

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

27-june, 2026



engineer.tstu.uz

**TEXNIKA FANLARI DOKTORI, PROFESSOR
MIRAXMEDOV MAXAMADJON MIRAXMEDOVICH
TAVALLUDINING 80 YILLIGIGA BAG'ISHLANGAN
“SAMARALI QURILISH MATERIALLARI, KONSTRUKSIYALARI VA
TEKNOLOGIYALARI”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO'PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti RAASN akademigi, O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan yoshlar murabbiyi, texnika fanlari doktori, professor Miraxmedov Maxamadjon Miraxmedovich tavalludining 80 yilligiga bag'ishlangan, ilmiy ishlar to'plami nashr etilishi ko'zda tutilgan «Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari» mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyani o'tkazishni rejalashtirmoqda.

M.M. Miraxmedov kompozitsion qurilish materiallarining polistruktura nazariyasini rivojlantirishga salmoqli hissa qo'shgan. Uning qurilish materialshunosligi sohasidagi ilmiy hissi e'tirofi sifatida 1995-yilda Rossiya arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining (RAASN) xorijiy a'zosi etib saylangan. M.M. Miraxmedov 6 ta monografiya, 200 dan ortiq ilmiy maqolalar va 25 ta ixtiroga mualliflik guvohnomalari muallifidir.

Ushbu konferensiyaning asosiy maqsadi - qurilish materialshunosligi, bino va inshootlarni loyihalash va qurilish sohasidagi ilmiy tadqiqotlar natijalarini, shuningdek, muhandislik ta'limini takomillashtirish yo'llarini muhokama qilishdan iborat.

Konferensiya ishida ishtirok etish uchun oliy o'quv yurtlari va ilmiy tadqiqot institutlari olimlari, O'zbekiston Respublikasi va xorijiy davlatlarning ishlab chiqarish vakillari, ilmiy tadqiqotlarda salmoqli natijalarga ega bo'lgan mutaxassislar taklif etiladi.

“Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. Resurs va energiya tejovchi qurilish materiallari va texnologiyalari.
2. Atrof-muhitning transport infratuzilmasiga ta'siri va uni himoya qilish usullari.
3. Bino va inshootlarning qurilish konstruksiyalari: hisoblash va loyihalashning zamonaviy usullari.
4. Arxitektura, shaharsozlik va shahar muhitini rivojlantirish.
5. Qurilishni tashkil etishning innovatsion usullari va qurilish jarayonlari texnologiyalari.
6. Transport obyektlarini loyihalash va qurishda raqamli texnologiyalar hamda sun'iy intellekt.
7. Temir yo'l transporti infratuzilmasi obyektlarini loyihalash, qurish va ekspluatatsiya qilish.
8. Zamonaviy muhandislik ta'limi tizimini takomillashtirish.

Mazkur konferensiya ilmiy hamjamiyatning turli vakillarini bir joyga jamlab, qurilish materialshunosligi sohasidagi zamonaviy muammolar va istiqbollarni muhokama qilish uchun qulay platforma vazifasini bajardi.

Research Analysis on Partial Replacement of Cement in Concrete with Fly Ash and Wollastonite

Z.M. Sattorov¹^a, O.A. Otajonov²^b

¹Tashkent University of Architecture and Civil Engineering, Tashkent, Uzbekistan

²Fergana State Technical University, Fergana, Uzbekistan

Abstract: This study investigated the effect of partial replacement of cement in concrete with fly ash and wollastonite mineral on concrete properties. The potential of wollastonite, a natural mineral and ash produced by coal combustion in thermal power plants, to improve the environmental and mechanical properties of concrete was analyzed. In the experimental process, a certain part of the cement was replaced with 20% and 25% ash, as well as 10% and 15% wollastonite, and several concrete compositions were prepared. During the study, the workability, compressive strength and durability properties of the concrete mixture were tested at 7, 14 and 28-day curing periods.

Keywords: Concrete, concrete testing, workability, strength, durability testing, sodium sulfate, wollastonite, fly ash

Beton Tarkibidagi Sementni Kul va Wollastonit bilan Qisman Almashtirish Bo'yicha Olib Borilgan Tadqiqot Tahlillari

Sattorov Z.M.¹^a, Otajonov O.A.²^b

¹Toshkent arxitektura-qurilish universiteti, Toshkent, O'zbekiston

²Farg'ona davlat texnika universiteti, Farg'ona, O'zbekiston

Annotatsiya: Mazkur tadqiqotda beton tarkibidagi sementni qisman uchuvchi kul va wollastonit minerali bilan almashtirishning beton xossalariga ta'siri o'rganilgan. Issiqlik elektr stansiyalarida ko'mir yoqilishi natijasida hosil bo'ladigan kul hamda tabiiy mineral hisoblangan wollastonitning betonning ekologik va mexanik xususiyatlarini yaxshilashdagi imkoniyatlari tahlil qilindi. Tajriba jarayonida sementning ma'lum qismi 20 % va 25 % miqdorda kul, shuningdek 10 % va 15 % miqdorda wollastonit bilan almashtirilgan hamda bir nechta beton tarkiblari tayyorlandi. Tadqiqot davomida beton qorishmasining harakatchanligi, siqilishdagi mustahkamligi va chidamlilik xususiyatlari 7, 14 va 28 sutkalik qotish davrlarida sinovdan o'tkazilgan.

Kalit so'zlar: Beton, beton sinovi, harakatchanlik, mustahkamlik, chidamlilik sinovi, natriy sulfat, wollastonit, uchuvchi kul


1. KIRISH

Beton insoniyat taraqqiyotida eng muhim qurilish materiallaridan biri hisoblanadi. Hozirgi kunda u dunyo bo'yicha eng ko'p ishlatiladigan sun'iy qurilish materiali sifatida e'tirof etiladi. Betonning keng qo'llanilishiga uning yuqori mustahkamligi, uzoq xizmat muddati, iqtisodiy samaradorligi va turli konstruksiyalarda qo'llash imkoniyati sabab bo'lmoqda. Zamonaviy qurilish sanoatini betonsiz tasavvur qilish qiyin. Shunga qaramay, so'nggi yillarda beton ishlab chiqarishda asosiy bog'lovchi material hisoblangan sement ekologik muammolarni keltirib chiqarmoqda. Xalqaro Energetika Agentligi

ma'lumotlariga ko'ra, sement ishlab chiqarish jarayoni global karbonat angidrid (CO₂) chiqindilarining qariyb 7 % ini tashkil etadi. Portlandsement ishlab chiqarish jarayonida ohaktoshning kuydirilishi va yuqori haroratda klinker olish katta miqdorda energiya talab qiladi. Bu esa atmosfera ifloslanishining ortishiga olib keladi [1-3].

Shu sababli, bugungi kunda sementning ma'lum qismini mineral qo'shimchalar bilan almashtirish bo'yicha ko'plab ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Mineral qo'shimchalardan foydalanish betonning issiqlik ajralishini kamaytiradi, suv o'tkazmasligini oshiradi, sulfat muhitlarga chidamliligini yaxshilaydi

^a <https://orcid.org/0000-0001-9824-1491>

^b <https://orcid.org/0000-0003-0830-2989>



va betonning uzoq muddat xizmat qilishini ta'minlaydi. Bundan tashqari, ular ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirib, ekologik xavfsizlikni ta'minlashda ham muhim ahamiyatga ega.

Hozirgi kunda Hindiston dunyodagi eng yirik sement ishlab chiqaruvchi davlatlardan biri hisoblanadi. Biroq katta hajmdagi sement ishlab chiqarish ekologik muammolarni ham kuchaytirmoqda. Shu bois sanoat chiqindilaridan samarali foydalanish va alternativ bog'lovchi materiallarni qo'llash dolzarb masalalardan biri bo'lib qolmoqda.

2. MATERIALLAR VA TADQIQOT METODOLOGIYASI

Uchuvchi kul — issiqlik elektr stansiyalarida maydalangan ko'mirni yoqish natijasida hosil bo'ladigan mayda dispersli kuldir. Yonish jarayonida hosil bo'lgan juda mayda zarrachalar tutun gazlari bilan birga ko'tariladi va elektrofiltrlar yoki maxsus matoli filtrlarda ushlab qolinadi.

Uchuvchi kul tarkibida asosan: kremniy oksidi (SiO_2), alyuminiy oksidi (Al_2O_3), temir oksidlari (Fe_2O_3) kabi oksidlar mavjud bo'ladi. Uning kimyoviy tarkibi ishlatilgan ko'mir turi va yonish texnologiyasiga bog'liq holda farq qiladi [4].

Qurilish sanoatida uchuvchi kul keng qo'llaniladi. Ayniqsa beton ishlab chiqarishda u putssolan qo'shimcha sifatida muhim ahamiyat kasb etadi. Uchuvchi kul sement bilan reaksiyaga kirishib, qo'shimcha kalsiy gidrosilikatlar hosil qiladi va betonning zichligini oshiradi. Natijada:

- betonning ishlovchanligi yaxshilanadi;
- gidratatsiya issiqligi kamayadi;
- suv o'tkazuvchanligi pasayadi;
- sulfat muhitlarga chidamlilik ortadi;
- uzoq muddatli mustahkamlik yaxshilanadi.

Uchuvchi kuldin foydalanish tabiiy resurslarni tejashga xizmat qiladi hamda sement sarfini kamaytirish orqali CO_2 chiqindilarini qisqartiradi. Shu jihatdan u ekologik barqaror qurilish materiallarini yaratishda muhim komponent hisoblanadi.

Vollastonit — tabiiy holda uchraydigan kalsiy inosilikat minerali bo'lib, kimyoviy formulasi CaSiO_3 ko'rinishida ifodalanadi. Mineral tarkibida ayrim hollarda magniy, temir va marganes kabi elementlar ham uchrashi mumkin. Vollastonit odatda oq rangda bo'lib, tolali mikrostrukturaga ega.

U asosan ohaktosh yoki dolomit jinslarining yuqori harorat va bosim ta'sirida metamorfik o'zgarishi natijasida hosil bo'ladi. Mineral ingliz kimyogari va mineralogi Uilyam Hayd Vollaston sharafiga nomlangan. Vollastonitning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat: yuqori oq ranglilik; namlikni kam shimishi; past issiqlik o'tkazuvchanlik; yuqori termik barqarorlik; kimyoviy inertlik; mikroarmaturalovchi xususiyati.

Vollastonit mikrotolalari beton tarkibida mikroarmatura vazifasini bajaradi. Ular beton ichidagi mikro yoriqlar rivojlanishini sekinlashtiradi hamda cho'zilishdagi va egilishdagi mustahkamlikni oshiradi. Shuningdek, betonning qisqarish deformatsiyalarini kamaytirishga yordam beradi [5]. Vollastonit plastmassa, keramika, bo'yoq sanoati, metallurgiya va qurilish materiallari ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi. Ayniqsa, beton tarkibida undan foydalanish betonning mexanik va ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilash imkonini beradi.

Natriy sulfat (Na_2SO_4) va chidamlilik sinovi. Betonning uzoq muddat xizmat qilish xususiyatlarini baholashda sulfat muhitlarga chidamlilik muhim ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi. Natriy sulfat (Na_2SO_4) beton konstruksiyalariga agressiv ta'sir ko'rsatadigan kimyoviy moddalardan biri hisoblanadi.

Sulfat ionlari sement toshi tarkibidagi gidratatsiya mahsulotlari bilan reaksiyaga kirishib: hajmiy kengayish; mikro yoriqlar hosil bo'lishi; betonning yemirilishi kabi salbiy jarayonlarni yuzaga keltiradi. Shu sababli, betonning Na_2SO_4 eritmasidagi chidamliligi maxsus laboratoriya sinovlari orqali aniqlanadi. Tajribalarda beton namunalar ma'lum muddat natriy sulfat eritmasida saqlanadi va ularning: massa yo'qotishi; mustahkamlikning kamayishi; yuzadagi yemirilish holati baholanadi.

Uchuvchi kul va vollastonit qo'shilgan betonlarda zich struktura hosil bo'lishi tufayli sulfat ionlarining beton ichiga kirib borishi kamayadi. Natijada bunday betonlarning agressiv muhitdagi chidamliligi oddiy betonlarga nisbatan yuqori bo'ladi [6].

Mayda to'ldiruvchi. Beton tarkibida mayda to'ldiruvchi sifatida tabiiy qum ishlatildi. Qumning fizik-mexanik xossalari beton qorishmasining ishlov beruvchanligi va mustahkamligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqot davomida qumning granulometrik tarkibi, suv shimuvchanligi, zichligi hamda solishtirma og'irligi aniqlanib, standart talablariga muvofiqi tekshirildi.

1-jadval

Mayda to'ldiruvchining xossalari

Xossalari	Qum
Elak tahlili	II zona
Yiriklik moduli	2,871
Solishtirma og'irligi	2,64
Suv shimuvchanligi	1,77 %
Hajmiy zichligi	1,62 (bo'sh), 1,76 (zichlangan)

Yirik to'ldiruvchi. Tadqiqotda 20 mm va 10 mm fraksiyalari maydalangan shag'al yirik to'ldiruvchi sifatida qo'llanildi. To'ldiruvchining zarba bardoshligi, maydalanuvchanligi, yassi va cho'zinchoq donalar miqdori betonning umumiy



mustahkamligi hamda uzoq muddatli ishlash xususiyatlariga ta'sir qiladi.

2-jadval

Yirik to'ldiruvchining xossalari

Xossalari	20 mm	10 mm
Solishtirma og'irligi	2,88	2,99
Suv shimuvchanligi	1,46 %	0,29 %
To'ldiruvchining zarba qiymati	9,21 %	9,33 %
To'ldiruvchining maydalanuvchanlik qiymati	11,75 %	9,98 %
Yassilik indeksi	10,89 %	25,26 %
Cho'zinchoqlik indeksi	6,84 %	7,66 %
Hajmiy zichligi	1,657 (bo'sh), 1,75 (zichlangan)	1,53 (bo'sh), 1,68 (zichlangan)

Vollastonit tabiiy kaltsiy inosilikat minerali bo'lib, beton tarkibida mikroto'ldiruvchi sifatida ishlatildi. U betonning mikrostrukturasi yaxshilanishiga, yorilishlarga chidamlilikning oshishiga va mustahkamlik ko'rsatkichlarining yaxshilanishiga xizmat qiladi.

3-jadval

Vollastonitning xossalari

Xossalari	Qiymati
pH qiymati	9,9
Solishtirma og'irligi	2,67
Hajmiy zichligi	1211,8 kg/m ³
Rangi	Oq

Beton tarkibini loyihalash. Tadqiqot davomida B45, B50 va B55 markali beton qorishmalari tayyorlandi. Beton tarkibi loyihalashda suv-sement nisbati, to'ldiruvchilar miqdori hamda optimal ishlov beruvchanlik va mustahkamlik ko'rsatkichlari hisobga olindi.

4-jadval

1 m³ B45 markali beton uchun qorishma tarkibi

Suv	Sement	Mayda to'ldiruvchi	Yirik to'ldiruvchi	Jami
153,26	383,13	808,18	1197,71	2542,28

5-jadval

1 m³ B50 markali beton uchun qorishma tarkibi

Suv	Sement	Mayda to'ldiruvchi	Yirik to'ldiruvchi	Jami
153,26	437,90	766,92	1179,36	2537,44

6-jadval

1 m³ B55 markali beton uchun qorishma tarkibi

Suv	Sement	Mayda to'ldiruvchi	Yirik to'ldiruvchi	Jami
153,26	414,22	784,62	1188,84	2540,94

3. TADQIQOT NATIJALARI

Harakatchanlik. Yangi tayyorlangan beton qorishmasining harakatchanligi cho'kish sinovi yordamida baholandi. Cho'kish qiymati qolipning yuqori qismi bilan cho'kkan betonning eng yuqori nuqtasi orasidagi balandlik farqi orqali aniqlangan. Tadqiqot natijalari vollastonit va kul qo'shimchalari beton qorishmasining plastikligini oshirishini ko'rsatgan.

Siqilish mustahkamligi natijalari. Betonning siqilishdagi mustahkamligini aniqlash uchun o'lchami 150 × 150 × 150 mm bo'lgan kub namunalar tayyorlandi. Namunalar siqilish pressida sinovdan o'tkazilgan va yuk beton yemirilguniga qadar bosqichma-bosqich oshirildi. Siqilish mustahkamligi quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

bu yerda: P — siqilishdagi kuch; A — kubning kesim yuzasi, mm².

Natijalar shuni ko'rsatganki, optimal miqdordagi vollastonit va kul qo'shimchalari betonning siqilish mustahkamligini sezilarli darajada oshirdi.

Mustahkamlik va chidamlilik sinovi natijalari. Betonning sulfat muhitiga chidamliligini aniqlash maqsadida 150 mm o'lchamdagi beton kub namunalar tayyorlandi va 28 sutka davomida suvda qotirildi. Qotish muddati tugagandan so'ng namunalar yuzasi tozalandi va ularning boshlang'ich massasi qayd etilgan.

Keyinchalik namunalar natriy sulfat (Na₂SO₄) eritmasiga tushirildi va ma'lum vaqt oralig'ida kuzatib borildi. 28 sutkadan so'ng namunalar eritmadan chiqarilib, massa yo'qotilishi hamda mustahkamlik kamayishi foizlari aniqlangan.

Tadqiqot natijalari vollastonit va kul qo'shilgan beton namunalarining sulfat muhitiga chidamliligi oddiy betonlarga nisbatan yuqori ekanligini ko'rsatgan.



4. XULOSA

Sement massasiga nisbatan 15 % vollastonit va 20 % kul qo‘shilganda B45, B50 va B55 markali betonlarning ishlov beruvchanligi yaxshilandi.

B45 markali beton tarkibida 15 % vollastonit va 20 % kul ishlatilganda siqilish mustahkamligi oddiy beton bilan solishtirganda 7,66 % ga oshdi.

B50 markali beton tarkibida vollastonit va kul qo‘shilishi natijasida maksimal siqilish mustahkamligi 6,52 % ga ortdi.

B55 markali beton tarkibida 15 % vollastonit va 20 % kul qo‘llanganda siqilish mustahkamligi 4,93 % ga oshdi.

Vollastonit va kul qo‘shilishi natijasida betonning ajralishdagi cho‘zilish mustahkamligi B45, B50 va B55 markalari uchun mos ravishda 4,96 %, 5,68 % va 5,65 % ga oshdi.

Na_2SO_4 eritmasida o‘tkazilgan chidamlilik sinovlari oddiy B45, B50 va B55 betonlarida mustahkamlik yo‘qotilishi mos ravishda 6,70 %, 7,52 % va 6,79 % ekanligini ko‘rsatgan.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, sementni qisman almashtirish uchun eng maqbul tarkib 15 % vollastonit va 20 % kul ekanligi aniqlangan.

Vollastonit va kuldan foydalanish sement sarfini kamaytirishga, betonning mexanik xossalarini yaxshilashga hamda ekologik jihatdan barqaror qurilish materiallari ishlab chiqarishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR / REFERENCES

[1] Сатторов З.М., Мирзаев Б.К., Отажанов О.А. Летучая зола как полезное техногенное сырье для получения строительных материалов. // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы XI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 22-27 апреля 2024 г. Под общей редакцией Н.Ю. Ермиловой, Е.А. Калюжиной. — Волгоград: ВолгГТУ, 2024. – 254–

257 с.

[2] Нечаев А. А., Селезнева Е. А., Щепочкина Ю. А., Селезнева Г. Ю. Химические добавки в технологии бетонов. // С. 568-570.

[3] Z.M. Sattorov, O.A. Otajonov Influence of the ash of “Angren” thermal power plants and superplasticizer on the properties of aerated concrete. // Ilmiy–amaliy jurnal “Arxitektura Qurilish Dizayn”. // №3/2023, – Toshkent, 2023 y. – 146-149 b.

[4] “Effect of wollastonite microfibers as cement replacement on the properties of cementitious composites”, Yue Li, Zhenghua Lyu, Aiqin Shen, Ziming He, 2020ElsevierLtd.

[5] “Research initiatives on the influence of wollastonite in cement-based construction material”, Nishant A Naira, V. Sairamb, 10 October 2020, j.jclepro.2020.124665.

[6] Bhavin Pindoriya, Aakash Suthar “Experimental investigation on Partial Replacement of cement with FlyAsh and Wollastonite in Concrete” International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Volume: 12 Issue: 05 | May 2025. www.irjet.net Page 706-711.

MUALLIFLAR TO‘G‘RISIDA MA‘LUMOTLAR

Sattorov Zafar Muradovich Toshkent arxitektura-qurilish universiteti, “Qurilish va atrof-muhit muhandisligi” kafedrası professori
E-mail: mr.s.zafar@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9824-1491>

Otajonov Olmosbek Asqarali o‘g‘li Farg‘ona davlat texnika universiteti, “Qurilish materiallari va buyumlari” kafedrası katta o‘qituvchisi
E-mail: olmosbekotajonov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0830-2989>



A. Ilyasov, A. Allamuratov <i>Optimization of Foam Concrete with Fly Ash and Silica Fume for Energy-Efficient Wall Blocks.....</i>	7
A. Adilkhodjaev, T. Amirov <i>The Effect of Heavy-Duty Pavement Concrete Mix Composition on its Physico-Mechanical Properties.....</i>	10
A. Adilkhodjaev, I. Kadirov, F. Abdukadirov, E. Kakharov <i>On the Mechanism of the Influence of Various Micro-Fillers and Chemical Additives on the Microstructure and Strength of Cement Paste.....</i>	15
A. Ismaylova <i>Design-Based Assessment of Hybrid Thermal-Insulating Dry Plaster Mortars for Aerated Concrete Walls in Aral Sea REGION Conditions.....</i>	21
I. Sadikov, G. Isakova, R. Kadirbergenov <i>Visual Determination of Adhesion of Bitum Modified with Defecate with Marble Stone.....</i>	25
Z. Sattorov, N. Madraymov <i>Prospects for Using Foam Concrete That Complies with The Principles of “Green Building”.....</i>	29
Z. Sattorov, O. Otajonov <i>Research Analysis on Partial Replacement of Cement in Concrete with Fly Ash and Wollastonite.....</i>	34
J. Turgaev, N. Takhirjanov <i>Complex Modification of Cement Matrix and Bloated Vermiculite Surface to Increase the Strength of Heat-Isolating Constructional Blocks.....</i>	38
U. Turgunbaev, Y. Murodillaev, D. Sharipova <i>Study of the Effect of Hydrophobic Modifiers on the Properties of Cement Mixtures.....</i>	46
V. Soy, G. Nuriddinova, J. Turgaev, A. Jumageldiev <i>Modification of the Cementitious System As A Method For Densifying the Inter-Pore Walls of Fiber-Reinforced Foam Concrete.....</i>	50
A. Adylkhodjaev, A. Babajanov <i>Physicochemical Fundamentals and Technological Efficiency of Non-Steam Production of Dispersed Reinforced Composites.....</i>	55

