

Innovative Ways to Improve the Physical and Mechanical Properties of Silicate Clay Based on Active Mineral Additives

¹Abdukhamid Nuriddinov Khusanjon ugli

¹Kokan State University abduxamidnuriddinov@gmail.com

Abstract: This study is dedicated to exploring innovative methods for improving the physical and mechanical properties of silicate bricks through the use of active mineral additives. The research results demonstrate that active mineral additives positively influence the strength, density, and other mechanical characteristics of silicate bricks. In particular, the addition of microsilica was found to significantly increase compressive strength. These innovative approaches contribute to enhancing the quality and efficiency of construction material manufacturing processes, as well as promoting energy efficiency and environmental sustainability. The study also analyzes the effectiveness of active mineral additives and their potential for industrial-scale application.

Keywords: Active mineral additives, silicate brick, microsilica, compressive strength, physical-mechanical properties, construction material, technogenic waste, quartz sand, energy efficiency, environmental sustainability, industry, raw materials.

Инновационные Способы Улучшения Физико-Механических Свойств Силикатных Глин на Основе Активных Минеральных Добавок

¹Абдухамид Нуриддинов Хусанжон угли

¹Коканский государственный университет abduxamidnuriddinov@gmail.com

Аннотация: Данное исследование посвящено изучению инновационных методов улучшения физико-механических свойств силикатного кирпича посредством использования активных минеральных добавок. Результаты исследования показывают, что активные минеральные добавки положительно влияют на прочность, плотность и другие механические характеристики силикатного кирпича. В частности, было обнаружено, что добавление микрокремнезема значительно увеличивает прочность на сжатие. Эти инновационные подходы способствуют повышению качества и эффективности процессов производства строительных материалов, а также повышению энергоэффективности и экологической устойчивости. В исследовании также анализируется эффективность активных минеральных добавок и потенциал их промышленного применения.

Ключевые слова: Активные минеральные добавки, силикатный кирпич, микрокремнезем, прочность на сжатие, физико-механические свойства, строительный материал, техногенные отходы, кварцевый песок, энергоэффективность, экологическая устойчивость, промышленность, сырье.

Faol Mineral Qo'shimchalar asosida Silikat G'ishtning Fizik-Mexanik Xususiyatlarini Yaxshilashning Innovatsion Yo'llari

¹Abduxamid Nuriddinov Xusanjon o'g'li

¹Qo‘qon Davlat Universiteti abduxamidnuriddinov@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot faol mineral qo‘shimchalar yordamida silikat g‘ishtning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilashning innovatsion usullarini o‘rganishga bag‘ishlangan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, faol minerallar qo‘shimchalari silikat g‘ishtning mustahkamligi, zichligi va boshqa mexanik xususiyatlariga ijobiy ta‘sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, Mikrosilikatt qo‘shilishi siqilish mustahkamligini sezilarli darajada oshirishi aniqlangan. Ushbu innovatsion yondashuvlar qurilish materiallarini ishlab chiqarish jarayonida sifat va samaradorlikni oshirishga, shuningdek, energiya tejamkorligi va ekologik barqarorlikka hissa qo‘shishga imkon beradi. Tadqiqotda faol mineral qo‘shimchalarning samaradorligi va ularni sanoat miqyosida qo‘llash imkoniyatlari ham tahlil qilindi.

Kalit so‘zlar: Faol mineral qo‘shimchalar, silikat g‘isht, Mikrosilikatt, siqilish mustahkamligi, fizik-mexanik xususiyatlar, qurilish materiali, texnogen chiqindilar, kvarts qumi, energiya samaradorligi, ekologik barqarorlik, sanoat, xom ashyo.

Kirish. Ushbu tadqiqotda faol mineral qo‘shimchalar asosida silikat g‘ishtning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilash uchun turli tabiiy va texnogen materiallardan foydalanildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi faol minerallar qo‘shimchalari ta‘sirini batafsil o‘rganish va ularning qurilish materiallarining mustahkamligi, zichligi hamda issiqlik izolyatsiyasi kabi ko‘rsatkichlariga ta‘sirini aniqlashdir.

Tadqiqot uchun tanlangan asosiy materiallar quyidagilar:

- **Tuffit** — vulqon faolliги natijasida hosil bo‘lgan porosli tog‘ jinslari bo‘lib, uning tarkibida pemza, lava va vulqon kulining po‘stlog‘i mavjud. Tuffitning qurilishda yengil betonlar va boshqa izolyatsion materiallarda qo‘llanilishi uning issiqlik saqlash va o‘tkazmaslik xususiyatlarini yaxshilash imkonini beradi. Ushbu material faol minerallar qo‘shimchasining tabiiy manbai sifatida o‘rganildi.

- **Kvarts qumi** — asosan yuqori tozalikka ega kvarts minerali tashkil qiluvchi material bo‘lib, u qurilish sanoatida, jumladan beton, gips va devor ishlanmalarida, shuningdek, shisha ishlab chiqarish va suvni filtrlash jarayonlarida keng qo‘llaniladi. Kvarts qumi qurilish aralashmalarining mexanik mustahkamligini oshirishda va silikat g‘ishtning tarkibiy mustahkamligini yaxshilashda muhim rol o‘ynaydi.

- **Barxan qumi** — asosan cho‘l mintaqalarida, qum tepalari hududida topiladigan nozik donali qum turi bo‘lib, u yuqori suv so‘rib olish qobiliyati va mustahkamligi bilan ajralib turadi. Barxan qumi faol qo‘shimcha sifatida silikat g‘isht tarkibiga kiritilganda, u aralashmaning zichligini va strukturasi yaxshilashga yordam beradi.

Tadqiqot jarayonida yuqoridagi tabiiy minerallarga qo‘shimcha ravishda, sanoat chiqindilari va texnogen materiallar ham sinovdan o‘tkazildi. Bular orasida metallurgik shlaklar, soda ishlab chiqarish chiqindilari va gips kabi moddalar mavjud bo‘lib, ularning silikat g‘ishtning fizik-mexanik xususiyatlariga ta‘siri ham o‘rganildi.

Materiallar tarkibi, ularning o‘zaro reaksiyalari va g‘ishtning texnologik xususiyatlarini baholash uchun zamonaviy kimyoviy va fizik analiz usullari, jumladan, rentgen diffraksiyasi (XRD), skanerlash elektron mikroskopiyasi (SEM) va siqilish sinovlari qo‘llanildi. Ushbu metodlar yordamida faol mineral qo‘shimchalarning silikat g‘ishtning strukturasi va o‘zgarishlari va mexanik xususiyatlari yuzasidan aniq va ishonchli ma‘lumotlar olindi.

Tadqiqot natijalari asosida faol minerallar qo‘shimchalari yordamida silikat g‘isht ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirish va uning sifatini oshirish bo‘yicha yangi innovatsion texnologik yo‘nalishlar ishlab chiqildi. Bu yo‘nalishlar qurilish sanoatida yuqori samaradorlik va ekologik barqarorlikni ta‘minlashda muhim ahamiyatga ega.

Tajriba qism.

Namuna tayyorlash jarayoni. Faol mineral qo‘shimchalar asosida silikat g‘isht namunalari tayyorlashda bir nechta innovatsion yondashuvlar sinovdan o‘tkazildi. An’anaviy silikat g‘isht ohak va

kvarts qumi asosida tayyorlansa-da, ushbu tadqiqotda tarkibga turli faol mineral va texnogen qo'shimchalar qo'shilishi orqali fizik-mexanik xossalarni yaxshilashga erishish maqsad qilingan.

Ishlab chiqarish tarkibi quyidagilardan iborat:

- **Ohak** — bog'lovchi komponent sifatida 10–15% miqdorda.
- **Kvarts qumi** — asosiy plomba material (50–60%).
- **Faol mineral qo'shimchalar** — quyidagi turlari bilan sinovdan o'tkazildi:
 - **Mikrosilikatt** (5–10%) — silisdiy dioksidning ultra mayda zarrachalari.
 - **Texnogen shlak** (10–20%) — issiqlik va zichlikni nazorat qilish uchun.
 - **Kul (fly ash)** (5–15%) — metakaolin va boshqa faollashtirilgan minerallar bilan.
 - **Tuffit va barxan qumi** — zichlik va issiqlik izolyatsiyasini yaxshilash uchun.
- **Suv** — aralashmani namlantirish darajasida, minimal miqdorda.
- **Xrom oksidi (Cr₂O₃)** — kimyoviy barqarorlik va ishqorga chidamlilikni oshirish uchun 0.5–1% gacha.

Ushbu komponentlar **yarim quruq presslash texnologiyasi** asosida tayyorlanib, bosim ostida g'isht shakliga keltiriladi. So'ng, avtoklavlangan (avtoklav ichida 180–200°C haroratda, 8–12 atm bosimda 8–10 soat davomida qizdiriladi) muhitda mustahkamlanadi.

Innovatsion jihatlar:

- **Mikrosilikatt** qo'shilishi silikat g'ishtning strukturaviy zichligini oshirib, siqilish mustahkamligini **16.3%** gacha yaxshilagan.
- **Kul** bilan tayyorlangan namunalar gidratatsiya jarayonini faollashtirgan, lekin yuqoridagi natijalarga nisbatan nisbatan pastroq mustahkamlik ko'rsatgan.
- **Shlak** va **gips** qo'shilgan namunalar esa issiqlik izolyatsiyasini sezilarli darajada oshirib, ekologik jihatdan xavfsiz aralashma shakllanishiga yordam bergan.

Tajriba namunalarining fizik-mexanik sinov natijalari (qisqacha misol):

№	Namuna turi	Siqilish mustahkamligi (MPa)	Zichlik (kg/m ³)	Issiqlik o'tkazuvchanlik (W/m·K)	Namuna turi
1	An'anaviy (ohak + qum)	10.5	1650	0.87	An'anaviy (ohak + qum)
2	Mikrosilikatt 5%	11.3	1685	0.78	Mikrosilikatt 5%
3	Mikrosilikatt 10%	12.2	1710	0.72	Mikrosilikatt 10%
4	Kul 10%	11.0	1660	0.81	Kul 10%
5	Shlak 15% + Gips 5%	11.5	1635	0.75	Shlak 15% + Gips 5%

Silikat g'isht bo'yicha normativ hujjatlar (standartlar):

Silikat g'isht ishlab chiqarishda quyidagi normativ hujjatlar asosida texnologik tartib va sifat nazorati amalga oshirildi:

1. **SNiP 3.03.01-87** – "Yuk ko'taruvchi va o'rab turuvchi konstruksiyalar".
2. **GOST 379-95** – "Silikat g'isht va bloklar. Umumiy texnik shartlar".
3. **GOST 23421-79** – "Qum-ohakli g'ishtlarni avtotransportda tashish qoidalari".

Faol mineral qo'shimchalar asosida silikat g'ishtning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilashning innovatsion yo'llari. Bugungi kunda sanoatning jadal rivojlanishi bilan bir qatorda texnogen chiqindilarning hajmi ham ortib bormoqda. Ayniqsa, metallurgiya, qurilish, kimyo sanoati va tabiiy resurslarni qazib olish jarayonida katta miqdorda hosil bo'ladigan chiqindilar ekologik

muvozanatga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Shu bois, ushbu chiqindilarning qayta ishlanishi va ularni qurilish materiallari ishlab chiqarish jarayoniga jalb qilish dolzarb ilmiy-texnik muammo sanaladi.

Natijalar.

Texnogen chiqindilar — inson faoliyati natijasida yuzaga keladigan, tarkibida foydali komponentlarga ega bo'lgan sanoat chiqindilaridir. Ularga metall qoldiqlari, cüruf, kul, qurilish materiallari qoldiqlari, kimyoviy chiqindilar va boshqa qattiq chiqindilar kiradi. Jumladan, **soda ishlab chiqarish natijasida hosil bo'ladigan qattiq chiqindilar** (masalan, kalsinatsiyalangan soda qoldiqlari) tarkibida kaltsiy karbonat, silikatlar, va boshqa faol komponentlar mavjud bo'lib, ular turli sohalarda, ayniqsa, qurilish materiallari ishlab chiqarishda foydalanishga yaroqlidir.

Silikat g'isht ishlab chiqarishda texnogen chiqindilarning ahamiyati. Silikat g'isht — qurilishda keng qo'llaniladigan sun'iy qurilish material bo'lib, GOST standartlariga ko'ra turli xildagi navlarga ega. Ular asosan quyidagi tarkib asosida ishlab chiqariladi:

- **Ohak-kulli g'isht** — asosiy tarkibiy qismi texnogen kul (80%) va ohak (20%). Ushbu tarkib g'ishtning bosimga chidamliligini oshiradi va issiqlik izolyatsiya xususiyatlarini yaxshilaydi.

- **Shlak-ohakli g'isht** — 90% metallurgik shlak va 10% ohakdan iborat. Bu turdagi g'ishtlarda kvarts qumi ishlatilmaydi, ammo texnogen qo'shimchalar tufayli ularning zichligi va suvga chidamliligi yuqori bo'ladi.

- **Ohak-qumli g'isht** — klassik silikat g'isht turi bo'lib, 90% kvarts qumi va 10% ohakdan tashkil topgan. Ushbu g'ishtning asosiy ustunligi — yuqori bosimga bardoshlilik va aniq geometrik shakli.

Faol mineral qo'shimchalar va ularning samarasi, So'nggi yillarda olib borilgan ilmiy izlanishlar shuni ko'rsatmoqdaki, silikat g'isht tarkibiga faol mineral qo'shimchalar — masalan, metakaolin, volastonit, granit chiqindilari, loy minerallari, shlak mikroskopik kul, fly-ash (fly ash) va boshqalarni kiritish orqali materialning fizik-mexanik xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilash mumkin.

Ushbu qo'shimchalar:

- Silikatlashuv jarayonini faollashtiradi, bu esa g'ishtning mustahkamligini oshiradi;
- Porozitligini kamaytiradi, natijada suv shimish koeffitsiyenti pasayadi;
- Issiqlik izolyatsiya xususiyatlarini yaxshilaydi;
- Atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytiradi, chunki texnogen chiqindilarni qayta ishlash orqali chiqindilarning miqdori qisqaradi.

Tadqiqot natijalari va amaliy ahamiyati

2023–2024-yillarda olib borilgan eksperimental tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, ohak-qumli g'isht tarkibiga 10–15% miqdorda soda zavodi chiqindisini qo'shish natijasida:

- Bosimga chidamlilik 12–15% ga oshgan;
- Suv shimish ko'rsatkichi 8–10% ga kamaygan;
- Sirt sifatida qattqlik va bardoshlilik yaxshilangan;
- Texnologik jarayonlarda energiya sarfi kamaygan (past haroratli siqlash orqali).

Bundan tashqari, bu usul resurslardan samarali foydalanish, atmosfera chiqindilarini kamaytirish va barqaror qurilish sanoatini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Silikat g'isht modifikatsiyasi va konstruktiv turlarining fizik xususiyatlarga ta'siri. Silikat g'ishtlar nafaqat kimyoviy tarkibi, balki konstruktiv-geometrik modifikatsiyasi jihatidan ham bir nechta turlarga bo'linadi. Amaliyotda ularni shartli ravishda qattiq (to'liq hajmli) va bo'shliqli (yoki ichi bo'sh) silikat g'ishtlarga ajratish mumkin. Ushbu modifikatsiyalar qurilish materialining asosiy fizik-mexanik va issiqlik-texnik xususiyatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Qattiq va ichi bo'sh silikat g'ishtlar orasidagi farqlar

Ko'rsatkichlar	Qattiq g'isht	Ichi bo'sh g'isht
Issiqlik o'tkazuvchanlik	Yuqori	Past

(W/m·K)		
Bosimga chidamlilik	Yuqori	O'rtacha
Og'irlik	Yuqori	Yengil
Bo'shliqlik foizi	0–13%	13–40% gacha
Yelim (biriktiruvchi) sarfi	Kam	Ko'proq

Ichi bo'sh silikat g'ishtlar issiqlik izolyatsiya jihatidan samaraliroq bo'lib, ular energiya tejankor qurilishlarda keng qo'llaniladi. Biroq, bo'shliqlarning ortishi bilan g'ishtning yuk ko'tarish qobiliyati, ya'ni bosimga chidamliligi pasayishi mumkin.

Individual modifikatsiyalar va GOST chegaralari

Amaldagi GOST standartlariga ko'ra, silikat g'ishtlar uchun belgilangan mustahkamlik va geometrik ko'rsatkichlar qat'iy aniqlangan. Biroq, ishlab chiqaruvchilar ayrim hollarda xaridorning individual talablariga binoan, masalan, bo'shliqlik darajasini 40% gacha oshirish, yoki turli ko'rinishdagi shakl va o'lchamdagi g'ishtlar ishlab chiqarish imkoniyatiga ega. Bunday hollarda:

- Issiqlik o'tkazuvchanlik 20–30% gacha yaxshilanadi;
- Qurilishning og'irligi kamayadi;
- Biroq, GOST bo'yicha kafolatlangan bosimga chidamlilik darajasi ta'minlanmasligi mumkin.

Shu sababli, bunday modifikatsiyalar ishlab chiqaruvchi tomonidan rasmiy kafolatlar bilan ta'minlanmaydi, va mahsulotdan foydalanish mijozning xavfi va mas'uliyati **ostida** amalga oshiriladi.

Qurilish xarajatlariga ta'siri

Ichi bo'sh g'ishtlardan foydalanish qurilishda bir nechta iqtisodiy va texnik xususiyatlarga ta'sir qiladi:

- Issiqlik izolyatsiyasi yaxshilanadi, bu esa isitish va sovitish xarajatlarini kamaytiradi;
- Qurilish materiali yengilroq bo'lgani uchun transport va yuk ko'tarish xarajatlari kamayadi;
- Shu bilan birga, biriktiruvchi materiallar (ohak, sement, aralashmalar) sarfi ortadi, chunki bo'shliqlik g'ishtlar ko'proq sirt maydoniga ega.

Tadqiqot natijalari

Olib borilgan eksperimental tadqiqotlar silikat g'isht tarkibiga turli faol mineral qo'shimchalar — Mikrosilikatt, texnogen kul, faollashtirilgan shlaklar va gips modifikatorlarini qo'shish orqali uning siqilish mustahkamligini oshirish imkoniyatini aniqlashga qaratildi. Quyidagi asosiy natijalar qayd etildi:

- Mikrosilikatt (mikrokremniy oksidi) qo'shilgan namunalar siqilish mustahkamligi bo'yicha eng yaxshi natijalarni ko'rsatdi. 5% Mikrosilikatt qo'shilganda mustahkamlik 7,5% ga, konsentratsiya oshirilganda esa 16,3% gacha o'sishi kuzatildi. Bu, asosan, Mikrosilikattning yuqori sirt faolligi va zarrachalarning mikron o'lchamda bo'lishi tufayli matritsa ichida zich va mustahkam tuzilma hosil bo'lishi bilan izohlanadi.

- Texnogen kul ham ijobiy ta'sir ko'rsatdi. U gidratatsiya jarayonini faollashtiradi, suyuqlikni o'zlashtirish xususiyatini yaxshilaydi va mikropora tuzilmalarni kamaytiradi. Biroq, Mikrosilikattga nisbatan siqilish mustahkamligini oshirish samaradorligi pastroq bo'lib, kuchsiz ijobiy dinamika bilan cheklanadi.

- Faollashtirilgan shlaklar va gips qo'shilgan holatlarda barqaror, ammo nisbatan pastroq mustahkamlik o'sishi qayd etildi. 5–11% miqdorda qo'shilgan bu qo'shimchalar siqilish mustahkamligini 8–13% gacha oshirdi. Bunda shlak tarkibidagi faol komponentlar gidratatsiya reaksiyasini sustlashgan holda qo'llab-quvvatlagan, gips esa bog'lovchi rolini bajargan.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqotlar faol mineral qo'shimchalarning silikat g'ishtning fizik-mexanik xususiyatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatishini isbotladi. Quyidagi muhim ilmiy-amaliy xulosalar chiqarildi:

Mikrosilikatt eng samarali modifikator sifatida tanildi. Uning yuqori disperslik darajasi va kimyoviy faolligi tufayli silikat g'isht ichida silliq, zich va kam porali tuzilma hosil bo'lib, bu siqilish

kuchining sezilarli darajada oshishiga olib keladi. Ushbu natijalar ilgari olib borilgan ilmiy ishlar bilan uyg'unlikda bo'lib, silikat asosli materiallarda Mikrosilikattning kuchaytiruvchi effektini yana bir bor tasdiqlaydi.

Xulosa

Texnogen kul qo'shilishi garchi ijobiy ta'sir ko'rsatsa-da, u ikkinchi darajali yordamchi qo'shimcha sifatida baholanadi. Uning kuchaytiruvchi xususiyati Mikrosilikattga nisbatan past bo'lib, asosan gidratatsiya reaksiyasini barqarorlashtiruvchi vosita sifatida ishlaydi.

Faollashtirilgan shlak va gips materiallari silikat g'ishtda muvozanatli fizik xususiyatlarni ta'minlaydi, ammo kuch ko'rsatkichlarining keskin oshishiga olib kelmaydi. Ular barqarorlikni oshirishda va qurilish materiali sifati davomiyligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi.

Ushbu qo'shimchalar silikat g'isht ishlab chiqarish texnologiyasini innovatsion jihatdan diversifikatsiya qilish imkonini beradi, ya'ni tarkibni moslashtirish orqali kerakli mustahkamlik va issiqlik izolyatsiyasi parametrlari erishiladi.

Yirik hajmdagi ishlab chiqarish sharoitida Mikrosilikatt va kul asosidagi modifikatsiyalarning qo'llanilishi ekologik barqarorlik, chiqindilardan samarali foydalanish, hamda energiya samarador qurilish materiallari yaratish nuqtai nazaridan katta iqtisodiy va ekologik ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Бровко, И. Н., & Сафонов, В. П. (2018). *Производство силикатного кирпича с использованием техногенных отходов*. – Москва: Стройиздат.
2. Миронов, А. М., & Шевченко, Л. П. (2020). *Минеральные добавки в строительных материалах: свойства, применение, эффективность*. – Санкт-Петербург: ГЕО.
3. Xasanov, B., & To'xtaboyev, O. (2021). *Qurilish materiallari texnologiyasi*. – Toshkent: O'zbekiston milliy ensiklopediyasi.
4. Nurmatov, A., & Islomov, F. (2022). *Faol mineral qo'shimchalar asosida g'isht mahsulotlari xossalarining takomillashtirilishi*. // O'zMU Ilmiy axborotnomasi, №2, B. 115–120.
5. Neville, A. M. (2012). *Properties of Concrete* (5th ed.). – London: Pearson Education Limited.