

FTAMP 67.09.31

А.А. Сағындықов<sup>1</sup> - негізгі автор, | ©  
Б.А. Нұрлыбаев<sup>2</sup>, Е.А. Абуталипов<sup>3</sup>, А.Ж. Жұмабай<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Техн. ғылым. д-ры, профессор, <sup>2</sup>Техн. ғылым. канд., доцент,<sup>3</sup>Магистр, <sup>4</sup>Магистрант

ORCID

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-1812-5739>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-1849-8818>;<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-0019-9254>; <sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-9002-6903><sup>1,2,3,4</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті,

Тараз қ., Қазақстан Республикасы

<sup>1</sup>[ernur.abutalipov98@mail.ru](mailto:ernur.abutalipov98@mail.ru)<https://doi.org/10.55956/JPGL3741>

## ФИЗИКАЛЫҚ-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ ЖАҚСАРТЫЛҒАН АВТОКЛАВТЫ ГАЗ БЕТОНДАР

**Андатпа.** ЖЭС ұлпа күлдері негізінде жақсартылған құрылыс-пайдалану сипаттамаларға ие, дисперсті арматураланған автоклавты газ бетондарының құрамдары мен физикалық-механикалық қасиеттері арасындағы математикалық тәуелділіктері алынды.

**Тірек сөздер:** газ бетон, дисперсті арматура, ұлпа күл, газ түзгіш, беріктік, орташа тығыздық, жылу өткізгіштік.



Сағындықов, А.А. Физикалық-механикалық қасиеттері жақсартылған автоклавты газ бетондар [Мәтін] / А.А. Сағындықов, Б.А. Нұрлыбаев, Е.А. Абуталипов, А.Ж. Жұмабай // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2023. – №1(79). – Б.6-11. <https://doi.org/10.55956/JPGL3741>

**Кіріспе.** Құрылыс саласының қарқынды дамуы құрылыс материалдарының өндірісін күрт жоғарылатуды талап етеді. Құрылыс материалдарының номенклатурасын кеңейтетін және сапасын жоғарылататын құрылыс индустриясының басты тренді – қазіргі заманғы жаңа және импорттық технологиялардың пайда болуы екендігін атап кеткен жөн [1-2].

Құрылыс материалдарын көп пайдаланатын тұрғын үй құрылыстарын жүргізу қарқыны үнемі өсіп келеді. Мысалы, Жамбыл облысында 2022 жылы 615 мың шаршы метр тұрғын үй салу жоспарланып отыр.

Қазақстанда құрылыс материалдар саласының ішінде тұрғын үй құрылысында көп пайдаланатын автоклавты газ бетонның (АГБ) өндірісі белсенді дамып келе жатыр. Мұндай өндірістер көлемі Алматы, Астана, Шымкент қалаларында қарқынды түрде дамуда.

АГБ негізінен 500-600 кг/м<sup>3</sup> тығыздықпен шығарылуда. Басқа елдерде, тығыздығы төмен (D300-D400), беріктігі В1,5 конструкциялық материалдарға жеткілікті ұяшықты бетондар өндірісі игерілген. Соған қарамастан жылу тиімділігі жоғары D400 маркалы АГБ мүлдем шығарылмайды.

Автоклавты газ силикаттарының иілгендегі созылу беріктігі төмен екендігі белгілі. Сонымен қатар олардың қату кезінде шөгу жарықшалары пайда болатындығын ескерген қажет. Газ силикаттарының беріктігін және

басқа да қасиеттерін жақсарту үшін арматуралаушы талшықтардың пайдаланылатыны да белгілі [3-4].

**Зерттеу шарттары мен әдістері.** Автоклапта қатайған газ бетон құрамын жасауда негізгі байланыстырғыш зат ретінде майда ұсақталған меншікті беті  $3500 \text{ см}^2/\text{г}$ , 67% әктен және 33% ұлпа күлден тұратын қоспа пайдаланылды. Алдын ала қатуды қамтамасыз ететін минералды қоспасыз маркасы ЦЕМ I 42,5 Н портландцементі, қатуды тездететін табиғи гипс тасы ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) және Ресейде өндірілген құрамында белсенді алюминий көлемі 95% жоғары, алюминий пастасы қолданылды.

Зерттеулерде қолданылған құрылыстық әк Жамбыл облысы Қаратау мекенінің әк тасынан алынды.

Екі сулы гипс автоклавты газдалған бетон өндірісінде араластыру және көбіктену сатысында қолданылады және ол тұтқырдың алдын ала қатау уақытын реттеуші қоспа ретінде пайдаланылады. Зерттеуде «Жамбылгипс» ЖШС зауыты өндірген шикі гипс пайдаланылды.

Жоғарыда келтірілгендей арматуралаушы талшықтарды бетон матрицасының беріктігін жоғарылату мақсатында жүргізілетін зерттеулер келешегі жоғары ғылыми бағыттардың бірі болып табылады. Арматураланған газ бетонның қасиеттері талшықтар түріне, бетон көлеміндегі айқасу сипаттамасына және бағыттарына, сонымен қатар байланыстырғыштарға қатынасты химиялық төзімділікке тәуелді. Дисперсті арматуралаудың артықшылығы фибраның материал беріктігін күрт арттыратындығында. Одан басқа, қазіргі заманғы талшықтар химиялық инертті заттардан өндірілгендіктен, олар кремнеземді байланыстырғыштардағы тұздар және сілтілермен реакцияға түспейді.

Мұндай талшықтарға микроцеллюлоза (МЦ) негізіндегі фибраларды жатқызуға болады.

Зерттеулерде арматуралаушы талшықтар ретінде, сілтіге төзімді, табиғи целлюлозалық «Армоцель» талшықтары қолданылды.

Олар қалыптанған, кеуектендірілген шикі және дайын өнімнің технологиялық және физикалық-механикалық қасиеттерін оңтайландырып, жақсартуға, өндірістегі шығынды азайтуға мүмкіндік береді.

Микроцеллюлоза (МЦ) талшықтары төмен модульды болғандықтан, олар шикізат қоспасында біркелкі бөлініп, жоғары жылдамдыққа ие араластырғыштың қалақшаларында жиналып қалмайды.

Талшықтардың ұзындығы 20 мкм-ден 2500 мкм дейін, диаметрі шамамен 25 мкм, әр сұрыптағы сусымалы тығыздығы 25-250 г/л, температураға тұрақтылығы  $220^\circ\text{C}$  дейін. Микроцеллюлоза қоспаның бөліну қабілеттілігі төмен және қасиеттері тұрақты үш өлшемді қаңқа түзейтін жүйені құруға мүмкіндік береді. Қату жағдайында жоғары айқасу қасиетіне ие болып, тік жазықтықта ауытқусыз, тұрақты газ массасын қалыптастырады.

Бұл зерттеудің мақсаты автоклавты газдалған бетонның құрамдарын әзірлеу және негізгі физикалық-механикалық қасиеттерінің, компоненттердің шығынынан және олардың сапа сипаттамаларынан тәуелділігін зерттеу.

Құрамдарды таңдау нәтижесінде дайындау технологиясын, төзімділігі мен баға тиімділігін ескеретін, қажетті жылжымалықты, беріктікті қамтамасыз ететін, қолданылатын материалдардың тиімді қатынасы анықталады.

**Зерттеу нәтижелері.** Бастапқыда қоспаның жылжымалығы анықталып, ол 190-230 мм құрады. Композицияға қосымша компоненттерді, атап айтқанда МЦ енгізу қоспаның қозғалғыштығын төмендетеді және ол материалдың тығыздығына теріс әсер етеді. Қосымша су енгізу, су-қатты зат қатынасын

ұлғайтып, беріктік сипаттамаларына теріс әсер етеді. Су-қатты зат қатынасын реттеу суперпластификаторларды қолдану арқылы жүзеге асырылады. Газсиликат үлгілерін сынау мәліметтерін талдау көрсеткендей, өндіріс параметрлерін сақтай отырып, негізгі көрсеткіштер – беріктік (R) және тығыздықты ( $\gamma$ ) басқару үшін маңызды факторлар ретінде әк-күл байланыстырғышының меншікті беті және шығыны, қоспаның жылжымалығы тұрақты болғандағы су-қатты зат қатынасы ( $y$ ) болып табылады.

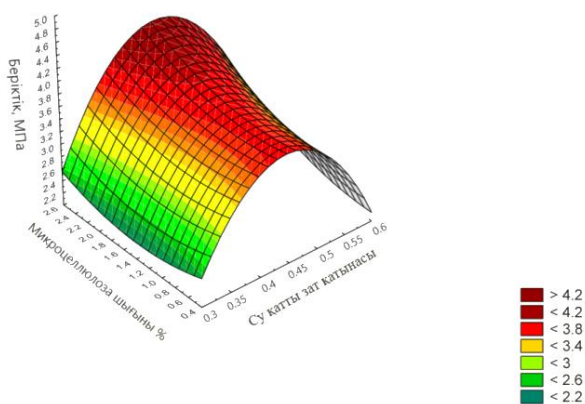
Тұтқыр шығынын және оның меншікті бетін ұлғайту, газ силикатының беріктігі мен тығыздығының артуына себеп болады. Меншікті беті, су-қатты зат қатынасы факторлары көрсеткіштері максималды жоғары болған кезде, беріктік пен тығыздыққа тәуелділігі күрделі сипатқа ие болады. Байланыстырғыштың меншікті беті сияқты фактордың әсері төмен, ал маңызды фактор су-қатты зат қатынасы, бұйымдардың қасиеттеріне көп әсер етеді. Нақты түрде су-қатты зат қатынасы 0,48-0,50 құрайды.

Арматуралаушы қоспаның шығынын және су-қатты зат қатынасын анықтау үшін жылжымалығы жоғары қоспаларды пайдалана отырып, белсенді факторлық тәжірибе жоспарланып, жүргізілді. Тәжірибеде МЦ шығыны 0,5%-дан 2,5%-ға дейін, ал су-қатты зат қатынасы 0,3-тен 0,6 дейін өзгертілді. Алынған нәтижелер 1-кестеде, 1-ші және 2-суреттерде келтірілген.

Кесте 1

Белсенді тәжірибе нәтижелері

| МЦ шығыны,<br>% | Су-қатты зат<br>қатынасы | Тығыздық,<br>кг/м <sup>3</sup> | Сығылғандағы<br>беріктік, МПа |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 2,5             | 0,6                      | 487                            | 3,2                           |
| 2,5             | 0,6                      | 495                            | 3,1                           |
| 0,5             | 0,4                      | 494                            | 2,5                           |
| 0,5             | 0,4                      | 490                            | 2,9                           |
| 1,5             | 0,5                      | 517                            | 3,1                           |
| 1,5             | 0,5                      | 512                            | 2,6                           |
| 2,5             | 0,45                     | 610                            | 3,8                           |
| 2,5             | 0,45                     | 485                            | 4,5                           |
| 1,5             | 0,5                      | 490                            | 3,7                           |
| 1,5             | 0,5                      | 495                            | 3,8                           |
| 1,5             | 0,5                      | 487                            | 3,7                           |



Сурет 1. Дисперсті арматураланған автоклавты газ бетон беріктігінің микроцеллюлоза және су-қатты зат қатынасына тәуелділік графигі

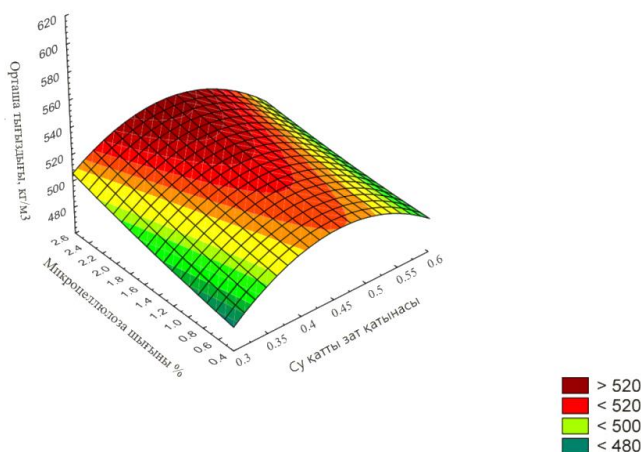
Беріктік (R) пен тығыздықтың (T) су қатынасы – x мен микроцеллюлоза – y шығынына тәуелділікті сипаттайтын теңдеулер:

$$R = 0.218 + 7.433x - 0.486y - 4.0714x^2 + 0.352xy + 0.495y^2 \quad (1)$$

$$T = 416.485 + 178.508 \cdot x + 10591 \cdot y - 44.748x^2 - 6.1923xy + 0.509y^2 \quad (2)$$

**Зерттеу нәтижелерін талқылау.** Алынған графиктер мен теңдеулерді талдау көрсеткендей микроцеллюлозаны 2,4% мөлшерде қоспа құрамына енгізу беріктікті өсірумен қатар тығыздықты да жоғарылатады, соның салдарынан жылу өткізгіштік қасиеті төмендейді.

Беріктігі жоғары үлгілерді микроцеллюлозаның шығыны 2,2-2,4% және су-қатты зат қатынасы 0,48-0,5 болғанда алуға болады. Бірақ МЦ көлемі 2,4%-дан асқанда үлгілердің тығыздығы жоғарылап, материалдың сапалық сипаттамалары төмендейді. Сондықтан микроцеллюлоза көлемі 2,2-2,4% құрағанда тиімді болып табылады.



Сурет 2. Дисперсті арматураланған автоклавты газ бетонның орташа тығыздығының микроцеллюлоза және су-қатты зат қатынасына тәуелділік графигі

Сонымен қатар, толық құрғатылған үлгілердің шөгуін және кеуектілігін анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді. Зауыттық үлгінің шөгуі 0,4-тен 0,5 мм/м-ге дейін, ал микроцеллюлозамен күшейтілген үлгілердің шөгуі 0,4 мм/м-ден аз екендігі анықталды. Кеуектер массивінің негізгі мөлшері 250-ден 700 мкм-ге дейін ауытқиды, бұл оңтайлы аязға төзімділік пен төмен жылу өткізгіштікті қамтамасыз етеді, өйткені өлшемдері 200 мкм-ден асатын тесіктер қауіпсіз болып табылады. 3-суретте ИПМ-125М пресінде дисперсті арматураланған газ бетонның сығылғандағы шекті деформацияның жүктемеге байланысты өзгеруі көрсетілген.

Орташа тығыздығы 400-450 кг/м<sup>3</sup> газ бетонның сығылғандағы шекті деформациясы 14-22 мм/м құрайды.



Сурет 3. Дисперсті арматураланған газ бетонның сығылғандағы шекті деформацияның жүктемеге байланысты өзгеруі

**Қорытынды.** Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде тығыздығы 400-600 кг/м<sup>3</sup>, сығылғандағы беріктігі кемінде 3 МПа және жылу өткізгіштігі 0,137 Вт/м<sup>0</sup>С жылу оқшаулағыш материал алынды. Алынған дисперсті арматураланған газ бетонның жылу оқшаулау қасиеттері жоғары, беріктігі зауытта өндірілген бұйымдармен салыстырғандағы 30-50% артық.

ЖЭС ұлпа күлдерін пайдалану цементті, табиғи құмды үнемдеп, бұйымдардың өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Левченко, В.Н. Производство автоклавного газобетона в России: перспективы развития подотрасли [Текст] / В.Н. Левченко, Г.И. Гринфельд // Строительные материалы. – 2011. – № 9. – С. 44-47.
2. Винокурова, О.В. Влияние пен различной кратности на формирование структуры теплоизоляционного пенобетона [Текст] / О.В. Винокурова, А.А. Баранова // Вестник МГСУ. – 2022. Т. 17. – Вып. 1. – С. 50–59. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.1.50-59
3. Lukranov R.E., Dyusseminov D.S., Uteпов Ye.B., Bazarbayev D.O., Tsygulyov D.V., Yenkebayev S.B. et al. Homogeneous pore distribution in foam concrete by two-stage foaming // Magazine of Civil Engineering. – 2021. – No. 103 (3). – P. 10313. DOI: 10.34910/MCE.103.13
4. Hashim M., Tantray M. Comparative study on the performance of protein and synthetic-based foaming agents used in foamed concrete // Case Studies in Construction Materials. – 2021. – Vol. 14. – P. e00524. DOI: 10.1016/j.cscm.2021.e00524

Материал редакцияға 08.11.22 түсті.

А.А. Сагындыков<sup>1</sup>, Б.А. Нурлыбаев<sup>1</sup>, Е.А. Абуталипов<sup>1</sup>, А.Ж. Жумабай<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Таразский региональный университет им.М.Х.Дулати, г.Тараз, Казахстан

### АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН С УЛУЧШЕННЫМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

**Аннотация.** Разработаны составы газобетонов автоклавного твердения с улучшенными строительно-эксплуатационными характеристиками на основе золы уноса ТЭЦ и получены математические зависимости изменения физико-механических свойств от состава.

**Ключевые слова:** газобетон, дисперсная арматура, зола -унос, газобразователь, прочность, средняя плотность, теплопроводность.

A.A. Sagyndykov<sup>1</sup>, B.A. Nurlybayev<sup>1</sup>, E.A. Abutalipov<sup>1</sup>, A.Zh. Zhumabay<sup>1</sup>

<sup>1</sup>M.Kh.Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

### AUTOClave AERATED CONCRETE WITH IMPROVED PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

**Abstract.** Compositions of autoclave-hardened aerated concrete with improved construction and operational characteristics based on the fly ash of the CHP have been developed and mathematical dependences of changes in physical and mechanical properties on the composition have been obtained.

**Keywords:** aerated concrete, dispersed reinforcement, fly ash, gas generator, strength, average density, thermal conductivity.

#### References

1. Levchenko V.N., Grinfeld G.I. Proizvodstvo avtoklavnogo gazobetona v Rossii: perspektivy razvitiya podotrasli [Production of autoclaved aerated concrete in Russia: prospects for the development of the sub-sector] // Stroitel'nyye materialy [Building materials]. - 2011. – No. 9. – P. 44-47. [in Russian]
2. Vinokurova O.V., Baranova A.A. Vliyaniye pen razlichnoy kratnosti na formirovaniye struktury teploizolyatsionnogo penobetona [Influence of foams of different multiplicity on the formation of the structure of heat-insulating foam concrete] // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2022. V. 17. – Issue. 1. – P. 50-59. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.1.50-59 [in Russian]
3. Lukpanov R.E., Lukpanov R.E., Dyusseminov D.S., Uteпов Ye.B., Bazarbayev D.O., Tsygulyov D.V., Yenkebayev S.B. et al. Homogeneous pore distribution in foam concrete by two-stage foaming // Magazine of Civil Engineering. – 2021. – No. 103(3). – P. 10313. DOI: 10.34910/MCE.103.13
4. Hashim M., Tantray M. Comparative study on the performance of protein and synthetic-based foaming agents used in foamed concrete // Case Studies in Construction Materials. – 2021. – Vol. 14. – P. e00524. DOI: 10.1016/j.cscm.2021.e00524