

**YASHIL IQTISODIYOTNI RIVOJLANTIRISH VA SANOAT CHIQINDILARIDAN
SAMARALI FOYDALANGAN XOLDA BAZALT SHLAKI ASOSIDAGI KAM SUV
TALABCHAN SEMENTLARNING RASIONAL TARKIBINI TADQIQ QILISH**

Babayev Sultonbek Sunnat o'g'li

SamDAQU tayanch doktoranti.

ORCHID raqami 0009-0003-7606-5601

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17902266>

Annotatsiya. Mazkur maqolada yashil iqtisodiyot tamoyillari asosida sanoat chiqindilaridan, xususan, metallurgiya ishlab chiqarishida hosil bo'ladigan bazalt shlakidan samarali foydalanish yo'llari o'rganilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi — bazalt shlaki asosida kam suv talabchan sementlarning ratsional tarkibini aniqlash, ularning fizik-mexanik xususiyatlarini tahlil qilish hamda ekologik samaradorligini baholashdan iborat.

Kalit so'zlar: Sement, bazalt shlaki, siqilishdagi mustahkamlik, Superplastifikator.

Аннотация. В данной статье рассматриваются пути эффективного использования промышленных отходов, в частности базальтового шлака, образующегося в металлургическом производстве, на основе принципов «зелёной» экономики. Цель исследования – определение рационального состава маловодных цементов на основе базальтового шлака, анализ их физико-механических свойств и оценка экологической эффективности.

Ключевые слова: Цемент, базальтовый шлак, прочность при сжатии, суперпластификатор.

Annotation. This article examines ways to effectively utilize industrial waste, specifically basalt slag generated in metallurgical production, based on green economy principles. The objective of the study is to determine the optimal composition of low-water cements based on basalt slag, analyze their physical and mechanical properties, and assess their environmental performance.

Keywords: Cement, basalt slag, compressive strength, superplasticizer.

KIRISH

Bugungi kunda dunyo miqyosida ekologik barqarorlikni ta'minlash, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va sanoat chiqindilarini qayta ishlash masalalari eng muhim global muammolardan biri bo'lib qolmoqda. Iqtisodiy o'sishni ekologik xavfsizlik bilan uyg'unlashtirishga qaratilgan **yashil iqtisodiyot** konsepsiyasi ko'plab mamlakatlarda, jumladan O'zbekiston Respublikasida ham ustuvor yo'nalish sifatida e'tirof etilgan. Qurilish materiallari sanoati esa bu jarayonda muhim o'rin tutadi, chunki u katta miqdorda xomashyo va energiya sarflaydi hamda chiqindilar hosil qiladi. Shu sababli, chiqindisiz yoki kam chiqindili texnologiyalarni joriy etish, ikkilamchi xomashyolardan foydalanish orqali atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytirish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Sement ishlab chiqarish jarayoni energiya sig'imi yuqori va karbonat angidrid chiqindilari ko'p bo'lgan sohalaridan biridir. Shu bois kam energiya sarflovchi, suv talabchanligi past bo'lgan, mustahkamligi yuqori yangi turdagi sement turlarini ishlab chiqish dolzarb masalalardan hisoblanadi.

Ayniqsa, metallurgiya sanoati chiqindilari — **bazalt shlaki** kabi materiallardan samarali foydalanish ushbu yo‘nalishda istiqbolli yechimlardan biridir. Bazalt shlaki kimyoviy tarkibi jihatidan aktiv mineral qo‘shimcha bo‘lib, u sement tarkibiga kiritilganda mustahkamlik, suvga chidamlilik va ekologik samaradorlikni oshiradi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi — bazalt shlaki asosidagi kam suv talabchan sementlarning ratsional tarkibini ishlab chiqish va ularning fizik-mexanik hamda ekologik xususiyatlarini o‘rganishdan iborat. Tadqiqot natijalari sanoat chiqindilaridan yuqori qo‘shimcha qiymatga ega qurilish materiallarini olish, resurslardan tejamkor foydalanish hamda yashil iqtisodiyot tamoyillarini amalda ro‘yobga chiqarishga xizmat qiladi.

“Sement klinkeri – bazalt toshi va bazalt shlaki –barxan qumi – superplastifikator va suv” tizimida sement zarralarini mexanik faollashtirish ta’sirini hisobga olgan holda, hosil bo‘lgan sement toshida yangi struktura hosil bo‘lish mexanizmi aniqlangan.

- kam suv talabchan sement tarkibini optimallashtirishda hosil bo‘lgan sement toshining mustahkamligini, uning tashkil etuvchilarining miqdor va parametrlarga bog‘liqligini ifodalovchi matematik regressiya tenglamalari ishlab chiqilgan.

- kam suv talabchan sement asosidagi og‘ir betonlarni yuqori mustahkamlikka erishishdagi optimal tarkiblar aniqlangan.

- kam suv talabchan sement-65 va kam suv talabchan sement-75 tipli sementlar va ular asosida olingan og‘ir betonlar sinov natijalariga ko‘ra beton sinfi B40...B80 bo‘lgan og‘ir betonlar olish imkoniyatlari aniqlangan.

Adabiyotlar sharhi

Mahalliy xomashyo va sanoat chiqindilaridan mineral bog‘lovchi moddalar yaratish va ulardan foydalanib, yuqori sifatli samarador betonlar ishlab chiqarishda keng foydalanish, ularning tarkiblarini ishlab chiqish, fizik-texnik xususiyatlarini yaxshilash va mustahkamligini oshirish muammolari bilan jahondagi yirik tadqiqotchilar jumladan: Batrakov V.G., Bajenov Yu.M., Dvorkin L.I., Bikbau M.Ya., Xozin V.G., Falikman V.R., Kalashnikov V.I., Bashlikov N.F, Xoxryakov O.V., Makarenko S.V., Rikert Y., Myuller K., Bolhassani M., James B., A.A. Ramezaniapour va boshqalar shug‘illanib, ushbu masalalarni hal qilishga katta hissa qo‘shganlar.

Yurtimiz olimlari mahalliy xomashyo va sanoat chiqindilari asosida bog‘lovchi moddalar va ular asosidagi betonlar tarkibini ishlab chiqish, strukturasi, xossalarini yaxshilash, samaradorligini oshirish masalalarini o‘rganishda bir qator tadqiqotlar olib borganlar. Otaqo‘ziyev T.A., Babayev N.X., Odilxo‘jayev A.I., Iskandarova M.I., Qosimov E.U., Nudelman B.I., Yusupov H.V., Karimov G.U. va boshqalar bu sohada o‘z tadqiqotlari asosida muhim natijalarga erishganlar.

Tadqiqotning amaliy natijalari:

- Texnogen chiqindisi, mahalliy xom ashyo va kimyoviy qo‘shimchalardan foydalanib, ularni mexanik faollashtirish yo‘li bilan olingan kam suv talabchan sementlarni optimal tarkiblari ishlab chiqilgan;

- Muqobil tarkibli kam suv talabchan sement 65 tipli sementlar asosidagi sement toshining mustahkamligi tashkil etuvchi komponentlar miqdoriga va sementning solishtirma yuzasiga bog‘liqligi asoslangan;

- kam suv talabchan sement-65, kam suv talabchan sement-75 va kam suv talabchan sement-75 tipli sement tarkiblari asosida yuqori sifatli, mustahkam og‘ir betonlar olinib, xossalari o‘rganilib, ishlab chiqarishga tavsiya etilgan.

kam suv talabchan sementning xususiyatlarini Pussolan sement bilan taqqoslanganda, tubdan farq qilib, ularda faza hosil bo‘lishi, strukturasining shakllanishi, qotish kinetikasi, zichligining yuqoriligi va sulfatga chidamliligi kabi qator xususiyatlari ijobiy natijalarga ega ekanligi aniqlangan;

Faol mineral va kimyoviy qo‘shimchalardan foydalanib, mexanik faollashtirish hisobiga olingan kam suv talabchan sement-65 tipli sement asosidagi og‘ir betonlarning portlandsement SEM I 42.5 asosidagi betonlarga nisbatan yuqori zichlik va yuqori mustahkamlikka egaligi tasdiqlangan.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati faol mineral va kimyoviy qo‘shimchalardan foydalanib, yuqori sifatli, mustahkam, samarali kam suv talabchan sement va ular asosidagi yuqori mustahkamli betonlarning optimal tarkiblarini ishlab chiqishdan iborat.

kam suv talabchan sementni tayyorlashda tashkil etuvchi komponentlarni mexanik faollashtirish natijasida ishlab chiqarishda qo‘llanilgan sement klinkeri GOST 34850-2022 talablariga to‘liq javob beradi [56]. Sement klinkeri-tegishli tarkibidagi xomashyo aralashmani qovushqoqlikgacha pishirish natijasida olinadigan va asosan yuqori asosli silikatlar va yuqori yoki past asosli alyuminatlarni o‘z ichiga olgan, qisman erish natijasida qovushib, qotib qolgan mayda-yirik tosh bo‘laklaridir kam suv talabchan sementni tayyorlash bilan bog‘liq ilmiy tadqiqotlarda taqqoslash imkoni bo‘lishi uchun UCG “Qizilqumsement” AJning PS klinkeri va portlandsementlaridan foydalanigan bo‘lib, haqiqiy zichligi 3100 kg/m^3 , o‘rtacha zichligi esa 1300 kg/m^3 ga teng. kam suv talabchan sementlarni olishda Navoiy UCG “Qizilqumsement” AJ sement zavodining klinkeri va portlandsementi qo‘llanilib, ularning kimyoviy, minerologik tarkiblari va fizik xossalari 1 va 1.1 jadvallarda keltirilgan.

1-jadval

Sement klinkerining kimyoviy tarkibi, (massa bo‘yicha % hisobida)

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Na ₂ O ₃
63.28	20.72	6.24	6.12	2.34	0.32	0.61

kam suv talabchan sementlar tayyorlashda faol va mineral qo‘shimchalar sifatida bazalt shlaki ikkilamchi chiqindi, texnogen chiqindi bazalt toshi va bazalt shlaki, barxan qumi kabi faol va mineral qo‘shimchalar birgalikda mexanik faollashtirib, yuqori sifatli sementlar tayyorlashda qo‘llanilgan.

1.1-jadval

Sement klinkerining minerologik tarkibi, (massa bo‘yicha % hisobida)

S ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
43,3	26,7	6,2	18,6

Gips tosh. Olib borilgan tadqiqotlarda kam suv talabchan sementning qotish vaktini boshqarish maqsadida “Buxorogips” AJning gips toshidan foydalanildi. Foydalanilgan gips toshi asosan CaSO₄·2H₂O dan tashkil topgan bo‘lib, GOST 4013-2019, talablariga javob beradi.

Sement ishlab chiqarishda tashkil etuvchi komponentlarni rolikli tegirmonlarda birgalikda maydalash, ya'ni mexanik faollashtirish va modifikatsiya qilish yo'li bilan olingan sementlar va betonlarning fizikaviy va mexanik xususiyatlarini yaxshilash uchun ilmiy asoslangan yechimdir.

Ushbu ilmiy tadqiqot ishlari natijalariga ko'ra sementlar va betonlarning belgilangan xususiyatlarini aniq shakllantirish bilan sementga ko'rsatadigan fizik-kimyoviy maqsadli ta'siriga bog'liq.

Kam suv talabchan sementlar ishlab chiqarishda tashkil etuvchi komponentlarni shunday mexanik faollashtirish va modernizatsiyalash usuli yordamida olinadigan sementlar turiga kiradi va ularni tayyorlashda modifikatsiyalash uchun foydalaniladigan kimyoviy FMQlarning turi va xossalari hisobga olish zarur.

So'nggi yillarda qattiq xom ashyolarga mexanik ta'sir (maydalash) jarayonida yuzaga keladigan turli xil o'zgarishlar, uning fizik-mexanik xossalarga va ular asosida qurilish materiallarini ishlab chiqarish texnologiyasiga ta'siri masalalari, ayniqsa sement borasida keng qamrovli va batafsil o'rganilmoqda.

Noorganik kukun moddalarga mexanik usulda ishlov berish, zarrachaning butun hajmiga emas, balki maydalovchi jism yoki boshqa zarracha bilan aloqa qilish yuzasida kuchlanish maydonining paydo bo'lishiga yordam beradi.

Mexanik faollashuv jarayonida kuchlanish maydonining paydo bo'lishi jarayonlari ma'lum joylardagi mexanik ta'sir bilan o'zgarib turadi.

Shu bilan birga, mexanik faollashtiruvchi qurilmaning ishchi tanasida qattiq fazali jarayonlarning sodir bo'lishi, bu esa maydalanadigan moddalarning fizik holati, kimyoviy tarkibi va xususiyatlarini o'zgartirishiga olib kelishi mumkin.

Kam suv talabchan sement klinkeri, FMQ va maxsus modifikator, shuningdek gips toshini maydalash agregatlarida birgalikda mayin qilib tuyish natijasida olinishini xisobga olgan xolda belgilangan ilmiy shartlar asosida quyidagi vazifalar qo'yildi:

- Respublika hududida mavjud bo'lgan texnogen chiqindisi- bazalt toshi, Bazalt shlaki va barxan qumi komponentlari bilan energiya tejankor kam suv talabchan sement tarkibini ishlab chiqish;

- Sement toshining fizik-kimyoviy va fizik-mexanik xususiyatlarni har xil sharoitlarda va struktura hosil bo'lish kinetikasi kesimida o'rganilgan;

- kam suv talabchan sementni tadqiq etish bo'yicha ilmiy ma'lumotlarni tahlili kam suv talabchan sement ishlab chiqarish maqsadida kimyoviy qo'shimcha sifatida tarkibi turli xil molekulyar og'irlikdagi polimetilenftalenesulfat kislotalaridan tashkil topgan Megaplast JK-02 superplastifikatoridan foydalanildi.

Ushbu qo'shimchalar odatda kukun shaklida ishlab chiqariladi, ammo talablarga ko'ra ular yuqori konsentratsiyali suyuq eritma shaklida yetkazib berilishi xam mumkin.

Solishtirma yuzaning sementning normal quyuqligi va qotish vaqtiga ta'siri 1.2 - jadvalda keltirilgan.

1.2 -jadval

PS-500 va kam suv talabchan sementning tarkibi va xossalari

T/r	PS klinkeri miqdori, %	gips toshi, %	Mikrokremnezem, %	uchuvchan kuli	Barxan qumi	JK-02 miqdori, %	Solishtirma sirt yuzasi, m ² /kg	Suv-sement nisbati, %	Mustahkamlik, MPa	
									3 kun	28 kun
1	95	5	0	0	0	0	320	25,6	15	51,9
2	65	5	10	15	5	0.8	550	17,0	29	68,7
3	55	5	15	15	10	0.8	550	18,0	26	59,2
4	45	5	15	20	15	1	570	19,0	19	50,8

Sementli kompozitsiyalarining fizikaviy va mexanik xossalari ularning xususiyatlaridan qanday foydalanilishiga bogʻliq. Shunday ekan keyingi izlanishlarimiz kam suv talabchan sement-65 ning xossalari solishtirma sirt yuzaning taʼsirini oʻrganishga qaratildi. Superplastifikatorni sementning massasiga nisbatan 0.6; 0.8 va 1 % qoʻshib, tarkibi 60% portlandsement klinkeri - 60% bazalt toshi - 15% basalt shlak - 10% barxan qumi - 5% va gips toshini qoʻshib, solishtirma sirt yuzasi 500 m²/kg boʻlguniga qadar maydalangan. Maydalab tayyorlangan kam suv talabchan sementlardan normal quyuqlikdagi xamirlar tayyorlanib qotish vaqti va 4x4x16 sm oʻlchamdagi namunalar esa 1:3 nisbatdagi sement-qum aralashmasidan tayyorlanib siqilishda va egilishdagi mustahkamligi aniqlandi.

Maʼlumki, sement kukunining maydalik darajasining ortishi va solishtirma sirt yuzasining ortishi bilan uning qotish vaqti tezlashadi. Shuningdek sement xamiri tarkibidagi suv miqdorining ortishi bilan uning qotish vaqti uzayadi, suv miqdorining kamayishi esa qotish vaqtini sekinlashtiradi. Buni superplastifikatorning sement-suvli xamiridagi qattiq zarralari orasida taʼsir qiluvchi tortishish kuchlarini pasaytirishi bilan tushuntirish mumkin. Superplastifikator sement zarralari yuzasida adsorbsion qatlam hosil qilib, elektrostatik itarish kuchini hosil qilish bilan birga va tizimning yopishqoqligini pasaytiradi. Shu bilan birgalikda superplastifikatorning sement xamiriga qoʻshilishi uning fizik xususiyatlari, jumladan mustahkamligi va solishtirma sirt yuzasiga ijobiy taʼsir koʻrsatadi. Ushbu taʼsirlar etiborga olingan holda tajriba va tadqiqot ishlari amalga oshirilib, quyida keltirib oʻtildi.

1.3-jadval

Qizilqumsement SEM I 42.5 va kam suv talabchan sementning tashkil qiluvchi xomashyolar miqdori va tavsifi

№	Sement nomi	PS klinkeri, %	Mikrokrmnezem, %	Bazalt shlak, %	Barxan qumi, %	Super. JK-02, %	Gipstosh, %	Solishtirma sirt yuzasi, m ² /kg	Normal quyuqlik, %	Mustahkamlik	
										Issiq-nam ishlovi berilgan, MPa	28 sut, MPa
1	SEM I 42.5	95	-	-	-	0,8	5	450	25,1	48,3	51,1
2	kam suv	50	15	15	15	0,6	4,4	578	17,8	50,8	52,3

	talabchan sement-50										
3	kam suv talabchan sement-50	50	15	15	15	0,8	4,2	580	18,1	52,2	55,5
4	kam suv talabchan sement-50	50	15	15	15	1,0	4,0	579	17,3	51,9	53,8
5	kam suv talabchan sement-55	55	10	15	15	0,6	4,4	581	17,9	55,8	59,9
6	kam suv talabchan sement-55	55	15	10	15	0,8	4,2	580	17,9	59,2	63,5
7	kam suv talabchan sement-55	55	15	15	10	1,0	4,0	579	17,6	60,1	61,8
8	kam suv talabchan sement-60	60	5	15	15	0,6	4,4	580	18,6	60,2	63,3
9	kam suv talabchan sement-60	60	15	15	5	0,8	4,2	585	17,0	63,8	65,9
10	kam suv talabchan sement-65	65	15	5	15	1,0	4,0	587	17,3	62,1	64,5
11	kam suv talabchan sement-65	65	5	10	15	0,6	4,4	589	17,5	65,8	67,6
12	kam suv talabchan sement-70	70	15	10	5	0,8	4,2	590	17,9	67,4	70,1
13	kam suv talabchan sement-70	70	15	10	5	1,0	4,0	587	19,0	69,0	71,4
14	kam suv talabchan sement-75	75	5	15	5	0,6	4,4	595	17,4	70,2	73,9
15	kam suv talabchan sement-75	75	10	10	5	0,8	4,2	600	18,8	74,0	78,8

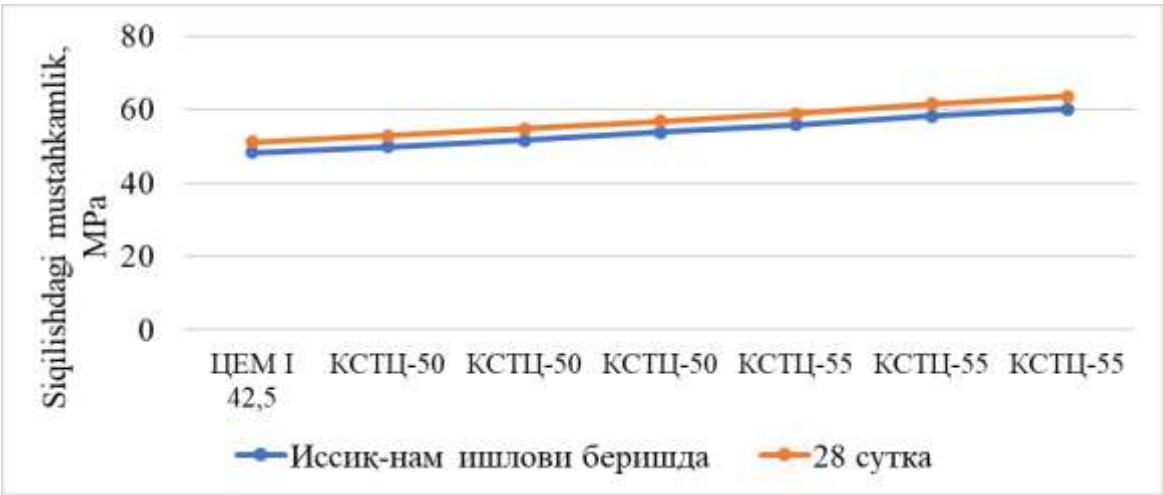
16	kam suv talabchan sement-75	75	15	5	5	1,0	4,0	597	19,0	71,1	75,2
----	-----------------------------	----	----	---	---	-----	-----	-----	------	------	------

kam suv talabchan sement toshining mustahkamligini tabiiy sharoitda va issiq nam ishlovi berilgan tarkiblarda o'rganildi. Olingan natijalar 1.3-1.4 rasmlarda keltirilgan. kam suv talabchan sement-55 tipli sementni tadqiqotlanganda besh va oltinchi tarkiblar issiq-nam ishlovi berilganda mos ravishda 55.8 va 59.2 MPa, 28 sutka qotganda esa mos ravishda 59.9 va 63.5 MPa ni tashkil etdi. Bunda beshinchi tarkibda bazalt toshi va bazalt shlaki va qoldiq kul bir xil 15 %ni tashkil etgan bo'lsa, oltinchi tarkibda bazalt toshi va barxan qumi mos ravishda 10 va 15%ni tashkil etdi. Optimal kam suv talabchan sement-55 tarkibi bazalt toshi-15%, uchuvchan kul-15%, barxan qumi - 10% va superplastifikator - 1% dan iborat bo'lib, solishtirma sirt yuzasi 579 m²/kg bo'lib, normal quyuvlik 17.6%ni tashkil etib, issiq-nam ishlovi berilganda 60.1 MPa, 28 sutkada esa 61,8 MPa ni tashkil etdi . (1.3-grafik). Shuningdek ushbu rasmda kam suv talabchan sement-50 ning tarkib va xususiyatlari keltirilgan.

kam suv talabchan sement-65, ya'ni portlandsement klunker - 65%, bazalt toshi - 5%, bazalt shlak- 10%, superplastifikator - 0.8% va gipstoshdan tashkil topgan - 4.2% tarkib issiq-nam ishlovi berilganda 65.8 MPa ni, 28 sutka tabiiy sharoitda qotganda esa 67.6 MPa ni tashkil etdi. Keyingi kam suv talabchan sement-65 tipli sement solishtirma sirt yuzasi 546 m²/kg va normal quyuvligi 17.9%ni tashkil etdi va issiq-nam ishlovi berilganda 67.4 MPa, 28 sutka tabiiy sharoitda qotganda 70.1 MPa ni tashkil etdi.

Uchinchi tartibdagi namuna issiq-nam ishlovi berilganda 69.0, 28 sutka qotganda esa 71.4 MPa ni tashkil etdi, mustahkamlik yuqori bo'lishiga asosiy sabab optimal tarkib miqdori bazalt toshi-15%, kul- 10% barxan qumi - 5%, superplastifikator - 0.8% va gipstoshdir - 4.2% (3.1.5-grafik).

Shu bilan birga kam suv talabchan sement-60 ning xususiyatlari ham ushbu rasmda qayd etilgan.

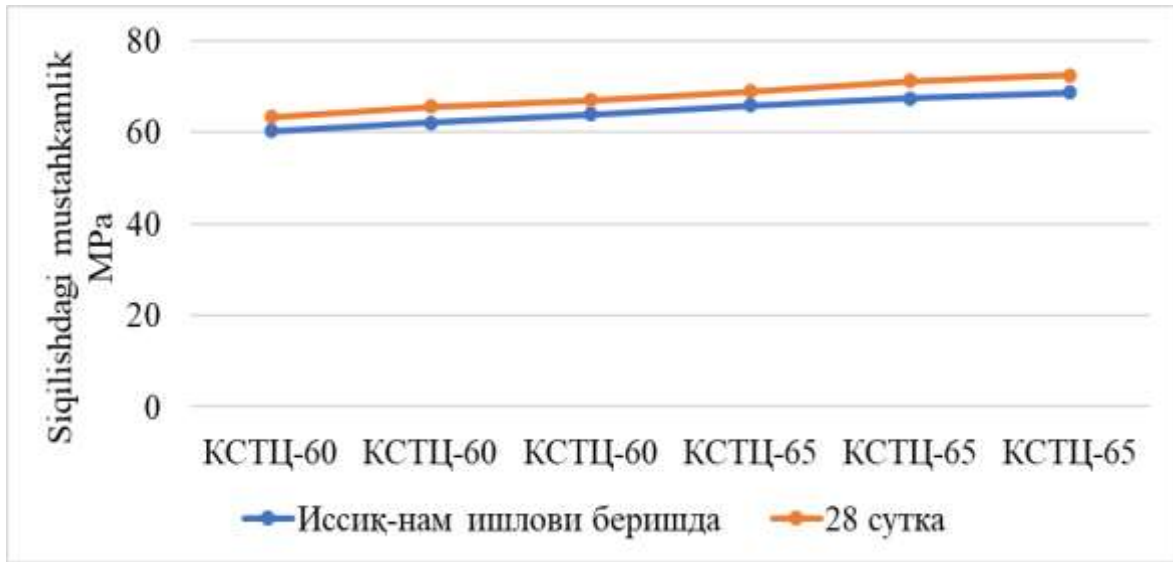


3.1.4-grafik. SEM I 42,5, kam suv talabchan sement-55 va kam suv talabchan sement-65 va ning vaqt bo'yicha mustahkamligining o'zgarishi. Tarkiblarning tartib raqami 1.3 – jadval bo'yicha.

kam suv talabchan sement-70 tipli sementni tarkibida PS klinkeri - 70%, bazalt toshi va bazalt shlaki - 20%, barxan qumi - 5% va solishtirma yuzasi – 595 m²/kg, 0,6% superplastifikator qo'shildi.

Tayyorlangan kam suv talabchan sement-70 tipli sement toshiga issiq-nam ishlov berilganda mustahkamlik 70.2 MPa, va tabiiy sharoitda 28 sutka saqlangach, 73.9 MPani tashkil etdi.

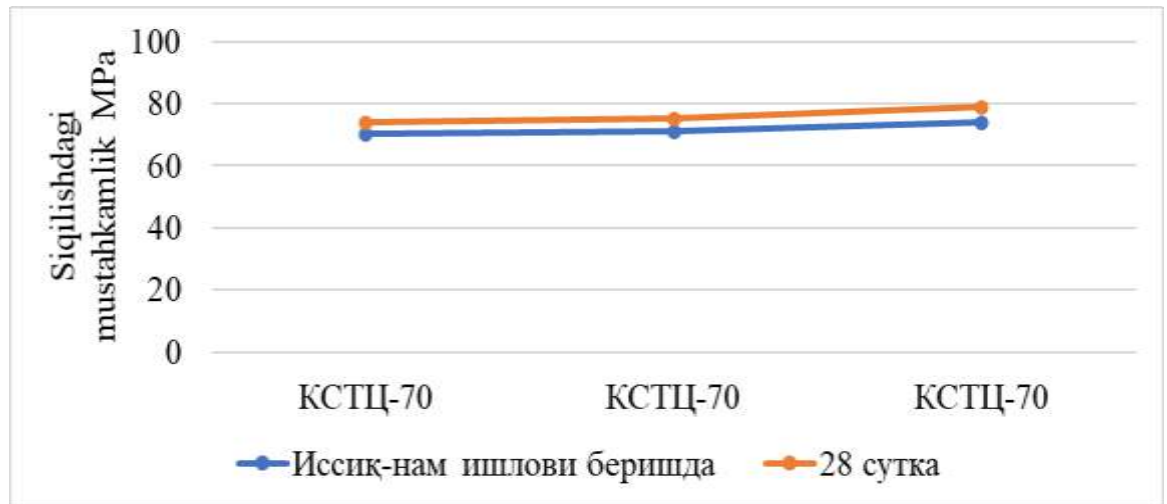
kam suv talabchan sement-70 hosil qilish uchun bu safar bazalt toshi va bazalt shlaki – 20%, barxan qumi – 5% va superplastifikator – 0.8% qo'shilganda, normal quyugligi 18.8%ni tashkil etdi va issiq-nam ishlovi berilganda 74 MPani, 28 sutka tabiiy sharoitda qotganda esa 78.8 MPani tashkil qildi va mavjud 3ta tarkiblar ichida optimal tarkib bo'ldi, (3.1.6- grafik).



3.1.5- grafik. kam suv talabchan sement-65 va kam suv talabchan sement-75 ning vaqt bo'yicha mustahkamligining o'zgarishi. Tarkiblarning tartib raqami 1.4 – jadval bo'yicha.

Oxirgi kam suv talabchan sement-70 tarkibida klinker - 70%, bazalt toshi va bazalt shlaki - 15%, kul - 5%, barxan qumi - 5%, solishtirma sirt yuzasi - 567 m²/kg holatdagi sementdan tayyorlangan namunalarga issiq-nam ishlovi berildi va mustahkamlik 71.1 MPani tashkil etdi.

(3.1.6-grafik). Shuni alohida inobatga olish kerakki, 3.1.2- jadval bo'yicha 7-tartibdagi kam suv talabchan sement-55 tipli sement 28 sutkada mustahkalik bo'yicha eng optimal ko'rsatkich – 63.5 MPani ko'rsatkichga erishdi.



1.3.1- grafik. kam suv talabchan sement-45ning vaqt bo'yicha mustahkamligining o'zgarishi. Tarkiblarning tartib raqami 1.3 - jadval bo'yicha.

Shuni ta'kidlash kerakki, sement tarkibidagi superplastifikator va bazalt toshi miqdorining ortishi bilan sementning mustahkamligi ham ortib borishi kuzatildi. Normal quyuqlikdagi sement xamirini tayyorlash uchun sarf bo'ladigan suv miqdorining pasayishi va shu bilan birga qotgan sement toshi g'ovakligining pasayishi bilan izohlash mumkin.

Ilmiy tadqiqot natijalariga ko'ra erishilgan zamonaviy samarador kam suv talabchan sement portlandsementdan tubdan farq qilishi hamda ularda faza hosil bo'lishi, strukturaning shakllanishi, qotish kinetikasi, yuqori zichlik, mustahkamlik kabi qator ijobiy xususiyatlar kam suv talabchan sement yaratish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Ishlanmalardan olingan natijalar

1. Mikrokrementzem yuqori dispersiyali, samarali mineral chiqindi hisoblanib, shishasimon tuzilishi va solishtirma sirt yuzasining yuqoriligi tufayli, sementlarda faol mineral qo'shimcha ekanligi adabiyotlar tahlilida aniqlandi.

2. kam suv talabchan sementlar bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda kristallanish jarayonini va qotish tizimini yaratuvchi omillar sifatida sementning mayinligi va mustahkamligi ekanligi aniqlandi

3. Ilg'or texnologiyalar markazida kimyoviy tadqiqot usullaridan foydalanilgan holda tadqiqot ishlarida qo'llaniladigan xom ashyo va tarkibiy qismlarning xususiyatlari o'rganilgan va ilmiy tahlillar bajarilgan.

4. kam suv talabchan sementlarni solishtirma sirt yuzasi 550-600 m²/kg bo'lgan optimal parametrlari "Sement klunker, bazalt toshi va bazalt shlaki, kul, barxan qumi, superplastifikator" besh sistemali tizimda bazalt toshi va bazalt shlakili kam suv talabchan sement uchun xom ashyolarni mantiqiy va tarkibiy miqdorlarini tanlashning matematik regressiyasi ishlab chiqilgan.

5. Olib borilgan ilmiy tadqiqot tajribalarini matematik rejalashtirish usuli yordamida sement klunker 55-65%, bazalt toshi va bazalt shlaki – 25%, barxan qumi – 5% bo'lgan komponentlarni mexanik faollashtirib olingan kam suv talabchan sement tarkiblarini optimallashtirishga erishilgan.

6. Ilg'or texnologiyalar markazida o'tkazilgan tadqiqot natijalar tahlili shuni ko'rsatdiki, kam suv talabchan sementlarning boshlang'ich gidratasiyasi, sement toshida yangi strukturasini

shakllanishiga yordam berishi, asosli gidrosilikatlarga xos bo'lgan ko'p sonli shakllanishlarni bir-biriga bog'lanishi aks ettirilishining sababi bazalt toshi va bazalt shlaki o'ta nozik zarralaridan hosil bo'lgan alit fazasining gidrolizlari bilan o'zaro tasirida zich strukturani shakllanishiga va asosli kalsiy gidrosilikatlarni qo'shimcha sinteziga olib kelish qobiliyatlari aniqlangan.

7. O'tkazilgan tadqiqotlar kam suv talabchan sementlarni qo'llab, yuqori potensial va fizik-mexanik xossalarga ega bo'lgan kam suv talabchan sementlar asosida yuqori sinfli og'ir betonlar olish imkoniyatiga ega ekanligini namoyon etdi.

8. Olib borilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, kam suv talabchan sement tarkibidagi bazalt toshi va bazalt shlaki, kul, superplastifikator va sement zarrasining solishtirma sirt yuzasining yuqoriligi qotayotgan sementni gidratasiya jarayonida hosil bo'ladigan suniy toshda mustahkam struktura hosil bo'lishi og'ir betonning mustahkamligini taminlashi aniqlandi.

9. O'tkazilgan tadqiqotlar kam suv talabchan sementlarni qo'llab, yuqori potensial va fizik-mexanik xossalarga ega bo'lgan kam suv talabchan sementlar asosida yuqori sinfli og'ir betonlar olish imkoniyatiga ega ekanligini namoyon etdi

10. kam suv talabchan sementlarning tarkiblari, faolligi, tan narxi, sement klinker miqdori va tayyorlash jarayonlaridagi energiya xarajatlarini kamayishi ilmiy va iqtisodiy asoslangan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022-йил 6-июлдаги ПҚ-307-сон “2022-2026-йилларда Ўзбекистон Республикасининг инновацион ривожланиш стратегиясини амалга ошириш бўйича ташкилий чора-тадбирлар тўғрисида”ги Қарори
2. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 11 сентябрдаги ПФ-158-сон «Ўзбекистон-2030 стратегияси тўғрисида»ги Фармони.
3. Tilo P., Stefan H., Moien R., Carl-Alexander G., “Eco-friendly concretes with reduced water and cement contents - Mix design principles and laboratory tests”, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Germany, March 2013,P - 38-46 <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2013.04.011>.
4. FORTUNE BUSINESS INSIGHTS – Cement Market Size, Share & Industry Analysis, By Type (Portland, Blended, and Others), By Application (Residential and Non-Residential), and Regional Forecast, 2024-2032 <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/cement-market-101825>.
5. RESEARCH AND MARKETS - the world's largest research store, <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/04/09/3058654/28124/en/Cement-Market-Global-Market-Report-2025-Asia-Pacific-Dominates-Cement-Production-Amid-Urbanization-Surge.html>
6. Kline J., Kline Ch., “Cement and CO₂: What is happening”, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, Vol. 51, №2, apr 2015. P- 1289-1294 <https://doi.org/10.1109/TIA.2014.2339396>.
6. Z. Sekulic, M. Petrov, D. Zevanovic “Mechanical activation of various cements”. Institute for Technology Nuclear and Other Minerals Raw Materials, Franshe d Epere 86, Belgrade, Yugoslavia 2004. C 355-363 doi:10.1016/j.minpro.2004.07.022.

7. Kequan Yu, Yao Ding, Y.X. Zhang “Size effects on tensile properties and compressive strength of engineered cementitious composites”. Cement and concrete composites 2020. 21-may, P 1-30. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103691>
8. Лейтан Ф. Реализация принципов устойчивого развития на цементном заводе Саяти. Цемент и его применение. 2018. Май-июнь, С 44–46.
9. Дутре С. Экспорт и импорт цемента и клинкера. Цемент и его применение. 2018. № 2., С 24–27.
10. M. Mazloom, A.A. Ramezaniapour, J.J. Brooks “Effect of silica fume on mechanical properties of high-strength concrete”, Iran, 2004, P-347-357. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(03\)00017-9](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(03)00017-9).
11. UN Environment, Karen L.S., Vanderley M.J., Ellis M.G. “Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low CO2 cement based materials industry”, Switzerland, August 2018, P-2-25, <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.015>.
12. Yaghoob F., Andrew W, Dale B., Jeffrey D., Jason W. “Damage development in cementitious materials exposed to magnesium chloride deicing salt”, USA, 2015, P – 384-392 <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.06.004>.
13. S.W. Lee, I. You b , T. Oh, G W. Kim, N. Banthia, D.Y.Yoo “Effect of liquid crystal display glass powder to blast furnace slag ratio on the microstructure and mechanical properties of ultra-high-performance alkali-activated concrete”, The University of British Columbia, Canada, August 2024, P - 2-18 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137755>.