

УДК 691.32, УДК 691.322, УДК 691.327, УДК 691.328

Калистратов Александр Сергеевич, магистрант, Новосибирский Государственный Архитектурно-Строительный Университет, г. Новосибирск

ЭВОЛЮЦИЯ БЕТОНА: ОТ АНТИЧНЫХ ВРЕМЕН ДО HIGH PERFORMANCE CONCRETE (HPC)

Аннотация

В статье рассматривается историческая сводка по истории развития бетона. При изучении материала и составления хронометража, мы можем рассмотреть 7 этапов развития: древнейший прототип VI тыс. до н. э. — III в. до н. э. VI тыс. до н. э. — III в. до н. э., за тем Римский прорыв (II в. до н. э. — II в. н. э.), за ним следует Забвение и постепенное возрождение (III–XVIII вв.) рождение современного бетона (XIX в.), эпоха железобетона (конец XIX — начало XX в.), индустриализация (1920–1980-е гг.), и итогом всего изучения будет современный этап (конец XX — XXI в.). Каждый исторический этап сопровождался технологическими прорывами, менявшими масштабы и возможности строительства.

Annotation

The article provides a historical overview of the development of concrete. When studying the material and compiling timekeeping, we can consider 7 stages of development: the oldest prototype of the VI millennium BC — III century BC. e. VI thousand BC — III century BC, followed by the Roman breakthrough (II century BC — II century AD), followed by Oblivion both the gradual renaissance (III–XVIII centuries) and the birth of modern concrete (XIX century), the era of reinforced concrete (late XIX — early XX century), industrialization (1920-1980s), and the result of the entire study will be the modern stage (late XX — XXI century). Each historical stage was accompanied by technological breakthroughs that changed the scale and the possibilities of construction.

Ключевые слова: бетон, портландцемент, железобетон, пуццоланы, High Performance Concrete, индустриализация, экологизация, 3D-печать.

Keywords: concrete, Portland cement, reinforced concrete, pozzolans, High Performance Concrete, industrialization, green construction, 3D printing.

Бетон — один из ключевых строительных материалов цивилизации. Его эволюция отражает прогресс инженерной мысли, химии и технологий. Рассмотрим основные этапы мирового развития бетона.

1. Древнейшие прототипы (VI тыс. до н. э. — III в. до н. э.)

Первые свидетельства использования бетонных смесей относятся к 5600 г. до н. э.: в поселении Лепенски Вир (Сербия) обнаружен пол толщиной 25 см из извести и гравия.

В разных регионах мира применялись локальные вяжущие:

Египет (ок. 1950 г. до н. э.): гипс и известь при строительстве галерей египетского лабиринта и сводов пирамид;

Месопотамия: глиняные и гипсовые растворы для кладки;

Индия и Китай (IV–V вв. до н. э.): обожжённая известь, глина, органические добавки — для полов и стен храмов.

Эти ранние смеси отличались от современного бетона, но уже демонстрировали идею искусственного камня.

2. Римский прорыв (II в. до н. э. — II в. н. э.)

Римляне создали технологию, опередившую эпоху:

использовали пуццолану (вулканический пепел, туф, пемзу) как активную добавку к извести;

применяли чистые фракционированные заполнители (вместо грунта);

тщательно уплотняли смесь.

Ключевые свойства римского бетона:

набирал прочность при контакте с водой;

отличался высокой долговечностью (многие сооружения сохранились спустя 2 тысячи лет);

позволял возводить сложные формы (купола, арки, своды).

Знаковые сооружения:

Пантеон (II в. н. э.): купол диаметром 43 м — крупнейший неармированный бетонный купол в мире;

Колизей (I в. н. э.): три вида бетона (на лаве, травертине/туфе, пемзе); акведуки, термы, дороги.

Секрет долговечности — в химии пуццолановых реакций: при взаимодействии с влагой образуются стабильные кристаллические соединения, «самовосстанавливающие» микротрещины.

3. Забвение и постепенное возрождение (III–XVIII вв.)

После падения Рима технология была частично утрачена. В средневековой Европе преобладали каменная кладка и штукатурка. Однако локальные традиции использования извести и природных вяжущих сохранялись.

4. Рождение современного бетона (XIX в.)

Ключевой прорыв — 1824 год: английский каменщик Джозеф Аспдин запатентовал портландцемент.

Суть изобретения:

обжиг смеси извести и глины до получения клинкера;

измельчение клинкера в тонкий порошок;

при смешивании с водой — образование прочной пасты.

Последствия:

унифицированный промышленный продукт с предсказуемыми свойствами;

возможность массового производства;

основа для развития железобетона.

5. Эпоха железобетона (конец XIX — начало XX в.)

Соединение бетона с арматурной сталью дало материал, сочетающий:

прочность бетона на сжатие;

прочность стали на растяжение.

Этапы распространения:

конец XIX в.: первые эксперименты с армированием;

начало XX в.: стандартизация арматуры и методов крепления;

массовое применение в мостах, многоэтажках, промышленных объектах.

В России к 1900 году работало 66 бетонных заводов; к 1913 году использовалось около 3,5 млн м³ бетона.

6. Индустриализация и научные школы (1920–1980 е гг.)

Крупные проекты:

Волховстрой (1924);

Днепрострой (1930) — старт массового гидротехнического строительства.

Технологические прорывы:

метод зимнего бетонирования (круглогодичная работа);

вибрирование (снижение расхода цемента, повышение прочности);

предварительное напряжение арматуры (уменьшение расхода металла, повышение трещиностойкости).

Научные школы:

ленинградская (Н. М. Беляев, И. П. Александрии);

московская (Б. Г. Скрамтаев, Н. А. Попов).

7. Современный этап (конец XX — XXI в.)

Основные направления:

High Performance Concrete (HPC): бетоны с повышенной прочностью, коррозионной стойкостью, водонепроницаемостью, морозостойкостью;

химические добавки и модификаторы (пластификаторы, ускорители твердения, воздухововлекающие агенты);

нанотехнологии и микрокремнезём;

экологизация: вторсырьё, низкоуглеродные вяжущие, самовосстанавливающиеся составы (с бактериями);

инновационные методы: 3D печать из бетона.

Знаковые объекты:

мост через пролив Акаси (Япония, пролёт 1990 м);

туннель под Ла Маншем;

небоскрёбы (например, 125 этажный в Чикаго, 610 м)

Заключение

История бетона — это путь от примитивных смесей глины и извести до наукоёмких композитов. Ключевые вехи:

Древность: первые опыты с вяжущими и заполнителями.

Римская империя: расцвет технологии, создание долговечных сооружений.

Средневековье: частичная утрата знаний.

XIX век: рождение портландцемента и железобетона.

XX век: индустриализация, научные школы, масштабные стройки.

Современность: НРС, экологизация, инновации.

Сегодня бетон остаётся основой строительства. Его эволюция продолжается в направлении устойчивости, энергоэффективности и технологичности, открывая новые возможности для архитектуры и инфраструктуры.

Список литературы

1. Баженов Ю. М. Технология бетона. — М.: АСВ, 2002. — 500 с.
2. Кочетов В. А. Римский бетон — из истории строительства и строительных технологий Древнего Рима. — М.: Стройиздат, 1991. — 111 с.
3. Суздальцева А. Я. Бетон в архитектуре XX века. — М.: Стройиздат, 1981. — 208 с.
4. Пирожников Л. Б. Занимательно о бетоне. — М.: Стройиздат, 1986. — 104 с.
5. Младова М. В. Катехизис по бетону. — М.: ФГУП «ПИК Винити», 2005. — 127 с.
6. Кишиневская Е. В., Ватин Н. И., Кузнецов В. Д. Перспективы применения нанобетона в монолитных большепролётных ребристых перекрытиях с

постнапряжением // Инженерно-строительный журнал. — 2009. — № 2. — С. 54–58.

References

1. Bazhenov Yu. M. Concrete Technology. — M.: ASV, 2002. — 500 p.
2. Kochetov V. A. Roman Concrete: From the History of Construction and Building Technologies in Ancient Rome. — M.: Stroyizdat, 1991. — 111 p.
3. Suzdaltseva, A. Ya. Concrete in the Architecture of the 20th Century. Moscow: Stroyizdat, 1981. 208 p.
4. Pirozhnikov, L. B. Entertaining About Concrete. Moscow: Stroyizdat, 1986. 104 p.
5. Mladova, M. V. Catechism on Concrete. Moscow: FSUE "PIC Viniti", 2005. 127 p.
6. Kishinevskaya E. V., Vatin N. I., Kuznetsov V. D. Prospects for the use of nanoconcrete in monolithic long-span ribbed floors with post-tensioning // Engineering and Construction Journal. — 2009. — No. 2. — Pp. 54–58.