

Министерство образования Российской Федерации
Владимирский государственный университет
Кафедра автомобильных дорог

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Методические указания
к курсовому и дипломному проектированию

Составители
Л.И. Самойлова
Г.В. Проваторова
Г.Е. Абрамова

Владимир 2001

УДК 625.7/8.05(075.8)

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент
Владимирского государственного университета
Э.Ф. Семехин

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Материалы для строительства автомобильных дорог: Метод. указания к курсовому и дипломному проектированию / Владим. гос. ун-т; Сост.: Л.И. Самойлова, Г.В. Проваторова, Г.Е. Абрамова. Владимир, 2001. 32 с.

Приведены сведения по классификации, основным свойствам и области применения важнейших материалов, используемых при строительстве дорог и аэродромов, технические требования к этим материалам.

Предназначены для студентов очной, заочной форм обучения специальности 291000 – автомобильные дороги и аэродромы при выполнении курсовых, дипломного проектов по дисциплине “Технология и организация строительства автомобильных дорог”, при изучении дисциплины “Строительные материалы и изделия”. Методические указания могут быть полезными также для работников производства, занимающихся контролем качества строительства автомобильных дорог.

Табл. 34. Библиогр.: 25 назв.

УДК 625.7/8.05(075.8)

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Дорожно-строительные работы должны быть выполнены с высоким качеством при снижении их стоимости. Поиск новых вяжущих, позволяющих снизить расход битума и цемента, а также материалов, заменяющих традиционные каменные материалы, является одной из проблем дорожного строительства.

Качество местных материалов, как правило, ниже требований стандартов, и их использование в конструкции дорожных одежд вызывает необходимость принятия ряда мер для улучшения их физико-механических свойств и повышения качества.

Использование новых материалов, совершенствование технологии строительства и содержания дорог потребовали выпуска новых нормативно-технических документов на материалы. В методических указаниях отражены все *новые ГОСТы* и сведения о дорожно-строительных материалах. К материалам и изделиям для дорожного строительства относятся грунты, укрепленные вяжущим, щебень и гравий, каменные материалы, обработанные вяжущим, асфальтобетонные и цементобетонные смеси, железобетонные плиты.

В курсовых и дипломном проектах при конструировании дорожной одежды в зависимости от технической категории дороги и дорожно-климатической зоны района строительства выбираем дорожно-строительные материалы, учитывая при этом их наличие в данном регионе. В выборе того или иного вида материала помогут методические указания, во втором разделе которых приведена *область применения дорожно-строительных материалов*.

При выполнении курсовых и дипломного проектов по дисциплине “Технология и организация строительства автомобильных дорог” необходима разработка технологических карт на строительство дорожной одежды. В состав технологической карты входит разработка раздела “*Материально-технические ресурсы*”.

В этот раздел записываются все требования по гранулометрическим составам и величинам физико-механических характеристик для выбранных материалов в конструкции дорожной одежды. В данных методических указа-

заниях в третьем разделе собраны и обобщены все *требования к дорожно-строительным материалам по ГОСТам* на стадии входного и операционного контроля качества строительства автомобильной дороги.

Во *входном контроле качества* предъявляются требования по физико-механическим показателям к исходному сырью (грунт, вяжущее, каменные материалы), которое вывозится для приготовления, укладки материала на дороге, или требования к полуфабрикату и изделию, изготавливаемому на заводе, которое привозится и укладывается на дороге (черный щебень, асфальтобетонная и цементобетонная смеси, железобетонные плиты).

В *операционном контроле качества* описываются требования по физико-механическим свойствам к готовому материалу, уложенному и уплотненному в основании или покрытии дорожной одежды.

2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДОРОЖНО–СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1. Грунты, укрепленные вяжущими, применяют для устройства дорожных оснований под усовершенствованные капитальные и облегченные типы покрытия, а также для устройства покрытий переходных и низших типов дорожных одежд. В качестве *неорганического вяжущего* используют: портландцемент, шлакопортландцемент, воздушную комовую и молотую (негашеную и гашеную) известь, металлургический шлак, золу и шлак тепловых электростанций.

Органические вяжущие, применяемые для укрепления грунтов, - нефтяные и сланцевые жидкие битумы, анионная прямого типа медленно распадающаяся битумная эмульсия, каменноугольные жидкие дегти, высокосмолистая нефть.

Комплексное вяжущее состоит из основного и добавки в количестве 0,1 – 3 %, вводимой с целью удлинить строительный сезон, повысить прочность и морозоустойчивость материала, производство работ в переувлажненных грунтах, уменьшить расход основного вяжущего и т.д. Основным может быть неорганическое или органическое вяжущее в количестве уменьшенном на 30 %, а в качестве добавки используют поверхностно-активные и кремнийорганические вещества, неорганическое или органическое вяжущее.

Приготовление смеси грунта с вяжущим осуществляется способами *смешения на дороге* дорожной фрезой, однопроходной грунтосмесительной машиной или автогрейдером, а также в карьерной грунтосмесительной *установке*. Свойства грунтов, укрепленных вяжущими, приведены в табл. 1.

По физико-механическим свойствам грунты, укрепленные неорганическим вяжущим, по ГОСТ 23558-94 [12] подразделяются на 3 класса прочности, а укрепленные комплексным вяжущим – на 2 класса.

Т а б л и ц а 1

ОСНОВАНИЯ ИЗ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

Категория доро- ги	Вид вяжущего	Предел прочности, МПа				Набуха- ние, % объема	Кoeffи- циент морозо- стойкости
		на сжатие			на растя- жение при изгибе		
		При 20 °С	при 50 °С	Водонасы- щенных			
1	Неорганическое	6,0	-	-	1,0	-	0,75
	Комплексное	4,0	2,0	-	1,0	-	0,85
2	Неорганическое	4,0	-	-	0,8	-	0,75
	Комплексное	2,5	1,6	-	0,8	-	0,85
3	Неорганическое	2,0	-	-	0,6	-	0,70
	Комплексное	1,5	1,2	-	0,4	2	0,70
4	Неорганическое	1,2	-	-	0,2	-	0,65
	Комплексное	1,2	1,0	0,7	0,4	4	0,70
	Органическое	1,0	0,5	0,6	-	4	0,60

Примечание. Показатели относятся к образцам, укрепленным цементом в воз- расте 28 сут, известью, шлаками – в возрасте 90 сут.

Расход вяжущего приведен в табл. 2 в зависимости от дорожно- климатической зоны (ДКЗ).

Т а б л и ц а 2

ВЯЖУЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Наименование технологии	Вид укрепляе- мого материала	Наименование вяжущего	Количество вяжу- щего, % массы	ДКЗ
1	2	3	4	5
Смешением	Щебень	Цемент М500 – 300, известь	5 – 15	–
	Щебень, грунт	Шлак, зола уноса	10 – 30	
	Пески	Цемент М500 – 300, известь	4 – 8	
	Супеси	То же	6 – 12	
	Суглинки	„	8 – 14	
	Глины	„	10 – 15	
Смешением	Щебень	Битум СГ 40/70, МГ 40/70	7 – 9	II – III
	Щебень	Битум СГ 70/130, МГ 70/130	5 – 7	IV
	Щебень, грунт	Эмульсия ЭБА-3, ЭБК-3	10 – 20	II – IV
	Пески	Битум СГ 40/70, 70/130	3 – 5	То же
	Супеси	То же	5 – 9	„
	Суглинки	„	8 – 13	„
Пропитка	Щебень	Битум БНД 130/200	СНиП IV-5-82 [19]	I
		Битум БНД 90/130		II – III
		Битум БНД 60/90		IV
		Эмульсия ЭБА-2, ЭБК-2		I – IV
Поверхност- ная обработка	Щебень	Битум БНД 130/200	То же	I
		Битум БНД 90/130		II – III
		Битум БНД 60/90		IV
		Эмульсия ЭБА-1, ЭБК-1		I – IV

1	2	3	4	5
Подгрунтовка	Любой	Битум БНД 90/130 Битум СГ 70/130, МГ 70/130 Эмульсия ЭБА-1, ЭБК-1	СНиП IV-5-82 [19]	II – III То же I – IV
Уход	Цементобетон	Битум СГ 70/130, МГ 70/130 Эмульсия ЭБА-1, ЭБК-1	То же	II – III I – IV

Примечание. Марка битумной эмульсии согласно ГОСТ 18659-81 [8].

2.2. Щебеночные и гравийные основания применяют при наличии щебня и гравия как местных материалов для устройства дорожных оснований под усовершенствованные капитальные и облегченные типы покрытия, а также при стадийном строительстве для устройства покрытий переходных типов дорожных одежд.

Работы по устройству щебеночных слоев производят *методом оптимальных (плотных) смесей или методом заклинки*. Для строительства нижних слоев дорожной одежды *методом оптимальных (плотных) смесей* применяют песчано-щебеночные (песчано-гравийные) смеси фракций 0 – 70, 0 – 120 мм, для верхних слоев дорожной одежды смеси фракций 0 – 70, 0 – 40 мм.

При *методе заклинки* в качестве основного материала используют щебень фракций 40 – 70, 70 – 120 мм в нижних слоях и щебень фракций 40 – 70, 20 – 40 мм в верхних слоях дорожной одежды.

В качестве расклинивающего материала применяют щебень фракций 5 – 10, 10 – 20 и 20 – 40 мм.

Количество расклинивающих фракций при использовании щебня в основании дорожной одежды допускается 2 (щебень фракций 5 – 20, 20 – 40 мм) и при использовании щебня осадочных пород марки по прочности менее 600 – 1 (щебень фракций 10 – 40 мм) или без использования расклинивающего материала. Прочность расклинивающего материала может быть на марку ниже прочности основного. Гравийные слои устраивают только методом оптимальных смесей.

Минимальная толщина слоя щебня, устраиваемого на каменном основании, назначается 8 см, на песчаном основании – 15 см. Назначение максимальной толщины слоя щебня H_{\max} зависит от выбранного типа катка: гладковальцовые катки - $H_{\max} = 15 - 20$ см; пневмокотки - $H_{\max} = 25$ см; виброкатки - $H_{\max} = 30$ см.

Соотношение толщины слоя $H_{\text{щ}}$ и максимального размера щебня D_{\max} :

$$H_{\text{щ}} = (1,5 - 3) D_{\max},$$

где 1,5 – для малопрочного щебня, 3 – для высокопрочного щебня.

Область применения щебня и гравия приведена в табл. 3.

ЩЕБЕНОЧНЫЕ И ГРАВИЙНЫЕ ОСНОВАНИЯ

Категория дороги	Марка			Дорожно- климатическая зона
	по дробимости при сжатии в цилиндре	по истираемости в полочном барабане	по морозостой- кости, F	
1	800	И 2	15	IV
			25	III
			50	II
			100	I
2	600	И 3	15	III
			25	II
			50	I
3	600	И 3	15	III
			25	II
			50	I
4	400	И 4	15	II
			25	I

2.3. Щебень, обработанный вяжущим, применяют в качестве оснований и покрытий дорожных одежд.

Обработка щебня *неорганическим вяжущим* производится *методом смешения* щебня с вяжущим *на дороге* автогрейдером, а также *в мешалке* принудительного действия. В качестве неорганического вяжущего используют: портландцемент, шлаковый, пуццолановый и магнезиальный портландцементы, комовую, молотую и гидрофобную негашеную и гашеную известь, металлургический и топливный шлаки, золу уноса ТЭЦ.

Для нижних слоев дорожной одежды применяют оптимальные песчано-щебеночные (песчано-гравийные) смеси фракций 0 – 70, 0 – 120 мм, для верхних слоев - смеси фракций 0 – 40, 0 – 70 мм.

Область применения щебеночно-гравийно-песчаных смесей, обработанных неорганическим вяжущим, приведена в табл. 4 согласно ГОСТ 23558-94 [12]. Расход вяжущего в процентах от массы смеси приведен в табл. 2.

Обработка щебня *органическим вяжущим* производится *методом смешения* щебня с вяжущим *на дороге* автогрейдером, а также *в мешалке* принудительного действия (*черный щебень*), *методом пропитки* щебня путем россыпи фракционированного щебня и розлива в 2 – 3 приема органического вяжущего. Пропитка щебня вяжущим на глубину 8 – 10 см называется *глубокой пропиткой*, на глубину 4 – 6 см - *полупропиткой*.

Органические вяжущие, применяемые для обработки щебня *методом смешения на дороге*, - нефтяные и сланцевые *жидкие битумы*, анионная или катионная прямого типа средне и медленно распадающаяся битумная эмульсия, каменноугольные жидкие дегти, высокосмолистая нефть.

ЩЕБЕНЬ, ОБРАБОТАННЫЙ НЕОРГАНИЧЕСКИМ ВЯЖУЩИМ

Категория Дороги	Предел прочности, МПа		Дорожно-клима- тическая зона	Марка по моро- зостойкости, <i>F</i>
	на сжатие	на растяжение при изгибе		
1	7,5	1,5	IV	15
			II – III	25
			I	50
2	6,0	1,2	IV	15
			II – III	25
			I	50
3	4,0	0,8	IV	10
			III	15
			II	25
			I	50
4	2,0	0,4	III	10
			II	15
			I	25

Примечание. Показатели относятся к образцам, укрепленным цементом в возрасте 28 сут, известью, шлаками – в возрасте 90 сут.

Для нижних слоев дорожной одежды применяют оптимальные песчано-щебеночные (песчано-гравийные) смеси фракций 0 – 70, 0 – 120 мм, для верхних слоев - смеси фракций 0 – 40, 0 – 70 мм.

Черный щебень укладывается в горячем или холодном состоянии *методом оптимальных (плотных) смесей или методом заклинки*. Для строительства нижних слоев дорожной одежды *методом оптимальных (плотных) смесей* применяют черный щебень оптимальных смесей фракций 0 – 40 мм, для верхних слоев - черный щебень смесей фракций 0 – 20 мм.

При *методе заклинки* в качестве основного материала используют черный щебень фракций 20 – 40 мм в нижних слоях дорожной одежды и черный щебень фракций 10 – 20 мм в верхних. В качестве расклинивающего материала применяют черный щебень фракций 5 – 10 и 10 – 20 мм. При использовании черного щебня в основании дорожной одежды допускается для расклиновки черный щебень фракций 5 – 20 мм.

Область применения щебня, обработанного органическим вяжущим методом смешения на дороге или в установке, приведена в табл. 5. Расход вяжущего и вид вяжущего принимать по табл. 2.

Область применения щебня, обработанного *комплексным вяжущим* методом смешения на дороге или в установке, приведена в табл. 6. Для нижних слоев дорожной одежды применяют оптимальные песчано-щебеночные (песчано-гравийные) смеси фракций 0 – 70, 0 – 120 мм, для верхних слоев - смеси фракций 0 – 40, 0 – 70 мм. Комплексное вяжущее назначать аналогично п. 2.1.

Т а б л и ц а 5

ЩЕБЕНЬ, ОБРАБОТАННЫЙ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЯЖУЩИМ

Категория дороги	Предел прочности на сжатие, МПа		Коэффициент во- достойкости	Набухание, % объема
	при 20 ⁰ С	при 50 ⁰ С		
2	1,6	0,8	0,75	2,0
3	1,2	0,5	0,55	2,5
4	0,8	Не нормируется	0,50	3,0

Т а б л и ц а 6

ЩЕБЕНЬ, ОБРАБОТАННЫЙ КОМПЛЕКСНЫМ ВЯЖУЩИМ

Категория дороги	Предел прочности на сжатие, МПа		Коэффициент во- достойкости	Набухание, % объема
	при 20 ⁰ С	при 50 ⁰ С		
2	1,8	0,9	0,8	1,5
3	1,5	0,7	0,7	2,0
4	1,2	0,5	0,6	2,0

Органические вяжущие, применяемые для укрепления щебня *методом пропитки*, - нефтяные и сланцевые *вязкие битумы*, анионная или катионная прямого типа средне и медленно распадающаяся битумная эмульсия, каменноугольные *вязкие дегти*.

Для *глубокой пропитки* в качестве основного материала применяют щебень фракций 40 – 70 или 20 – 40 мм, для *полупропитки* - щебень фракций 20 – 40 или 10 – 20 мм, для расклинивания - щебень фракций 5 – 10, 10 – 20 и 20 – 40 мм. Количество расклинивающих фракций при устройстве основания дорожной одежды методом глубокой пропитки допускается 2 (щебень фракций 10 – 20, 20 – 40 мм) и при устройстве методом полупропитки – 1 (щебень фракций 10 – 20 или 5 - 10 мм).

Для щебня, обработанного органическим вяжущим *методом пропитки*, физико-механические показатели не установлены.

2.4. Асфальтобетонные покрытия устраивают однослойными или двухслойными. При устройстве двухслойных покрытий в верхний слой покрытия укладывают мелкозернистую (с размером зерен до 20 мм) плотную асфальтобетонную смесь, а в нижний – крупнозернистую (с размером зерен до 40 мм) пористую асфальтобетонную смесь.

Область применения асфальтобетонных смесей приведена в табл. 7.

Перед укладкой смеси за 1 – 6 ч необходимо произвести подгрунтовку основания дорожной одежды путем розлива органического вяжущего.

Норму расхода вяжущего принимают 0,6 л/м², а при подгрунтовке нижнего слоя двухслойного асфальтобетона – 0,2 л/м². Вид вяжущего принимать по табл. 2. Подгрунтовку можно не производить в случае, если ин-

тервал времени между устройством верхнего и нижнего слоев асфальтобетона составляет не более 2 сут и основание дорожной одежды устраивается с применением органического вяжущего.

Т а б л и ц а 7

АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ СМЕСИ

Категория дороги	Дорожно-климатическая зона	Асфальтобетонная смесь		
		Вид	Марка	Тип
1, 2	I – V	Горячая	1	A, Б, Г
3	I – V	Горячая	2	A, Б, В, Г, Д
3	II – V	Холодная	1	Б, В, Г
4	I – V	Горячая	3	Б, В, Д
4	II – V	Холодная	2	Б, В, Д

2.5. Монолитные цементобетонные покрытия устраивают армированными при высоких насыпях и на болотах, где можно ожидать неравномерную осадку земляного полотна. В остальных случаях применяют монолитные цементобетонные покрытия без армирования.

Область применения цементобетонных смесей приведена в табл. 8.

Т а б л и ц а 8

ЦЕМЕНТОБЕТОННЫЕ СМЕСИ

Категория дороги	Класс (марка) бетона			Дорожно-климатическая зона
	по прочности		По морозостойкости, F	
	на сжатие	на растяжение при изгибе		
1	B30 (M 400)	B _{btb} 4,0 (Pи 50)	200	II
			150	III
			100	IV
2	B 27,5 (M 400)	B _{btb} 3,6 (Pи 45)	200	II
			150	III
			100	IV
3	B 25 (M 350)	B _{btb} 3,2 (Pи 40)	200	II
	B 22,5 (M 300)	То же	200	II
	То же	„	150	III
	„	„	100	IV
4	B 20 (M 250)	B _{btb} 2,8 (Pи 35)	100	II
			50	III, IV
В основании	B 15 (M 200)	B _{btb} 2,4 (Pи 30)	100	II
	B 10 – 12,5 (M 150)	B _{btb} 2,0 (Pи 25)	100	II
	B 7,5 (M 100)	B _{btb} 1,6 (Pи 20)	50	III
	B 5 (M 75)	B _{btb} 1,2 (Pи 15)	25	IV

При устройстве покрытия в скользящих формах (передвижной опалубке) высокопроизводительным комплектом машин ДС – 100 (ДС – 110) со следящей системой применяют *стандартную* (тяжелую) или *малощебеночную*, или *мелкозернистую* малоподвижную цементобетонную смесь.

Так как смесь находится в передвижной опалубке не более 1,5 – 3 мин необходимо избежать оплывания боковых кромок покрытия, водоцементное отношение цементобетонной смеси должно быть 0,4 – 0,5, а показатель подвижности цементобетонной смеси (осадка конуса) 1 – 4 см и жесткости - до 10 сек.

2.6. Сборные железобетонные покрытия устраивают из предварительно напряженных плит типа ПАГ-14, ПАГ-18 (плита аэродромная гладкая), ПДН (плита дорожная напряженная), а также из плит без напряжения типа ПДО (плита дорожная обыкновенная).

Все плиты имеют геометрические размеры в плане 6 · 2 м и толщину 14 и 18 см (ПАГ-18). Технические показатели плит приведены в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

СБОРНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЛИТЫ

Тип плиты	Кол-во и диаметр арматуры, мм	Объем бетона на 1 плиту, м ³	Расход арматуры на 1 плиту, кг	Масса плиты, т
ПАГ-14	10 · 14	1,68	141	4,2
ПАГ-18	12 · 14	2,16	189	5,4
ПДН	10 · 12	1,68	119	3,8
ПДО	8 ... 20 (мм)	1,68	169	4,8

2.7. Поверхностная обработка покрытия устраивается с целью повышения шероховатости и обеспечения требуемого коэффициента сцепления колеса автомобиля с покрытием для безопасности движения по дороге. Данный слой может выполнять защитную функцию, т.е. предохранять покрытие от повреждения и служить как слой износа, который восстанавливают через каждые 3 – 8 лет.

Поверхностная обработка выполняется путем розлива *органического вяжущего* и россыпи *щебня или черного щебня*. При *одиночной* поверхностной обработке операции выполняются в один прием розлива вяжущего и россыпи щебня по слою из асфальтобетона или щебня, обработанного органическим вяжущим.

Двойная поверхностная обработка выполняется в два приема розлива вяжущего и россыпи щебня по слою грунта, укрепленному вяжущим. *Тройная* поверхностная обработка выполняется в три приема розлива вяжущего и россыпи щебня по слою щебня или цементобетона. Вид вяжущего принимать по табл. 2 в зависимости от дорожно-климатической зоны.

Качественно выполнить поверхностную обработку можно только при использовании щебня узких фракций 5 – 10, 10 – 15, 15 – 20 мм, рассыпаемых в одну щебенку, погруженных в органическое вяжущее на $\frac{3}{4}$ размера

щебенки. Щебень использовать только из изверженных горных пород 1 – 2 класса по прочности (М 1000 – 1400).

3. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ И ИЗДЕЛИЯМ

3.1 Грунты. Согласно ГОСТ 25100–95 [14], под термином «грунт» следует понимать *горные породы, почвы, а также техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека.*

Грунты могут служить как:

- 1). материал, обработанный вяжущим, в основании дорожной одежды;
- 2.) среда для размещения в них искусственных сооружений (труб, мостов);
- 3). материал для возведения земляного полотна автомобильной дороги.

Ниже приведены классификации грунтов.

По характеру структурных связей выделяют два класса грунтов:

- *скальные* с жесткими структурными связями между минералами или зернами слагающих их горных пород, залегающих в виде сплошного или трещиноватого массива;
- *нескальные* без жестких структурных связей между слагающими их частями горных пород.

Классификация природных скальных грунтов.

По пределу прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии, по степени водопроницаемости (коэффициенту фильтрации) и плотности скелета скальные грунты подразделяются согласно табл. 10.

Скальные грунты высокой трудности разработки при использовании в дорожном строительстве требуют проведения буровзрывных работ. Ограничений по применению практически не имеют. Максимальный размер фракции скального грунта не должен превышать 2/3 толщины устраиваемого слоя. Уплотнение скальных грунтов с пределом прочности на сжатие более 5 МПа следует осуществлять решетчатыми или кулачковыми катками.

Т а б л и ц а 10

КЛАССИФИКАЦИЯ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ

Разновидность грунта	Предел прочности на сжатие R_l , МПа	Коэффициент фильтрации, K_f , м/сут	Плотность скелета, ρ_d , г/см ²
1	2	3	4
Очень прочный	Более 120		
Прочный	50 - 120		
Средней прочности	15 - 50		
Малопрочный	5 - 15	-	-
Пониженной прочности	3 - 5		
Низкой прочности	1 - 3		
Очень низкой прочности	Менее 1		

Продолжение табл. 10

1	2	3	4
Неводопроницаемый		Менее 0,005	
Слабопроницаемый		0,005 - 0,30	
Водопроницаемый	-	0,30 - 3,0	-
Сильноводопроницаемый		3,0 - 30	
Очень сильноводопроницаемый		Более 30	
Очень плотный			Более 2,50
Плотный	-	-	2,10 - 2,20
Рыхлый			1,20 - 2,10
Очень рыхлый			Менее 1,20

*Классификация природных **нескальных** грунтов.*

В зависимости от размеров *частицы* **нескальных** грунтов подразделяются на гранулометрические элементы (фракции):

- более 200 мм валуны (окатанные) и глыбы;
- 40 – 200 мм галька (окатанная) и щебень;
- 2 – 40 мм гравий (окатанный) и дресва;
- 0,05 – 2 мм песчаные частицы;
- 0,05 – 0,005 мм пылеватые частицы;
- менее 0,005 мм глинистые частицы.

По гранулометрическому составу *крупнообломочные грунты и пески*, а по числу пластичности *глинистые грунты* подразделяются на типы согласно табл. 11.

По показателю *текучести* I_L (*консистенции*) глинистые грунты подразделяются на

супесь	- твердая	$I_L < 0$
	- пластичная	$0 < I_L < 1$
	- текучая	$I_L > 1$
суглинок и глину	- твердая	$I_L < 0$
	- полутвердая	$0 < I_L < 0,25$
	- тугопластичная	$0,25 < I_L < 0,5$

- мягкопластичная $0,5 < I_L < 0,75$
- текучепластичная $0,75 < I_L < 1$
- текучая $I_L > 1$

Показатель текучести рассчитывается по следующей формуле:

$$I_L = (W - W_P) / (W_L - W_P),$$

где W , W_P , W_L – влажность грунта природная, на границе раскатывания и на границе текучести.

Глинистые грунты с показателем текучести I_L (консистенции) более 0,5 следует относить к слабым грунтам с соответствующими рекомендациями по их применению.

Т а б л и ц а 11

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕСКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ

Тип грунта	Размер частиц, мм	Содержание частиц, %	Число пластичности	Модуль крупности, Мк
Крупнообломочный: валунный (окатанный), глыбовый галечниковый, щебенистый гравийный (окатанный), дресвяный	> 200 > 10 > 2	> 50 > 50 > 50	-	-
Песок: гравелистый крупный средний мелкий пылеватый	> 2 > 0,5 > 0,25 > 0,1 > 0,1	> 25 > 50 > 50 > 75 < 75	-	3 – 3,5 2,5 – 3 2 – 2,5 1,5 – 2 < 1,5
Супесь: легкая песчанистая пылеватая тяжелая пылеватая	0,05 – 2 0,05 – 2 0,05 – 2	> 50 20 – 50 < 20	1 – 7 1 – 7 1 – 7	-
Суглинок: легкий легкий пылеватый тяжелый тяжелый пылеватый	0,05 – 2 0,05 – 2 0,05 – 2 0,05 – 2	> 40 < 40 > 40 < 40	7 – 12 7 – 12 12 – 17 12 – 17	-
Глина: Песчанистая Пылеватая тяжелая (жирная)	0,05 – 2 0,05 – 2 -	> 40 < 40 -	17 – 27 17 – 27 > 27	-

Разновидности нескальных грунтов по степени засоления, набухания, просадочности приведены в табл. 12 и определяют пригодность этих грунтов для дорожного строительства. Например, слабозасоленные и среднезасоленные грунты пригодны для применения, сильнозасоленные – только

при проведении дополнительных мероприятий, избыточно засоленные не рекомендуются к применению.

В табл. 13 приведены ориентировочные показатели физико-механических свойств грунтов. К ним относятся: гранулометрический состав грунта, число пластичности, влажность грунта природная, на границе раскатывания и на границе текучести, максимальная плотность и оптимальная влажность грунта, определенная методом стандартного уплотнения по ГОСТ 22733-77 [11], модуль упругости грунта, угол внутреннего трения, сцепление, коэффициент фильтрации.

Одной из важнейших характеристик, определяющих пригодность грунта для дорожного строительства, является степень *пучинистости*. По относительной деформации морозного пучения грунты подразделяются согласно табл. 13. Для возведения земляного полотна автомобильной дороги грунты 1 – 2-й степени пучинистости пригодны в насыпь без ограничения. Остальные грунты пригодны при условии выполнения дополнительных мероприятий. Например, при использовании грунтов 3 – 5-й степени пучинистости необходимо устройство в верхней части земляного полотна (рабочий слой) дренирующего слоя из песка с коэффициентом фильтрации $K_f > 1$ м/сут толщиной 0,2 – 1,0 м.

Т а б л и ц а 12

РАЗНОВИДНОСТИ НЕСКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ

Разновидность грунта	Содержание солей, % массы грунта	Относительное набухание, % толщины слоя	Относительная просадка, % толщины слоя
Слабозасоленные	$\frac{0,3 - 1}{0,5 - 2}$		
Среднезасоленные	$\frac{1 - 5}{2 - 5}$	-	-
Сильнозасоленные	$\frac{5 - 8}{5 - 10}$		
Избыточно засоленные	$\frac{> 8}{> 10}$		
Ненабухающие		< 2	
Слабонабухающие	-	2 – 4	-
Средненабухающие		5 – 10	
Сильнонабухающие		> 10	
Непросадочные			< 2
Слабопросадочные	-	-	2 – 7
Просадочные			8 – 12
Сильнопросадочные			> 12

Примечание. В числителе даны значения для I – III дорожно-климатической зоны.

Требования, предъявляемые к грунту, зависят от области его применения. Если в конструкции дорожной одежды используется грунт, обработанный вяжущим, то пригодны все типы нескальных грунтов, кроме глин с числом пластичности более 22. Рекомендуется применять нейтральные грунты с водородным показателем $4 < PH < 9$, с содержанием легкорастворимых солей менее 5 %.

Связные грунты с числом пластичности более 7 перед перемешиванием с вяжущим тщательно измельчаются при природной влажности $W = (0,3 - 0,4)W_L$. Содержание кусков размером более 5 мм должно быть менее 25 %, а размером более 10 мм – менее 10 %.

Грунт земляного полотна в насыпи должен быть уплотнен до степени, определяемой коэффициентом уплотнения, приведенным в табл. 14 для рабочего слоя на глубину до 1,5 м согласно СНиП 2.05.02-85 [17].

Т а б л и ц а 14

КОЭФФИЦИЕНТ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА

Тип покрытия	Дорожно-климатическая зона		
	I	II, III	IV, V
Капитальный	0,98 – 0,96	1,0 – 0,98	0,98 – 0,95
Облегченный и переходный	0,95 – 0,93	0,98 – 0,95	0,95

Примечание. Большие значения принимать при цементобетонных покрытиях и основаниях, а также при облегченном типе покрытия.

Уплотнение грунтов, обработанных вяжущим и без укрепления, следует производить при влажности, близкой к оптимальной, определенной по ГОСТ 22733–77 [11]. Допустимая влажность приведена в табл. 15.

Грунты с влажностью выше допустимой отнесены к разновидности грунта повышенной влажности и переувлажненным грунтам, применение которых требует проведение специальных мероприятий по снижению влажности грунта.

Т а б л и ц а 15

ВЛАЖНОСТЬ ГРУНТОВ ПРИ УПЛОТНЕНИИ

Грунты	Влажность в долях от оптимальной W_0 при коэффициенте уплотнения грунта		
	> 1,0	0,98 – 1,0	0,95
Песок	< 1,3	< 1,35	< 1,6
Супесь легкая	0,8 - 1,2	0,8 - 1,25	0,75 - 1,35
Супесь тяжелая пылеватая, суглинки легкие пылеватые	0,9 - 1,1	0,85 - 1,15	0,8 - 1,2
Суглинки тяжелые пылеватые, глины	0,97 - 1,0	0,95 - 1,05	0,9 - 1,1

3.2. Каменные материалы. В дорожном строительстве используют щебень, гравий, песок, минеральный порошок, брусчатку, шашку, камень для бутовой кладки и укрепительных работ, бортовой камень. Все виды каменных материалов по происхождению подразделяют на *природные и искусственные*.

Природные каменные материалы получают из горных пород, специально разрабатываемых: *изверженных, метаморфических и осадочных*, из отходов горнообогатительных предприятий (металлургического шлака) и отсеков дробления горных пород.

ГОСТ 8267-93 [1] распространяется на применение щебня и гравия из горных пород для строительных работ. Щебень получают дроблением горных пород, гравия и валунов, отходов горнообогатительных предприятий и последующим рассевом продуктов дробления. Гравий получают рассевом природных песчано-гравийных смесей.

ГОСТ 8736-93 [2] распространяется на применение песка природного, дробленого и из отсеков дробления горных пород.

Искусственные каменные материалы получают специальным изготовлением как из горных пород, так и из отходов промышленности (керамзит, аглопорит, вермикулит, литые брусчатка и бордюр).

Каменные материалы по крупности их зерен разделяют на фракции 5 (3) - 10, 10 - 20, 20 - 40, 40 - 70 и 70 - 120 мм. По согласованию с потребителем могут выпускать щебень и гравий фракций 10 - 15, 15 - 20 мм, а также смеси фракций 5 (3) - 20, 5(10) - 40, 20 - 70 мм.

Фракционированный зерновой состав каменных материалов приведен в табл. 16 (*d* – минимальный, *D* – максимальный размер фракции).

Т а б л и ц а 16

ЗЕРНОВОЙ СОСТАВ ЩЕБНЯ (ГРАВИЯ)

Размер фракций, мм	<i>d</i>	0,5 (<i>d</i> + <i>D</i>)	<i>D</i>	1,25 <i>D</i>
Полные остатки на ситах, % по массе	90 - 100	30 - 80	До 10	До 0,5

Зерновые составы плотных песчано-щебеночных (песчано-гравийных) смесей с коэффициентом сбега 0,6 – 0,8, состоящие из песка и щебня (гравия), при различном их соотношении представлены в табл. 17 согласно ГОСТ 25607-94 [15].

Т а б л и ц а 17

ЗЕРНОВОЙ СОСТАВ СМЕСЕЙ

Размер фракций, мм	Полный остаток, % по массе, на ситах с размером отверстий, мм					
	70	40	20	10	5 (3)	< 5 (3)

0 – 70	0 – 15	20 – 60	40 – 80	55 – 85	65 – 85	75 – 100
0 – 70	0 – 15	10 – 35	20 – 50	30 – 65	40 – 75	50 – 100
0 – 40	0 – 5	0 – 20	20 – 40	35 – 60	45 – 70	55 – 100
0 – 40	0 – 5	0 – 20	40 – 60	60 – 80	70 – 85	75 – 100
0 – 20	-	0 – 5	0 – 20	10 – 35	25 – 50	35 – 100
0 – 20	-	0 – 5	0 – 20	20 – 40	40 – 60	55 – 100

Прочность щебня и гравия характеризуют маркой, определяемой по *дробимости* щебня (гравия) при сжатии (раздавливании) в цилиндре и должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 18.

Т а б л и ц а 18

МАРКА ПО ДРОБИМОСТИ

Марка по дробимости	Потеря массы при испытании щебня из горных пород, % не более			
	изверженных	осадочных	из гравия	гравия
1400	9	-	-	-
1200	9 – 11	11	-	-
1000	11 – 13	11 – 13	10	8
800	13 – 15	13 – 15	10 – 14	8 – 12
600	15 – 20	15 – 19	14 – 18	12 – 16
400	-	19 – 24	18 – 26	16 – 24

Щебень и гравий, предназначенные для строительства автомобильных дорог, характеризуют маркой по *истираемости* в полочном барабане и должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 19.

Т а б л и ц а 19

МАРКА ПО ИСТИРАЕМОСТИ

Марка по истираемости	Потеря массы при испытании, % не более	
	щебня	гравия
И 1	25	20
И 2	25 – 35	20 – 30
И 3	35 – 45	30 – 40
И 4	45 – 60	40 – 50

Морозостойкость щебня и гравия характеризуют числом циклов замораживания и оттаивания, при котором потери в процентах по массе щебня и гравия не превышают установленных значений, указанных в табл. 20.

Т а б л и ц а 20

МАРКА ПО МОРОЗОСТОЙКОСТИ

Вид испытания	Марка по морозостойкости							
	F 15	F 25	F 50	F 100	F 150	F 200	F 300	F 400

Число циклов	15	25	50	100	150	200	300	400
Потеря массы, %	10	10	5	5	5	5	5	5

Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в щебне должно соответствовать указанному в табл. 21. Гравий не должен содержать зерен пластинчатой и игловатой формы более 35 % по массе.

Щебень из гравия должен содержать дробленые зерна в количестве не менее 80 % по массе.

Содержание зерен слабых пород в щебне и гравии в зависимости от марки по дробимости не должно быть более указанного в табл. 21.

Содержание пылевато-глинистых частиц (размером менее 0,05 мм) в щебне и гравии в зависимости от марки по дробимости должно соответствовать указанному в табл. 21. В том числе содержание глины в комках не должно быть более 0,25 % по массе.

Т а б л и ц а 21

СОДЕРЖАНИЕ ПЛАСТИНЧАТЫХ И СЛАБЫХ ЗЕРЕН

Марка по дробимости	Содержание частиц, % по массе не более		
	пластинчатых зерен	слабых зерен	Пылевато-глинистых
1000 – 1400	15	5	1
800	15 – 25	10	1
600	25 – 35	10	2
400	35 – 50	15	3

3.3. Неорганические вяжущие материалы. Неорганические (минеральные) вяжущие материалы представляют собой порошкообразные вещества, которые при перемешивании с водой образуют пластичную смесь, постепенно твердеющую и образующую камневидное тело.

Нормативным документом, регламентирующим применение *цемента*, является ГОСТ 10178-85 [5]. Предел прочности цемента при испытании на изгиб и сжатие должен быть не менее значений, указанных в табл. 22.

Т а б л и ц а 22

ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТОВ

Наименование цемента	Марка	Предел прочности в возрасте 28 сут, МПа	
		на растяжение при изгибе	при сжатии
Портландцемент	400	5,4	39,2
	500	5,9	49,0
	550	6,1	53,9
	600	6,4	58,8
Шлакопортландцемент	300	4,4	29,4
	400	5,4	39,2
	500	5,9	49,0

Начало схватывания цемента должно наступать не ранее 2 ч, а конец – не позднее 10 ч от момента затворения. Тонкость помола цемента должна быть такой, чтобы при просеивании пробы цемента сквозь сито 0,08 мм проходило не менее 85 % частиц. Содержание ангидрида серной кислоты (SO₃) в цементе допускается не более 3,5 %, окиси магния (MgO) – не более 5 %.

Воздушная *известь* (негашеная и гашеная) по ГОСТ 9179-77 [4] выпускается двух сортов и должна соответствовать требованиям, указанным в табл. 23. Тонкость помола извести должна быть такой, чтобы при просеивании пробы извести остаток частиц на сите 0,63 мм составлял не более 2 %, а на сите 0,08 мм – не более 10 %.

Т а б л и ц а 23

ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ИЗВЕСТИ

Известь	Сорт	Содержание СаО и MgO, % не менее
Негашеная	1	64 – 85
	2	52 – 70
Гашеная	1	50 – 67
	2	40 – 55

Примечание. Меньшие значения принимать для извести с добавками.

Металлургические шлаки, золы и шлаки тепловых электростанций должны отвечать требованиям к прочностным характеристикам, указанным в табл. 24. Тонкость помола шлаков должна быть такой, чтобы при просеивании пробы шлаков остаток частиц на сите 0,08 мм составлял не более 15 %. Содержание ангидрида серной кислоты (SO₃) в шлаках допускается не более 3 – 6 %, окиси марганца (MnO) – не более 2 – 4 %.

Т а б л и ц а 24

ПРОЧНОСТЬ ШЛАКОВ

Предел прочности в возрасте 90 сут, МПа	Прочность при марке шлака				
	100	200	300	400	500
При сжатии	9,8	19,6	29,4	39,2	49,0
На растяжение при изгибе	2,0	2,5	3,5	4,5	5,5

3.4. Органические вяжущие материалы. Вяжущие нефтяные дорожные битумы изготавливают окислением продуктов прямой перегонки нефти и селективного разделения нефтепродуктов, а также компаундированием указанных окисленных и неокисленных продуктов или получают в виде остатка прямой перегонки нефти.

В зависимости от глубины проникания иглы при 25 °С *вязкие дорожные нефтяные битумы* по ГОСТ 22245-90 [10] имеют марки: БНД 200/300,

БНД 130/200, БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60, БН 200/300, БН 130/200, БН90/130, БН 60/90.

По физико-химическим показателям *вязкие нефтяные дорожные битумы* должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 25.

Жидкие битумы готовят разжижением вязких битумов жидкими нефтяными продуктами установленного фракционного состава и добавлением ПАВ: катионактивных, анионактивных и двойного действия.

Жидкие нефтяные дорожные битумы делят на два класса в зависимости от скорости формирования их структуры: СГ - густеющие со средней скоростью, МГ - медленногустеющие.

Т а б л и ц а 25

ТРЕБОВАНИЯ К ВЯЗКИМ БИТУМАМ

Показатель	БНД 200/300	БНД 130/200	БНД 90/130	БНД 60/90	БНД 40/60
Глубина проникания иглы: при 25 °С	201 - 300	131 - 200	91 - 130	61 - 90	40 - 60
при 0 °С	45	35	28	20	13
Температура размягчения по кольцу и шару, °С не менее	35	40	43	47	51
Растяжимость, см не менее: при 25 °С	-	70	65	55	45
при 0 °С	20	6	4,0	3,5	-
Температура хрупкости, °С не более	- 20	- 18	- 17	- 15	- 12
Температура вспышки, °С не менее	220	220	230	230	230
Изменение температуры размягчения после прогрева, °С не более	7	6	5	5	5
Содержание водорастворимых соединений, % не более	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30

В зависимости от условной вязкости жидкие битумы по ГОСТ 11955-82 [6] имеют марки: СГ 40/70, СГ 70/130, СГ 130/200, МГ 40/70, МГ 70/130, МГ 130/200, МГО 40/70, МГО 70/130, МГО 130/200.

Свойства *жидких нефтяных дорожных битумов* должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 26.

Т а б л и ц а 26

ТРЕБОВАНИЯ К ЖИДКИМ БИТУМАМ

Показатель	СГ 40/70	СГ 70/130	МГ 40/70	МГ 70/130
Условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм при 60 °С, с	40 - 70	71 - 130	40 - 70	71 - 130
Количество испарившегося разжижителя, % не менее	10	8	8	7
Температура размягчения после определения разжижителя, °С не менее	37	39	28	29
Температура вспышки, °С не менее	45	50	100	110

Дорожная битумная эмульсия – двухфазная система, образованная двумя несмешивающимися жидкостями (битумом и водой), устойчивость которой обеспечивается поверхностно-активным веществом (эмульгатором), добавляемым в малых количествах по сравнению с основными.

Битумные эмульсии согласно ГОСТ 18659-81 [8] в зависимости от типа эмульгатора могут быть *прямыми* (битум в воде) при содержании вяжущего в них 45 – 60 % и *обратными* (вода в битуме). В обратных эмульсиях ЭО (жидких) и ЭО-В (вязких) содержание битума с эмульгатором должно быть в пределах 70 – 80 %.

Прямые эмульсии по виду ПАВ подразделяются на *анионные ЭБА* и *катионные ЭБК*. По смешиваемости с минеральным материалом прямые эмульсии подразделяют на три класса согласно табл. 27.

Т а б л и ц а 27

КЛАССИФИКАЦИЯ БИТУМНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Вид эмульсии	Ранее используемое обозначение	Скорость распада, мин	Смешиваемость с материалом	Тривиальное название
ЭБА-1, ЭБК-1	БА-1, БА-2, БК-1, БК-2	Менее 5	Не смешивается	Быстрораспад.
ЭБА-2, ЭБК-2	СА, СК	5 – 10	Пористая смесь	Среднераспад.
ЭБА-3, ЭБК-3	МА-1, МА-2, МК	Более 10	Плотная смесь	Медленнораспад.

Примечание. При использовании ЭБА-2, ЭБК-2 не менее 75 %, ЭБА-3, ЭБК-3 не менее 95 % площади поверхности щебня покрыто вяжущим.

3.5. Асфальтобетонные смеси. Асфальтобетон - материал, получаемый в результате уплотнения рационально подобранной смеси, приготавливаемый смешением в нагретом состоянии щебня (гравия), природного или дробленого песка, минерального порошка и нефтяного дорожного битума.

Асфальтобетонные смеси в соответствии с ГОСТ 9128-97 [3] классифицируются по следующим признакам:

1. *В зависимости от вязкости битума и температуры при укладке:*

- горячие, приготавливаемые с использованием вязких нефтяных дорожных битумов и укладываемые с температурой не менее 120 °С;
- холодные, приготавливаемые с использованием жидких битумов и после длительного хранения укладываемые с температурой не менее 5 °С.

2. *В зависимости от размера зерен минерального материала:*

- крупнозернистые с зернами размером до 40 мм;
- мелкозернистые с зернами размером до 20 мм;
- песчаные с зернами размером до 5 мм.

3. В зависимости от остаточной пористости:

- высокоплотные с остаточной пористостью 1 – 2,5 %;
- плотные с остаточной пористостью 2,5 – 5,0 %;
- пористые с остаточной пористостью 5 – 10 %;
- высокопористые с остаточной пористостью 10 – 18 %.

Холодные асфальтобетонные смеси должны иметь остаточную пористость 6 – 10 %, подразделяются на мелкозернистые и песчаные.

4. В зависимости от содержания в смеси щебня (гравия) и вида песка:

- тип А (многощебенистые) с содержанием щебня 50 – 60 %;
- тип Б (среднещебенистые) с содержанием щебня 40 – 50 %;
- тип В (малощебенистые) с содержанием щебня 30 – 40 %;
- тип Г (песчаные) с содержанием дробленого песка;
- тип Д (песчаные) с содержанием природного песка.

5. В зависимости от показателей физико-механических свойств асфальтобетонные смеси подразделяются на марки, указанные в табл. 28 для плотного и в табл. 29 для пористого асфальтобетона.

Т а б л и ц а 28

ТРЕБОВАНИЯ К ПЛОТНОМУ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Показатель	Значения для асфальтобетона марки								
	I			II			III		
	Для дорожно-климатических зон								
	I	II, III	IV, V	I	II, III	IV, V	I	I, II	IV, V
Предел прочности при сжатии при 50 °С, МПа:									
высокоплотных	1,0	1,1	1,2	-	-	-	-	-	-
плотных типов:									
А	0,9	1,0	1,1	0,8	0,9	1,0	-	-	-
Б	2,0	1,2	1,3	0,9	1,0	1,2	0,8	0,9	1,1
В	-	-	-	1,1	1,2	1,3	1,0	1,1	1,2
Г	1,1	1,3	1,6	1,0	1,2	1,4	0,9	1,0	1,1
Д	-	-	-	1,1	1,3	1,5	1,0	1,1	1,2
при 20 °С (всех типов)	2,5	2,5	2,5	2,2	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0
при 0 °С (всех типов)	9	11	13	10	12	13	10	12	13
Водостойкость:									
плотных	0,95	0,90	0,85	0,90	0,85	0,8	0,85	0,75	0,7
высокоплотных	0,95	0,95	0,90	-	-	-	-	-	-
водонасыщенных:									
плотных	0,90	0,85	0,75	0,85	0,75	0,7	0,75	0,65	0,6
высокоплотных	0,95	0,90	0,85	-	-	-	-	-	-

Т а б л и ц а 29

ТРЕБОВАНИЯ К ПОРИСТОМУ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Показатель	Значения для марки	
	I	II
Предел прочности при сжатии при 50 °С, МПа	0,7	0,5
Водостойкость при длительном водонасыщении	0,7	0,6
	0,6	0,5
Водонасыщение, % по объему: пористых высокопористых	5 – 10 10 – 18	5 – 10 10 – 18

Водонасыщение асфальтобетонов с учетом дорожно-климатической зоны должно соответствовать для высокоплотных бетонов 1,0 - 2,5 %, плотных типов **А** - 2,0 - 5,0 %, **Б, В** и **Г** - 1,5 - 4,0 %, **Д** - 1,0 - 4,0 %.

Пористость минеральной части высокоплотных асфальтобетонов должна быть не более 16 %, плотных типов **А** и **Б** - 19 %, **В, Г** и **Д** - 22 %, пористых - 23 %, высокопористых щебеночных (гравийных) - 24 %, высокопористых песчаных - 28 % по объему.

Показатели физико-механических свойств холодных асфальтобетонных смесей должны соответствовать указанным в табл. 30.

Т а б л и ц а 30

ТРЕБОВАНИЯ К ХОЛОДНОМУ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Показатель	Значение для марки и типа			
	I		II	
	Бх, Вх	Гх	Бх, Вх	Гх, Дх
Предел прочности при сжатии при 20 °С, Мпа: до подогрева: сухих водонасыщенных при длительном водонасыщении после подогрева: сухих водонасыщенных при длительном водонасыщении	1,5	1,7	1,0	1,2
	1,1	1,2	0,7	0,8
	0,8	0,9	0,5	0,6
	1,8	2,0	1,3	1,5
	1,6	1,8	1,0	1,2
	1,3	1,5	0,8	0,9
Пористость, % по объему не более	18 – 20	21	18 – 20	21
Водонасыщение, % по объему не более	5 - 9	5 - 9	5 - 9	5 - 9

Зерновые составы минеральной части асфальтобетонных смесей для верхнего слоя покрытия должны соответствовать табл. 31.

Т а б л и ц а 31

ЗЕРНОВОЙ СОСТАВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Вид и тип	Содержание, % по массе, зерен размером мельче, мм									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071

Высокоплотн	90 - 100	70 - 100	56 - 100	35 - 50	24 - 50	18 - 50	13 - 50	12 - 50	11 - 28	10 - 16
А	90 - 100	75 - 100	62 - 100	40 - 50	28 - 38	20 - 28	14 - 20	10 - 16	6 - 12	4 - 10
Б	90 - 100	80 - 100	70 - 100	50 - 60	38 - 48	28 - 37	20 - 28	14 - 22	10 - 16	6 - 12
В	90 - 100	85 - 100	75 - 100	60 - 70	48 - 60	37 - 50	28 - 40	20 - 30	13 - 20	8 - 14
Г	-	-	-	80 - 100	65 - 82	45 - 65	30 - 50	20 - 36	15 - 25	8 - 16
Д	-	-	-	80 - 100	60 - 93	45 - 85	30 - 75	20 - 55	15 - 33	10 - 16
Бх	90 - 100	85 - 100	70 - 100	50 - 60	33 - 46	21 - 38	15 - 30	10 - 22	9 - 16	8 - 12
Вх	90 - 100	85 - 100	75 - 100	60 - 70	48 - 60	38 - 50	30 - 40	23 - 32	17 - 24	12 - 17
Гх, Дх	-	-	-	80 - 100	62 - 82	40 - 68	25 - 55	18 - 43	14 - 30	12 - 20

Содержание битума в асфальтобетонных смесях ориентировочно можно принимать для горячих высокоплотных 4 - 6 %, плотных типов А - 4,5 - 6 %, Б - 5 - 6,5 %, В - 6 - 7 %, Г и Д - 6 - 9 %, пористых - 3,5 - 5,5 %, высокопористых щебеночных - 2,5 - 4 %, высокопористых песчаных - 4 - 6 %, холодных типов Бх - 3,5 - 5,5 %, Вх - 4 - 6 %, Гх и Дх - 4,5 - 6,5 % по массе.

Требования к составляющим асфальтобетона для покрытий дорожных одежд должны быть следующими.

Щебень и гравий в соответствии с ГОСТ 8267-93 [1] применяют фракций 5 - 10 мм, 10 - 20 (15) мм, 20 (15) - 40 мм. В зависимости от марки и типа асфальтобетонной смеси марка щебня по дробимости при сжатии в цилиндре (см. табл. 18), по истираемости в полочном барабане (см. табл. 19), по морозостойкости (см. табл. 20) должны соответствовать табл. 32.

Т а б л и ц а 32

ТРЕБОВАНИЯ К ЩЕБНЮ (ГРАВИЮ) ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Марка щебня (гравия)	Значение для смесей марки											
	I					II					III	
	А	Б	Бх	Вх	порист	А	Б	В	Бх	Вх	Б	В
По дробимости:												
изверженных осадочных пород	1200	1200	1000	800	800	1000	1000	800	800	600	800	600
металлург. шлака	1200	1000	800	600	600	1000	800	600	600	400	600	400
щебня из гравия	-	1200	1000	1000	800	1200	1000	800	800	600	800	600
гравия	-	1000	1000	800	600	1000	800	600	800	600	600	400
дробленный песок	-	-	-	-	-	-	-	600	800	600	600	400
	800	800	800	800	600	600	600	600	600	600	400	400
Износу:												
изверженных осадочных пород	И 1	И 1	И 2	И 3	-	И 2	И 2	И 3	И 3	И 4	И 3	И 4
гравия	И 1	И 2	И 2	И 3	-	И 1	И 2	И 3	И 3	И 4	И 3	И 4
	-	И 1	И 1	И 2	-	И 1	И 2	И 3	И 2	И 3	И 3	И 4
Морозостойкости												
I - III ДКЗ	F 50	F 50	F 50	F 50	F 25	F 50	F 50	F 25				
IV - V ДКЗ	F 50	F 50	F 25	F 25	F 25	F 50	F 25	F 15				

Содержание зерен слабых пород должно быть менее 7 %, зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм для высокоплотных и плотных

смесей типов **А** - менее 15 %, **Б** и **Бх** - 25 %, **В** и **Вх** - 35 %, пылевато-глинистых частиц (размером менее 0,05 мм) – менее 1 %.

Природные и дробленые пески в соответствии с ГОСТ 8736-93 [2] применяют с модулем крупности более 2 (средние и крупные пески), содержание пылевато-глинистых частиц (размером менее 0,05 мм) не должно превышать 0,5 – 1 %, слюды – 1 % по массе. Для дробленых песков марка исходной горной породы, определяемая по дробимости при сжатии в цилиндре, должна быть не ниже указанной в табл. 32.

Минеральный порошок по ГОСТ 16557-88 должен удовлетворять следующим требованиям: содержание частиц размером мельче 0,071 мм не менее 70 % по массе, пористость не более 35 % и набухание не более 2,5 % по объему, показатель битумоемкости не более 65 %, влажность не более 1%.

Битумы нефтяные дорожные вязкие должны соответствовать ГОСТ 22245-90 [10], жидкие ГОСТ 11955-82 [6].

3.6. Цементобетон. Цементобетоном считают искусственный материал из затвердевшей смеси цемента, щебня, песка, воды и добавок по ГОСТ 26633-91 [16]. Разновидности цементобетона: *стандартный* или *тяжелый* (с крупным заполнителем – щебня 41 – 60 %), *малощебеночный* (уменьшенное содержание щебня 26 – 40 %), *мелкозернистый* (заполнитель – песок, щебень не используется), *карбонатный* (песок и щебень из осадочных горных пород). По консистенции цементобетонные смеси классифицируют согласно табл. 33.

Т а б л и ц а 33

КЛАССИФИКАЦИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Показатель удобоукладываемости	Консистенция смеси				
	литая	высокоподвижная	пластичная	малоподвижная	жесткая
Подвижность (осадка конуса), см	16 – 25	10 – 16	4 – 10	1 – 4	0
Жесткость, с	-	-	-	Менее 10	Более 10

Цементобетон характеризуется прочностью *на растяжение при изгибе* $R_{ри}$, которая является основной характеристикой, и прочностью *при сжатии* $R_{сж}$, по которой оценивается износостойкость.

По классам и маркам цементобетона прочностные показатели в возрасте 28 сут приведены в табл. 34.

С увеличением соотношения $R_{ри} / R_{сж}$, которое составляет 1/5 – 1/9, улучшаются деформативность, сопротивление нагрузкам. Нарастание прочности бетона во времени происходит по логарифмическому закону:

$$R_n = R_{28} \cdot \lg n / \lg 28 ,$$

где R_{28} , R_n - прочность бетона через 28 и n суток.

Марка бетона по *морозостойкости* определяется количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания в 5 %-м водном растворе хлорида натрия при потере массы не более 3 %, снижении прочности на сжатие не более чем на 5 % и составляет $F 25 - 200$ (см. табл. 8).

Для обеспечения морозостойкости цементобетона в покрытии *объем вовлеченного воздуха* в смесь должен составлять 5 – 6 %, *водоцементное отношение* (В/Ц) бетонной смеси должно быть 0,4 – 0,5 и не более 0,6 для нижнего слоя покрытия, для оснований В/Ц не нормируется, *коэффициент раздвижки зерен* составляет 1,9 – 3 для малощебеночной смеси.

Т а б л и ц а 34

ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТОБЕТОНА

Класс (марка) бетона		Предел прочности, МПа	
на растяжение при изгибе	при сжатии	на растяжение при изгибе	при сжатии
$B_{btb} 4,0$ (Ри 50)	$B30$ (М 400)	4,9	39,2
$B_{btb} 3,6$ (Ри 45)	$B 27,5$ (М 400)	4,4	36,7
$B_{btb} 3,2$ (Ри 40)	$B 25$ (М 350)	3,9	34,3
То же	$B 22,5$ (М 300)	То же	29,4
$B_{btb} 2,8$ (Ри 35)	$B 20$ (М 250)	3,4	24,5
$B_{btb} 2,4$ (Ри 30)	$B 15$ (М 200)	2,9	19,6
$B_{btb} 2,0$ (Ри 25)	$B 12,5$ (М 150)	2,4	17,2
То же	$B 10$ (М 150)	То же	14,7
$B_{btb} 1,6$ (Ри 20)	$B 7,5$ (М 100)	1,9	9,8
$B_{btb} 1,2$ (Ри 15)	$B 5$ (М 75)	1,4	7,4

Низкомарочный бетон класса $B 5 - 12,5$ (М 75 – 150) и $B_{btb} 1,2 - 2$ (Ри 15 – 25) из жесткой смеси с меньшим расходом цемента и воды, уплотняемый катками при укладке, получил распространение под названием “*тощий бетон*”. Достоинством этих бетонов является повышенная трещиностойкость асфальтобетонных покрытий на цементобетонных основаниях.

Требования к составляющим цементобетона для покрытий дорожных одежд должны быть следующими.

Портландцемент применяется марок 400 или 500 по ГОСТ 10178-85 [5], табл. 22. Содержание C_3A не должно превышать 8 %. В качестве минеральной добавки можно использовать только гранулированный доменный шлак в количестве не более 15 %. По тонкости помола удельная площадь поверхности должна быть не менее 2800 см²/г.

Вода по ГОСТ 23732-79 [13] должна удовлетворять следующим требованиям: максимальное допустимое содержание (мг/л) растворимых солей 5000, ионов SO_4^- - 2700, Cl^- - 1200, взвешенных частиц - 200, окисляемость - менее 15 мг/л, водородный показатель $4 < pH < 12,5$; содержание органических веществ, сахаров и фенолов - не более 10 мг/л, не допускается пленок нефтепродуктов, масел.

Природные и дробленые пески в соответствии с ГОСТ 8736-93 [2] применяют с модулем крупности более 2 (средние и крупные пески), содержание пылевато-глинистых частиц (размером менее 0,16 мм) не должно превышать 3 – 5 %, слюды – 1 %, сернокислых соединений SO_3 - 1 % по массе. Для дробленых песков марка исходной горной породы, определяемая по дробимости при сжатии в цилиндре, должна быть не ниже 800 (щебня), 1000 (гравия) по табл. 18.

Щебень и гравий в соответствии с ГОСТ 8267-93 [1] применяют фракций 5 – 10 мм содержанием 25 – 40 % и 10 – 20 мм содержанием 60 – 75 % при использовании бетоноукладчиков со скользящими формами. Марка щебня, определяемая по дробимости при сжатии в цилиндре, должна быть не ниже 1200 (изверженных пород), 800 (осадочных пород), 1000 (гравия) по табл. 18. Марка щебня по истираемости в полочном барабане должна быть не ниже И 1 (изверженных пород), И 2 (осадочных пород, гравия) по табл. 19.

Марка по морозостойкости щебня может быть не ниже морозостойкости цементобетона на один класс по табл. 8. Содержание зерен слабых пород должно быть менее 7 %, зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм – менее 25 %, пылевато-глинистых частиц (размером менее 0,05 мм) – менее 1 %, сернокислых соединений SO_3 – менее 0,5 %.

Подбор состава цементобетона осуществляется в следующей последовательности.

1. Расход (содержание) цемента (Ц) в 1 м^3 бетона, кг:

$$Ц = В / (В/Ц) ,$$

где В – водопотребность бетонной смеси, $В = 150 - 170 \text{ л/м}^3$ для малоподвижной, $В = 140 - 160 \text{ л/м}^3$ для стандартной смеси; В/Ц – водоцементное отношение, $В/Ц = 0,4 - 0,6$.

2. Содержание щебня или гравия (крупного заполнителя) в 1 м^3 (КЗ) бетона, т:

$$КЗ = 1 / (К_p V_{кз} / \rho_{кз}^1 + 1 / \rho_{кз}) ,$$

где K_p – коэффициент раздвижки зерен щебня, $K_p = 1,9 - 3$ для малощебечной, $K_p = 1,8 - 2$ для стандартной смеси; $\rho_{кз}^1$ – насыпная плотность щебня $\rho_{кз}^1 = 1,7 \text{ т/м}^3$; $\rho_{кз}$ – плотность зерен щебня, $\rho_{кз} = 2,7 \text{ т/м}^3$; $V_{кз}$ – пустотность щебня (гравия), $V_{кз} = 1 - \rho_{кз}^1 / \rho_{кз}$.

3. Содержание песка (мелкого заполнителя) в 1 м^3 (П) бетона, т:

$$П = [1 - (Ц / \rho_{ц} + В + КЗ / \rho_{кз} + V)] \rho_{п} ,$$

где $\rho_{ц}$, $\rho_{п}$ – плотность цемента и песка, $\rho_{ц} = 3 \text{ т/м}^3$, $\rho_{п} = 2,65 \text{ т/м}^3$; V – объем вовлеченного воздуха, $V = 0,05 - 0,06$.

3.7. Железобетонные плиты. Предварительно-напряженные плиты типа ПАГ и ПДН (см. табл. 9) для покрытий автомобильных дорог согласно ГОСТ 13015.0-83, ГОСТ 21924.0-84 [7, 9] изготавливают из *стандарт-*

ной (тяжелой) цементно-бетонной смеси класса (марки) по прочности на растяжение при изгибе B_{btb} 3,6 (Ри 45), на сжатие B 25 (М 350) (см. табл. 34). Плиты, предназначенные для эксплуатации в зоне вечной мерзлоты, и плиты с ненапрягаемой арматурой типа ПДО должны выполняться из цементобетона класса (марки) по прочности на растяжение при изгибе B_{btb} 4,0 (Ри 50), на сжатие B 30 (М 400).

Для обеспечения морозостойкости железобетона объем вовлеченного воздуха в смесь должен составлять 4 – 5 %, водоцементное отношение (В/Ц) бетонной смеси должно быть менее 0,4, показатель подвижности цементобетонной смеси (жесткость) - 20 с.

Армирование плит производится в продольном направлении напрягаемой арматурой класса А-IV, А-V и в поперечном направлении – ненапрягаемой арматурой класса А-II, А-III у плит типа ПАГ, ПДН. Плита ПДО армирована непредварительно напряженной арматурой класса А-II, А-III диаметром 8, 10, 16 и 20 мм.

Допуски по геометрическим размерам плит составляют: по длине ± 6 мм, по ширине ± 5 мм, толщине ± 5 мм. Отклонение от прямолинейности поверхностей и граней плиты на всю длину не должно превышать 5 мм, а на всю ширину плиты – 3 мм. Рабочая поверхность плит не должна иметь усадочных, технологических трещин и признаков шелушения. На поверхности плиты площадью 1 м² не должно быть больше трех раковин и местных наплывов или впадин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. - Введен с 01.01.95. 15 с.
2. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. - Введен с 01.07.95. 12 с.
3. ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. - Введен с 01.01.99. 24 с.
4. ГОСТ 9179-77. Известь строительная. - Введен с 01.01.79. 7 с.
5. ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. - Введен с 01.01.87. 6 с.
6. ГОСТ 11955-82. Битумы нефтяные дорожные жидкие. - Введен с 01.01.84. 6 с.
7. ГОСТ 13015.0-83. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. - Введен с 01.01.84. 6 с.
8. ГОСТ 18659-81. Эмульсии битумные дорожные. - Введен с 01.01.82. 12с.
9. ГОСТ 21924.0-84. Плиты железобетонные для покрытий городских дорог. - Введен с 01.01.85. 51 с.

10. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. - Введен с 01.01.91. 12 с.
11. ГОСТ 22733-77. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. - Введен с 01.07.78. 10 с.
12. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами для дорожного и аэродромного строительства. - Введен с 01.01.95. 15 с.
13. ГОСТ 23732-79. Вода бетонов и растворов. - Введен с 01.01.81. 5 с.
14. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация.- Введен с 01.01.97. 15 с.
15. ГОСТ 25607-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Введен с 01.01.95. 13 с.
16. ГОСТ 26633-91. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. - Введен с 01.01.92. 22 с.
17. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. М., 1986. 52 с.
18. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги. М., 1986. 111 с.
19. СНиП IV-5-82. Сборник сметных норм и расценок на строительные работы.Сб. 27: Автомобильные дороги. М., 1983. 33 с.
20. ВСН 115-75. Технические указания по приготовлению и применению дорожных эмульсий. М., 1976. 80 с.
21. Строительство автомобильных дорог: Справ. Инженера-дорожника / Под ред. В.А. Бочина. М., 1980. 512 с.
22. Материалы и изделия для строительства дорог. Справочник. / Под ред. Н.В. Горельшева. М., 1986. 288 с.
23. Горельшев Н.В. Асфальтобетон и другие битумоминеральные материалы. М., 1995. 176 с.
24. Руководство по сооружению земляного полотна автомобильных дорог / Минтрансстрой. М., 1982. 160 с.
25. Попова З.А. Исследование грунтов для дорожного строительства. М., 1985. 126 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.....	3
2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДОРОЖНО–СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	4
2.1. Грунты, укрепленные вяжущими.....	4
2.2. Щебеночные и гравийные основания.....	6
2.3. Щебень, обработанный вяжущим.....	7
2.4. Асфальтобетонные покрытия.....	9
2.5. Монолитные цементобетонные покрытия.....	10
2.6. Сборные железобетонные покрытия.....	11
2.7. Поверхностная обработка покрытия.....	11
3. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ И ИЗДЕЛИЯМ.....	12
3.1. Грунты.....	12
3.2. Каменные материалы.....	17
3.3. Неорганические вяжущие материалы.....	20
3.4. Органические вяжущие материалы.....	21
3.5. Асфальтобетонные смеси.....	23
3.6. Цементобетон.....	27
3.7. Железобетонные плиты.....	29
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	30

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Методические указания к курсовому
и дипломному проектированию

Составители
САМОЙЛОВА Любовь Ивановна
ПРОВОТОРОВА Галина Владимировна
АБРАМОВА Галина Ефимовна

Редактор Р.С. Кузина
Корректор

ЛР № 020275 от 13.11.96. Подписано в печать 01.
Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,70. Тираж 125 экз.
Заказ

Владимирский государственный университет.
Подразделение оперативной полиграфии
Владимирского государственного университета.
Адрес университета и подразделения оперативной полиграфии:
600000, Владимир, ул. Горького, 87.