**Лёгкие бетоны. Классификация и виды. Бетоны на пористых заполнителях.**

Легкие бетоны

Легкими называют бетоны, у которых средняя плотность от 500 до 1800 кг/м3. В настоящее время легкие бетоны широко используются для изготовления несущих и ограждающих сборных бетонных и же­лезобетонных конструкций. Конструкции из легких бетонов позволя­ют значительно снизить их массу, улучшить теплотехнические и аку­стические свойства зданий, успешно решить проблему объемного и многоэтажного строительства, проблему энергосбережения за счет уменьшения расхода топлива и энергии на отопление зданий. При­менение легких бетонов позволяет уменьшить стоимость строительст­ва на 10...20%, снизить затраты на транспортировку на 25%, снизить трудовые затраты на 50%, экономить материалы (особенно при возве­дении многоэтажных зданий) вследствие уменьшения массы конст­рукций (до 30...35%), увеличить производительность труда на 20%.

Легкие бетоны используют в разнообразных строительных кон­струкциях: каркасы зданий, панели стен, покрытия и перекрытия, а также напряженно-армированные элементы конструкций — пролет­ные строения мостов, фермы, балки и др. Удельная масса легких бетонов в основных конструкциях полносборных зданий может соста­вить около 60%.

Для изготовления легких бетонов используют несколько спосо­бов: применение пористых заполнителей, замена заполнителей воз­душными ячейками, сочетание первого и второго приемов. В зависи­мости от способа изготовления легкие бетоны делят на: легкие бетоны на пористых заполнителях и ячеистые бетоны.

**Легкие бетоны на пористых заполнителях.**Легкие бетоны на пористых заполнителях значительно отличаются от обычных тя­желых бетонов. Это отличие обусловлено особенностями применяе­мых пористых заполнителей. Пористые заполнители имеют низкую насыпную плотность, меньшую чем плотные, меньшую прочность, шероховатую поверхность зерен. Эти свойства резко изменяют водо-потребность и водосодержание бетонной смеси, меняются и основные свойства бетонной смеси и бетона. Легкие бетоны на пористых запол­нителях имеют пористость до 45%, плотность до 1800 кг/м3.

Легкие бетоны на пористых заполнителях классифицируют по нескольким признакам: по виду пористых заполнителей, по структу­ре, по назначению.

По виду пористых заполнителей легкие бетоны делят на пемзо­бетон, туфобетон, керамзитобетон, аглопоритобетон, шлакобетон и т.д. Для производства легких бетонов возможно применение одновремен­но различных видов пористых заполнителей. Так получают керамзи-топерлитобетон, керамзитовермикулитобетон и др. (в названии бето­на сначала указывают вид крупного заполнителя, а затем мелкого).

В легком бетоне может быть использован и органический за­полнитель — древесная дробленка, костра, гранулированный пенополистирол и т.д. Получается разновидность легкого «деревобетона», называемая арболитом, и пенополистиролбетон.

По структуре эти бетоны подразделяют на несколько видов: обыкновенный или плотный легкий бетон, в котором пустоты между зернами крупного заполнителя полностью заполнены цементно-песчаным раствором; крупнопористый (беспесчаный) — пустоты меж­ду зернами крупного заполнителя свободны. Крупнопористый бетон не содержит песка, что обусловливает его крупнопористое строение. Он экономичный и эффективный: имеет низкую плотность и малоте­плопроводный, что снижает расход топлива на отопление помещений в здании. Применяют его как стеновой материал для зданий высотой до четырех этажей. Разновидностью легкого бетона является поризованный бетон, в котором кроме легкого заполнителя имеется специ­ально поризованный цементный камень. Такая структура получается введением в бетонную смесь пенообразователя (устойчивой пены).

Изготовление поризованного бетона требует дополнительных трудо­затрат, поэтому его применение сравнительно ограничено.

По назначению легкие бетоны подразделяют на теплоизоляци­онные с плотностью не более 500 кг/м3 и теплопроводностью не более 0,2 Вт/(м-К), используемые в слоистых конструкциях как достаточно надежная теплоизоляция в виде плит и т.д.; конструкционно-теплоизоляционные с плотностью 500... 1400 кг/м3 и теплопроводностью 0,2...0,64 Вт/(м-К), совмещающие функции конструкционного и тепло­изоляционного материала и применяемые в несущих и самонесущих ограждающих конструкциях (стенах и перекрытиях); конструкционные с плотностью 1400...1800 кг/м3, теплопроводностью 0,35...0,6 Вт/(м-К), применяемые в несущих конструкциях (плиты перекрытий и покры­тий и другие элементы). Прочность теплоизоляционных легких бето­нов на сжатие обычно не превышает 1,5 МПа, конструкционно-теплоизоляционных — 2,5... 10, конструкционных — 15...50 МПа.

Наибольший объем выпускаемых легких бетонов приходится на долю конструкционно-теплоизоляционных.

Вяжущим веществом в легких бетонах служит обычный порт­ландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент или быстротвердеющий портландцемент. Выбор вида вяжущего зави­сит от условий твердения изделий из легкого бетона (естественное, пропаривание, автоклавная обработка и др.), требуемой прочности бетона и эксплуатационных условий конструкций.

**Пористые заполнители.**Главная роль в формировании свойств и структурных особенностей легких бетонов принадлежит по­ристым заполнителям. В качестве заполнителей для легких бетонов применяют природные и искусственные сыпучие пористые материа­лы в виде щебня или гравия с насыпной плотностью не более 1000 кг/м3 при крупности зерен 5...40 мм и песка с насыпной плотно­стью не более 1200 кг/м3 при крупности зерен до 5 мм. Природные по­ристые заполнители изготовляют дроблением и рассевом легких гор­ных пород — пемзы, вулканического туфа, пористых известняков, известняка-ракушечника и др. Искусственные пористые заполнители получают из отходов промышленности и термической обработкой си­ликатного, глинистого, шлакового и другого минерального сырья. К ним относятся: керамзит и его разновидности (зольный гравий, глинозольный керамзит и др.), аглопорит, шлаковая пемза (термо­зит), вспученные перлит и вермикулит.

По форме и характеру поверхности пористые заполнители мо­гут иметь округлую, относительно гладкую поверхность (керамзито­вый гравий) или угловатую и шероховатую поверхность (аглопоритовый щебень, щебень из шлаковой пемзы).

Пористый песок рассеивают на две фракции: мелкий песок (размер зерен до 1,25 мм) и крупный (размер зерен 1,25 до, 5 мм). По­ристый щебень (гравий) рассеивают на три фракции: 5...10; 10...20 и 20...40 мм.

Важнейшими показателями свойств пористых заполнителей является насыпная плотность, плотность и прочность зерен, водопо-глощение, морозостойкость и др.

По величине насыпной плотности в сухом состоянии (кг/м3) по­ристые заполнители подразделяют на марки: М100; М150; М200; М250; М300; М350; М400; М500; М600; М800; М1000 и М1200. Водо-поглощение заполнителя зависит как от величины общей пористости, так и от структуры порового пространства. Если поверхность зерен имеет оплавленную корочку (керамзитовый гравий), то водопоглоще-ние значительно снижается. Прочность пористых заполнителей опре­деляется путем раздавливания зерен в стальном цилиндре. Для по­ристых заполнителей установлено 11 марок по прочности: П25; П35; П50; П75; ПЮ0; П125; П150; П200; П250; П300; П350.

Содержание вредных примесей в пористых заполнителях, вы­зывающих коррозию цементного камня и снижение стойкости бетона в эксплуатационных условиях не должно превышать 1%. К вредным примесям относят водорастворимые сернистые соединения, а также глинистые и пылевидные частицы.

Бетонные смеси с пористыми заполнителями приготовляют в бетоносмесителях, работающих по принципу принудительного пере­мешивания, используя более тщательное перемешивание. Укладку и уплотнение смеси в форме производят такими же способами, как и формование изделий из тяжелого бетона. Для ускорения твердения отформованных из легкобетонной смеси изделий применяют пропа-ривание, электропрогрев или автоклавную обработку.

**Свойства легких бетонов на пористых заполнителях.**Ос­новными свойствами этих бетонов являются плотность, теплопровод­ность, прочность и морозостойкость.

*Средняя плотность*наиболее распространенных легких бето­нов на пористых заполнителях определяется видом и качеством за­полнителей (плотностью, зерновым составом и др.), активностью и расходом вяжущего, водоцементным отношением, способом уплотне­ния бетонной смеси, условиями и сроком ее твердения.

*Теплопроводность*бетона зависит от плотности, пористости, ха­рактера пор и других факторов. В легком бетоне тепло передается че­рез твердый остов и воздух, заполняющий поры, а также в результате конвекции воздуха в замкнутом объеме, поэтому чем меньше объем пор, тем лучшими теплоизолирующими свойствами обладает бетон. Теплопроводность у легких бетонов колеблется от 0,07 до 0,7 Вт/(мК). Толщина наружной стены в зависимости от теплопроводности легкого бетона может изменяться от 20 до 40 см.

*Прочность*легких бетонов зависит от активности цемента, во-доцементного отношения, условий и длительности твердения, проч­ности заполнителей и других факторов. Введение в бетон пористых заполнителей приводит к снижению его прочности. Основным пока­зателем прочности является **класс**бетона по прочности при сжатии. В соответствии со стандартом СТ СЭВ 1406—78 по пределу прочности при сжатии установлены следующие классы, МПа: В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В17,5; В20; В22,5; В25; ВЗО; В40; для теплоизо­ляционных бетонов, кроме названных, предусмотрены классы: В0,35; ВО,75; В1. Без учета требований стандарта СЭВ бетоны делят по прочности при сжатии на **марки,**кгс/см2: М35; М50; М75; М100; М150; М200; М250; М300; М350; М400; М450; М500, а для теплоизо­ляционных предусмотрены марки: М5; М10; М15; М25. Для плотных легких бетонов, изготовленных с применением пористого песка, ха­рактерна более значительная прочность при растяжении, чем для обычных тяжелых бетонов.

*Морозостойкость*легких бетонов при правильно подобранном составе не ниже морозостойкости тяжелых. Бетоны на портландце­менте обладают более высокой морозостойкостью, которая возрастает с увеличением количества цемента. По морозостойкости легкие бето­ны имеют марки: F25; F35; F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500. Благодаря высокой морозостойкости легкие бетоны на пористых заполнителях успешно используют в гидротехническом строительстве (F300 и выше), мостостроении.

**Ячеистые бетоны**являются разновидностью легких бетонов. Ячеистым бетоном называют искусственный каменный материал, состоящий из затвердевшего вяжущего вещества и равномерно рас­пределенных в нем искусственно созданных пор в виде ячеек, запол­ненных воздухом или газом. Ячейки имеют сферическую форму и диаметр 0,5...2 мм, их разделяют тонкие и прочные перегородки за­твердевшего цементного камня, образующие пространственный не­сущий каркас материала. Благодаря ячеистой структуре бетон имеет небольшую плотность и малую теплопроводность. Классифицируют ячеистые бетоны по нескольким признакам: по способу получения по­ристой структуры, по виду вяжущего, по характеру твердения и по назначению.

*По виду вяжущего*различают: бетоны на основе портландце­мента или смешанных цементов (газо- и пенобетоны), известково-кремнеземистых вяжущих (газо- и пеношлакобетоны), гипсовых вя­жущих (газо- и гипсобетоны). В названии ячеистого бетона дается вид кремнеземистой добавки (газо-, пенозолобетоны, газо-, пенозолосили-катыи др.).

*По характеру твердения*различают автоклавные и безавто­клавные ячеистые бетоны. Автоклавные бетоны твердеют в среде на­сыщенного водяного пара в автоклавах, а безавтоклавные — в естест­венных условиях, в пропарочных камерах, термореактивных формах и т.п. Автоклавная обработка при 175... 190 °С и давлении пара 0,8...1,2МПа способствует получению ячеистых бетонов с высокими показателями механических свойств, так как высокая температура пара и влажная среда значительно ускоряют процесс твердения вя­жущего, способствуют взаимодействию его с кремнеземистым к'омпо-нентом с образованием гидросиликата кальция, обладающего до­вольно высокими прочностью и долговечностью.

*По назначению*ячеистые бетоны делят на теплоизоляционные с плотностью в воздушно-сухом состоянии до 500 кг/м3 и общей порис­тостью 75...80%; конструкционно-теплоизоляционные с плотностью 500...900 кг/м3 и общей пористостью 60...70%; конструкционные с плотностью 900...1200 кг/м3, с объемом пор 40...55%. Наиболее широко применяют конструкционно-теплоизоляционные и теплоизоляцион­ные ячеистые бетоны: из них изготовляют панели наружных и внут­ренних стен и покрытий зданий, стеновые и теплоизоляционные бло­ки, ограждающие конструкции, теплоизоляционные и акустические плиты, скорлупы и другие изделия. Стены из ячеистого бетона на 20...40% легче и дешевле стен из легких бетонов на пористых запол­нителях. Из ячеистого бетона также изготовляют плиты для бесчер­дачных крыш и чердачных перекрытий жилых зданий и плиты по­крытий промышленных зданий.

В зависимости от способа порообразования ячеистые бетоны де­лят на пенобетоны и газобетоны.

*Пенобетоны*получают смешиванием цементного теста или це-ментно-песчаного раствора с устойчивой пеной. Устойчивую пену по­лучают энергичным перемешиванием пенообразователя с водой. В качестве пенообразователя используют несколько видов поверхно­стно-активных веществ: жидкая смесь канифольного мыла и живот­ного клея, водный раствор сапонина (вытяжка из растительного мыльного корня). Лучшими пенообразователями являются алюмо-сульфонафтеновый и препарат ГК (гидролизованная кровь с боен). Клееканифольный пенообразователь при длительном взбивании дает большой объем устойчивой пены; смолосапониновый сохраняет свои свойства около 1 мес.

Пену, цементное тесто или раствор, а также их смесь приготавливают в трехбарабанных пенобетономешалках (рис. 21).

*Рис. 21. Схема трехбарабанной пеноб* *етономешалки, приггтовление:*

*а – устойчивой пены; б – цементного теста; в – пенобетонной смеси*

В двух верхних барабанах вращаются валы с лопастями: в одном взбивается пена, во втором смешивается цемент с водой и кремнеземистым компонентом. Под ними находится третий барабан, в котором в течение 2...3 мин тщательно перемешивают готовую пену и раствор. Пенобетонную смесь разливают в формы для изделий, которые направляют в автоклавы или пропарочные камеры для твердения.

*Г**азобетон*получают смешиванием портландцемента (нередко с добавкой воздушной извести), кремнеземистого компонента и газооб-разователя. В качестве газообразователя применяют тонкоизмель-ченный алюминиевый порошок (пудру) или пергидроль (водный рас­твор перекиси водорода Н2О2). Процесс газообразования происходит в результате химического взаимодействия между гидроксидом каль­ция и алюминиевой пудрой по реакции:

ЗСа(ОН)2 + 2А1 + 6Н2О = ЗСаО • А12О3 • 6Н2О + ЗН2

Выделяющийся водород вспучивает тесто, которое затвердевая, сохраняет пористую структуру. Алюминиевую пудру для лучшего распределения ее в смеси применяют в виде водной суспензии. Газо­бетонные изделия изготовляют литьевым, вибрационным и резатель­ным способами. В настоящее время наиболее распространена литье­вая технология. В газобетоносмеситель загружают песчаный или зольный шлам, затем воду, вяжущее и суспензию газообразователя.

Готовую смесь в возможно более короткий срок загружают в формы, заполняя их с таким расчетом, чтобы после окончания вспу­чивания форма была заполнена доверху (рис. 21). Избыток смеси (горбушку) после схватывания срезают проволочными струнами. По­сле вызревания в формах газобетон обычно подвергают ускоренному твердению в автоклавах.

Газобетон проще в изготовлении, изделия из него имеют более мелкие поры и более устойчивое качество.

Свойства ячеистых бетонов. Свойства ячеистых бетонов оп­ределяются составом и структурой материала и, прежде всего, общей пористостью, которая колеблется от 50 до 90%.



*Рис. 22. Формирование газобетона:*

*1 – подготовительная форма; 2 – заливка формы готовой смесью;*

*3 – разрез формы после вспучивания смеси:*

*4 – готовое изделие со срезанной «горбушкой***»**

*Плотность*является главной количественной характеристикой структуры ячеистого бетона, определяющая все его технические свойства. По показателям плотности ячеистый бетон имеет марки (кг/м3): D300; D400; D500; D600; D700; D800; D900; D1000; D1100; D1200. По назначению ячеистые бетоны делят на теплоизоляционные плотностью 300...500 кг/м3; конструкционно-теплоизоляционные плотностью 500...900 кг/м3 и конструкционные плотностью 900... 1200 кг/м3.

*Прочность*ячеистого бетона определяют при сжатии образцов-кубов с длиной ребра 100 мм, прошедших автоклавную обработку и имеющих влажность 10% по массе. В соответствии со стандартом СТ СЭВ 1406—78 по пределу прочности при сжатии установлены сле­дующие классы, МПа: В1; В1,5; В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5; ВЮ; В12,5; В15. Без учета требований этого стандарта, показатели прочности на сжатие характеризуются марками; кгс/см2: М5; М10; М15; М25; М35; М50; М75; М100; М150; М200.

*Морозостойкость*ячеистого бетона зависит от особенностей поровой структуры бетона. Для повышения морозостойкости стремятся создать ячеистую структуру с замкнутыми порами. Это достигается использованием вибрации при формовании изделий. Вибрация газо­бетонной смеси разрушает крупные ячейки и образует равномерно распределенные мелкие замкнутые поры. По морозостойкости ячеи­стые бетоны имеют следующие марки: F15; F25; F35; F50; F70; F100.

*Водопоглощение*так же, как и морозостойкость, зависит от ве­личины и характера пористости. При плотности 700...900 кг/м3 водо­поглощение по массе составляет 30...40%.

*Теплопроводность*ячеистого бетона зависит от плотности и влажности. Теплопроводность особо легкого бетона влажностью 15...20% и плотностью 1000 кг/м3 не выше 0,25 Вт/(м-К), а влажностью 3...8% не выше 0,15 Вт/(мК); при уменьшении средней плотности до 200...250 кг/м3 она равна 0,08...0,07 Вт/(м-К), что соответствует хоро­шим теплозащитным материалам.

*Влажность*ячеистых бетонов после автоклавной обработки со­ставляет обычно 15...35%. Для защиты от коррозии стальную армату­ру покрывают цементно-битумной или цементно-полистирольной об­мазкой.

Ячеистые бетоны имеют высокую звукоизолирующую и звукопо­глощающую способность, поэтому их используют для изготовления звукопоглощающих плит для акустической отделки потолков и стен. По огнестойкости многие ячеистые бетоны превосходят тяжелые це­ментные бетоны (4 ч при 800 °С). Изделия из ячеистого бетона подда­ются механической обработке (пилению, фрезерованию, сверлению и др.); в процессе производства введением пигментов может быть из­менен цвет изделия (от белого до серо-синего).

Применяют ячеистые бетоны для легких железобетонных кон­струкций и теплоизоляции. Из общего выпуска изделий из ячеистых бетонов теплоизоляционные плиты и элементы составляют около 60%, стеновые панели и блоки — 30, конструкции покрытий — 10% Конструкции из ячеистых бетонов долговечны в зданиях с сухим и нормальным влажностным режимами (относительная влажность воз­духа 60... 70%).