

лекция 1 продолжение

СВОЙСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дорожно-строительные материалы в период эксплуатации в сооружении (дорожная одежда, искусственные сооружения и другие) подвергаются воздействию внешних механических сил и физико-химических факторов окружающей среды.

К внешним механическим воздействиям относят ударные и статические нагрузки транспортных средств, механическую работу воды, ветра и другие.

К физико-химическим факторам относят колебания температуры воздуха, инсоляцию, атмосферные осадки, поверхностные и грунтовые воды.

В зависимости от того, в каком элементе дорожной конструкции работают материалы, они по-разному подвергаются воздействию внешних сил и физико-химическим процессам окружающей среды. Так, атмосферные воды, попадая в отдельные слои дорожной одежды, могут нарушать структурные связи в материале, растворять и вымывать некоторые вещества. Минерализованные воды постепенно разрушают такие материалы, как грунтоцемент, цементобетон и др. Колебания температуры периодически изменяют внутренние напряжения в материалах, а также изменяют их состояние, что приводит к ослаблению структурных связей, появлению микротрещин, сдвигов под воздействием транспортных средств.

С течением времени, под влиянием сложного комплекса механических, физических и химических факторов, строительные материалы в дорожных конструкциях постепенно разрушаются. Интенсивность разрушения определяется особенностями внешних воздействий, конструкцией дорожной одежды и свойствами материалов, проявляющимися при производстве, применении и работе материалов в конструкциях. Пригодность материалов для конкретных условий определяют по их свойствам. Свойства материалов многообразны, что обусловлено, главным образом, их вещественным составом.

Физические свойства

Физические свойства характеризуют физическое состояние материала, а также определяют его отношение к физическим процессам окружающей среды. При этом физические процессы в материале не изменяют строение его молекул. Обычно к таким свойствам относят **истинную плотность (удельный вес), среднюю плотность (объемную массу), насыпную плотность (насыпная масса), пористость, пустотность, влажность, водопоглощение, водонасыщение, усадку, огнеупорность, огнестойкость, светостойкость.**

Истинная плотность - масса вещества материала в единице объема (без пор и пустот). Истинную плотность γ_u выражают отношением массы материала в сухом состоянии к объему материала в абсолютно плотном состоянии. Истинную плотность выражают в кг/м^3 . Для определения истинной плотности хрупких материалов, обладающих пористостью, их тонко размельчают, получая частицы размером менее 0,25 мм. Истинная плотность основных дорожно-строительных материалов колеблется от 2500 до 3300 кг/м^3 .

Средняя плотность (объемная масса) - масса единицы объема материала в естественном состоянии (с порами, пустотами, микротрещинами и т.д.). Средняя плотность строительных материалов меньше истинной плотности. Чем меньше пористость материала, тем ближе значение средней плотности к истинной плотности.

Насыпная плотность (насыпная масса) - масса единицы объема материала в рыхлом состоянии. Насыпная плотность включает, кроме пор, пустот и трещин в зернах материала, пустоты между зернами. Чем больше средняя плотность материала, тем меньше его пористость и лучше он проводит тепло, звук и т.д.

Таблица 1.1.1
Плотность строительных материалов

Материал	Истинная плотность, кг/м ³	Средняя плотность, кг/м ³	Насыпная плотность, кг/м ³
Гранит	2600...2800	2500...2700	-
Известняк	2400...2600	1800...2400	-
плотный			
Кирпич глиняный	2900...3100	1600...1800	-
Древесина	1500...1600	500...1000	-
Битум	1000...1200	1000	-
Сталь	7800...7900	7 800...7900	-
Щебень	2600...2800	-	1400...1600
гранитный			
Песок кварцевый	2600...2700	-	1350...1600
Портландцемент	2900...3300	-	1200...1300

Пористость характеризует количество пор и микротрещин в единице объема материала

$$V_{пор} = \left(1 - \frac{\rho_c}{\rho_u}\right) \cdot 100,$$

где ρ_c - средняя плотность материала, кг/м³;

ρ_u - истинная плотность материала, кг/м³.

Пористость в значительной мере обуславливает физические, механические и другие свойства материалов. Чем больше пористость, тем меньше прочность и теплопроводность, больше водо- и газопроницаемость. Опытный инженер по пористости ориентировочно может определить многие свойства материалов.

Пустотность - характеризует объем пустот между зернами рыхлого материала

$$V_{пуст} = (1 - \rho_n / \rho_u) \cdot 100,$$

где ρ_n - насыпная плотность материала, кг/м³;

Влажность - содержание воды в единице объема или массы в процентах:

$$W_o = (m_b - m_c) / V \cdot 100 \text{ или } W_m = (m_b - m_c) / m_b \cdot 100,$$

где m_b и m_c - масса влажного и сухого образца материала, г;

V - объем материала, см³.

Природная влажность материала зависит от его гигроскопичности, т.е. способности материала поглощать водяной пар из влажного воздуха за счет адсорбации пара на внутренней поверхности пор и капилляров. Чем больше внутренняя поверхность материала, тем больше гигроскопичность, а, следовательно, и природная влажность. Для древесины она - 12...18 %, для стеновых каменных материалов - 4...7 % по массе.

Водопоглощение - количество воды, которое может поглотить погруженный в воду материал, а затем удержать его молекулярными и капиллярными силами при атмосферном давлении.

Средняя плотность (объемная масса) материала одного и того же состава зависит от влажности и пористости материала. С увеличением пористости, а, следовательно, и влажности, средняя плотность увеличивается.

Водонасыщение определяется количеством воды, которое может поглотить материал при вакууме или повышенном давлении. В этом случае из открытых пор вытесняется воздух, вследствие чего материал насыщается водой больше, чем при атмосферном давлении. Водопоглощение и водонасыщение изменяются в пределах: у гранита от 0,02 до 0,7, у асфальтобетона - от 2 до 5, у кирпича - от 8 до 15 %.

Усадка - изменение размеров материала при его высыхании.

Набухание - увеличение объема материала при насыщении его водой.

Многочисленное высыхание и увлажнение материала ускоряет его разрушение.

Водонепроницаемость - способность материала не пропускать воду. Водонепроницаемость тесно связана с естественной влажностью материала, водопоглощением и водонасыщением.

Теплопроводность - способность материала передавать через свою толщину тепловой поток, возникший вследствие разности температур на поверхностях, ограничивающих материал. Коэффициент теплопроводности колеблется от 0,06 (минеральная вата) до 58 (сталь), для кирпича он равен 0,82, для бетона - 1,28...1,55, для гранита - 2,92.

Механические свойства

Механические свойства - способность материала сопротивляться деформированию и разрушению под действием напряжений, возникающих в результате приложения внешних сил.

Нагрузки вызывают в материалах нормальные (растягивающие, сжимающие) и касательные напряжения, обуславливающие процессы деформирования материала. К основным показателям, характеризующим механические свойства, относят: прочность, упругость, пластичность, хрупкость, ползучесть.

Прочность - важнейшее свойство материала, в большинстве случаев, определяет возможность его использования в строительной конструкции. Показатели прочности в значительной степени являются условными. Они зависят от размера и формы образца, скорости его нагружения и других факторов. Поэтому методика определения прочности строительных материалов строго регламентируется нормативно-техническими документами. Прочность материала измеряется мегапаскалями (МПа).

Прочность при сжатии стандартного образца в форме куба определяют по формуле

$$R_k = P/a^2, \text{ МПа,}$$

где P - разрушающее усилие, кг;

a - размер ребра куба (для бетона 15' 15' 15), см.

Прочность при сжатии стандартного образца в виде цилиндра

$$R_{\text{ц}} = 4P/pd^2,$$

где d - диаметр цилиндра (для испытания бетона принять цилиндр диаметром $d = 15$ см и высотой $h = 30$ см).

Наиболее прочными являются металлы, например, сталь (150...500 МПа), прочность гранита при сжатии - 120...150 МПа, при растяжении - менее 10 МПа. Прочность бетона при сжатии изменяется от 1 до 100 МПа, а при растяжении их прочность в 10...15 раз меньше. Прочность асфальтобетонов при сжатии - 5...7 МПа (температура при испытании - 20...25°C).

Предел прочности бетона на растяжении при изгибе определяют на балочке в виде призмы размером 15' 15' 60 см по формуле

$$R_{p.u.} = pl/bh^2, \text{ МПа,}$$

где l, b, h - соответственно, длина, ширина и высота балочки, см.

Упругость выражается в восстановлении первоначальной формы и объема образца после прекращения действия внешних сил.

Вязкость - свойство твердых тел под воздействием внешних сил необратимо поглощать механическую энергию при пластической деформации. Абсолютно упругих и абсолютно вязких материалов нет, все дорожно-строительные материалы обладают в той или иной степени упругостью и вязкостью.

Упругость и вязкость материала характеризуется, соответственно, модулем упругости и коэффициентом вязкости:

$$E = s/e,$$

$$h = s : de/dt,$$

где E, h - модуль упругости и коэффициент вязкости;

s - напряжение, МПа;

$e, de/dt$ - относительная деформация и скорость изменения относительной деформации,

C^{-1} .

Пластичность - способность материала необратимо деформироваться под влиянием действующих на него усилий без разрыва сплошности (образования трещин).

Хрупкость - свойства материалов под влиянием внешних сил разрушаться, не давая остаточных пластических деформаций. Хрупкость противоположна пластичности. Хрупкость и пластичность материалов зависят от температуры и режима нагружения. Например, битумы хрупки при пониженной температуре и быстро нарастающей нагрузке, пластичны при медленно действующей нагрузке и повышенной температуре. Хрупкие материалы плохо сопротивляются напряжению, динамическим и повторным нагрузкам.

Ползучесть - способность материалов длительно деформироваться под действием постоянной нагрузки. Ползучесть материалов возрастает с уменьшением их вязкости, поэтому большей ползучестью обладают вязкие пластичные материалы (например, асфальтобетон) и меньшей - хрупкие, упругие материалы (например, цементобетон).

Химические свойства

Химические свойства материала определяют его способность вступать в химические взаимодействия с веществами среды, в которой он находится, при этом появляются новые вещества. К химическим свойствам можно отнести: растворимость, коррозионную стойкость, атмосферостойкость, твердение, адгезию и др.

Химические свойства учитывают при оценке пригодности материала для тех или иных целей в строительстве.

Растворимость - способность образовывать истинные растворы в результате взаимодействия материала с водой или с другими растворителями. Строительные материалы, в большинстве случаев, должны быть нерастворимы в условиях их эксплуатации.

Коррозионная стойкость - свойства материала не разрушаться в агрессивных средах. Наиболее стойкими по отношению к агрессивным средам являются керамические материалы. Неустойчивы в кислой среде известняки, доломиты, древесина, портландцементы; в щелочной среде - древесина, битумы.

Атмосферостойкость - свойство материала не разрушаться под воздействием климатических условий. С атмосферостойкостью материала часто связана его склонность к старению вследствие протекания в нем физико-химических процессов и ухудшения свойств. Старение характерно для битумов, асфальтобетонов.

Твердение - свойство материалов затвердевать в результате химических и физико-химических процессов и приобретать ряд новых свойств - сопротивляемость различным по виду и характеру нагрузкам, агрессивным воздействиям внешней среды. Твердение обычно оценивают показателями прочности и их изменением во времени.

Адгезия - свойство одного материала прилипать к поверхности другого. Измеряют адгезию прочностью сцепления при отрыве одного из них от другого. Адгезия имеет важное значение в технологии изготовления материалов и конструкций.

Конструкционные свойства

Они обуславливают возможность создания из материала конструкций с заданными механическими свойствами. К этой группе относят твердость, истираемость, износ и т.д.

Твердость - способность материала сопротивляться проникновению в него более твердого материала. От твердости зависит, в частности, истираемость поверхности слоев дорожных покрытий. Твердость каменных материалов можно определить по шкале твердости (табл. 1.1.2).

Таблица 1.1.2

Шкала твердости

Показатель твердости	Минерал	Характеристика твердости
1	Тальк или мел	Легко чертится ногтем
2	Каменная соль	Чертится ногтем
3	Кальцит или ангидрит	Легко чертится стальным ножом

4	Плавиковый шпат	Чертится стальным ножом под небольшим давлением
5	Апатит	Чертится стальным ножом под большим нажимом, стекло не чертится
6	Ортоклаз	Слегка царапает стекло, стальным ножом не чертится
7	Кварц	Легко чертит стекло, стальным ножом не чертится

Истираемость - способность материала уменьшаться в массе и объеме под действием истирающих усилий. Истираемость определяют на стандартных машинах, вычисляя массу истертого образца к его площади (г/см^2). Истираемость имеет большое значение для строительных материалов, используемых в дорожных покрытиях.

Износ - свойства материала сопротивляться одновременному воздействию истирания и ударов. Износ определяют на образцах, которые испытывают во вращающихся барабанах со стальными шарами. Показатель износа - потеря массы образца (%) в процессе испытания.

Истираемость щебня (гравия) оценивают путем испытания в полочном барабане. Количество чугунных или стальных шаров в барабане, а также количество оборотов барабана назначают в зависимости от размера испытываемого материала (табл. 1.1.3).

Таблица 1.1.3

Количество шаров и оборотов барабана

Размер фракции, мм	Количество чугунных или стальных шаров в барабане	Количество оборотов барабана
5-10	8	500
10-20	11	500
20-40	12	1000

Класс щебня (гравия) по истираемости оценивают по потере в массе. Скорость вращения барабана - 30 оборотов в мин. (рис. 1.1.1).

$$I = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100,$$

где I - показатель истираемости;

P_1 - масса щебня (гравия) до испытания;

P_2 - масса щебня (гравия) после просеивания пробы, прошедшей испытание.

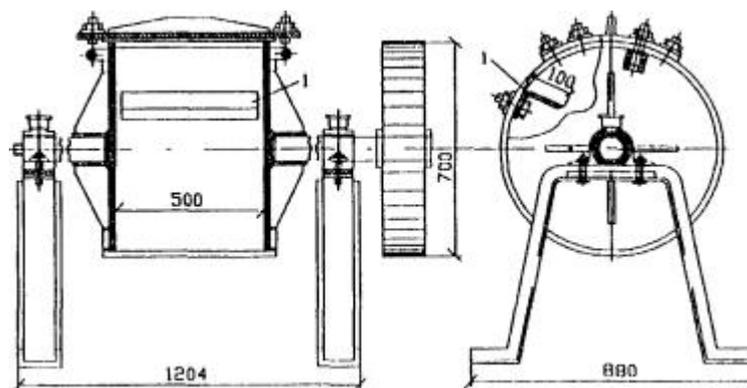


Рис. 1.1.1. Полочный барабан для определения прочности при износе: 1 - полка

По потере массы при износе (истирании) в полочном барабане щебень подразделяют на очень прочный (износ менее 20 %), прочный - 21...30 %, средней прочности - 31...45 %, слабый - 46...55 %, очень слабый - более 56 %.

Коэффициент конструктивного качества (удельная прочность) материала представляет собой отношение прочности (МПа) к средней плотности. Лучшие конструктивные материалы имеют высокую прочность при малой и средней плотности, что способствует созданию легких конструкций. У сплавов из алюминия коэффициент конструктивного качества превышает 250, бетонов - 12...25, кирпича - 5...6.

Технологические свойства

Они характеризуют поведение материалов при технологических процессах, их обработке и переработке (например, буримость, дробимость горных скальных пород; формуемость, слеживаемость, нерасплаиваемость бетонных смесей; вязкость жидкообразных минералов и смесей, твердение, адгезия и др.). По технологическим свойствам судят о возможности переработки и получения доброкачественной продукции из исходных материалов при принятой технологии и имеющемся техническом оборудовании.

Очень часто не представляется возможным определить ту или иную характеристику материала, необходимую для расчетов в технологических и эксплуатационных процессах, точными методами физики, механики и химии. Поэтому в практике используют условные показатели, которые определяют приближенными методами.

Например, **вязкость** битумов трудно измерить строгими физическими методами, поэтому предложено вязкость вязких битумов определять путем пенетрации (глубина погружения стандартной иглы в битум при температуре 25°C). Вязкость жидких битумов и дегтей определяют с помощью стандартного вискозиметра по времени истечения вязущего через калиброванное отверстие 5 мм при 60°C.

Удобоукладываемость бетонных смесей - скорость переформования в секундах стандартного конуса из бетонной смеси в равновеликий цилиндр.

Формуемость - свойство смесей, составленных из различных компонентов, приобретать заданную форму при минимальных затратах средств.

Нерасплаиваемость - свойство смеси сохранять неоднородность при транспортировании и формовании.

Названные и многие другие свойства оцениваются количественно условными показателями, несогласующимися с принятой международной системой единиц. Поэтому эти показатели в разных странах неодинаковы, в большинстве случаев они нормированы в пределах одной страны, а иногда - в пределах отрасли.

Эксплуатационные свойства

Эксплуатационные свойства обуславливают работу материала в элементах дорожных конструкций на протяжении определенного отрезка времени. К этим свойствам относят долговечность, выносливость, морозостойкость и др.

Долговечность обусловлена способностью материала сопротивляться комплексному воздействию механических нагрузок, изменению температуры и влажности, действию растворов солей и др. Критерии долговечности материала комплексны, они зависят от его физических, механических и химических свойств.

Выносливость - способность материала многократно сопротивляться прилагаемым механическим воздействиям, которые ускоряют разрушение строительных материалов, вследствие чего ухудшается их долговечность. Выносливость обычно измеряется количеством нагружений, которое выдержал материал до разрушения.

С долговечностью материалов связывают выносливость.

Долговечность материалов также нормируется. Например, для железобетонных конструкций предусмотрены три степени долговечности: I - соответствует сроку службы не менее 100 лет; II - 50 лет; III - 20 лет. Часто долговечность материала характеризуется морозостойкостью.

Морозостойкость - способность материала при попеременном замораживании и оттаивании не проявлять заметных признаков разрушения. Более интенсивно проявляется воздействие переменных температур на водонасыщенные каменные материалы. В этом случае вода, находящаяся в порах и микротрещинах, замерзая при понижении температуры, переходит в твердое состояние и увеличивается в объеме примерно на 10 %. Возникающее давление льда при многократном повторении замораживания-оттаивания постепенно разрушает материал.

Чем меньше кристаллы, больше плотность и меньше открытых пор, тем выше морозостойкость. Чем меньше диаметр пор, тем ниже температура замерзания воды,

заклученной в них. Так, при диаметре капилляра 1,5 мм, температура замерзания воды - 6,4°C, прим 0,06 мм - 18,4°C.

В зависимости от климатических условий, в которых будет работать материал, к нему предъявляют различные требования по показателю морозостойкости, определяемой количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания до разрушения материала. Часто коэффициент морозостойкости определяют, как отношение показателя прочности материала в водонасыщенном состоянии после испытания на морозостойкость к показателю прочности до испытания.