар кубларни ҳисоблаш усулидан фойдаланилди, бунда блокларни ҳисоблаш асосида тўғридан-тўғри фрактал ўлчамни аниқлаш имконини беради. Сирт юзаси топологияси ва уларнинг 3D визуализацияси тасвирларини таҳлил қилиш орқали қўшимчаларнинг сирт топографиясига таъсир қиладиган хусусиятлари аниқланди.



2- расм. КОИБ тоши юзасининг 3D тасвири:

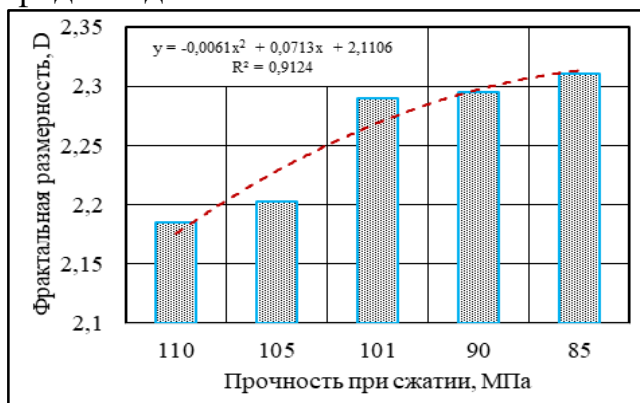
- а) контрол намуна; б) 1% Лахта КМД PRO қўшимчаси билан; в) 0,3% ПБ Люкс қўшимчаси билан; г) 1% JK-08NP қўшимчаси билан; д) 0,3% Glenium 150 қўшимчаси билан; е) 0,3% Glenium 51 қўшимчаси билан.

Ҳисобланган фрактал ўлчамлари ЭТФ шлагини майдалашда ишлатиладиган

кимёвий кўшимчанинг тури ва табиатига қараб ўзгариб туришини кўриш мумкин (3-расм). Бу гидратация вақтида сирт фаол моддалар ва қаттиқ моддалар ўртасидаги турли хил физик-кимёвий ўзаро таъсирлардан келиб чиқиши мумкин. Маълумки, агар $D > 3$ бўлса, унда объект фрактал эмас. Умуман олганда, маълумотлардан олинган сирт фрактал ўлчамлари (D) 2.185 дан 2.311 гача ни ташкил этди (3-расм). Маълумки, сирт геометриясига кўра $2 < D < 3$ қоидаси мавжуд бўлганида объектни фрактал деб ҳисоблаш мумкин. Бу ерда 2 силлиқ юзага тегишли, 3 эса абсолют ғадир-будирликни англатади.

$D > 3$ фазалар чегарасининг ноаниқлигини билдиради. Таҳлил давомида фрактал геометрияси назариясидан фойдаланиш КОИБ юзасини $2 < D < 3$ бўлганлиги учун фрактал деб ҳисоблаш мумкин.

Олинган натижалар асосида каттароқ фрактал ўлчамнинг юқорилиги боғловчи тошининг мустаҳкамлигини паст кўрсатиши аниқланди. Ушбу фрактал ўлчамнинг ўзига хос хусусияти КОИБнинг натижавий мустаҳкамлигини ифодалайди.



3- расм. КОИБ мустаҳкамлигининг фрактал ўлчам билан боғлиқлиги.

КОИБ мустаҳкамлиги билан таққослаш натижасида фрактал ўлчам қарама-қарши характерга эга эканлиги аниқланди, яъни мустаҳкамликни ортиши билан фрактал ўлчам пасаяди, бу эса тадқиқ этилаётган намуналарда 2,185 дан 2,311 гача тенг бўлди.

КОИБни фрактал ўлчамини аниқлаш, уни кенг қамровли фрактал таҳлил қилишда ва баҳолашда материалнинг бошқа хоссаларини,

масалан, янгидан ҳосил бўлган минералларнинг жойлашиш зичлиги, материалнинг ғоваклиги, ўртача зичлиги ва бошқаларни ҳисобга олиш зарур деб ҳисоблаймиз.

“Серғовак бўлган материалларда боғловчи матрицасида ғовак ҳосил бўлишининг назарий асослари” деб номланган учинчи бобда серғовак бўлган материалларда минерал боғловчи матрицанинг ғоваклилигини назарий таҳлил қилиш; боғловчи матрицанинг ғоваклилиги; уяли тузилишининг шаклланиш механизми ва КОИБ асосида серғовак композитда ғовак тузилишни олиш учун таъсир қилувчи омиллар; ғовак ҳосил қилувчи моддаларнинг КОИБнинг гидратация жараёнига таъсири; кўпик композитларнинг ғоваклари орасидаги девори ҳақидаги назарий ва экспериментал тадқиқотларнинг натижалари келтирилган.

Кўпикбетон ишлаб чиқариш учун анъанавий равишда ишлатиладиган портландцементидан фарқли ўлароқ, КОИБ юқори pH муҳити билан ажралиб туради. Шунинг учун ҳар қандай кўпик ҳосил қилувчи КОИБ билан кўпик ҳосил қилиш жиҳатидан мос бўлавермайди. Шу муносабат билан қандай кўпик ҳосил қилувчи ва унинг асосидаги кўпик қандай бўлиши керак деган савол туғилади.

Тадқиқотларимизда Ареком-4, ПБ-2000 ва Сетора каби кўпик ҳосил қилувчиларнинг КОИБ тайёрлашда фойдаланиладиган ишқорий компонентларнинг сувдаги эритмаларининг сирт таранглигига кўпик ҳосил қилувчиларнинг таъсири ўрганилди. Ареком-4 ва ПБ 2000 кўпик ҳосил қилувчилар нафақат ишқорий компонентларнинг сувдаги эритмасининг сирт таранглигига таъсир этиши, нафақат уларнинг концентрацияси, кўпик ҳосил қилиш учун аралаштириш вақти ва ишқорий компонентни эритмаси, кўпик ҳосил қилиш учун фойдаланиладиган суюқликни тури ҳам олинадиган кўпик ҳажмига таъсир этиши аниқланди.

Кўпик ҳосил қилувчиларнинг сув билан ишчи эритмасидан фойдаланилганда қуйидагилар аниқланди:

- ҳосил бўладиган кўпик ҳажмининг ўсишига аралаштиришнинг давомийлигига кўпроқ таъсир қилади;
- ишчи эритмадаги кўпик ҳосил қилувчининг модданинг концентрацияси ошиши билан кўпик чиқиши ҳам ортади.

Кўпик ҳажмининг ҳосил бўлишини ўрганиш натижасида, кўпик ҳосил қилувчилар билан бирга натрий дисиликатининг зичлиги $\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$ бўлган эритмасидан фойдаланилганда худди шундай ҳолат ПБ 2000 кўпик ҳосил қилувчисидан фойдаланилганда кузатилди.

Кейинги тадқиқотларимиз натижасида пайдо бўлган кўпикларнинг зичлигини ўрганишга қаратилди. Маълумки, олинган кўпиклар ҳажмининг ошиши билан уларнинг зичлиги пасаяди. Ареком - 4 + натрий дисиликатидан иборат кўпик олиш учун ишчи эритмасидан фарқли ўлароқ, аралаштириш вақти ҳосил бўлган кўпикларнинг зичлигига қиёсий таъсир кўрсатмайди. Аралаштиришнинг давомийлиги 3 дақиқани ташкил этганида, кўпик зичлигининг пасайишига олиб келади ва кейинги давом этиш натижасида ҳосил бўлган кўпикнинг зичлиги ортади.

КОИБ асосидаги кўпикли бетоннинг серғовак тузилишини баҳолаш учун, А.Н. Хархардиннинг портландцемент асосидаги кўпикбетоннинг серғовак тузилишини миқдорий баҳолаш учун V_b - сув ва V_c - цемент ҳажмидан иборат икки фазали тизимда қаттиқ фазанинг ҳажм фракцияси (заррачаларнинг жойлашиш зичлиги) учун ифодаловчи тенгламадан фойдаланиш мумкин. Аммо бу тенгламадан фойдаланилганда КОИБнинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олиш зарур. Маълумки, КОИБни майин қилиб туйилган алюмосиликат компонентни (майдаланган гранулаланган домна, ЭТФ ва бошқа шлаklar, куллар ва бошқ.) ва ишқорий компонентнинг (силикат тузлари, сульфат, натрий ёки калий карбонат ва бошқалар) сувдаги эритмаси билан аралаштириш орқали тайёрланади. Ишқорий компонентнинг таркибида структура ҳосил бўлишида иштирок этадиган эритилган ишқорнинг миқдорини ҳисобга олган ҳолда серғовак тузилиш ҳосил бўлишида ҳисобга олиш зарур. Асос сифатида маълум формулани олиб, КОИБнинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, уни қуйидагича ифодалашимиз мумкин:

$$\eta_{AK} = \frac{V_{AK}}{V_{AK} + V_{\text{шк}}} = \frac{1}{1 + \frac{P}{T} \cdot \frac{\rho_{AK}}{\rho_{\text{шк}}}} \quad (1)$$

бу ерда: η_{AK} – жойлашиш зичлиги; V_{AK} – алюмосиликат компонентнинг ҳажми; $V_{\text{щк}}$ – ишқорий компонентнинг ҳажми; $\frac{P}{T}$ – эритма-қаттиқ модда, яъни ишқорий компонентнинг сувдаги эритмаси миқдорини алюмосиликат компонент массасига нисбати; ρ_{AK} – алюмосиликат компонентнинг зичлиги; $\rho_{\text{щк}}$ – ишқорий компонент эритмасининг зичлиги.

1 – тенгламани қайта ўзгартириб қуйидаги кўринишдаги тенгламани оламиз:

$$\eta_{AK} = \frac{1}{1 + \frac{(P - C_{\text{щк}}) + V_{\text{п}}}{m_{AK} + C_{\text{щк}}} \cdot \frac{\rho_{AK}}{\rho_B}} \quad (2)$$

бу ерда: m_{AK} – алюмосиликат компонентининг массаси; $C_{\text{щк}}$ – ишқорий компонент таркибидаги куруқ модданинг миқдори; $V_{\text{п}}$ – кўпик тайёрлаш учун фойдаланилган сув миқдори (кўпикбетон тайёрлашнинг анъанавий усули учун). Кўпикбетонни тайёрлашнинг куруқ минерализация ва баротехнологиялари учун $V_{\text{п}} = 0$.

Боғловчи гидратцияланганида фазалар ҳажмига нисбати ўзгариши билан топологик ўтиш содир бўлади. Бу вақтда структура ҳосил қилувчи компонентларнинг боғловчининг бошланғич ҳажмига нисбатан таркибий ташкил этувчилар қисмларининг ҳажмдаги улуши қуйидагича бўлади: қаттиқ фазанинг - 0.412, суюқ фазанинг - 0.329 ва сув буғлангандан кейин газ фазаси: $\varepsilon = 1 - (0.412 + 0.329) = 0.259$.

Кўпикбетоннинг тузилиши ҳақидаги замонавий ғоялардан фойдаланиб, биз кўпикбетоннинг структура ҳосил қилувчи элементларининг топологик ва ҳисоблаш параметрлари учун қулай бўлган аналитик боғлиқлик билан ифодалашимиз мумкин. Барқарор сув-цемент кўпикли суспензиясининг муҳим параметрлари, топологик (2) билан бир қаторда, (2) тенгламадан осонгина олинган $\frac{B}{T}$ нисбати қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\frac{B}{T} = \left(\frac{1}{\eta_{AK}} - 1 \right) \cdot \frac{\rho_B}{\rho_{AK}} = 0,327 \left(\frac{1}{\eta_{AK}} - 1 \right) \quad (3)$$

Боғловчи суспензиясини тайёрланганда $\frac{B}{T}$ нисбати етарли даражада аниқ бажарилганда, экспериментал тадқиқотларидаги ε_p гелли ғоваклик маълум хатоликлар билан бажарилса, уни ўртачага келтириб олиниши мумкин ва у 0,2 га тенг бўлади.

Бу материалдаги моддаларнинг зич жойлашини кўрсатади, бу эса капилляр ва контракция ғовакларининг камайишига олиб келади. Бундай ҳолда, турли диаметрдаги ғоваклар ҳосил бўлади. Бажарилган назарий изланишлар, ҳисоблаш ва экспериментал усулларга асосланиб, КОИБ ва кўпик ҳосил қилувчи асосидаги серғовак материалнинг ғоваклиги аниқланди.

Анъанавий усулда КОИБда серғовак қоришмани тайёрлаш бўйича амалга оширилган тадқиқотлар асосида КОИБ қоришмаси ва органик тўлдирувчи билан тайёр кўпик билан аралаштирилганида кўпик массанинг чўкиши (ҳажмининг камайиши) тахминан икки баробаргача рўй бериши аниқланди. Буни серғовак

органик тўлдирувчининг юқори сув шимувчанликка эгаллиги сабабли жадал кўпик таркибидаги сувни шимиб олиши натижада серғовак массанинг ҳажмини қисқаришга олиб келиши билан тушунтириш мумкин.

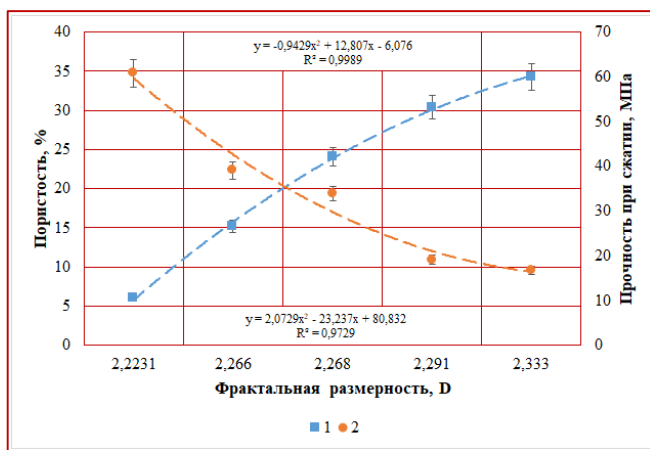
Тадқиқотларимиз давомида шунингдек серғовак аралашмани тайёрлашнинг анъанавий усулидан фарқланадиган органик тўлдирувчи, КОИБнинг алюмосиликат ва ишқорий компонентларини аралаштириб кейин тайёр кўпик қўшиб серғовак аралашмани аралаштириб тайёрланди. Бу усулда ўртача зичлиги 350 кг/м^3 бўлган серғовак композит олинган. Бундай композицияни олиш имконияти таркибий қисмларини аралаштириш вақтида органик тўлдирувчининг очиқ ғовакларини КОИБ тўлдириши натижасида органик тўлдирувчининг сув шимишини пасайишига олиб келиши билан изоҳланади.

Олинган натижаларни таҳлил қилиб, шунини таъкидлаш мумкинки, серғовак аралашманинг ҳосил коэффиценти қиймати технологик жараённинг мослигини тавсифлайди. Ушбу кўрсаткич ва аралашманинг $\frac{B}{T}$ нисбати унинг серғовак композитнинг физик ва техник хусусиятлари билан ўзаро боғлиқ бўлган технологик хусусиятлари билан аниқланади.

Кўпик ҳосил қилувчиларнинг ҳар бир тури нафақат КОИБнинг физик-механик хоссаларига, балки КОИБ тошининг микро тузилишига ҳам таъсир қилиши аниқланди. КОИБ асосида кўпикбетон ишлаб чиқариш учун фойдаланилган кўпик ҳосил қилувчилар ичида энг муносиб кўпик ҳосил қилувчи Арком-4 эканлиги аниқланди. Сетора кўпик ҳосил қилувчисининг бошқа кўпик ҳосил қилувчиларнинг КОИБ мустаҳкамлигига таъсири энг кичик бўлишига қарамай ундан фойдаланиш самарасиз бўлиб чиқди, чунки серғовак кўпикбетон қоришмасини тайёрлаш вақтида янги тайёрланган серғовак қоришманинг чўкиб қолиш ҳолати юз бериши кўрсатиб ўтилган.

Серғовак қоришмани тайёрлаш усуллариининг таъсирини ўрганиш натижасида КОИБ асосида кўпикбетон тайёрлашнинг энг мақбул усули анъанавий (икки босқичли) технология эканлиги аниқланди. Баротехнологиядан фойдаланиб кўпикбетон тайёрланганида анъанавий портландцементдан фойдаланиб, баротехнология бўйича кўпикбетон тайёрлаш учун кенг фойдаланиладиган кўпик ҳосил қилувчилардан фойдаланиш ижобий самара бермаслиги аниқланди. Қуруқ минерализация усулидан фойдаланилганида эса, кўпикбетон массасини чўкиб қолиш ҳолати кузатилади.

Боғловчига кўпик ҳосил қилувчиларни, дастлабки кўпиртиришсиз қўшилган вақтда ҳам боғловчи тошида ғовак структуранинг ҳосил бўлиши ва бунинг оқибатида олинган сунъий тошнинг мустаҳкамлиги пасайиб кетиши аниқланди. Бу ҳосил бўладиган ғоваклик кўпик ҳосил қилувчининг тури ва хусусиятига боғлиқ.



4-расс. КОИБ тошини ғоваклилиги ва мустаҳкамлигининг фрактал катталиқка боғлиқлиги.

КОИБ тошининг фрактал ўлчами унинг ғоваклига нисбатан тўғридан-тўғри характерга эга эканлиги, яъни КОИБ тоши ғоваклилиги ортиши билан фрактал катталиқ ҳам ошиб бориши аниқланди, бу эса 2,311 дан 2,333 гачани ташкил этди (4-расс).

Сетора ва Винпор кўпик ҳосил қилувчиларидан фойдаланиб тайёрланган намуналарнинг ҳажм бўйича чўкиб қолиши, Ареком – 4 кўпик ҳосил қилувчисидан

фойдаланилганида эса турғун ҳажмли намуналар олиш имконияти мавжудлиги аниқланди. Ареком – кўпик ҳосил қилувчисидан тайёрланган кўпикнинг ҳам ҳисобга олган ҳолда кўпикли арболитни тайёрлашдаги кейинги тадқиқотларимизда ушбу кўпик ҳосил қилувчилардан фойдаланилди.

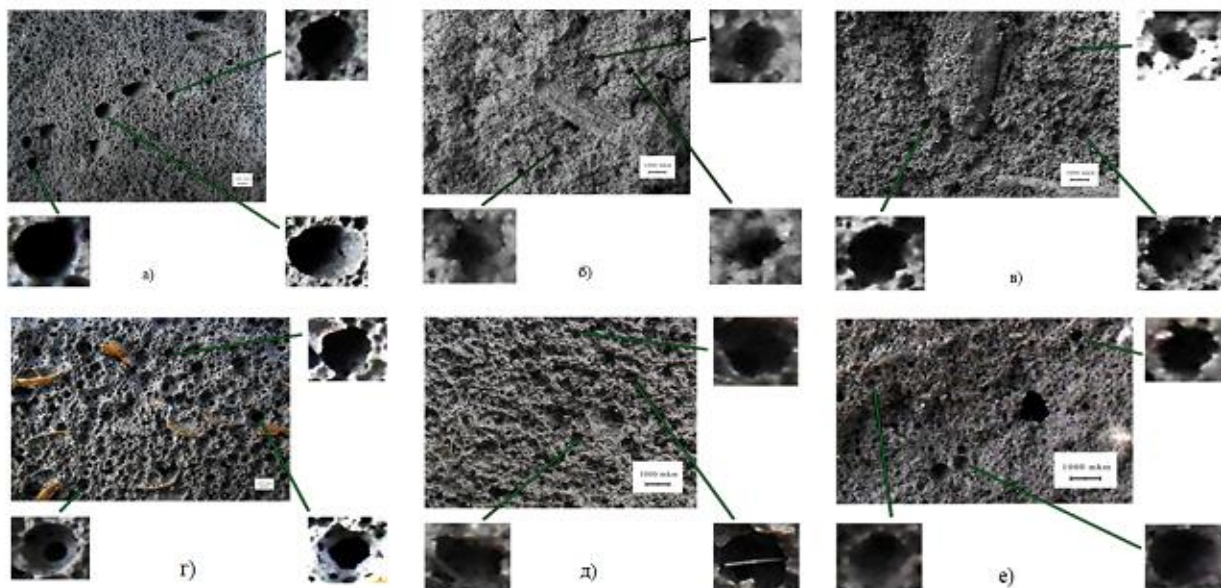
Кўпик ҳосил қилувчиларнинг КОИБнинг қотиш вақтига таъсирини ўрганиш натижаларини таҳлили асосида кўпик тайёрлаш учун сувдан фойдаланилганда, кўпик ҳосил қилувчининг турига қарамай боғловчи массасига нисбатан 1,5%гача қўшиб борилганида, КОИБнинг қотиш вақти қўшимча миқдорини ортиб бориши билан узайиб бориши аниқланди. Кўпик тайёрлаш учун натрий силикатнинг сувдаги эритмаси (суюқ шиши)дан фойдаланилганида эса бу кўрсаткич 1%ни ташкил этди.

Кўпик тайёрлашда ҳам сувдан, ҳам натрий силикатдан ҳам фойдаланилганда кўпик ҳосил қилувчининг миқдорий таркиби 1%гача бўлганида, боғловчининг мустаҳкамлиги пасайиши аниқланди. ПО қўшимчасининг таркибидаги кейинги ўсиш сиқишга бўлган кучни оширишга олиб келди. Тадқиқотларда кўпик ҳосил қилувчиларнинг таъсирини 2% миқдоргача ўрганиш билан чекланилди, чунки маълум маълумотларга кўра кўпик ҳосил қилувчининг кўпикбетон ишлаб чиқаришдаги 1 м³ маҳсулот учун 2 доллардан ошмаслиги керак. Агар ушбу кўрсаткич ошиб кетса, ундан фойдаланиш маҳсулот таннархига катта таъсир кўрсатиши сабабли ундан фойдаланиш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ бўлмайди. Бундан ташқари, қимматроқ кўпик ҳосил қилувчилардан фойдаланиш ҳар доим ҳам маҳсулот сифатини ошишига олиб келмаслиги мумкин.

Органоминерал композициялардаги ҳосил бўладиган капилляр ва гелли ғоваклар нафақат сув-цемент нисбатига, балки тўлдиргичнинг таркибдаги миқдориға ҳам боғлиқлиги аниқланди.

Ўсимликдан олинган органик тўлдирувчиларнинг (кенаф ўзаги, майдаланган ғўза поя, шоли қовузи) юқори сув шимувчанлиги туфайли кўпикбетон таркибидаги йирик ғоваклари орасидаги деворларда тешиқ ҳосил бўлиши аниқланди. Бироқ, бундай номақбул ҳодиса кичик ғоваклар тузилишида

кузатилмайди (5-расм). Ушбу тадқиқотларда материалнинг ғоваклилигини тавсифлаш учун фрактал геометриядан фойдаланилди. Маълумотлар таҳлили асосида кўпик ҳосил қилувчилар КОИБ тошининг мустаҳкамлиги ва ғоваклигига турлича таъсир этиши аниқланди. Ушбу таъсирлар, авваламбор, кўпик ҳосил қилувчиларнинг хусусиятларига боғлиқ.



5-расм. Органик тўлдирувчи ғовак композитлар: а - тўлдиргичсиз; б - каноф ўзаги билан; в – майдаланган ғўза поя билан; г - гуруч ққовузи билан; д - полипропилен толаси билан; э - метил целлюлоза билан.

Олинган натижалар асосида серғовак композицияларнинг ишлаб чиқилган таркибларида очик ғоваклик 32,83 - 56,28% оралиғида эканлигини аниқланди. Органоминерал серғовак таркибий қисмларда ҳосил бўлган капилляр ва гелли ғоваклилиги нафақат сув-цемент нисбатиига, балки органик тўлдирувчининг таркибдаги миқдориға ҳам боғлиқ эканлиги аниқланди.

Органик тўлдирувчининг сув шимувчанлигини ҳисобга олган ҳолда, кўпик ҳосил қилувчининг мақбул концентрациясини аниқлашга таклиф қилинган ёндошув серғовак кўпик композит ишлаб чиқаришда ортиқча сирт фаол моддаларни четлаб ўтади, тайёр маҳсулот таннархини пасайтиради ва уяли бетон таркибини оптималлаштириш бўйича илмий асосланган методологиянинг бир қисмига айланиши мумкин.

“Целлюлоза таркибли тўлдиргич – куйдирмасдан олинадиган ишқорий боғловчи тизимидаги контакт зонасини шакллантириш механизми” деб номланган тўртинчи бобда органик тўлдирувчининг сувда эрийдиган моддалари ва сахарозанинг КОИБ хоссаларига таъсири, органик тўлдиргич ва КОИБ тоши ўртасидаги контакт зонасини ўрганиш бўйича тажриба ва назарий тадқиқотларнинг натижалари келтирилган.

Сахароза қўшилганида қотиш вақтини бошланиши атиги 5 дан 10 минутгача узайиши кўрсатиб ўтилган. Шу билан бирга, қўшимчанинг таркибдаги миқдориға нисбатан КОИБнинг қотиш вақтининг охири 45 минутдан 35 минутгача қисқаради. Шунга қарамай, сахароза киритилиши КОИБнинг дастлабки коагуляцион-кристалланиш структурасининг шаклланиш жараёнига

сезиларли таъсир кўрсатмайди.

Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, КОИБ хамирига 0,125% СЭҚМ қўшимчаси қўшимчасиз намунанинг қотиш вақтининг бошланишига нисбатан 2 минутга ва тугаши эса 6,5 дақиқага узайтирди. Боғловчи массасига нисбатан 0,25% миқдорида СЭҚМ қўшилиши ҳам қотиш вақтининг узайишига олиб келди. Бу ҳолда, қотиш вақтининг бошланиши контрол намуна билан таққослаганда 5,5 дақиқага ортди ва охири 7,5 дақиқага ошди ва мос равишда 23,5 ва 28,5 дақиқани ташкил этди.

Барча ўрганилган боғловчиларнинг (гипс, ПЦ, КОИБ) массасига нисбатан 0,5% миқдорда ғўзапоянинг СЭҚМ қўшилиши қўшимчасиз контрол намунаники билан солиштирганда қотиш вақтини тезлаштириши аниқланди. Бизнинг фикримизча, бу асосан турли хил органик бирикмалардан ташкил топган органик моддаларнинг кимёвий таркибига боғлиқ.

Арболитнинг мустаҳкамлиги ва структура ҳосил бўлиш жараёнининг тезлашиши, сифатини ошириш ва уни ишлаб чиқариш учун энергия ва ресурс тежайдиган технологияларни ташкил қилинишини яхшилайдиган муҳим омиллардир. Арболит мустаҳкамлигини ортишига салбий кўрсатувчи омиллар сабабларини аниқлаш учун биз турли боғловчиларни рентген фазаси ва дифференциал термик таҳлилларни хусусан, сахароза ва СЭҚМ қўшилган гипс, ПЦ ва КОИБларнинг таҳлили ўтказилди.

Боғловчи таркибдаги ишқорлар секинлаштирувчилар билан ўзаро таъсирлашиши ва шу билан уларнинг қотиш вақтини секинлаштиришини камайтириши. Демак ишқорийлик қанчалик паст бўлса, секинлашув шунчалик юқори бўлади. Қандсимон моддаларнинг секинлаштириш қобилятининг ишқорлар томонидан кучсизлантириши ишқорийлиги юқори бўлган цементларда кўпроқ рўй беради.

Ўсимлик асосидаги органик тўлдирувчиларнинг СЭҚМи ва сахароза қўшимчалари КОИБнинг фазавий таркибини ўзгартирмаслиги, фақат фазавий згаришлар кинетикасига таъсир қилиши аниқланди. Биз томонидан олинган натижалар КОИБ ва ўсимлик асосидаги органик тўлдирувчилардан фойдаланиб, материал олиш соҳасидаги тадқиқотлар натижаларига мос келади.

“Целлюлозатаркибли тўлдиргич - КОИБ” тизимида контакт зонасини шакллантириш механизми ривожлантирилиб, у целлюлоза таркибли тўлдирувчилардан фойдаланганда, контакт зонасини зичлашишига олиб келадиган адсорбсион-адгезион жараёнлар кечади ва анъанавий портландцементдан фарқли ўлароқ, КОИБ қотиш жараёнини тўхтатмайди.

Олинган маълумотлар ва илгари олинган маълумотларга асосланиб, қуйидаги хулосага келиш мумкин: қотиш вақти, пластик мустаҳкамлик ва сиқилишдаги мустаҳкамлик кўрсаткичлари бўйича МЭҚМ ва сахарозанинг таъсирига КОИБ энг чидамли эканлиги аниқланди.

Боғловчи ва органик тўлдирувчи орасидаги адгезия ва контакт зонасида структурани шаклланиши ва умуман, органоминарал композитларнинг физик-механик хусусиятлари турига ва тузилишига, органик тўлдирувчининг физик хусусиятларига ва уларни ишлаб чиқаришда фойдаланиладиган минерал

боғловчига боғлиқлиги кўрсатиб ўтилган.

Кўриб чиқилган тизимларда структуранинг шаклланиши кўпикли қўшилиши натижасида ҳосил бўладиган структуралар билан бир хил тузилишга эга бўлган серғовак органоминарал композицияларнинг тузилиш жараёнларига ўхшашдир. Бунда, композицияни тайёрлашда фойдаланиладиган кўпикка чидамлилиқ даврини ҳисобга олиш зарур бўлади, чунки у боғловчи матрицаси ҳеч бўлмаганда ўз вазнига ва қўшимча равишда целлюлозатаркибли тўлдиргичнинг оғирлигига бардош бериши керак ва тўлдирувчининг ташқи тузилиши таъсири остида чўкиб қолмаслиги керак.

КОИБ асосидаги органоминарал композит материалнинг микро ва макроструктурасида контакт зонасининг роли тўғрисидаги тасаввурлар ривожлантирилди, унинг ҳолати тўлдирувчиларнинг боғловчи билан боғланиш даражаси ва улар ўртасида пайдо бўладиган ҳосил бўладиган минераллар табиати билан белгиланади. Шу билан бирга, контакт зонасида структурани шаклланиш жараёнлари босқичлар бўйича умумлаштирилди: биринчиси - бошланғич тузилишнинг шаклланиш даври, иккинчиси - кристалланишнинг қаттиқлашиши даври, учинчиси - структуранинг қаттиқлашиши ва барқарорлашиши даври.

Ҳосил бўлган кам эрувчан (сувга чидамли) минералларнинг мавжудлиги, масалан, паст асосли гидросилитатлар ва ишқорли гидрлюминосиликатлар, боғловчи гидратацияси маҳсулотларининг таркиби ва тузилишида бир хил бўлиб, органоминарал композицияни тузилишида доминант рол ўйнайдиган, контакт зонасининг таркибий матрицасини ташкил этади ва ташқи таъсир вақтида демфер ролини ўйнайди.

Шуни таъкидлаш керакки, целлюлоза таркибли тўлдиргичлардан фойдаланилганда, адсорбсион-когезион жараёнлари, контакт зонасини зичлашишига олиб келади. Целлюлоза таркибли тўлдиргич анъанавий боғловчиларни фойдаланишдан фарқли ўлароқ, КОИБнинг гидратация жараёнини тўхтатмайди.

“Куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчи асосидаги серғовак композицион материаллар таркибини лойиҳалаш” номли бешинчи бобда минерал боғловчилар асосидаги серғовак материалларнинг мустаҳкамлигини башорат қилишнинг назарий таҳлили, кўпикбетоннинг фрактал ўлчамини аниқлаш модели, КОИБ асосида кўпикбетоннинг таркибини лойиҳалашнинг ишлаб чиқилган усули, КОИБ асосидаги серғовак бетон таркибини оптималлаштириш, КОИБ асосида олинган серғовак бетонларнинг ввақт бўйича мустаҳкамлиги, иссиқликка бўлган хоссалари, сув шимувчанлик, сорбцион намлик, гигиеник хоалари ва бошқа қурилиш-техник хоссалари ҳақида маълумотлар келтирилган.

КОИБ боғловчи асосидаги кўпикбетоннинг мустаҳкамлиги портландцемент асосидаги кўпикбетоннинг мустаҳкамлиги $R_{пб}$ каби кўпгина ўзгарувчиларнинг функциясидан иборат:

$$R_{пб} = f(R_{кв}; \rho_{кв}; \rho_{пб}; П; \delta; S_{уд}; P/T \dots), \quad (4)$$

бу ерда: $R_{\text{кв}}$ – боғловчи тошининг мустаҳкамлиги; $\rho_{\text{кв}}$ – боғловчи тошининг зичлиги; $\rho_{\text{пб}}$ – кўпикбетоннинг ўртача зичлиги; Π – кўпикбетоннинг ғоваклиги; δ – ғоваклар орасидаги деворнинг қалинлиги; $S_{\text{уд}}$ – намунадаги ҳаво пуффакларининг солиширма сирт юзаси; P/T – эритма-қаттиқ моддалар нисбати.

Маълум формулага бу қийматни қўйиб КОИБ асосидаги серғовак материалнинг мустаҳкамлигини ифодаловчи қуйидаги формула келиб чиқади:

$$R_{\text{сж}} = \frac{2R_{\text{изг}}^{\text{пер}} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{пб}}}{\rho_{\text{р}}}\right)^2}{3k \cdot \left(6 + 5 \frac{\rho_{\text{пб}}}{\rho_{\text{р}}}\right)^2} \text{ или } R_{\text{сж}} = \frac{2R_{\text{изг}}^{\text{пер}} \cdot \rho_{\text{пб}}^2}{3k \cdot (6\rho_{\text{р}} + 5\rho_{\text{пб}})^2} \quad (5)$$

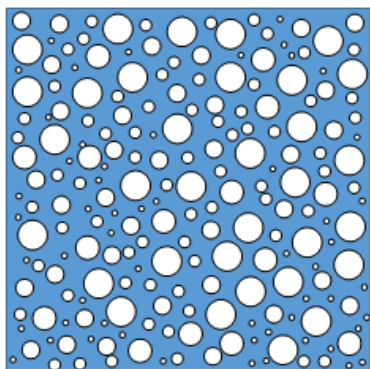
Аввало шуни таъкидлаш керакки, ушбу формула ишқорий компонентнинг зичлигини минерал боғловчининг активлигини ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда бетоннинг мустаҳкамлигига таъсири ҳисобга олинади. Шу муносабат билан, КОИБнинг фаоллиги ишқорий эритма зичлигининг барча ишлатилган қийматлари учун экспериментал равишда аниқланиши керак, бу жуда қийин.

Шундай қилиб, серғовак бетондаги ғоваклар орасидаги девор қалинлиги белгиловчи қуйидаги ифодани оламиз:

$$\delta = \frac{d \cdot M_{\text{р}}^2}{6\rho_{\text{р}} \cdot V_{\text{м}}(M_{\text{р}} - V_{\text{р}} \cdot \rho_{\text{пб}})} = \frac{d \cdot M_{\text{р}}}{6 \cdot V_{\text{м}} \cdot (\rho_{\text{р}} - \rho_{\text{пб}})}; \quad (6)$$

Олинган тенглама (6) шуни кўрсатадики, доимий зичликда кўпикбетоннинг мустаҳкамлигини белгиловчи муҳим омиллар қуйидагилардир: ғоваклар орасидаги деворнинг қалинлиги ва мустаҳкамлигини ифодаловчи P/T . Чунки ғоваклар орасидаги деворнинг мустаҳкамлиги минерал боғловчи активлигига тўғри пропорционал ва P/T га тескари пропорционалдир, деворлар орасидаги деворнинг қалинлиги P/T га тўғри пропорционалдир.

Фрактал тизимларнинг муҳим хусусияти уларнинг ўзига ўхшашлиги. Бу шуни англатадики, битта масштаб бўйича фракталнинг тузилиши бошқа каттароқ масштаб бўйича унинг тузилишига ўхшайди, яъни фрактал структуранинг ҳар қандай элементини қандайдир сонга кўпайтириш орқали биз ўша фракталнинг тузилиш элементини оламиз.



6-расм.

Энди биз умумий ҳолатни баён этишга ўтамиз (6-расм). Тажриба натижалари қуйидагича бўлсин: N – бу материалдаги ғоваклар сони, δ – ғовак диаметрининг ўртача қиймати, a – ғоваклар орасидаги девор қалинлигининг ўртача қиймати.

У ҳолда $n = \sqrt{N}$, $k = \frac{a}{\delta}$ бўлади ва шунинг учун фрактал ўлчам қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$D = \frac{\ln N}{\ln \left((k+1) \sqrt{N} + \frac{a}{\delta} \right)}, \quad (7)$$

Модданинг зичлиги эса қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\rho_{N,b} = \rho_1 \left(1 - \frac{\pi}{6} \cdot \delta^3 \cdot \sqrt{N^3} \right). \quad (8)$$

Изоҳ. 1) агарда $a = 0$, унда $k = 0$. Натижада қуйидаги формула келиб

чиқади:

$$D = \frac{\ln N}{\ln \sqrt{N}} = 2. \quad (9)$$

Шубҳасиз $a = 0$ тенглиги танадаги ғовалар орасидаги деворнинг мавжуд эмаслигини ва танани тўлиқ ғовакдан иборатлигини англатади. Шунинг учун, бу ҳолда фрактал ўлчов ва топологик ўлчов мос келади. Фрактал ўлчовни ҳисоблаш фракталлар назариясининг амалий қўлланилишига таъсир кўрсатадиган асосий омиллардан бири бўлганлиги сабабли, табиийки ушбу ҳисоб-китобларни асослаш учун назарий асослаш зарур бўлади.

Ушбу ишда таклиф қилинган формулалар серғовак структуранинг фрактал катталиги ва зичлигини ҳисоблаш учун бошқариладиган фрактал тузилишга эга бўлган моддаларни ишлаб чиқариш усуллариини ўрганишга ёрдам беради, бу эса ўзгача механик хусусиятларга, зичликка ва ғовакликка эга материалларни яратишга ёрдам беради. Юқоридаги фикр шуни кўрсатдики, ишда олинган фрактал ўлчамни ҳисоблаш формуласи таниқли Хаусдорфф-Безикович формуласини яхшилайти. Бошқа томондан, ўрганилаётган материалнинг маълум бир зичлиги билан юқори ғовакликдаги бир хил тузилишга эга бўлиш имконини беради.

Тадқиқотларда органоминарал кўпикли композитнинг мақбул таркибини аниқлаш, таркибий қисмларнинг мақбул миқдорини ва эритма-шлак нисбатларини аниқлаш, шунингдек, ушбу омиллар ва материалнинг ўртача зичлиги ўртасида аналитик боғланишни аниқлаш учун, тажрибани режалаштиришнинг ротатабель усулидан фойдаланилди.

Математик ҳисоб-китоблар ва адекватликни текширилгандан кейин КОИБ асосидаги кўпиккомпозитнинг ўртача зичлик бўйича регрессия тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Y = 603,41 + 162.58X_1 - 3.13X_2 + 7.80X_3 - 26.38X_1X_2 - 13.88X_1X_3 + 7.38X_2X_3 + 11,38X_1X_2X_3 + 6.87X_1^2 - 25.31X_2^2 - 4.99X_3^2 \quad (10)$$

Микро кучайтирувчи толалар ва майин тўлдиргичдан фойдаланилганида эса, математик ҳисоб-китобларни амалга оширгандан ва адекватлиги текширгандан сўнг, КОИБ асосида кўпикбетоннинг зичлигини ифодаловчи регрессия тенгламаси қуйидаги шаклга эга:

$$\bar{Y}_1 = 558.09 + 112,65X_1 + 2,845X_2 + 124,646X_3 + 8,31X_1X_2 + 3,31X_1X_3 + 2,06X_1X_2X_3 \quad (11)$$

КОИБ асосидаги кўпикбетоннинг 28 кун қотгандан кейинги мустаҳкамлигини ифодаловчи регрессия тенгламаси қуйидаги шаклга эга:

$$\bar{Y}_2 = 4.77 + 2.60X_1 + 0.32X_2 + 1.14X_3 + 0.52X_1X_2 + 0.64X_1X_3 - 0.02X_2X_3 + 0.94X_1X_2X_3 \quad (12)$$

Натижаларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, КОИБ асосида кўпикбетон олиш имконияти экспериментал равишда исботланган. Математик модел ёрдамида кўпикбетоннинг таркибини ўзгартириш орқали зичлиги 350 дан 700 кг/м³ гача бўлган органоминарал кўпикли композит материални олиш мумкин.

Тадқиқотлар натижасида КОИБ ва целлюлозатаркибли қишлоқ хўжалиги чиқиндиларидан фойдаланган ҳолда мос равишда мустаҳкамлиги 0,5 дан 4,7 МПа гача ўртача зичлиги зичлиги 350 дан 750 кг/м³ бўлган норматив ҳужжатлар талабларига жавоб берадиган кўпикли композитлар олинди.

Олинган серғовак бетоннинг термофизик хусусиятлари нафақат материалнинг ўртача зичлиги ва ғоваклилигига, балки уларнинг намлик даражасига ҳам боғлиқ. Шунинг учун серғовак бетонни характерловчи асосий хусусиятлардан бири бу сорбцион намлик ва сув шимишидаир. Серғовак бетоннинг ушбу кўрсаткичлари нафақат боғловчи турига, балки мавжуд бўлган ғовакларнинг хусусиятларига ҳам боғлиқ.

Сорбцион намликни ўрганиш натижалари шуни кўрсатадики, атроф муҳитнинг нисбий намлигида энг юқори сорбция намлиги (9,1%) органик тўлдирувчидан фойдаланиб тайёрланган намунага тегишли бўлди. Бунинг сабаби шундаки, ушбу намунанинг очик ғоваклиги 46,52% ва ёпиқ ғоваклиги атиги 5,27% ташкил этади.

“Технологияларни ишлаб чиқиш ва куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчилар асосидаги серғовак фойдаланиш” деб номланган олтинчи бобда КОИБ ишлаб чиқариш усулининг технологик схемаларини ишлаб чиқиш натижалари, КОИБ асосида иссиқлик изоляцияловчи арболит ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш, КОИБ асосида автоклавсиз қотадиган кўпикбетон ишлаб чиқариш технологик линиясини ишлаб чиқиш натижалари берилган. ишлаб чиқариш шароитида, шунингдек ишлаб чиқилган материаллардан фойдаланишнинг техник ва иқтисодий самарадорлиги келтирилган.

КОИБни ишлаб чиқариш учун биз таклиф қилган комбинация усулининг ўзига хос хусусияти шундаки, биринчи навбатда алюмосиликат компонент гигроскопиклиги паст бўлган ишқорий компонентлар (силикатсиз тузлар ва бошқа ишқорий компонентлар) биргаликда майдаланади. Кейин, бетон қоришмасини тайёрлаш жараёнида майдалаб тайёрланган тайёр компонент ишқорий компонент (натрий ёки калийнинг силикатли тузлари)нинг сувли эритмаси билан аралаштириб тайёрланади. Ушбу сувли эритмалар бетон қоришмасини тайёрлашдан олдин КОИБ ишқорий компонентининг эритмасини базада тайёрланади. Ишқорий таркибий қисмларнинг сувли эритмаларини тайёрлаш учун таклиф қилинган технологик схемалардан фойдаланиб, битта компонентли ва икки компонентли ишқорли эритмалар тайёрланиши мумкин.

Целлюлоза таркибли қишлоқ хўжалик чиқиндилари ўта енгил бўлиб, юқори сув шимувчанликка ҳам эгадирлар. Мисол учун майдаланган ғўза поя 1 сутка вақт давомида ўз массасига нисбатан 365% гача сув шимиши аниқланди. Бу эса қолиплаш учун бир турли технологик массани олиш, аралашмани зичлаш ва етарли даражадаги физик-технологик хоссаларга эришиш учун бир қатор операцияларни бажарилишини қийинлаштириши аниқланган.

Юқоридаги муаммоларни ҳал қилиш портландцемент ўрнига дастлабки қотиш даврида тез қотиши юқори мустаҳкамликка эришувчи КОИБдан фойдаланиш ҳисобига ҳал қилиш мумкин.

КОИБ асосидаги арболитни ишлаб чиқаришнинг мавжуд технологиялардан ажралиб турадиган хусусияти шундаки, ушбу ишлаб чиқариш технологиясида органик тўлдиргич тайёрлаш билан боғлиқ юқоридаги ишлар мавжуд эмас. Каноф ўзаги ва гуруч қовуздан фойдаланиш тўлдиргичларни майдалаш учун мўлжалланган машиналар ва механизмлардан воз кечишга имкон беради. КОИБдан фойдаланиш органик тўлдиргични олдиндан намлашдан воз кечишга имкон берди.

КОИБ асосидаги арболитдан маҳсулот тайёрлаш технологиясини икки асосий босқичга бўлиш мумкин: биринчиси – КОИБни тайёрлаш, иккинчиси - арболит маҳсулотларини ишлаб чиқариш. Ушбу ишлаб чиқариш технологияси аввалгиларидан кимёвий қўшимчалар эритмаларини тайёрлаш пости бироз кенгайтирилгани ва КОИБ ишқорий компонентининг эритмаларини тайёрлаш учун постга айланганлиги билан фарқланади.

Кичик қалинлидаги йирик ўлчамли маҳсулотларни мустаҳкамлигини чидамлилигини ошириш учун диаметри 3-4 мм бўлган симлардан тайёрланган тўрлардан фойдаланиш тавсия этилади. Буюртмачининг буюртмасига кўра, арралаш орқали маҳсулотнинг турли ўлчамлари тайёрланиши мумкин. Тажрибалар натижасида арболит маҳсулотларини ишлаб чиқариш бўйича қуйидаги технология қабул қилиниши мумкин:

- арболит аралашмасини аралаштириш қарама-қарши айланувчи икки валли қорғичда амалга оширилади;
- 0,04 МПа гача бўлган юк билан тебраниш билан қолипларда қолиплаш;
- Иссиқлик ишлови бериш $2 + 3 + 12 + 2$ соат режимига кўра $70 \div 80$ °C гача бўлган изотермик таъсирда амалга оширилади.

Говакли бетон ишлаб чиқаришнинг анъанавий технологияларидан фарқли ўлароқ, ўсимлик келиб чиқадиган органик агрегат ёрдамида говакли бетонни тайёрлаш технологияси боғловчи ва органик тўлдиргични тайёрлаш билан боғлиқ қўшимча операцияларни талаб қилади.

Олинган илмий тадқиқотлар маълумотлари асосида КОИБдан фойдаланишга қаратилган автоклавсиз қотадиган кўпикбетон ишлаб чиқаришнинг технологик линия ишлаб чиқилган. Шунинг таъкидлаш керакки, агар ишлатиладиган хомашё турини ўзгартириш зарур бўлса, ушбу ишлаб чиқариш линияси махсус ўзгаришсиз бошқа хусусиятларга эга маҳсулот ишлаб чиқаришга имкон беради. Ушбу технологик линия учун ЎЗР ИМАнинг фойдали моделига патенти (ҒАР № 01395, 31.07.2009) олинган.

Олинган натижалар ДНИП “ANTENN-BRANCH” ходимлари билан биргаликда "Зухайл" хусусий корхонасида (Тошкент вилояти) ишлаб чиқариш шароитида ишлаб чиқилган КОИБ таркибларидан қурилиш учун намуналар тайёрлаш орқали синовдан ўтказилган.

Олинган лаборатория тадқиқотлари натижалари "Алина-Инвест" МЧЖ (Самарқанд ш.) қўшма корхонасида саноат синовларини ўтказишга имкон берди. Шу билан бирга, ишлаб чиқилган таркиблар асосида маҳаллий хомашё ва саноат чиқиндиларидан тайёрланган кўпикарболитнинг тажрибавий партияси ишлаб чиқарилди.

Олинган тадқиқот натижалари уя тузилишли бетон буюмлари ишлаб чиқариш бўйича ҚМҚ меъёрий ҳужжатиға киритиш учун қабул қилинган.

Ишлаб чиқариш шароитида қишлоқ хўжалиги ўсимлик чиқиндилари ва КОИБдан иссиқлик изоляцион арболит, КОИБ асосида кўпикбетон ишлаб чиқаришда ишлатиладиган боғловчи ишлаб чиқарилди. КОИБ асосида кўпикбетон ишлаб чиқаришнинг иқтисодий самарадорлиги портландцемент асосисдаги кўпикбетон билан солиштирганда 1 м^3 маҳсулот учун 41 минг сўмни ташкил этди.

ХУЛОСА

1. Илмий, тажриба ва технологик ишланмалар таҳлили асосида, ўртача зичлиги 350 дан 750 кг/м³га ва мустаҳкамлиги 0,5-4,7 МПа га тенг КОИБ асосидаги серғовак материаллар, бошқарилувчи тизимлар сифатидаги фрактал геометрия нуктаи назаридан тузилиши ва хусусиятларини аниқлаш; фрактал ўлчамларни боғловчи тошнинг мустаҳкамлиги билан боғлиқлиги, кўпикбетон, кўпикарболит ва арболит ишлаб чиқаришнинг “ишқорий муҳит-кўпик” тизимининг мувофиқлиги ва оқилона ишлаб чиқариш технологияси ҳақидаги илмий ғоялар ривожлантирилди.

2. Фрактал геометрияни ҳисобга олган ҳолда, КОИБ тоши мустаҳкамлиги билан фрактал ўлчам қарама-қарши характерга эгалиги, яъни боғловчи тоши мустаҳкамлигининг ортиб бориши билан фрактал ўлчамнинг камайиши, 2,185 – 2,311 оралиғида эканлиги кўрсатиб ўтилган ва КОИБ асосидаги серғовак материаллар тузилишини шаклланишининг назарий ва экспериментал асослари ишлаб чиқилган.

3. Назарий-экспериментал равишда "матрица - кўпик ҳосил қилувчи" модел тизимида КОИБда ғоваклик ҳосил бўлиши аниқланди, унинг ёрдамида кўпик ҳосил қилувчининг ишқорли муҳитда кўпириш қобилияти исботланди ва матрицанинг капилляр ва контракцион ғоваклилиги пасайтирилди.

4. Сирт фаол моддаларининг самарадорлиги кўп жихатдан қаттиқ фаза юзасида ҳосил бўлган химисорбцион алоқалар билан белгиланиши исботланди. Органик кўшимчали боғловчи композициялар вақт ўтиши билан мустаҳкамлигини ошириши аниқланди. Бундан ташқари, нормал шароитларда қотган барча намуналарнинг мустаҳкамлиги қуруқ ҳаво шароитида қотган намуналарнинг мустаҳкамлигидан икки барабар юқори бўлиши аниқланди.

5. Матрица ва тўлдиргичларнинг тури ва миқдориға қараб, шунингдек, тўлдиргичнинг сув шимиши ва кўпик массани олиш учун аралаштириш вақтиға қараб, ғоваклар орасидаги девор қалинлиги, капилляр ва гелли ғоваклигига боғлиқлиги аниқланди.

6. Целлюлоза таркибли тўлдиргичдан фойдаланилганда, “Целлюлоза таркибли тўлдиргич – КОИБ” тизимида контакт зонасини шаклланиш механизми ишлаб чиқилган, контакт зонасида кечадиган адсорбцион-адгезион жараёнлар натижасида контакт зонанинг зичлашишиға олиб келади ва анъанавий

фойдаланиладиган портландцементга қараганда бунда тўлдиргичлар КОИБнинг қотиш жараёнини тўхтатмайди.

7. КОИБ асосидаги серфовак материалнинг мустаҳкамлиги КОИБ таркибига, боғловчи тошнинг ҳажмига, композициянинг ғоваклигига ва ғоваклар орасидаги деворларнинг қалинлигига боғлиқлиги асосланди ва экспериментал равишда тасдиқланди.

8. Ишлаб чиқилган турли КОИБ таркибларини ишлаб чиқаришнинг биргаликдаги усулда ишлаб чиқарилиши такомиллаштирилди. КОИБ хоссаларини бошқариш ва боғловчи моддаларнинг нархини камайтиришга имкон берадиган ишлаб чиқаришнинг комбинацияланган усули таклиф этилди.

9. КОИБ асосида арболит ишлаб чиқариш учун янги технология ишлаб чиқилди, бунда боғловчи структура шаклланишининг ўзига хос хусусиятлари ва қишлоқ хўжалигининг целлюлоза таркибли чиқиндиларидан олинган тўлдиргичларни хоссаларини ҳисобга олган ҳолда, анъанавий технологияларга нисбатан арболит қоришмасини тайёрлаш вақти ва энергия сарфини 1,6-1,7 марта, қоришмани жойлаш ва зичлаш вақти 2-2,2 марта; маҳсулотларни қотиш вақти 7-8 марта, маҳсулотларнинг нисбий металл сарфини 1,9-2,4 марта камайтирган.

10. Олинган илмий тадқиқот маълумотлари асосида КОИБ асосидаги автоклавсиз қотадиган кўпикбетон ишлаб чиқаришнинг технологик линияси ишлаб чиқилган. Шунингдек керакки, агар ишлатиладиган хом ашё турини ўзгартириш зарур бўлса, ушбу ишлаб чиқариш линияси махсус ўзгаришсиз бошқа хоссаларга эга маҳсулот ишлаб чиқариш имконини беради. Ушбу ишлаб чиқариш линияси учун ЎзР ИМА фойдали моделга патенти (FAP № 01395, 31.07.99) олинган.

11. Олинган тадқиқот натижалари уя тузилишли бетонлардан буюм ишлаб чиқариш бўйича КМК меъёрий ҳужжатига киритиш учун қабул қилинган.

12. Ишлаб чиқариш шароитида қишлоқ хўжалигидаги ўсимлик чиқиндиларидан иссиқлик изоляцион арболит ишлаб чиқариш учун КОИБ ишлаб чиқарилди. Улардан арболит ва кўпикбетонлар ишлаб чиқаришда фойдаланилди. Портландцемент асосидаги кўпикбетонга нисбатан КОИБ асосидаги кўпикбетон ишлаб чиқаришнинг иқтисодий самарадорлиги маҳсулотнинг 1 м³ учун 41 минг сўмни ташкил этади.

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

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

КАМИЛОВ ХАБИБИЛЛА ХАМИДОВИЧ

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ВЫСОКОПОРИСТЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА БЕЗОБЖИГОВЫХ
ЩЕЛОЧНЫХ ВЯЖУЩИХ**

05.09.05 – Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ
докторской (DSc) диссертации по техническим наукам

Ташкент – 2020

Тема докторской (DSc) диссертации по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № B2019.4.DSc/T332

Диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу www.taqi.uz и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу www.ziynet.uz.

Научный консультант:	Тулаганов Абдукабил Абдунабиевич доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Ходжаев Саидаглам Аглюевич доктор технических наук, профессор Талипов Хигматулла Хамидович доктор технических наук, старший научный сотрудник Цой Владимир Михайлович доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	АО «O'zog'irsanoatloyiha»

Защита диссертации состоится «19» июня 2020 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.26/30.12.2019.T.11.01 при Ташкентском архитектурно-строительном институте. (Адрес: 100011, г. Ташкент, улица Абдулла Кадырий, дом №7В. Тел.:(998 71) 241-10-84; факс: (998 71) 241-80-00, e-mail: devon@taqi.uz , taqi_atm@edu.uz).

С докторской диссертацией (Doctor of Science) можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного института (зарегистрирована за №41). Адрес: 100011, г. Ташкент улица Кичик Халка йули, дом №7. Тел.:(998 71) 235-43-30; факс: (998 71) 234-15-11.

Автореферат диссертации разослан «16» июня 2020 года.

(реестр протокола рассылки №4 от «12» июня 2020 года.)

А.И. Адилходжаев

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

И.И. Касимов

И.о. учёного секретаря 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 докторской (DSc) диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире одним из наиболее приоритетных направлений в современном строительстве является энерго- и ресурсосбережение, которое достигается, прежде всего, за счет использования энергосберегающих материалов и технологий их производства. Портландцемент является основным вяжущим материалом для производства бетонов, используемых для различных целей, однако в настоящее время создание и производство альтернативных минеральных вяжущих с использованием различных технологических процессов и вторичных ресурсов представляет большой интерес во всем мире. В развитых странах, в том числе в США, Великобритании, Франции, ФРГ, Китае и др., основное внимание ученые уделяют вопросам сохранения природного сырья, использованию вторичных ресурсов, созданию производств энергосберегающих минеральных вяжущих, менее загрязняющих атмосферу выделением углекислого газа. В связи с этим особое внимание уделяется оптимизации их свойств и структур, увеличению их долговечности и совершенствованию технологий производства этих вяжущих.

В лабораториях ведущих мировых исследовательских центров и университетов продолжаются научно-исследовательские работы по созданию и оптимизации составов альтернативного портландцементу вяжущего, позволяющего отказаться в процессе производства процесса обжига - щелочных вяжущих и материалов на их основе, модифицированию вяжущих, управлению физико-механическими и физико-химическими свойствами, созданию технологий их производства. В связи с этим использование местного и вторичного сырья при создании щелочных вяжущих и материалов на их основе, модификация и оптимизация их составов, улучшение их структуры и свойств, повышение экономии энергозатрат и ресурсов играет важную роль.

В нашей республике развивается промышленность строительных материалов, осуществляются ряд работ и достигнуты определенные успехи в модернизации действующих предприятий, производстве новых видов строительных материалов на основе местного и вторичного сырья, создании малых предприятий, адаптированных к регионам страны, наращивании производства строительных материалов. В Стратегии дальнейшего развития Республики Узбекистан определены задачи «....развитие отраслей промышленного производства, модернизация и диверсификация промышленности, применение на практике малозатратных энергосберегающих методов, развитие промышленности строительных материалов, ...».³ В этом аспекте, особое значение имеют научные исследования, направленные на получение безобжиговых щелочных вяжущих (БЦВ) из местного вторичного сырья и высокопористых композиций на их основе.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит

³ Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениями Президента Республики Узбекистан от 23 мая 2019 года №ПП-4335 «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов», от 20 февраля 2019 года № ПП-4198 «О мерах по коренному совершенствованию и комплексному развитию промышленности строительных материалов», а также других нормативно-правовых документов, принятых в данной сфере.

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

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации⁴.

Ведущими научными центрами и высшими учебными заведениями мира, в том числе University of Sheffield (Англия), Zeobond Pty Ltd, Docklands (Австралия), Spanish National Research Council, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (Испания), Nanjing University of Technology, Hunan University (Китай), Centre for Materials Research, Curtin University (Австралия), Geopolymer Institute (Франция), Веймарский Баухаус университет, Технологический университет, Брно (Чехия), Киевский Национальный университет строительства и архитектуры, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры. (Украина), Казанский архитектурно-строительный университет, Петербургский Государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова (Россия), Южно-Казахстанский Государственный университет (Казахстан), Ташкентский архитектурно-строительный институт, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт, (Узбекистан) проводятся обширные научные исследования по разработке новых и совершенствованию существующих составов и технологий БЩВ и материалов на их основе, методов направленного управления структурой и свойствами.

В мире по созданию новых строительных материалов на безобжиговых щелочных вяжущих, оптимизации их эксплуатационных свойств, и совершенствованию процессов их производства получены ряд научных результатов, в том числе: разработка оптимальных составов, исследование структуры, свойств, аспекты долговечности бетонов различного назначения на основе щелочных цементов, в том числе автоклавированных газобетонов

⁴ Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации осуществлялся на основе: <https://www.sciencedirect.com/>, <https://foamconcreteworld.com/>, <https://www.hindawi.com/journals/>, <https://www.researchgate.net/>, <http://www.concrete.org.uk/>, <https://www.mdpi.com>, <https://link.springer.com/>, <https://books.google.co.uz/books/>, <https://www.scientific.net/>, <https://www.academia.edu/>, <https://www.ytong.ru>, <https://www.elsevier.com/>, www.understanding-cement.com, <https://theconstructor.org>, <https://www.linkedin.com>, <https://www.wehrhahn.de> и других источников.

путем щелочной активации метакеолинов и летучей золы, а также различного сырья (Киевский Национальный университет строительства и архитектуры), исследование реакций, фаз и микроструктуры щелочно активированных материалов на основе зольной пыли (Нагойский университет, Япония), исследование процессов щелочной активации, происходящие в шлаках, летучей золы и их смесей, долговечности, промышленное развитие щелочно активированных бетонов (Технологический университет, Брно, Чехия), получение геополимеров из метакеолина и золы-уноса (Институт Геополимеров, Франция), разработка предварительно напряженных шпал на основе золы, шлака (ПГУПС, Санкт-Петербург, Университет Шеффилда, Англия), исследование свойств композиционных шлакощелочных вяжущих с минеральными силикатными и алюмосиликатными добавками, растворов и бетонов на их основе (Казанский архитектурно-строительный университет, Россия), исследование БЩВ и материалов на основе электротермофосфорного шлака (ЮКГУ, Казахстан), исследование БЩВ и материалов на основе местного сырья (ТАСИ, Узбекистан).

В мире по разработке и исследованию БЩВ и материалов на их основе проводятся исследования по ряду приоритетных направлений, в том числе: влияние различных органических и минеральных добавок на свойства получаемого материала; использование различных техногенных отходов; применение различных заполнителей, в том числе растительного происхождения; исследование различных технологических факторов на свойства получаемого материала; разработка экономичных технологий производства.

Степень изученности проблемы. Научными исследованиями по разработке и исследованию БЩВ занимались ведущие ученые В.Д. Глуховский, П.В. Кривенко, Р.З. Рахимов, Н.Р. Рахимова, Т.М. Петрова, Caijun Shi, D.M. Roy, J.L. Provis, P. Duxon, J.S.J. Van Deventer, A. Palomo, A. Fernández-Jiménez, A. Buchwald, С.Т. Сулейманов, А.Г. Алиев, Б.К. Серсенбаев, И.У. Касимов, А.А. Тулаганов, У.А. Газиев, А.А. Султанов и другие. В результате проведенных исследований определены: основы выбора сырьевых материалов для производства щелочных вяжущих и материалов на их основе; основные способы синтеза, управления гидратацией и структурообразованием; изучены физико-химические основы формирования микроструктуры камня вяжущего; изучены физико-механические и физико-химические свойства щелочных вяжущих и строительных материалов на их основе, в частности бетонов от особо легкого до особотяжелого; определены области применения полученных материалов.

Научные исследования и проблемы в области разработки составов и технологий получения высокопористых материалов типа пено и газобетонов рассмотрены в работах ряда ученых, в частности А.А. Брюшкова, А.Т. Баранова, Ю.М. Баженова, П.И. Боженова, М.С. Гаркави, Б.Н. Кауфмана, Л.Д. Zuhua Zhanga, John L. Provis, Ramamurthy, Nambiar, В.И. Удачкин, Л.Д. Шахова, Л.В. Моргун, В.Г. Хозина, Г.И. Яковлева, В.В. Строковой, А.И.

Адилходжаева, И.У. Касимова, Н.А. Самигова, А.А. Тулаганова, А.А., Султанова и другие.

В то же время большинство этих исследований связаны с совершенствованием ячеистых бетонов на основе портландцемента: дисперсное армирование различными волокнами; применение различных суперпластификаторов; разработка оптимизации структуры и свойств ячеистых бетонов на макроуровне с использованием активных минеральных добавок; совершенствование технологий производства изделий.

Анализ выполненных работ показывает, что при разработке составов безобжиговых щелочных вяжущих на основе местного и вторичного сырья необходимо рассматривать в комплексе с созданием ячеистых бетонов, с соответствующими наперед заданными свойствами. В этой связи является актуальным развитие теоретических основ высокопористых композиций на безобжиговых щелочных вяжущих с использованием местных отходов промышленности и сельского хозяйства.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного заведения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках реализации плана научно-исследовательских работ Ташкентского архитектурно-строительного института по следующим проектам: А-5-040 «Разработка и исследование эффективной ресурсосберегающей технологии получения безобжиговых щелочных вяжущих с использованием техногенных сырьевых материалов» (2006-2008), 16-042 «Разработка технологии и исследование поризованного теплоизоляционного арболита из местного сырья и отходов производства» (2009-2011), Ф-7-44 «Физико-химические основы разработки новых органоминеральных легких композиций и закономерности их структурообразования» (2012-2016).

Целью исследования является развитие экспериментально-теоретических основ высокопористых композиций на безобжиговых щелочных вяжущих с использованием местных отходов промышленности и сельского хозяйства.

Задачи исследования:

изучение современного состояния и перспектив развития по созданию и применению поризованных композиций на минеральных вяжущих;

экспериментально-теоретические исследования по разработке БЩВ на местном вторичном сырье;

проведение комплекса исследований БЩВ систем с минеральными и органическими добавками с позиции их влияния на свойства и структуру получаемого материала;

теоретико-экспериментальное исследование порообразования БЩВ;

теоретико-экспериментальное исследование механизма формирования контактной зоны в системе «целлюлозный наполнитель – БЩВ»;

разработка модели и зависимости определения фрактальной размерности пенобетонов на БЩВ;

разработка методики проектирования состава высокопористых композиций на основе БЩВ;

разработка технологий производства БЩВ и высокопористых материалов на их основе.

Объектом исследования являются безобжиговые щелочные вяжущие и высокопористые композиции на местном вторичном сырье.

Предмет исследования составляют составы, свойства и технология безобжиговых щелочных вяжущих и высокопористых материалов на местном вторичном сырье.

Методы исследования. Исследования выполнены с использованием стандартизированных методов испытания строительных материалов, физико-химические исследования процессов гидратации и формирования микроструктуры искусственного камня при твердении с использованием современных методов рентгенофазового, дифференциально-термического анализа и электронной микроскопии, проектирование составов и оптимизация технологических процессов математическими методами исследований.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

развиты теоретические и экспериментальные основы получения и управления процессами структурообразования БЩВ композиций с минеральными и органическими добавками, базирующиеся на учете факторов, определяющих их структуру и свойства с учетом фрактальной геометрии;

впервые показана связь фрактальной размерности с прочностью камня БЩВ, имеющего обратный характер, т.е. с увеличением прочности камня вяжущего фрактальная размерность снижается;

теоретико-экспериментально установлено порообразование БЩВ в модельной системе «матрица-пенообразователь», посредством которого доказана пенообразующая способность пенообразователей в щелочной среде, с условием создания совместимости в системе «щелочная среда-пенообразователь» и понижение капиллярной и контракционной пористости матрицы;

установлена зависимость толщины межпоровых перегородок, капиллярная и гелевая пористость в зависимости от вида и количественного содержания матрицы и заполнителей, а также водопоглощение последних и время перемешивания для получения пеномассы;

развит механизм формирования контактной зоны в системе «целлюлозный заполнитель – БЩВ», заключающейся в случае использования целлюлозосодержащих заполнителей адгезионно-адсорбционные процессы, приводящие к уплотнению контактной зоны, наиболее выражены, а также такие заполнители не останавливают процесс гидратации БЩВ, в отличие от применения традиционного портландцемента;

впервые обоснована и экспериментально подтверждена зависимость прочности поризованного материала на основе БЩВ от содержания щелочного компонента, объема камня вяжущего, пористости композиций и толщины межпоровой перегородки;

предложены модель и зависимость определения фрактальной размерности пенобетонов на БЩВ, базирующиеся на определении количества и среднего значения диаметра, а также толщины перегородки в материале, позволяющее создать высокопористую структуру с заданной плотностью получаемого материала;

предложена методика проектирования состава пенобетона на основе БЩВ с учетом рекомендованной зависимости определения расхода алюмосиликатного и щелочных компонентов, а также объема пены.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны и предложены составы арболита, пеноарболита, а также неавтоклавного пенобетона на основе БЩВ из местного вторичного сырья;

разработана технологическая схема получения теплоизоляционного арболита на основе БЩВ и целлюлозосодержащих отходов сельского хозяйства;

разработаны составы для получения высокопористых материалов неавтоклавного твердения на основе БЩВ;

установлены принципы выбора пенообразователей, совместимых с БЩВ для изготовления пенобетонов из местного вторичного сырья;

определены физико-механические свойства высокопористых материалов со средней плотностью $350 - 750 \text{ кг/м}^3$ на основе БЩВ из местного вторичного сырья.

Достоверность результатов исследований. Достоверность полученных результатов подтверждается проведением комплекса экспериментальных исследований с использованием современных средств и методов, высокой сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, применением апробированных методов статистической обработки экспериментальных данных, а также положительными результатами внедрения технологии получения высокопористых материалов из местного вторичного сырья.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научное значение результатов исследований заключается в развитии основ получения и управления процессами структурообразования БЩВ композиций с минеральными и органическими добавками, разработке модели и зависимости определения фрактальной размерности пенобетонов на БЩВ, базирующиеся на определении количества и среднего значения диаметра, а также толщины перегородки в материале, позволяющее создать высокопористую структуру с заданной плотностью получаемого материала

Практическое значение результатов исследований заключается в разработке составов и технологии производства поризованных материалов на БЩВ, в разработке нового метода проектирования составов пенобетонов, позволяющего получить материал необходимой плотности.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов по экспериментально-теоретическим основам высокопористых композиций на БЩВ внедрены:

составы теплоизоляционного арболита на основе БЦВ и целлюлозосодержащих сельскохозяйственных отходов внедрены в частном предприятии «Зухайл» (Справка Министерства строительства Республики Узбекистан №4670/08-07 от 12 июня 2020 года). В результате получены теплоизоляционные материалы на основе отходов промышленности и сельского хозяйства со средней плотностью 350 кг/м³;

составы БЦВ внедрена на НПКЧР «Иморат-АДА» (Справка Министерства строительства Республики Узбекистан №4670/08-07 от 12 июня 2020 года). В результате выпущены БЦВ с активностью 600;

технология производства и составы теплоизоляционного пенобетона и пеноарболита внедрена в СП ООО «Алина-Инвест» (Справка Министерства строительства Республики Узбекистан №4670/08-07 от 12 июня 2020 года). В результате выпущены пенобетон и пеноарболит с прочностью на сжатие от 0,5 до 4,7 МПа при средней плотности от 350 до 750 м³;

в производственно-испытательном подразделении АО «Бекабадцемент» была осуществлена апробация выпуска опытно-промышленной партии пенобетона на основе щелочного вяжущего (Справка Министерства строительства Республики Узбекистан №4670/08-07 от 12 июня 2020 года). В результате были получены продукты, отвечающие требованиям действующего стандарта;

на состав вяжущего, способ получения шлакощелочного вяжущего и технологическую линию по производству шлакощелочного пенобетона получены патенты на изобретение (IAP 04945 UZ, IAP 05647 UZ) и полезную модель (FAP 01486) АИС РУз. В результате были получены вяжущие с повышенными прочностными показателями и ее упрощенная технологическая линия производства.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований диссертации обсуждались на 13 международных и 7 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертационной работы опубликовано всего 46 научных работ, из них 3 монографии, 17 научных статей, в том числе 2 в зарубежных журналах, 12 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций. Кроме этого, получены 2 патента на изобретение (IAP 04945, IAP № 05647) и 1 патент на полезную модель (FAP 01486) Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 243 страниц, в том числе основная часть 212 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована 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, изложена научная новизна исследований и практические результаты, указано внедрение результатов исследований в производство, приведены 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 **«Аналитический обзор литературы современного состояния и перспективы развития по созданию и применению поризованных композиций на минеральных вяжущих»** приведен аналитический обзор современного состояния исследований и производства БЩВ, органоминеральных композиций на основе целлюлозосодержащего растительного сырья и минеральных вяжущих, рассмотрены основные положения теорий создания композиционных материалов, указаны пути совершенствования разработки высокопористых материалов на минеральном вяжущем, в частности поризованных композиций с использованием отходов промышленности и целлюлозосодержащих отходов сельского хозяйства Республики Узбекистан.

Анализ состояния и перспектив развития БЩВ, теплоизоляционных поризованных материалов на минеральном вяжущем и растительного сырья показывает о возможности разработки нового подхода к получению легких бетонов, поризацией матрицы и использованием низкопрочных заполнителей, базирующегося на реализации свойств вяжущей матрицы, которая ведет к созданию в структуре бетона системы подструктур с повышенной связностью между масштабными уровнями структур: матрицей, контактной зоной и продуктами новообразований в порах заполнителя как единого конгломерата. Это способствует созданию прочного силового каркаса, представленного фрактальной структурой, т.е. пространственной решеткой матрицы цементного камня и упрочненных, однородных контактных зон, прочностных характеристик, структурных составляющих бетона как единой системы.

Это позволяет управлять на микро- и макроуровнях изменением физико-химической структуры высокопористой композиции в целом, регулировать ее свойства на различных этапах в последовательности: “состав-технология-свойства”, с учетом всех факторов, характеризующихся взаимосвязанным действием на протяжении всего технологического процесса, получать эффективные легкие бетоны с заранее заданными характеристиками на основе широко распространенных сырьевых ресурсов Узбекистана.

Рабочая гипотеза. Предполагается, что создание эффективных высокопористых композиционных материалов на порообразующих добавках и заполнителях, может быть обеспечено путем полной реализации свойств цементной матрицы, которая обеспечивает единую структуру: матрицей,

контактной зоной, характером пор и продуктами новообразований.

В результате критического анализа состояния решения проблемы, литературных и патентных источников по теме диссертационной работы сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе **«Разработка и исследование безобжиговых щелочных вяжущих на местном сырье»** приведены результаты экспериментально-теоретических исследований БЩВ на местном сырье, влияния вида и соотношения алюмосиликатного и щелочного компонентов, а также модифицирующих добавок на физико-механические свойства щелочных вяжущих, по определению оптимальных параметров их получения.

В исследованиях в качестве алюмосиликатной составляющей вяжущих использовали ЭТФ шлак, ЭСП шлак и золу-унос, в качестве щелочного компонента применяли CCC, Na_2SO_4 , NaCO_3 , NaOH , $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,8\text{SiO}_2$, $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$, а в качестве добавок - туффит, запечная пыль клинкер обжигательных печей⁵, портландцементный клинкер (ПЦК), глиеж.

В качестве органических модифицирующих добавок использовали пластификаторы JK-08NP, ЛАХТА КМД PRO, Glenium 150, Glenium 51 и пенообразователи Сетора, Ареком-4, ПБ 2000, ПБ Люкс, Винпор, Зимпор.

Для равномерного распределения модификаторы добавляли в процессе помола ЭТФ шлака. JK-08NP и ЛАХТА добавляли в количестве 1% по массе, а Glenium 150, Glenium 51 и ПБ Люкс добавляли в количестве 0,3%. Продолжительность помола составляло 60 и 90 минут.

В зависимости от решаемых задач по ходу исследований соотношение между этими составляющими изменяли в каждом конкретном случае, придерживаясь при этом постоянного принципиально выбранного подхода - наличие в системе модификатора и катионно-обменного комплекса в виде добавки в количестве, обеспечивающем процессы структурообразования, т.е. на микроуровне как структурного составляющего бетона. Исходя из вышеизложенного, нами выполнены ряд исследований по изучению фазового состава новообразований БЩВ, в которых, наряду с изучением влияния вида алюмосиликатного и щелочного компонентов на свойства БЩВ, также изучены условия твердения последних.

В продуктах твердения разработанных вяжущих композиций образуются низкоосновные гидросиликаты типа гиролита, гиллебрандита, трускотита, тоберморита и щелочными новообразованиями - аналогами природных цеолитов типа $\text{R}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (1-3)\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, а также кальцит.

Полученные результаты ДТА подтверждают результаты рентгенофазового анализа, из которого следует, что при температуре 350 °С наблюдается эффект дегидратации гидроалюмосиликатов кальция. Эффекты при температуре 680÷820°С указывают на разложение гидроалюмосиликатов

⁵ Пролучен патент IAP 05647 UZ. Вяжущее / Камилов Х.Х., Мухамедбаев Аг.А., Тулаганов А.А., Мухамедбаев А.А., Камилов Ш.Х. (Ташкентский архитектурно-строительный институт) // Заяв.: 15.01.2016; опуб.: 28.09.2018. Бюл. № 9.

кальция с кристаллизацией волластонита. При этом общая потеря массы составляет 7,42%.

Показано, что эффективность действия ПАВ во многом определяется хемосорбционными связями, образуемыми на поверхности твердой фазы. Установлено, что вяжущие композиции с органическими добавками увеличивают их прочность во времени. При этом прочность всех образцов, твердевших в нормальных условиях до двух раз превышает прочности образцов, твердевших в воздушно сухих условиях.

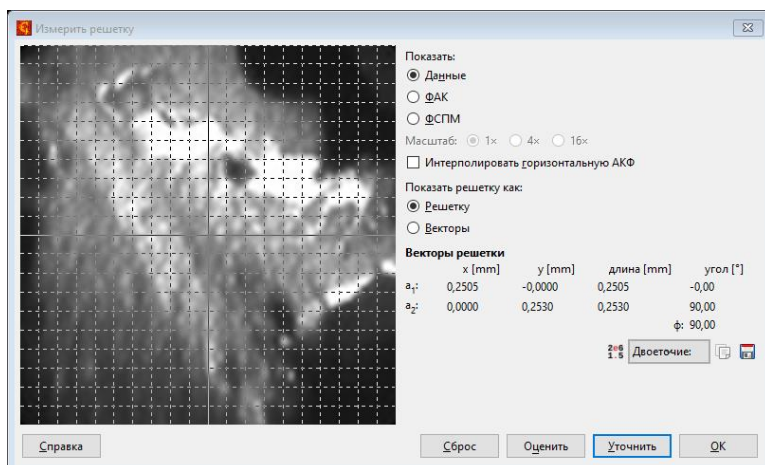
Установлено, что повышенные прочностные показатели при использовании пластификаторов по сравнению с контрольными образцами возникают с образованием кристаллов почковидной и удлиненной форм, равномерным расположением кристаллов, а также повышением плотности упаковки гидратирующихся зерен. Кроме этого, добавление пластификаторов во время помола вяжущего приводит к равномерной адсорбции поверхностно-активного вещества на поверхности зерен материала. Путем качественной и количественной корректировки состава композиции катионно-обменными комплексами и использованием комбинированных щелочных компонентов получены БЩВ активностью до 110 МПа.

Один из аспектов исследования БЩВ может быть направлен на фрактальном анализе микроструктуры БЩВ, который мог бы значительно помочь в понимании и анализе свойств этих материалов.

С точки зрения фрактальной геометрии, БЩВ является многоуровневой структурой, которая может быть описана фрактальной размерностью. При этом фрактальная размерность описывает статистическую меру сложности изменения шаблона фрактала при его масштабировании как многоуровневая структура. Искомым параметром нашего исследования является фрактальная размерность БЩВ, которая определяется опытным путем. Для опытного определения фрактальной размерности БЩВ использовалась свободно распространяемая модульная программа визуализации и анализа данных Gwyddion-2.55. В Gwyddion доступны различные виды фрактального анализа: метод подсчёта кубов; метод триангуляции; вариационный метод, а также метод спектра мощности.

В исследованиях пользовались методом подсчёта кубов в котором выводится напрямую из определения фрактальной размерности, основанного на подсчёте блоков. решеток Браве.

Так как поверхность исследуемых образцов не имеет строго периодической структуры, численное сравнение прочности БЩВ производилось путем фрактального анализа полученных изображений. Для исключения ошибочных выводов вследствие привнесенной ошибки расчетов для определения фрактальной размерности изображений топологии поверхности. На рис. 2 представлены изображения 3D-визуализация их поверхности образцов БЩВ.



**Рисунок 1. Разделение
решеткой и величины
поверхности топологии
поверхности образца БЩВ с
добавкой с 1% JK-08NP.**

Анализом изображений топологии поверхностей БЩВ и их 3D-визуализации были выявлены особенности топографии поверхности, на которые влияют добавки, примененные при измельчении ЭТФ шлака.

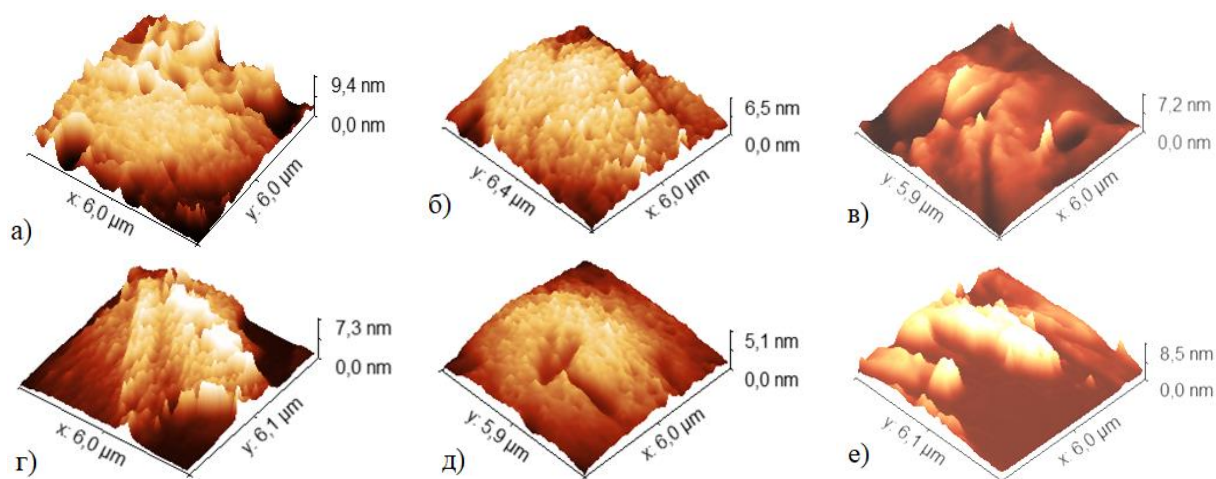


Рисунок 2. 3D изображение поверхности скола БЩВ:

а) контрольный; б) с добавкой с 1% Лахта КМД PRO; в) то же, с 0,3% ПБ Люкс; г) то же, с 1% JK-08NP; д) то же, 0,3% Glenium 150; е) то же, с 0,3% Glenium 51.

В исследованиях пользовались методом подсчёта кубов, в котором выводится напрямую из определения фрактальной размерности, основанного на подсчёте блоков. Анализом изображений топологии поверхностей БЩВ и их 3D-визуализации были выявлены особенности топографии поверхности, на которые влияют добавки.

Видно, что рассчитанные размеры фракталов варьируются в зависимости от вида и природы химической добавки, использованной при измельчении ЭТФ шлака (рис. 3). Это может быть вызвано различными физико-химическими взаимодействиями между ПАВ и твердой частью во время гидратации. Как известно, если $D > 3$, тогда объект не является фрактальным. В общем, поверхностные фрактальные размеры (D), которые получены из данных находятся в пределах от 2,185 до 2,311 (рис. 3). Тем не менее, геометрия поверхности может считаться фрактальной, только если

соблюдается правило $2 < D < 3$, где 2 относится к концепции гладкой плоской области, а 3 относится к абсолютно шероховатой поверхности. Значения $D > 3$ указывают на нечеткую границу раздела, что означает, что поверхность не является фрактальной. Применение теории к данным показывает, что поверхности БЩВ можно считать фрактальными, то есть $2 < D < 3$.

Полученными результатами установлено, что больший размер фрактала D указывает на более низкую прочность камня вяжущего. Благодаря этим особенностям размер фрактала D определяет результирующую прочность БЩВ.

Установлено, что фрактальная размерность в сравнении с прочностью БЩВ имеет обратный характер, т.е. с увеличением прочности БЩВ фрактальная размерность снижается, которая находится в пределах от 2,185 до 2,311.

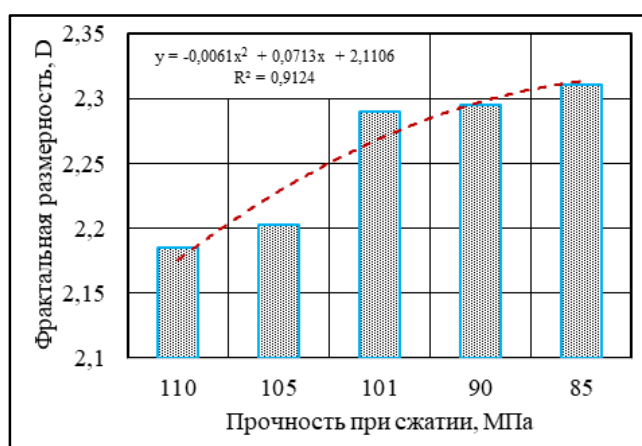


Рисунок 3. Зависимость фрактальной размерности от прочности БЩВ.

Для всестороннего фрактального анализа БЩВ, определения фрактальной размерности, при оценке фрактальной размерности считаем необходимым учитывать другие характеристики материала, например, плотность упаковки зерен новообразований, пористость, средняя плотность и др.

В третьей главе «Теоретические основы

порообразования вяжущей матрицы в разрабатываемых высокопористых материалах» приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований по: теоретическому анализу порообразования минеральной вяжущей матрицы высокопористых материалов; порообразованию вяжущей матрицы БЩВ; механизму образования ячеистой структуры и влияющих факторах на получение пористой структуры поризованного композита на основе БЩВ; влиянию пенообразователей на гидратационный процесс БЩВ; межпоровой перегородке пенокомпозитов.

В отличие от традиционно используемого для производства пенобетонов портландцемента, БЩВ отличаются повышенной рН средой. Поэтому не каждая пенообразующая добавка может быть совместима с БЩВ. В связи с этим встает вопрос, какой должна быть пенообразующая добавка и на ее основе строительная пена.

Нами были изучены влияние пенообразователей Ареком-4, ПБ-2000 и Сетора на поверхностное натяжение водных растворов, используемых в качестве щелочного компонента при приготовлении БЩВ. Установлено, что

на объем получаемой пены с использованием пенообразователей на основе Ареком-4 и ПБ 2000 влияют не только концентрация пенообразователя и время перемешивания для получения пеномассы, но и вид используемой жидкости для получения пены.

При использовании в качестве рабочего раствора пенообразователей с водой наблюдается следующая картина:

- на рост объема получаемой пены наибольшее влияние оказывает продолжительность перемешивания;
- с повышением концентрации пенообразователя в рабочем растворе объем выхода пены также увеличивается.

Исследованиями изменения выхода объема пены установлено, что когда в качестве жидкости для приготовления пены с пенообразователями был использован ДСН с $\rho=1,3 \text{ г/см}^3$ такая же закономерность наблюдается при использовании пенообразователя ПБ 2000.

Дальнейшие наши исследования были направлены на изучение плотности получаемых пен. Как известно, с увеличением объема получаемых пен происходит снижение их плотности. Показано, что в отличие от рабочего раствора для получения пен состоящего Ареком-4+ДСН продолжительность перемешивания сравнительно не оказывает на плотность получаемых пен. Продолжительность перемешивания до 3 минут приводит к снижению плотности, а дальнейшее продолжение приводит к повышению плотности получаемой пены.

Для оценки пористой структуры пенобетона на основе БЩВ уравнение Хархардина А.Н., которое для примерной количественной оценки пористой структуры пенобетона на основе портландцемента с помощью уравнения устанавливает выражение для объемной доли (плотности упаковки частиц) твердой фазы в двухфазной системе, состоящей из объема V_v воды и объема $V_{ц}$ цемента, необходимо учитывать специфику данного вяжущего. Как известно, БЩВ готовят затворением тонкомолотого алюмосиликатного компонента (молотого гранулированного доменного, ЭТФ и др. шлаков, зол и т.д.) водным раствором щелочного (силикатных солей, сульфата, карбоната натрия или калия и т.д.) компонента. Так как щелочной компонент в своем составе имеет растворенную щелочь, которая участвует в структурообразовании, то необходимо учитывать количество последнего при оценке пористой структуры. Взяв за основу известную формулу и учитывая специфические особенности БЩВ можем выразить в следующем виде:

$$\eta_{AK} = \frac{V_{AK}}{V_{AK} + V_{ЩК}} = \frac{1}{1 + \frac{P}{T} \cdot \frac{\rho_{AK}}{\rho_{ЩК}}} \quad (1)$$

где η_{AK} - плотность упаковки; V_{AK} - объем алюмосиликатного компонента; $V_{ЩК}$ - объем щелочного компонента; $\frac{P}{T}$ - раствора-твердое отношение, т.е. отношение объема водного раствора щелочного

компонента на массу алюмосиликатного компонента; ρ_{AK} - плотность алюмосиликатного компонента; $\rho_{щк}$ - плотность раствора щелочного компонента.

Преобразованием уравнения (1) получим уравнение следующего вида:

$$\eta_{AK} = \frac{1}{1 + \frac{(P - C_{щк}) + V_{п}}{m_{AK} + C_{щк}} \cdot \frac{\rho_{AK}}{\rho_{в}}} \quad (2)$$

где m_{AK} - масса алюмосиликатного компонента; $C_{щк}$ - содержание сухого вещества в щелочном компоненте; $V_{п}$ - количество воды для приготовления пены (при классическом методе приготовления пенобетонной смеси). Для методов приготовления пенобетонной смеси - сухая минерализация и баротехнология $V_{п} = 0$.

При гидратации вяжущего происходит топологический переход с изменением соотношения по объему фаз. При этом объемная доля структурообразующих компонентов по отношению к первоначальному единичному объему вяжущего составит: твердой фазы - 0,412, жидкой фазы - 0,329 и газовой фазы после испарения воды: $\varepsilon = 1 - (0,412 + 0,329) = 0,259$.

Используя современные представления о структуре пенобетона, выразим аналитической зависимостью структурообразующие элементы пенобетона в топологических и удобных для расчета параметрах. Важным параметром устойчивой водоцементной вспененной суспензии, наряду с топологическим (2), является В/Т отношение, которое легко получить из уравнения (2) в виде

$$\frac{B}{T} = \left(\frac{1}{\eta_{AK}} - 1 \right) \cdot \frac{\rho_{в}}{\rho_{AK}} = 0,327 \left(\frac{1}{\eta_{AK}} - 1 \right) \quad (3)$$

Поскольку В/Т отношение при приготовлении вяжущей суспензии выполняется достаточно точно, то величина гелевой пористости ε_r в экспериментальных исследованиях определяется с определенной погрешностью и усредняется до 0,20.

Это показывает плотную упаковку веществ в материале, которая приводит к понижению капиллярной и контракционной пористости. При этом образуются поры разного диаметра. Основываясь на проведенные теоретические исследования и расчетно-экспериментальным методом была установлена пористость высокопористого материала на основе БЩВ и пенообразователя.

Исследования по традиционному методу приготовления поризованной смеси на БЩВ показали, что при добавлении растворной смеси БЩВ и органического заполнителя в готовую пенную массу, последняя оседает (уменьшается в объеме) примерно в два раза. Это связано тем, что органический заполнитель, имея высокую пористую структуру и водопоглощение, интенсивно поглощает воду, содержащуюся в пене, вследствие чего происходит оседание (уменьшение объема поризованной массы).

В продолжении нами также были выполнены исследования по традиционному методу приготовления поризованной смеси отличающийся тем, что органический наполнитель, алюмосиликатный компонент (АК) и щелочной компонент (ЩК) БЩВ перемешивали и готовили смесь, затем в неё добавляли готовую пену. В этом случае получен поризованный композит с плотностью 350 кг/м^3 . Возможность получения такой композиции объясняется тем, что во время перемешивания компонентов БЩВ закупоривает открытие поры органического наполнителя, вследствие чего водопоглощение последнего резко снижается.

Анализируя полученные результаты можно отметить, что значение коэффициента выхода поризованной смеси характеризует согласованность технологического процесса. Этот показатель и значение В/Т отношения смеси определяют ее технологические свойства, которые взаимосвязаны с физико-техническими свойствами поризованного композита.

Установлено, что каждый вид пенообразователя по-своему влияет не только на физико-механические характеристики, но и на микроструктуру камня БЩВ. Показано, что для производства пенобетонов на основе БЩВ наиболее приемлемыми пенообразователями является пенообразователь Ареком-4. Применение пенообразователя Сетора является малоэффективным, так как хотя его влияние на прочностные показатели БЩВ по сравнению с другими пенообразователями является наименьшей, при приготовлении пенобетонной массы кратность последней является наименьшей, и свежая поризованная масса имеет свойство резкого оседания.

Исследованиями влияния способов приготовления поризованной смеси установлено, что самым приемлемым способом приготовления пенобетонов на БЩВ является традиционная (двух стадийная) технология. При приготовлении по баротехнологии, даже использование пенообразователей, часто используемых в технологии пенобетонов на портландцементе не дали положительных эффектов. При способе сухой минерализация пенобетонная смесь оседает.

Установлено, что добавка пенообразователей в вяжущее даже без предварительного пенообразования в камне вяжущего создает пористую структуру, следовательно, приводит к снижению прочности камня вяжущего. Эта пористость зависит от вида и природы пенообразователя.

Установлено, что фрактальная размерность в зависимости от пористости БЩВ имеет прямой характер, т.е. с увеличением пористости камня БЩВ фрактальная размерность также увеличивается, которая находится в пределах от 2,311 до 2,333 (рис. 4).

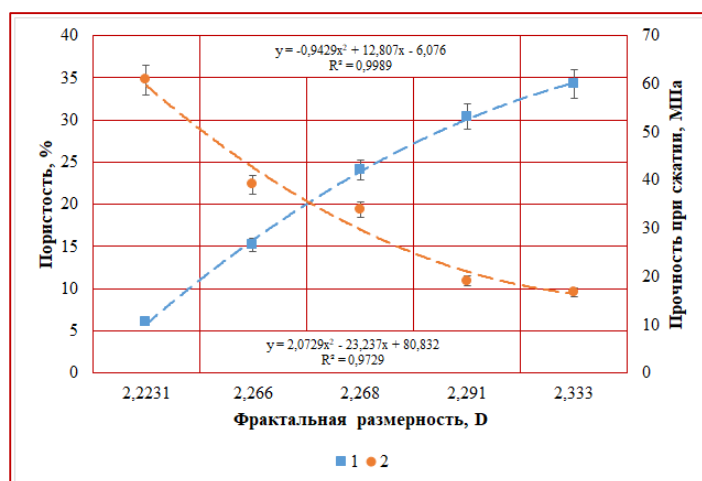


Рисунок 4. Влияние пористости и прочности камня БЩВ на фрактальную размерность.

Установлено, что пенобетонные образцы, изготовленные с использованием ПО - Сетора и - Винпор осели в объеме, а использование ПО – Ареком -4 позволило получить пенобетонные образцы стабильного объема. Из проведенных исследований нами установлено, что по устойчивости и стабильности пены из использованных ПО при изготовлении поризованного арболита является пенообразователь – Ареком -4

и поэтому в дальнейших исследованиях пользовались этим пенообразователем.

Анализом полученных данных по влиянию добавок ПО на сроки схватывания установлено, что независимо от вида ПО при использовании воды для приготовления пены сроки схватывания БЩВ удлиняются по мере увеличения количества ПО до 1,5% от массы вяжущего. А при использовании силиката натрия для приготовления пены этот показатель составляет 1 %.

Установлено, что при использовании, как воды, так и силиката натрия при приготовлении пены до количественного содержания ПО - 1 % прочность вяжущего снижается. Дальнейшее увеличение содержания добавки ПО привело к увеличению значения прочности при сжатии. В исследованиях ограничились изучением влияния ПО до количества 2%, так как по известным данным расход ПО в денежном выражении не должен превышать 2\$ на 1 м³ производимого поризованного материала. При превышении этого показателя его применение становится экономически нецелесообразным из-за большого влияния на себестоимость продукции. Причем, является очевидным, что более дорогие пенообразователи не увеличат качество продукции в соответствии с увеличенной стоимостью.

Установлено, что в органоминеральных поризованных композициях образовавшаяся капиллярная и гелевая пористость зависит не только от В/Ц отношения, но и от количественного содержания заполнителя.

Установлено, что за счет высокого водопоглощения органических заполнителей растительного происхождения (костра кенафа, дробленые стебли хлопчатника и рисовой лузги) в крупных порах образуются контактные дырки. Однако в структуре мелких пор такое нежелательное явление не наблюдается (рис. 5). В этих исследованиях фрактальная геометрия была использована для описания пористости материала. Анализом полученных данных установлено, что пенообразователи по-разному влияют на прочность и пористость камня БЩВ. Эти влияния зависят в первую очередь

от природы пенообразователей.

Полученными результатами установлено, что открытая пористость разработанных составов поризованного композита находится в пределах от 32,83 до 56,28%. Установлено, что в органоминеральных поризованных композициях образовавшаяся капиллярная и гелевая пористость зависит не только от Р/Т отношения, но и от количественного содержания органического заполнителя.

Предлагаемый подход к определению оптимальной концентрации пенообразователя учитывающий водопоглощение органического заполнителя позволяет избежать перерасхода ПАВ при производстве поризованного композита, снизить себестоимость конечной продукции и может стать частью научно обоснованной методики оптимизации составов ячеистых бетонов.

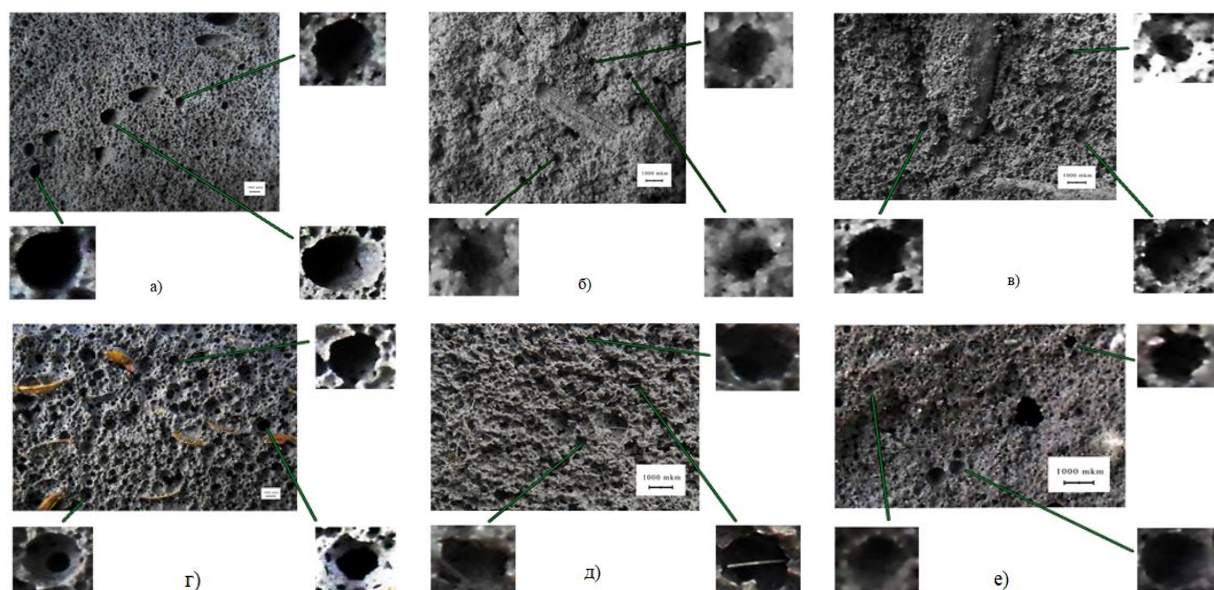


Рисунок 5. Поризованные композиты с органическим заполнителем:
а – без заполнителя; б – с костью кенафа; в – с дробленными стеблями хлопчатника; г – рисовой лузгой; д – полипропиленовым волокном; е – метилцеллюлозой

В четвертой главе «Механизм формирования контактной зоны в системе «целлюлозосодержащий заполнитель – безобжиговое щелочное вяжущее» приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований по изучению влияния водорастворимых веществ органического заполнителя, сахарозы, изучению контактной зоны между органическими заполнителями и камнем БЦВ.

Показано, что введение добавки сахарозы увеличивает период начала схватывания всего от 5 до 10 минут. Одновременно в зависимости от содержания добавки конец схватывания БЦВ, вяжущего сокращается с 45 до 35 минут. Тем не менее, на процесс первоначального коагуляционно-кристаллизационного структурообразования БЦВ введение добавки сахарозы не оказывает существенного влияния.

Как показали исследования, введение в тесто БЦВ 0,125% ВРВ удлинило

время начала схватывания теста на 2 мин по сравнению с тестом без добавки, а конец схватывания - на 6,5 мин. Добавка ВРВ в количестве 0,25% от массы вяжущего также привело к удлинению сроков схватывания. В этом случае начало схватывания увеличилось, по сравнению с контрольным образцом на 5,5 мин, а конец - на 7,5 мин и составили соответственно 23,5 и 28,5 мин.

Установлено, что добавка ВРВ стеблей хлопчатника в количестве 0,5% от массы всех исследуемых вяжущих (гипс, ПЦ, БЩВ) ускоряет сроки схватывания по сравнению с контрольными образцами без добавки. На наш взгляд, это связано с химическим составом ВРВ, которые состоят, в основном из органических соединений разного характера.

Повышение прочности и ускорение процесса структурообразования и твердения арболита являются важными факторами, позволяющими повысить качество и организацию энерго- и ресурсосберегающей технологии его производства. С целью выявления причин, замедляющих процесс нарастания прочности арболита, нами были проведены рентгенофазовый и дифференциально-термический анализы различных вяжущих композиций, в частности, гипса, ПЦ и БЩВ с добавкой сахарозы и водорастворимые вещества (ВРВ) стеблей хлопчатника.

Установлено, что щелочи в вяжущих композициях способны вступать во взаимодействие с замедлителями, ликвидируя тем самым способность замедлять гидратацию. Следовательно, чем меньше щелочность, тем сильнее замедление. Замедляющая способность сахаридов, разрушаемых щелочами, уменьшается в высоко щелочных цементах.

Установлено, что органические добавки как сахароза и ВРВ органического заполнителя растительного происхождения, не изменяют фазовый состав новообразований БЩВ, а влияют только на кинетику фазовых превращений. Полученные нами данные хорошо согласуются с результатами исследований в области получения материалов на основе БЩВ и органического заполнителя растительного происхождения.

Развит механизм формирования контактной зоны в системе «целлюлозный заполнитель–БЩВ», заключающейся в случае использования целлюлозосодержащих заполнителей адсорбционно-адгезионные процессы, приводящие к уплотнению контактной зоны, наиболее выражены, а также такие заполнители не останавливают процесс БЩВ, в отличие от применения традиционного портландцемента.

Исходя из полученных данных и ранее полученных данных можно сделать следующий вывод о том, что к воздействиям ВРВ органического заполнителя и сахарозы по срокам схватывания, пластической прочности и прочности наиболее стойким оказался БЩВ.

Показано адгезия между вяжущим и органическим заполнителем, структурообразование в контактной зоне и в целом физические и механические свойства органоминеральных композитов сильно зависят от вида и текстуры, физических свойств органического заполнителя и от вида, минерального вяжущего используемых в их производстве.

Установленные закономерности формирования структуры в рассмотренных системах сходны с процессами структурообразования поризованных органоминеральных композиций, которые отличаются более однородно гомогенной структурой, образующейся за счет введения пенообразователя. При этом учитывается период стойкости пены, к исчерпанию которого матрица вяжущего должна выдерживать как минимум собственный вес и дополнительно вес целлюлозосодержащего заполнителя и не разрушаться под влиянием внешней структуры заполнителя.

Развиты представления о роли контактной зоны в микро- и макроструктуре органоминерального композиционного материала на БЦВ, состояние которого определяется степенью сцепления заполнителей с вяжущей частью и природой новообразований, возникающих между ними. При этом обобщены процессы структурообразования в контактной зоне через этапы: первый – период образования первоначальной структуры, второй – период кристаллизационного упрочнения, третий - период упрочнения и стабилизации структуры.

Установлено, что наличие труднорастворимых (водостойких) новообразований типа низкоосновных гидросиликатов и щелочных гидроалюмосиликатов, однородных по составу и строению продуктов гидратации вяжущего, играющих доминирующую роль в процессе структурообразования органоминерального композита в целом, составляет структурную матрицу контактной зоны и выполняет роль демпфера в момент внешнего воздействия. При этом следует отметить, что в случае использования целлюлозосодержащих заполнителей наиболее выражены адсорбционно-когезионные процессы, процессы, приводящие к уплотнению контактной зоны. Целлюлозосодержащий заполнитель не останавливает процесс гидратации БЦВ, в отличие от применения традиционных вяжущих.

В пятой главе **«Проектирование составов высокопористых композиционных материалов на безобжиговом щелочном вяжущем»** представлены теоретический анализ прогнозирования прочности высокопористых материалов на минеральном вяжущем, модель определения фрактальной размерности пенобетонов, разработанная методика проектирования состава пенобетона на основе БЦВ, оптимизация состава высокопористых бетонов на основе БЦВ, строительно-технические свойства высокопористых композиций на БЦВ, такие как: прочность во времени, теплофизические свойства, водопоглощение и сорбционная влажность, биостойкость, гигиенические свойства и др.

Прочность ячеистого бетона $R_{пб}$ как на основе портландцементного вяжущего, так и на основе БЦВ является функцией многих переменных:

$$R_{пб} = f(R_{кв}; \rho_{кв}; \rho_{пб}; П; \delta; S_{уд}; P/T \dots), \quad (4)$$

где $R_{кв}$ – прочность камня вяжущего; $\rho_{кв}$ – плотность камня вяжущего; $\rho_{пб}$ – плотность пенобетона; $П$ – пористость пенобетона; δ – толщина межпоровой

перегородки; $S_{уд}$ - удельная поверхность воздушных пор образца; P/T - раство-р-твёрдое отношение.

Поставляя это значение в известную формулу получим следующую формулу выражающую прочность поризованного материала на основе БЩВ:

$$R_{сж} = \frac{2R_{изг}^{пер} \cdot \left(\frac{\rho_{пб}}{\rho_p}\right)^2}{3k \cdot \left(6 + 5 \frac{\rho_{пб}}{\rho_p}\right)^2} \text{ или } R_{сж} = \frac{2R_{изг}^{пер} \cdot \rho_{пб}^2}{3k \cdot (6\rho_p + 5\rho_{пб})^2} \quad (5)$$

Прежде всего, следует отметить, что эта формула учитывает влияние плотности щелочного раствора на прочность бетона только за счет изменяющейся в этом случае активности вяжущего. В связи с этим, активность БЩВ следует экспериментально определять для всех используемых значений плотности щелочного раствора, что является крайне затруднительным.

Итак, получим следующее выражение определяющее толщину межпоровой перегородки:

$$\delta = \frac{d \cdot M_p^2}{6\rho_p \cdot V_M (M_p - V_p \cdot \rho_{пб})} = \frac{d \cdot M_p}{6 \cdot V_M \cdot (\rho_p - \rho_{пб})}; \quad (6)$$

Полученное уравнение (6) показывает, что при постоянной плотности значимыми факторами, определяющими прочность пенобетона, являются: прочность при изгибе межпоровой перегородки и ее толщина, выражаемые через P/T -отношение. Так как прочность межпоровой перегородки прямо пропорциональна активности вяжущего и обратно пропорциональна P/T , а толщина перегородки прямо пропорциональна P/T .

Важным свойством фрактальных систем является их самоподобие. Это означает, что структура фрактала в одном масштабе подобна его структуре в другом, большем масштабе, т. е., увеличив в какое-то число раз, любой элемент фрактальной структуры, мы получим элемент структуры того же фрактала.

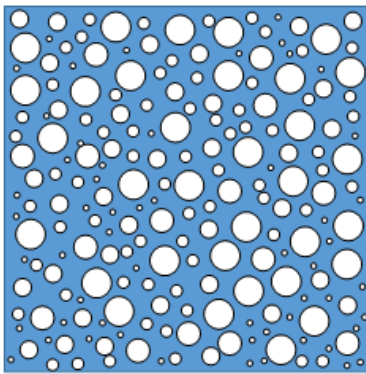


Рисунок 6.

Переходим теперь к изложению общего случая (рис. 6). Пусть результаты опыта таковы: N – количество пор в материале, δ – среднее значение диаметра пор, a – среднее значение толщины перегородки.

Тогда $n = \sqrt{N}$, $k = \frac{a}{\delta}$, и следовательно, фрактальная размерность вычисляется по формуле

$$D = \frac{\ln N}{\ln \left((k+1) \sqrt{N} + \frac{a}{\delta} \right)}, \quad (7)$$

а плотность вещества – по формуле

$$\rho_{N,b} = \rho_1 \left(1 - \frac{\pi}{6} \cdot \delta^3 \cdot \sqrt{N^3} \right). \quad (8)$$

Замечания. 1) Если $a = 0$, то $k = 0$. В результате получим

$$D = \frac{\ln N}{\ln \sqrt{N}} = 2. \quad (9)$$

Ясно, что равенство $a = 0$ означает, что перегородка в теле не имеется и тело заполнено порой. Следовательно, в этом случае фрактальная

размерность и топологическая размерность совпадают. Так как расчет фрактальной размерности является одним из основных факторов, влияющих на практическое применение теории фракталов, возникает естественная задача о теоретической основе обосновать эти расчеты.

Предложенные в работе формулы для расчета фрактальной размерности и плотности высоко пористой структуры улучшают исследования методов получения веществ с управляемой фрактальной структурой, которые помогут созданию материалов с необычными механическими свойствами, плотностью, пористостью. Вышеизложенном замечании было показано, что полученная в работе формула расчета фрактальной размерности улучшает известную формулу Хаусдорфа-Безиковича. С другой стороны, она даёт возможность получить высоко пористую структуру с заданной плотностью исследуемого материала.

В исследованиях определение рационального состава органоминерального пенокомполита, выявление оптимального количества составляющих компонентов и раствора-шлакового отношения, а также установление аналитической зависимости между этими факторами и средней плотностью материала применялся ротатбельное планирование эксперимента.

После проведения математических расчетов и проверки адекватности получено уравнение регрессии плотности пенокомполита на основе БЩВ и имеет следующий вид:

$$Y = 603,41 + 162.58X_1 - 3.13X_2 + 7.80X_3 - 26.38X_1X_2 - 13.88X_1X_3 + 7.38X_2X_3 + 11,38X_1X_2X_3 + 6.87X_1^2 - 25.31X_2^2 - 4.99X_3^2 \quad (10)$$

При использовании микро армирующего волокна и наполнителя, после проведения математических расчетов и проверки адекватности получено уравнение регрессии плотности пенобетона на основе БЩВ имеет следующий вид:

$$\bar{Y}_1 = 558.09 + 112,65X_1 + 2,845X_2 + 124,646X_3 + 8,31X_1X_2 + 3,31X_1X_3 + 2,06X_1X_2X_3 \quad (11)$$

Уравнение регрессии прочности пенобетона на основе БЩВ в 28 суточном возрасте имеет следующий вид:

$$\bar{Y}_2 = 4.77 + 2.60X_1 + 0.32X_2 + 1.14X_3 + 0.52X_1X_2 + 0.64X_1X_3 - 0.02X_2X_3 + 0.94X_1X_2X_3 \quad (12)$$

Анализ полученных результатов показывает, что экспериментально доказано возможность получения пенобетона на основе БЩВ. С помощью математической модели можно, регулируя составом пенобетона, получить органоминеральный пенокомполитный материал с плотностью от 300 до 800 кг/м³.

Проведенными исследованиями получены пенокомполиты на основе БЩВ и целлюлозосодержащих отходов сельского хозяйства с прочностью от 0,04 до 2,6 МПа соответственно при плотности от 0,33 до 0,8 г/см³, которые отвечают требованиям нормативных документов.

Теплофизические свойства ячеистых бетонов зависят не только от средней плотности и пористости материала, но и от их влажности. Поэтому одним из основных свойств, характеризующих поризованные бетоны, является сорбционная влажность и водопоглощение. Эти показатели поризованных бетонов зависят не только от вида вяжущего вещества, но и характера имеющихся пор

Результаты исследований изучения сорбционной влажности показывают, что самую высокую сорбционную влажность (9,1%) при относительной влажности окружающей среды имеет образец, изготовленный с применением в качестве органического заполнителя. Это можно объяснить тем, что данный образец имеет преимущественно открытую пористость 46,52% и закрытую пористость всего 5,27%.

В шестой главе **«Разработка технологий и применение высокопористых композиций на безобжиговых щелочных вяжущих»** приведены результаты по разработке технологических схем комбинированного способа производства БЩВ, совершенствованию технологии изготовления теплоизоляционного арболита на основе БЩВ, разработке технологической линии по производству неавтоклавного пенобетона на основе БЩВ, результаты реализации полученных результатов в производственных условиях, а также технико-экономическая эффективность применения разработанных материалов.

Отличительной особенностью предложенного нами комбинированного способа изготовления БЩВ является то, что сначала алюмосиликатный компонент измельчается совместно с определенным количеством малогигроскопичных щелочных компонентов (несиликатные соли и другие щелочные компоненты). Затем во время приготовления бетонной смеси тонкомолотая смесь затворяется водным раствором щелочного компонента (силикатные соли натрия или калия). Эти водные растворы готовятся на посту подготовки щелочного раствора БЩВ перед приготовлением бетонной смеси. С помощью предлагаемых технологических схем приготовления водных растворов щелочных компонентов можно осуществить приготовление однокомпонентного и двухкомпонентного щелочных растворов.

Установлено, что целлюлозосодержащие сельскохозяйственные отходы являются достаточно легкими материалами с высоким водопоглощением (например, для дробленых стеблей хлопчатника до 365% по массе) в течение 1 сут., что затрудняет проведение ряда операций при получении однородной технологической массы, уплотнении смеси и получении материала с достаточно высокими физико-техническими свойствами.

Решение вышеуказанных задач оказалось возможным при использовании БЩВ взамен портландцемента из-за ускоренного срока твердения в начальный период и повышенной прочности вяжущего. Разработанная технология позволяет решить ряд эффективных технологических приемов.

Отличительная особенность производства арболита на БЩВ от существующих технологий заключается в том, что в данной технологии производства отсутствуют вышеперечисленные операции, связанные с подготовкой органического заполнителя. Применение костры кенафа и рисовой лузги позволяет отказаться от машин и механизмов, предназначенных для измельчения. Применение БЩВ позволило отказаться от предварительного вымачивания органического заполнителя.

Технологию изготовления изделий из арболита на БЩВ можно разделить на два основных этапа: первый - это производство БЩВ; второй – изготовление самих арболитовых изделий. Данная технология производства отличается от существующих еще и тем, что пост подготовки растворов химических добавок чуть расширен и стал постом подготовки растворов щелочного компонента БЩВ.

Для увеличения жесткости и отпускной прочности крупноразмерных изделий с малой толщиной рекомендуется армирование крупноячеистой сеткой с отгибами из проволоки диаметром 3-4 мм. В зависимости от заказа потребителя распиловкой можно создать различные типоразмеры изделий. В результате проведенных экспериментов можно принять следующую технологию производства арболитовых изделий:

- перемешивание арболитовой смеси осуществлять в двухвальном проточном смесителе;
- формование в формах с пригрузом до 0,04 МПа с вибрированием;
- ТО по режиму 2+3+12+2 ч при изотермической выдержке при $70 \pm 80^{\circ}\text{C}$.

В отличие от традиционных технологий производства поризованных бетонных масс, технология изготовления поризованного бетона с применением органического заполнителя растительного происхождения изделий требует дополнительных операций, связанных с приготовлением вяжущего и органического заполнителя.

На основе полученных данных научных исследований разработана технологическая линия производства пенобетона неавтоклавного твердения, которая ориентирована на использование БЩВ. Необходимо отметить, что при необходимости изменения вида используемых сырьевых материалов, данная технологическая линия без особых изменений позволяет производство изделий с другими свойствами. На данную технологическую линию получен патент на полезную модель (FAP № 01395, 31.07.2019 г.) АИС РУз.

Полученные результаты позволили проведение апробации совместно с сотрудниками ДНИП “ANTENN-BRANCH” ряда разработанных составов БЩВ в производственных условиях ЧП «Зухайл» (Ташкентская область) изготовлением образцов строительного назначения.

Полученные результаты лабораторных исследований позволили к промышленной апробации в СП ООО «Алина-Инвест» (г. Самарканд). При этом осуществлен выпуск опытно-промышленной партии поризованного арболита из местного сырья и отходов промышленности.

Полученные результаты исследований приняты АООТ «Тошуйжой ЛИТИ» для включения в нормативный документ КМК «Производство изделий из ячеистых бетонов».

На производственных условиях были выпущены БЩВ, которые были использованы при производстве теплоизоляционного арболита на растительных отходах сельского хозяйства, пенобетонов на основе БЩВ. Экономическая эффективность производства пенобетона на основе БЩВ по сравнению с пенобетоном на основе портландцемента составляет 41 тыс. сум на 1 м³ изделия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа научных, экспериментальных и технологических разработок развиты научные представления о поризованных материалах на БЩВ, со средней плотностью от 350 до 750 кг/м³ и прочностью при сжатии 0,5-4,7 МПа, как управляемых систем, включающие учет: определяющие структуру и свойства с точки зрения фрактальной геометрии; связи фрактальной размерности с прочностью камня вяжущего; совместимости в системе “щелочная среда-пенообразователь” и рациональной технологии производства пенобетона, пеноарболита и арболита.

2. Разработаны теоретические и экспериментальные основы формирования структуры поризованных материалов на основе БЩВ с учетом фрактальной геометрии и показана связь фрактальной размерности с прочностью камня БЩВ, имеющего обратный характер, т.е. с увеличением прочности камня вяжущего фрактальная размерность снижается и составляет в пределах от 2,185 до 2,311.

3. Теоретико-экспериментально установлена порообразование БЩВ в модельной системе «матрица-пенообразователь» посредством которого доказана пенообразующая способность пенообразователей в щелочной среде, и понижение капиллярной и контракционной пористости матрицы.

4. Показано, что эффективность действия ПАВ во многом определяется хемосорбционными связями, образуемыми на поверхности твердой фазы. Установлено, что вяжущие композиции с органическими добавками увеличивают свою прочность во времени. При этом прочность всех образцов твердевших в нормальных условиях до двух раз превышает прочности образцов твердевших в воздушно сухих условиях.

5. Установлена зависимость толщины межпоровых перегородок, капиллярная и гелевая пористость в зависимости от вида и количественного содержания матрицы и заполнителей, а также водопоглощение последних и время перемешивания для получения пеномассы.

6. Развита механизм формирования контактной зоны в системе «целлюлозный заполнитель–БЩВ», заключающейся в случае использования целлюлозосодержащих заполнителей адсорбционно-адгезионные процессы, приводящие к уплотнению контактной зоны, наиболее выражены, а также такие заполнители не останавливают процесс БЩВ, в отличие от применения традиционного портландцемента.

7. Впервые обоснована и экспериментально подтверждена зависимость прочности поризованного материала на основе БЩВ от содержания щелочного компонента, объема камня вяжущего, пористости композиций и толщины межпоровой перегородки.

8. Усовершенствована технология получения БЩВ совместным способом изготовления на основе разработанных различных составов. Предложен комбинированный способ изготовления вяжущего, позволяющего управлять его свойствами и снизить стоимость вяжущих.

9. Разработана новая технология производства арболита на БЩВ с учетом особенности формирования структуры вяжущего и характеристик заполнителей из сельскохозяйственных целлюлозосодержащих отходов, которая по сравнению с традиционными позволяет сократить: время и энергозатраты при приготовлении арболитовой смеси в 1,6-1,7 раз; время укладки и уплотнения смеси в 2-2,2 раза; длительность цикла твердения изделий в 7-8 раз; в 1,9-2,4 раза уменьшает удельную металлоемкость изделий.

10. На основе полученных данных научных исследований разработана технологическая линия производства пенобетона неавтоклавного твердения, которая ориентирована на использование БЩВ. Необходимо отметить, что при необходимости изменения вида используемых сырьевых материалов, данная технологическая линия без особых изменений позволяет производство изделий с другими свойствами. На данную технологическую линию получен патент на полезную модель (FAP № 01395, 31.07.2019 г.) АИС РУз.

11. Полученные результаты исследований приняты для включения в нормативный документ КМК по производству ячеистых бетонов.

12. На производственных условиях были выпущены БЩВ, которые были использованы при производстве теплоизоляционного арболита на растительных отходах сельского хозяйства, пенобетонов на основе БЩВ. Экономическая эффективность производства пенобетона на основе БЩВ по сравнению пенобетоном на основе портландцемента составляет 41 тыс. сум на 1 м³ изделия.

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

TASHKENT INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

KAMILOV KHABIBILLA KHAMIDOVICH

**EXPERIMENTAL-THEORETICAL BASES OF HIGH-POROUS
COMPOSITIONS ON UNBURNED ALKALINE BINDERS**

05.09.05 - Buildings materials and products

ABSTRACT

of the doctoral (DSc) dissertation on technical sciences

Tashkent-2020

The theme of doctoral dissertation (DSc) was registered with № B2019.4.DSc/T332 at Higher Attestation Commission of Cabinet of Ministry of the Republic of Uzbekistan.

The dissertation was conducted at the Tashkent Institute of Architecture and Construction.

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

Academic consultant:	Tulaganov Abdikabil Abdunabiyevich Doctor of technical sciences, Professor
Official opponents:	Khodzhaev Saidaglam Agloevich Doctor of technical sciences, Senior Researcher Talipov Nigmatulla Khamidovich Doctor of technical sciences, Professor Soy Vladimir Mixaylovich doctor of technical sciences, Professor
Leading organization:	JSC «Uzogirzanoatloiha»

Defensing of the dissertation will take place on “19” June 2020 at 10⁰⁰ at the Scientific Council numbered dsc. 26/30.12.2019.T.11.01 in the meeting including Tashkent Architecture and Construction Institute as the following address: 100011, Tashkent Abdulla Kadiriy Street, 7 B. Phone (99871) 241-10-84, Fax: (99871) 241-80-00, e-mail: taqi_atm@edu.uz.

The dissertation is registered in Information-Resource Center at Tashkent Institute of Architecture and Construction (registration number № 41). The text of the dissertation is available at the Information Research Center at the following address: 100084, Tashkent, Kichik Xalqa yuli Street, 7. Phone: (+99871) 235-43-30, Fax: (99871) 234-15-11, e-mail: taqi_atm@edu.uz .

The abstract of the dissertation was circulated on “16” June 2020.

(mailing report № 4 on “12” June 2020)

A.I. Adilhodjaev
Deputy of the chairman of the Scientific Council for the award
the degree of Doctor of Science, Doctor of technical Sciences, Professor
I.I. Kasimov
Scientific Secretary of the Scientific Council for the award
doctoral degree, Doctor of technical Sciences, Professor
S.A. Khodzhaev
Chairman of scientific seminar at the attachment to the Scientific Council
for the award the degree of Doctor of technical Science,
Doctor of technical Science, Professor

INTRODUCTION (abstract of doctoral dissertation)

The aim of the study is to develop the experimental and theoretical foundations of highly porous compositions based on unburned alkaline binders (UBAB) using local industrial and agricultural wastes.

The tasks of the research:

the study of the current state and development prospects for the creation and use of porous compositions on mineral binders;

experimental and theoretical research on the development of the BCB on local secondary raw materials;

conducting a complex of studies of the UBAB systems with mineral and organic additives from the standpoint of their influence on the properties and structure of the obtained material;

theoretical and experimental study of the porosity of the base substance;

theoretical and experimental study of the mechanism of formation of the contact zone in the system "cellulose aggregate - UBAB";

development of a model and dependencies for the determination of the fractal dimension of foam concrete at the basement level;

development of a design technique for the composition of highly porous compositions based on UBAB;

development of production technologies for UBAB and highly porous materials based on them.

The object of study is unburned alkaline binders and highly porous compositions on local secondary raw materials.

Scientific novelty of the research work is as following stages:

The theoretical and experimental foundations of obtaining and controlling the processes of structure formation of UBAB compositions with mineral and organic additives are developed, based on the consideration of factors determining their structure and properties taking into account fractal geometry;

for the first time, the relationship of fractal dimension with the strength of the stone UBAB, having the inverse nature, i.e. with increasing strength of the binder stone, the fractal dimension decreases;

theoretically-experimentally established the porosity of UBAB in the model system "matrix-foaming agent", by means of which the foaming ability of foaming agents in an alkaline medium is proved, with the condition of creating compatibility in the system "alkaline medium-foaming agent" and lowering the capillary and contraction porosity of the matrix;

the dependence of the thickness of the inter-pore septa, the capillary and gel porosity, depending on the type and quantitative content of the matrix and aggregates, as well as the water absorption of the latter and the mixing time to obtain the foam mass, were established;

The mechanism of formation of the contact zone in the "cellulose aggregate - UBAB" system has been developed, which, when cellulose-containing aggregates are used, the adhesive-adsorption processes leading to the compaction of the contact

zone are most pronounced, and such aggregates do not stop the hydration of UBAB, in contrast to the use of traditional Portland cement;

for the first time, the dependence of the strength of porous material based on UBAB on the content of the alkaline component, the volume of the binder stone, the porosity of the compositions, and the thickness of the inter-pore septum have been substantiated and experimentally confirmed;

a model and dependence of determining the fractal dimension of foam concrete at UBAB are proposed, based on determining the quantity and average value of the diameter, as well as the thickness of the partition in the material, which allows creating a highly porous structure with a given density of the resulting material;

a methodology for designing the composition of foam concrete based on UBAB is proposed taking into account the recommended dependence of determining the flow rate of aluminosilicate and alkaline components, as well as the volume of foam.

The structure and volume of the thesis. The structure of the dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusion, a list of used literature and applications. The volume of the thesis is 220 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Теплоизоляционный арболит. ч.-I. Тулаганов А.А., Камилов Х.Х. – Ташкент. ТАСИ, 2011. - 153 с.
2. Теплоизоляционный арболит. ч.-II. Тулаганов А.А., Камилов Х.Х. – Ташкент. ТАСИ, 2011. - 155 с.
3. Камилов Х., Тулаганов А., Хасанова М.К., Мухамедбаев А., Камилов Ш. Механоактивация безобжиговых щелочных вяжущих // Монография: под ред. д.т.н., проф. Тулаганова А. – Т.: “Fan va texnologiya”, 2016. -176 с.
4. Патент IAP 04945 UZ. Способ получения шлакощелочного вяжущего. Тулаганов А.А., Ходжаев Н.Б., Камилов Ш.Х., Алиев А.Т., Хасанова М.К., Камилов Х.Х., Низамова Ю.Ф.
5. Патент IAP 05647 UZ. Вяжущее / Камилов Х.Х., Мухамедбаев Аг.А., Тулаганов А.А., Мухамедбаев А.А., Камилов Ш.Х. (Ташкентский архитектурно-строительный институт) // Заяв.: 15.01.2016; опуб.: 28.09.2018. Бюл. № 9.
6. Патент FAP 01486. Мухамедбаев А.А., Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А. Технологическая линия по производству шлакощелочного пенобетона. Заяв.: 31.01.2018; опуб.: 30.04.2020. Бюл. № 4.
7. Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Хасанова М.К. Технологические и технико-экономические особенности производства арболита из безобжигового вяжущего и отходов сельского хозяйства. Журнал «Архитектура и строительство Узбекистана» №4, Ташкент 2000. С.12-15. (05.00.00, № 29).
8. Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Талипов Р., Перспективы развития производства щелочных вяжущих и композиционных материалов на их основе. Журнал «Композиционные материалы». Ташкент. №3, 2001. С. 112-117. (05.00.00, № 13).
9. Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Касымова С.С., Абдурашидова У.К., Тулаганов Б. Безобжиговые щелочные вяжущие и композиции на основе ингредиентов, полученных из местного сырья и отходов производства. Журнал «Композиционные материалы». Ташкент. №3, 2002. с. 56-58. (05.00.00, № 13).
10. Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Ходжаев Н., Камилов Ш., Тулаганов Д., Ювметов А.С. К вопросу разработки технологии получения теплоизоляционных материалов с использованием целлюлозо-содержащих отходов. Журнал «Композиционные материалы». Ташкент, 2006. с. 48-52. (05.00.00, № 13).
11. Хасанова М.К., Мухамедбаев Аг.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А. Исследование возможности получения композиционных

- шлакощелочных вяжущих / Узбекский научно-технический и производственный журнал «Композиционные материалы». Ташкент, 2016. - № 4. –С. 52-55. (05.00.00, № 13).
12. Мухамедбаев Аг.А., Камилов Х.Х., Тулаганов А.А. Модифицированные шлакощелочные вяжущие / Научно-технический журнал ФерПИ. Фергана, 2019. -№ 3. –С. 74-78. (05.00.00, № 20).
13. Мухамедбаев Аг.А., Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А., Яичников Я.М. Определение белизны электротермофосфорного шлака и его смесей – как метод контроля количества добавок в безобжиговом щелочном вяжущем / Журнал «Химия и химическая технология». Ташкент, 2014. -№ 3. –С.16-19. (02.00.00, № 2).
14. Мухамедбаев Аг.А., Камилов Х.Х., Хасанова М.К., Тулаганов А.А. Особенности процесса помола электротермофосфорного шлака и его смесей / Журнал «Химия и химическая технология». Ташкент, 2016. -№ 1. –С. 58-61. (02.00.00, № 2).
15. Хасанова М.К., Мухамедбаев Аг.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А. Исследование возможности получения композиционных шлакощелочных вяжущих / Узбекский научно-технический и производственный журнал «Композиционные материалы». Ташкент, 2016. - № 4. –С. 52-55. (05.00.00, № 13).
16. Kamilov Kh., Turapov M., Tohirov J., Matkaziyeu D. Using rice husk to obtain a thermal insulation material. International journal for innovative research in multidisciplinary field ISSN: 2455-0620 Volume - 5, Issue - 7, July – 2019 IC Value: 86.87. Impact Factor: 6.497. pp. 76-81.
17. Камилов Х.Х. Куйдирмасдан олинадиган ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетон таркибини ва структурасини оптималлаштириш. “Архитектура. Қурилиш. Дизайн” журнали. ТАҚИ, 4-сон, 2019 йил. б. 150-153. (05.00.00, № 4).
18. Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Абдазов Д.Р. Фрактальная структура безобжиговых щелочных высокопористых композиционных материалов. Журнал “Архитектура. Курилиш. Дизайн”. ТАҚИ, 4-сон, 2019 йил. б. 161-167. (05.00.00, № 4).
19. Kamilov X.X., Turapov F.X. Sement asosidagi ko’pikbetonning fizik-mexanik xossalriga kimyoviy kompleks qo’shimchaniing ta’siri tadqiqi. “Архитектура. Қурилиш. Дизайн” журнали. ТАҚИ, 4-сон, 2019 йил. б. 172-174. (05.00.00, № 4).
20. Kamilov Kh., Tulaganov A. Adhesion of Mineral Binders with Organic Aggregates. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJTEE) ISSN: 2278-3075, Volume-9 Issue-4, February 2020. pp. 2699 – 2702.

II бўлим (II часть; II part)

21. Tulaganov A.A., Kamilov Kh., Fisher X.B., Krivenko P.V. Zur Extraktion wasserlöslicher Stoffe aus organischen Zuschlägen und Auswirkung auf

- erhärtende Bindersysteme. 16. internationale Baustofftagung. (20-23 September 2006 Bauhaus – Universität Weimar BRD). Weimar 2006. Tagungsbericht-Band 1. S. 0845-0856.
22. Kamilov Kh.Kh., u a. Unburning alkaline binders and heat-insulating materials on base of raw of Central Asia region. International Conference: Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization. June 2007. Prague, pp.703-716.
 23. Камиллов Х.Х., Фишер Х.Б., Хела Р., Зах Ю., Петранек В. Теплофизические и акустические свойства арболита. Архитектура физикаси фанининг бугунги ҳолати, муаммолари ва келажак вазифалари. Халқаро илмий амалий конференция натижалари бўйича илмий тўплам. Тошкент-2007. с.104-106.
 24. Tulaganov A.A., Kamilov Kh., Fisher X.B., Krivenko P.V., Xela R., Kasimov I. Entwicklung von energie- und ressourcensparender Technologien für die Herstellung von wärmedämmenden Holzbetonen auf der Basis von örtlichen Rohstoffen und Industrieabfällen. 17. internationale Baustofftagung. (23-26 September 2009 Bauhaus – Universität Weimar BRD). Weimar 2009. Tagungsbericht-Band 2. S. 2-1217 – 2-1223.
 25. Tulaganow A.A. Kamilov Kh. u a. Untersuchung einer ressourcensparenden Technologie zur Herstellung von ungebrannten Alkalibindemitteln. 17. internationale Baustofftagung. (23-26 September 2009 Bauhaus – Universität Weimar BRD). Weimar 2009. Tagungsbericht-Band 1. S. 0793-0800.
 26. Тулаганов А.А., Камиллов Х.Х., Миралимов М. Формула прочности бетона на безобжиговом щелочном вяжущем. Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии. Том II. (Материалы XV академических чтений РААСН-модернизации строительной индустрии) Казань, 14-17 апреля 2010. с. 82-86.
 27. Tulaganow, A.; Kamilov Kh., Khasanova, M. Wärmedämmende Baustoffe auf der Basis von ungebrannten Alkali-Bindemitteln. 18. Ibausil internationale Baustofftagung. (20-23 September 2012. Bauhaus – Universität Weimar BRD). Weimar 2012. 2 - 0969–0976.
 28. Tulaganow, A.; Kamilov Kh., Abdurashidova, U.; Khasanova, M. Modifizierte Alkalibindemittel und Baumörtel auf Basis des Tuffits. 18. Ibausil internationale Baustofftagung. (20-23 September 2012. Bauhaus – Universität Weimar BRD). Weimar 2012. 1 - 1067–1071.
 29. А.А.Тулаганов, Х.Х.Камиллов, С.С.Касимова, Ю.Ф.Низамова. Теплоизоляционный пеноарболит на безобжиговом щелочном вяжущем. Вестник КГУСТА. 2013, С. 58-63.
 30. Мухамедбаев А.А., Камиллов Х.Х., Мухамедбаев А.А., Хасанова М.К. К вопросу определения содержания минеральных добавок в цементном вяжущем / Журнал «Технологии бетонов». Москва, 2015. -№ 5-6. –С. 28-29.
 31. Kamilov Kh., Mukhamedbaev A., Tulaganow A., Khasanova M., Nizamov T., Mukhamedbaev A. Bindemittel mit wenig Portlandklinker auf Basis von

- Industrieabfällen / 19. Internationale Baustofftagung "Ibausil". Weimar, Bundesrepublik Deutschland, 2015. Band 2. SS. 851-856.
32. Тулаганов А.А., Камилов Х.Х., Мухамедбаев А.А., Мухамедбаев Аг.А. Исследование процесса помола малоклинкерных вяжущих с помощью математического планирования эксперимента / Материалы X Международной конференции молодых ученых «Теория и практика повышения эффективности строительных материалов». Под общ. ред. М.О. Коровкина. – Пенза: ПГУАС, 2015. -С. 121-124.
33. Камилов Х.Х., Тулаганов Қ.М., Мухамедбаев Аг.А. Исследование основных характеристик размалываемости электротермофосфорного шлака в шаровой мельнице. Магистрантларнинг XV анъанавий анжумани илмий мақола. тўп. "Архитектура ва қурилиш муаммолари". Тошкент, 2015. 2-қисм. -141-143 б.
34. Камилов Х.Х., Тулаганов Қ.М., Мухамедбаев Аг.А., Хасанова М.К., Влияние пеноконцентратов на физико-механические свойства щелочного вяжущего. Магистрантларнинг XV анъанавий анжумани илмий мақола. тўп. "Архитектура ва қурилиш муаммолари". Тошкент, 2015. 2-қисм. -143-145 б.
35. Хасанова М.К., Камилов Х.Х., Закиров Д.С., Мухамедбаев А.А. Исследование процесса помола малоклинкерных шлаковых вяжущих в шаровой мельнице / Республика илмий-техник анжумани материаллари «Биоларнинг энергия самардорлигини ошириш ва қурилиш физикасининг долзарб муаммолари». Самарқанд, СамДАҚИ, 2015. 129-131 б.
36. Камилов Х.Х. Измельчение электротермофосфорного шлака в вибромельнице. «Архитектура ва қурилиш соҳаларида инновацион технологияларни қўллаш истиқболлари» мавзусидаги халқаро илмий-техник конференция материаллари. СамДАҚИ, Самарқанд, 2016, 104-106 б.
37. Камилов Х.Х., Юсупов Ш.Ш. Толалар билан арматураланган кўпик бетоннинг хусусиятларини тадқиқ этиш. ТАСИ «Архитектура ва қурилиш муаммолари» 2016. ТАҚИ. 172-173 б.
38. Юсупов Ш.Ш., Камилов Х.Х., Мухамедбаев Аг.А. Влияние пенообразователя Ареком-4 на физико-механические свойства цементного вяжущего. Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2016. С.4
39. Камилов Х.Х., Мухамедбаев Аг.А. Исследование теплопроводности шлакощелочного пенобетона. «Архитектура ва қурилиш соҳаларида инновацион технологияларни қўллаш истиқболлари» мавзусидаги халқаро илмий-техник конференция материаллари. СамДАҚИ, Самарқанд, 2016, 114-116 б.
40. А.А. Тулаганов, Х.Х. Камилов, А.А. Мухамедбаев, А.А. Султанов. Исследование контактной зоны между органическим заполнителем и безобжигового щелочного вяжущего. "Композицион ва нанокомпозицион

- материалларнинг ривожланиш истикболлари” республика илмий-техникавий конференцияси“ Ташкент – 2016, ГУП «Фан ва тараккиёт» - 2016. С. 75-80
41. Камиллов Х.Х., Мухамедбаев А.А., Хасанова М.К., Туропов Ф.Х. Влияние поверхностно-активных веществ на прочностные характеристики шлакощелочного камня / Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами «Кимёвий технология ва озик-овқат саноати корхоналарида ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштиришда инновацион ғоялар». Наманган, НамМТИ, 2016. I қисм. –С. 29-32.
42. Мухамедбаев А.А., Камиллов Х.Х., Закиров Д.С., Низамова Ю.Ф. Композиционное малоклинкерное вяжущее / Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами «Кимёвий технология ва озик-овқат саноати корхоналарида ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштиришда инновацион ғоялар». Наманган, НамМТИ, 2016. I қисм. 41-44 б.
43. М.К. Хасанова, Х.Х. Камиллов, Аг.А. Мухамедбаев, Особенности процесса помола гранулированного шлака в шаровой мельнице. Журнал Сухие строительные смеси. №1, 2016. С. 25-27.
44. Тулаганов А.А., Камиллов Х.Х., Мухамедбаев А.А. Особенности процесса гидратации безобжигового щелочного вяжущего с пенообразователями / Сборник трудов Республиканской научно-технической конференции «Перспективы развития композиционных и нанокomпозиционных материалов». Ташкент, ГУП «Фан ва тараккиёт», 2016. –С. 80-84.
45. Тулаганов А.А., Камиллов Х.Х., Мухамедбаев Аг.А. Технологическая линия производства шлакощелочного ячеистого бетона / XXVII – анъанавий конференция материаллари «Архитектура – қурилиш фани ва давр». Тошкент, ТАҚИ, 2018. 91-94 б.
46. Kamilov Kh. Der Einfluss der Füllstoffe auf die Eigenschaften des porösen Betons. Ibausil. 20. Internationale Baustofftagung 12. - 14. September 2018, Weimar Bundesrepublik Deutschland 20. Internationale Baustofftagung, 12. - 14. September 2018. Weimar. TAGUNGSBAND 2, S.2473-2480.

Автореферат «Архитектура. Қурилиш. Дизайн» илмий-амалий журнал таҳририятдан
ўтказилди ва матнларини мослиги текширилди
(5.06.2020 й.)

Босишга рухсат этилди: 12.06.2020 й.
Бичими 60x84 1/16. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи 3,5. Адади: 100.
«АКТИВ PRINT» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: Тошкент ш., Чилонзор – 25, Лутфий кўчаси, 1А-уй.