

<https://doi.org/10.51301/ace.2024.i3.04>

## The main methods of obtaining polymer-cement concrete

D.M. Bimykova<sup>1\*</sup>, N. Bakytur<sup>1</sup>, T.K. Kuatbayeva<sup>1</sup>, Gizem Coşkun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kocaeli Üniversitesi, İzmit, Turkey

\*Corresponding author: [bimykova.dilnaz@gmail.com](mailto:bimykova.dilnaz@gmail.com)

**Abstract.** Polymer cement concrete (PCB) is a type of concrete in which cement modified with polymer additives is used as a binder. The proportion of polymer in PCB can range from 0.5% to 25% by weight of cement. The exact ratio will depend on the following factors: according to the characteristics of the produced material, that is, the higher the proportion of polymer in cement, the more strongly it affects the quality of concrete; polymer mixtures are quite expensive; depending on the method of introducing polymer additives into the concrete mixture. Scientists are seeking to expand the use of efficient types of polymers, including plastics and resins. To fulfill new generation tasks in the construction industry, it is impossible to do without the use of new materials modified with chemicals. Most polymeric materials have higher tensile and flexural strength than traditional concrete, a lower modulus of elasticity and higher deformation capacity, better adhesive properties and greater chemical resistance. The relevance of the topic of the article lies in the fact that the combined use of organic and inorganic binders can improve the technological and operational properties of building materials and structures. The purpose of the work is a more complete study of polymer-cement compositions.

**Keywords:** polymer cement concrete, bending strength, polymer cement ratio, compressive strength, polymer mixture, latex, polyvinyl acetate, acetone formaldehyde resin.

### 1. Кіріспе

Полимер-цемент материалдары минералды және полимерлі байланыстырғыш негізінде өндірілетін материалдардың үлкен тобы болып табылады. Минералды байланыстырғыш ретінде цементтің әртүрлі түрлері, сонымен қатар, гипс, магнезия және гипс-цемент-пуццоландық байланыстырғыштар қолданылуы мүмкін. Полимер компоненті тікелей минералды байланыстырғыш қамырға (бетон қоспасы) енгізіледі және бетон қоспасымен бірге қатайды [4].

Әдетте полимер цемент материалдарында минералды байланыстырғыш полимер байланыстырғышқа қарағанда бірнеше есе көп болады. Полимер-цемент материалдарының құрамының негізгі сипаттамасы полимер компонентінің және минералды байланыстырғыштың қатынасы (салмақ бойынша) - полимер-цемент қатынасы болып табылады (П/Ц).

Мақаланың тақырыбының өзектілігі органикалық және бейорганикалық байланыстырғыштарды біріктіріп пайдалану құрылыс материалдары мен конструкцияларының технологиялық және пайдалану қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік беретіндігінде.

Жұмыстың мақсаты - полимер-цемент композицияларын неғұрлым толық зерттеу.

Осы мақсатқа жету үшін бірнеше мәселелерді шешу қажет: полимер-цемент композицияларының құрамы мен құрылымын, полимер-цементтік бетонның технологиясын, полимер-цемент композицияларында жиі қолданылатын полимерлерді зерттеу керек (1-сурет).

#### 1.1. Негізгі бөлім

Ғалымдар полимерлердің тиімді түрлерін, соның ішінде пластмассалар мен шайырларды қолдануды кеңейтуге ұмтылуда. Құрылыс индустриясындағы жаңа ұрпақтың міндеттерін орындау үшін химиялық заттармен өзгертілген жаңа материалдарды қолданбай істеу мүмкін емес. Мысалы, аддитивтік технологияларды қолданатын инновациялық құрылыс материалдарға ерекше талаптар қояды. Дәстүрлі құрылыс материалдары, мысалы, бетон, цемент ерітінділері және т.б. бұл талаптар енді орындалмайды. Ғылымның күрт дамуының арқасында минералды байланыстырғыштар негізінде алынған материалдарды полимерлермен, мақсатты түрде, осы материалдардың құрылымын және сәйкесінше қасиеттерін өзгерту арқылы модификациялау құрылыс материалдарының жаңа технологиясына айналды [1].



Сурет 1. Полимер-цемент бетон

Полимерлі материалдардың көпшілігі, дәстүрлі бетондарға қарағанда, жоғары созылу және иілу беріктігіне ие, олардың серпімділік модулі төмен және деформацияға ұшырау қабілеті жоғары, адгезиялық қасиеттері жақсы және химияға төзімдірек. Дегенмен, кемшіліктер де бар: көптеген полимерлер жанғыш; олардың ыстыққа төзімділігі әдетте 100...150°C аспайды. Күн сәулесінің және атмосфералық оттегінің әсерінен, физикалық және механикалық қасиеттерін өзгерте отырып, олар тозғыш болып келеді. Полимерлерді құрылыста қолдануды шектейтін фактор да олардың жоғары құны мен салыстырмалы тапшылығы болып табылады [5].

Бетонның бұл түрі жоғары әмбебаптығымен ерекшеленеді. Оны көптеген жұмыстарда қолдануға болады.

Полимер-цемент бетон құрылыста, жөндеу жұмыстарында, жол құрылысында, бетон және темірбетон бұйымдары өндірісінде қолдану жарамды: Полимер-цемент бетон қоғамдық мекемелерде, сауда орталықтарында және кәсіпорындарда едендерді орналастыру кезінде кеңінен таралды. Оның жабындары берік және ұзақ мерзімді, олар ылғалдан және шаңнан қорықпайды. Сондай-ақ, полимер-цемент тұтқыр негізіндегі кірпіш, шпаклевка, сылақ және гидроқшаулағыш ерітінділерді дайындауда қолданылады. Ірі түйіршікті полимер-цемент бетоннан берік және ұзақ мерзімді іргетастарды, монолитті қабырғаларды, тіректерді және басқа да тірек құрылымдарды құюға болады.

Полимер-цемент ерітінділері ескі бетонға қарағанда жоғары адгезиямен ерекшеленетіндіктен, оларды бетон конструкцияларындағы жарықтарды жабу және бетон жабындарында жұқа қорғаныс қабаттарын орналастыру үшін тиімді пайдалануға болады.

Полимер-цемент бетон - бұл жолдар мен аэродромдарды жабу үшін тамаша материал. Ол асфальт мақтана алмайтын жоғары беріктігімен, ұзақ мерзімділігімен және тозуға төзімділігімен ерекшеленеді. Полимер-цемент бетонының икемділігінің жоғарылауы қарапайым бетон жолдарына тән қатты шу мәселесін шешеді.

Полимер-цемент бетоннан іргетас және қабырға блоктары, еден плиталары, аркалықтар, құбырлар, плиткалар, дренаждық науалар, су мен мұнай өнімдерін сақтауға арналған резервуарлар және басқа да көптеген өнімдер жасалады. Химиялық төзімділігі жоғары болғандықтан, олар агрессивті ортада жұмыс істеуге өте ыңғайлы.

Жеке құрылыста полимер-цемент бетон әдеттегі цемент бетоны сияқты кең таралған емес. Бұл материалдың жоғары құнына байланысты. Дегенмен, оны пайдалану болашақта жаппай болуы мүмкін.

Жоғары беріктікке қарамастан, әсіресе жауапты жағдайларда ол арматурамен нығайтылады. Арматураның болуы бойынша ол бөлінеді: арматураланбаған арматурасыз полимерлі бетон. Тұрмыстық және сантехникалық бұйымдар өндірісінде қолданылады: раковиналар, дәретханалар, үстелшелер; болат полимербетон - болат арматурамен нығайтылған. Одан станоктар, шпалдар, тірек құрылымдарының бөліктері үшін негіздер жасалады; Шыны полимерлі бетон – оның құрамында шыны талшықты арматура бар. Жылу және электр өткізгіштігі төмен. Ол электр тоғының әсеріне ұшырайтын құрылымдарды жасауға барады. Минералды компонент өнімнің механикалық қасиеттері мен радиациялық беріктігі бойынша беріктігін қамтамасыз

етеді, ал полимерлі компонент электроқшаулаудың электрофизикалық қасиеттерін айтарлықтай жақсартады, өйткені сәулелену дозасы бойынша полимерлердің диэлектрлік қасиеттерінің деградациясы механикалықпен салыстырғанда айтарлықтай кешіктіріледі.

Пайдалану кезінде жұмыс температурасының диапазонын ескеру қажет: ол +80°C температурада жұмсарады, -50°C температурада сынғыш болады.

Полимерлі материалдарда олардың қасиеттерін өзгертетін әртүрлі қоспалар бар: пластификаторлар, полимерлеудің бастамашылары мен үдеткіштері, дисперсиялық тұрақтандырғыштар, қатайтқыштар, тұтқырлықты төмендететін агенттер. Еріткіштер полимердің түріне байланысты «ұқсас заттар бір-бірінде ериді» заңдылығына сәйкес таңдалады. Мысалы, бензол сақиналары бар полистирол хош иісті еріткіштерде (бензол, толуол), ал поли-изобутиленде алифатты көмірсутектер жақсы ериді. Еріткіштерді (ацетон, скипидар, дихлорэтан, бензол, толуол және т.б.) таңдау кезінде олардың булану жылдамдығы да ескеріледі, бұл полимерцемент материалын дайындау және төсеу мүмкіндігін және бұйымдарды қалыптағаннан кейін еріткіштің жеткілікті жылдам булануын қамтамасыз етуі керек.

Полимерлердің сулы дисперсиялары тұрақсыз және цементпен араластырылған кезде агрегаттар түзу үшін коагуляцияланады. Бұл жағдайда олар полимерцемент материалдарын алуға жарамсыз. Полимерлі қоспаларды алу кезінде дисперсияларды тұрақтандыру үшін белсенді атқарушы зат анионды (сульфоқышқыл) немесе катионды (алкамон) типтері енгізіледі, олар бөлшектердің бетіне адсорбцияланып, оған сәйкесінше теріс немесе оң заряд береді. Атқарушы зарядталған бөлшектер итеріледі, бұл полимерлердің сулы дисперсиясын тұрақтандырады (беттік белсенді заттардың әрекеті алдыңғы бөлімде егжей-тегжейлі қарастырылған). Агрегативті тұрақтылық, яғни жүйенің біртектілігін сақтау ұзақтығы шамасы ондаған милливольтқа жететін потенциал шамасымен анықталады.

Су дисперсияларының ішінде ең көп таралған: поливинилацетат (беттік белсенді заттар), бутадиенді стирол латекстері (СКС-65ГП, СКС-50ГП), СКД-1, СКМС-65ГП, СКН-40 және т.б. маркалы латекс дисперсиялары. Суда еритін полимерлер ретінде эпоксидті шайыр (С-89), эпоксидті-алифатты шайырлар (ДЭГ-1, ТЭГ-1 және т.б.) қолданылады, фенолды сұйық шайырлар (ӨЖЖ), карбомидті шайырлар (МФ-17, М-70, КС-68 және т.б.), поливинил спирті, метилцеллюлоза және оның туындылары. Құрамына байланысты дисперсия (поли-гидросилоксан түрі) немесе ерітінді (натрий силиконаттары) түзетін органикалық кремний сұйықтықтары (ГКЖ түрі) де қолданылады.

Әдетте, полимерлі модификаторды таңдағанда үш негізгі қасиет ескеріледі: тығыздау, адгезия және химиялық төзімділік. Сонымен қатар, бетонның ықтимал түссізденуі ескеріледі.

Егер мақсат тығыздық пен адгезияны жақсарту болса және мүмкін түссіздену маңызды болмаса, SB стирол – бутадиең дисперсияларына артықшылық беріледі. Стирол-бутадиең сополимері, SB көмегімен өзгертілген бетондар ПЦБ-ның ең көне түрлерінің бірі болып табылады. Бұл бетоннан жасалған едендер соңғы 50

жылда 1000-нан астам көпірде қолданылған; бұл материал көбінесе автотұрақтар мен гараждардың едендері ретінде қолданылады. Мұндай модификацияны анықтайтын негізгі техникалық сипаттамалар: бетон негізіне адгезия, тығыздау - төмен өткізгіштік және аязға төзімділік.

Бетонның өзгермейтін құрамымен тығыздау мен адгезияны жақсарту үшін стирол-акрил дисперсиясын (SAE) немесе полиакрил эфирлерін (PAE) қолдану ұсынылады. Кейбір жағдайларда поливинилацетат сополимерлерін қолдануға болады, бірақ бұл түссіздену қаупін арттырады және ылғалды аймақта тығыздықтың нашарлауы мүмкін, ал эпоксидтер қышқылға да, сілтілі ортаға да тығыздық пен химиялық төзімділікті арттыру үшін қолданылады. Бетонға эпоксидті енгізу сонымен қатар созылу беріктігінің жоғарылауына және серпімділік модулінің аздап төмендеуіне әкеледі, поливинилацетат (гомополимер) тек құрғақ жұмыс жағдайында адгезияны жақсарту үшін қолданыла алады. Адгезияның жоғары деңгейі басқа материалдармен жақсартылған адгезияға ғана емес, сонымен қатар ерітіндінің механикалық сипаттамаларына да әсер ететінін қосуға болады. Бұл әсіресе созылу және иілу кезінде пайда болатын жүктемелерде байқалады. Полимер бар қоспаларда бұл көрсеткіштер әдеттегіден шамамен 10 есе жоғары. Бұл полимер қабаттары минералды компоненттерді бір-бірімен байланыстыратындығына байланысты. Сондай-ақ, серпімділік модулі сияқты сипаттама бар, ол әдеттегіден шамамен 10 есе төмен. Осы фактінің арқасында полимер құрамы қарапайымға қарағанда деформацияланған деп сенімді түрде айтуға болады [11].

Акрил полимерлері бірдей химиялық атаумен өте күрделі және әртүрлі заттар тобының жақсы мысалы болып табылады. Акрилцементті бетондар 35 жылдан астам уақыт бойы осы жалпы атаумен белгілі болды. Төмендегілердің мақсаты-полимерлі Композиттердің құрылысына қатысты практикалық мәселелерді қарастыру кезінде қолданылатын жалпылаудың жоғары деңгейін көрсету; полимерлі бетондар әлі де дизайнер үшін де, қолданушы үшін де «қара жәшік» болып табылады. Акрил полимерлері - мономер туындыларының-акрил және метакрил қышқылдарының полиреакцияларынан алынған полимерлердің жалпы атауы [11].

Жұмыстың ғылыми жаңалығы: физикалық-механикалық қасиеттері жақсартылған және төзімділігі жоғары құрылымдарды қоршауға арналған полимер-цементтік жеңіл бетон тиімді материалы практикалық қолдану үшін ұсынылды; полимерлі материалдардың шағын дозаларымен жеңіл бетонды физикалық-химиялық түрлендірудің негізгі принциптері мен әдістері тұжырымдалған; күрделі полимерлі қоспаның бетонның құрамына, құрылымына, қасиеттеріне және төзімділігіне әсер ету механизмі қарастырылып, түсіндіріледі. Жеңіл бетонды олардың сапасын жақсарту мақсатында полимерлермен модификациялаудың техникалық мүмкіндігі мен экономикалық орындылығы негізделді.

## 2. Зерттеу әдістері мен материалдары

### 2.1. Алу әдістері

ПЦБды дайындауда полимер қоспаларын қосудың негізгі 4 түрі кеңінен қолданылады [10]. Олар келесідей: полимерлердің сулы суспензиясы; суда ерігіш

полимерлер; суда ерімейтін сұйық түрдегі шайырлар; суда ерімейтін ұнтақ түрдегі полимерлер.

*Полимердің сулы суспензиясы негізінде бетон қоспасын дайындау.*

Бұл бетонға арналған полимерлі қоспаның кең таралған түрі. Полимер қоспасының бұл түріне келесі қоспалар жатады: латекс: бұл қоспаны бірінші кезекте, бетонның сусіңіргіштігін төмендету және аязға төзімділігін арттыру мақсатында қолданады; поливинилацетат (ПВА): бұл қоспа цементке май және мұнай өнімдеріне төзімділік береді.

Суспензияны бетон қоспасына цемент салмағының 5%-нан 20%-на дейінгі мөлшерде араластырады. Кез келген суспензияда қатты бөлшектер бір-біріне жабысып, тұнба түзетін процесс болады. Бұл процесс коагуляция деп аталады. Осыған байланысты бетондағы полимерлер біркелкі емес таралады және бұл материалдың сапасына теріс әсер етеді. Коагуляцияны болдырмау үшін қоспаға 5-10% (полимер салмағы бойынша) ББЗ ОП-7 немесе ОП-10 тұрақтандырғышы да қосылады [10].

*Суда ерігіш полимерлер негізінде бетон қоспасын дайындау.*

Бұл қоспаларды пайдалану өте оңай. Олар суда ерітін ұнтақтар түрінде шығарылады. Әуелі ұнтақты бетон қоспасын дайындайтын суға араластырып, артынша құрғақ компоненттерді қосып, мұқият араластыру керек [7].

Суда ерітін қоспалар екі топқа бөлінеді:

*Терморезистивті полимерлер:*

Оларға ацетон-формальдегидті шайыр, сондай-ақ суда ерітін эпоксид және карбомит шайырлары жатады. Мұндай қоспалар бетонның беріктігін, оның аязға және химиялық төзімділігін арттыруға септігін тигізеді.

*Термопластикалық полимерлер*

Бұл топқа поливинил спирті (ПВА) және целлюлоза туындылары кіреді. Олар бетонның техникалық сипаттамаларына мұндай күшті әсер етпейді. Мұндай қоспалар бетонның басқа материалдарға (мысалы, еден төсенішінің астындағы негізге) адгезиясын арттыру үшін қолданылады.

Суда ерігіш полимерлер қосылған бетон кәдімгі бетонға қарағанда баяу қатады. Толық беріктікке ие болу үшін 45-тен 60 күн қажет. Бұл процесті жылдамдату үшін - цемент салмағының 1-1.5%-ын құрайтын кальций хлоридінің  $\text{CaCl}_2$  аз мөлшерін қосу ұсынылады.

Бетонның бұл түріне де қарапайым бетонға жасалатын күтімдер көрсетіледі. Алғашқы 7-14 күн ылғалды жағдайда ұсталады, үнемі суарылады. Содан кейін тұрақты салмағына дейін құрғатылады [10].

*Суда ерімейтін сұйық түрдегі шайырлар негізінде дайындалатын бетон.*

Қоспаның бұл түрін қолдануда қаржылай шығын жоғары болады. Себебі, полимердің үлесі құрғақ цемент салмағының 10%-нан 30%-на дейін болуында.

Бетон араласпасы келесі түрде дайындалады:

1. Эмульгатор гидроксипропилцеллюлоза цемент салмағының шамамен 0.5% мөлшерінде суда ерітеді. Бұл полимердің цемент қамырына біркелкі таралуы және қоспаның қабаттаспауы үшін қажет.

2. Дайын болған суға цемент қосыла отырып, цемент қамыры дайын болғанша араластырады.

3. Дайын байланыстырғышқа полимерлі шайыр (полиэстер, полиуретан, эпоксид немесе басқа) қосылып, мұқият араластырылады.

4. Соңғы кезеңде қоспаға толтырғыштар мен шайыр қатайтқышы (қажет болса) қосылады. Толтырғыштардың дозасы қоспаға арналған нұсқауларға сәйкес таңдалады [2].

Термопластикалық шайырлардағы бетон маркаларын жол төсемін жабу үшін қолдануға болмайды – ыстықта ол жұмсағанды және балқиды.

*Суда ерімейтін ұнтақ түрдегі полимерлер негізінде бетон қоспасын дайындау.*

Полимер-цемент бетон алудың бұл әдісі жоғарыда талқыландығандардан ерекше. Ол қосымша термиялық өңдеуді қажет етеді.

Ұнтақты қоспалар түрінде әдетте келесілер қолданылады: эпоксидті шайырлар (қатайтқыш ұнтақпен бірге); резолды фенолформальдегидті шайырлар; полистирол; поливинилхлорид; парафиндер;

Олар әдетте, бетон араласпасына цемент массасының 10-15% мөлшерінде қосылады.

Бетон араласпасын дайындау келесі кезеңдерден тұрады:

Ұнтақ гидрофилизациялаушы беттік белсенді заттармен (ББЗ) өңделеді. Өйткені, суда ерімейтін полимерлердің гидрофобты беті бар. Бұл өңдеусіз олар цементпен нашар араласады және қоспадан бөлінеді дегенді білдіреді.

Бетон қоспасы қарапайым технология бойынша дайындалады, ал полимерлі қоспа толтырғыштармен бірге қосылады.

Әрі қарай, материал кәдімгі цемент бетоны сияқты қалыптарға құйылады.

Соңғы кезеңде қатқан бетонды құрамындағы полимерлі ұнтақтың балқу температурасына дейін жылумен өңдейді. Нәтижесінде полимер ұнтағы сұйық күйге айналады және бетонның тесіктері арқылы таралады. Ал біраз уақыттан кейін ол қатып, оларды мықтап бекітеді.

Полимер-цемент бетон өндірудің бұл әдісі тек белгілі бір өлшемдегі бұйымдарды жасауда қолданылады. Себебі, ол монолитті негізде біркелкі қызбайды.

Сондай-ақ, ерімейтін ұнтақ қоспасы бетонның қалыңдығында біртұтас полимерлі матрицаны түзбейтінін атап өткен жөн. Басқаша айтқанда, ол материалды суға және аязға төзімді етеді, бірақ оның беріктігіне ешқандай әсер етпейді.

Полимер-цемент қоспасын дайындауда қалақшалы араластырғыштар немесе виброараластырғыштар қолданылады. Механикалық араластыру кезінде қоспа ауамен қанықтырылады да, бетон көлеміне толықтай таралатын майда кеуектер түзіледі. Полимер-цемент бетондар аз көлемде қолданылатын болғандықтан, араласпасын төсеу немесе қалыптау орнына жақын жерде араластырады.

Полимер-цемент бетондарында толтырғыш ретінде кварц құмы және ұнтақталған құмдар сонымен қатар, ірілігі 20 мм-ден аспайтын берік және тығыз тау жыныстарынан алынған қиыршық тастар қолданылады.

Полимер-цемент бетонының дайындау әдістерінің біріне мысал келтіргенде, келесідей рецептурамен жүзеге асырылатынын байқауға болады: Портландцемент, оның шығыны 1 м<sup>3</sup> полимерцемент бетонына 390 кг құрайды, 47 кг глинозем цементімен, 21.5 кг екі Сулы гипспен және 2 кг әкпен толық біртектілікке дейін араластырылады, содан кейін толтырғыштар – құм мен қиыршық тас бетон араластырғышқа енгізіледі

(сәйкесінше 600 және 1100 кг мөлшерінде). Құрғақ компоненттерді араластырғаннан кейін суда еріген кальций хлориді (цемент салмағының 1%-ы), тұз қышқылы анилині (фурил спиртінің салмағының 12-15%-ы) және фурил спирті (су салмағының 25%-ы) бар қақпа сұйықтығы енгізіледі, бұл ретте С/Ц=0.40.)

Полимер-цементті бетондарды (ерітінділерді) қолдану өндірісте қолданылуы бойынша жіктелуі: сульфаттың агрессивтілігі жағдайында пайдаланылатын монолитті және құрама темірбетон конструкциялары мен бұйымдары (іргетастар, жертөле және қабырға блоктары, қадалар, құбырлар, суару науалары және т.б.); мал шаруашылығы кешендеріне арналған бұйымдар, оның ішінде мал шаруашылығы үй-жайларының еденінің сарқынды науаларын жабуға арналған торлар; сызатқа төзімділігі жоғары үлкен элементтер (плиталар, қабықшалар және т.б.); тозуға және сызатқа төзімділіктің, сондай-ақ шаңсыздықтың жоғары көрсеткіштері бар едендердің қатты және тірек жабындарының әртүрлі түрлері; тозуға төзімділігі жоғары және ескі бетонға адгезиясы бар жол және аэродром жабындары, бұл жабындарды жөндеу үшін үлкен маңызға ие.

### 3. Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Қоспаның полимерцемент бетонының қасиеттеріне әсерін анықтайтын негізгі фактор-полимерцемент қатынасы. Әдетте оңтайлы PVA қоспасы цемент массасының 10, 2, 20% құрайды. Латексті қолданған кезде полимердің коагуляциясы болмас үшін тұрақтандырғыш (аммоний казеинаты, сода және т.б.) енгізіледі [2].

#### *Кесте 1. полимер-цемент композициясының беріктік көрсеткіштері [4]*

П/Ц	Полимер-цемент бетонның сығылуға беріктігі, МПА		Полимер-цемент бетонның иілуге беріктігі, МПА	
	құрғақ үлгілер	ылғал үлгілер	құрғақ үлгілер	ылғал үлгілер
0	10.8	13.6	4.8	6.7
0.1	14.8	12.5	13.1	6.0
0.2	16.5	11.2	14.8	5.6
0.3	9.4	7.4	12.1	4.6

Полимерлі қоспаларды енгізу таза цементпен салыстырғанда ерітінді қоспаларының икемділігін арттырады. Егер бетон ауа-құрғақ жағдайда (ауа ылғалдылығы 40, 5, 50%), ылғалды жағдайда (ылғалдылық 90, 1, 100%) төзімділік төмендесе, беріктік артады. Кәдімгі және полимерцемент ерітіндісінің қасиеттерін салыстыру (цемент:құм қатынасы 1:3) кестеде келтірілген. Құрғақ жағдайда иілу беріктігі әсіресе артады (1.5...2 есе), қысу беріктігі аз дәрежеде артады.

Суда еритін шайырлардың ішінде полимерцементті бетондарды өндіруде ең перспективалы ацетоноформальдегидті шайыр (АЦФ) болып табылады. Көптеген полимерлі қоспалардан тиімді әсер ету механизмімен ерекшеленетін АЦФ иондық емес типтегі беттік белсенді зат ретінде минералды тұтқыр заттың ылғалдануы мен қатаю процестеріне полифункционалды әсер етеді [6]. АЦФ қоспалары жоғары пластификациялаушы және беріктік әсерлерін қамтамасыз етеді, бетонның кеуекті құрылымын жақсартады, цементті үнемдей отырып, бетонның су

өткізбейтін және аязға төзімділігін арттырады. 0.15% АЦФ және қысқартылған бетон қоспасының құрамы 10 - 12% цемент шығыны 2 кестеде келтірілген [1].

**Кесте 2. АЦФ қоспасы бар бетон қоспасының құрамы**

Бетон классы	Компоненттердің құрамы, кг/м <sup>3</sup>				Қоспа мөлше рік/м <sup>3</sup>	Цемент шығынын үнемдеу, кг/м <sup>3</sup>
	Су	Цем ент	Құм	Қиыршы қ тас		
B15	154	270	759	1184	0.406	35
B25	152	340	715	1193	0.510	45
B30	180	490	635	1135	0.735	59

**Кесте 3. полимер пайызының бетон маркасына әсері [8]**

Полимер пайызы	M20	M30	M40	M50	M60
	Түсетін күш(Н/м м <sup>2</sup> )	Түсетін күш(Н/м м <sup>2</sup> )	Түсетін күш(Н/м м <sup>2</sup> )	Түсетін күш(Н/ мм <sup>2</sup> )	Түсетін күш(Н/ мм <sup>2</sup> )
0.00	3.25	3.54	3.73	3.85	4.46
5.00	3.54	3.75	3.90	3.96	4.58
7.50	3.82	4.02	4.15	4.16	4.64
10.00	4.05	4.22	4.18	4.22	4.70

3-кестеде полимерлі қоспаның пайызына байланысты полимерцемент бетонның 28 тәуліктегі созылу беріктігіне байланысты маркалары көрсетілген. Жоғарыда көрсетілгендей, полимерлі қоспалар полимерцемент бетонның маркасын айтарлықтай жоғарлатады [6].

**Кесте 4. МЕСТ 26633 және EN 206-1 бойынша дәстүрлі бетонның сығылу беріктігіне сәйкес класы мен маркасының көрсеткіштері [7]**

Беріктігі бойынша бетон классы, В		Бетонның орташа беріктігі, R		Беріктігі бойынша шамалас бетон маркасы, М
МЕСТ 26633	EN 206-1	кгс/см <sup>2</sup>	МПа	
		45.8		M50
		65.5		M75
B7,5	C 8/10	98.2	10	M100
B10		131.0		M150
B12,5	C 12/15	163.7	15	M150
B15	C 16/20	196.5	20	M200
B20	C 20/25	261.9	25	M250
B22,5	C 25/30	294.7	30	M300
B25		327.4		M350
B27,5		360.2		M350
B30	C 30/37	392.9	37	M400
B35	C 35/45	458.4	45	M450
B40	C 40/50	523.9	50	M550
B45	C 50/60	589.4	60	M600
B50	C 55/67	654.8	67	M700
B55	C 60/75	720.3	75	M700
B60	C 60/75	785.8	75	M800
B65		851.3		M900
B70		916.8		M900
B75		982.3		M1000
B80		1047.7		M1000

Полимер-цемент материалдарын қолданудың жаңа салаларын іздеудің негізгі принципі оларды композициялық материалдар ретінде қарастыру болып табылады, олардың әрбір құрамдас бөлігі өзіндік ерекше функцияларды орындайды, материалға тұтастай жоғары өнімділік қасиеттерін береді [5]. Қолданудың жаңа салаларын әзірлеу кезінде полимерлердің: жоғары адгезия, суға төзімділік және гидрофобтылық, бетон қоспаларының реологиялық қасиеттерін және

қатайтылған минералды байланыстырғыштардың кеуектілік сипатын айтарлықтай өзгерту қабілеті, жоғары деформацияланғыштық қасиеттерін ескеру қажет [4].

#### 4. Қорытынды

Ғылымның дамуы құрылыс материалдарын модификациялауға және әртүрлі мақсатта қолдануға мүмкіндік беруде. Соның ішінде, композициялы материалдар жиі қолдануда.

Полимерцемент ерітіндісі не үшін қолданылады? Жоғарыда аталған материалдың барлық қасиеттері мен сипаттамалары оның қаптау материалдарын бекіту үшін тамаша болуына әкелді, өйткені ол жақсырақ бекітуді қамтамасыз ете алады. Мұнда қарапайым қоспаны және полимер қоспасының салыстыруға арналған талдаулар жүргізілді. Цемент пен құм негізіндегі ерітінді қапталғаннан кейін 7-9 тәулікке дейін бекітудің максималды беріктігін тудырады, ал 28 тәулікке қарай бұл көрсеткіш шамамен 5-6 есе азаяды. Егер ол полимер қоспасы бар ерітінді туралы айтатын болса, онда бекітудің максималды беріктігі сәл кейінірек, 9-10 күнге жетеді, бірақ болашақта оның болмауы мүлдем байқалмайды. Осы сапаның арқасында мұндай композициялар қаптау кезінде мүмкіндігінше кеңінен қолданыла бастады.

Полимерцементті бетондар елу жылдан астам уақыт бойы қолданылып келеді, бірақ олардың әсіресе қарқынды дамуы соңғы онжылдықта байқалады. Портландцементке қосылған полимер цемент байланыстырғышпен әрекеттесе алады. Бұл композиттің технологиялық және пайдалану қасиеттерінде айтарлықтай өзгерістерге әкеледі. Өте маңызды қасиеттердің (созылу беріктігі және иілу беріктігі, негізге адгезия, тығыздық) басым көпшілігі жақсарайды. Полимерцементті байланыстырғыштары бар материалдардың өте жақсы қасиеттері олардың өсіп келе жатқан қолданылуының себебі болып табылады. Қолданудың негізгі бағыты – беріктікті, сейсмологиялық қасиеттерді жақсарту, және коррозияға қарсы қорғаныс, сондай-ақ жолдар мен көпірлердің жабындары, өндірістік едендер және алдын-ала құйылған элементтер [11].

Бұл мақалада, композициялы материал, полимер-цемент бетонының құрамына және құрылыста қолданылуына, сонымен қатар, полимерлі қоспаның бетон құрамына әсеріне талдау жасалды. Жұмыс барысында, полимер-цемент бетонның дәстүрлі бетонға қарағанда артықшылықтары мен кемшіліктеріне салыстырмалы талдау жасалды.

Полимер-цемент ерітінділері мен бетондарды қолданудың перспективалы бағыттарының бірі тұтастай құрылымның өнімділік қасиеттерін бір мезгілде жақсарту кезінде тегіс құрылымдарды (жолдар, аэродромдар, каналдар қабырғалары және т.б.) бетондау кезінде монолитті бетонның сапасын арттыру болып табылады [3].

Қазіргі уақытта полимер-цемент материалдары аддитивті технологияларды қолдана отырып, құрылыс 3D басып шығару үшін перспективалы материалдар болып табылады. Бетонмен үш өлшемді басып шығару кезінде материалды қабат-қабат жағу өнімділікті және ерітінді қоспаларынан ерекше қасиеттерді талап етеді: пластикалық, пластикалық беріктік, жоғары адгезия, беріктік, жарыққа төзімділік және т.б [2].

Талдаулар нәтижесі, темірбетон конструкцияларын жасау үшін суда еритін терморективті полимерлі

қоспаларды полимер-цемент бетонды жасауда қолданудың тиімділігін көрсетті. Тіпті, төмен П/Ц (0.02...0.03) кезінде де арматураның адгезиясының жақсаруы және созылуына байланысты (полимер құрамдас бөлігінің мұндай мөлшерінен бетонның сусымалылығы жоғарыламайтынын ескеру керек), полимерді қолдану – кернелген – арматураланған конструкциялардағы полимер-цемент бетоны бұл аймақтағы жарықтардың пайда болуын азайтады, тіпті кейбір жағдайларда жояды [7].

Полимер-цементтік бетонның деформациялану қабілетінің және созылу беріктігінің жоғарылауы оны темірбетон конструкцияларының созылу аймақтарында қолдануды орынды етеді. Мұндай екі қабатты темірбетон элементтерін жасауда темірбетонның қабылданған зауыттық технологиясы сақталады [5].

## References / Әдебиеттер

- [1] Polujektova, V.A. (2018). Polimercementnye i polimernye betony, betonopolimery: uchebnoe posobie. *Belgorod: Izd-vo BGTU*
- [2] П'ин, А.Н. (2015). Polimercement kak jelektroizoljacionnyj material dlja jelektrotehnicheskikh sistem. *Sistemnye tehnologii, 1(26), 160-168*
- [3] The Constructor. (2023). Polymer cement concrete: properties and uses. Retrieved from: <https://theconstructor.org/concrete/polymer-cement-concrete/5778/>
- [4] Shevchenko, V.A. (2012). Tehnologija i primenenie special'-nyh betonov: ucheb. posobie. *Krasnojarsk: Sibirskij federal'nyj universitet*
- [5] Betony.ru. (2011). Osnovy tehnologii polimercementnyh betonov i plastbetonov. Retrieved from: <http://betony.ru/monolitnyj-beton/osnovy-tehnologii-polimercementnih-betonov.php>
- [6] Assaad, J.J. (2018) Development and use of polymer-modified cement for adhesive and repair applications. *Constr Build Mater., 163, 139-48*
- [7] Polujektova, V.A. (2018). Polimercementnye i polimernye betony: metodicheskie ukazaniya k vypolneniju laborator'-nyh rabot dlja studentov ochnoj formy obuchenija napravlenija podgotovki 18.03.01 – Himicheskaja tehnologija profilja «Tehnologija i pererabotka polimerov». *Belgorod: Izd-vo BGTU*
- [8] GOST 26633- 2015. Betony tjazhelye i melkozernistyje
- [9] Bhikshma, V. (2010). An experimental study on behavior of polymer cement concrete. *Asian Journal of Civil Engineering, 11(5), 563-573*
- [10] Database. (2023). Polimercementnyj beton. Retrieved from: <https://gruntovozov.ru/chasto-zadavayemyje-voprosy/vidy-betona/vidy-betona-po-tipu-vyazhushhego-polimernyj-beton/polimercementnyj-beton/>
- [11] Czarniecki, L. (2010). Polymer-cement concretes. *Politechnika Warszawska*

## Полимер-цемент бетон алудың негізгі әдістері

Д.М. Бимықова<sup>1\*</sup>, Н. Бакытнұр<sup>1</sup>, Т.Қ. Қуатбаева<sup>1</sup>, Гизем Джошкун<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Коджаэли университеті, Измит, Түркия

\*Корреспонденция үшін автор: [bimykova.dilnaz@gmail.com](mailto:bimykova.dilnaz@gmail.com)

**Аңдатпа.** Полимер-цемент бетон – бұл байланыстырғыш ретінде полимер қоспалармен модификацияланған цемент қолданылатын бетон түрі. Полимерцемент-бетон құрамындағы полимердің үлесі цемент салмағының 0,5% - дан 25%- ға дейін болуы мүмкін. Нақты қатынас төмендегі факторға байланысты болады: өндірілетін материал сипаттамаларына сәйкес, яғни цемент құрамындағы полимердің үлесі неғұрлым жоғары болса, ол бетон сапасына соғұрлым күштірек әсер етеді; полимер қоспалардың айтарлықтай қымбат болуы; полимер қоспалардың бетон араласпасына қосылу тәсіліне қарай. Ғалымдар полимерлердің тиімді түрлерін, соның ішінде пластмассалар мен шайырларды қолдануды кеңейтуге ұмтылуда. Құрылыс индустриясындағы жаңа ұрпақтың міндеттерін орындау үшін химиялық заттармен өзгертілген жаңа материалдарды қолданбай істеу мүмкін емес. Полимерлі материалдардың көпшілігі, дәстүрлі бетондарға қарағанда, жоғары созылу және иілуді беріктігіне ие, олардың серпімділік модулі төмен және деформацияға ұшырау қабілеті жоғары, адгезиялық қасиеттері жақсы және химияға төзімдірек. Мақаланың тақырыбының өзектілігі органикалық және бейорганикалық байланыстырғыштарды біріктіріп пайдалану құрылыс материалдары мен конструкцияларының технологиялық және пайдалану қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік беретіндігінде. Жұмыстың мақсаты - полимер-цемент композицияларын неғұрлым толық зерттеу.

**Негізгі сөздер:** полимер-цемент бетон, иілуді беріктігі, полимер-цемент қатынасы, сығылу беріктігі, полимер қоспасы, латекс, поливинилацетат, ацетоноформальдегидті шайыр.

## Основные способы получения полимерно-цементного бетона

Д.М. Бимықова<sup>1\*</sup>, Н. Бакытнұр<sup>1</sup>, Т.Қ. Қуатбаева<sup>1</sup>, Гизем Джошкун<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Университет Коджаэли, Измит, Турция

\*Автор для корреспонденции: [bimykova.dilnaz@gmail.com](mailto:bimykova.dilnaz@gmail.com)

**Аннотация.** Полимерцементный бетон (ПЦБ) – это разновидность бетона, в котором в качестве вяжущего используется цемент, модифицированный полимерными добавками. Доля полимера в ПЦБ может составлять от 0,5% до 25% от массы цемента. Точное соотношение будет зависеть от следующих факторов: по характеристикам выпускаемого материала, то есть чем выше доля полимера в цементе, тем сильнее он влияет на качество бетона; полимерные смеси достаточно дороги; в зависимости от способа введения полимерных добавок в бетонную смесь. Ученые стремятся расширить использование эффективных видов полимеров, в том числе пластиков и смол. Для выполнения задач нового поколения в строительной отрасли невозможно обойтись без использования новых материалов, модифицированных химическими веществами. Большинство полимерных материалов имеют более высокую прочность на растяжение и изгиб, чем традиционные бетоны, более низкий модуль упругости и более высокую деформационную способность, лучшие адгезионные свойства и большую химическую стойкость. Актуальность темы статьи заключается в том, что совместное применение органических и неорганических вяжущих позволяет улучшить технологические и эксплуатационные свойства строительных материалов и конструкций. Цель работы – более полное изучение полимерцементных композиций.

**Ключевые слова:** полимерцементный бетон, прочность на изгиб, полимерцементное соотношение, прочность на сжатие, полимерная смесь, латекс, поливинилацетат, ацетонформальдегидная смола.

Received: 07 June 2024

Accepted: 15 September 2024

Available online: 30 September 2024