



# БЕТОН

Авторы: К. Н. Попов

---

БЕТОН (франц. *béton*, от лат. *bitumen* – горная смола), искусств. каменный материал, получаемый в результате формования и твердения рационально подобранной смеси, состоящей из вяжущего материала, воды (реже без неё), заполнителей и спец. добавок; до формования эту смесь называют бетонной смесью. Об изготовлении конструкций и изделий из Б. см. в ст. [Бетонные работы](#).

Б. – один из осн. строительных материалов, характеризуется высокой технологичностью и достаточно высокими физико-механич. свойствами.

Приготовление Б. – малоэнергоёмкий и экологически безопасный процесс. Бетонная смесь пластична, что позволяет формировать из неё изделия и конструкции любой конфигурации. Варьируя состав бетонной смеси, можно получать Б. с требуемыми свойствами.

## Классификация и области применения бетонов

По виду [вяжущего материала](#) различают Б. на неорганических вяжущих (цементные, [гипсобетоны](#), [силикатные бетоны](#), на жидком стекле, на магнезиальных вяжущих, серные), на органических вяжущих ([асфальтобетоны](#), [полимербетоны](#)) и на смешанном вяжущем (полимерцементные Б.).

По структуре подразделяются на Б. слитного строения (с крупным заполнителем и мелкозернистые), [ячеистые бетоны](#) (поробетоны) и [крупнопористые бетоны](#) (беспесчаные). Возможны Б. со смешанной структурой (напр., слитного строения с поризованным цементным камнем).

В зависимости от структуры и вида [заполнителей](#) получают Б. с разной ср. плотностью (кг/м<sup>3</sup>): особо тяжёлые (более 2500), тяжёлые (от 1800 до 2500), лёгкие (от 600 до

1800) и особо лёгкие (менее 600).

Особо тяжёлые бетоны изготавливаются преим. на портландцементе с металлич. заполнителями (чугунная дробь, скрап, обрезки арматуры) или заполнителями из руд (магнетит, гематит, лимонит и т. п.). Плотность Б. на металлич. заполнителях может достигать  $6000 \text{ кг/м}^3$ . Осн. назначение таких Б. – защита от  $\gamma$ -излучения в радиац.-технич. установках (реакторы АЭС и т. п.). Б. защитной оболочки корпуса ядерного реактора кроме высокой плотности и заданной марки по прочности не должны терять свои свойства даже при темп-рах, возможных при аварийном режиме реактора, т. е. быть достаточно жаростойкими.

Тяжёлый бетон – наиболее распространённый вид Б. Обычно это цементный Б., в котором в качестве заполнителей использованы гравий, щебень из плотных горных пород (известняк, гранит, базальт и др.) либо из металлургич. шлаков, а также природные (гл. обр. кварцевые) или дроблёные пески. К тяжёлым Б. относят также силикатные Б. на плотных заполнителях. Осн. показатели качества тяжёлого Б. – класс прочности на сжатие и морозостойкость. Применяется для несущих конструкций гражд. и пром. зданий, при строительстве автодорог, аэродромов, гидротехнич. сооружений и т. п.

Лёгкий бетон обычно получают, используя пористые заполнители ([пемза](#), [туф](#), [керамзит](#), [шлаковая пемза](#) и др.) и обычный или пористый песок. В зависимости от вида заполнителя такие Б. называют керамзитобетоном, шлакобетоном, пемзобетоном и т. п. Для снижения плотности Б. применяют технологию образования пор в цементном камне (поризацию) газо- или пенообразователями. К лёгким бетонам относят также ячеистые Б. с плотностью  $600\text{--}1200 \text{ кг/м}^3$ ; в зависимости от метода поризации их называют газо- или пенобетонами. Осн. характеристики лёгких Б. – прочность на сжатие и средняя плотность. Лёгкие Б. гл. обр. используют для ограждающих конструкций, стеновых панелей, реже в несущих конструкциях (балки, перекрытия). Для целей теплоизоляции получают Б. на пористых заполнителях без песка – крупнопористый Б.

Особо лёгкие бетоны в осн. ячеистые; благодаря высокой пористости они имеют

низкую теплопроводность и применяются для теплоизоляции. В виде мелкоштучных блоков и в монолитном варианте их применяют для заполнения каркаса зданий. К этой группе относят также крупнопористые Б. на полимерном связующем и пористых заполнителях.

В зависимости от метода изготовления различают Б. монолитный и сборный.

Монолитный Б. с помощью [опалубки](#) формируют в рабочем положении непосредственно на стройке, где он и твердеет. Сборный Б. поступает на строит. площадку в виде готовых элементов и конструкций, изготовленных на специализир. предприятиях.

По назначению Б. могут быть конструкционными, конструкционно-теплоизоляционными и теплоизоляционными в зависимости от преобладания у них прочностных или теплоизоляционных свойств. Помимо этих осн. типов существуют спец. Б.: [жаростойкие бетоны](#), кислотоупорные, дорожные, гидротехнические, [фибробетоны](#), [бетонополимеры](#), торкрет-бетоны, электропроводящие и др.

## Физико-технические характеристики бетона

Под термином «Б.» обычно подразумевают тяжёлый цементный Б., т. к. именно он был и остаётся осн. видом Б. в строительстве. О механизме твердения Б. см. в ст. [Цемент](#).

Осн. свойства Б. – плотность, прочность при сжатии и растяжении, морозостойкость и теплопроводность.

Важнейший показатель качества конструкц. Б. – их прочность на сжатие, которая определяется испытанием на сжатие бетонных образцов – кубов, твердевших 28 сут в стандартных условиях (на воздухе при темп-ре 15–20 °С и относит. влажности 90–100%). Т. к. Б. материал неоднородный, то при проектировании и изготовлении бетонных изделий используют понятие класс Б. – величину, учитывающую коэф. вариации прочности, т. е. гарантированную прочность с обеспеченностью 0,95.

Наиболее часто используют Б. классов от В7,5 до В35 (МПа). При использовании высокопрочного портландцемента и суперпластификаторов может быть получен Б. классов от В40 до В90. Прочность Б. на растяжение в 5–10 раз ниже прочности на сжатие; этот недостаток компенсируется армированием Б. (см. в ст. [Железобетон](#)).

Морозостойкость Б. зависит в осн. от его капиллярной пористости. Марки по морозостойкости от F100 до F500 и выше; определяются они числом циклов «замораживания-оттаивания» до потери Б. более 5% первоначальной прочности. Марки Б. по водонепроницаемости W2; W4; W6; W8 и т. д. (число – давление воды в атм, при котором Б. при стандартных испытаниях не пропускает воду).

Осн. проблема технологии тяжёлого Б. – оптимизация количества воды, необходимой для его приготовления. С одной стороны, нужно иметь удобоукладываемую смесь, что требует достаточно большого расхода воды; с другой стороны, следует обеспечить получение Б. высокой прочности и долговечности, что требует минимизации расхода воды, т. к. её избыток увеличивает пористость Б. Это противоречие решается либо снижением расхода воды (при этом потеря удобоукладываемости смеси компенсируется интенсивным механич. уплотнением), либо использованием пластификаторов и суперпластификаторов, обеспечивающих пластичность смеси при малом расходе воды.

## Историческая справка

Б. – один из старейших строит. материалов. В Междуречье, Китае, Египте, Древней Греции, Древнем Риме и др. странах Б. на разл. вяжущих (асфальте, глине, гипсе) использовали при сооружении арен, акведуков, возведении фундаментов зданий. До наших дней в Риме сохранился Пантеон с куполом диаметром 43,2 м, выполненным из Б. на известково-пуццолановом вяжущем. С падением Римской империи Б. был забыт; применение его возобновилось лишь в эпоху Возрождения в зап.-европ. странах. Тогда в качестве вяжущего в Б. использовали гидравлич. [известь](#) и [романцемент](#). Из Б. возводились фундаменты, гидротехнич. сооружения и т. п. В 1824 Дж. Аспдин в Англии получил патент на способ изготовления [портландцемента](#), что послужило толчком к развитию и совершенствованию технологии Б. Распространению Б. способствовало изобретение в 19 в. железобетона. К кон. 19 в. Б. завоевал прочные позиции в строительстве во всём мире.

Первые исследования в области теории Б. относятся к кон. 19 в. В 1895 рос. учёный И. Г. Малюга определил зависимость между содержанием воды в бетонной смеси и

прочностью Б. В 1918 Д. Абрамс (США) установил количеств. зависимости прочности Б. от водно-цементного фактора и подвижности бетонной смеси от её состава. Науч. основы проектирования состава Б. с заданными свойствами были развиты в 1932–1941 сов. учёным Н. М. Беляевым. Тогда же И. Болومه (Швейцария) упростил практическое применение сложной формулы состава бетонной смеси, предложив использовать при проектировании линейную зависимость прочности Б. от обратной величины – цементно-водного отношения. Уточнение этой зависимости для обычных и высокопрочных бетонов и расчёт состава Б. по методу абсолютных объёмов в 1965 предложил Б. Г. Скрамтаев. Этот метод используется и в настоящее время.

В 30-х гг. 20 в. в технологию Б. вошёл метод виброуплотнения, позволивший использовать жёсткие бетонные смеси и получать Б. высокой прочности. В 1930–50-х гг. началось активное применение лёгких Б. Во 2-й пол. 20 в. в технологию Б. вошли пластификаторы и суперпластификаторы, позволившие получать Б. с высокой прочностью, морозостойкостью и водонепроницаемостью из пластичных смесей с миним. виброуплотнением и даже без него.

Произ-во новых видов вяжущих материалов и полимерных добавок, а также использование полимеров в качестве вяжущих веществ существенно расширило номенклатуру Б.: появились полимербетоны, бетонополимеры, безусадочные, расширяющиеся и др. К нач. 21 в. мировой объём производства Б. разл. видов составлял более 2 млрд. м<sup>3</sup> в год.

## Литература

Лит.: Малюга И. Г. Состав и способ приготовления цементного раствора (бетона) наибольшей крепости. СПб., 1895; Беляев Н. М. Метод подбора состава бетона. Л., 1927; Скрамтаев Б. Г. Бетоны различных видов. М.; Л., 1933; Попов Н. А. Производственные факторы прочности легких бетонов. М.; Л., 1933; Невилль А. М. Свойства бетона. М., 1972; Шейкин А. Е., Чеховский Ю. В., Бруссер М. И. Структура и свойства цементных бетонов. М., 1979; Баженов Ю. М. Технология бетона. М., 2003; Технология бетона. Библиографический справочник литературы за 1890–1947 гг. Тб., 1948.

