

FTAMP 67.09.05

Н.К. Кожакұлов¹ – негізгі автор, ©
Б.Т. Копжасаров², С.М. Моминова³,
С.Т. Дүйсенбаева⁴, Г.Т. Копжасарова⁵



¹Докторант, ²Техн.ғылым.канд., профессор, ³PhD, аға оқытушы,
⁴Техн.ғылым.канд., доцент, ⁵Аға оқытушы

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0006-2185-8593> ²<https://orcid.org/0000-0001-9163-2879>
³<https://orcid.org/0000-0001-5005-9826> ⁴<https://orcid.org/0000-0001-6054-9589>
⁵<https://orcid.org/0009-0008-6735-0458>



^{1,2,3,5}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент қ., Қазақстан
⁴Қазақ ұлттық Су шаруашылығы және ирригация университеті,
Тараз қ., Қазақстан



¹knurjan77@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/HKPD4195>

ВОЛЛАСТОНИТ – ОРТОФОСФОР ҚЫШҚЫЛЫ – ГИПС ЖҮЙЕСІНДЕГІ МАТЕРИАЛДЫҢ КЕУЕКТІ ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада волластонит пен ортофосфор қышқылы ұялы бетон компоненттері ретінде қолдану арқылы кеуекті құрылым жасау мүмкіндіктері қарастырылған, түрлі жағдайларда алынған нәтижелер өзара салыстырыла отырып, алынған бетонның негізгі физика-механикалық қасиеттері зерттелген. Заман талабына сай елімізде осыған дейін өндіріліп, жасалып, шығарылып жатқан құрылыс саласында қолданылатын материалдардың экономикалық, экологиялық және басқа да көрсеткіштерін жақсарту мен тиімді жолдарын қолға алу маңызы күннен күнге артып келеді. Мақалада жүргізілген зерттеулер, талдаулар мен салыстырулар нәтижелері бойынша жергілікті қосымша шикізат көзі ретінде волластонитті ұялы бетон алуда ортофосфор қышқылымен өңдей отырып түрлі қасиеттерге ие кеуекті құрылым жасау жолдары сипатталды. Бұл өз кезегінде газдалған бетон өндірісін дамытуға өз үлесін қосатыны айқындалды.

Тірек сөздер: газдалған бетон, волластонит, ортофосфор қышқылы, әк, байланыстырғыш, кеуектілік, құрылым, тығыздық, жылу өткізгіштік, беріктік.



Кожакұлов, Н.К. Волластонит – ортофосфор қышқылы – гипс жүйесіндегі материалдың кеуекті құрылымын зерттеу [Мәтін] / Н.К. Кожакұлов, Б.Т. Копжасаров, С.М. Моминова, С.Т. Дүйсенбаева, Г.Т. Копжасарова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.209-218.
<https://doi.org/10.55956/HKPD4195>

Кіріспе. Қазіргі заманғы құрылыстың дамуы қол жетімді шикізат базасы мен қарапайым өндіріс технологиясы бар жоғары сенімділікке ие тиімді құрылыс материалдарын кеңінен қолданумен үздіксіз байланысты. Әсіресе экологиялық таза және арзан кеуекті материалдар мен бұйымдарды жасау өзекті болып отыр. Жылу үнемдеу, дыбыс сіңіру қасиеттері бар бұл

материалдар сонымен қатар бөлмелерде қолайлы микроклиматтың қалыптасуына ықпал етеді.

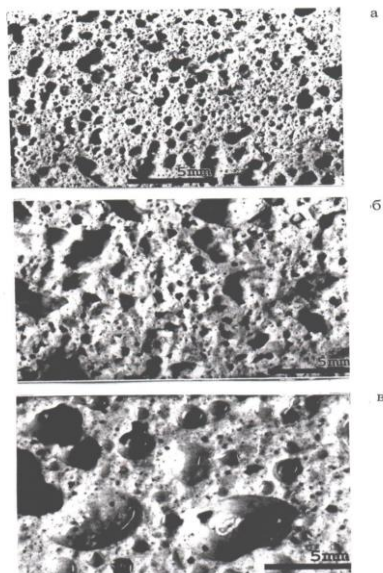
Газды силикатбетон бұйымдарын өндіру жоғары икемділігімен және әмбебаптығымен, қолданылатын шикізат материалдарының алуан түрімен, алынған бетон қасиеттерінің кең ауқымымен сипатталады. Газды силикатты бетон өндіруге әртүрлі химиялық, минералогиялық және толтырғыш құрамдарының табиғи және көптеген техногендік шикізаттары жарамды. Бір шикізат негізінде және бірыңғай технология бойынша газ түзгіштің әр түрі мен шығынға ие оңтайлы таңдалған компоненттер арқылы тығыздығы 200-1200 кг/м³ болатын кең номенклатура өнімдерін жасауға болады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Ғылыми жасалымдарға сәйкес, цементті немесе әкті ұялы бетондағы макро және микро кеуектердің мөлшері судың қатты қатынасына және қалыптау қоспасының сапасына айтарлықтай тәуелді. Тез қататын цементті немесе тез сөнетін әкті пайдаланған кезде қалыптау қоспасының беку мен қатаю уақыты алюминий ұнтағының әкпен реакциясы нәтижесінде сутектің бөліну мерзімінен жылдам болады [1]. Сондықтан байланысқан кеуектердің диаметрлері үлкен болып, ұялы бетонның құрылымы біркелкі емес болып келеді. Судың қатты қатынасының төмендеуімен және кремний диоксиді компонентінің майда ұнтақталуымен ұялы бетонда ұсақ кеукеті құрылым пайда болады. Жүргізілген ізденіс жұмыстары арқылы бұйымдардың механикалық беріктігі ғана емес, сонымен қатар олардың жылу және дыбыс сіңіру сипаттамалары қалыптау қоспа компоненттерінің сапасы мен арақатынасына байланысты екендігі анықталды. Акустикалық өнімдер үшін ұялы бетон жасаған дұрыс, себебі онда ауа өткізгіштік және дыбыс сіңуін арттыратын көптеген байланысқан кеуектер мен микро жарықтар пайда болады [2].

Біздің зерттеулеріміз волластонит – ортофосфор қышқылы – гипс жүйесінде қалыптау қоспасының баяу ісінуі барысында біркелкі макроқұрылым жасалатынын, бетон ұсақ, біркелкі кеукетілікпен сипатталатынын көрсетті. Бастапқы компоненттердің өзара әрекеттесу реакциясының үдеуінен қалыптау қоспасындағы макроқұрылымда біркелкі емес, үлкен диаметрлі, байланысқан кеуектер басым болады. Біркелкі макроқұрылымы бар кеукетбетон қысу беріктігінің жоғарылауымен сипатталады (1,5-2 есе). Төменде кеукеті гипсобетонның құрылымына кейбір факторлардың әсері қарастырылады (волластонитті ұнтағының ұсақтығы, ортофосфор қышқылының концентрациясы, гипсті қатайтатын үдеткіш қоспалардың түрі мен мөлшері). Зерттеулер құрамында СО₂ бойынша 6,1% карбонатты волластонит пен Суттард бойынша 150-155 мм қалыптау қоспасының таралуын қамтамасыз ететін ерітіндікатты қатынаста Г-7 маркалы гипсті және кеукемассаны құрғақ минералдандыру әдісімен оны дайындаудың оңтайлы параметрлерін пайдалана отырып орындалды.

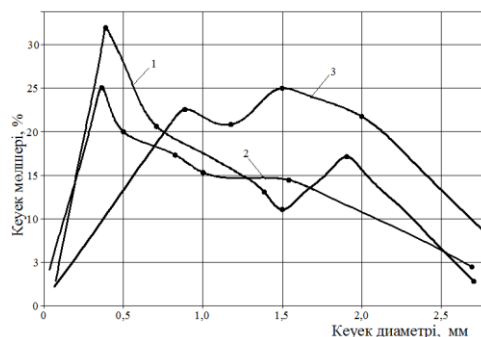
1-суретте Н₃РО₄ 50% концентрациясында және волластониттің әртүрлі дисперсиясында алынған кеукеті гипсобетонның макроқұрылымы көрсетілген. Волластониттің ұнтақтағы неғұрлым ірі болса кеуектер соғұрлым кішірек болады, ал неғұрлым майда болса кеуектердің диаметрі соғұрлым үлкен болады. Волластониттің ұнтағы 220 м /кг болғанда диаметрі 0,001-0,003 мм ұсақ тесіктер пайда болады, ал олардың кейбіреулері 0,5 мм-ге дейінгі (10% дейін) кеуектер болады (сурет 1а). 350 м²/кг-ға дейін ұнтақтау кезінде ірі тесіктердің мөлшері артады және ұсақ тесіктердің ірілерге қатынасы 1:1 аралығында болады. Диаметрі 0,001-0,003 мм кеуектердің мөлшері 20%-дан аспайды, диаметрі 0,1-0,5 мм кеуектердің мөлшері 50-60%-

ға дейін артады (сурет 16). Волластонит ұнтағы $450 \text{ м}^2/\text{кг}$ болғанда кеуек тесігі негізінен дөңгелек пішінді үлкен $1\text{-}3 \text{ мм}$ (кейде 5 мм дейін) болып келеді, бірақ кейде созылған пішінде де (сурет 1в) кездеседі.



Сурет 1. Түрлі дисперсиялы волластонитті (H_3PO_4 – 50% концентрациялы) кеуекті гипсбетонның макроқұрылымы, меншікті беттері: а – $220 \text{ м}^2/\text{кг}$; б – $350 \text{ м}^2/\text{кг}$; в – $450 \text{ м}^2/\text{кг}$

Кеуекті гипсбетонның құрылымдық кеуектілігі H_3PO_4 ерітіндісінің концентрациясына да байланыстылығы зерттеулер арқылы анықталды. Ерітінді концентрациясы 50% болған кезде реакция тез жүреді, құйылмалы қоспа (таралуы 155 мм), кеуек тесіктері үлкен. Қоспа тыныс алғандай болып газдың әсерінен көтеріліп, ауырлық күшінің әсерінен төмендейді. Тұрақтанғаннан кейін қоспа ірі кеуекті құрылымға ие, 50% дейін негізінен диаметрі $0,7\text{-}1,5 \text{ мм}$ (2-сурет, 3-сызық), 30% дейін $2\text{-}3 \text{ мм}$ кеуектері болады. H_3PO_4 ерітіндісінің 30% концентрациясында бу түзілуі тыныш, газдың бөлінуі біркелкі жүреді, кеуекті масса біркелкі және ұсақ кеуектілікпен сипатталады, негізінен тесіктердің диаметрі $0,5 \text{ мм}$ -ге дейін (2-сурет, 2-сызық) болып келеді.



Сурет 2. H_3PO_4 түрлі концентрациясында дайындалған кеуекті гипсбетондағы тесіктердің диаметрі бойынша таралуы: 1 – H_3PO_4 концентрациясы 20%; 2 – 30 %; 3 – 50 %

Қоспа баяу ісіну барысында (H_3PO_4 концентрациясы 20 %) диаметрі 0,5 мм-ге дейінгі кеуектер саны артады (2-сурет, 1-сызық). Біркелкі түзілу біркелкі кеуектілікпен кеуекті масса алуға мүмкіндік береді.

Химиялық қоспалардың кеуекті құрылымға әсерін анықтау үшін ортофосфор қышқылының әр түрлі концентрациясындағы үлгілердің қоспалар түрі мен құрамымен ерекшеленген жиынтығы дайындалды.

Экспериментте қалыптау массасының тұрақты реологиялық сипаттамалары Суттард бойынша – (150 = 5) мм кеуекті гипсобетонның құрылымдық түзілу шарттары ойластырылды. Қоспалардың түрі мен шығынына байланысты алынған материалдың тығыздығы бойынша маркасы D400-ден D800-ге дейін өзгерді. Зерттелген кеуекті гипсобетон құрамы 1-кестеде келтірілген.

Зерттеулер көрсеткендей, орташа тығыздығы төмен кеуекті гипсобетон көпіршіктердің полифракциялық сфералық құрылымымен, қоспалар шығынының ұлғаюымен өсетін ашық көздердің көп санымен сипатталады. Тығыздығы бойынша (D400-D500) төмен маркалы кеуекті гипсобетонның жалпы кеуектілігі 80-83% шегінде болады. Мұндай кеуекті бетондарда олардың қабырғаларының тұтастығының бұзылуы және кеуекті массаның сфералық көпіршіктерінің жанасу аймағында нүктелік тесіктер пайда болуы есебінен 40% дейін ашық қуыстар болады.

Қоспаның түрі мен шығыны белгілі бір түрде зерттелетін кеуекті гипсобетонның макроструктуралық кеуектілігіне әсер етеді.

CaCl_2 қоспасын 0,5-тен 2%-ға дейін пайдаланған кезде орташа тығыздығы 410-450 кг/м³ материалдың құрылымы ірі кеуекті, беті онша тегіс емес және олардың арасында кедір-бұдырлы қалқалары бар тесіктер пішіні бойынша дұрыс емес екені анықталды (2-кесте).

2-4% Na_2SO_4 қосылған кезде дәнекерлеу реакциясы қарқынды өтеді, тесіктері дөңгелек. Өзара байланысқан немесе тұйық көптеген майда және орташа кеуектерге ие болады.

1,5% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ қоспасы біркелкі ұсақ кеуекті құрылымы бар D500 маркалы кеуекті гипсобетон алуға мүмкіндік береді. 0,5% Na_2CO_3 қосылған осындай маркадағы кеуекті гипсобетон орташа кеуекті құрылыммен сипатталады.

Кесте 1

Кеуекті гипсобетон құрамдары (Г-7 маркалы гипс, CO_2 – 6.1%)

Құрам №	H_3PO_4 концентр-сы, %	Құрғақ компоненттер құрамы, мас. %				Құрғақ компоненттер массасынан қоспа, %	Р/Т, мл/г	Орташа тығыздық, кг/м ³	Қысу кезіндегі беріктік шегі, МПа
		воластонит	гипс	Известняк ракушечник	крахмал				
1	30	61	32	3	4	Na_2CO_3 , 0,5	0,52	500	1,0
2	30	64	32	-	4	$\text{Al}(\text{OH})_3$, 3	0,54	600	1,7
3	30	60	34	2	4	Na_2SO_4 , 2	0,52	600	1,1
4	50	64	32	-	4	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 0,5	0,65	700	1,6
5	50	64	32	-	4	Na_2CO_3 , 1,5	0,68	700	1,9
6	30	64	32	-	4	$\text{Al}(\text{OH})_3$, 1	0,55	800	2,0
7	30	64	32	-	4	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 5	0,62	800	2,6

Кесте 2

Волластонит – ортофосфор қышқылы – гипс жүйесіндегі
композиттердің кеуекті құрылымы (қатты компоненттердің құрамы, масс.
волластонит 64, крахмал 4, гипс 32; волластониттегі карбонаттардың құрамы
CO₂ бойынша 6,1%)

Құрам №	H ₃ PO ₄ концентр-сы, %	Қоспа, %	Орташа тығыздық, кг/м ³	Қысу кезіндегі беріктік шегі, МПа	Кеуекті макроқұрылым сипаттамасы
1	30	Na ₂ HCO ₃ ,0,5	500	1,0	Орташа кеуекті. Жалпы кеуектілік 80%. Кеуектер: 3-5 мм – 15%; 1-2 мм – 30%; 0,1-0,5 мм – 30%; 0,01-0,03мм – 15%; 0,001-0,005 мм – 10%
2	30	Al(OH) ₃ ,3	600	1,7	Майда кеуекті. Жалпы кеуектілік 76%. Кеуектер: 3-5 мм – 15%; 1-3 мм – 10%; 0,1-0,5 мм – 30%; 0,01-0,05мм – 30%; 0,001-0,005 мм – 10%
3	30	Na ₂ SO ₄ ,2	600	1,1	Орташа кеуекті. Жалпы кеуектілік 74%. Кеуектер: 3-5 мм – 30%; 1-2 мм – 20%; 0,5-1 мм – 20%; 0,1-0,3мм – 20%; 0,01-0,05мм – 10%
4	50	Al ₂ (SO ₄) ₃ ,0,5	700	1,6	Майда кеуекті. Жалпы кеуектілік 73%. Кеуектер: 1-3 мм – 25%; 0,1-0,5 мм – 35%; 0,01-0,05мм – 25%; 0,001-0,005 мм – 15 %
5	50	Na ₂ CO ₃ ,1,5	700	1,9	Майда кеуекті. Жалпы кеуектілік 72%. Кеуектер: 3-5 мм – 10%; 1-3 мм – 30%; 0,1-0,5мм – 30%; 0,1-0,5мм – 30% 0,01-0,05мм – 30 %
6	30	Al(OH) ₃ ,1	800	2,0	Майда кеуекті. Жалпы кеуектілік 68%. Кеуектер: 1-3 мм – 10%; 0,1-0,5 мм – 40%; 0,01-0,03мм – 30%; 0,003-0,005мм – 20%
7	30	Al ₂ (SO ₄) ₃ , 5	800	2,6	Майда кеуекті. Жалпы кеуектілік 66%. Кеуектер: 1-3 мм – 5%; 0,5-1 мм – 2,0%; 0,03-0,05 мм – 20%; 0,01-0,03 мм – 20%; 0,001-0,005мм – 35%

Д600-Д800 маркалы 1-3% Al(OH)₃ және 0,5-5% Al₂(SO₄)₃ қоспалары
бар кеуекті гипсобетонның тұйық, майда кеуекті құрылымға ие болып келеді.

Жалпы алғанда, орташа тығыздықтың жоғарылауымен кеуекті
гипсобетонның құрылымы неғұрлым тұйық, майда кеуекті болып келетінін
байқауға болады. Д600-Д800 маркалы кеуекті гипсобетон үшін негізінен
майда кеуекті кеуекаралық бірдей қалыңдықты құрылымды болады. Мұндай
кеуекті гипсобетонның беріктігі біршама жоғары. Тығыздығы төменделген

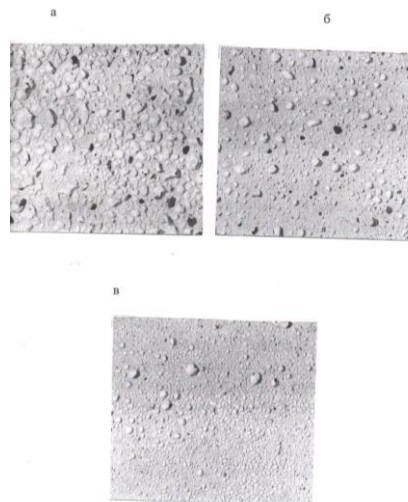
кеуекті гипсобетон бұзылған қабырғалар мен жарықтар арқылы өзара байланысқан босаңсыған және ирелендеген саңылау тәрізді құрылымымен және кеуектері біркелкісіз таралуымен ерекшеленеді. Жасырын және айқасқан микрожарықтар да кездеседі.

Қоспалар кеуекті құрылымға белгілі бір әсерін тигізеді: бір тығыздықты кеуекті гипсобетонның өлшемдері мен сипаты әртүрлі кеуекті (тұйық, байланыс түзген, ашық), ал бұл 3-кестенің деректерімен және 3-суретпен келтірілген.

Кесте 3

Кеуекті гипсобетон құрылымына қоспалардың әсері (қатты компоненттер құрамы, мас. %: волластонит 64, крахмал 4, гипс 32; волластониттегі карбонаттардың құрамы CO_2 бойынша)

H_3PO_4 , концентр- сы, %	Қоспа, %	Р/Т, мл/г	Тығыздық бойынша маркасы	Қысу кезіндегі беріктік шегі, МПа	Құрылым
30	NaOH, 1,5	0,60	600	0,9-1,0	Ірі кеуекті, біркелкісіз
30	Алюминий квасы, 2	0,52	600	1,1-1,4	Орташа кеуекті, біркелкі
30	$\text{Al}(\text{OH})_3$, 3	0,54	600	1,4-1,7	Майда кеуекті



Сурет 3. Д600 маркалы түрлі қоспалы кеуекті гипсобетонның құрылымы:
а – NaOH; б – алюмокалий квасы; в – $\text{Al}(\text{OH})_3$

Алынған деректерге сәйкес NaOH қоспасын пайдалану кезінде Д600 маркалы кеуекті гипсобетонның макроқұрылымында үлкен диаметрлі біркелкі емес қуыстар басым. Өзара байланысатын көптеген ұяшықтар байқалады. Алюмокалий квасын қоспа ретінде пайдаланып алынған Д600 маркалы кеуекті гипсобетон орташа кеуекті құрылыммен сипатталады. Ірі де, ұсақ та ұяшықтар үлгіде біркелкі таралған, майда жарықтар жоқ. Бұл бетонға NaOH (0,9-1,2 МПа) қосылған кеуекті бетонмен салыстырғанда жоғары (1,1-1,4 МПа) беріктік тән болып табылады. $\text{Al}(\text{OH})_3$ қосқанда кеуекті гипсобетон ұсақ кеуекті ұялы құрылымды болады.

3% $Al(OH)_3$ қоспасымен алынған ұсақ кеукті құрылымды D600 кеукті гипсбетонға қосымша 2% әктас қосу арқылы бетіне шығатын ішінара ашық кеуктерге ие орташа кеукті құрылымды алады. Мұндай бетонның орташа тығыздығы 500 кг/м^3 аспайды.

Осылайша, әсер етуші факторларға байланысты (ортофосфор қышқылының концентрациясы, волластонит ұнтағының ұсақтығы, қоспалардың түрі мен саны) физикалық-механикалық қасиеттерін анықтайтын құрылымдық кеуктіліктің әртүрлі сипатына ие тығыздығы 400-800 кг/м^3 кеукті гипсбетон алынды. Кеукті гипсбетонның құрылымы, оны өндірудің технологиялық факторларына байланысы жайлы алынған мәліметтер құрылымның қалыптасу процестерін бақылауға және белгілі қасиеттері бар бұйымдарды алуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ұялы бетонның негізгі қасиеттері (беріктігі, жылу өткізгіштігі, ауа өткізгіштігі, дыбыс сіңіргіштігі) оның тығыздығына, бетон түріне, технологиялық өндіріс параметрлеріне, бастапқы құрамдас бөліктерінің сапасы мен құрамына, су-қатты қатынасына, көбік түзетін заттың түрі мен дайындау әдісіне және т.б. байланысты болады [3].

Заманауи зауыттарда кеукті қалыптастырудың әртүрлі әдістерімен алынған ұялы бетонның физика-механикалық қасиеттерінің орташа статистикалық көрсеткіштері 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4

Ұялы бетондардың негізгі физика – механикалық қасиеттері

Бетон түрі	Алюминий пудрасының шығыны, г/м^3	Көбік еселенуі	Орташа тығыздық, кг/м^3	Қысу кезіндегі беріктік, МПа	Жалпы кеуктілік, %
Газобетон	300	-	820	3,2-3,5	63,9-64,8
	450		635	2,3-2,4	72-72,8
	600		440	1,3-1,5	80,5-81,2
Пенобетон	-	10	742	2,7-2,9	67,2-68,2
	-	15	590	1,7-1,9	74-74,6
	-	20	430	1-1,1	80,9-81,7
Пеногазо-бетон	300	10	414	1,2-1,4	81,3-82,8
	450	15	393	0,8-0,9	82,6-83,2
	600	20	385	0,1-0,14	82,8-83,7

Кеукті гипсбетонның негізгі қасиеттерін қорытындылау мен оларды әдеби дереккөздердің деректерімен салыстыру үшін волластонит концентратын (CO_2 карбонат мөлшері бойынша 6,1%) және Г-7 маркалы гипсті қолдану арқылы алынған әртүрлі тығыздықтағы кеукті гипсбетонның құрылыс-техникалық сипаттамалары зерттелді. Бұл жағдайда D400-D500 төмен тығыздықты кеукті гипсбетон H_3PO_4 концентрациясы 20%, тығыздығы D500 – 30% және D600-D800 – 30-50% қолдану арқылы алынды. Зерттелген бетондардың құрамдары 1-кестеде, құрылымдық сипаттамалары 2-кестеде берілген. Кеукті құрылымның беріктігі мен сипатына қатысты кеукті гипсбетонның негізгі физика-механикалық қасиеттері 5-кестеде жинақталған.

Орташа тығыздығы $410-800 \text{ кг/м}^3$ кеукті гипсбетон 0,5-2,6 МПа қысымға беріктігімен сипатталады, яғни гипстік байланыстырғышты көбік бетонның беріктігіне жақын [4].

Біздің деректеріміз бойынша, кеукті гипсобетонның жылу өткізгіштігі тығыздығына жалпы тікелей тәуелділігі сақталады, алайда белгілі бір технологиялық параметрлерді (Р/Т, гипс шығыны, H_3PO_4 концентрациясы, қоспалардың түрі мен мөлшері және т.б.) өзгерткенде бірдей тығыздықпен түрлі жылу өткізгіштікке ие түрлі макроқұрылымды кеукті гипсобетон алуға болады. Осылайша, майда кеукті құрылымды D500-D600 маркалы кеукті гипсобетон тығыздығы бойынша осындай маркалы орташа кеукті құрылымды кеукті гипсобетонның жылу өткізгіштігімен салыстырғанда төмен (10-15%-ға) жылу өткізгіштік коэффициентімен сипатталады.

Кеукті гипсобетон үшін, басқа да материалдар сияқты, ауа өткізгіштігі мен дыбысты жұтудың тығыздыққа тәуелділігі сақталады, бірақ бұл қасиеттер де көп жағдайда кеукті құрылымның табиғатына байланысты. Тығыздығы 410-500 кг/м³ аралығындағы үлкен кеукті құрылымды кеукті гипсобетонның ауа өткізгіштік коэффициенті (34,5-37,8)·10⁻⁷ м³/(м.с.Па) шегінде болып келеді.

Құрылымдық кеуктілік кеукті гипсобетонның дыбыс жұтуына тікелей әсер етеді. Ең жоғары дыбыс сіңіру (дыбысты жұту коэффициенті 0,42-0,45) 410-450 кг/м³ орташа тығыздықты кеукті гипсобетонға тән. Кеуктер ұлғайып, 40-60%-ға дейін ашық кеуктер пайда болған кезде кеукті гипсобетонның дыбыс жұту коэффициенті 20-30%-ға артады.

Кесте 5

Кеукті гипсобетонның негізгі физика-механикалық қасиеттері

Құрам №	Орташа тығыздық, кг/м ³	Қысу кезіндегі беріктік шегі, МПа	γ, Вт/(м ² ·°C)	К·10 ⁷ , м ³ /(м.с.Па)	500 Гц жиілікті α	Жалпы кеуктілік, %	Макроқұрылымның сипаттамасы
1	500	1,0	0,19	34,5	0,405	80	Орташа кеукті. Ашық және тұйық кеукті
2	600	1,7	0,19	33,8	0,38	75	Майда кеукті. Ара ұялы құрылымды. Тұйық кеукті
3	600	1,1	0,195	32,6	0,36	74	Орташа кеукті. Ашық және тұйық кеукті
4	700	1,6	0,195			73	Майда кеукті. Негізі тұйық кеукті
5	700	1,9	0,20	-	-	72,5	Майда кеукті. Тұйық кеукті
6	800	2,0	0,21	-	-	68	Майда кеукті. Тұйық кеукті
7	800	2,6	0,22		“	66	Майда кеукті. Тұйық кеукті

D400-D800 кеукті гипсокартонның физика-механикалық қасиеттерінің орташа көрсеткіштері:

- қысу кезіндегі беріктік – 0,5-2,6 МПа
- жылу өткізгіштік коэффициенті – 0,16-0,22 Вт/(м²·°C)
- ауа өткізгіштік коэффициенті – (32-38) 10⁻⁷ м³/(м.с.Па)
- 500 Гц дыбыс жиілігіндегі дыбысты жұту коэффициенті – 0,36-0,45.

Қорытынды. Волластонит – ортофосфор қышқылы – гипс жүйесінде табиғи карбонатты волластонит қоспа карбонаттарының қышқылмен

әрекеттесуіне байланысты кеуек түзетін компоненттің құрамдас бөлігі ғана емес, сонымен қатар құрылымды құрайтын компонент болып табылады. Волластонит кристалдарының талшықты күйінің арқасында гипс тасының беріктігі артады, әсіресе иілу кезінде жақсы байқалады. Сонымен қатар, композиция волластониттің ортофосфор қышқылымен әрекеттесуі кезінде фосфаттың қатаюына байланысты күшейтіледі.

Ортофосфор қышқылының ерітінділерімен өңделген кезде гипс баяу қатайтатын байланыстырғышқа айналады. Осыған байланысты пластикалық беріктіктің жоғарылауы мен өсу процестерінің дәйекті жүруі үшін жүйеге қатаю үдеткіш қоспаларын енгізу ұсынылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Эйрих, В.И. О применении волластонита в производстве композиционных строительных материалов и изделий на основе цемента [Текст] / В.И. Эйрих, С.В. Березовский, И.П. Тарантул, И.Н. Иоромашвили, Г.В. Конов // Строительные материалы. – 2002. – №1. – С.14-17.
2. Трамбовецкий, В.П. Ячеистый бетон в современном строительстве [Текст] / Трамбовецкий, В.П. // Технологии бетонов. – 2007. – №2.
3. Сахаров, Г.П. Ячеистый бетон: новый этап развития [Текст] / Сахаров, Г.П. // Технологии бетонов. – 2006. – №6.
4. Удачкин, И.Б. Турбулентная баротехнология пенобетона [Текст] / И.Б. Удачкин, В.И. Удачкин, В.М. Смирнов // Строительные материалы и изделия. – 2005. – №2.

Материал редакцияға 03.03.25 түсті, 19.03.25 қабылданды.

**Н.К. Кожакұлов¹, Б.Т. Копжасаров¹, С.М. Моминова¹,
С.Т. Дүйсенбаева², Г.Т. Копжасарова¹**

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан

²Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации,
г. Тараз, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА В СИСТЕМЕ ВОЛЛАСТОНИТ – ОРТОФОСФОРНАЯ КИСЛОТА – ГИПС

Аннотация. В данной статье рассмотрены возможности создания пористой структуры с использованием волластонита и ортофосфорной кислоты в качестве компонентов ячеистого бетона, изучены основные физико-механические свойства полученного бетона с сопоставлением полученных результатов в различных условиях. В соответствии с современными требованиями в стране с каждым днем все большее значение приобретает улучшение экономических, экологических и других показателей применяемых в строительной отрасли материалов, производимых, производимых и производимых. По результатам проведенных исследований, анализов и сравнений в статье описаны пути создания пористой структуры с различными свойствами при обработке волластонита ортофосфорной кислотой в качестве местного дополнительного источника сырья. Это, в свою очередь, внесет свой вклад в развитие производства газобетона.

Ключевые слова: газобетон, волластонит, ортофосфорная кислота, известь, связующее, пористость, структура, плотность, теплопроводность, прочность.

N. Kozhakulov¹, B. Kopzhasarov¹, S. Mominova¹, S. Duisenbayeva², G. Kopzhasarova¹

¹*M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan*

²*Kazakh National University of Water Management and Irrigation, Taraz, Kazakhstan*

**INVESTIGATION OF THE POROUS STRUCTURE OF A MATERIAL
IN THE WOLLASTONITE – ORTHOPHOSPHORIC ACID – GYPSUM SYSTEM**

Abstract. This article discusses the possibilities of creating a porous structure using wollastonite and orthophosphoric acid as components of cellular concrete, and examines the basic physical and mechanical properties of the resulting concrete by comparing the results obtained under different conditions. In accordance with modern requirements in the country, the improvement of economic, environmental and other indicators of materials used in the construction industry, manufactured, manufactured and manufactured, is becoming increasingly important every day. Based on the results of studies, analyses and comparisons, the article describes ways to create a porous structure with different properties when treating wollastonite with orthophosphoric acid as a local additional source of raw materials. This, in turn, will contribute to the development of aerated concrete production.

Keywords: aerated concrete, wollastonite, orthophosphoric acid, lime, binder, porosity, structure, density, thermal conductivity, strength.

References

1. Eyrikh V.I., Berezovskiy S.V., Tarantul I.P., Ioromashvili I.N., Konov G.V. O primeneniі wollastonita v proizvodstve kompozitsionnykh stroitel'nykh materialov i izdeliy na osnove tsementa [On the use of wollastonite in the production of composite building materials and products based on cement] // Building materials. – 2002. – No. 1. – P. 14-17. [in Russian].
2. Trambovetskiy, V.P. Yacheisty beton v sovremennom stroitel'stve [Cellular concrete in modern construction] // Concrete technologies. – 2007. – No. 2. [in Russian].
3. Sakharov, G.P. Yacheisty beton: novyy etap razvitiya [Cellular concrete: a new stage of development] // Concrete technologies. – 2006. – No. 6. [in Russian].
4. Udachkin I.B., Udachkin V.I., Smirnov V.M. Turbulentnaya barotekhnologiya penobetona [Turbulent barotechnology of foam concrete] // Construction materials and products. – 2005. – No. 2. [in Russian].