

**РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«РОСАВТОДОР»**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
по испытаниям и оценке качества  
дорожно-строительных материалов**

## Список литературы

1. Предложения по применению в дорожном строительстве пористых (естественных и искусственных) каменных материалов, обработанных неорганическими и органическими вяжущими. Минавтодор РСФСР, Ростов-на-Дону, ГипродорНИИ, 1973, 49 с.
2. Технические указания по использованию золь уноса и золошлаковых смесей от сжигания различных видов твердого топлива для сооружения земляного полотна и устройства дорожных оснований и покрытий автомобильных дорог. ВСН 185-75. Минтрансстрой СССР, М., 1975, 40 с.
3. Предложения по использованию в дорожном строительстве минеральных вяжущих веществ на основе отходов промышленности и местных материалов. Минавтодор РСФСР, М., 1979, 38 с.
4. Руководство по применению каменноугольных вяжущих в дорожном строительстве. Минавтодор РСФСР, М., Транспорт, 1979, 38 с.

## Введение

Настоящие " Методические рекомендации по испытаниям и оценке качества дорожно-строительных материалов" посвящены описанию методов испытаний и требованиям к ряду основных дорожно-строительных материалов: каменным материалам, органическим вяжущим, асфальтобетону, укрепленным грунтам, минеральным вяжущим и цементобетону.

Измерительная техника, применяемая при испытаниях, должна соответствовать определенным метрологическим требованиям. Технический уровень средств и методов испытаний оказывает влияние на технический уровень дорожно-строительной организации, от которого во многом зависят качество и надежность транспортных сооружений.

По мере накопления опыта исследований, строительства и эксплуатации дорог, нормативные документы перерабатывают и совершенствуют, вносят изменения в методы испытаний и требования к материалам.

Методы испытаний дорожно-строительных материалов и требования к ним даны в кратком изложении, подробно они приведены в соответствующих нормативных документах.

## I. Условия расщепления материалов в дорожной одежде

Материалы в дорожных одеждах работают в условиях воздействия на них двух групп факторов: нагрузки от колес автомашин и окружающей среды.

Воздействие колес автомашин на дорожную одежду вызывает в материалах, из которых сделаны слои дорожной одежды, различные виды многократно повторяющихся напряжений. Величина напряжений зависит от состава и интенсивности движения, а также от расположения материала в дорожной одежде.

При движении по покрытию колеса автомашин должны иметь достаточное сцепление с верхним слоем покрытия, поэтому каменный материал в этом слое должен иметь шероховатую поверхность, которая не полируется и не истирается при воздействии автотранспорта. В слоях основания из щебня может происходить обламывание кромок, уменьшаться сцепление частиц щебня между собой и нарушаться плотность ламинного остова из-за изменения гранулометрического состава каменного материала, если щебень и его гранулометрический состав неверно подобраны.

В процессе эксплуатации дорожной одежды материалы подвергаются воздействию окружающей среды: воды, попеременного замораживания и оттаивания, перепада температур, солнечной радиации, кислорода воздуха, солей, кислот и других агрессивных факторов. Интенсивность воздействия окружающей среды зависит от климатических условий и района расположения автомобильной дороги.

Климатические условия на территории России весьма разнообразны: например, зимой среднемесячная температура воздуха в различных

районах страны колеблется от 6 до  $-48^{\circ}\text{C}$ , продолжительность периода с температурой ниже  $0^{\circ}\text{C}$  составляет до 305 суток. Среднемесячная температура летом изменяется от 4 до  $25^{\circ}\text{C}$ , а наиболее жаркого месяца до  $31^{\circ}\text{C}$ . Годовая амплитуда абсолютного минимума и максимума превышает  $100^{\circ}\text{C}$ , средняя относительная влажность воздуха летом лежит в пределах от 20 до 90%.

Такое разнообразие климатических условий требует дифференцированного подхода к выбору материалов для устройства различных слоев дорожных одежд с целью обеспечения их надежной работы. Так, например, на напряженное состояние монолитных и сборных цементобетонных покрытий кроме нагрузки от транспортных средств оказывает влияние суточные и сезонные колебания температуры и влажности воздуха, переходы температуры через  $0^{\circ}\text{C}$ .

Условия эксплуатации конструкций следует учитывать при выборе материалов для их устройства. Например, морозостойкость щебня как крупного заполнителя в бетоне не должна быть ниже проектной морозостойкости бетона. В противном случае бетонное покрытие будет разрушаться из-за разрушения щебня. При многократном замораживании и оттаивании материал может разрушиться из-за того, что лед занимает объем примерно на 9% больший чем вода, создает давление на стенки пор материала и он разрушается.

Основной причиной разрушения бетонных покрытий является несоответствие морозостойкости верхнего слоя и его прочности климатическим воздействиям и напряжениям от механической нагрузки.

Если для устройства цементобетонных покрытий используют гранит, то прочность такого бетона на изгиб небольшая из-за пониженного содержания гравия с цементным раствором.

При замачивании бетона в качестве дорожного основания важным значением имеет гранулометрический состав каменных мате-

риалов. Если гранулометрический состав тщательно подобран и обладает минимальной пустотностью, то для устройства такого основания требуется минимальное количество вяжущего.

Использование загрязненных заполнителей приводит не только к перерасходу вяжущего материала, но и ухудшает сцепление с цементным камнем, снижает морозостойкости бетона, интенсифицирует процесс выщелачивания, так как в верхних зонах покрытия скапливаются загрязняющие примеси.

При строительстве дорожных оснований из укрепленных грунтов особое внимание следует уделять выбору вяжущего материала, исходя из климатического состава грунта, так как это во многом определяет водостойкость, морозостойкость и деформативность укрепленного грунта, срок его службы.

Введение извести в грунты повышает их водостойкость. Однако, как показывают лабораторные данные к опыту эксплуатации дорожных конструкций, водостойкость грунтов, укрепленных известью, невелика. Поэтому применять грунты, укрепленные известью, в конструкциях, подверженных многократному попеременному замораживанию и оттаиванию, нельзя.

Ввиду очень медленного нарастания прочности грунта, укрепленного известью, физико-механические свойства этого материала целесообразно определять спустя 90 и более суток после его изготовления. Это относится и к грунтам, укрепленным золой уноса, золой уноса с добавками цемента или извести, известково-золистыми, известково-шлаковыми цементами.

В летний период битум в слое покрытия или основания дорожной одежды должен обладать достаточной прочностью и невысокой деформативностью, иначе появятся деформации в виде волн. Зимой битум в слое дорожной одежды должен обладать достаточной деформативностью, что особенно важно при резком перепаде отрицательных температур, в противном случае появятся трещины.

В первый период эксплуатации дорожной одежды эти трещины не мешают проезду автомашин, но в эти трещины попадает весной вода, проникает в материал и может привести к его разрушению. В дальнейшем ширина трещин увеличивается, идет обламывание кромок и интенси́вное разрушение покрытия и нижележащих слоев дорожной одежды.

Битум должен хорошо прилипать к каменному материалу, иначе покрытие будет шелушиться и быстро разрушаться.

Для повышения качества битума в его состав вводят полимерные и поверхностно-активные вещества, что заметно увеличивает сроки службы дорожных одежд.

Солнечная радиация и кислород воздуха способствуют старению органического вяжущего в слоях дорожных одежд, преимущественно в покрытии, что может значительно увеличить жесткость слоев, привести к их растрескиванию и разрушению конструкции.

Различные химические соединения, содержащиеся в окружающей среде, например, воде могут вступать в реакцию с материалами дорожной одежды — цементным камнем, щебнем и др., что приводит к их разрушению вследствие химической коррозии.

Для предотвращения разрушений необходимо, чтобы свойства материалов соответствовали условиям работы их в дорожной одежде. Испытания дорожно-строительных материалов должны моделировать их работу в слоях дорожных одежд с учетом воздействия колес автомашин и окружающей среды.

В процессе строительства материалы должны обладать рядом технологических свойств, без которых невозможно построить качественную дорожную одежду. Например, щебень должен хорошо уплотняться, в противном случае слой дорожной одежды будет неплотным, что может привести к его разрушению. Смеси на основе минеральных вяжущих должны обладать определенными сроками загустевания. При производстве бетонных работ не должны наблюдаться водоотделение и сегрегация смеси с обводнением верхнего слоя покрытия. В противном случае это может вызвать снижение морозостойкости и прочности покрытия.

## 2. Методы испытаний и оценка качества каменных материалов

### Определение минералого-петрографического состава щебня ( гравия )

Минералогический состав щебня (гравия) во многом определяет физико-механические свойства : прочность, истираемость, устойчивость к воздействию окружающей среды и др.

Для определения минералого-петрографического состава щебня (гравия) необходимы стандартный набор сит, лупы минералогические, набор реактивов, стальная игла, молоток, ступки и чашки фарфоровые, весы настольные гирные и лабораторные.

Щебень, изготовленный из одной горной породы, характеризуется петрографическим составом с указанием пород и минералов, которые

могут обладать потенциальной реакционной способностью, проявляющейся при взаимодействии со щелочами цемента в бетоне.

Петрографическую разборку щебня (гравия) производят на основе внешнего осмотра зерен при помощи лупы, используя набор реактивов для минералогического анализа, а также другие, принятые в петрографии методы (с изготовлением в необходимых случаях прозрачных шлифов).

Для этой цели испытываемый щебень (гравий) рассыпают на стандартные фракции и от каждой из них отбирают пробу массой, соответствующей указанной в табл. 1.

При содержании в испытываемом щебне (гравии) какой-либо фракции в количестве, меньшем 5% по массе, определение минералогическо-петрографического состава этой фракции не производят.

Пробу промывают и высушивают до постоянной массы, после чего зерна пробы каждой фракции разделяют по генетическим типам пород в соответствии с табл. 2.

Таблица

Размер фракции, мм	Масса пробы, кг, не менее
5-10	0,25
10-20	1,0
20-40	5,0
40-70	15,0
Св. 70	35,0

Таблица 2

Генетический тип породы	Породы
Осадочные	Известняк, доломит, песчаник, известняк и др.
Изверженные интрузивные	Гранит, габбро, диорит и др.
Изверженные эффузивные	Базальт, порфирит, диабаз и др.
Метаморфические	Кварцит, кристаллические сланцы и др.

Зерна карбонатных пород, подвергшиеся процессам скремнения более чем на 40% своего объема, относятся к группе кремня. Зерна кварца выделяют в самостоятельную группу.

Кроме этого, выделяют зерна, представляющие обломки минералов и пород, наличие которых ограничивается стандартными и техническими условиями на соответствующие виды строительных работ:

- а) рудные минералы (пирит, бурый железняк и др.);
- б) сернистые и сернокислые соединения (гипс и др.);
- в) глинистые сланцы, артылиты, мергель;
- г) минералы и породы, которые могут обладать потенциальной реакционной способностью: опал, халцедон, кристаллы и обломки породы, вулканические стекла и содержащие их породы;
- д) уголь и другие органические примеси.

При наличии минералов, содержащих серу, количество сернистых и сернокислых соединений в пересчете на  $SO_3$  определяют методом химического анализа.

В целях уточнения количественного содержания в щебне, гранит зерен с включениями аморфных разновидностей кремнезема может быть применен метод термического испытания.

Разобранные по породам (или минералам) зерна щебня (гравия) взвешивают раздельно и вычисляют их содержание  $X_i$  в процентах в данной навеске по формуле:

$$X_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100$$

где  $m_i$  — масса зерен данной породы или минерала  $i$ ;

$m$  — общая масса навески, г.

Содержание зерен каждой породы или минерала в пробе щебня (гравия) определяют как средневзвешенное значение по количеству во всех фракциях с учетом гранулометрического состава камня того материала.

Определение дробности щебня (гравия) при сжатии  
(раздавливании) в цилиндре

Щебень и гравий имеют неправильную форму, поэтому для оценки их прочности определяют дробимость щебня (гравия) в цилиндре и истираемость в полочном барабане, моделирующие работу этого материала в дорожной одежде.

Для определения дробности щебня (гравия) при сжатии (раздавливании) в цилиндре используют пресс гидравлический с усилием до 100 или 500 кН, цилиндры стальные со съёмным дном и плунжером, со внутренними диаметрами 75 и 150 мм, весы настольные, стандартный набор сит, сузильный шкаф, сосуд для насыщения каменного материала водой.

Стальной цилиндр со съёмным дном и внутренним диаметром 150 мм заполняют щебнем (гравием) фракции 5-10, 10-20 мм или 20-40 мм, ссыпая его с высоты 5 см. Материал после разравнивания должен быть ниже края цилиндра на 15 мм. Затем в цилиндр вставляют плунжер, плита которого должна быть на уровне верхнего края цилиндра. После этого цилиндр помещают на нижнюю плиту прессы.

Давление прессы на плунжер приводят до 200 кН со скоростью нагружения 1-2 кН в секунду. После сжатия пробу щебня взвешивают и просеивают через сито, размер отверстий которого выбирают в соответствии с размером испытываемых фракций (табл. 3).

Таблица 3

Размер фракций, мм	Размер отверстий сита, мм
5-10	1,25
10-20	2,5
20-40	5,0

Показатель дробимости определяют с точностью до 1% по формуле:

$$D_{гp} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100$$

где  $m$  - испытываемая навеска щебня (гравия), г;

$m_1$  - остаток на сите после просеивания раздробленной в цилиндре навески щебня, г.

При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух или более фракций, показатель дробимости вычисляют как средневзвешенное результатов испытания таких фракций.

#### Определение истираемости щебня (гравия) в полочном барабане

Для испытания каменного материала необходим полочный барабан, весы, сушильный шкаф, стандартный набор сит.

Фракции щебня (гравия) загружают в полочный барабан (рис. 1) вместе с чугунными или стальными шарами диаметром около 48 мм и массой 405 г каждый. Крышку барабана закрепляют и приводят барабан во вращение. Скорость вращения составляет 30-33 об/мин.

Массу фракций щебня, количество шаров и оборотов барабана принимают в соответствии с табл. 4.

Таблица

Фракции щебня (гравия), мм:	Масса фракции, кг:	Количество шаров	Количество оборотов барабана
5-10	5	8	500
5-15	5	9	500
10-20	5	11	500
20(25)-40	10	12	1000

После испытания материал просеивают через сита с размерами отверстий 5 и 1,25 мм. Остатки на ситах объединяют вместе и взвешивают.

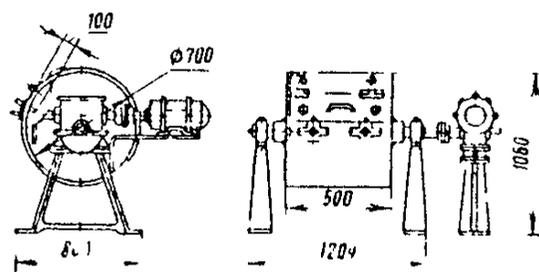


Рис. I. Полочный барабан

Истираемость щебня в процентах определяют по формуле:

$$W = \frac{m - m_1}{m} 100$$

где  $m$  — масса материала до испытания, г;

$m_1$  — масса остатков на сите с размером отверстий 5 и 1,25 мм.

При испытании щебня (гравия), состоящего из нескольких фракций истираемость вычисляют как средневзвешанное результатов испытаний этих фракций.

#### Определение гранулометрического состава нефракционированного щебня (гравия)

Гранулометрический состав щебня (гравия) свидетельствует о плотности упаковки частиц этого материала, от которой зависят прочность слоев дорожной одежды и их плотность.

Для определения гранулометрического состава нефракционированного гравия необходимы весы настольные и платформенные, сульфидный шкаф, набор стандартных сит с отверстиями от 3 до 70 мм, сито с размером отверстий 0,14 мм, калибры проволоочные круглые диаметрами 90, 100, 110, 120 мм в зависимости от предельной крупности испытываемого материала.

При проведении испытания берут пробу гравия в соответствии с табл. 5.

Таблица 5

Наибольшая крупность частиц, мм:	Масса пробы, кг, не менее
до 10	5,0
" 20	10
" 40	20
" 70	30
более 70	50

При этом в состав пробы должны быть включены и песчаные фракции, имеющиеся в испытываемом материале.

Пробу щебня (гравия) тщательно промывают, частицы, прошедшие с водой через нижнее сито с размером отверстий 0,14 мм, отбрасывают. Материал на каждом из сит взвешивают и определяют величину частных остатков на ситах:  $m_{0,14}$  ;  $m_3$  ;  $m_5$  .... и вырезают их в граммах.

Потом определяют общую массу пробы путем суммирования частных остатков:

$$\Sigma m = m_{0,14} + m_3 + m_5 + \dots + m_{70}$$

Затем определяют величину частных остатков на каждом из сит в процентах от суммарной пробы:

$$\alpha_i = \frac{m_i}{\Sigma m} 100$$

где  $m_i$  - остаток на данном сите, г;

$\Sigma m$  - общая масса пробы, г.

Далее подсчитывают полные остатки на ситах как сумму частных остатков на данном и всех вышележащих ситах в процентах.

По результатам подсчетов строят кривую гранулометрического состава щебня (гравия).

Размер частиц, соответствующих по кривой просеивания полному остатку равному 5%, принимают за наибольший диаметр частиц каменного материала, а полному остатку 95% - за наименьший диаметр.

Значения этих диаметров округляют в большую сторону до ближайшего размера стандартного сита.

#### Определение содержания в щебне (гравии) пластинчатых (лещадных) и игольчатых зерен

При строительстве дорожных одежд следует использовать щебень кубовидной формы. Частицы пластинчатой (лещадной) и игольчатой фор-

ны разрушаются при уплотнении слоев дорожной одежды, снижают их прочность и плотность.

Для проведения испытаний необходимы весы наполненные и платформенные, передвижной шаблон или штангенциркуль, стандартный набор сит.

Каменный материал рассыпают по фракциям и от каждой берут пробу в соответствии с табл. 6.

Таблица 6

Фракция просия (гравий), мм	масса пробы, кг, не менее
5-10	0,25
10-20	1,0
20-40	5,0
40-70	15,0
более 70	35,0

Из каждой фракции каменного материала отбирают частицы, толщина или ширина которых в три и более раза меньше их длины.

Содержание в каждой фракции каменного материала пластинчатых (лепестковых) и игольчатых частиц в процентах определяют по формуле:

$$P_1 = \frac{m}{m + m_1} \cdot 100$$

где  $m$  - масса частиц пластинчатой (лепестковой) и игольчатой формы, г;

$m_1$  - масса остальных частиц, г.

Содержание частиц пластинчатой (лепестковой) и игольчатой формы в пробе всего щебня вычисляют как средневзвешенное их содержание в каждой фракции.

#### Определение истинной плотности щебеня (гравия)

Надежность работы дорожной одежды и ее слоев во многом зависит от пористости каменного материала, которая влияет на такие важные свойства как водостойкость, морозостойкость и др. Для подсчета

выличены общей пористости каменного материала необходимо определить его истинную и среднюю плотность.

При проведении испытаний используют весы лабораторные тарные или пружинные, шкалу сульфидный, эксикатор, весы для биса, фарфоровую ступку, пикнометр емкостью 100 мл, фарфоровую чашку, металлическую щетку.

Для определения истинной плотности зерен щебня (гравия) берут пробу в соответствии с табл. 7.

Таблица 7

Наибольшая крупность щебня (гравия), мм	Класс пробы, кг, не менее
10	0,5
20	1,0
40	2,5
70 и более	5,0

Зерна щебня (гравия) очищают металлической щеткой от пыли, измельчают до крупности менее 5 мм, после чего перемешивают и сокращают пробу примерно до 150 г. Полученную пробу вновь измельчают до крупности менее 1,25 мм, перемешивают и сокращают до 50 г. Приготовленную пробу измельчают в порошок в фарфоровой ступке, насыпают в стаканчик для взвешивания, высушивают до постоянной массы и охлаждают в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или над безводным хлористым кальцием, после чего отвешивают две навески массой по 10 г каждая.

Каждую навеску насыпают в пикнометр и наливают в него дистиллированную воду не более чем на половину объема, затем пикнометр в слегка наклонном положении ставят в водяную баню и кипятят его содержимое в течение 15-20 мин для удаления пузырьков воздуха. После удаления воздуха пикнометр обтирают, охлаждают до комнатной температуры, доливают до метки дистиллированной водой и взвешивают.

Пикнометр освобождает от содержимого, промывает, наполняет до метки дистиллированной водой и взвешивает.

Истинную плотность  $\rho^0$  в г/см<sup>3</sup> вычисляют по формуле:

$$\rho^0 = \frac{m_1 \rho_6}{m_1 - m_2}$$

где  $m$  — навеска порошка, высушенного до постоянной массы, г;

$m_1$  — масса пикнометра с дистиллированной водой, г;

$m_2$  — масса пикнометра с навеской и дистиллированной водой после удаления пузырьков воздуха, г;

$\rho_6$  — плотность воды, равная 1 г/см<sup>3</sup>.

Расхождение между результатами двух измерений не должно быть более 0,02 г/см<sup>3</sup>.

#### Определение средней плотности зерен щебня (гравия)

Для проведения испытания необходимы весы настольные гирные или пружинные, весы технические с приспособлением для гидростатического взвешивания (рис. 2), сосуд для насыщения щебня (гравия) водой и набор стандартных сит.

Для определения средней плотности зерен щебня (гравия) размером до 40 мм берут пробу массой около 2,5 кг. Для испытаний щебня (гравия) фракции крупнее 40 мм берут пробу массой около 5 кг. Зерна крупнее 40 мм дробят до получения частиц размером не более 40 мм и пробу сокращают вдвое.

Пробу высушивают до постоянной массы, просеивают через сито размером отверстий, соответствующим наименьшему размеру зерен данной фракции щебня (гравия) и из остатка на сите отвешивают две навески по 1000 г каждая.

Навеску щебня (гравия) насыщают водой, погружая их в воду на 2 ч так, чтобы уровень воды в сосуде был выше поверхности осадка или щебня (гравия) не менее чем на 20 мм.

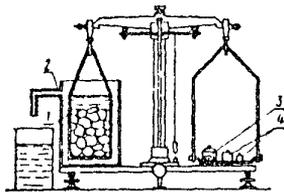


Рис.2. Весы для гидростатического взвешивания : 1 - сетчатый стакан; 2-сосуд для воды со сливом; 3-дробь для уравновешивания сетчатого стакана в воде; 4-разновесы

Насыщенные образцы щебня (гравия) вынимают из воды, удаляют влагу с их поверхности мягкой влажной тканью и сразу же взвешивают сначала на настольных, а затем на гидростатических весах, помещая пробу в остаточный стакан, погруженный в воду.

Среднюю плотность  $\gamma_0$  в г/см<sup>3</sup> вычисляют по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{m \rho_в}{m_1 - m_2}$$

где  $m$  — масса пробы в сухом состоянии, г;

$m_1$  — масса пробы в насыщенном водой состоянии на воздухе, г;

$m_2$  — масса пробы в насыщенном водой состоянии в воде, г;

$\rho_в$  — плотность воды, равная 1 г/см<sup>3</sup>.

Образцы произвольной формы с мелкими открытыми порами покрывают пленкой парафина толщиной около 1 мм. Для этого высушенный до постоянной массы образец погружают в разогретый парафин и охлаждают на воздухе.

Подготовленный образец взвешивают на настольных, а затем на гидростатических весах.

Среднюю плотность  $\gamma_{01}$  в г/см<sup>3</sup> вычисляют по формуле:

$$\gamma_{01} = \frac{m}{\frac{m_1 - m_2}{\rho_в} - \frac{m_1 - m}{\rho_п}}$$

где  $m$  — масса образца в сухом состоянии, г;

$m_1$  — масса парафинированного образца на воздухе, г;

$m_2$  — масса парафинированного образца в воде, г;

$\rho_п$  — плотность парафина (0,93 г/см<sup>3</sup>);

$\rho_в$  — плотность воды, равная 1 г/см<sup>3</sup>.

#### Определение пористости зерен щебня (гравия)

Пористость зерен определяют на основании предварительно установленных значений истинной и средней плотности зерен щебня (гравия). Объем пор в процентах от объема вычисляют по формуле

$$V_{\text{пор}} = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\rho}\right) 100$$

где  $\gamma_0$  — средняя плотность зерен, г/см<sup>3</sup>;

$\rho$  — истинная плотность зерен, г/см<sup>3</sup>.

#### Определение водопоглощения щебня (гравия)

При воздействии воды на щебень или гравий прочность слоев дорожной одежды может снижаться. Уменьшение прочности зависит от количества воды, поглощенной каменным материалом.

Для определения водопоглощения каменного материала необходимы сушильный шкаф, весы, сосуд для насыщения образцов водой, металлическая щетка.

Щебень (гравий) промывают, высушивают до постоянной массы и отбирают пробу в соответствии с табл. 8.

Таблица 8

Наибольшая крупность щебня (гравия), мм:	Масса пробы, кг
до 10 мм	0,5
" 20 "	1,0
" 40 "	2,5
" 70 "	5,0
более 70 "	10,0

Материал укладывают в сосуд с водой, имеющей комнатную температуру, так, чтобы уровень воды в сосуде был выше верха частиц не менее, чем на 20 мм.

Через 48 ч щебень (гравий) вынимают из сосуда, удаляют мягкой влажной тряпкой воду с поверхности частиц и взвешивают их. Если при этом из пор материала вытекает вода, ее включают в массу образца.

Водопоглощение в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$W_{\text{п}} = \frac{m_1 - m}{m} 100$$

где  $m$  — масса щебня (гравия) в сухом состоянии, г;

$m_1$  — масса щебня (гравия) после водопоглощения, г.

#### Определение морозостойкости щебня (гравия)

При многократном попеременном замораживании и оттаивании насыщенней водой каменный материал может разрушаться. Это происходит из-за того, что объем замерзшего льда на 9% больше исходного объема воды, что вызывает возникновение больших напряжений в частях каменного материала, приводящих к разрушению.

Морозостойкость определяют как в результате замораживания и оттаивания в воде, так и при воздействии растг ра сернокислого натрия.

Для определения морозостойкости каменного материала необходимы: холодильная камера, сушильный шкаф, весы, стандартный набор сит, ванна для насыщения щебня (гравия) водой, металлический сосуд для проведения испытаний.

Перед испытанием щебень рассеивают на фракции и каждую испытывают на морозостойкость. Масса каждой фракции должна соответствовать табл. 9.

Таблица 9

Фракция, мм	Масса фракции, кг
5-10	1,0
10-20	1,5
20-40	2,5
40-70	5,0

Каждую фракцию материала насыпают в металлический сосуд слоем "в одну щебенку" и заливают водой, имеющей комнатную температуру.

Через 48 ч сливают воду, помещают сосуд с материалом в морозильную камеру, доводят температуру в ней до минус 17-25°C, и в держивают эту температуру в течение 4 ч.

После этого сосуд со щебнем (гравием) выдерживают не менее 2 ч в проточной или сменяемой воде, имеющей комнатную температуру, до полного оттаивания щебня (гравия). Затем цикл испытаний повторяют.

Через каждые 25 циклов попеременного замораживания и оттаивания щебень (гравий) высушивают до постоянной массы, просеивают через сито, на котором данная фракция оставалась, и взвешивают остаток на сите.

Расколовшиеся частицы материала (фракции 40-70 мм считаются неморозостойкими даже если они остались на сите с размером отверстий 40 мм.

Потерю в массе вычисляют в процентах по формуле:

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100$$

где  $m$  — масса пробы (фракции) до испытания, г;

$m_1$  — масса остатка на сите после испытания, г.

#### Определение морозостойкости щебня (гравия) ускоренным методом в растворе сернистого натрия

Для проведения испытания необходимы: шкаф сульфидный, весы, металлический сосуд, стандартный набор сит.

В начале готовят раствор сернистого натрия. Для этого отвешивают 250-300 г безводного сернистого натрия или 700-1000 г кристаллического сернистого натрия и растворяют в 1 л подогретой дистиллированной воды.

Сернистый натрий добавляют постепенно, тщательно перемешивая до образования насыщенного раствора. После этого, раствор охлаждают до комнатной температуры, сливают в стеклянную емкость и оставляют в покое двое суток.

Фракцию каменного материала насыпают в сосуд слоем "в одну щебенку", заливают раствором сернистого натрия выше уровня ма-

териала и выдерживают в течение 20 ч при комнатной температуре.

Затем раствор сливают в бутылку, а каменный материал помещают в сушильный шкаф, где его выдерживают в течение 4 ч при 105-110°C. Потом каменный материал охлаждают до комнатной температуры, вновь заливают раствором сернокислого натрия, выдерживают в течение 4 ч при комнатной температуре, сливают раствор и вновь помещают каменный материал в сушильный шкаф. Расщепление и высушивание каменного материала повторяют требуемое количество раз.

После проведения испытательную пробу каменного материала промывают горячей водой, высушивают до постоянной массы и просеивают через сито, на котором каменный материал остался до комнатной температуры.

Остаток на сите взвешивают и подсчитывают потерю в массе каменного материала по формуле:

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100$$

где  $m$  — масса каменного материала до испытания, г;

$m_1$  — масса каменного материала после испытания (остаток на сите), г.

Среднее содержание в щебне (гравии) иловидных, илстых и глинистых частиц отмучиванием

Иловидные, илстые и глинистые частицы, содержащиеся в щебне (гравии), снижают прочность дорожной одежды при воздействии воды, ухудшают сцепление каменного материала с бетоном, что приводит к уменьшению надежности конструкции.

Для проведения испытания необходим сосуд для отмучивания или цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм с сифоном, штатив сушильный, весы настольные.

Из щебня или гравия, высушенных до постоянной массы, отбирают пробу массой 5 кг при наибольшей крупности частиц каменного материала до 40 мм. Если крупность превышает 40 мм, то масса пробы должна быть 10 кг.

Каменный материал высыпает в сосуд для отмучивания и заливает водой до уровня щебня (гравия) и дают возможность размокнуть глине, если она имеется в пробе.

Затем доливают воду, чтобы уровень воды был примерно на 20 см выше уровня каменного материала, перемешивают содержимое сосуда и через 2 минуты сливают полученную водную суспензию. После слива уровень воды над материалом должен быть выше на 3 см. Промывку каменного материала повторяют до тех пор, пока вода при сливе станет прозрачной. После отмучивания щебень (гравий) высушивают до постоянной массы.

Содержание в щебне (гравии) пылевидных, илистых и глинистых частиц в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$P = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100$$

где  $m$  — масса пробы до отмучивания, г;

$m_1$  — масса пробы после отмучивания, г.

#### Определение устойчивости структуры шлакового щебня

При использовании шлакового щебня для строительства дорожных одежд, его следует испытать на распад, который может происходить вследствие ряда химических процессов, протекающих в шлаке.

Для определения устойчивости структуры щебня используют: автоклав электрический, весы торговые, набор сит, ванна, металлическая щетка, мешочки из плотной ткани.

Пробу щебня тщательно промывают, высушивают до постоянной массы и просеивают через сита с отверстиями, соответствующими наибольшей и наименьшей крупности.

От каждой подготовленной фракции отбирают по 2 пробы (объемом 1 л фракции 5-10 мм, 10-20 мм и т.д., 5 л фракции 20-40 мм) и взвешивают.

Пробы щебня помещают в мешочки из плотной ткани и погружают в дистиллированную воду на 30 суток. Затем пробу вынимают из воды, высушивают и просеивают через сито, на котором она оставалась до испытания.

Остаток на сите взвешивают и вычисляют потерю в массе  $Q_1$  в процентах с точностью до 0,1 по формуле:

$$Q_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100$$

где  $m_1$  — масса навески, высушенной до постоянной массы до испытания, г;

$m_2$  — масса остатка на сите, высушенного до постоянной массы после испытания, г.

Затем пробы помещают в автоклав или пропаривают в бачке в течение 10 ч. Давление в автоклаве в течение 30 мин доводят до 2 атм. При этом давлении щебень выдерживают в течение 6 ч, после чего давление в течение 20 мин снижают до атмосферного.

Пробу щебня просушивают и просеивают сквозь сито, на котором она оставалась до испытаний. Остаток на сите взвешивают и вычисляют потерю в массе  $Q_2$  по формуле:

$$Q_2 = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100$$

где  $m_1$  — масса навески до испытания, г;

$m_2$  — масса навески после испытания, г.

Потеря в массе при испытании щебня на устойчивость структуры определяется как сумма потерь при испытании в воде и автоклаве.

#### Оценка качества щебня

В соответствии с [I] пористые каменные материалы подразделяют на марки в зависимости от показателя дробимости при сжатии (раздавливании в цилиндре) (табл. I0). Щебень, в зависимости от его марки, делят на четыре класса (табл. II).

Щебень из пористых каменных материалов не должен содержать более 30% частиц пластинчатой (лещадной) формы. Он должен выдерживать не менее 15 циклов попеременного замораживания-оттаивания. При этом потеря массы не должна превышать 10% для щебня из естественных и 8% для щебня из искусственных пористых каменных материалов.

Щебень из керамзита должен выдерживать испытания на известняковый распад (потери массы пробы при кипячении не более 5%), щебень из аглопорита — не более 8% при испытании на силикатный и железистый распад. Щебень из шлаковой пемзы при испытании на силикатный распад должен иметь потерю массы не более 5%.

Щебень шлаковый доменный и сталеплавильный для дорожного строительства в соответствии с ГОСТ 3344-73 делят на четыре марки и характеризуют его морозостойкость (табл. I2 и I3). Щебень из естественного камня в соответствии с ГОСТ 8267-75 делят на марки по прочности, марки по износу и предъявляют к нему требования по морозостойкости (табл. I4- I8).

Таблица 10

Марка пористого камневого материала по прочности	Прочность при сжатии (разрывлении) в цилиндре, МПа					Остальных щелеподобных материалов
	керамзита и его разновидностей	цебня аглопоритового	пески шлакопенового	цебня из пористых горных пород:		
				пемз и шлаков	туфов, известняков	
П-25	0,5-0,7	0,3-0,4	0,2-0,5	0,2-0,3	0,2-0,3	0,4-0,5
П-35	0,7-1,0	0,4-0,5	0,3-0,4	0,3-0,5	0,3-0,4	0,5-0,7
П-50	1,0-1,5	0,5-0,6	0,4-0,5	0,5-0,8	0,4-0,6	0,7-0,9
П-75	1,5-2,0	0,6-0,7	0,5-0,6	0,8-1,0	0,6-0,8	0,9-1,2
П-100	2,0-2,5	0,7-0,8	0,6-0,8	1,0-1,2	0,8-1,0	1,2-0,5
П-125	2,5-3,3	0,8-0,9	0,8-1,1	1,2-1,5	1,0-1,2	1,5-1,8
П-150	3,3-4,5	0,9-1,0	1,1-1,4	1,5-2,0	1,2-1,6	1,8-2,2
П-200	4,5-5,5	1,0-1,2	1,4-1,8	2,0-2,5	1,6-2,0	2,2-2,7
П-250	5,5-6,5	1,2-1,4	1,8-2,2	2,5-3,0	2,0-2,5	2,7-3,3
П-300	более 8	более 1,6	более 2,7	более 3,5	более 3	более 4

Таблица II

Класс прочности	Марка пористого керамического материала по прочности					
	керамита и его разновидностей	щебня аглопоритового	щебня шлак-пемзового	щебня из пористых горных пород:		Остальных щебнеподобных материалов
				пемз и шлаков	туфов, известняков	
I		П-300	П-200 и более	П-150 и более	П-200 и более	П-125 и более
2	П-50	П-250 П-200	П-150	П-125	П-150	П-100
3	П-50	П-200 П-150 П-125	П-125	П-100 П-75	П-125 П-100	П-75
4	П-35 П-25	П-100 и меньше	П-100 и меньше	П-50 и меньше	П-75 и меньше	П-50 и меньше

Класс прочности щебня	Потери в массе при испытании в полочном барабане, % от массы, не более	Потери в массе при испытании на дробимость в цилиндре, % от массы (в водонасыщенном состоянии), не более
2	35	25
3	45	35
4	55	45

Наименование показателей	Показатели морозостойкости щебня					
	Мрз-15	Мрз-25	Мрз-50	Мрз-100	Мрз-150	Мрз-200
1. непосредственным замораживанием:						
количество циклов	15	25	50	100	150	200
потеря в массе после испытания, %, не более	10	10	5	5	5	5
2. В растворе сернистого натрия:						
количество циклов	3	5	10	10	15	15
потеря в массе после испытания, %, не более	10	10	10	5	5	3

ГОСТ 8267-75

Таблица 14

Марка щебня по прочности	Потеря массы, % при определении дробимости щебня	
	в сухом состоянии	в насыщенном состоянии
1200	До II	До II
1000	Св. II до I3	Св. II до I3
800	" I3 " I5	" I3 " I5
600	" I5 " I9	" I5 " 20
400	" I9 " 24	" 20 " 28
300	" 24 " 28	" 28 " 38
200	" 28 " 35	" 38 " 54

ГОСТ 8267-75

Таблица 15

Марка щебня по прочности	Потеря массы, % при определении дробимости щебня	
	из интрузивных пород	из эффузивных пород
1400	До I2	До 9
1200	Св. I2 до I6	Св. 9 до II
1000	" I6 " 20	" II " I3
800	" 20 " 25	" I3 " I5
600	" 25 " 34	" I5 " 20

Марка щебня по износу	Потери массы, % при испытании в вальцовом барабане
И-I	До 25
И-II	Св. 25 до 35
И-III	" 35 до 45
И-IV	" 45 до 60

Испытания	Марки щебня по морозостойкости						
	Мрз 15	Мрз 25	Мрз 50	Мрз 100	Мрз 150	Мрз 200	Мрз 300
Замораживанием:							
а) количество циклов	15	25	50	100	150	200	300
б) потери в массе после испытания, %, на осев	10	10	5	5	5	5	5
В растворе сернокислотного натрия:							
а) количество циклов	3	5	10	10	15	15	15
б) потери массы после испытания, %, на осев	10	10	10	5	5	3	2

В зависимости от марки щебня по прочности содержание в нем пылевидных, глинистых и илистых частиц не должно превышать указанного в табл. 3.18.

ГОСТ 8267-75

Таблица 18

Испытания	Щебень из изверженных и метаморфиче- ских пород	Щебень из осадочных пород марок	
		от 600 до 1200	от 200 до 400

Содержание пылевид-  
ных, глинистых и  
илистых частиц,  
определяемое отму-  
чиванием, % от  
массы, не более

I

2

3

В том числе, содер-  
жание глины в пом-  
лах, % от массы,  
не более

0,25

0,25

0,25

Определение минералого-петрографического состава  
песка

Для определения минералого-петрографического состава песка необходимы набор стандартных сит, весы технические, сушильный шкаф, микроскоп бинокулярный и микроскоп поляризационный, лупы минералогические, магнит, набор реактивов, стальная игла.

Песок массой 0,5 кг промывают, высушивают и просеивают через сита с размером отверстий 5, 2,5, 1,25, 0,63, 0,315 и 0,14 мм. Для испытания берут пробы с каждого сита в количестве, указанном в табл. 19.

Таблица 19

Фракция, мм	5-2,5	2,5-1,25	1,25-0,63	0,63-0,315	0,315-0,14
Масса навески, г	25,0	5,0	1,0	0,1	0,01

Навеску каждой фракции высыпают на стекло и рассматривают с помощью бинокулярного микроскопа. Частицы песка с помощью иглы разделяют по генетическим типам пород. Кроме того, выделяют области горных пород и минералов, содержание которых ограничивается в песке

для определенных видов строительных работ: *слюда, глинистые сланцы, опил.* халцедон, кремни, уголь и др.

*Одновременно* определяют форму поверхности <sup>песка</sup> *каждой* фракции и характер ее поверхности в соответствии с табл. 20.

Таблица 20

Наим. породы	Форма зерен		Характер поверхности зерен
	пески	дробленые	
Окатынная		Близка к кубической или шарообразной	Гладкая
Угловатая		Плоская или удлиненная	Шероховатая

Содержание пород или минералов в каждой фракции в процентах определяют по формуле:

$$X_i = \frac{n}{N} \cdot 100$$

где  $n$  — количество частиц данной породы или минерала во фракции песка;

$N$  — общее количество частиц во фракции песка.

Содержание частиц каждой горной породы или минералов в пробе песка вычисляют как средневзвешенное результатов определения их количества во всех фракциях с учетом гранулометрического состава песка. Также определяют содержание частиц песка различной формы и с различным характером поверхности.

#### Определение зернового состава и модуля крупности песка

Песок в смеси для устройства слоев дорожных одежд должен плотно упаковываться. Это способствует повышению прочности и плотности слоев. Плотность упаковки песка характеризуют зерновой состав и модуль крупности.

Для определения зернового состава песка необходимы набор сит с размером квадратных отверстий 1,25 мм; 0,63 мм; 0,315 мм; 0,14 мм и с круглыми отверстиями диаметром 10,5 и 2,5 мм, сушильный шкаф и весы.

Пробу песка массой 2 кг высушивают до постоянной массы и просеивают через сита с круглыми отверстиями диаметром 10 и 5 мм.

Остатки на ситах взвешивают и определяют содержание в песке фракций гравия 5–10 мм и гравия крупнее 10 мм по формулам:

$$\Gamma_{P_{10}} = \frac{M_{10}}{M} \cdot 100$$

$$\Gamma_{P_5} = \frac{M_5}{M} \cdot 100$$

где  $M_{10}$  - остаток на сите с отверстиями 10 мм, г;

$M_5$  - остаток на сите с отверстиями 5 мм, г;

$M$  - масса пробы песка, г.

Из пробы песка, прошедшего через сито с отверстиями 5 мм, отбирают навеску массой 1000 г.

Гранулометрический состав песка определяют после предварительной промывки с отмучиванием песка. Содержание отмученных частиц включают в проход через сито с размером отверстий 0,14 мм и в общую массу навески.

Разрешается просеивать навеску без предварительной промывки, если песок не содержит значительного количества глинистых частиц.

Навеску песка просеивают через набор сит с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и с сеткой с размерами отверстий 1,25, 0,60, 0,315 и 0,14 мм.

По результатам просеивания вычисляют частный остаток на сите, полный остаток и модуль крупности.

Частный остаток на сите определяют по формуле:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100$$

где  $m_i$  - масса остатка на сите, г;

$m$  - масса просеиваемой навески, г.

Полный остаток подсчитывают по формуле:

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i$$

где  $a_{2,5}, a_{1,25}, \dots, a_i$  - частные остатки на ситах.

Модуль крупности песка определяют по формуле

$$M_K = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,60} + A_{0,315} + A_{0,14}}{100}$$

где  $A_{2,5}, A_{1,25}$  и т.д. - полные остатки на ситах.

Результаты испытаний записывают в виде табл. 2Г.

Таблица 2Г

Остатки на лтах, %:	Размер отверстий сит, мм:					Содержание частиц мельче 0,14 мм.
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
Частные	$A_{2,5}$	$A_{1,25}$	$A_{0,63}$	$A_{0,315}$	$A_{0,14}$	$A_{<0,14}$
Полные	$A_{2,5}$	$A_{1,25}$	$A_{0,63}$	$A_{0,315}$	$A_{0,14}$	$A_{<0,14}$

Определение содержания пылевидных, глинистых и илстых частиц методом отмучивания

Для проведения испытания по отмучиванию необходимы сосуд для отмучивания, весы, шкаф сушильный, секундомер.

Навеску песка массой 1000 г помещают в сосуд и заливают водой. Уровень воды должен быть выше уровня песка примерно на 200 мм. Песок выдерживают в воде около 2 ч, периодически перемешивая.

Затем песок с водой энергично перемешивают и через 2 мин сливают полученную суспензию, но при этом слой воды над песком должен быть не менее 30 мм. Промывку производят до тех пор, пока вода станет прозрачной. Песок после отмучивания высушивают до постоянной массы.

Содержание в песке отмучиваемых пылевидных, глинистых и илстых частиц в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$P_0 = \frac{m - m_1}{m} 100$$

где  $m$  — масса песка до отмучивания, г;

$m_1$  — масса песка после отмучивания, г.

## Определение содержания в песке органических примесей

Для проведения испытаний необходимы весы технические, мерные цилиндры с внутренним диаметром 36-40 мм емкостью 250 мл, 3% раствор едкого натра и 2% раствор танина в однопроцентном растворе этилового спирта.

В мерный цилиндр емкостью 250 мл всыпают песок до уровня 130 мл и заливают 3% раствором едкого натра до отметки 200 мл. Содержимое цилиндра перемешивают и оставляют в покое на 24 ч, повторяя перемешивание через 4 ч после начала испытания. После этого устанавливают цвет жидкости, находящейся над песком. Как правило, жидкость имеет желтый или коричневый цвет. Если жидкость имеет слабую окраску, то содержимое сосуда подогревают при 60-70°C на водяной бане в течение 2-3 ч. Цвет жидкости после испытания сравнивают с цветом эталона.

Эталон готовят следующим образом: готовят 2%-ный раствор танина в 1%-ном растворе этилового спирта. Полученный раствор в количестве 5 мл смешивают со 195 мл 3%-ного раствора едкого натра. Приготовленный таким образом эталон взбалтывают и оставляют в покое на 24 ч. Эталон должен быть свежеприготовленным.

Если жидкость над песком светлее или одинакова по цвету с эталоном, то испытываемый песок пригоден для изготовления бетонных и растворных смесей. Если цвет жидкости темнее цвета эталона, необходимо провести специальное исследование песка для установления его качества.

## Определение содержания глины в комках в песке

Для проведения испытаний необходимы сита с размером отверстий 5; 2,5 и 1,25 мм, сушильный шкаф, весы технические, лупа минералогическая и стальная игла.

Среднюю пробу песка просеивают через сито с размером отверстий 5 мм, а затем берут из нее около 100 г песка. Из этой пробы получают две навески следующих фракций:

5 - 2,5 мм - 5,0 г

2,5 - 1,25 мм - 1,0 г

Каждую навеску высыпают тонким слоем на стекло и увлажняют, а затем стальной иглой выделяют комки глины. Выделенные комки глины и частицы песка высушивают раздельно до постоянной массы.

Содержание комков глины в каждой фракции песка в процентах вычисляют по формуле:

$$\Gamma_{2,5} = \frac{m}{m + m_1} \cdot 100 \qquad \Gamma_{1,25} = \frac{m_2}{m_2 + m_3} \cdot 100$$

где  $m$  и  $m_2$  - масса комков глины, г;

$m_1$  и  $m_3$  - масса частиц песка, г.

Содержание комков глины в пробе песка  $\Gamma_L$  в процентах вычисляют по формуле:

$$\Gamma_L = \frac{\Gamma_{2,5} \cdot a_{2,5} + \Gamma_{1,25} \cdot a_{1,25}}{100}$$

где  $a_{2,5}$  и  $a_{1,25}$  - частные остатки на ситах с размером отверстий 2,5 и 1,25 мм, вычисленные при определении гранулометрического состава пробы в процентах.

Определение объемной насыпной плотности песка в партии для перевода количества поставляемого песка из весовых единиц в объемные

Для испытания песка с целью перевода количества поставляемого песка из весовых единиц в объемные необходимы весы, мерный цилиндрический сосуд емкостью 10 л (диаметром и высотой 234 мм), металлическая линейка.

Мерный сосуд емкостью 10 л взвешивают, затем в него всыпают песок с высоты 10 см. Излишек песка над сосудом снимают вровень с

краями сосуда металлической линейкой без уплотнения и взвешивают сосуд с песком.

Объемную насыпную плотность в кг/м<sup>3</sup> вычисляют по формуле:

$$\gamma_H = \frac{m_1 - m}{V}$$

где  $m$  — масса мерного сосуда, кг;

$m_1$  — масса мерного сосуда с песком, кг;

$V$  — объем мерного сосуда, м<sup>3</sup>.

#### Определение влажности песка

Для определения влажности песка необходимы шкал сушильный, технические весы и противень.

Для проведения испытания берут среднюю пробу песка массой 1000 г, насыпают в противень и взвешивают. Затем песок сушат до постоянной массы.

Влажность песка в процентах от массы подсчитывают по формуле:

$$W = \frac{m - m_1}{m_1} 100$$

где  $m$  — масса песка до высушивания, г;

$m_1$  — масса песка после высушивания, г.

#### Требования к песку

Пористый песок по зерновому составу подразделяют на крупный, средний и мелкий. Требования к его составу приведены в табл. 22.

Наименование песка	Содержание частиц материала мельче, мм, %:						
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	0,075
Крупный	90-100	50-60	30-70	20-50	10-30	3-10	0-5
Средний	90-100	60-90	40-80	30-70	15-50	10-25	10-15
Мелкий	95-100	80-95	60-90	40-85	25-60	10-20	10-20

Содержание в обжиговом песке слабо обожженных частиц не должно превышать 3% от массы песка.

Требования к природным и дробленным пескам с плотностью около  $1,8 \text{ г/см}^3$ , применяемым в материалах для устройства дорожных одежд, изложены в ГОСТ 8736-77 Песок для строительных работ. Технические условия.

### 3.3. Методы испытаний и оценка качества минеральных вяжущих

Местные минеральные вяжущие для строительства и ремонта автомобильных дорог получают, в основном, из металлургических шлаков, зол и шлаков тепловых электростанций, побочных продуктов химической, цементной, керамической промышленности и природного сырья.

Эти вяжущие должны содержать твердеющий компонент, обладать определенной тонкостью помола, требуемыми сроками схватывания, равномерностью изменения объема и прочностью при сжатии и изгибе.

#### Определение активности шлама

Для проведения испытания необходим прибор НСХ-2 или Т-3, малый прибор для стандартного уплотнения, гидравлический пресс мощностью 300-500 кН, сушильный шкаф, лабораторная мешалка, весы торговые, сито с отверстиями размером 0,075 мм, сферическая чашка, ванна для хранения образцов.

Среднюю пробу шлака массой 5 кг высушивают до постоянной массы и размалывают в шаровой мельнице до остатка 6-10% на сите с размером отверстий 0,071 мм или до удельной поверхности  $3000 \pm 100 \text{ см}^2/\text{г}$ , определяемой с помощью прибора ПСХ-2 или Т-3.

Затем определяют оптимальное количество воды по максимальной плотности смеси.

Молотый шлак с оптимальным количеством воды перемешивают в течение 2,5 мин в лабораторной мешалке. При отсутствии мешалки шлак с водой перемешивают в сферической чашке в течение 10 мин.

Из шлаковой смеси готовят 10 образцов - цилиндры с высотой и диаметром 50 мм. Эти образцы получают при уплотнении с помощью прибора стандартного уплотнения или прессы при давлении 20 МПа, выдерживаемом в течении 3 мин.

Образцы хранят 7 суток на воздухе при 18-20°C, затем помещают на 19 суток во влажную камеру и после этого в течение 2 суток насыщают водой.

Насыщенные водой образцы испытывают на прессе и определяют предел прочности при сжатии через 28 суток с момента изготовления.

За показатель активности принимают среднее арифметическое значений предела прочности при сжатии 10 образцов.

#### Определение суммарного содержания активных оксидов кальция и магния в кальциевой известке

При проведении испытания используют коническую колбу емкостью 250 мл, стеклянные бусы, стеклянную воронку, прибор для титрования.

Навеску массой 1 г ссыпают в колбу, емкостью 250 мл, и вливают 150 мл дистиллированной воды. Туда же кладут несколько стеклянных бусинок, закрывают часовым стеклом и нагревают воду до кипения в течение 5-7 мин.

Раствор охлаждают до комнатной температуры, промывают стенки колбы и часовое стекло кипяченой дистиллированной водой. Затем в раствор добавляют 2-3 капли 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина и титруют при постоянном взбалтывании I и раствором соляной кислоты до полного обесцвечивания раствора.

Титрование считается законченным, если в течение 8 мин раствор при периодическом взбалтывании остается бесцветным. Содержание активных окисей кальция и магния в погашенной извести определяют по формуле:

$$A = \frac{V \cdot T_{CaO}}{Q} 100$$

где  $V$  - объем раствора I и соляной кислоты, пошедший на титрование, мл;

$T_{CaO}$  - титр I и раствора соляной кислоты, выраженный в г.

$Q$  - масса навески извести, г.

Содержание активных окисей кальция и магния в гидратной извести вычисляют по формуле:

$$A = \frac{V \cdot T_{CaO}}{Q(100-w)} 100$$

где  $W$  - влажность гидратной извести, %.

Определение суммарного содержания активных окисей кальция и магния в магнезиальной, доломитовой и гидравлической извести.

Определение содержания активной окиси кальция сахаратным способом

В коническую колбу емкостью 500 мл всыпают 0,25 мг извести, добавляют 50 мл 10%-ного раствора сахарозы и энергично взбалтывают в течение 15 мин. Для улучшения перемешивания в колбу помещают несколько стеклянных бус.

Затем в колбу вводят 2-3 капли 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина и титруют содержимое In раствором соляной кислоты. Титрование производят каплями до первого исчезновения розовой окраски.

Количество активной окиси кальция вычисляют по формуле:

$$A_1 = \frac{V \cdot T_{CaO}}{m} \cdot 100$$

где  $V$  - объем I н раствора соляной кислоты, пошедший на титрование, мл;

$T_{CaO}$  - титр I н раствора соляной кислоты, выраженный в г;

$m$  - масса навески извести, г.

Определение содержания активной окиси магния  
трилонометрическим методом

В стакан, емкостью 200-250 мл, помещают 0,5 г извести, смачивают ее водой и приливают 30 мл I н соляной кислоты. Стакан закрывают часовым стеклом и нагревают его содержимое до кипения в течение 8-10 мин. Затем часовое стекло ополаскивают дистиллированной водой, раствор охлаждают, переливают в мерную колбу емкостью 250 мл и доливают в нее дистиллированную воду до отметки. Полученный раствор тщательно перемешивают и дают ему отстояться.

Из раствора отбирают с помощью пипетки 50 мл, вливают в колбу емкостью 250 мл, добавляют туда 50 мл дистиллированной воды, 5-10 мл аммиачного буферного раствора, 5-7 капель кислотного хрома также синего индикатора и титруют 0,1 н раствором трилона Б до изменения цвета раствора от красного до синего. После этого отмечают объем  $V_1$  трилона Б, пошедший на титрование.

Из этой же мерной колбы берут 25 мл раствора и переливают в коническую колбу емкостью 250 мл. Туда же вливают 100 мл дистиллированной воды, перемешивают, добавляют 3 мл тристаноламина и 25 мл 20%-ного раствора едкого калия и снова перемешивают.

Через 1-2 минуты добавляют на кончике шпателя флуорексен и титруют раствором трилона Б до перехода розово-зеленой окраски раствора в устойчивую розовую при наблюдении на черном фоне. Отмечают объем  $V_2$  израсходованного раствора трилона Б.

Содержание активной окиси магния вычисляют по формуле:

$$A_2 = 5 \frac{(V_1 - V_2) T_{MgO}}{m} - 100$$

где  $V_1$  - объем 0,1 н раствора трилона Б, пошедшего на титрование  $CaO + MgO$ , мл;

$V_2$  - объем 0,1 н раствора трилона Б, пошедшего на титрование  $CaO$ , мл;

$T_{MgO}$  - титр 0,1 н раствора трилона Б, выраженный в г  $MgO$

$m$  - масса извести, г;

5 - коэффициент, учитывающий определение  $MgO$  в аликвотной части раствора.

Содержание активных окисей кальция и магния  $A$  определяется суммой величин  $A_1 + A_2$ .

#### Определение тонкости помола минеральных вяжущих

Точность помола вяжущих влияет на их физико-механические свойства, одним из которых является прочность при сжатии и изгибе.

Для определения тонкости помола минерального вяжущего необходимо сито с сеткой № 008 и прибор для механического просеивания.

Вяжущее высушивают при 105-110°C до постоянной массы. Навеску 50 г просеивают через сито. Просеивание считают законченным, если при контрольном просеивании сквозь сито проходит не более 0,05 г вяжущего. Тонкость помола характеризуют остатком на сите в процентах к первоначальной массе просеиваемой пробы с точностью до 0,1%.

Определение тонкости помола вяжущего по удельной поверхности  
производит в соответствии с ГОСТ 310.2 - 76.

#### Определение сроков схватывания минеральных вяжущих

Сроки схватывания минеральных вяжущих являются термодинамическими параметрами, определяющими время от момента изготовления смеси до ее уплотнения в конструкции.

Для определения сроков схватывания используют прибор Вика с иглой и пестиком, кольцо к прибору Вика и мешалку для приготовления цементного теста.

Сроки схватывания определяют на тесте нормальной густоты. Нормальной густотой теста, перемешанного в мешалке, считают такую консистенцию его, при которой пестик прибора Вика (рис. 5), погруженный в кольцо, заполненное тестом, не доходит на 1-2 мм до пластины, на которое установлено кольцо.

Перед началом испытания проверяют исправность прибора, частоту, поверхности и отсутствие искривлений иглы. Иглу доводят до соприкосновения с поверхностью цементного теста нормальной густоты, приготовленного и уложенного в кольцо. Иглу погружают в тесто каждые 10 мин, передвигая кольцо после каждого погружения для того, чтобы игла не попадала в прежнее место. После каждого погружения иглу вытирают.

Началом схватывания теста считают время, прошедшее от начала затворения его до того момента, когда игла не доходит до пластины на 1-2 мм. Концом схватывания теста считают время от начала затворения до момента, когда игла погружается в тесто не более чем на 1-2 мм.

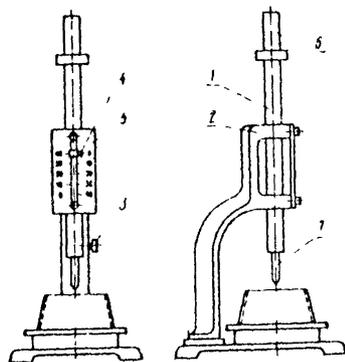


Рис.3. Прибор Вика :  
 1 - стержень ; 2-обойма оцинки;  
 3 - стопорный винт; 4-указатель;  
 5 - шкала; 6-пестик; 7-игла

### Определение равномерности изменения объема

Вяжущес при затворении водой должно равномерно изменить свой объем, в противном случае, при неравномерности его изменения, в сооружении возникают большие внутренние напряжения, которые приводят к его растрескиванию.

Для проведения испытания необходимы бачок для регулирования влажности и ванна с гидравлическим затвором (рис. 4). Испытуют тесто нормальной густоты и из него делают образцы в виде лепешки диаметром 7-8 см и толщиной в центре около 1 см. (образцы заглаживают смоченным пальцем по краям от наружных краев и из центра образуют острых краев и гладкой закругленной поверхностью).

Приготовленные образцы хранят 24 часа с момента приготовления, а затем медленно твердеющих вяжущих-48 часов в ванне с гидравлическим затвором, затем помещают на решетку бачка с водой.

Воду в бачке доводят до кипения, которое поддерживают в течение 3 ч, после чего образцы охлаждают и производят их измерение.

Вяжущее имеет равномерное изменение объема, если на лицевой стороне образца не обнаружено радиальных, доходящих до краев трещин, или сетки мелких трещин, а также каких-либо деформаций и увеличения объема образцов.

### Определение предела прочности при сжатии

При проведении испытания используют мешалку для перемешивания цементного раствора, чашку и лопатку, воронку, штатив, стол и софит-конус, штиковку, формы с насадками для изготовления образцов-балочек размером 4x4x16 см, пресс и пластины для передачи нагрузки.

В начале испытания определяют нормальную консистенцию раствора. Для этого берут 1500 г нормального вольского песка и 500 г

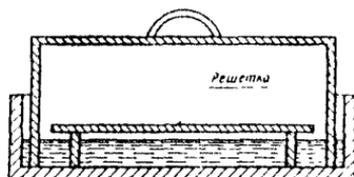


Рис. 4. Ванна с гидравлическим затвором

вижущего, перемешивают, добавляют воду, перемешивают в чаше мешалки в течение 2,5 мин. Затем раствор помещают в форму-конус на половину его высоты и уплотняют штыковкой 15 раз. Потом заполняют конус полностью и штыкуют еще 10 раз. Излишек раствора срезают.

Конус с раствором помещают на встряхивающий столик (рис.5). конус снимают, а раствор встряхивают на столике 30 раз со скоростью одно встряхивание в секунду. После этого измеряют штангенциркулем диаметр расплывшегося раствора по нижнему основанию. Консистенция раствора считается нормальной, если диаметр расплыва лежит в пределах 106-115 мм. Если диаметр расплыва отклоняется от требуемого, то готовят новый образец с большим или меньшим содержанием воды.

Готовят раствор нормальной густоты, закрепляют формы с укрепленными на них насадками на виброплощадке и в течение первых двух минут заполняют раствором. По истечении 3 мин от начала вибрации виброплощадку отключают, образцы заглаживают и маркируют.

После изготовления образцы хранят в формах в течение 1-2 суток в ванне с гидравлическим затвором, затем вынимают из форм и хранят в ванне с водой до момента испытания в течение 28-90 суток.

При испытании образец устанавливают на опорные элементы прибора и производят испытание в соответствии с инструкцией, прилагаемой к прибору. Предел прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое значение из двух наибольших результатов испытания трех образцов.

Полученные при испытании на изгиб 6 половинок балочек испытывают на сжатие. Половинку балочки помещают между двумя пластинами и центрируют на опорной плите прессы. Сжатия

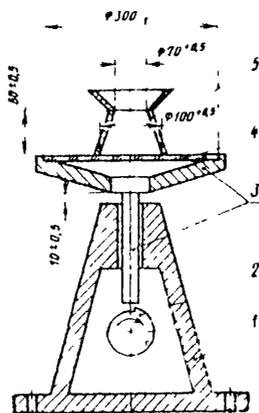


Рис.5. Встряхивающий столик и форма:  
 1—станина; 2—кулачок; 3—перемещающаяся  
 часть; 4—диск; 5—форма

скорость нарастания нагрузки должна составлять  $2 \pm 0,5$  МПа в секунду. Предел прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое четырех наибольших результатов испытания шести образцов.

### Требования к минеральным вяжущим

Вяжущие и их активные компоненты должны обладать свойствами, приведенными в табл. 23 в соответствии с ВСН 105-75 Минтрансстроя СССР [2]. Тонкость помола вяжущих должна быть такой, чтобы остаток на сите № 003 не превышал 15%.

Таблица 23

Наименование показателей	Самостоятельно твердеющее вяжущее	Активный компонент смешанного вяжущего	
		с цементом	с известью
Содержание свободной окиси кальция, СаО, % от массы	не менее 8	не более 4	Не нормируется
Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г, не менее	3000	3000	3000
Содержание сернистых и сернокислых соединений, % от массы (в пересчете на SO <sub>3</sub> ) не более	6	3	Не нормируется
Потери при прокаливании, % от массы, не более	5	10	10

Начало схватывания всех вяжущих должно наступать не ранее 2 часов от момента затворения, а конец - не позднее 6-8 часов.

Образцы-балочки и их половинки при испытании должны иметь прочность при изгибе и сжатии не меньше величин, указанных в табл. 24 в соответствии с [3].

Таблица 24

Наименование показателя	Сроки работы, сутки	Зарки				
		100	200	300	400	500
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	23	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
	90	2,0	2,5	3,5	4,5	5,5
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	23	5	10	15	20	25
	90	10	20	30	40	50

Требования к извести строгой: приведены в ГОСТ 9179-77, а к веществам включающим известсодержащим гидравлическим - в ГОСТ 2541-78.

#### 4. Методы испытания и оценка качества материалов на минеральных вяжущих

Основные минеральные вяжущие находят широкое применение в дорожном строительстве для укрепления грунтов, изготовления различных смесей для устройства оснований дорожных одежд и других целей. В данном разделе приведены методы испытаний бетонных смесей на местных вяжущих и требования к бетону, укреплению пористым каменным материалам и грунтам.

##### Определение удобоукладываемости бетонной смеси

Конус (рис.6 ) устанавливают на гладкий металлический лист и заполняют его бетонной смесью через воронку тремя слоями. Каждый слой уплотняют металлическим стержнем 25 раз. В процессе уплотнения конус должен быть плотно прижат к листу, на котором он установлен. После уплотнения избыток смеси срезают вровень с краями конуса.

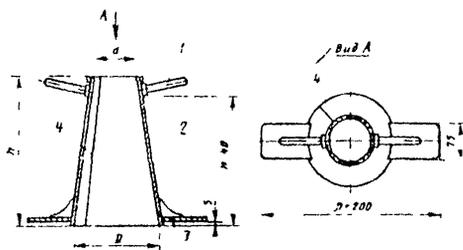


Рис.6. Конус для определения удобоукладываемости бетонной смеси : 1-ручка; 2-конус прибора;3-упоры; 4-сварной шов

Конус плавно в течение 3-7 с снимают с уплотненной смеси и ставят рядом с ней на лист.

На верх металлического конуса кладут ребром линейку и измеряют расстояние от низа линейки до верха бетонной смеси. Осадку конуса характеризуют величиной этого расстояния в см. Осадку конуса бетонной смеси определяют дважды. Время от момента наполнения металлического конуса смесью до конца испытания должно быть не более 10 мин.

Осадку конуса вычисляют как среднее арифметическое двух определений, отличающихся между собой не более чем:

- на 1 см при ОК равной или менее 4 см;
- на 2 см при ОК = 5-9 см;
- на 3 см при ОК равной или более 10 см.

#### Определение жесткости бетонной смеси

На виброплощадке устанавливают и жестко закрепляют цилиндрическое кольцо прибора. В это кольцо вставляют конус и закрепляют его ручками, затем устанавливают воронку.

Конус зыгнвают С-тонной смесью, уплотняют ее и снимают конус так же, как при определении удобоукладываемости смеси. Поворачивая штатив, устанавливают диск над отформованной в виде конуса бетонной смесью и плавно опускают его на поверхность смеси. Штатив закрепляют во втулке зажимным винтом.

Включают одновременно вибратор и секундомер и наблюдают за сплыванием бетонного конуса. Вибрирование производят до появления цементного теста из двух отверстий диска. В этот момент выключают секундомер и вибратор. Полученное время (в секундах) характеризует жесткость бетонной смеси.

Жесткость бетонной смеси определяют дважды и вычисляют как среднее арифметическое результатов двух определений. Расхождение между двумя параллельными испытаниями не должно превышать 20%.

### Определение раствороотделения бетонной смеси

Бетонную смесь укладывают в металлическую стандартную форму в виде куба с размером ребра 200 мм и уплотняют. Затем уплотненную бетонную смесь вместе с формой укрепляют на виброплощадке и подвергают вибрированию в течение периода времени, равному  $10 \bar{X}$ , где  $\bar{X}$  – показатель жесткости бетонной смеси, с. Пластичные смеси вибрируют в форме в течение 25 с.

После этого верхнюю половину смеси из формы кладут на один противень, а нижнюю – на другой. При испытании жестких бетонных смесей можно производить разделение распалубленного образца. Отсбранные пробы бетонных смесей взвешивают с точностью до 10 г и подвергают мокрую рассеву на сита с отверстиями 5 мм, промывку зерен заполнителя заканчивают, когда из сита вытекает чистая вода. После этого заполнитель сушат при  $105-110^{\circ}\text{C}$  до постоянной массы.

Содержание раствора в верхней и нижней частях уплотненной бетонной смеси определяют по формуле:

$$V_p = \frac{m_{cm} - m_k}{m_{cm}} 100$$

где  $m_k$  – масса крупного заполнителя, г;

$m_{cm}$  – масса бетонной смеси, г.

Показатель раствороотделения бетонной смеси определяют по формуле:

$$P_p = \frac{\Delta V_p}{\Sigma V_p} 100$$

где  $\Delta V_p$  – разность между содержанием раствора в верхней и нижней частях образца, %;

$\Sigma V_p$  – суммарное содержание раствора в верхней и нижней частях образца, %.

### Определение прочности бетона

Прочность бетона определяют путем испытания образцов. Формы и размеры образцов, в зависимости от вида испытания бетона, должны соответствовать указанным в табл. 25.

Таблица 25

Вид испытания	Форма образца	Геометрические размеры образца, мм
Определение прочности на сжатие	куб	Длина ребра: 70, 100, 150, 200, 300
Определение прочности на растяжение при изгибе	Призма квадратного сечения	100 x 100 x 400; 150 x 150 x 600; 200 x 200 x 800

За базовый принимают образец с размерами рабочего сечения 150x150 мм. При производственном контроле бетонов, к которым временно предъявляются требования по прочности на растяжение при изгибе и на сжатие, допускается определять прочность бетона на сжатие испытанием половинок образцов-призм, полученных после испытания на изгиб образцов-призм.

Размеры образцов в зависимости от наибольшей крупности заполнителя в пробе бетонной смеси должны соответствовать указанным в табл. 26.

Таблица 26

Наибольший размер зерна заполнителя, мм	Наименьший размер ребра куба или стороны поперечного сечения призмы, мм
10 и менее	70
20	100
40	150
70	200
100 и более	300

Образцы готовят сериями. Серия должна состоять из трех образцов. Перед изготовлением образцов внутренние поверхности форм покрывают тонким слоем смазки, не оставляющей пятен на поверхности образцов.

Укладку и уплотнение бетонной смеси в формах производят следующим образом:

а) при изготовлении образцов из бетонной смеси жесткостью более 20 с на форме закрепляют насадку, высотой, равной высоте формы. Форму с насадкой жестко закрепляют на лабораторной виброплощадке. Затем заполняют бетонной смесью до половины высоты насадки и устанавливают на поверхность смеси пригруз, обеспечивающий давление не менее 0,004 МПа и вибрируют в течение 30-60 с до прекращения оседания пригруза. После этого снимают пригруз и насадку, срезают избыток смеси и заглаживают поверхность образца;

б) при изготовлении образцов из бетонной смеси жесткостью менее 20 с форму заполняют смесью, жестко закрепляют на лабораторной виброплощадке и вибрируют до полного уплотнения. Полное уплотнение характеризуют прекращением оседания бетонной смеси, выравниванием ее поверхности и появлением на ней тонкого слоя цементного теста. Поверхность образца заглаживают кельмой.

Лабораторная виброплощадка должна обеспечивать вертикальные колебания формы с бетонной смесью частотой  $2900 \pm 100$  колебаний в минуту и амплитудой  $0,5 \pm 0,05$  мм.

Образцы, твердеющие в нормальных условиях (температура  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , влажность воздуха не менее 95%) после их изготовления до распадаблвания хранят в формах, покрытых влажной тканью или другим материалом, исключающим возможность испарения из них влаги, в течение суток из бетонов марок 100 и выше и в течение 2-3 суток - из бетонов марок 75

и ниже, а также из бетонов с добавками, замедляющими их твердение в раннем возрасте.

Распаду близкие образцы, предназначенных для определения растяжения при изгибе, производят не ранее 4 суток после их изготовления.

Для испытания образцов-призм (балок) на растяжение при изгибе необходимы пресс, устройство для испытания бетона на растяжение при изгибе. Перед испытанием образцы осматривают и в случае необходимости фиксируют схему расположения дефектов. Измерение линейных размеров образцов производят с погрешностью  $\pm 1\%$ .

Перед установкой образца на пресс с опорных катков тщательно удаляют частицы бетона, оставшиеся от предыдущих испытаний. Затем устанавливают образец и на него - испытательное устройство.

Шкалу силоизмерителя прессы выбирают таким образом, чтобы ожидаемое значение разрушающей нагрузки составляло 20-80% от максимальной, допускаемой выбранной шкалой. Напряжение в образце при его нагружении должно возрастать непрерывно с постоянной скоростью  $0,05 \pm 0,02$  МПа в секунду до разрушения образца.

Если образец разрушился не в средней трети пролета, то этот результат испытания не учитывают. Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимают за величину разрушающей нагрузки.

Прочность на растяжение при изгибе вычисляют по формуле:

$$R_{pu} = \delta \frac{P \ell}{a b^2} K_w$$

где  $\delta$  - масштабный коэффициент прочности бетона в образцах базового размера;

$P$  - разрушающая нагрузка;

$\ell$  - расстояние между опорами;

$a$  - ширина призмы;

$b$  - высота призмы;

$K_w$  - поправочный коэффициент, учитывающий влажность бетонного образца.

Для испытания на сжатие половинок бетонных образцов призмы необходимы пресс, стальные прокладки толщиной 20 мм. Прокладки должны быть изготовлены из конструкционной стали твердость НРС 50...60. Поверхность прокладок, прилегающих к образцам, должна иметь параметр шероховатости  $R_a \leq 2,5$  мкм. Размеры прокладок в плане равны размеру поперечного сечения образца (100x100; 150x150; 200x200 мм) с допуском +1 мм.

Образцы-половинки призмы при испытании на сжатие помещают между двумя металлическими прокладками, которые располагают заподлицо с боковыми гранями призмы на расстоянии  $30 \pm 2$  мм от ее торца.

Напряжение в образце при нагружении должно возрастать непрерывно с постоянной скоростью  $0,6 \pm 0,2$  МПа в секунду до его разрушения. Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимают за величину разрушающей нагрузки.

Прочность образца вычисляют по формуле:

$$R = \alpha \frac{P}{F} K_W$$

где  $\alpha$  - масштабный коэффициент прочности бетона в образцах базового размера (табл. 27);

$P$  - разрушающая нагрузка;

$F$  - средняя площадь рабочего сечения образца, см<sup>2</sup>;

$K_W$  - поправочный коэффициент, учитывающий влажность бетонного образца.

Таблица 27

Величины масштабного коэффициента

Размер ребра куба, мм	Масштабный коэффициент
70	0,85
100	0,91
150	1,0
200	1,05
300	1,10

Требования к бетонам на местных вяжущих,  
укрепленным каменным материалам и грунтам

Бетоны на местных вяжущих используют для устройства верхних и нижних слоев оснований одежд автомобильных дорог всех категорий в дорожно-климатических зонах нашей страны [ 3 ]. Требования к крупнозернистым бетонам приведены в табл. 28, а к мелкозернистым - в табл. 29.

Таблица 28

Марка бетона	Прочность через 90 сут., МПа, не менее		Морозостойкость, циклы, при среднемесячной температуре самого холодного месяца не менее	
	при изгибе	при сжатии	от 0 до -5°C	ниже -5°C
75	1,5	7,5	25	50
100	2,0	10	25	50

Таблица 29

Наименование показателей	На автомобильных дорогах категорий	
	I-II	III-IV
Предел прочности при сжатии через 90 суток, МПа, в водонасыщенном состоянии не менее	10	10
Предел прочности при изгибе через 90 суток, МПа, не менее	3,5	2,5
Морозостойкость (циклы)		
а) в районах со среднемесячной температурой наиболее холодного месяца от 0 до -5°C не менее	25	25
б) то же ниже -5°C не менее	50	50

Требования к пористым каменным материалам, обработанным местными минеральными вяжущими, приведены в табл. 30.

Таблица 30

Примечание показателей	Класс прочности		
	I	II	III
Предел прочности при сжатии, МПа, водонасыщенных образцов через:			
7 суток не менее	0,25	0,15	-
28 суток не менее	0,35	0,20	0,08
60 суток не менее	0,50	0,30	0,15
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа, водонасыщенных образцов через:			
7 суток не менее	0,6	0,4	-
28 суток не менее	0,8	0,6	0,3
60 суток не менее	1,2	0,8	0,4
Коэффициент морозостойкости через 28 суток после изготовления образцов не менее	0,75	0,75	0,75

Морозостойкость обработанных минеральными вяжущими порошков материалов, применяемых в слоях оснований, в зависимости от климатических условий и категории дороги, должна соответствовать требованиям табл. 31.

Местные вяжущие используют для укрепления песчаных грунтов и супесей. Физико-механические свойства укрепленных грунтов должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 32.

Таблица 31

Слой дорожной одежды	Категория автомобильно. дороги								
	I-II			III			IV-V		
	Климатические условия								
	Суровые	Умерен- ные	Мягкие	Суровые	Умерен- ные	Мягкие	Суровые	Умерен- ные	Мягкие
Верхний слой основания	25	20	15	25	15	10	15	10	-
Нижний слой основания	20	15	10	15	10	-	10	-	-

Примечание: суровые климатические условия характеризуются среднемесячной температурой наиболее холодного месяца года ниже  $-15^{\circ}\text{C}$ , умеренного - от  $-5$  до  $-15^{\circ}\text{C}$ , мягкого - до  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 3С

Наименование показателей	Классы прочности		
	И	II	III
Предел прочности при сжатии через 90 суток, МПа, в водонасы- щенном состоянии	4-6	2-4	I-2
Предел прочности при растяжении через 90 суток, МПа, в водонасы- щенном состоянии не менее	I	0,6	0,2
Коэффициент морозостойкости не менее	0,75	0,70	0,65

Методы испытаний и оценка качества сырья  
для производства нефтяных вязких дорожных  
битумов

Сырьем для производства нефтяных вязких дорожных битумов являются остатки после атмосферно-вакуумной перегонки высокосернистых, высокосмолистых нефтей типа арланской и сернистых смолистых типа западно-сибирских нефтей. При переработке западно-сибирских нефтей допускается получение сырья путем смешения гудрона с АВТ и асфальта деасфальтизации первой ступени.

Определение условной вязкости

Для определения условной вязкости сырья необходимы стандартный вискозиметр / рис. 7 /, секундомер, мерный цилиндр на 100 мл и фарфоровая чашка.

В водяную баню вискозиметра заливают воду с температурой 82-83 °С. Сырьё с так же температурой заливают в цилиндр до штифта на стержне. Диаметр сточного отверстия цилиндра должен быть равен 5 мм. Когда температура воды и сырья будет 80 °С, приподнимают стержень клапана и сырьё вытекает в мерный цилиндр, поставленный под отверстие цилиндра.

Когда уровень сырья в мерном цилиндре достигнет отметки 25 мл включают секундомер, а когда уровень подойдёт к отметке 75 мл, его выключают. Время истечения 50 мл сырья через сточное отверстие 5 мм при температуре 80 °С принимают за условную вязкость. Время истечения измеряют в секундах.

За окончательный результат принимают среднее из двух определений, если расхождение между ними не превышает 10%.

Температуру вспышки определяют по ГОСТ 4333-48, содержание воды в сырье измеряют в соответствии с ГОСТ 2477-65, а плотность сырья - по ГОСТ 3900-85.

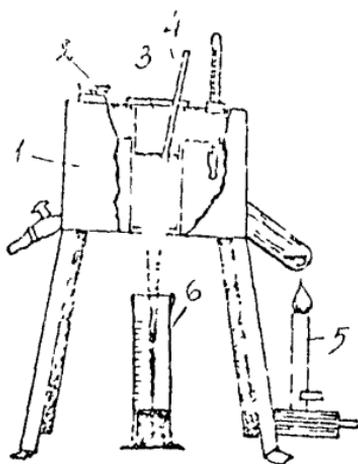


Рис. 7. Стандартный вискозиметр:  
1-водяная баня; 2-крышка; 3-цилиндр;  
4-шариковый клапан; 5-горелка; 6-  
мерный цилиндр

Сырьё для производства нефтяных вязких дорожных битумов должно соответствовать техническим условиям Министерства нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности СССР, согласованным с Минавтодором РСФСР, ТУ 38 101582.

Таблица 33

Требования к сырью  
по ТУ 38 101582

Наименование	Нормы для марок		Методы испытаний
	СБ высшего сорта	СБ первого сорта	
КОД ОКП	025864 0102	02 5864 0101	
Вязкость при 80 °С к диаметре сточного от- верстия 5 мм, с	20-40	41-60	ГОСТ 11503-74
Температура вспышки, °С, не ниже	190	200	ГОСТ 4333-38
Содержание воды	Следы	Следы	ГОСТ 2477-65
Плотность, г/см <sup>3</sup> , при 20 °С	0,970- 0,990	0,980- 1,000	ГОСТ 3900-85

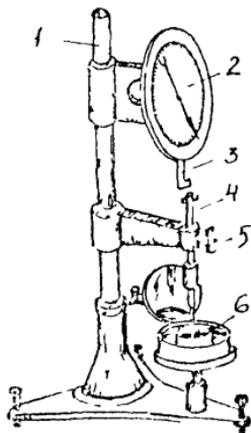


Рис.8. Пенетромтр :

1-опора; 2-лимб; 3-кремальера; 4-стержень  
с грузом и иглой; 5-стопорная кнопка;  
6-бккс с битумом

## Б. Методы испытаний и оценка качества органических вяжущих

### Определение глубины проникания иглы

Глубина проникания иглы характеризует условную вязкость вяжущего, которая связана с такими свойствами как прочность пленки, температура размягчения и хрупкости и др.

Для определения глубины проникания иглы в вяжущее необходимы пенетрометр, чашка металлическая цилиндрическая с плоским дном внутренним диаметром  $55 \pm 2$  мм, водяной термостат, бляшечка подляная вместимостью не менее 10 л и высотой не менее 200 мм, термометры ртутные стеклянные  $0-50^{\circ}\text{C}$  и  $0-360^{\circ}\text{C}$ , секундомер, сито с размером отверстий 0,63 мм, сосуд стеклянный плоскодонный емкостью 1 л, чашка для расплавления вяжущего.

Для проведения испытания вяжущий материал заливает в стандартную металлическую чашку, охлаждают на воздухе, а затем выдерживают при температуре испытания, например,  $25^{\circ}\text{C}$  в течение часа, а затем

помещают в плоскодонный сосуд с водой, имеющей температуру  $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . Высота слоя воды над поверхностью вязущего материала должна быть не менее 10 мм. Затем подводят острие иглы к поверхности вязущего, доводят кремальеру до верхней площадки плунжера, несущего иглу, и устанавливают стрелку прибора на 0. Включают секундомер и одновременно нажимают кнопку прибора и через 5 с отпускают ее. После этого доводят кремальеру до верхней площадки плунжера и отмечают показание прибора по шкале.

Глубину проникания при  $0^\circ\text{C}$  определяют по описанной методике со следующими изменениями: вязущее охлаждают на воздухе в течение 1-1,5 ч. В баню наливают воду со льдом, ее температура должна быть  $0 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . Вязущее выдерживают при  $0^\circ\text{C}$  в течение 1-1,5 ч. На плунжер прибора надевают дополнительный груз - массу массой 100 г. Время погружения иглы в вязущее 60 с.

За величину глубины проникания иглы принимают среднее арифметическое значение результатов не менее трех параллельных измерений. Допускаемые расхождения не должны превышать следующих величин:

Глубина проникания иглы	Допускаемые расхождения, мм <sup>3</sup>
0-10	2
10-130	4
130-250	6
более 250	3% от среднего арифметического результата

#### Определение температуры хрупкости

Для определения температуры хрупкости вязущего необходима прибор Фрааса, работающий на смеси спирта и твердой углекислоты, со стальными пластинками, ртутный стеклянный термометр, котельная сетка № 07.

Взвешивают 0,4 г вязущего и помещают на специальную специальную пластинку. Ее нагревают так, чтобы вязущее растеклося ровным

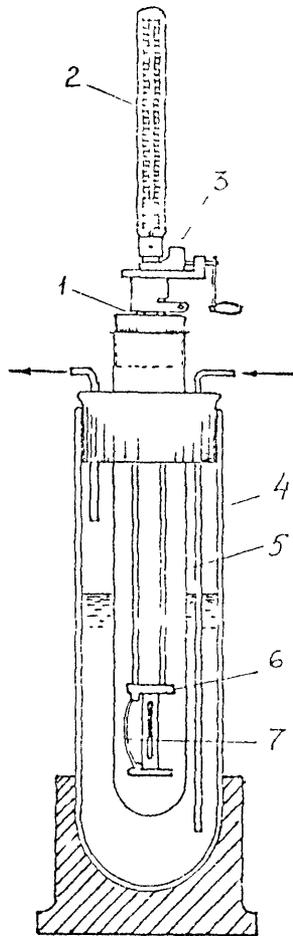


Рис.9. Прибор для определения температуры хрупкости битума : 1-коаксиальные трубки; 2-термометр; 3-клиновидное устройство; 4-сосуд Дюара; 5-пробирка; 6-захвати; 7-пластинка с битумом

слоем и выдерживают на воздухе 20 мин. Затем пластинку с вяжущим вставляют в зажимы прибора Фрааса и снижают температуру воздуха в приборе с помощью спирта и сухого льда со скоростью  $1^{\circ}\text{C}$  в минуту. Начиная с  $0^{\circ}\text{C}$  пластинку сгибают и возвращают в исходное положение.

За температуру хрупкости принимают температуру, при которой появилась трещина в слое вяжущего. За окончательный результат принимают среднее арифметическое из трех определений, расхождение между которыми не должно превышать  $2^{\circ}\text{C}$ .

#### Определение температуры размягчения по кольцу и шару

Температура размягчения вяжущего характеризует его теплоустойчивость, что связано с устойчивостью жестких дорожных покрытий к образованию волн, сдвигов и коллай.

Для проведения испытания применяют: аппарат для определения температуры размягчения, пластинку полированную металлическую или стеклянную, стакан стеклянный диаметром не менее 90 мм и высотой не менее 115 мм, ртутный термометр, сито с размером отверстия  $0,63$  мм, нож, газовую горелку или электрическую плитку с регулируемой нагрева.

Обезвоженное вяжущее процеживают через сито и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха. Вяжущее наливают в 2 гладких кольца, охлаждают в течение 20 мин при комнатной температуре. Избыток вяжущего срезают нагретым ножом вровень с краями колец.

Кольца с вяжущим помещают в отверстия на подвеске аппарата. В среднее отверстие подвески вставляют термометр.

Подвеску с кольцами и 2 стальными шариками помещают в баню с водой, имеющей температуру  $5^{\circ}\text{C}$ . Через 10 мин на поверхность бетона кладут стальной шарик и подогревают воду со скоростью  $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  в минуту.

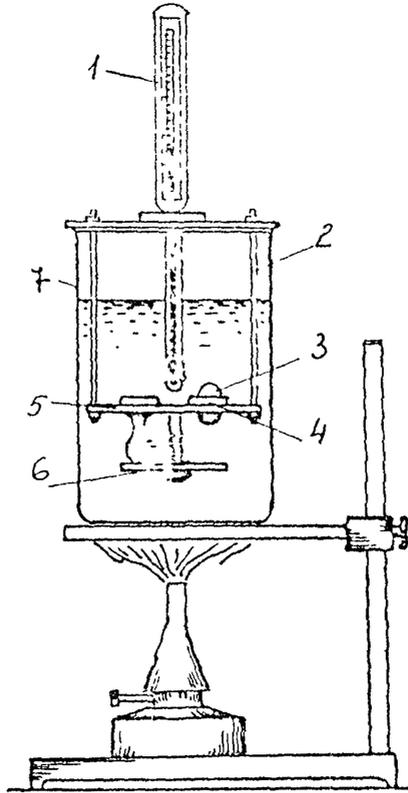


Рис.10. Прибор "Кольцо и шар" для определения температуры размягчения битума : 1-термометр; 2-стойка штатива; 3-шарик; 4-кольцо; 5-средняя пластина; 6-нижняя пластина; 7-стакан

За температуру размягчения принимают температуру, при которой шарик с выжухим коснется основания (контрольного диска) аппарата. Допускаемые расхождения между 2 параллельными измерениями не должно превышать 1°C.

определение сцепления органического вяжущего  
с каменным материалом

Сцепление вяжущего с каменным материалом характеризует его адгезионные свойства, что влияет на долговечность его на известняк дорожных одежд.

При определении сцепления вяжущего с каменным материалом применяют следующие материалы: металлические с отверстиями размером 2х2 и 5х5 мм, ложку металлическую, стаканы лабораторные, пробирки стеклянные и притертые пробки, водяную баню, подставку для пробирок, чехол из шерсти или другого теплоизоляционного материала, сетку металлическую № 05 с окантовкой и припаянными проволочными дужками.

Сцепление вяжущего с каменными материалами, используемых для строительства дорожных одежд — песком и щебнем, определяют по методу "пассивного" и "активного" сцепления.

Сущность метода заключается в определении способности вязкого вяжущего удерживаться на поверхности каменного материала. Сущность второго метода заключается в определении способности жидкого или вязкого вяжущего сцепляться с поверхностью каменного материала в присутствии воды.

При определении "пассивного" сцепления вяжущего с песком и щебнем дробят щебень и отсеивают фракцию 2-5 мм. Щебень и песок промывают дистиллированной водой и сушат при 105°C до постоянной массы.

Вяжущее нагревают до 105°C, перемешивают стеклянной палочкой до полного его обезвоживания, затем процеживают через сито с раз-

мером отверстий 0,07 мм.

Для проведения испытания готовят смесь, состоящую из 30 г каменного материала и 1,2 г вяжущего. Чашку с материалами выдерживают в термостате при 130-140 °С в течение 20 мин, затем вынимают из термостата и тщательно перемешивают. После этого смесь выдерживают при комнатной температуре в течение 20 мин.

На сетку с проволочными дужками и отверстиями 0,25 или 0,5 мм раскладывают ровным слоем половину смеси и опускают в стакан с кипящей дистиллированной водой. Высота слоя воды под сеткой и над смесью должна быть 40-50 мм.

Смесь выдерживают в воде в течение 30 мин. всплывшее вяжущее удаляют фильтровальной бумагой. Затем сетки со смесью переносят в стаканы с холодной водой, где выдерживают 3-5 мин, после этого смесь переносят на фильтровальную бумагу.

Поверхность смеси сравнивают с фотографиями контрольных образцов. Вяжущее считают выдержавшим испытание, если после 2 параллельных испытаний внешний вид смеси не хуже изображения контрольного образца.

При определении "активного" сцепления в 3 стеклянные пробирки помещают по 8 г каменного материала, наливают по 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и добавляют по 0,32 г вяжущего. Подготовка материалов производится так же, как и в методе "пассивного" сцепления.

Пробирки закрывают стеклянными пробками и выдерживают в водяной бане в течение 10 мин. При испытании вязких вяжущих температура в бане равна 100 °С, а при испытании жидких - 55-60 °С.

Через 10 мин пробирки быстро помещают в чехол из кошмы и встряхивают в специальном приборе в течение 2 мин 280-320 раз. После этого смесь из пробирки раскладывают на стеклянную пластинку.

Вязущее считают выдержавшим испытание, если после 2 параллельных испытаний поверхность смеси не хуже изображена контрольного образца.

#### Определение растяжимости

Для определения растяжимости вязущего необходимы: латунные формы, диаметр ртутной столбчатой с интервалом измеряемых температур  $0-50^{\circ}\text{C}$ , ном. сито с металлической сеткой и размером отверстий  $0,63\text{ мм}$ , пластинка металлическая полированная.

Вязущее, нагретое до температуры  $110-160^{\circ}\text{C}$  выдувает в формы и оставляют охлаждаться при комнатной температуре в течение  $30-40$  мин. Затем выдуток вязущего срезают острым горчичным ножом от середины формы к краям. Поверхность выдутого в форме должна быть ровная с ее краями.

Форму с выдутом, находящуюся на пластинке, вместе с ней помещают в водяную ванну с температурой  $25\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , если растяжимость определяют при  $25^{\circ}\text{C}$  или с температурой  $0\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , если определение растяжимости производят при  $0^{\circ}\text{C}$  и выдерживают в ванне 1 ч. Толщина слоя воды над выдутом должна быть не менее  $25\text{ мм}$ .

После выдерживания формы с выдутом снимают с пластинки и закрепляют в дуктилометре и производят растяжение вязущего со скоростью  $5\text{ мм/мин}$ . Если плотность вязущего отличается от плотности воды, то в нее, для увеличения плотности, добавляют раствор поваренной соли или глицерин. Если плотность воды нужно уменьшить, в нее добавляют этиловый спирт.

Растяжимость измеряют длиной нити вязущего в сантиметрах в момент ее разрыва. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение трех параллельных испытаний, расхождение

между которыми не должно превышать 10% от среднего арифметического.

#### Определение содержания водорастворимых соединений

Водорастворимые соединения ухудшают сцепление органического вяжущего с каменным материалом при воздействии воды на жесткую дорожную одежду, что приводит к снижению ее несущей способности.

При определении содержания водорастворимых соединений применяют: колбу коническую емкостью 250 мл, стаканчик для взвешивания емкостью 50 мл, обратный холодильник, сушильный шкаф, сетку металлическую с размером отверстий 0,63 мм.

В коническую колбу отвешивают около 1 г вяжущего с погрешностью не более 0,0002 г, нагревают его и равномерным слоем распределяют по дну колбы. Затем в колбу наливают 25 мл дистиллированной воды, присоединяют к колбе обратный холодильник и кипятят ее содержимое в течение 30 мин.

После этого колбу, не отсоединяя от холодильника, охлаждают до комнатной температуры и пропускают водную вытяжку через фильтр, смоченный дистиллированной водой, в стаканчик, который должен быть взвешен с точностью 0,0002 г. Колбу опаласкивают дистиллированной водой и сливают ее через фильтр в тот же стаканчик. Фильтром выпаривают, не допуская кипения, а сконцентрированный в стаканчике остаток сушат при 100–105°C до постоянной массы (расхождения между последовательными взвешиваниями не должны превышать 0,0004 г).

Содержание водорастворимых соединений в вяжущем вычисляют по формуле:

$$\chi = \frac{m_1 - m_2}{m_3} 100$$

где  $m_1$  – масса стаканчика с сухим остатком, г;

$m_2$  – масса стаканчика, г;

$m_3$  – масса вяжущего, г.

## Требования к вязким органическим вязким

При пожелании свойств вязких органических вязких ориентируются на требования, предъявляемые к вязким дорожным битумам (табл. 34), изложенным в ГОСТ 22245-90.

### Определение условной вязкости жидких органических вязких

Для определения условной вязкости вязких применяют: вискозиметр, секундомер, сито с металлической сеткой № 063, посуду для отбора лабораторную.

Жидкое вязкое нагревают до 60°C, обезвоживают, пропекают через сито и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха. Пробу жидкого вязкого, нагретого до 62-63°C, наливают в цилиндр вискозиметра, сливное отверстие которого предварительно закрывают клапаном, а баллаз наполняют водой, нагретой до 62-63°C.

Когда вязкое будет иметь температуру 60°C, открывают сточное отверстие диаметром 5 мм и вязкое льется в мерный цилиндр, стоящий под сточным отверстием. Когда уровень вязкого в цилиндре достигнет 25 мл, выключают секундомер, а когда уровень равен 75 мл, секундомер выключают. За условную вязкость принимают время в с. в течение которого 50 мл вязкого выливается из цилиндра вискозиметра в стеклянный мерный цилиндр.

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение двух параллельных испытаний. Допускаемые расхождения при условной вязкости до 40 с составляют 2 с, а при большей вязкости - до 10% от величины меньшего результата.

Наименование показателей	Нормы по маркам								
	БНД	БМД	БНД	БНД	БМД	БМ	БН	БН	БН
	200/300	130/200	90/130	60/90	40/60	200/300	130/200	90/130	60/90
Глубина проникания влаги:									
а) при 25°C	201-300	131-200	91-130	61-90	40-60	201-300	131-200	91-130	60-90
б) при 0°C, не менее	45	35	23	20	13	24	18	15	10
Температура размягчения по кольцу и шару, °C не ниже	35	40	43	47	51	33	3	40	45
Растяжимость, см, не менее:									
а) при 25°C	-	70	65	55	45	-	20	80	70
б) при 0°C	20	6	4,0	3,5	-	-	-	-	-
Температура хрупкости, °C не выше	-20	-18	-17	-15	-12	-14	-12	-10	-6
Температура вспышки, °C не ниже	20	220	20	20	20	220	20	20	20
						-	-	-	-
Изменение температуры раз- мягчения после прогрева, °C не более	7	6	5	5	5	3	7	6	6
Индекс пенетрации		плюс I - минус I					плюс I - минус I,5		
Содержание водорастворимых соединений, % не более	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	-	-	-	-

Определение количества разжижителя, испаряющегося  
из жидкого вяжущего

Для проведения испытания применяют: стеклянные лабораторные чашки (Петри), сушильный шкаф, электроплитку, стеклянный термометр, эксикатор, сито с размером отверстий 0,63 мм.

Пробу жидкого вяжущего нагревают до 60°C и обезвоживают при фильтрации через слой крупнокристаллической свежеспрокаленной поваренной соли толщиной 10-20 мм.

Вяжущее просеивают через металлическое сито и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха в две чашки помещают навески вяжущего толщиной слоя по дну чашки равной 1 мм. Чашки с навеской выдерживают в сушильном шкафу при следующих условиях:

Класс вяжущего	Время выдерживания, ч	Температура, °C
СГ	3	100±1
ШГ	3	110±1

Количество испарившегося разжижителя вычисляют по формуле:

$$\chi = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100$$

где  $m$  - масса жидкого вяжущего до испытания, г;

$m_1$  - масса жидкого вяжущего после испытания, г.

Расхождения между двумя параллельными испытаниями не должны превышать 1,5%.

Требования к жидким органическим вяжущим

Для оценки качества жидких органических вяжущих пользуются требованиями, предъявляемыми к жидким битумам (ГОСТ II955-82). Требования к жидким битумам приведены в табл. 35.

Наименование показателей	НОМЕРЫ ДЛЯ МАРОК								
	СТ	СТ	СТ	МТ	МТ	МТ	МТО	МТО	МТО
	40/70	70/130	130/200	40/70	70/130	130/200	40/70	70/130	130/200
Условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм при 60°C, с	40-70	71-130	131-200	40-70	71-130	131-200	40-70	71-130	131-200
Количество испарившегося разжижителя, %, не менее	10	8	7	8	7	6	-	-	-
Температура размягчения остатка после определения количества испарившегося разжижителя, °С, не ниже	37	39	39	28	29	30	-	-	-
Температура вспышки, определенная в открытом тигле, °С, не ниже	45	50	60	100	110	110	120	130	130
Испытание на сцепление с асфальтом или песком*	Виде: как в соответствии с контрольным образцом № 2								

\* Примечание: испытание на сцепление проводят методом "А" для жидких битумов марок МТО, а для марок СТ и МТ - методом "Б".

В дорожном строительстве применяют различные каменноугольные вяжущие — дорожные каменноугольные дегти, составленные и отогнанные дегти, дегти, получаемые при полукоксования и газификации углей, составленные каменноугольные, дегтебитумные и битумодегтевые вяжущие. Ниже приведен ряд испытаний этих материалов и требования к ним.

Определение фракционного состава  
каменноугольных вяжущих

Для проведения испытания используют: сушильный шкаф, металлическую круглодонную колбу емкостью 250 мл, стеклянный одношариковый дефлегматор, воздушный холодильник, стеклянные стаканы емкостью 50–100 мл, стеклянный цилиндр емкостью 10 мл, ртутный стеклянный термометр.

Перед испытанием пробу дегтя нагревают до 70–80°C и тщательно перемешивают. Нижнюю часть стеклянного дефлегматора обматывают асбестовым шнуром, пропитанным хлоридом стекла с тальком и плотно вставляют в пробку.

Часть дефлегматора, выступающую над пробкой, также уплотняют. Подготовленный дефлегматор с пробкой сушат в течение суток при комнатной температуре, а затем в течение 3 ч в сушильном шкафу при 100–105°C.

Подогретый деготь массой 100 г помещают в предварительно взвешенную колбу, в которую затем вставляют пробку с дефлегматором и термометр. Колбу нагревают газовой горелкой или электроплиткой. При достижении температуры 170°C из колбы должно выделяться 2 капли дистиллята в 1 с. В процессе перегонки отбирают в цилиндры фракции при 170, 270 и 300°C. Взвешивание производят с погрешностью не более 0,1 г.

За содержание соответствующей фракции принимают массу дестиллята, отнесенную к первоначальной навеске дегтя, выраженную в процентах.

Расхождения между результатами двух параллельных определений не должны превышать для первой фракции 0,5 г, а для второй и третьей - 1,5 г.

#### Определение содержания фенолов

Для проведения испытания используют бюретку Каттвинкаля и коническую колбу емкостью 100 мл.

Нижний шар бюретки Каттвинкаля заполняют 10%-ным раствором гидроокиси натрия, насыщенным хлористым натрием, до нижнего деления бюретки. Затем приливают 10-20 мл бензола и замеряют уровень делочного слоя.

Часть фракции 170-270°C (2-5 г) взвешивают в колбе с погрешностью не более 0,01 г, добавляют 10-20 мл бензола и полученный раствор переносят в бюретку Каттвинкаля. Колбу промывают бензолом (30-50 мл) и сливают его в бюретку. Бюретку закрывают и содержимое тщательно взбалтывают в течение 5 мин. Затем содержимому дают отстояться в нижнем шаре в течение 1 ч.

Содержание фенола в дегтях вычисляют по формуле:

$$\varphi = \frac{1,040 \cdot V}{m_2} \cdot \frac{m_1}{m_3} \cdot 100$$

где 1,040 - средняя плотность фенолов, г/см<sup>3</sup>;

$m_1$  - масса первой фракции, полученная при определении фракционного состава в интервале температур 170-270°C, г;

$m_2$  - масса первой фракции, взятая для анализа, г;

$m_3$  - масса дегтя, взятая для определения фракционного состава.

### Определение содержания нафтalina

Для определения содержания нафтalina необходимы: термостат, вакуум-насос, колба емкостью 500 мл, воронка Бюхнера, лабораторный термометр, фарфоровый шпатель, часовое стекло.

Часть реакции 170-270°C взвешивают, охлаждают и выдерживают при 15°C на водяной бане в течение 15 мин.

Выделившийся осадок быстро отфильтровывают с помощью вакуум-насоса на воронке Бюхнер через бумажный фильтр до прекращения выделения масла. Кристаллы, оставшиеся на стенках стакана, присоединяют к осадку. Осадок сушат на барфоровой пластинке в течение 30 мин. Подсушенный остаток переносят на предварительно взвешенное часовое стекло и взвешивают с точностью до 0,01 г.

Содержание нафтalina подсчитывают по формуле:

$$H = \frac{m_5 \cdot m_1}{m_4 \cdot m_3} \cdot 100$$

где  $m_1$  - масса первой фракции (170-270°C) при определении фракционного состава, г;

$m_3$  - масса дегтя, взятого для определения фракционного состава, г;

$m_4$  - масса фракции, взятой для анализа, г;

$m_5$  - масса выделенного нафтalina, г.

Требования к дегтям каменноугольным для дорожного строительства (ГОСТ 4644-80) приведен в табл. 36, к остальным вяжущим и их составляющим - в Руководстве по применению каменноугольных вяжущих в дорожном строительстве [4].

При строительстве дорожных одежд из местных материалов широко используют битумные эмульсии. Они бывают анионные (ЭБА) и катионные (ЭК). По смешиваемости с минеральными материалами каждый вид эмульсии подразделяют на три класса: анионные - ЭБА-1, ЭБА-2,

Таблица 36.

Наименование показателей	Нормы по маркам					
	Д-1	Д-2	Д-3	Д-4	Д-5	Д-6
Вязкость, с, в пределах: $\frac{5}{C_{30}}$ *	5-70	-	-	-	-	-
$\frac{10}{C_{30}}$	-	5-20	20-50	50-120	120-200	-
$\frac{10}{C_{50}}$	-	-	-	-	-	10-80
Содержание воды, % по массе, не более	3	1	1	1	1	1
Содержание веществ, не растворимых в эфире, % по массе, не более	18	20	20	20	20	20
Извлекаемый фракционный состав, % по массе, не более						
при температурах: до 170°C	3	2	1,5	1,5	1,5	1,5
до 270°C	20	20	15	15	15	15
до 300°C	35	30	25	25	25	20
Температура размягчения остатка после отгонки фракций до 300°C, °C, не более	45	65	65	65	65	70
Содержание фенолов, % по массе, не более	5	3	2	2	2	2
Содержание нафталина, % по массе, не более	5	4	3	3	3	3

Примечание: Буква С обозначает вязкость. Цифра сверху обозначает диаметр сточного отверстия прибора в мм. Цифра внизу обозначает температуру материала при испытании, °C.

ЭБА-3; катионные - ЭБК-1, ЭБК-2, ЭБК-3. Ниже приведены методы испытаний эмульсий и требования к ним.

Определение смешиваемости эмульсий с минеральными материалами

Для проведения испытания необходимы весы технические до 1 кг 3-го класса точности, секундомер, сушильный шкаф, стеклянный цилиндр емкостью 100 мл, сосуд емкостью не менее 3 л, шпатель или лопатка фарфоровые.

а) Смешиваемость эмульсий с минеральными материалами плотного гранулометрического состава.

Готовят смесь из 270 г щебня, 200 г песка и 30 г минерального порошка. Смесь увлажняют 15 мл воды и тщательно перемешивают, а затем вливают в смесь 50 мл эмульсии и перемешивают в течение 45 с. Если эмульсия покрыла сплошной пленкой без ступицок вяжущего поверхность частиц каменного материала, то считают, что эмульсия хорошо смешивается с каменным остовом плотного состава.

б) Смешиваемость эмульсий с минеральными материалами пористого гранулометрического состава.

Для проведения испытания берут 325 г щебня, 175 г песка, смешивают их с 10 мл воды, затем добавляют 45 мл эмульсии и перемешивают смесь в течение 45 с.

Дальнейшее испытание и оценку смешиваемости производят по аналогии с испытанием, изложенным в пункте "а".

Определение сцепления пленки вяжущего с минеральными материалами

Для проведения испытания используют: весы технические до 1 кг не ниже 3-го класса точности, шкаф сушильный, секундомер, песочную баню, шпатель, стакан химический термостойкий емкостью не менее 500 мл, асбестовую сетку.

Пробу щебня промывают и высушивают в термостате при 105°C. Частицы щебня обвязывают ниткой, погружают в стакан с дистиллированной водой на 1-2 с, а затем 2-3 раза окунают в эмульсию и подвешивают на штативе. Через сутки каждую обработанную эмульсионную частицу щебня (щебенку) погружают в подвешенном на нитке состоянии в кипящую дистиллированную воду на 30 мин.

Если после испытания не менее 75% поверхности щебенки, обработанной эмульсионно-эмульсионной, и не менее 95% поверхности щебенки, обработанной катодно-эмульсионной, покрыты пленкой вещества, то считают, что пленка вещества хорошо прилипает к поверхности каменного материала.

Вспомогательные эмульсии с местными веществами и  
эмульсионные растворы

Эмульсию кероласта и индустриальную через сито с размером отверстий 1,25 мм. При использовании эмульсионной сетки сита предпочтительно использовать 1%-ный раствор едкого натра, а при использовании катодных эмульсий - 1%-ный раствор соляной кислоты.

Для проведения испытаний необходимы: весы технические до 1 кг с ценой 3-го класса точности; лавочная банка; весы лабораторные с ценой 100 мг; чашка измерительная емкостью 100 мл.

Чашку с эмульсионной и стеклянную палочку устанавливают на нагреваемую баню и выпаривают из эмульсионной воду. При выпаривании эмульсионную периодически перемешивают стеклянной палочкой. Когда выпаривание остатка в чашке станет зеркальной, нагрев прекращают, чашку с содержащим осадком в эксикаторе, а затем выветривают residue с палочкой.

Массовую долю вещества с эмульгатором вычисляют по формуле:

$$B = \frac{g_3 - g_1}{g_2 - g_1} 100$$

где  $g_1$  - масса чашки с палочкой, г;

$g_2$  - масса чашки с палочкой и эмульсией, г;

$g_3$  - масса чашки с палочкой и остатком после выпаривания воды и эмульсии, г.

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений. Максимальное расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 0,5%.

#### Определение однородности эмульсии

Для проведения испытания необходимы: шкаф сушильный лабораторный, весы технические до 1 кг не ниже 3-го класса точности, сито с сеткой № 014 в цилиндрической оправе из оцинкованной лести диаметром 100 и высотой 50 мм, эксикатор диаметром 200 мм, чашка выпарительная емкостью 250 мл, воронка стеклянная диаметром 110-120 мм, стакан стеклянный лабораторный емкостью 250 мл, сосуд емкостью не менее 2 л, штатив с кольцом.

Сито с размером отверстий 0,14 мм тщательно промывают карбисом, водой с моющим средством, а затем дистиллированной водой и сушат при комнатной температуре.

Сито помещают в чашку, взвешивают с точностью до 0,01 г, затем вынимают из чашки и обильно смачивают раствором щелочи при испытании анионных эмульсий или раствором кислоты при испытании катионных эмульсий.

Через сито процеживают 200 г эмульсии. При процеживании катионной эмульсии одновременно с ней в сито вливает раствор кислоты, а при процеживании анионной эмульсии - раствор щелочи. Стакан из под эмульсии и стеклянную палочку промывают раствором кислоты

или целочки и сливают его в сито. Остаток на сите также промывают.

Об однородности эмульсии судят по остатку, который вычисляют по формуле:

$$H = \frac{g_2 - g_1}{g_3} 100$$

где  $g_1$  - масса сита и чашки, г;

$g_2$  - масса сита с остатком и чашкой, г;

$g_3$  - масса эмульсии, г.

Максимальное расхождение между результатами параллельных испытаний не должно превышать 0,05%. За результат принимают среднее арифметическое значение результатов 2 параллельных определений.

#### Определение устойчивости эмульсии при хранении

При проведении испытания необходимы: шкаф сушильный, весы технические до 1 кг не ниже 3-го класса точности, сито с сеткой № 014 в цилиндрической оправе из жести диаметром 100 и высотой 50 мм, эксикатор диаметром 200 мм, стакан лабораторный емкостью 250 мл, сосуд емкостью 2 л, штатив с кольцом, 4 стеклянных цилиндра емкостью по 250 мл.

В каждый из 4 цилиндров наливают по 200 г эмульсии, плотно закрывают и испытывают через 7 и 28 суток на однородность.

#### Определение устойчивости при транспортировании

Для проведения испытания необходимы: аппарат для встряхивания жидкости в сосудах, две стеклянные плоскодонные колбы емкостью по 250 мл.

Пробы эмульсии по 200 мл каждая заливают в 2 чистые колбы, закрывают пробками и закрепляют на площадке встряхивающего прибора. Прибор включают и эмульсию встряхивают в течение 2 ч. Если за это время эмульсия не распалась, то она считается устойчивой при транспортировании.

### Требования к дорожным эмульсиям

Эмульсии должны состоять из частиц влажного маляка 0,14 мм. Массовая доля частиц крупнее 0,14 мм не должна превышать 0,5%. Условная вязкость эмульсии при 20°C должна быть не более 35 с.

По смешиваемости с минеральными материалами эмульсии в зависимости от класса должны соответствовать указанному в табл. 37 (ГОСТ 18659-81).

Таблица 37

Наименование показателя	Классы эмульсий		
	ЭБА-1, ЭБК-1	ЭБА-2, ЭБК-2	ЭБА-3, ЭБК-3
Смешиваемость со смесями минеральных материалов:			
пористого гранулометрического состава	не смешивается	смешивается	смешивается
плотного гранулометрического состава	не смешивается	не смешивается	смешивается

Анионные эмульсии классов ЭБА-1 и ЭБА-2 должны выдерживать испытание на сцепление со щебнем, при этом не менее 75% площади его поверхности должно оставаться покрытым пленкой влажного. При испытании на сцепление катионных эмульсий классов ЭБК-1, ЭБК-2 и ЭБК-3 не менее 95% площадей щебня должно быть покрыто пленкой влажного.

Эмульсии должны быть устойчивыми при транспортировании в течение: массовая доля частиц крупнее 0,14 мм через 7 суток должна быть не более 0,8% для анионных и 0,5% для катионных эмульсий. Через 30 суток — не более 1,2 и 0,8% для анионных и катионных эмульсий соответственно.

Показателям осыпания влажного, извлеченного из эмульсии, не должны отличаться от исходных более чем на 15%.

## Методы испытаний и оценка качества минерального порошка

Минеральный порошок играет большую роль в составе асфальтобетона. Он вместе с битумом образует асфальтовое вяжущее вещество, которое связывает частицы щебня и песка в монолит.

Лучшим по качеству является минеральный порошок из карбонатных горных пород / например, известняков /. Свойства таких порошков нормируются ГОСТ 16557-78, а их испытания производят по ГОСТ 12784-78.

Допускается использовать в соответствии с ГОСТ 9129 84 в качестве минеральных порошков измельченные основные металлы, окисляющие добавки в горячих и теплых смесях второй и третьей марок для плотного асфальтобетона, в смесях первой и второй марок для пористого и высокопористого асфальтобетона и в холодных смесях второй марки.

Можно использовать порошкообразные отходы промышленности в горячих и теплых смесях третьей марки для плотного асфальтобетона и первой и второй марок для пористого и высокопористого асфальтобетона.

Требования к минеральному порошку из карбонатных горных пород приведены в табл. 38, а к материалам, применяемым в качестве минерального порошка в табл. 39.

### Определение зернового состава минерального порошка

Для определения зернового состава минерального порошка необходимы: сушильный шкаф, эксикатор, весы технические не ниже второго класса точности, сосуд емкостью 6-10 л, фарфоровая чашка, вестек с резиновым наконечником, набор сит с сетками № 1,25, 0,63, 0,315, 0,15, 0,075.

Наименование показателей	Нормы для порошка	
	активирован-ного	неактивирован-ного
Зерновой состав, % по массе, не менее:		
мельче 1,25 мм	100	100
мельче 0,315 мм	95	90
мельче 0,071 мм	80	70
Пористость, % по объему, не более	30	35
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, % по объему, не более:		
при содержании глинистых примесей в порошке не более 5% $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ не более 1,7% по массе /	1,5	2,5
при содержании глинистых примесей в порошке не более 15% $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ не более по массе /	2,5	
Показатель битумоемкости, г, не более:		
при содержании глинистых примесей в порошке не более 5% $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ не более по массе /	50	65
при содержании глинистых примесей в порошке не более 15% $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ не более по массе /	65	-
Влажность, % по массе, не более	0,5	1,0

Наименование показателей	Нормы по видам материалов		
	Из основ- ных метал- лургичес- ких шлаков	Из зол и золо- шлаковых смесей	Из пыли уноса це- ментных заводов
Гранулометрический состав, % от массы, не менее:			
мельче 0,25 мм	100	100	100
мельче 0,315 мм	90	55	90
мельче 0,071 мм	70	35	70
Пористость, % от объема, не более	40	45	45
Набухание образцов из смеси кинерального порошка с битумом, % от объема, не более	2,5	не норми- руется	не норми- руется
Коэффициент водостойкости образцов из смеси порошка с биту- мом, не менее	0,7	0,6	0,8
Показатель битумоемкости, не более	100	100	100
Содержание водорастворимых сое- динений, % от массы, не более	не норми- руется	1	6
Влажность, % от массы, не более	1	2	2
Содержание окислов щелочных металлов, % от массы, не более	не норми- руется	не норми- руется	6
Потери при прокаливании, % от массы, не более	не норми- руется	20	не норми- руется
Содержание свободной окиси кальция	0	0	0

Пробу минерального порошка массой 100 г помещают в фарфоровую чашку, заливают небольшим количеством воды и растирают пестиком с резиновым наконечником в течение 2-3 минут. Воду со взвешенными в ней частицами выливают в сито с размером отверстий 0,071 мм, установленное над кастрюлей. Остаток частей порошка в чашке заливают водой, растирают и сливают в сито.

Эту операцию повторяют до тех пор, пока вода в чашке станет прозрачной. Частицы, оставшиеся на сите смывают в ту же фарфоровую чашку, где остались промытые частицы порошка.

Остаток в чашке сушат при 105 - 110 °С до постоянной массы. Сухой остаток просеивают через набор сит с сетками № 125, 063, 014, 0075. Остаток на каждом сите взвешивают и выражают в процентах по отношению к массе просеиваемой навески с точностью до 0,1%.

Расхождение между результатами двух параллельных испытаний не должно превышать 2% от общей массы навески. Общая потеря порошка при испытании также не должна быть более 2%.

#### Среднее значение пористости минерального порошка

Пористость минерального порошка подсчитывают по результатам определения его истинной плотности и средней плотности по формуле

$$V_{пор} = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\rho}\right) 100$$

где:  $\gamma_0$  - средняя плотность порошка, уплотненного нагрузкой 40 МПа, г/см<sup>3</sup> ;

$\rho$  - истинная плотность порошка, г/см<sup>3</sup>.

#### Определение истинной плотности неактивированного минерального порошка пикнометрическим методом

Для проведения испытания необходимы: пикнометр ёмкостью 100 веси технические и аналитические, вакуум-прибор, колба для промывания минерального порошка, термометр химический с ценой деления 1 °С.

сушильный шкаф, сита с размерами отверстий 1,25 и 0,14 мм, фарфоровая чашка.

Среднюю пробу порошка массой 200 г просеивают через сито с размерами отверстий 1,25 мм, высушивают до постоянной массы при 105-110 °С и охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры.

Отвешивают 2 навески порошка массой по 10 г на аналитических весах. Для испытания используют очищенный керосин, предварительно определив его плотность.

Навеску порошка всыпают в сухой, чистый предварительно взвешенный пикнометр и заливают керосином примерно на 2/3 его объема. Пикнометр с содержимым помещают в вакуум-прибор и выдерживают его там в течение часа при остаточном давлении не более 15 кПа. Затем в пикнометр доливают керосин до метки на его шейке, выдерживают 30 минут, снова доливают керосин до метки если его уровень понизился и взвешивают.

Истинную плотность подсчитывают по формуле:

$$\rho = \frac{m_2 \cdot \rho_k}{m_2 + m_1 - m_3}$$

где:  $m_2$  - масса сухого минерального порошка, г;

$\rho_k$  - плотность керосина при 20 °С, г/см<sup>3</sup>;

$m_1$  - масса пикнометра с уровнем керосина до метки на шейке пикнометра, г;

$m_3$  - масса пикнометра с минеральным порошком и керосином, г.

Плотность минерального порошка подсчитывают как среднее арифметическое результатов двух определений. Расхождение между результатами этих определений не должно превышать 0,02 г/см<sup>3</sup>.

#### Определение средней плотности минерального порошка, уплотнённого нагрузкой 40 МПа

Для проведения испытания необходим пресс с весами техническими, сушильный шкаф, эмалированный противень размером около

25x40 см, ступка фарфоровая, сито с размером отверстий 1,25 мм, кисть мягкая и форма металлическая / рис. /.

Минеральный порошок массой 1 кг высушивают до постоянной массы при температуре 105-110 °С, охлаждают, растирают в фарфоровой ступке для удаления комков порошка и просеивают через сито с отверстиями 1,25 мм.

Из этой пробы отвешивают 300г порошка и частями переносят в предварительно собранную форму, установленную на металлический поддон. Порошок распределяют по форме, прижимают вкладышем и уплотняют на прессе в течение 3 минут при давлении 40 МПа. Затем нагрузку снимают, а минеральный порошок в нижней части формы срезают вровень с краями. Излишек порошка тщательно собирают и взвешивают с точностью до  $\pm 0,5$  г.

Среднюю плотность порошка вычисляют по формуле:

$$\rho_c = \frac{m_1 - m_2}{V}$$

где:  $m_1$  - масса навески минерального порошка, г;

$m_2$  - масса остатка от навески минерального порошка после его уплотнения, г;

$V$  - объём формы / 100 см<sup>3</sup>/.

Среднюю плотность порошка вычисляют как среднее арифметическое результатов трёх измерений. Расхождение между результатами этих определений не должно превышать 0,02 г/см<sup>3</sup>.

#### Определение набухания образцов из смеси минерального порошка с битумом

Для проведения испытания необходимы: весы технические с приспособлением для гидростатического взвешивания, пресс гидравлический 1 т, сушильный шкаф, вакуум-прибор и термометр химический с ценой деления 1 °С., сито с размером отверстий 1,25 мм, ступка фарфоровая, сосуды ёмкостью 0,5-1,5 л и 2-3л, чашка металлическая, форма для уплотнения образцов.

Из средней пробы берут 100г минерального порошка и нагревают активированный порошок до 135-140 °С, а неактивированный - до 150-160 °С. В порошок вводят битум с температурой 140-150 °С и перемешивают в течение 5-6 минут до полного и равномерного объединения порошка с битумом.

Ориентировочное количество битума при перемешивании с активированным порошком составляет 8-15%, с неактивированным - 13-18%, а с порошкообразными материалами в пределах 20-30%.

Форму нагревают до 80-90 °С и засыпают в нее 25-30г смеси порошка с битумом. Смесь уплотняют при нагрузке 10 МПа в течение 3 мин. Затем образцы помещают в сосуд с водой и устанавливают его в вакуум-прибор на 1,5 часа при остаточном давлении не более 2 кПа. Потом давление доводят до нормального, выдерживают 1 час.

После этого образцы выдерживают при 60 °С в течение 4 часов. Затем образцы при 20 °С выдерживают в воде в течение 15-20 часов.

Набухание образцов вычисляют с точностью до 0,1% по формуле:

$$H = \frac{(m_2 - m_3) - (m - m_1)}{m - m_1}$$

где:  $m$  - масса образца, взвешенного на воздухе, г;

$m_1$  - масса образца, взвешенного в воде, г;

$m_2$  - масса образца на воздухе после насыщения водой, г;

$m_3$  - масса образца в воде после насыщения водой, г;

#### Определение содержания водорастворимых соединений

Для проведения испытания необходимы: сушильный шкаф, обратный холодильник, эксикатор, стеклянные эсксы 50 мл, весы аналитические, песчаная баня, колбы конические 2 шт по 250 мл, колба для промывания и фильтровальная бумага.

Навеску порошка 20 г высыпают в коническую колбу, заливают 100 мл дистиллированной воды. На колбу закрепляют обратный холодильник. Содержимое колбы кипятят в течение 1 часа и охлаждают

до комнатной температуры.

Образовавшуюся водную вытяжку выливают во вторую колбу через фильтр, предварительно смоченный водой. Остаток в первой колбе промывают и смывают через фильтр во вторую колбу. Фильтрат из второй колбы выливают в стеклянный бюкс и выпаривают до постоянной массы и после охлаждения взвешивают с точностью до 0,01 г.

Содержание водорастворимых соединений вычисляют по формуле:

$$A = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100$$

где:  $m$  - масса первоначальной пробы порошка, г;

$m_1$  - масса бюкса с сухим остатком порошка, г.;

$m_2$  - масса бюкса, г.;

Содержание водорастворимых соединений вычисляют как среднее арифметическое результатов двух определений. Расхождение между результатами параллельных определений не должно быть более 0,03%.

## 6. Методы испытаний и оценки качества материалов на органических вяжущих

В дорожном строительстве применяют различные виды материалов, обработанных органическими вяжущими материалами, для устройства оснований и покрытий способом полупропитки и пропитки, смещения на дороге и в установке. Наиболее высокими показателями свойств обладают бетоны на различных органических вяжущих, методы испытаний которых одинаковы с методами испытаний асфальтобетонов (ГОСТ 12801-84), приведенных в данном разделе.

### Определение плотности асфальтобетона

Для проведения испытаний используют: весы гидростатические, стеклянный сосуд емкостью 2-3 литра.

Плотность асфальтобетона определяют с помощью гидростатического взвешивания. Образцы асфальтобетона взвешивают на воздухе с точностью до 0,01 г. Затем погружают на 30 мин в сосуд с водой. После этого образцы вытирают, взвешивают на воздухе, а потом в воде. Температура воды в процессе взвешивания должна быть 20-22°C.

Плотность асфальтобетона определяют по формуле:

$$\rho = \frac{g_0 \delta}{g_1 - g_2}$$

где  $g_0$  - масса образца, на воздухе, г

$g_1$  - масса образца, выдержанного в воде в течение 30 мин, на воздухе, г;

$g_2$  - масса образца в воде, г;

$\gamma$  - плотность воды, принимаемая равной 1 г/см<sup>3</sup>.

За величину плотности принимают среднее арифметическое результатов определенных плотности трех образцов. Расхождения между результатами их испытаний не должны превышать 0,02 г/см<sup>3</sup>.

Определение плотности минерального остова  
асфальтобетона

Плотность минерального остова асфальтобетона рассчитывают по плотности асфальтобетона и соотношения в нем компонентов. Плотность минерального остова асфальтобетона вычисляют по формуле:

$$\rho_0 = \frac{\rho q_0}{q_0 + q_b}$$

где  $\rho$  - плотность асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>;

$q_0$  - содержание минеральных материалов в асфальтобетоне, % от массы (принимается равным 100%);

$q_b$  - содержание битума (вязкого материала) в асфальтобетоне, % от массы (сверх 100% минеральной части асфальтобетона);

Определение истинной плотности минеральной части  
асфальтобетона расчетным методом

Расчет производится по результатам определения истинной плотности минеральных составляющих асфальтобетона: щебня, песка, минерального порошка. Истинную плотность минеральной части асфальтобетона вычисляют по формуле:

$$\rho_0 = \frac{100}{\frac{q_1}{\rho_1} + \frac{q_2}{\rho_2} + \frac{q_3}{\rho_3} + \dots + \frac{q_n}{\rho_n}}$$

где  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots, \rho_n$  - истинная плотность компонентов минеральной части асфальтобетона (щебня, песка, минерального порошка), г/см<sup>3</sup>;

$q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$  - содержание компонентов минеральной части асфальтобетона, % от массы.

Определение истинной плотности асфальтобетона  
расчетным методом

Истинную плотность асфальтобетона можно рассчитать по результатам определения истинной плотности минеральной части асфальтобетона, битума и содержания материалов в асфальтобетоне по формуле:

$$\gamma_a = \frac{\varphi_m + \varphi_b}{\frac{\varphi_m}{\gamma_0} + \frac{\varphi_b}{\gamma_b}}$$

- где  $\gamma_0$  - истинная плотность минеральной части асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>;
- $\gamma_b$  - плотность битума, г/см<sup>3</sup>;
- $\varphi_m$  - содержание минеральных материалов в асфальтобетоне, % от массы (принимает за 100%);
- $\varphi_b$  - содержание битума в асфальтобетоне, % от массы (сверх 100% минеральных материалов в асфальтобетоне).

#### Определение пористости минерального остова асфальтобетона

Пористость минерального остова асфальтобетона вычисляют по формуле:

$$V_{пор} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\gamma_0}\right) 100$$

- где  $\rho$  - средняя плотность минерального остова асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>;
- $\gamma_0$  - истинная плотность минерального остова асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>.

Пористость минерального остова асфальтобетона вычисляют с точностью до 0,1%.

#### Определение остаточной пористости асфальтобетона

Остаточную пористость асфальтобетона вычисляют по формуле:

$$V_{пор} = \left(1 - \frac{\rho_a}{\gamma_a}\right) 100$$

- где  $\rho_a$  - средняя плотность асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>;
- $\gamma_a$  - истинная плотность асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>.

#### Определение водонасыщения асфальтобетона

Для определения водонасыщения асфальтобетона необходимы: вакуум-прибор, весы гидростатические или технические с приспособлением для гидростатического взвешивания не ниже 2-го класса точ-

ности, термометр ртутный с ценой деления шкалы 1°С, сосуд емкостью 2,5-3 л.

Асфальтобетон помещают в сосуд с водой. Температура воды 20 ± 0,2°С, уровень над образцами не менее 3 см. Сосуд с образцами помещают в вакуум прибор и создают остаточное давление в нем 2000 Па. Через 1 ч 30 мин давление доводят до атмосферного и выдерживают образцы в воде с температурой 20 ± 2°С 1 час. После этого асфальтобетон вынимают из воды, вытирают мягкой тканью и взвешивают на воздухе и в воде с точностью до 0,01 г.

Водонасыщение асфальтобетона вычисляют по формуле:

$$W = \frac{g_3 - g_0}{g_1 - g_2} \cdot 100$$

где  $g_0$  — масса сухого, не насыщенного водой образца на воздухе, г;

$g_1$  — масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде, и взвешенного на воздухе, г;

$g_2$  — масса того же образца в воде, г;

$g_3$  — масса насыщенного водой образца на воздухе, г.

Водонасыщение определяют с точностью до 0,1. Расхождение между наибольшим и наименьшим результатом трех определений не должно превышать 0,5%.

#### Определение набухания асфальтобетона

При определении набухания асфальтобетона используют показатели, полученные при определении плотности и водонасыщения асфальтобетона.

Набухание асфальтобетона после насыщения его водой определяют по формуле:

$$f = \frac{(g_3 - g_4) - (g_1 - g_2)}{g_1 - g_2} \cdot 100$$

где  $g_1$  — масса асфальтобетона, выдержанного в течение 30 мин в воде и взвешенного на воздухе, г;

$g_2$  — масса того же образца в воде, г;

$g_3$  — масса насыщенного образца на воздухе, г;

$g_4$  — масса насыщенного образца в воде, г.

Расхождение между наибольшими и наименьшими результатами трех определений не должно превышать 0,2%.

#### Определение предела прочности при сжатии

Для проведения испытаний необходимы: пресс механический 50-100 кН, сосуды емкостью 3-8 л для термостатирования образцов, термометр ртутный с ценой деления 1°C.

Предел прочности при сжатии асфальтобетонных образцов определяют с помощью механического прессы при скорости деформирования образца 3 0,5 мм/мин. При прочности образцов менее 1,5 МПа точность силоизмерителя должна быть не менее 0,05 МПа, а при прочности более 1,5 МПа — соответственно не менее 0,1 МПа.

Образец после термостатирования ставят в центре нижней плиты прессы, затем опускают верхнюю плиту, не доводя ее до поверхности образца на 1-1,5 мм. Затем включают электродвигатель и начинают нагружать образец. Во избежание остывания образца при соприкосновении с металлическими плитами под образец подкладывают прокладки из плотной бумаги.

Для равномерной передачи усилия на образец можно использовать дополнительное шарнирное устройство. Разрушающую нагрузку определяют при максимальном показании силоизмерителя.

Предел прочности при сжатии вычисляют по формуле:

$$R_{\text{сф}} = \frac{P}{S}$$

где  $P$  - разрушающая нагрузка,

$S$  - первоначальная площадь поперечного сечения образца, см<sup>2</sup>.

За результат определения принимают среднее арифметическое значений испытаний трех образцов. Расхождение между результатами испытаний этих образцов не должно превышать 10%. При отсутствии механических прессов испытания можно, в виде исключения, производить на гидравлических прессах с максимальным усилием не более 10 т при скорости ходового хода поршня 3±0,5 мм/мин. Не разрешается использовать для испытаний гидравлические прессы с ручным приводом.

#### Определение коэффициента водостойкости асфальтобетона

Коэффициент водостойкости асфальтобетона при температуре 20°C подсчитывают по результатам его испытаний на сжатие по формуле:

$$K_b = \frac{R_{20}^{\text{вог}}}{R_{20}^{\text{сух}}}$$

где  $R_{20}^{\text{вог}}$  - предел прочности при сжатии асфальтобетона при 20°C после его водонасыщения, МПа;

$R_{20}^{\text{сух}}$  - предел прочности при сжатии асфальтобетона при 20°C в сухом состоянии, МПа.

#### Определение водостойкости асфальтобетона при длительном водонасыщении

При проведении испытания используют: пресс с механическим приводом и максимальным усилием 50 кН, вакуум-прибор, сосуды емкостью 3-3 л для термостатирования образцов, термометр ртутный с ценой деления шкалы 1°C.

Перед испытанием образцы взвешивают на воздухе и в воде. Затем производят водонасыщение асфальтобетонных образцов, а потом переносят в сосуд с водой, где их выдерживают в течение 15 суток. Температура воды в процессе испытания должна быть 20±2°C. По исте-

через 15 суток образцы извлекают из воды, обтирают мягкой тканью, взвешивают на воздухе и в воде.

По результатам взвешивания подсчитывают длительное набухание асфальтобетонных образцов по формуле:

$$H_{lg} = \frac{(g_5 - g_0) - (g_1 - g_2)}{g_1 - g_2} \cdot 100$$

где  $g_1$  — масса образца, выдержанного в воде в течение 30 мин и взвешенного на воздухе, г;

$g_2$  — масса того же образца в воде, г;

$g_5$  — масса образца на воздухе после 15 суток выдерживания в воде, г;

$g_0$  — масса того же образца в воде, г.

Коэффициент водостойкости асфальтобетона после длительного водонасыщения определяют по формуле:

$$K_{6g} = \frac{R_{20}^{\prime 60g}}{R_{20}^{сух}}$$

где  $R_{20}^{\prime 60g}$  — предел прочности при сжатии асфальтобетонного образца при 20°C после его длительного водонасыщения, МПа;

$R_{20}^{сух}$  — предел прочности при сжатии сухого асфальтобетонного образца при 20°C, МПа.

Асфальтобетонные смеси в зависимости от вязкости использованного битума и условий применения подразделяют на виды:

горячие — приготовленные с использованием вязких битумов, применяемые сразу после изготовления и имеющие температуру не ниже 120°C;

теплые — приготовленные с использованием вязких битумов повышенной вязкости или жидких битумов, применяемые непосредственно после изготовления и имеющие температуру не ниже 70°C;

холодные — приготовленные с использованием жидких битумов, применяемые сразу после изготовления или длительного хранения и имеющие температуру не ниже 5°C.

Горячие и теплые смеси в зависимости от наибольшего размера частиц минерального материала подразделяются на:

крупнозернистые — с частицами размером до 40 мм,

мелкозернистые — с частицами размером до 20 мм,

песчаные — с частицами размером до 5 мм.

Асфальтобетоны из горячих и теплых смесей в зависимости от пористости подразделяют на:

плотные с остаточной пористостью от 2 до 7%,

пористые с остаточной пористостью от 7 до 12%,

высокопористые с остаточной пористостью от 12 до 18%.

#### Требования к горячему и тепловому асфальтобетону

Требования к гранулометрическому составу горячих и теплых асфальтобетонов приведены в табл. 40. Требования к горячему и тепловому асфальтобетону для устройства верхних слоев покрытий даны в табл. 41, а для нижних слоев покрытий и оснований — в табл. 42. Требования к материалам для приготовления асфальтобетонных смесей приведены в ГОСТ 9128-84.

#### Определение слеживаемости холодных асфальтобетонных смесей

Слеживаемость холодных асфальтобетонных смесей определяют с помощью прибора для определения слеживаемости (рис. 11). Для испытания готовят три образца. Перед испытанием их выдерживают в течение 4 ч при  $15 \pm 2^\circ\text{C}$ . Образец укладывают на подставку, а острие конуса вводят в отверстие образца. Груз поднимают до упорного кольца, а затем отпускают его. Удары груза по конусу повторяют до тех пор, пока образец полностью разрушится или острие конуса коснется подставки.

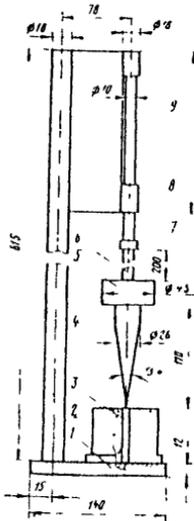


Рис. II. Прибор для определения слёживаемости холодной асфальтобетонной смеси :

1-основание с подставкой; 2-образец; 3-отверстие в образце; 4-конусный наконечник; 5-Груз; 6-штанга; 7-упорное кольцо; 8-направляющая втулка; 9-рысь на штанге

Обозначение типа смеси	Содержание, %, зерен различных фракций, мм:									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	0,075

Мелкозернистые  
типы

## Предельные зерновые составы

А	95-100	73-100	60-100	30-50	24-30	17-28	10-20	5-15	6-11	4-10
Б	95-100	85-100	70-100	50-65	38-52	28-39	20-29	11-15	6-11	6-12
В	95-100	<b>88-100</b>	<b>80-100</b>	65-80	52-60	39-53	29-47	15-20	12-20	6-11

## Получные типы:

Г	-	-	-	95-100	68-83	45-67	20-50	11-15	11-14	3-13
Д	-	-	-	95-100	74-93	50-68	37-50	17-25	17-33	10-16

Мелкозернистые  
типы

## Предельные зерновые составы

А	95-100	78-100	60-100	30-50	2-30	2-30	10-20	11-23	0-15	4-10
Б	95-100	<b>85-100</b>	<b>70-100</b>	50-65	40-50	32-51	17-25	11-20	11-23	6-12

(Продолжение таблицы "4")

Наименование и тип смеси	Составление, зерен неметаллического материала, мм:										
	4	20	10	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,075
Плотные, крупнозерни- стые типов:	Непрерывные зерновые составы										
	А	95-100	65-80	55-70	45-62	35-50	24-38	17-28	12-20	9-15	6-11
Б	95-100	78-86	70-80	62-74	50-65	38-62	28-39	20-29	14-22	9-15	5-12
	Прерывистые зерновые составы										
	А	95-100	65-80	55-70	45-62	35-50	22-30	22-50	18-50	14-23	8-15
Б	95-100	78-86	70-80	62-74	50-65	40-65	34-65	27-65	20-40	14-23	6-12
Пористые и высокопорис- тые крупно- и мелкозер- нистые	непрерывные зерновые составы										
	95-100	70-100	57-100	45-76	27-65	13-60	10-38	7-23	4-22	3-15	2-8
Высокопорис- тые песчаные	"	"	-	-	95-100	68-100	45-100	23-83	13-73	10-45	10
Пористые и вы- сокопористые крупно- и мел- козернистые	Прерывистые зерновые составы										
	95-100	65-100	54-100	42-83	30-65	25-65	18-65	12-65	8-40	5-22	2-8



(Продолжение таблицы 41)

Наименование показателей	Требования к асфальтобетонам из смесей марок								
	I			II			III		
	для дорожно-климатических зон								
	I	II, III	IV, V	I	II, III	IV, V	I	II, III	IV, V
Водонасыщение, % от объема асфальтобетона типа:									
А	2,0-3,5	2,0-5,0	3,0-7,0	2,0-3,5	2,0-5,0	3,0-7,0	2,0-3,5	2,0-5,0	3,0-7,0
Б и Г	1,5-3,0	1,5-4,0	2,5-6,0	1,5-3,0	1,5-4,0	2,5-6,0	1,5-3,0	1,5-4,0	2,5-6,0
В и Д	1,0-2,5	1,0-4,0	2,5-6,0	1,0-2,5	1,0-4,0	2,5-6,0	1,0-2,5	1,0-4,0	2,5-6,0
Остаточная пористость, % от объема	2,5-3,5	2,0-5,0	3,0-7,0	2,5-3,5	2,0-5,0	3,0-7,0	2,5-3,5	2,0-5,0	3,0-7,0
Коэффициент водостойкости, не менее	$\frac{0,95}{0,90}$	$\frac{0,90}{0,80}$	$\frac{0,85}{0,75}$	$\frac{0,90}{0,85}$	$\frac{0,85}{0,75}$	$\frac{0,80}{0,70}$	$\frac{0,85}{0,80}$	$\frac{0,75}{0,70}$	$\frac{0,70}{0,60}$
Коэффициент водостойкости после длительного водона- сыщения, не менее	$\frac{0,90}{0,85}$	$\frac{0,85}{0,75}$	$\frac{0,75}{0,70}$	$\frac{0,85}{0,80}$	$\frac{0,75}{0,65}$	$\frac{0,70}{0,60}$	$\frac{0,75}{0,70}$	$\frac{0,65}{0,60}$	$\frac{0,60}{0,50}$
Набухание, % от объема, не более	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{0,5}{0,7}$	$\frac{0,5}{0,7}$	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{1,0}{1,5}$	$\frac{1,5}{1,7}$	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{1,0}{1,5}$	$\frac{1,5}{1,7}$

Примечание: в числителе приведены требования к асфальтобетону из горячих смесей,  
в знаменателе - из теплых смесей.

Наименование показателей	Нормы для асфальтобетона из смесей шпорок	
	I	II
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее при температурах:		
а) 20°C		
пористого асфальтобетона	1,8	1,5
высокопористого асфальтобетона	1,4	1,2
б) 50°C		
пористого асфальтобетона	0,7	0,5
высокопористого асфальтобетона	0,5	0,4
Пористость минерального остова, % от объема не более:		
пористого щебеночного (гравийного)	23	23
высокопористого щебеночного (гравийного)	24	24
высокопористого песчаного	28	28
Водонасыщение, % от объема не более:		
пористого асфальтобетона	12	12
высокопористого асфальтобетона	18	18
Коэффициент водостойкости, не менее	0,7	0,6
Коэффициент водостойкости после длительного водонасыщения, не менее	0,6	0,5
Побухание, % от объема не более	1,0	2,0

За условный показатель слеживаемости холодной асфальтобетонной смеси принимают количество ударов, необходимое до полного раздробления образца.

Показатель слеживаемости вычисляют как среднее арифметическое результатов испытания трех образцов. Расхождение между результатами испытаний отдельных образцов из одного замеса не должно быть более двух ударов.

#### Требования к холодному асфальтобетону

Требования к гранулометрическому составу холодных асфальтобетонных смесей приведены в табл. 43, а к свойствам холодного асфальтобетона в табл. 44.

Таблица 45

Наименование и тип смеси	Содержание, %, зерен кукурузного масла для мольбы, мм:									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,625	0,3125	0,15625	0,078125
Мелкозернистая типа В <sub>х</sub>	95-100	85-100	70-100	50-65	32-50	21-36	14-29	10-22	9-16	8-12
Мелкозернистая типа В <sub>х</sub>	95-100	88-100	80-100	65-80	50-60	39-49	29-38	22-31	16-22	12-17
Песчаные типов Г <sub>х</sub> и Д <sub>х</sub>	-	-	-	95-100	65-82	46-58	26-54	18-43	14-30	12-20

Таблица 44

Наименование показателей	Нормы для асфальтобетона	
	1	2
Предел прочности при сжатии, МПа, при 20°C, не менее:		
а) до прогрева асфальтобетона типа		
$B_x, B_x$	1,5	1,0
$\Gamma_x$	1,7	-
$A_x$	-	1,1
б) после прогрева асфальтобетона типа		
$B_x, B_x$	1,8	1,3
$\Gamma_x$	2,0	-
$A_x$	-	1,5
Пористость минерального остова, % от объема, не более, асфальтобетона типа:		
$L_x$	18	18
$B_x$	20	20
$\Gamma_x$ и $A_x$	21	21
Водонасыщение, % от объема	5-9	5-9
Остаточная пористость, % от объема	6-10	6-10
Коэффициент водостойкости, не менее		
а) до прогрева	0,75	0,60
б) после прогрева	0,90	0,80
Коэффициент водостойкости после длительного водонасыщения не менее		
а) до прогрева	0,5	0,4
б) после прогрева	0,75	0,65
Набухание, % от объема, не более	1,2	2,0
Слеживаемость по числу ударов, не более	10	10