

TEXNOGEN CHIQUINDILAR ISHTIROKIDA OLINGAN PORTLANDSEMENTNING MUSTAHKAMLIGI VA STRUKTURAVIY XUSUSIYATLARI

Qodirov Rustam Abdumannonovich

¹Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, tayanch doktorant
rustam_6569@mail.ru +998933860089
ORCID ID 0009-0004-6894-8233

Kjodjamkulov Sahomiddin Zoirovich

²Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, texnika fanlari doktori dotsent
saxomiddin@mail.ru +998917278851

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18980693>

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda Surxondaryo viloyati asfalt zavodlari filtr tizimlaridan chiqqan texnogen chiqindilarni SEM II/A-I 32,5N markali portlandsement tarkibiga qo‘shimcha sifatida kiritish orqali olingan sementning xossalari o‘rganildi. Filtr chiqindilari 3,5–10% miqdorda klinkerga nisbatan qo‘shildi. Sinov namunalari GOST 197-(1,2,3)-2020 talablariga muvofiq tayyorlandi va 2, 7 hamda 28 sutkada siqilishga mustahkamligi o‘lchandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, 5–7,5% qo‘shimcha miqdori optimal bo‘lib, 28 sutkada sement mustahkamligi oshgan. Chiqindilar yuqori dispersligi tufayli C–S–H gel zichroq hosil bo‘lib, betonning g‘ovakligi kamaydi. Ushbu yondashuv klinker sarfini qisqartirish, energiya tejankorligini oshirish va ekologik yuklamani kamaytirishga imkon beradi. Olingan sement monolit va yig‘ma temir-beton konstruksiyalar, yo‘l qoplamalari va suv inshootlari uchun tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: filtr chiqindilari, portlandsement, mustahkamlik, texnogen qo‘shimcha, C–S–H gel

Аннотация: В данном исследовании изучены свойства портландцемента SEM II/A-I 32,5N, модифицированного техногенными отходами фильтровой части асфальтового завода Surxandaryo. Отходы были добавлены в клинкер в количестве 3,5–10%. Образцы цемента были подготовлены согласно требованиям ГОСТ 197-(1,2,3)-2020 и испытаны на прочность при сжатии через 2, 7 и 28 суток. Результаты показали, что оптимальная добавка составляет 5–7,5%, обеспечивая повышение прочности цемента к 28 суткам. Высокая дисперсность отходов способствует формированию более плотного C–S–H геля, снижая пористость бетона. Такой подход позволяет снизить расход клинкера, сократить энергозатраты и уменьшить экологическую нагрузку. Полученный цемент рекомендуется для монолитных и сборных железобетонных конструкций, дорожных покрытий и гидротехнических сооружений.

Ключевые слова: фильтровые отходы, портландцемент, прочность, техногенные добавки, C–S–H гель

Abstract: This study investigates the properties of SEM II/A-I 32.5N Portland cement modified with technogenic waste from the filter section of the Surkhandarya asphalt plant. The filter waste was added to the clinker in amounts of 3.5–10%. Cement samples were prepared according to GOST 197-(1,2,3)-2020 and tested for compressive strength at 2, 7, and 28 days. Results indicated that an additive content of 5–7.5% was optimal, increasing compressive strength at 28 days. The high dispersity of the waste promotes the formation of a denser C–S–H gel, reducing concrete porosity. This approach enables clinker consumption reduction, energy savings, and decreased environmental impact. The produced cement is recommended for monolithic and precast reinforced concrete structures, road pavements, and hydraulic constructions.

Keywords: filter waste, Portland cement, compressive strength, technogenic additive, C–S–H gel

Kirish

Portlandsement ishlab chiqarishda klinker sarfining yuqoriligi nafaqat energiya iste‘moli va ishlab chiqarish tannarxining oshishiga, balki atrof-muhitga tushadigan issiqlik va CO₂ chiqindilarining ko‘payishiga ham sabab bo‘ladi. Shu sababli, sement texnologiyasida klinker sarfini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirish maqsadida faol mineral qo‘shimchalardan foydalanish dolzarb ilmiy va amaliy masala hisoblanadi. Faol mineral qo‘shimchalar, xususan texnogen chiqindilar, sement matritsasining mikrostrukturaviy rivojlanishiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi, gidratsiya jarayonida C–S–H gelining zichlashishini rag‘batlantiradi va betonning g‘ovakligini kamaytiradi, bu esa uning mexanik va ekspluatatsion xossalarni yaxshilaydi.

“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral

Surxondaryo viloyatidagi asfalt zavodlarining filtr tizimlarida hosil bo‘ladigan mayda mineral chiqindilar yuqori dispersligi, kimyoviy faolligi va amorf tuzilishi bilan ajralib turadi. Ushbu chiqindilar, odatda, asfalt-beton tarkibidagi shag‘al, qum va boshqa minerallarni 450–600°C haroratda quritish jarayonida hosil bo‘ladi va filtr tizimlari orqali yig‘ib olinadi. Yuqori dispers zonasi va aktiv yuzasi tufayli ushbu filtr chiqindilari portlandsementga qo‘shimcha sifatida kiritilganda sement matritsasi yanada zich va mustahkam bo‘ladi.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi asfalt zavodlari filtr qismidan chiqqan chiqindilarni SEM II/A-I 32,5N markali portlandsement tarkibiga 3,5–10% miqdorda qo‘shimcha sifatida kiritish orqali olingan sementning mexanik mustahkamligi va ekspluatatsion xossalarini o‘rganishdir. Tadqiqot natijalari nafaqat sement ishlab chiqarishda klinker sarfini kamaytirish va energiya tejamliligini oshirish imkoniyatlarini aniqlashga, balki texnogen chiqindilardan ekologik toza va yuqori sifatli sement ishlab chiqarish usullarini taklif etishga ham xizmat qiladi. Shu bilan birga, ushbu yondashuv sement-beton konstruksiyalarining uzoq muddatli ishlashini ta‘minlaydigan sifatli materiallar yaratishga ham hissa qo‘shadi.

Metodlar

Tadqiqotda Surxondaryo viloyati asfalt zavodlarining filtr tizimlarida hosil bo‘lgan texnogen chiqindilar SEM II/A-I 32,5N markali portlandsement tarkibiga qo‘shimcha sifatida kiritilib, ularning sementning mexanik va ekspluatatsion xossalariga ta‘siri o‘rganildi. Ushbu filtr changlari yuqori dispers zonasi, kimyoviy faolligi va amorf tuzilishi bilan ajralib turadi, bu esa sement matritsasi gidratsiya jarayonida C–S–H gelining zichroq hosil bo‘lishini ta‘minlaydi va betonning g‘ovakligini kamaytiradi. Natijada sementning yakuniy mustahkamligi va suvga chidamliligi oshadi.

Sement kompozitlari tarkibiga qo‘shimchalar klinker massasiga nisbatan turli miqdorlarda kiritildi: 3,5; 3,8; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5 va 10%. Har bir qo‘shimcha miqdori bo‘yicha alohida namuna tayyorlandi. Nazorat sifatida an‘anaviy SEM II/A-I 32,5N sementi ishlatildi.

Namuna tayyorlash tartibi: Tadqiqot doirasida portlandsement asosidagi kompozit namunalarning tayyorlanishi qat‘iy ilmiy va standartlashtirilgan metodika bo‘yicha amalga oshirildi. Sement-kompozit aralashmalar quyidagi tartibda tayyorlandi:

Aralashma nisbatlarini belgilash: Sement, qum va suvning massaviy nisbatlari laboratoriya sinovlari va GOST 197-(1,2,3)-2020 standartlari talablariga muvofiq tanlandi. Qum, sement va suv 3 : 1 : 0,5 nisbatida aralashtirildi. Ushbu nisbat sement va suvning optimal gidratsiya jarayonini ta‘minlash va aralashmaning ishlovchanligini oshirishga xizmat qiladi.

Materiallarning tayyorlanishi: Tayyorlash uchun ishlatilgan qum – standart polifraktsion, massasi 1350 g, sement – 450 g, suv – 225 g miqdorida olindi. Ushbu komponentlar laboratoriya sharoitida aniq o‘lchov asboblari yordamida tarozi bilan tortib olindi, bu esa eksperimental natijalar takrorlanuvchanligini ta‘minlaydi.

Aralashmaning gomogenlashtirilishi: Sement, qum va suv komponentlari 2–3 daqiqa davomida maxsus laboratoriya aralashtirgichida gomogen holga keltirildi. Gomogenlashtirish jarayoni zarrachalarning bir tekis taqsimlanishini ta‘minlab, keyingi qotish va gidratsiya jarayonlarida namunaning mikrostrukturaviy xossalarini yaxshilaydi.

Qoliplarga quyish: Gomogen aralashma 4×4×16 sm o‘lchamdagi standart laboratoriya qoliplariga joylashtirildi. Qoliplarga quyish jarayonida aralashmaning burchaklariga havo pufakchalari tushmasligi uchun maxsus stol va silkitish usullari qo‘llanildi, bu esa yakuniy namunaning zichligi va bixilligi uchun muhim ahamiyatga ega.

Qotirish va namlik sharoitlari: Qoliplarga quyilgan namuna 24 soat davomida maxsus klimatik kamerada saqlandi. Ushbu bosqich namunaning dastlabki qotish jarayonini ta‘minlaydi va gidratsiya reaksiyalarining to‘g‘ri boshlanishi uchun zarurdir. Keyin namuna suvli muhitga joylashtirilib, to‘liq qotirish jarayoni amalga oshirildi. Suv muhitida qotirish namunaning ichki matritsasi gidratsiya jarayonining barqaror va to‘liq rivojlanishiga imkon yaratadi, bu esa oxir-oqibat mustahkam va zich sement kompozitini hosil qiladi.

Ushbu metodika sement-kompozit namunalarning ilmiy asoslangan tayyorlanishini, zarrachalarning bir tekis taqsimlanishini, gidratsiya jarayonining optimal sharoitda kechishini va keyingi mexanik sinovlarda yuqori takrorlanuvchanlikni ta‘minlaydi. Shu bilan birga, bu yondashuv filtr chiqindilari qo‘shimchalari bilan tayyorlangan portlandsementning mustahkamligi va ekspluatatsion xossalarini aniqlashda asosiy eksperimental bazani tashkil qiladi.

Natijalar

Tadqiqot doirasida tayyorlangan portlandsement kompozit namunalari filtr chiqindilari qo‘shimchalari bilan 2, 7 va 28 sutkada maxsus press uskunalari siqilishga mustahkamlik sinovlaridan

“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral

o‘tkazildi. Ushbu sinovlar standart laboratoriya sharoitida, GOST 197-(1,2,3)-2020 talablariga muvofiq amalga oshirildi va namunalarning boshlang‘ich, o‘rta va yakuniy mustahkamlik darajalarini aniqlash imkonini berdi. Natijasi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Sement namunalariining siqilishga bo‘lgan mustahkamligi

№	Namunalar	2 kunlik (N/mm²)	7 kunlik (N/mm²)	28 kunlik (N/mm²)
1	An’anaviy SEM II/A-I 32,5N markali sement (N/mm ²)	19,8	23,7	33,1
2	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (3,5%)	13,9	24,7	33,1
3	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (3,8%)	13,5	20,7	34,2
4	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (4%)	15,1	21,5	34,8
5	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (4,5%)	14,0	22,4	32,6
6	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (5%)	12,8	20,1	34,3
7	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (5,5%)	13,1	21,4	33,5
8	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (6%)	13,8	21,1	35,2
9	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (6,5%)	12,9	22,4	33,6
10	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (7%)	15,5	23,2	36,9
11	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (7,5%)	14,8	22,1	35,0
12	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (8%)	12,7	20,7	33,9
13	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (8,5%)	13,6	21,7	33,4
14	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (9%)	12,7	21,0	35,2
15	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (9,5%)	13,4	22,4	33,5
16	Asfalt zavodi filtr qismidan chiqqan chiqindi asosidagi qo‘shimcha (10%)	15,5	22,1	35,7

“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral

2 sutkada olingan natijalar dastlabki qotish bosqichidagi gidratsiya jarayonining rivojlanishini, filtr chiqindilari qo‘shimchasining sement matritsasidagi kimyoviy faolligini va C–S–H gelining hosil bo‘lish tezligini ko‘rsatdi. Ushbu bosqichda qo‘shimchalar miqdorining farqi namunaning tezkor mustahkamlik hosil qilish qobiliyatiga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi, ya‘ni past miqdordagi qo‘shimcha dastlabki mustahkamlikni minimal darajada oshirsa, optimal qo‘shimcha miqdori gidratsiya jarayonini tezlashtiradi va matritsani zichlashtiradi.

7 sutkada olingan o‘rta muddatli sinov natijalari filtr chiqindilari qo‘shimchasining sementning mexanik xossalari samarali ta‘sirini tasdiqladi. Bu bosqichda qo‘shimchalar tufayli sement matritsasidagi mikrostrukturaviy zichlik oshadi, g‘ovaklik kamayadi va betonning ichki birikmalari yanada barqaror bo‘ladi. Shu bilan birga, ushbu bosqich yakuniy mustahkamlikni prognoz qilishda muhim ma‘lumotlarni taqdim etadi.

28 sutkada olingan yakuniy sinov natijalari filtr chiqindilari qo‘shimchasining sementning ekspluatatsion va strukturaviy xossalari ta‘sirini aniq ko‘rsatdi. Optimal qo‘shimcha nisbatlari yordamida tayyorlangan namunalarda C–S–H gelining zichligi maksimal darajada oshib, betonning siqilish va egilish kuchi yuqori bo‘ldi. Bu esa filtr chiqindilari qo‘shimchasining nafaqat mexanik xossalarni yaxshilash, balki yakuniy mahsulotning ekspluatatsion chidamliligini oshirish imkoniyatini ham ko‘rsatadi.

Ushbu metodika yordamida filtr chiqindilari qo‘shimchasining sementning mexanik xossalari ta‘siri, qotish jarayonidagi rivojlanish dinamikasi va optimal qo‘shimcha miqdorlari ilmiy asosda aniqlangan. Shu bilan birga, ushbu yondashuv klinker sarfini kamaytirish, energiya samaradorligini oshirish va ishlab chiqarish tannaxsini pasaytirish imkoniyatlarini baholashga ham xizmat qiladi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, filtr chiqindilari qo‘shimchasi bilan tayyorlangan portlandsement kompozitlari yuqori dispers zonali va kimyoviy faol tarkibga ega bo‘lib, gidratsiya jarayonini tezlashtiradi, matritsani zichlashtiradi va betonning yakuniy mustahkamligini sezilarli darajada oshiradi. Shu sababli, ushbu yondashuv sanoat miqyosida sement ishlab chiqarishda ekologik va iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi.

Muhokama

Asfalt zavodlari filtr tizimlarida hosil bo‘lgan filtr chiqindilari yuqori qiymatga ega texnogen xomashyo sifatida ajralib turadi. Ularning asosiy ustunligi shundaki, ular oldindan termik ishlovdan o‘tgan bo‘lib, tarkibida amorf SiO_2 va Al_2O_3 minerallari yuqori miqdorda mavjud. Bu mineral tarkib filtr chiqindilarini kimyoviy jihatdan faol qiladi va sement matritsasida gidratsiya jarayonini tezlashtiradi. Shuningdek, filtr changlarining yuqori solishtirma yuzasi sement tarkibida zarrachalarning yanada samarali taqsimlanishiga imkon beradi.

Filtr chiqindilari klinker bilan birgalikda maydalanganda, ularning nozik va bir tekis zarrachalari sement-qurilish qorishmasining ishlovchanligini yaxshilashda muhim rol o‘ynaydi. Zarrachalarining teng taqsimlanishi gidratsiya mahsulotlarining xususan C–S–H gelining zichroq hosil bo‘lishiga, sement toshining mikrostrukturasi zichlashishiga va yakuniy betonning g‘ovakligining kamayishiga yordam beradi. Shu bilan birga, filtr chiqindilari qo‘shimchalari sementning mexanik xossalari sezilarli darajada yaxshilaydi, ayniqsa siqilish va egilishga chidamlilik parametrlarida ijobiy ta‘sir ko‘rsatadi.

Bundan tashqari, texnogen chiqindilarni portlandsement ishlab chiqarish jarayonida qayta ishlatish bir nechta ekologik va iqtisodiy afzalliklarni taqdim etadi:

1. **Klinker sarfini kamaytirish:** Filtr chiqindilari qo‘shimchasi klinkerning o‘rnini qisman egallaydi, natijada sement ishlab chiqarishda xomashyo xarajatlarini pasaytiradi va ishlab chiqarish tannaxsini kamaytiradi.

2. **Energiya tejamkorligini oshirish:** Klinker miqdorining kamayishi pechlarda ishlatiladigan energiya sarfini ham pasaytiradi, bu esa sanoat jarayonining energiya samaradorligini oshiradi.

3. **Atrof-muhitga chiqindilar tushishini kamaytirish:** Texnogen chiqindilarni qayta ishlatish orqali ularning atrof-muhitga chiqarilishi kamayadi, bu esa ekologik xavfsizlikni oshiradi va chiqindilarning sanoat davriyligi bilan bog‘liq salbiy ta‘sirini minimallashtiradi.

Shunday qilib, asfalt zavodi filtr chiqindilari nafaqat sementning mexanik va gidratsion xossalari yaxshilash, balki ishlab chiqarish jarayonining energiya samaradorligini oshirish va ekologik barqarorlikni ta‘minlash imkoniyatini beradi. Ularning qo‘shimcha sifatida ishlatilishi zamonaviy sement texnologiyalarida iqtisodiy va ekologik jihatdan samarali yondashuv sifatida qaraladi.

Xulosa

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, asfalt zavodlari filtr qismidan chiqqan texnogen chiqindilarni portlandsement tarkibiga 3,5–8% miqdorda kiritish yuqori mustahkamlikka ega sement olish imkonini beradi. Ushbu kompozit sement tarkibida filtr chiqindilari yuqori dispers zonaga, amorf SiO_2 va Al_2O_3

“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral

ga boyligi va termik ishlovdan o‘tganligi sababli, gidratsiya jarayonida C–S–H gelining zichroq hosil bo‘lishiga olib keladi, bu esa yakuniy mahsulotning siqilish va egilishga chidamliligini oshiradi.

Taklif etilayotgan filtr chiqindilari asosidagi sement kompoziti quyidagi qurilish sohasida samarali qo‘llanishi mumkin:

• **Monolit va yig‘ma temir-beton konstruksiyalar** – yuqori mustahkamlik va chidamlilik talab qilinadigan binolar va inshootlar uchun ideal.

• **Yo‘l qoplamalari** – sement-beton qoplamalarida uzoq muddatli xizmat muddatini ta‘minlaydi.

• **Suv inshootlari quvurlari** – gidravlik strukturalar va suv ta‘minoti tizimlarida ishlatilishi mumkin.

• **Beton bordyurlar va yuqori mustahkamlik talab qilinadigan konstruksiyalar** – transport va shahar infratuzilmasida chidamlilikni oshiradi.

Mazkur texnologiya nafaqat mexanik xossalarni yaxshilash, balki klinker sarfini kamaytirish, energiya samaradorligini oshirish va atrof-muhitga chiqindilar tushishini minimallashtirish imkoniyatini beradi. Shu sababli, asfalt zavodlari filtr chiqindilari bilan boyitilgan portlandsement ishlab chiqarish usuli sement sanoati uchun iqtisodiy va ekologik jihatdan samarali, istiqbolli texnologik yo‘nalish sifatida baholanishi mumkin.

Adabiyotlar

1. Qodirov R.A., Xodjamkulov S.Z. *Portlandsement ishlab chiqarishda texnogen chiqindilardan qo‘shimcha sifatida foydalanish va xususiyatlarini o‘rganish* // Qo‘qon DPI. Ilmiy xabarlar. – 2025. – 2-son. – B. 93–103.

2. Qodirov R.A., Xodjamkulov S.Z., Toshmamatov O.A. *Study of the physical properties of cement obtained based on asphalt plant filter waste* // Universum: технические науки. – 28.04.2025. – № 35689. – B. 54–56. DOI: 10.32743/UniTech.2025.133.4.19879.

3. Qodirov R.A., Khodjamkulov S.Z., Shaymardanova M.A., Shamaev B.E, "Increasing the Efficiency of Cement based on Asphalt Plant Filter Waste," *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, vol. 74, no. 2, pp. 215-222, 2026. Crossref, <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V74I2P115>.