

FTAMP 67.15.35

А.А. Сағындықов¹ – негізгі автор, | ©
Ж.Т. Сулейменов², Б.А. Карымсақов³, Д.Ф. Алимқұлова⁴



¹Техн. ғылым. д-ры, профессор, ²Магистр, аға оқытушы, ³Магистрант

^{1,2}Техн. ғылым. д-ры, профессор, ³Техн. ғылым. магистрі, аға оқытушы,
⁴Магистрант

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0002-1812-5739> ²<https://orcid.org/0000-0002-1431-8074>

³<https://orcid.org/0000-0002-9617-3066> ⁴<https://orcid.org/0009-0001-5796-8536>



^{1,2,3,4}Қазақ ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті,



Тараз, Қазақстан



¹aa.sagyndykov@dulatu.kz

<https://doi.org/10.55956/CKZS6793>

СУПЕРПЛАСТИФИКАТОР ЖӘНЕ ҰШПА КҮЛ ҚОСПАЛЫ ҰСАҚ ТҮЙІРШІКТІ ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ БЕТОНДАР

Аңдатпа. Зерттеудің мақсаты – «СП-1» суперпластификаторы мен микрокремнеземді қолданумен гидротехникалық ұсақ түйіршікті бетонның реологиялық және физика-механикалық қасиеттерін зерттеп, құрамын жасау. Механоактивтендірілген ұшпа күлдің, микрокремнеземнің және суперпластификатордың ұсақ түйіршікті гидротехникалық бетонның технологиялық және физика-механикалық қасиеттеріне әсері зерттелді. Бетон қоспасының құрамына активацияланған ұшпа күлді, СП-1 суперпластификаторын және 7–10 кг/м³ мөлшерінде базальт талшығын енгізу бетонның жылжымалығын (140-160мм), сығу (R_{сж28} = 48,2 МПа), иілу (5,4-7,7МПа) беріктікті, су өткізбейтіндік (W10), аязға төзімділікке (F300) және коррозияға төзімділікті арттыруға ықпал етеді.

Тірек сөздер: гидротехникалық ұсақ түйіршікті бетон, суперпластификатор, беріктік, аязға төзімділік, су өткізбейтіндік, микрокремнезем, коррозияға төзімділік.



Сағындықов, А.А. Суперпластификатор және ұшпа күл қоспалы ұсақ түйіршікті гидротехникалық бетондар [Мәтін] / А.А. Сағындықов, Ж.Т. Сулейменов, Б.А. Карымсақов, Д.Ф. Алимқұлова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2026. – №2(92). – Б.315-323. <https://doi.org/10.55956/CKZS6793>

Кіріспе. Бақылаулар көрсеткендей, көптеген гидротехникалық құрылыстар пайдалану барысында белгіленген мерзімінен бұрын істен шығады, бұл оларды жөндеуге, сондай-ақ жаңа құрылыстар салуға қосымша шығындарға әкеледі.

Гидромелиорациялық құрылыста қолданылатын ауыр бетондарға жоғары талаптар қойылады, ең алдымен олардың беріктігімен, аязға төзімділігімен бағаланады және цемент тасынан кальций гидроксидінің көп бөлінуіне қарсылығы.

Жұқа қабырғалы гидромелиорациялық құрылымдар бүкіл кешеннің тұрақты агрессивті факторларды: минералданудың жоғары дәрежесіндегі судың әсері, соның ішінде жер асты сулары, үздіксіз қозғалатын су ағындарының кавитациялық әсерін қатты сезінеді.

Жоғарыда аталған тұрақты агрессивті әсерлер сенімділікті төмендетеді және мелиоративті құрылымдарды біртіндеп жояды. Сондықтан ақаулар саны біртіндеп артып келеді, бұл су ресурстарының тасымалдау жүйесінің айтарлықтай жоғалуына әкеледі.

Қойылған міндеттерді шешу үшін рационалды түрде күрделі модификатормен бірге материалдың әр микро көлемінде бастапқы бөлшектерді біріктіретін, жоғары беріктігі бар тұтқыр заттарды қолдану арқылы қажетті технологиялық және пайдалану сипаттамалары жоғары тығыздықтағы бетон құрылымын құру негізгі бағыт болып табылады.

Гидротехникалық құрылыстардың пайдалану сипаттамаларын арттыру мәселесін шешу үшін тиімді ұсақ түйіршікті бетондарды (ҰТБ) қолдану негізінде олардың құрамын оңтайландыру, дайындау технологиясын жетілдіру, сондай-ақ кешенді органико-минералдық модификациялаушы қоспаларды пайдалану қажет [1].

Жұмыстың мақсаты – құрылымын тығыздау арқылы, атап айтқанда «СП-1» суперпластификаторы мен микрокремнеземді қолдану есебінен қажетті беріктікке, су өткізбейтіндікке және аязға төзімділікке ие, гидротехникалық құрылыстарға арналған ұсақ түйіршікті бетон алу.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Ұсақ түйіршікті бетонды (ҰТБ) дайындау үшін келесі материалдар қолданылды:

– қалыпты жағдайда қататын портландцемент (ПЦ) ЦЕМ I түрі, беріктік классы 42,5, булау кезінде тиімділігі I топ, жылумен өңдеуден кейінгі қысу беріктігі 27 МПа-дан жоғары (МССТ 31108-2020, «Жамбыл цемент зауыты» АҚ);

– ірілік модулі 1,47 болатын табиғи ұсақ құм (МССТ 8736-2014);

– құрамындағы күл мөлшері 85 %-дан жоғары көмір жағудан алынған ұшпа күл (МССТ 25592-2019, Екібастұз қ.);

– СП-1 суперпластификаторы – біртекті сұйық түрінде, тығыздығы 20°C-та 1050-1090 кг/м³, рН (6 ± 2) («Халықаралық құрылыс жүйелері» АҚ, Мәскеу облысы);

– микрокремнезем (МК) – өлшемі 0,01-0,1 мкм болатын сфералық бөлшектерден тұратын және құрамында 95 %-ға дейін таза аморфты кремнеземі бар «Тау-КепТеміг» ЖШС Қарағанды қ. ферросилиций өндірісінің қалдығы. Ол портландцементтің гидратациясы кезінде бөлінетін әкпен белсенді әрекеттесіп, суда ерімейтін қосылыстар түзейді.

МК бөлшектерінің ультра дисперсті өлшемі оның суға қажеттілігін арттырады, сондықтан қоюлану әсерін төмендету үшін суперпластификаторларды көп мөлшерде енгізу қажет.

– Бетон тасының дисперстік арматурасы ретінде 5952-002-13307094-08 ТШ талаптарына сәйкес дайындалған кесілген базальт талшығы таңдалды. Базальт талшығының балқу температурасы 1450°C, фибраның орташа ұзындығы 12,7 мм, элементар талшықтың диаметрі 16,19 мкм, үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзаруы 1,4-3,6%, созылу беріктігі R_t – 2,8-3,4 МПа·10³, талшықтың нақты тығыздығы – 2,63 г/см³, серпімділік модулі E_f – 100-130 МПа·10³. Сілтілер мен бейорганикалық қышқылдардың әсеріне төзімділігі жоғары.

– Су МССТ 23732-2011 талаптарына сәйкес қолданылды.

Ұсақ түйіршікті бетонның беріктігін сынау бақылау (суперпластификаторсыз) және негізгі (суперпластификатормен) құрамдар үшін өлшемдері 40×40×160 мм үлгі арқалықтарда 3, 7 және 28 тәулікте

жүргізілді. Бетон үлгілерін бір осьті қысу кезінде беріктікке және иілу кезінде созылуға сынау МССТ 10181-2014 сәйкес жүргізілді.

Бетонның су өткізбейтіндігін сынау МССТ 12730.5-84 сәйкес диаметрі 15 см болатын цилиндр үлгілеріндегі «ВИП-1.2» құралының көмегімен дымқыл дақ әдісімен жүргізілді (1-сурет).



Сурет 1. Вакуумдық әдіспен бетонның су өткізбейтіндігін өлшейтін ВИП-1.2 құрылғысы

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Минералдық қоспаларды механоактивациялау бір жағынан олардың гидравликалық белсенділігін арттырады, екінші жағынан цемент жүйесінде «микротолтырғыш әсерін» күшейтіп, гидросиликат фазаларының түзілуін жеделдетеді, бұл өз кезегінде беріктіктің артуын қамтамасыз ететіндігі белгілі [1,2].

Осыған байланысты төмен кальцийлі ұшпа күлді механоактивациялау арқылы оның белсенділігін арттыру және бетонның қажетті беріктігін қамтамасыз ету мүмкіндіктерін зерттеу туралы шешім қабылданды.

Ұшпа күлдің механикалық активациясы қатты бөлшектерді үйкелеу әдісімен ұнтақтайтын және олардың өлшемін 100 мкм-ден 0,1 мкм-ге дейін жеткізетін МПП 1-4 зертханалық планетарлық диірменінде жүргізілді.

Цемент шығынын азайту және бетон құрылымын тығыздау мақсатында бетон қоспасына ұсақдисперсті минералдық қоспа ретінде микрокремнезем (МК) енгізілді. Оның мөлшері цемент массасының 15%-ынан аспауы тиіс, өйткені оның құрамындағы белсенді кремний диоксиді бос кальций гидроксидін байланыстырады. Бұл шарт орындалмаса бетон ортасының сілтілігі төмендеп, болат арматураның коррозиясына орын алуы мүмкін [2].

Сонымен қатар, МК-ны (және кез келген ұсақ ұнтақталған толтырғышты) көп мөлшерде енгізу, оның жоғары дисперстілігі мен меншікті бетінің үлкен болуына байланысты (15 м²/г және одан жоғары) бетон қоспасының су қажеттілігін арттырады [3,4].

Ұсақ түйіршікті цемент-құм бетон қоспасының су қажеттілігін төмендету және оның қажетті қозғалғыштығын (РК = 150...160 мм) сақтау үшін суперпластификатор қолдану тиімді [5–6]. Пластификациялаушы қоспа ретінде су ерітіндісі түріндегі «СП-1» суперпластификаторы пайдаланылды.

Суперпластификатордың мөлшері құрғақ затқа шаққанда цемент массасының 1–1,5 % аралығында өзгертілді.

СП және МК-ның ерітінді үлгілерінің беріктігіне салыстырмалы әсерін анықтау үшін бірдей су-цемент қатынасы (С/Ц) сақталған үш түрлі құрам бойынша үлгілер дайындалды (1-кесте).

Кесте 1

Ұсақ түйіршікті бетондардың құрамы және үлгілерді сынау нәтижелері

Құрамдар, көрсеткіштер	№ құрамдар		
	1	2	3
Цемент, кг/м ³	500	400	400
Құм, кг/м ³	1500	1500	1500
Күл, кг/м ³	-	100	100
МК, кг/м ³	-	25	30
СП, кг/м ³	-	5	6
Су, л	190	180	170
Конустың жайылуы бойынша жылжымалылығы, мм	140	156	160
Иілу кезіндегі беріктік, МПа	5,4	6,6	6,2
Сығуға беріктік, МПа	41,1	48,2	46,4
Су өткізбейтіндігі, МПа	4	10	10

Дисперсті арматураланған бетондар жоғары беріктік көрсеткіштерімен, ұзақ мерзімділігімен, пайдалану жарамдылығымен және тозуға төзімділігімен ерекшеленеді. Осы қасиеттердің артуы нәтижесінде жөндеу аралық қызмет ету мерзімі ұзартылады, бұл өз кезегінде экономикалық тиімділікке қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Осыған байланысты бетон қоспасының құрамына базальт талшығы 7-10 кг/м³ мөлшерінде енгізілді (2-кесте).

Кесте 2

Фибробетонның физика-механикалық көрсеткіштері

Құрамдар, көрсеткіштер	№ құрамдар		
	2	4	5
Цемент, кг/м ³	400	400	400
Құм, кг/м ³	1500	1500	1500
Күл, кг/м ³	100	100	100
МК, кг/м ³	20	20	20
СП, кг/м ³	5	5	5
Су, л	190	190	190
Базальтты фибра, кг/м ³	-	7	10
Конустың жайылуы бойынша жылжымалылығы, мм	140	156	160
Иілу кезіндегі беріктік, МПа	5,4	7,5	7,7
Сығуға беріктік, МПа	46,1	47,2	48,5
Су өткізбейтіндігі, МПа	W10	W10	W10

2-кесте мәліметтері көрсеткендей, 28 тәуліктегі сығуға беріктіктің (47,2–48,5 МПа) және иілуге беріктік (7,5 МПа) ең жоғары мәндері құрамында базальт талшығы 7–10 кг/м³ мөлшерінде енгізілген фибробетон үлгілерінде байқалды.

Фибробетон үлгілерінде базальт талшығының мөлшері артқан сайын сығу кезіндегі жарықшақтардың пайда болуы айтарлықтай төмендейтіні анықталды.

Зерттеу нәтижелері бойынша ұсынылған №4 және №5-құрамдарға базальт микроарматуралық талшығын (байланыстырғыш массасының 7-10%) қосу кезінде, №2-құраммен (фибрасыз) салыстырғанда беріктіктің 4,3%-ға дейін шамалы артуы байқалды.

Сонымен қатар, талшықтардың оңтайлы мөлшерден артуы кезінде олардың түйірленуі орын алып, бұл бетон қоспасының біртектілігін бұзып, нәтижесінде беріктік көрсеткіштеріне кері әсер ететіні анықталды.

Пайдалану процесінде агрессивті ортаның әсер ету дәрежесі суару жүйелерінің темірбетон науалары олардың қызмет ету мерзіміне кері пропорционалды. Сондықтан оларды өндіруге арналған бетон қоршаған ортаның агрессивті әсеріне төзімді болуы керек. Агрессивті орта ретінде 5% натрий сульфатының (Na_2SO_4), 3% натрий хлоридінің (NaCl) және 0,01% тұз қышқылының (HCl) сулы ерітінділері таңдалды.

Сынақтар басталар алдында үлгілер кептіріліп, өлшенді.

Серияның экспозиция ұзақтығы агрессивті ортадағы үлгілер үшін алты ай болды.

Экспозиция аяқталғаннан кейін серияүлгілері (соның ішінде бақылау) беріктік сипаттамаларын – иілу және қысу күштерінің шектерін анықтау үшін пайдаланылды. Беріктік шегінің мәні сынақ нәтижелерінің орташа арифметикалық көрсеткіші бойынша қабылданды.

Сынақ нәтижелері бойынша агрессивті және агрессивті емес ортадағы үлгілердің массасының жоғалуы (1) формулаға сәйкес есептелді:

$$\Delta m = m_2 - m_1 / m_1 \times 100\% \quad (1)$$

мұнда: Δm – үлгілердің масса жоғалуы, %; m_1 – сынаққа дейінгі үлгілердің массасы, г; m_2 – сынақтан кейінгі үлгілердің массасы, г.

Осыдан кейін жұптардың әрқайсысы үшін қысу (ΔR , %) және иілу кезіндегі созылу беріктігінің (ΔR_{tb} , %) өзгеруі (2), (3) формулаға сәйкес анықталды:

$$\Delta R = R_2 - R_1 / R_1 \times 100\% \quad (2)$$

мұнда: ΔR – сығылғандағы беріктік шегінің өзгеруі, %; R_1 – бақылау үлгілерінің сығылғандағы беріктік шегі, МПа; R_2 – негізгі үлгілерінің сығылғандағы беріктік шегі, МПа.

$$\Delta R_{tb} = R_{2tb} - R_{1tb} / R_{1tb} \quad (3)$$

мұнда: ΔR_{tb} – иілу кезінде созылу беріктігінің өзгеруі, %; R_{1tb} – сынамаларды иілу кезінде созылу беріктігінің шегі (сынақ жүргізер алдында), МПа; R_{2tb} – негізгі үлгілерді иілу кезінде созылу беріктігінің шегі (бойынша сынақты аяқтағаннан кейін), МПа.

6 ай ішінде агрессивті ортадағы үлгілердің масса жоғалуы (Δm), сығылғандағы (ΔR_c) және иілгендегі ΔR_{tb} беріктіктің (ΔR_{tb}) кемуі бойынша алынған сынақ нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

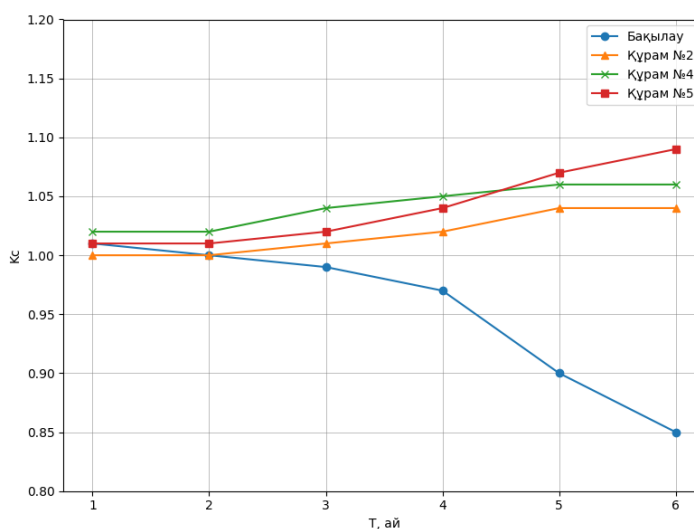
Бетон үлгілерінің агрессивті орталарына төзімділік иілу және қысу кезінде орташа массаның, созылу беріктігінің шегінің өзгеруі

Белгілеуі	Сипатта малары	Агрессивті ортаның түрі мен концентрациясы		
		3% NaCl	0,01% HCl	5% Na ₂ SO ₄
Құрам №1	Δm , %	0,133	0,221	-0,082
	ΔR_c , %	0,254	0,482	-0,126
	ΔR_{tb} , %	0,258	0,514	-0,144
Құрам №2	Δm , %	0,121	0,202	-0,088
	ΔR_c , %	0,212	0,431	-0,138
	ΔR_{tb} , %	0,216	0,469	-0,155
Құрам №4	Δm , %	0,112	0,182	-0,101
	ΔR_c , %	0,196	0,384	-0,152
	ΔR_{tb} , %	0,183	0,412	-0,175
Құрам №5	Δm , %	0,102	0,168	-0,112
	ΔR_c , %	0,186	0,358	-0,164
	ΔR_{tb} , %	0,179	0,364	-0,191

3-кестеде келтірілген эксперимент нәтижелерін талдау, №2,4,5 тиімді құрамы коррозияға төзімділігі жоғары екендігін көрсетті.

NaCl 3% ерітіндісіндегі бақылау (1-құрам) қатысты үлгілердің массасының жоғалтуы Δm – 0,121-0,102%(өсім 9,1-30,3%), ΔR_c – 0,186-0,212% (өсім 19,8-36,5%) – қысу беріктігі, ΔR_{tb} –0,175-0,216% (өсім 19,4-36,9%) – иілу кезінде сәйкесінше болды.

Қышқыл коррозиясын зерттеу 0,01% HCl қышқылында ерітіндіде сақталғаннан кейін келесі өзгерістер байқалды: орташа салмағының жоғалтуы 9,4– 31,5%-ға, ΔR_c қысу беріктігінің шегі 11,8–34,6%-ға; ΔR_{tb} иілу кезіндегі созылу – 8,8% – 29,1 ға, тиісінше азайған.



Сурет 2. №1, №2, №4, №5 және бақылау құрамдардың модификацияланған бетонның иілгендегі беріктігі бойынша натрий сульфатының ерітіндісінде тұрақтылық коэффициенті

Үлгілердің 5% Na₂SO₄ ерітіндісінде сақталуы нәтижелері бойынша көрсеткіштердің жоғарылауы барлық құрамда байқалды: масса жоғалту 12,7-36,6% , ΔR_c – 9,8-30,1%- ға және ΔR_{tb} – тиісінше 7,6-32,6%-ға өсті.

Алынған оң нәтижелер бетон құрамындағы микрокремнеземнің бос Са(ОН) байланыстыратын пуццолан белсенділігінің жоғарылау фактісін дәлелдейді.

№1, №2, №4, №5 және бақылау құрамдардың модификацияланған бетонның иілгендегі беріктігі бойынша натрий сульфатының ерітіндісінде тұрақтылық коэффициенті 2-суретте келтірілген.

Механикалық активтендіру нәтижесінде күлдің гидравликалық белсенділігі бір жағынан артады, ал екінші жағынан цементтік жүйеде «микротолтырғыш эффектісі» күшейеді. Сонымен қатар гидросиликатты фазалардың түйіршіктену (нуклеация) процесі жеделдеп, бұл бетон беріктігінің артуын қамтамасыз етеді.

Микрокремнезем көлемі 5%-дан 6%-ға дейін артқан кезде бетон беріктігінің төмендеуі байқалды. Бұл құбылыс сілтілік ортаның рН көрсеткішінің 14-тен 12,5-ке дейін төмендеуімен және гидратация процестерінің катализаторы болып табылатын кальций гидроксидінің ішінара бейтараптануымен түсіндіріледі.

Тәжірибелер нәтижелері бойынша, пластификацияланған ұсақ түйіршікті бетон қоспасына «СП-1» суперпластификаторын цемент массасының 1–1,5% мөлшерінде және меншікті беті $S_{уд} = 15 \text{ м}^2/\text{г}$ болатын микрокремнеземді байланыстырғыш массасының 5–6% көлемінде енгізген кезде, 28 тәуліктегі қалыпты қату жағдайында иілу кезіндегі беріктік 5,4 МПа-дан 6,2–6,8 МПа-ға дейін артқаны, ал сығуға беріктік 41,1 МПа-дан 46,4–48,2 МПа-ға дейін жоғарылағаны анықталды.

Алынған тәжірибелік деректер бойынша, микрокремнезем енгізу нәтижесінде ұсақ түйіршікті бетонның су өткізбейтіндігі айтарлықтай жақсарып, W10 маркасына сәйкес деңгейге жеткені анықталды (1-кесте).

Жүргізілген зерттеу нәтижелері көрсеткендей, 28 тәулікте ең жоғары сығуға беріктік (48,2 МПа), иілуге беріктік (6,6 МПа) және жоғары су өткізбейтіндік (W10) суперпластификатор «СП-1»-ді цемент массасының 1,5% мөлшерінде (құрғақ затқа шаққанда) қолдану кезінде қамтамасыз етіледі.

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері бойынша бетон қоспасының құрамына механоактивацияланған күлді, сондай-ақ күшті пластификациялаушы және су шығынын төмендетуші әсерге ие «СП-1» суперпластификаторы (цемент массасының 1-1,5% мөлшерінде, құрғақзатқа шаққанда) және ұнтақ дисперсті минералды тығыздаушы компонент ретінде микрокремнеземді (цемент массасының 5-6%) енгізу цемент шығынын үнемдеуге мүмкіндік беретіндігі анықталды. Алынған нәтижелер бетон құрамындағы микрокремнеземнің бос Са(ОН) байланыстыру үшін пуццолан белсенділігінің жоғарылауын растайды.

Осы қоспалар негізінде гидротехникалық құрылыстарды салуға арналған, жоғары беріктікке ($R_{сж28} = 48,2 \text{ МПа}$), су өткізбейтіндікке (W10), аязға төзімділікке (F300) және коррозияға төзімділікке ие ұсақ түйіршікті бетон алу мүмкін екені дәлелденді.

Сонымен қатар, бетон қоспасының құрамына базальт талшығын 7-10 кг/м³ мөлшерінде енгізу жарықшаққа төзімділікті және физика-механикалық қасиеттерін арттыруға ықпал ететіні анықталды.

Әдебиеттер тізімі

1. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Головин С.Н., Дудник А.В., Золотухина Н.В. Эффективность суперпластификаторов в мелкозернистом бетоне с

- золошлаковой смесью [Текст] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 8. – С. 29–38. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-8-29-38.
2. Sang N.T., et al. Performances of eco-fine-grained concrete containing saline sand as partial fine aggregate replacement // Journal of Applied Science and Engineering. – 2021. – Vol. 24, Issue 4. – P. 527-539.
 3. Лесовик В.С., Федюк Р.С. Повышение эффективности малопроницаемых цементных композитов [Текст] // Вестник МГСУ. – 2021. – Т. 16. – № 10. – С. 1346-1356.
 4. Ткач Е.В., Темирканов Р.И. Цементный бетон с улучшенными физико-механическими свойствами на основе применения активированного микрокремнезема [Текст] // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 10. – С. 289-292.
 5. Муртазаев С.-А.Ю., Саламанова М.Ш. Технологические подходы к повышению качества мелкозернистого бетона [Текст] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 9. – С. 40–48. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-9-40-48.
 6. Ткач Е.В., Темирканов Р.И., Ткач С.А. Комплексное исследование модифицированного бетона на основе активированного микрокремнезема совместно с микроармирующим волокном для повышения эксплуатационных характеристик [Текст] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 5. – С. 215-226.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған BR24992867 «Қазақстанның су шаруашылығын және қайта өңдеу өнеркәсібін дамыту мен басқаруға арналған ресурсты үнемдейтін технологияларды әзірлеу, инновациялық инжинирингтік орталық құру» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 14.04.26 түсті, 23.06.26 қабылданды.

А.А. Сағындықов¹, Ж.Т. Сүлейменов¹, Б.А. Карымсаков¹, Д.Г. Алимкулова¹

¹*Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации,
Тараз, Казахстан*

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ БЕТОНЫ С ДОБАВКАМИ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРА И ЗОЛЫ-УНОСА

Аннотация. Цель исследования – разработка состава гидротехнического мелкозернистого бетона и изучение его реологических и физико-механических свойств с применением суперпластификатора «СП-1» и микрокремнезема. Исследовано влияние механоактивированной золы-уноса, микрокремнезема и суперпластификатора на технологические и физико-механические свойства мелкозернистого гидротехнического бетона. Введение в состав бетонной смеси активированной золы-уноса, суперпластификатора СП-1 и базальтового волокна в количестве 7-10 кг/м³ способствует повышению подвижности бетонной смеси (140-160 мм), прочности на сжатие (R_{сж28} = 48,2 МПа), прочности на изгиб (5,4-7,7 МПа), водонепроницаемости (W10), морозостойкости (F300) и коррозионной стойкости бетона.

Ключевые слова: гидротехнический мелкозернистый бетон, суперпластификатор, прочность, морозостойкость, водонепроницаемость, микрокремнезем, коррозионная стойкость.

A.A. Sagyndykov¹, Zh.T. Suleimenov¹, B.A. Karymsakov¹, D.G. Alimkulova¹

¹Kazakh National University of Water Management and Irrigation, Taraz, Kazakhstan

FINE-GRAINED HYDRAULIC ENGINEERING CONCRETES WITH SUPERPLASTICIZER AND FLY ASH ADDITIVES

Abstract. The objective of the study was to develop a composition of hydraulic fine-grained concrete and to investigate its rheological and physicomechanical properties using the SP-1 superplasticizer and silica fume. The influence of mechanically activated fly ash, silica fume, and a superplasticizer on the technological and physicomechanical properties of fine-grained hydraulic concrete was investigated. The incorporation of activated fly ash, SP-1 superplasticizer, and basalt fiber in an amount of 7-10 kg/m³ into the concrete mixture contributes to an increase in the workability of the concrete mix (140-160 mm), compressive strength (Rc28 = 48.2 MPa), flexural strength (5.4-7.7 MPa), water resistance (W10), frost resistance (F300), and corrosion resistance of the concrete.

Keywords: hydraulic fine-grained concrete, superplasticizer, strength, frost resistance, water impermeability, microsilica, corrosion resistance.

References

1. Lukutsova N.P., Pykin A.A., Golovin S.N., Dudnik A.V., Zolotukhina N.V. Effektivnost' superplastifikatorov v melkozernistom betone s zoloshlakovoy smes'yu [Efficiency of superplasticizers in fine-grained concrete with ash-slag mixture] // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. – 2024. – No. 8. – P. 29–38. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-8-29-38. [in Russian].
2. Sang N.T., et al. Performances of eco-fine-grained concrete containing saline sand as partial fine aggregate replacement // Journal of Applied Science and Engineering. – 2021. – Vol. 24, Issue 4. – P. 527-539.
3. Lesovik V.S., Fedyuk R.S. Povyshenie effektivnosti malopronitsaemykh tsementnykh kompozitov [Improving the efficiency of low-permeability cement composites] // Vestnik MGSU. – 2021. – Vol. 16. – No. 10. – P. 1346-1356. [in Russian].
4. Tkach E.V., Temirkanov R.I. Tsementnyy beton s uluchshennymi fiziko-mekhanicheskimi svoystvami na osnove primeneniya aktivirovannogo mikroremnezema [Cement concrete with improved physical and mechanical properties based on the use of activated microsilica] // Innovatsii i investitsii. – 2019. – No. 10. – P. 289-292. [in Russian].
5. Murtazaev S.-A.Yu., Salamanova M.Sh. Tekhnologicheskie podkhody k povysheniyu kachestva melkozernistogo betona [Technological approaches to improving the quality of fine-grained concrete] // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. – 2024. – No. 9. – P. 40–48. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-9-40-48. [in Russian].
6. Tkach E.V., Temirkanov R.I., Tkach S.A. Kompleksnoe issledovanie modifitsirovannogo betona na osnove aktivirovannogo mikroremnezema sovmestno s mikroarmiruyushchim voloknom dlya povysheniya ekspluatatsionnykh kharakteristik [Comprehensive study of modified concrete based on activated microsilica combined with micro-reinforcing fiber to improve performance characteristics] // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov [Bulletin of Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering]. – 2021. – Vol. 332. – No. 5. – P. 215-226. [in Russian].