

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР / ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ /
TECHNICAL SCIENCES

DOI 10.54596/2958-0048-2025-4-154-159

ӘОЖ 693.5

ҒТАМА 67.11.31

ҚҰРЫЛЫС ИНДУСТРИЯСЫНЫҢ БОЛАШАҒЫ – ЗАМАНАУИ БЕТОН

Аубакирова Б.Б.^{1*}, Полищук Н.Ю.¹

^{1*}*«Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті» КеАҚ,
Петропавл, Қазақстан*

** Хат-хабар үшін автор: aubakirova_68@mail.ru*

Аңдатпа

Мақалада заманауи бетон өндірісінің даму үрдістері, жаңа технологиялық бағыттар мен материалдық құрамның жетілдірілу жолдары қарастырылған. Бетонның беріктігі мен ұзақ мерзімділігіне әсер ететін факторлар талданып, экологиялық және экономикалық тиімділікті арттыруға бағытталған инновациялық шешімдер сипатталады. Сонымен қатар, өздігінен қалпына келетін, ультраберік және экологиялық таза бетон түрлерінің ғылыми негіздері баяндалады.

Кілт сөздер: бетон, ультра берік бетон, суперпластификатор, толтырғыштар, өткізгіш бетон, заманауи бетон, инновациялық бетон, цифрлық технологиялар.

БУДУЩЕЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ – СОВРЕМЕННЫЙ БЕТОН

Аубакирова Б.Б.^{1*}, Полищук Н.Ю.¹

^{1*}*НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева»,
Петропавловск, Казахстан*

** Автор для корреспонденции: aubakirova_68@mail.ru*

Аннотация

В статье рассмотрены тенденции развития современного бетонного производства, новые технологические направления и пути совершенствования материального состава. Проанализированы факторы, влияющие на прочность и долговечность бетона, описаны инновационные решения, направленные на повышение экологической и экономической эффективности. Кроме того, излагаются научные основы самовосстанавливающихся, сверхпрочный бетон и экологически чистых видов бетона.

Ключевые слова: бетон, сверхпрочный бетон, суперпластификатор, наполнители, проницаемый бетон, современный бетон, инновационный бетон, цифровые технологии.

THE FUTURE OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY: MODERN CONCRETE

Aubakirova B.B.^{1*}, Polishchuk N.Yu.¹

^{1*}*Manash Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Petropavlovsk, Kazakhstan*

**Corresponding author: aubakirova_68@mail.ru*

Abstract

The article discusses trends in the development of modern concrete production, new technological directions and ways to improve the material composition. The factors affecting the strength and durability of concrete are analyzed and innovative solutions aimed at improving environmental and economic efficiency are characterized. In addition, the scientific foundations of self-regenerating, ultra-hard and environmentally friendly types of concrete will be outlined.

Keywords: benon, ultraber concrete, superplasticizer, fillers, conductive concrete, modern concrete, innovative concrete, digital technologies.

Кіріспе

Бетон – адамзат тарихындағы ең кең таралған құрылыс материалының бірі. Ежелгі Рим дәуірінен бастап қолданылып келе жатқан бұл материал уақыт өте келе көптеген өзгерістерге ұшырады. ХХІ ғасырда ғылым мен технологияның дамуы бетон өндірісіне жаңа бағыт беріп, оның беріктігі мен экологиялық тиімділігін арттырды. Заманауи бетон – бұл инновация мен инженерияның үйлесімі.

Бетон технологиясы шектеулі мүмкіндіктері бар материалдардан әртүрлі қасиеттерге ие көп компонентті құрылымдарға дейін ұзақ жолдан өтті. Бұл бетондардың қолданылу аясын, номенклатурасын және олардың техникалық-экономикалық тиімділігін айтарлықтай кеңейтті.

Әсіресе соңғы он жылдықтарда бетон қоспасының қасиеттерін ғана емес, сонымен қатар бетонның құрылым түзілу процесін барлық технологиялық сатыларда басқару мүмкіндігі пайда болғаны ерекше қадам болды.

Жаңа бетондар нарықтық экономика талаптарына толық сәйкес келеді, олардың сапасы көптеген құрылыс міндеттерін шешуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, оларды қолдану экологиялық тұрғыдан да маңызды, себебі өнеркәсіп пен энергетика саласының екінші реттік техногендік өнімдері мен қалдықтарын пайдалануға мүмкіндік береді.

Бетон технологиясындағы елеулі прогресс түрлі жоғары тиімді химиялық және минералды қоспалардың өндіріске енгізілуімен байланысты. Ең көп таралғандары – суперпластификаторлар, кешенді химиялық және органо-минералды қоспалар.

Қоспалар бетонның төмен су-цементтік қатынаста дайындалуын, материал құрылымының тығыздығын арттыруды және оның дисперстілігін басқаруды қамтамасыз етті. Осы арқылы қолданылатын шикізатқа оңтайлы нәтижелерге қол жеткізілді. Сонымен бірге, тығыз және берік цемент тасын түзе отырып, қоспалар бетон құрылымындағы ауа фазасының параметрлерін реттеу арқылы бетонның тығыздығы мен беріктігін басқаруға мүмкіндік берді. Бұл арқылы төмен тығыздықты, бірақ жоғары беріктік пен ұзақ мерзімділікке ие бетон түрлерін алу мүмкін болды.

Бетон құрамына модификатор қоспалармен қатар кеңейетін, дисперсті-талшықты, түрлі түсті, ток өткізгіш және басқа компоненттерді енгізу арқылы әртүрлі мақсаттағы және қасиеттердегі бетон түрлері жасалды. Қазіргі технологияда 1500-ден астам бетон түрі қолданылады, және олардың саны жыл сайын артып келеді. Кейбір жаңа бетондарда цементтің орнына полимерлер, күкірт, магнезиялық вяжущие, каучуктар және басқа байланыстырғыштар пайдаланылады.

Химиялық қоспалардың ішінде ең кең таралғандары – суперпластификаторлар, олар бетон қоспасының су қажеттілігін 23–26%-ға төмендетіп, бетонның беріктігін арттырады. Мұндай қоспалар өздігінен тығыздалатын және қабатталмайтын бетон қоспаларын алуға мүмкіндік береді.

Соңғы жылдары суперпластификаторларға қосымша әсер ететін комплекстік қоспалар кеңінен өндіріле бастады: ауа енгізуге қарсы, микрокөбіктүзгіш, қатаю және құрылым түзілу мерзімін реттейтін, ингибиторлық және басқа түрлері. Қазіргі уақытта поликарбоксилат негізіндегі аса тиімді гиперпластификаторлар пайда болды. Кейбір зауыттарда мұндай қоспалар молекулалық құрылымын компьютерлік жобалау арқылы дайындалады.

Суперпластификаторларды дисперсті минералды қоспалармен бірге қолдану ең тиімді тәсіл болып табылады. Минералды қоспалар – табиғи немесе техногендік шикізаттан алынған ұсақ ұнтақтар. Олар суда ерімей, бетонның қатты фазасының бір бөлігі ретінде әрекет етеді.

Минералды қоспалар дисперстілік дәрежесіне қарай екіге бөлінеді:

Цементті сұйылтқыштар – цементке ұқсас түйіршік құрамы бар;

Тығыздағыштар – мысалы, микрокремнезем, оның бөлшектері цемент түйірлерінен шамамен 100 есе ұсақ (ерекше беті 20-30 м²/г).

Тығыздағыш қоспалар бетон құрылымын тығыздап, цементтің жаңа түзілімдерінің ұсақтығын арттырады, ауа қуыстарының мөлшерін азайтады және қоспаның реакциялық қабілетін жоғарылатады. Бұл бетонның беріктігі мен су өткізбейтіндігін едәуір арттырады.

Цементті сұйылтқыш қоспалар суперпластификаторлармен бірге қолданылғанда төмен және орташа беріктіктегі бетон алуға мүмкіндік береді. Бұл цемент үнемдеуге және бетонның сенімділігін арттыруға жағдай жасайды.

Минералды қоспалар химиялық белсенді және инертті болып бөлінеді. Белсенді қоспалар суда кальций тотығымен әрекеттесіп, байланыстырғыш қасиетке ие қосылыстар түзеді. Мысалы, ұнтақталған домна шлактары өздігінен қатая алады және кальций тотығының әсерінен белсендіріледі. Мұндай қоспалар бетон құрылымының түзілу процесін басқаруға мүмкіндік береді.

Жоғары дисперсті минералды тығыздағыш қоспалардың суға қажеттілігі жоғары болғандықтан, оларды суперпластификаторлармен бірге пайдалану қажет. Қазіргі уақытта микрокремнеземнен арзанырақ, бірақ аздап төмен тиімділігі бар метакаолин, күріш қауызының күлі, силикат кірпіш және газобетон өндірісі қалдықтары сияқты қоспалар да ұсынылуда.

Ең жақсы нәтиже минералды қоспа (мысалы, микрокремнезем немесе оның күлмен қоспасы) суперпластификатормен алдын ала араластырылған кезде алынады. Мұндай қоспалар органо-минералды қоспалар деп аталады және бетон өндірісінде кеңінен қолданылады.

Қоспаның тиімділігі оны бетонға енгізу тәсіліне де байланысты. Цементті суперпластификатормен бірге ұнтақтау қоспаның тиімділігін 1,7-2 есе арттырады және бетон қоспасының су қажеттілігін 40-50%-ға дейін төмендетеді.

Ресейде цемент, суперпластификатор және басқа белсенді компоненттерден тұратын төмен су қажеттілікті байланыстырғыштар (ТСҚБ), (ВНВ) жүйелері әзірленіп, кеңінен қолданылуда. Мұндай материалдар кәдімгі цементтермен салыстырғанда 1,5–2 есе тиімді.

Жоғары сапалы бетондар көпкомпонентті материалдар. Олар құрамында композициялық байланыстырғыштар, химиялық модификаторлар, минералды және кеңейткіш қоспалар бар жүйелер. Мұндай бетондар жоғары тығыздыққа, төмен өткізгіштікке, жоғары беріктік пен ұзақ мерзімділікке ие.

28 тәулікте олардың беріктігі 150-180 МПа, ал 1 тәулікте 70–140 МПа жетеді, аязға төзімділігі 800-1100 цикл, ал қызмет ету мерзімі 500 жылға дейін.

Ұсақ түйіршікті бетондар да кеңінен таралуда. Мұндай қоспалар жоғары біртектілікке, беріктікке және ұзақ мерзімділікке ие, насос арқылы оңай айдалады. Олардың тығыздығы 100-2000 кг/м³, беріктігі 0,2-150 МПа дейін жетеді.

Болашақта бетон технологиясының дамуы ультрадисперсті компоненттерге негізделген құрылыс композиттерін жасау бағытымен дамиды. Мұндай материалдар

құрамында арнайы дайындалған цемент, модификаторлар, микрокремнезем, наносиликаттар, арнайы толтырғыштар мен микроталшықтар болады. Арнайы технологиялар (жоғары қысым және т.б.) арқылы су-цементтік қатынас 0,06-0,12 дейін төмендетіліп, беріктік 850 МПа дейін жетеді.

Жаңа бетон түрлері заманауи ғимараттар мен құрылыстардың құрылымдық жүйелерін жетілдіруге жол ашты: биік ғимараттар, көпірлер, теңіз платформалары, жер асты қалалары және архитектуралық бетондар ХХІ ғасыр талабына сай салынуда.

1. Заманауи бетонның ерекшеліктері

Қазіргі бетон бұрынғы дәстүрлі бетоннан бірнеше маңызды қасиеттерімен ерекшеленеді:

Жоғары беріктік – заманауи қоспалар мен нанотехнологиялар арқасында бетонның қысымға төзімділігі 100 МПа-дан аса алады.

Өздігінен қалпына келу қабілеті – кейбір жаңа бетон түрлері құрамындағы бактериялар немесе арнайы қоспалар арқылы жарықтарды өздігінен бітей алады.

Жеңіл салмақ – жеңіл толтырғыштар (мысалы, көбікбетон немесе керамзит) қолдану арқасында конструкция салмағы азайып, құрылыс тиімділігі артады.

Экологиялық тиімділік – көмірқышқыл газын сіңіретін немесе қалдық материалдардан (мысалы, ұшпа күл, шлак) жасалған экобетон түрлері кең тарауда.

2. Инновациялық бетон түрлері

Бүгінгі таңда бірнеше жаңа бетон түрлері кеңінен зерттеліп, қолданысқа енгізілуде:

Ультраберік бетон (UHPC) – өте жоғары беріктік пен тығыздыққа ие, көпірлер мен биік ғимараттарда қолданылады.

Өткізгіш бетон (pervious concrete) – су өткізгіштігі жоғары, экологиялық инфрақұрылым мен тротуарларда қолданылады.

Өздігінен тазаланатын бетон – бетіне түскен кір мен ласты күн сәулесі әсерінен ыдырататын фотокаталитикалық қасиетке ие.

3D-баспаға арналған бетон – құрылыс индустриясындағы автоматтандыру мен роботтандырудың негізін қалап отыр.

3. Цифрлық технологиялар мен бетон өндірісі

Заманауи бетон өндірісі тек материалдық құраммен шектелмейді. Қазір өндіріс процесі цифрлық жүйелер арқылы бақыланып, роботтар мен жасанды интеллект көмегімен оптимизацияланады. 3D-принтинг, BIM (Building Information Modeling) және смарт-датчиктер бетонның сапасын нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді.

4. Қоршаған орта және тұрақтылық

Құрылыс саласы ғаламдық көмірқышқыл газы шығарындыларының шамамен 8%-ын құрайды. Осыған байланысты экологиялық таза бетон түрлерін әзірлеу – басты бағыттардың бірі.



Сурет 1. Экологиялық таза бетон түрлерін әзірлеу бағыттары

Мысалы:

"Жасыл цемент" өндірісінде қалдықтар мен төмен температуралы технологиялар қолданылады, CO₂-сіңіретін бетондар атмосферадан көмірқышқылды газды сіңіріп, экологиялық балансты жақсартады.



Сурет 2. «Жасыл цемент» өндірісінде қалдықтарды қолдану

Қорытынды

Заманауи бетон – тек құрылыс материалы емес, ол ғылым, инженерия және экологиялық ойлаудың нәтижесі. Оның дамуы болашақта қалалардың тұрақтылығын арттырып, экологиялық таза әрі тиімді инфрақұрылым құруға жол ашады.

Қазіргі заманауи бетон технологиясы құрылыс индустриясын жаңа деңгейге көтерді. Бетон өндіру мен қолдануда инновациялық материалдар мен технологиялардың енгізілуі оның беріктігін, ұзақмерзімділігін және экологиялық тиімділігін айтарлықтай арттырды.

Цифрлық өндіріс пен 3D-баспа технологияларының енгізілуі де бетон құрылымдарын тиімді әрі дәл орындауға жағдай жасап, еңбек өнімділігін арттырды. Экологиялық тұрғыдан алғанда, көмірқышқыл газының бөлінуін азайту мақсатында жасыл цемент пен қайта өңделген материалдарды пайдалану белсенді дамуда.

Жалпы алғанда, қазіргі заманауи бетон технологиясы – бұл жоғары сапалы, энергия үнемдейтін және экологиялық қауіпсіз құрылыс материалдарын өндіруге бағытталған кешенді жүйе. Болашақта бұл бағытта интеллектуалды материалдар мен автоматтандырылған бақылау жүйелері одан әрі жетілдіріледі деп күтілуде.

Әдебиет:

1. Омаров А., Бәйімбетов Б. Құрылыс материалдары. – Алматы: Білім, 2018.
2. Қожахметов А. Бетон және темірбетон технологиясы. – Алматы: Эверо, 2017.
3. Жұмағұлов Ж. Құрылыс материалдарының технологиясы. – Алматы, 2015.
4. Сапаров Қ. Құрылыс өндірісіндегі жаңа материалдар. – Алматы: ҚР БҒМ, 2020.
5. Баженов Ю.М. Технология бетона. – Москва: АСВ, 2016.
6. Журавлев В.Д., Корнеев В.И. Современные бетоны и строительные растворы. – Москва: Стройиздат, 2019.
7. Калашников В.И. Высокопрочные и самоуплотняющиеся бетоны. – Москва: ЛКИ, 2018.
8. Соколова Н.А. Добавки в бетоны: модификаторы, пластификаторы, нанодобавки. – 2021.

References:

1. Omarov A., Bayimbetov B. Kurylys materialdary. - Almaty: Bilim, 2018.
2. Kozhakhmetov A. Beton zhane temirbeton technologiysi. – Almaty: Evero, 2017.

3. Zhumagulov Zh. Kurylys materialdaryn technolgyasi. – Almaty, 2015.
4. Saparov K. Kurylys ondirisindegi zhana materialdar. - Almaty: KR BGM, 2020.
5. Bazhenov Yu.M. Technology of concrete. - Moscow: DIA, 2016.
6. Zhuravlev V.D., Korneev V.I. Modern concretes and building mortars. - Moscow: Stroyizdat, 2019.
7. Kalashnikov V.I. High–strength and self-sealing concretes. – Moscow: LKI, 2018.
8. Sokolova N.A. Additives in concrete: modifiers, plasticizers, nano additives. – 2021.

Information about the authors:

Aubakirova Bakytkul Bokaevna – corresponding author, Head of Department Building and design, Manash Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: aubakirova_68@mail.ru;

Natalia Polishchuk – senior Lecturer, Department of Building and design, Manash Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: policshuknatalya@mail.ru.