МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РСФСР

ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО УКРЕПЛЕНИЮ ОБОЧИН АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ВСН 39-79
Минавтодор РСФСР

МОСКВА 2000

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РСФСР

Утверждены
Министерством
автомобильных дорог
РСФСР
20.03.79 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО УКРЕПЛЕНИЮ ОБОЧИН АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ВСН 39-79

Минавтодор РСФСР

МОСКВА 2000

УДК 625.70(083.96)

Технические указания по укреплению обочин автомобильных дорог (ВСН 39-79) / Минавтодор РСФСР.–М.: ГУП ЦПП, 2000. –47 с.

Указания предназначены для выбора материалов и конструкций укрепления обочин автомобильных дорог. Они составлены на основе проверенных в производственных условиях «Типовых решений укрепления обочин автомобильных дорог» и «Рекомендаций по укреплению обочин автомобильных дорог» с учетом положений действующих нормативных документов по проектированию, строительству, ремонту автомобильных дорог, а также организации и обеспечению безопасности движения на них. При разработке Указаний использованы результаты исследований МАДИ, Союздорнии, Гипродорнии и Госдорнии.

Предназначены для инженерно-технических работников, занимающихся строительством и содержанием автомобильных дорог.

Указания разработаны в Гипродорнии кандидатами техн. наук Ю. Р. Перковым, А. П. Васильевым, канд. эконом. наук В. А. Ногаем, инж. Е. Н. Ивановой совместно с сотрудниками МАДИ д ром техн. наук проф. А. Я. Тулаевым, ассистентом В. И. Куканов ым и сотрудником Союздорнии канд. техн. наук А. П. Рувинским.

Замечания и предложения просьба направлять по адресу: Москва, 109089, наб. М. Тореза, 34, Гипродорнии.

Министерство автомобильных дорог РСФСР	Ведомственные строительные нормы Технические указания по укреплению обочин автомобильных дорог	ВСН 39 79

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие указания разработаны в дополнение соответствующих глав СНиП II-Д. 5-72 и СНиП III-40-78 и предназначены для выбора конструкций укрепления обочин, материалов и технологии производства работ строящихся, реконструируемых и эксплуатируемых автомобильных дорог.

1.2. Укрепленные обочины ограничивают попадание влаги в земляное полотно, предохраняют проезжую часть от загрязнения и разрушения, обеспечивают более полный перенос снега, облегчают содержание дороги и организацию движения во время ремонтных работ.

Укрепление обочин выполняют для повышения скорости, удобства и безопасности движения, а также для повышения пропускной способности автомобильных дорог.

1.3. В неблагоприятных грунтовых и климатических условиях, к которым относится 3-й тип местности по условиям увлажнения при земляном полотне, сложенном из грунтов группы С (см. табл. 2.5), одновременно с укреплением обочин принимают меры по защите земляного полотна от поверхностных вод путем использования материалов, обеспечивающих прочность обочин и гидроизоляцию земляного полотна, или путем устройства влагонепроницаемых экранов (см. п. 3.8).

1.4. Ширина и конструкция укрепления обочин назначаются с учетом влияния погодно-климатических факторов на характер, вероятность и продолжительность неблагоприятного состояния поверхности дорог и условия движения автомобилей. При этом особое значение имеет продолжительность зимнего и переходных (осеннего и весеннего) периодов, когда укрепленные обочины работают наиболее эффективно. В соответствии с этим территория СССР разделяется на зоны (рис. 1.1).

Зона I с расчетным зимним периодом включает районы с его продолжительностью 125 дней в году и более. Эта зона состоит из трех подзон:

подзона IА — продолжительность зимнего периода составляет 180—260, а переходных периодов 20—60 дней; подзона IБ — продолжительность зимнего периода составляет 140—180, а переходных периодов 60—100 дней; подзона IВ — продолжительность зимнего периода составляет 125—140, а переходных периодов 80—100 дней.

Зона II с расчетными переходными периодами включает районы, где продолжительность этих периодов составляет от 40 до 110 дней, а зимнего периода — менее 125 дней в году.

Внесены Государственным дорожным проектно-изыскательским и научно исследовательским институтом Гипродорнии	Утверждены Министерством автомобильных дорог РСФСР 20.03 79	Срок введения июля 1980 г.

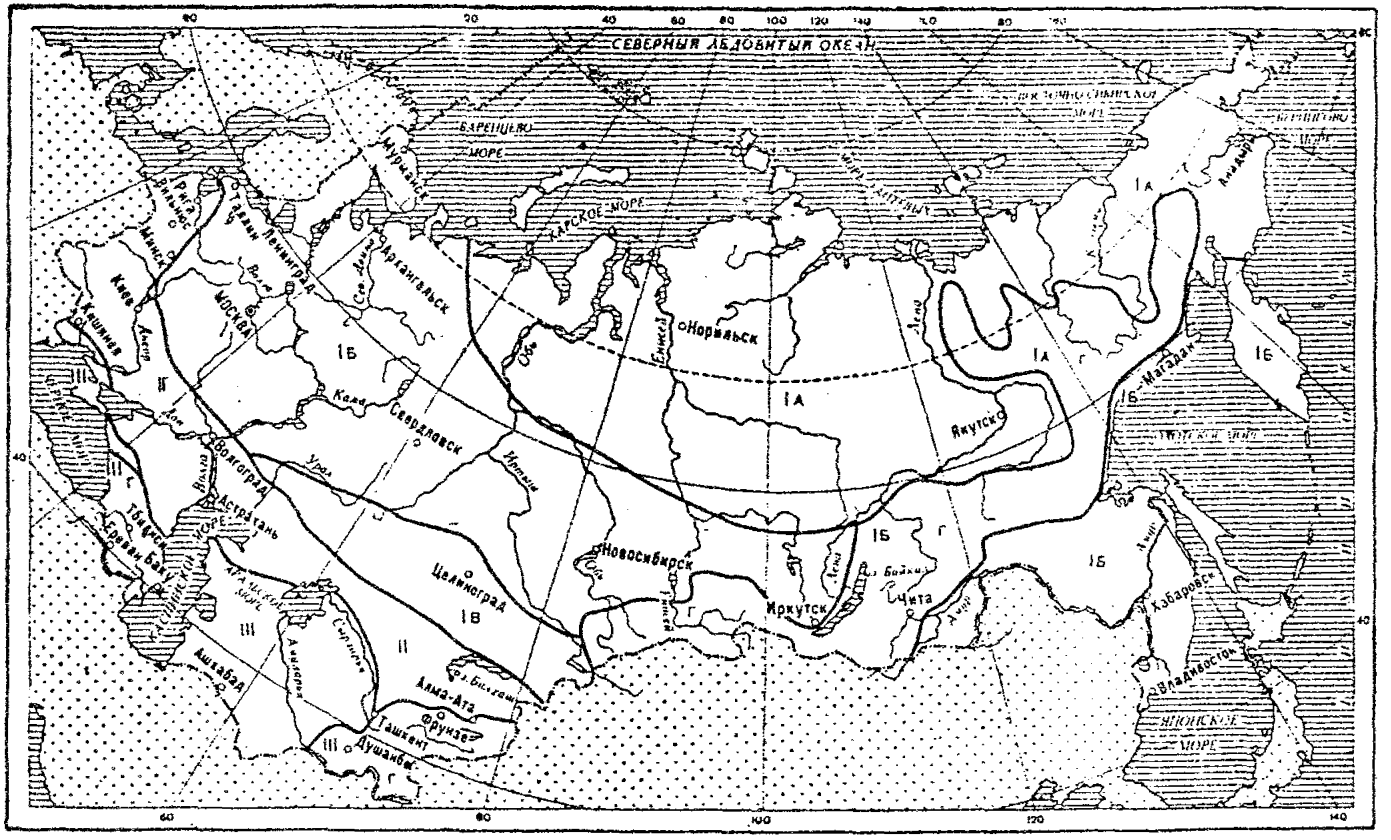


Рис. 1.1. Карта районирования территории СССР по условиям движения

Зона III с расчетным периодом, где продолжительность зимнего и переходных периодов вместе составляет 80—110 дней в году.

Зона Г — горные районы.

1.5. По своему назначению и характеру работы обочины по ширине разделяются на три полосы (рис. 1.2):

I — краевая укрепительная полоса, предназначенная для случайных наездов автомобилей при движении;

II — остановочная полоса, предназначенная для вынужденной остановки автомобилей;

III — прибровочная полоса.

1.6. Краевые укрепительные и остановочные полосы не предназначены для систематического движения. Их отделяют от основной проезжей части сплошной разметкой, за исключением специальных площадок для остановки автомобилей, где устраивается прерывистая разметка.

1.7. Для первоочередности обеспечения условий безопасности движения на наиболее сложных участках эксплуатируемых дорог работы по укреплению обочин выполняют в следующей последовательности.

По условиям обеспечения безопасности движения:

населенные пункты;

подходы к местам пересечений и примыканий дорог в одном уровне;

участки дороги с необеспеченной видимостью;

кривые минимального радиуса и меньше минимальных в плане, максимальные продольные уклоны, согласно п. 3.22 СНиП II Д.5-72;

съезды и въезды пересечений и примыканий дорог в разных уровнях и подходы к ним;

снегозаносимые участки;

ветроопасные и туманоопасные участки;

участки дорог, не имеющие мест повышенной опасности для движения автомобилей;

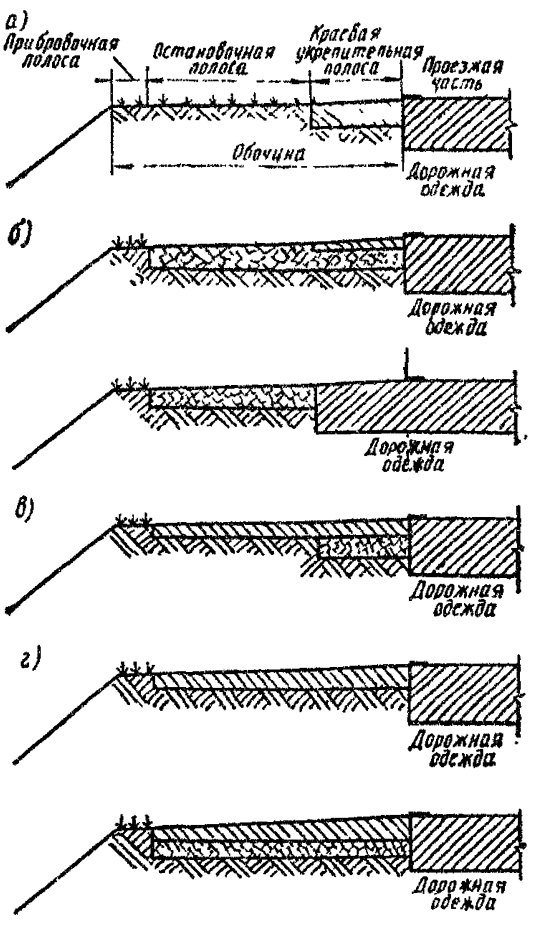


Рис. 1.2. Конструкции укрепления обочин:

а — устройство краевой укрепительной полосы; *б* — укрепление остановочной полосы несвязным материалом, краевой укрепительной полосы — устройством усовершенствованных покрытий; *в* — неравнопрочное укрепление краевой и остановочной полос с использованием в верхнем слое связных материалов; *г* — равнопрочное укрепление краевой и остановочной полос с использованием в верхнем слое связных материалов

По условиям обеспечения сохранности и работоспособности автомобильных дорог:

участки, где интенсивность движения выше значений, указанных в табл. 1, СНиП II-Д5-72, а грунтовые и климатические условия относятся к неблагоприятным (см. п. 1.3);

участки с любой интенсивностью движения, имеющие благоприятные грунтовые и климатические условия.

1.8. Покрытия на обочинах, как правило, должны отличаться по цвету и внешнему виду от покрытия проезжей части.

Допускается устраивать покрытие краевых укрепительных полос и остановочных полос однотипными с покрытием проезжей части, но с обязательным

устройством краевой разметки краской, термопластиками или другими материалами с длительными сроками службы.

1.9. В зависимости от категории дороги, интенсивности движения, степени опасности участка, местных погодно-климатических и грунтово-гидрологических условий обочины укрепляют только на ширину краевой укрепительной полосы или на ширину укрепительных и остановочных полос (см. п. 1.14).

1.10. Основной вид укрепления обочин — устройство (с учетом положений пп. 1.14, 2.17) краевой укрепительной полосы с твердым покрытием из связных материалов, выполняемой также и за счет уширения проезжей части. Остановочные полосы в таких случаях укрепляют различными, в том числе и местными материалами (рис. 1.2, *б*). Прибровочную полосу обочин во всех случаях укрепляют травосеянием. Травосеянием можно укреплять также остановочные полосы обочин дорог IV и V категории (рис. 1.2, *б*) в благоприятных грунтовых и климатических условиях (грунты группы А при 1-м типе увлажнения — см. табл. 2.3, 2.5).

При устройстве покрытий краевой укрепительной полосы из укрепленных органическими вяжущими грунтов; этот материал может быть использован и в верхнем слое укрепления остановочной полосы (рис. 1.2, *в*).

1.11. Покрытие укрепленной обочины, особенно краевая полоса, должно иметь коэффициент сцепления, обеспечивающий безопасные условия при съезде автомобиля с проезжей части дороги. Разница в коэффициенте сцепления покрытия проезжей части и укрепительной полосы обочины, согласно ВСН 38-77 Минавтодора РСФСР, не должна превышать величин, приведенных в табл. 1.1.

1.12. Ширину краевой укрепительной полосы строящихся, реконструируемых и эксплуатируемых дорог I категории принимают во всех случаях 0,75 м; для дорог II, III и IV категорий ширина этой полосы принимается в соответствии с табл. 1.2.

Таблица 1.1

Категория дороги	Скорость, принимаемая при расчете элементов поперечного профиля, км/ч	Допустимая разница коэффициентов сцепления на мокром покрытии	Категория дороги	Скорость, принимаемая при расчете элементов поперечного профиля, км/ч	Допустимая разница коэффициентов сцепления на мокром покрытии
I	120	0,10—0,15	III	90	0,20
II	100	0,15—0,20	IV	80	0,25

Таблица 1.2

Категория дороги по интенсивности движения и ширина проезжей части	Районирование по рис. 1. 1		
	I	II	III
	Ширина укрепительной краевой полосы, м		
Дороги II категории при ширине проезжей части:			
7,5 м	0,5	0,5	0,3—0,5
7,0 м	0,75	0,75	0,5
Дороги III категории при ширине проезжей части:			
7,5 м	0,3—0,5	0,3—0,5	0,2—0,5
7,0 м	0,5—0,75	0,5	0,3—0,5
Дороги IV категории при ширине проезжей части 6,0 м	0,5	0.5	0,3—0,5

Примечание. Ширина краевой укрепительной полосы в подзоне 1Б принимается по максимальному значению. В остальных случаях она может быть уточненна технико-экономическими расчетами.

1.13. Ширину остановочной полосы определяют по формуле

$$B_2 = B - (B_1 + \alpha), \qquad (1.1)$$

где B — общая ширина обочины; B_1 — ширина краевой укрепительной полосы, принимаемая согласно п. 1.13 и табл. 1.2; α — ширина прибровочной полосы, принимаемая согласно ВСН 25-76 Минавтодора РСФСР равной 0,75 м при наличии оградительных устройств и 0,5 м в остальных случаях.

1. 14. Твердые покрытия из связных материалов на краевых и остановочных полосах обочин (рис. 1.2, *в, г*) обязательно выполняют:

на дорогах I—III категорий в зоне населенных пунктов и на подходах к к ним на протяжении не менее 100 м;

на участках между населенными пунктами дорог I категории, а также II и III категорий при интенсивности движения, превышающей максимальные значения табл. 1 СНиП II-Д.5-72;

на подходах к местам пересечений и примыканий дорог в одном уровне на расстоянии не менее 100 м для дорог I и II категорий и не менее 50 м и 25 м для дорог соответственно III и IV категории с усовершенствованными типами покрытий;

на подходах к местам пересечений и примыканий дорог в разных уровнях, где не предусмотрено устройство переходно-скоростных полос, на расстоянии от оси пересечения не менее 150 м;

в местах размещения пунктов общественного питания, торговли, технического обслуживания автомобилей и т. д., оговариваемых в главах 5 и 15 ВСН 25-76 Минавтодора РСФСР и СНиП II-Д5-72;

на участках обочин дорог II—III категорий под устройство отдельных площадок для остановки автомобилей при интенсивности движения более значений табл. 1 СНиП II-Д.5-72. Площадки устраивают попарно с расстоянием между ними 50—80 м таким образом, чтобы первой встречалась площадка по ходу движения автомобиля. Длина площадки должна обеспечивать остановку пятишести автомобилей. Расстояние между площадками, расположенными с одной стороны проезжей части, принимают равным 800—1000 м на дорогах II категории, 1500—2000 м на дорогах III категории и 3000—5000 м на дорогах IV категории;

на участках дорог II—III категорий между населенными пунктами при условиях, указанных в п. 2,1.7;

непосредственно на въездах и съездах пересечений и примыканий дорог в разных уровнях. Как исключение, в этих условиях обочины можно укреплять полосой шириной не менее 0.5—0,75 м (рис. 1.2, *а*).

В остальных случаях при укреплении обочин используют конструкции, приведенные на рис. 1.2, *а* (см. п. 1.10).

1.15. При выборе конструкции укрепления обочин в качестве расчетного применяют автомобиль с давлением 6,0 кгс/см² (группа А) при расчетном диаметре штампа 33 см, эквивалентном следу колеса автомобиля.

1.16. Количество наездов автомобилей на обочину во многом определяется внешним сходством покрытия проезжей части дороги и покрытия краевой укрепительной полосы. В этой связи перед расчетом требуемого модуля упругости краевой укрепительной полосы выбирают вид материала ее покрытия.

1 17. Толщину каждого слоя при расчете конструкций укрепления остановочных и краевых укрепительных полос следует принимать не ниже значений, указанных в СНиП II-Д.5-72.

Верхний слой укрепления (покрытие) принимают наименьшей толщины, согласно табл. 26 СНиП II-Д.5-72, если при выполнении расчета его толщина оказывается меньше принятых в этой таблице величин.

1.18. Уклон поверхности укрепленных обочин принимают в соответствии с положениями СНиП II-Д.5-72 и ВСН 25-76 Минавтодора РСФСР.

2. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ УКРЕПЛЕНИЯ ОБОЧИН

2.1. Основные положения расчета

2.1.1. Расчет конструкций укрепления краевой укрепительной и остановочной полос состоит в выборе количества и толщины слоев укрепления.

2.1.2. Критерием соответствия конструкции укрепления условиям движения *является удовлетворение неравенств:*

$$E^{I}_{тр} \leqslant E^{I}_{общ}; \quad E^{II}_{тр} \leqslant E^{II}_{общ}, \tag{2.1.1}$$

где $E^{I}_{тр}$, $E^{II}_{тр}$ —требуемый модуль упругости соответственно краевой укрепительной и остановочной полос; $E^{I}_{общ}$, $E^{II}_{общ}$ — модуль упругости, полученный в результате расчета соответственно краевой укрепительной и остановочной полос.

2.1.3. Расчет укрепления выполняют в следующей последовательности:

выбирают материал верхнего слоя покрытия укрепления обочины, а также материал промежуточного слоя, если в дальнейшем появится необходимость в его использовании;

определяют требуемый модуль упругости конструкции укрепления;

определяют модуль упругости грунта земляного полотна;

рассчитывают конструкцию укрепления — определяют количество и толщину слоев,

проверяют соответствие полученных при расчете данных критериям (2.1.1).

2.1.4. Требуемый модуль упругости $E^{II}_{тр}$ остановочной полосы принимают равным:

а) при укреплении асфальтобетоном, битумоминеральными смесями различного состава, приготовленными в установке и другими материалами, относящимися, согласно СНиП II-Д.5-72, к усовершенствованным покрытиям капитального типа — 1150 кгс/см²;

б) при укреплении битумоминеральными смесями, щебеночными и гравийными материалами, обработанными способами пропитки и полупропитки, песчаными и супесчаными грунтами, обработанными битумной эмульсией с цементом смешением в установке, а также другими грунтами, обработанными органическими вяжущими — 850 кгс/см²;

в) при укреплении грунтощебнем (грунтогравием), шлаком, отходами камнедробления, отходами кирпичных, бетонных заводов и другими несвязанными материалами — 625 кгс/см².

2.1.5. Требуемый модуль упругости краевой укрепительной полосы определяют расчетом согласно положениям п. 2.2.

2.1.6. Параметры укрепления краевой укрепительной и остановочной полос (количество и толщина слоев) определяют по единой методике (см. п. 2.4.). При этом в первую очередь рассчитывают параметры укрепления остановочной полосы.

2.1.7. Количество и толщину слоев укрепления на остановочной полосе определяют расчетом, если $E^{II}_{тр} \leqslant 0{,}85\,E^{I}_{тр}$. Если же $E^{II}_{тр} \geqslant 0{,}85\ E^{I}_{тр}$, количество и толщину слоев укрепления на остановочных полосах принимают без расчета согласно данным, полученным при расчете краевой укрепительной полосы.

2.2. Определение требуемого модуля упругости краевой укрепительной полосы

2.2.1. Требуемый модуль упругости $E^{I}_{тр}$ краевой укрепительной полосы устанавливают по вертикальной шкале номограммы рис 2.1 (согласно показанному ключу) при известном значении приведенных к расчетному автомобилю наездов $N^{п}_{пр}$ на краевую укрепительную полосу и выбранном типе материала покрытия (см. п. 2.1.4).

2.2.2. **Количество приведенных к расчетному автомобилю наездов на краевую укрепительную полосу устанавливают по формуле**

$$N^{и}_{пр} = N_р A; \qquad (2.2.1)$$

$$N_р = N_ф q^{T_1}_{и}, \qquad (2.2.2)$$

где A — коэффициент, определяемый по табл. 2.1, учитывающий количество приведенных к расчетному автомобилю наездов на краевую укрепительную полосу в зависимости от интенсивности движения $N_р$ автомобилей по дороге, ширины проезжей части и внешнего сходства покрытия краевой укрепительной полосы с покрытием проезжей части; $N_р$ — расчетная перспективная интенсивность движения автомобилей по дороге к моменту капитального ремонта краевой укрепительной полосы или капитального ремонта дороги; $N_ф$ — фактическая (запланированная) интенсивность движения на момент устройства обочин, укрепленных согласно положениям настоящего документа, $q_и$ — коэффициент роста интенсивности движения, принимаемый равным 1,1, T_1 — рекомендуемый межремонтный срок службы до капитального ремонта укрепления краевой укрепительной полосы (T_1) или ближайшего капитального ремонта дороги (T_2) при условии, если $T_1 > T_2$ (см. табл. 1, прил. 4).

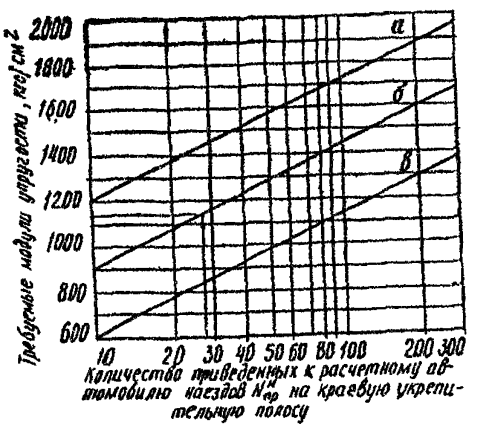


Рис. 2.1. Номограммы для расчета требуемого модуля упругости краевой укрепительной полосы:

а, б, в — модуль упругости $E^{I}_{тр}$ в зависимости от вида материалов, используемых в верхнем слое укрепления по п. 2.1.4 (а, б, в)

Таблица 2.1

№ п/п	Интенсивность движения, авт/сут	Коэффициент A							
		Ширина проезжей части, м							
		7,0	7,5	10,5	>10,5	7,0	7,5	10,5	>10,5
		Покрытие обочин аналогично по виду покрытиям усовершенствованного типа				Покрытие обочин по виду не аналогично покрытиям усовершенствованного типа			
1	1 000	Расчет ведется при коэффициенте A, равном 0,001							
2	2 000	0,006							
3	3 000	0,012	0,004	0,003	0,003	0,003			
4	4 000	0,02	0,008	0,004	0,0035	0,004	0,003		
5	5 000	0,03	0,012	0,005	0,004	0,005	0,004	0,002	
6	6 000	0,04	0,016	0,007	0,005	0,007	0,005	0,003	
7	7 000	0,055	0,020	0,01	0,007	0,01	0,007	0,004	0,002
8	8 000	—	0,035	0,02	0,012	0,012	0,01	0,006	0,003
9	9 000	—	0,05	0,03	0,018	0,02	0,02	0,009	0,004
10	10 000	—	—	0,04	0,024	0,04	0,03	0,015	0,006
11	>10 000	—	—	0,05	0,035	—	—	0,02	0,01

Примечание. Если значение коэффициента A располагается ниже нижней ограничивающей линии, необходимо уширение проезжей части дороги, так как укрепление обочин при этих значениях коэффициента A может привести к созданию экономически неэффективных конструкций.

2.3. Определение расчетных показателей грунтов земляного полотна

2.3.1. Количество и толщина слоев укрепления в значительной степени зависят от характеристик грунтов земляного полотна. В этой связи в табл. 2.2 приведены сведения о дорожно-климатическом районировании с детальным разделением наиболее сложных в рассматриваемом вопросе II и III зон на климатические районы.

Таблица 2.2

№ района (см. табл. 2. 4)	Дорожно-климатическая зона	Географическая граница района
1	II	Европейская часть II дорожно-климатической зоны западнее линии: Мерсрагс (Латвийская ССР) — Биржай — Укмерге — Лаздняй (Литовская ССР)
2		Европейская часть II дорожно-климатической зоны до границы районов I—II и 3—II
3		Европейская часть II дорожно-климатической зоны к югу от линии: Ковров (Владимирская область) — Чухлома (Костромская область) — Никольск (Вологодская область) — Опарино — Лойно (Кировская область) — Кудымкар-Оса (Пермская область) Азиатская часть II дорожно-климатической зоны севернее линии: Североуральск (Свердловская область) — Урай-Волчары (Ханты-Мансийский национальный округ) — Куртики — Новая жизнь (Томская область)
4		Азиатская часть II дорожно-климатической зоны к югу от границы района 3-II до линии: Артемовский — Тугулым (Свердловская область) — Омутинский (Тюменская область)
5		Азиатская часть II дорожно-климатической зоны к югу от границы района 4-й
2	III	Европейская часть III дорожно-климатической зоны севернее линии: Окница (Молдавская ССР), Лохвица (Полтавская область) — Обоянь (Курская область) — Задонск (Липецкая область) — Ковров (Владимирская область) — Оса (Пермская область) — Аскино (Башкирская АССР) — Куса (Челябинская область)
3	III	Европейская часть III дорожно-климатической зоны до границы районов 2-III и 4-III Европейская часть III дорожно-климатической зоны к югу от линии: Новоспасское — Ульяновск (Ульяновская область) — Чистополь (Татарская АССР) — Сарапуль (Удмуртская АССР) — Дюртюли — Миндяк (Башкирская АССР)

Продолжение табл. 2.2

№ района (См. табл. 2.6)	Дорожно-климатическая зона	Географическая граница района
		Азиатская часть III дорожно-климатической зоны между линиями: Называевск — Марьяновка (Омская область) и Базов (Томская область) — Лебедево (Новосибирская область)
5	III	Азиатская часть III дорожно-климатической зоны к западу от границы района 4-III до линии Фершампенуаз — Аргаяш (Челябинская область)

2.3.2. В таблицах 2.3, 2.4 и 2.5 приведены данные, необходимые для расчета слоев укрепления, соответственно условиям увлажнения земляного полотна, видам используемых при сооружении земляного полотна грунтов, а также данные о влажности грунтов обочин в зависимости от материала верхнего слоя укрепления и климатических условий.

2.3.3. Расчетные модули упругости грунтов в зависимости от указанных в пп. 2.3.1 и 2.3.2 условий приведены в табл. 2.6.

Таблица 23

Тип местности		Признаки увлажнения
№	характер и степень увлажнения	
1	Сухие места	Поверхностный сток обеспечен, грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов
2	Сырые места	Поверхностный сток не обеспечен, но грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов. Весной и осенью появляется застой воды на поверхности. Почвы с признаками поверхностного заболачивания
3	Мокрые места	Грунтовые воды или длительно стоящие (более 20 сут) поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи грунтов. Почвы торфяные, оглеенные, с признаками заболачивания или солончаки
		Постоянно орошаемые территории засушливых областей

Примечание. Грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов в случаях, когда уровень грунтовых вод в предморозный период ниже расчетной глубины промерзания: на 2 м и более — в глинах, суглинках, тяжелых и тяжелых пылеватых; на 1,5 м и более — в суглинках легких и легких пылеватых, в супесях пылеватых и тяжелых пылеватых.

Таблица 2.4

Дорожно-климатическая зона	№ района (см табл 2 2)	Тип местности по условиям увлажнения	Расчетная влажность грунта (в долях от границы текучести) под обочинами, укрепленными различными материалами							
			Асфальтобетон	Цементобетон	Дегтегрунт, битумогрунт	Щебень при плотности г/см³				Песчано-гравийная смесь
						1,8	1,9	2.0	2,2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
II	1	1	0,6	0,65	0,6—0,65	0,7—0,8	0,7—0,8	0,65—0,75	0,65—0,7	0,65—0,75
		2	0,65	0,7	0,65—0,7	0,75—0,85	0,70—0,85	0,70—0,8	0,7—0,75	0,7—0,8
		3	0,7	0,75	0,7—0,75	0,8—0,9	0,8—0,9	0,75—0,85	0,75—0,8	0,75—0,85
	2	1	0,6	0,65	0,6—0,65	0,7—0,8	0,7—0,8	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65—0,75
		2	0,65	0,7	0,65—0,7	0,75—0,85	0,75—0,8	0,7—0,75	0,7—0,75	0,7—0,75
		3	0,7	0,7—0,75	0,7—0,75	0,8—0,9	0,8—0,9	0,75—0,8	0,75—0,8	0,75—0,8
	3	1	0,6	0,6—0,65	0,6—0,65	0,7—0,8	0,65—0,75	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65—0,7
		2	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,75—0,85	0,7—0,8	0,7—0,75	0,7—0,75	0,7—0,75
		3	0,7	0,7—0,75	0,7—0,75	0,8—0,9	0,75—0,85	0,75—0,8	0,75—0,8	0,75—0,8
	4	1	0,6	0,6—0,65	0,6—0,65	0,65—0,75	0,65—0,7	0,6—0,65	0,6—0,65	0,6—0,65
		2	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,7—0,8	0,7—0,8	0,65—0,75	0,65—0,7	0,65—0,75
		3	0,7	0,7—0,75	0,7—0,75	0,75—0,85	0,75—0,8	0,75—0,8	0,7—0,75	0,7—0,8
	5	1	0,6	0,6—0,65	0,6—0,65	0,6—0,7	0,6—0,7	0,6—6,05	0,6—0,65	0,6—0,65
		2	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65—0,75	0,65—0,75	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65—0,7
		3	0,7	0,7—0,75	0,7—0,75	0,7—0,8	0,7—0,8	0,7—0,75	0,7—0,75	0,7—0,75
III	2	1	0,6	0,6—0,65	0,6—0,65	0,7—0,8	0,65—0,75	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65—0,7
		2	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,75—0,85	0,7—0,75	0,7—0,75	0,7—0,75	0,7—0,75
		3	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,75—0,85	0,7—0,8	0,7—0,75	0,7—0,75	0,7—0,75
	3	1	0,6	0,6—0,65	0,6—0,65	0,65—0,75	0,65—0,75	0,65—0,7	0,6—0,65	0,6—0,7
		2	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,7—0,8	0,7—0,8	0,7—0,75	0,65—0,7	0,65—0,75
		3	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,7—0,8	0,7—0,8	0,7—0,75	0,65—0,7	0,65—0,75

Продолжение табл. 2.4

Дорожно-климатическая зона	№ района (см. табл. 2, 3)	Тип местности по условиям увлажнения	Расчетная влажность грунта (в долях от границы текучести) под обочинами, укрепленными различными материалами							
			Асфальтобетон	Цементобетон	Дегтегрунт, битумогрунт	Щебень при плотности, г/см³				Песчано-гравийная смесь
						1,8	1,9	2,0	2,2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	4	1	0,6	0,6—0,65	0,6—0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,6—0,65	0,6—0,65	0,6—0,65
		2	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,7—0,75	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65—0,7
		3	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,7—0,75	0,7—0,75	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65—0,7
	5	1	0,6	0,6	0,6	0,6—0,65	0,6	0,6	0,6	0,6—0,65
		2	0,65	0,65	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65	0,65	0,65—0,7
		3	0,65	0,65	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65	0,65	0,65—0,7
IV		1	0,6	0,6	0,6	0,65—0,75	0,6—0,7	0,6—0,7	0,6—0,65	0,6—0,7
		2	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,7—0,8	0,65—0,75	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65—0,7
		3	0,65	0,65—0,7	0,65—0,7	0,7—0,8	0,65—0,75	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65—0,7
V		1	0,6	0,6	0,6	0,6—0,7	0,6—0,65	0,6—0,65	0,6	0,6—0,65
		2	0,6—0,65	0,6—0,65	0,6—0,65	0,6—0,7	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65—0,7	0,6—0,7
		3	0,6—0,65	0,65—0,75	0,65	0,6—0,7	0,65—0,75	0,65—0,7	0,65—0,7	0,65—0,7

Примечания. 1) Меньшие значения влажности принимаются для грунтов группы А, большие для грунтов группы С, средние значения для грунтов группы Б.

2. При возникновении трещин в асфальтобетонном покрытии рекомендуется принимать значения влажности такими же, как для цементобетонного покрытия.

3. При возникновении трещин в дегтегрунте рекомендуется принимать значения влажности такими же, как для щебня с плотностью 2,20 г/см³.

Таблица 2.5

Группа грунтов	Наименование грунтов
A	Супеси легкие и непылеватые и оптимальные смеси
B	Легкие и тяжелые непылеватые суглинки, глины
C	Супеси пылеватые и тяжелые пылеватые, суглинки легкие пылеватые и тяжелые пылеватые

2.3.4. При использовании в конструкциях укрепления обочин армирующих слоев из синтетических материалов тканого и нетканого типа расчетные модули упругости грунтов, указанные в табл 2.6, должны быть повышены на 20%

Таблица 2.6

Грунт	Относительная влажность грунта						
	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
	Расчетный модуль упругости грунта E_0, кгс/см²						
Песок мелкий	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
» пылеватый	500	500	500	500	500	500	500
Супесь легкая крупная	600	600	600	600	600	600	600
» » непылеватая	450	420	390	370	350	—	—
Супесь пылеватая, суглинок и глина	600	420	340	280	240	210	200

2.4. Порядок расчета

2.4.1. Порядок расчета количества и толщины слоев укрепления состоит в следующем:

устанавливают модули упругости используемых в укреплении материалов (см. приложение 3). При использовании местных или других материалов, данные по которым отсутствуют в этом приложении, следует провести испытания в лаборатории по методикам, изложенным в соответствующих документах приложения 5;

устанавливают модуль упругости E_0 грунта земляного полотна. Для этого последовательно определяют дорожно климатическую зону и район проведения работ (см табл 2 2), тип местности по условиям увлажнения (см табл 2 3); вид грунта земляного полотна (см табл 2 5), расчетную влажность при выбранном материале верхнего слоя укрепления (см табл 2 4) расчетный модуль упругости E_0 грунта земляного полотна (см. табл. 2.6);

определяют отношения E_0/E_1 и h/D, где E_1 и h – соответственно модуль упругости и толщина слоя материала контактирующего с грунтом земляного полотна; D — расчетный диаметр штампа, равный 33 см (см п. 1 15);

определяют по номограмме (рис. 2 2 — отысканием точки пересечения значений E_0/E_1 и h/D) значение α и соответственно $E_{0общ} = E_1\alpha$.

2 4 2 После выполнения расчетов по п 2 4 1 проверяют соблюдение условий (2.1 1) При их удовлетворении принятая толщина обеспечивает работу укрепленной обочины в заданном режиме деформирования Если условие (2 1.1) не удовлетворено или суммарная толщина слоев укрепления больше $^2/_3$ толщины дорожной одежды проезжей части, используют следующие мероприятия:

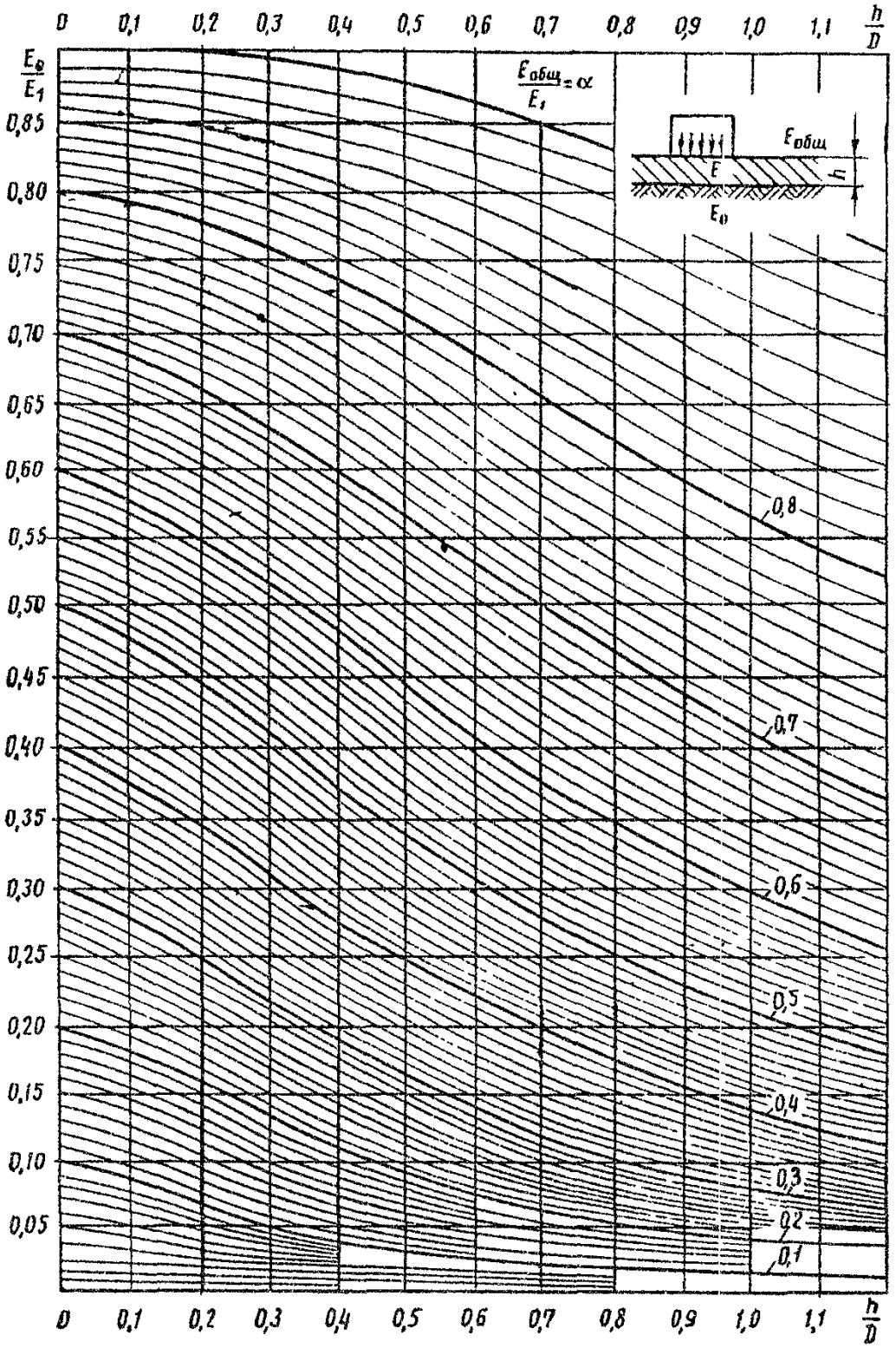


Рис. 2.2. Номограмма для расчета слоев укрепления обочин:

E_0 — модуль упругости грунта; E_1 — то же слоя укрепления; $E_{общ}$ — то же, конструкции укрепления, получаемый в результате расчета, h — толщина слоя укрепления; D — диаметр штампа, равный 33 см

применяют для укрепления материалы с более высоким модулем упругости E_1;

вводят промежуточный слой из материалов, имеющих модуль упругости не менее чем на 30% выше модуля упругости грунта земляного полотна.

После применения одного из указанных мероприятий расчет следует повторить.

2.4 3. При введении в конструкцию укрепления промежуточного слоя (трехслойная система) расчет укрепления следует вести последовательно, определяя сначала $E_{общ}$ для грунта земляного полотна и материала промежуточного слоя, а затем, принимая полученное значение за E_0, повторять расчет уже для новой, образованной при расчете двухслойной системы.

3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ОБОЧИН

3.1 Для укрепления обочин используют следующие материалы:

сборный цементобетон;

асфальтобетон различных марок;

черный щебень;

обработанные различными вяжущими щебеночные и гравийные материалы;

укрепленный различными вяжущими грунт;

щебеночные, гравийные и другие несвязные материалы;

грунтощебеночные (грунтогравийные) смеси.

Расчетные модули упругости этих материалов приведены в приложении 3.

3.2. Выбор материалов для укрепления обочин производят в зависимости от требований пп. 1.10 и 1 14 с учетом их наличия и особенностей работы под нагрузкой в соответствующих климатических условиях. Рекомендуемый порядок расположения материалов в конструкции укрепления представлен из рис. 3.1. Особенности применения каждого материала устанавливают в соответствии с положениями документов, приведенных в приложении 5.

3 3 При укреплении обочин асфальтобетонами низших марок для улучшения их свойств целесообразно применять волокна асбеста или стекловолокна из расчета 3—5 % от объема смеси. Длина волокон используемого материала должна находиться в пределах 50—150 мм. Расчетные модули упругости армированного асфальтобетона следует повышать на 20%.

3 4 При укреплении обочин грунтами или материалами, обработанными различными вяжущими, дозировку вяжущего и технологию устройства слоев следует устанавливать в соответствии с положениями «Инструкции по применению грунтов, укрепленных вяжущими материалами для устройства оснований, покрытий дорог и аэродромов» (СН 25-75, Госстрой СССР, М , 1975).

В случае отсутствия данных о пригодности для этой цели тех или иных грунтов или материалов, о требуемой дозировке вяжущих, а также о модуле упругости получаемой смеси, необходимо их определить в лаборатории по методикам, изложенным в СН 25-75.

3.5. При укреплении обочин несвязными материалами следует руководствоваться «Указаниями по строительству дорожных гравийных покрытий» (ВСН 7-72, Минавтодор РСФСР, М., 1972).

Для устройства слоев укрепления, контактирующих с колесами автомобилей, не следует использовать высокопрочные гравийные и щебеночные материалы без связующего грунта в оптимальном соотношении.

3.6. Грунтощебеночные и грунтогравийные смеси являются местными материалами, поэтому их характеристики следует устанавливать на месте в дорожных лабораториях Ориентировочные значения модулей упругости некоторых местных материалов приведены в приложении 3.

3.7. Укрепление обочин с использованием армирующих материалов (см. п. 2.3.4) предусматривает введение в конструкцию укрепления материалов, способных воспринимать растягивающие усилия.

Они закладываются:

под слой укрепления, если он выполняется из несвязных материалов или грунтов;

на границе между слоями укрепления, если оба слоя выполнены из связного материала, укладываемого в горячем виде, или один из них из несвязного.

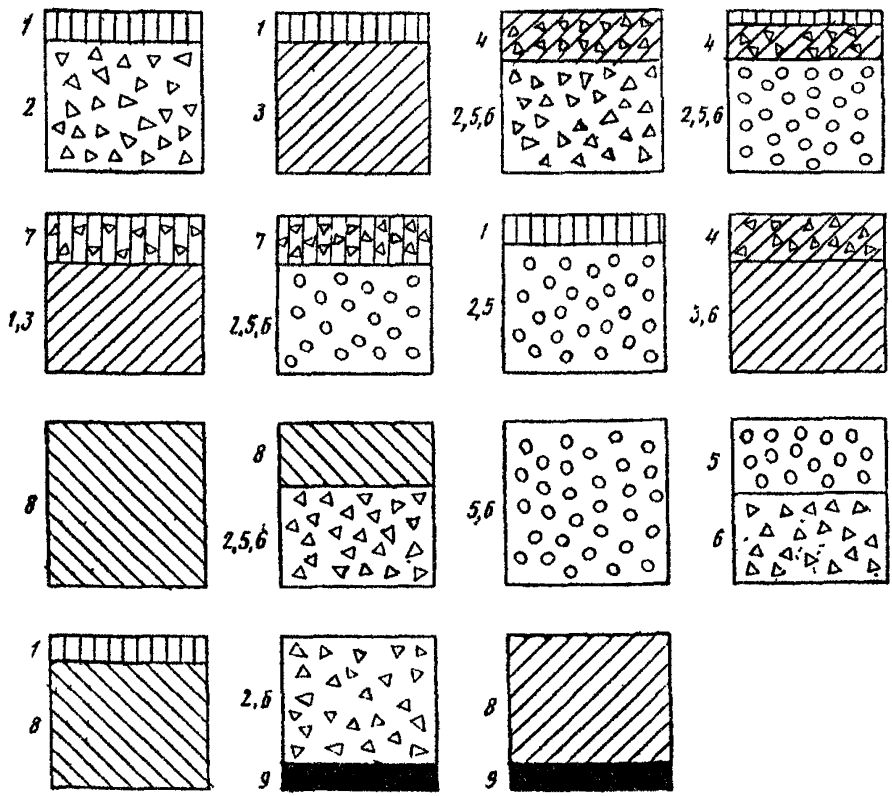


Рис 3.1. Материалы слоев укрепления обочин

1 — асфальтобетон, цементобетон; *2* — щебеночные материалы, шлаки; *3* — укрепленный неорганическими вяжущими грунт, *4* — щебень, гравий с пропиткой вяжущими материалами, *5* — гравийные (щебеночные) материалы *6* — грунтогравийные, грунтощебеночные материалы, отходы производства (кирпичный бой, отходы бетонных заводов, породы угольных шахт и т д), *7* — битумоминеральные смеси, *8* — битумогрунт, дегтегрунт; *9* — синтетические материалы

При использовании для армирования обочин синтетических материалов тканого и нетканого типа расчетные модули упругости соответственно грунта или материала нижележащего слоя увеличивают на 20%

3.8. Гидроизоляционную защиту грунтов обочин от воздействия поверхностных вод осуществляют следующими способами

устройством слоя асфальтобетона минимальной толщины согласно табл. 26 СНиП II-Д.5-72;

устройством на верхнем слое укрепления поверхностной обработки, а если укрепление обочин выполнено из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими и смолами, то с укладкой промежуточного щебеночного слоя толщиной 5 см;

применением синтетических пленочных или пленкообразующих материалов из органических вяжущих, укладываемых или наносимых тонким слоем путем набрызга на основание нижнего слоя укрепления;

смазкой торцов дорожной одежды одним из видов органических вяжущих перед укладкой слоев укрепления.

3.9. Укрепление травосеянием применяют при грунтах, имеющих pH>5. Для посева травы растительная земля должна содержать необходимые компоненты питательных веществ При использовании бедных растительных почв их обогащают органическими и минеральными удобрениями.

При укреплении травосеянием состав смеси и нормы высева следует принимать в соответствии с «Методическими указаниями по технологии укрепления земляного полотна гидропосевом многолетних трав» (ЦНИИС Минтрансстроя СССР, М., 1971).

4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

4.1. Работы по укреплению обочин автомобильных дорог выполняют в соответствии с технической документацией.

4.2. Работы по укреплению обочин производят с учетом:

интенсивности движения по дороге;

ширины проезжей части;

ширины обочины;

применяемой конструкции укрепления;

мест расположения материалов;

наличия стационарных или передвижных установок для приготовления грунтовяжущих смесей и возможности размещения этих установок;

состава и количества машин, имеющихся в распоряжении дорожных организаций, выполняющих работы по укреплению обочин.

4.3. Укладку слоев укрепления производят в соответствии со СНиП III-40-78 и с рекомендациями нормативных документов [1—16].

4.4. Машины и механизмы для производства работ, а также порядок их работы следует принимать в зависимости от способа и конструкции укрепления, указанных в таблицах 4.1—4.3.

Таблица 4.1

Вид укрепления обочин	Варианты конструкций обочин с одним слоем укрепления		
	при использовании в слое укрепления связных материалов		при использовании в слое укрепления несвязных материалов
	Приготовление материала непосредственно на обочине (грунтовяжущие смеси)	Приготовление материала для укрепления в установке за пределами земляного полотна	Привозной материал
Укрепление с использованием грунта обочины	I	II	—
Укрепление без использования грунта обочины, который при устройстве корыта удаляется за пределы земляного полотна	—	III	IV

Примечание. I—IV — номера вариантов технологии укрепления.

Таблица 4.2

Вид укрепления обочин	Вариант конструкций обочин с двумя слоями укрепления в случае приготовления материала (смеси) верхнего слоя за пределами земляного полотна, а промежуточного—на обочине	Вид укрепления обочин	Вариант конструкций обочин с двумя слоями укрепления в случае приготовления материала (смеси) верхнего слоя за пределами земляного полотна, а промежуточного—на обочине
Укрепление с использованием в верхнем слое грунта земляного полотна	V	Укрепление без использования в верхнем слое грунта земляного полотна	VI

Примечание. V—VI — номера вариантов технологии укрепления.

Таблица 4.3

Наименование операций	Порядок выполнения операций по сооружению конструкций укрепления обочин по вариантам I—VI согласно табл. 4.1 и 4.2						Тип механизмов, которые могут быть использованы
	I	II	III	IV	V	VI	
1	2	3	4	5	6	7	8
Зачистка поверхности обочин путем снятия слоя грунта толщиной 3—5 см с перемещением его на откосную часть	1	—	—	—	—	—	Автогрейдеры ДЗ-31-1, ДЗ-99-1-4 и др.
Устройство корыта в соответствии с профилем и глубиной, определяемой конструкцией укрепления (толщиной слоя укрепления):							
со срезкой и перемещением в валы на обочине с последующей погрузкой и вывозом за пределы земляного полотна	—	1	1	1	1	1	Для срезки автогрейдеры ДЗ-31-1, ДЗ-99-1-4 и другие, экскаваторы (для сооружения ровиков укрепительной смеси) Д-1514, Э-2114 Для вывоза: автомобили всех типов. Для погрузки: экскаваторы Д-1514, Э-2514; погрузчики Д-456, Д-451А, Д-602, Д-443А, Д-442, Д-5615 Автогрейдеры Д-3-31-1, ДЗ-99-1-4 и др.
со срезкой и удалением на откосы	—	—	1	1	—	1	
Выравнивание кромки проезжей части	—	2	2	2	2	2	Бетоноломы ИП-4602

Продолжение табл. 4. 3

Наименование операций	Порядок выполнения операций по сооружению конструкций укрепления обочин по вариантам I—VI согласно табл. 4. 1 и 4. 2						Тип механизмов, которые могут быть использованы
	I	II	III	IV	V	VI	
1	2	3	4	5	6	7	8
Смазка торца дорожной одежды одним из видов органического вяжущего материала	—	5	5	4	4	4	—
Рыхление грунта	2	—	—	—	—	—	Кирковщики автогрейдеров, рыхлители МТЗ-5Л
Уплотнение дна корыта за три-пять проходов	—	3	3	3	3	3	Катки ДУ-88, ДУ-49А, ДУ-50, ДУ-29, ДУ-31А, ДУ-9В, ДУ-48А
Размельчение и перемешивание грунта на обочине за два-три прохода	4	—	—	—	—	—	Фрезы ДС-18А, ДС-73
Завоз на обочину (в грунтосмесительную машину) вяжущего материала	5	—	—	—	—	—	Автогудронатор Д-251А, ДС-53А, Д-640, ДС-89А; цементовозы С-386А, С-956, С-571
Распределение вяжущих материалов на обочине	6	—	—	—	—	—	Фрезы ДС 18А, ДС-73; распределители ДС-9, ДС-49
Приготовление смеси в установке	—	4	4	—	9	9	Смесители Д-709, Д-370, ДС-65 различные бетономешалки
Приготовление смеси непосредственно на обочине	8	—	—	—	—	—	Фрезы ДС 18А, ДС-73
Завоз на обочину:							
материала или смешанного с вяжущим грунта	—	6	6	5	5,10	5,10	Автосамосвалы всех типов
грунта	3	—	—	—	—	—	То же
Увлажнение материала или смешанного с вяжущим грунта	7	7	—	6	7	7	Поливомоечные машины всех типов

Продолжение табл. 4, 3

Наименование операций	Порядок выполнения операций по сооружению конструкций укрепления обочин по вариантам I—VI согласно табл. 4. 1 и 4. 2						Тип механизмов, которые могут быть использованы
	I	II	III	IV	V	VI	
1	2	3	4	5	6	7	8
Разравнивание и профилирование слоя	9	8	7	7	6,11	6,11	Автогрейдеры ДЗ-31-1, ДЗ-99-1-4 и другие, асфальтоукладчик Д-63; машина для устройства укрепительных полос
Уплотнение слоя на обочине: верхнего из связных материалов или укрепленного вяжущим грунта	10	9	8	—	12	12	Катки ДУ-88, ДУ-50, ДУ-9, ДУ-31А, ДУ-49А, ДУ-9В, ДУ-48А
слоя из несвязных материалов	—	—	—	8	8	8	То же

Примечание. Цифры в вертикальных графах показывают порядок операций по устройству слоев укрепления, принятого согласно таблиц 4. 1 и 4. 2 варианта конструкций укрепления.

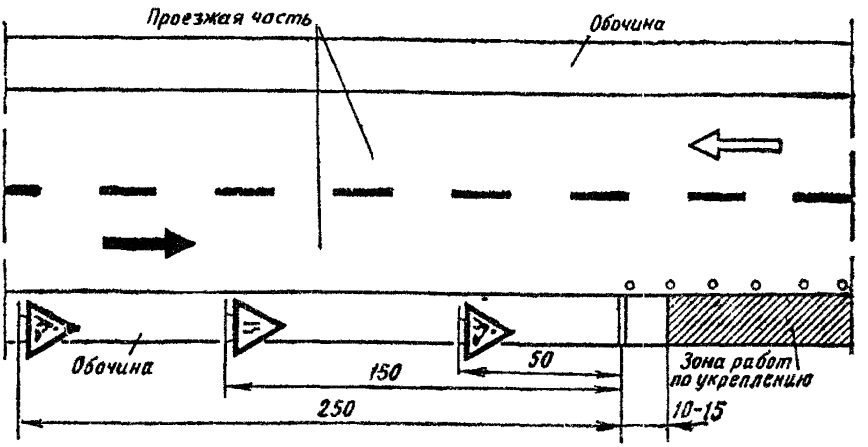


Рис. 4.1. Схема ограждения участка работы по укреплению обочин

4.5. Технологические карты для производства работ по укреплению обочин эксплуатируемых дорог составляются на месте дорожными организациями, выполняющими эти работы в зависимости от дорожной обстановки, плана и профиля дороги, конструкции укрепления, парка машин и применяемых дорожно-строительных материалов.

4.6. Работы по укреплению обочин следует выполнять в соответствии с действующими правилами по технике безопасности. Примерная схема расположения дорожных знаков и ограждений при производстве работ согласно ВСН 179-73 показана на рис. 4.1.

4.7. Режимы работы катков при уплотнении дна корыта и слоев укрепления должны назначаться в соответствии с требованиями приложения 1 СНиП III-40-78.

4.8. Для приготовления грунтов в смеси с вяжущим или других связных материалов (тощий бетон, обработанные вяжущими щебеночные или гравийные смеси и т. д.) могут быть использованы установки, отличные от указанных в табл. 4.3, если качество получаемого материала и производительность установок будут соответствовать требованиям.

4.9. При выполнении работ по усилению проезжей части дороги путем укладки слоев из асфальтобетона или других материалов эти работы одновременно выполняют и на краевой укрепительной полосе для исключения образования неровностей на контакте кромки проезжей части и укрепленной обочины.

5. ВЫБОР ЭКОНОМИЧЕСКИ РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ УКРЕПЛЕНИЯ ОБОЧИН

5.1. Общие положения

5.1.1. Экономическая эффективность укрепления обочин определяется разницей приведенных затрат по базовому варианту и каждому из n возможных к внедрению вариантов с учетом эффекта от улучшения транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог. При этом за базовый вариант принимается автомобильная дорога с неукрепленными обочинами. За возможные к внедрению варианты принимаются конструкции укрепления обочин автомобильной дороги, выбираемые согласно положениям настоящего документа.

5.1.2. Суммарный экономический эффект от улучшения транспортно-эксплуатационных качеств автомобильной дороги за счет внедрения n-й конструкции укрепления обочин:

$$Э_д = E_t + P_t + A_{пс}, \qquad (5.1.1)$$

где E_t — эффект от снижения величины ежегодных транспортных затрат; P_t — эффект от уменьшения количества дорожно-транспортных происшествий; $A_{пс}$ — эффект от высвобождения подвижного состава.

5.1.3. Критерием выбора наиболее рациональной конструкции укрепления обочин из сравниваемых вариантов является коэффициент сравнительной экономической эффективности. Наиболее рациональна конструкция, имеющая максимальное значение E. Для каждого из n возможных вариантов укрепления обочин коэффициент экономической эффективности рассчитывается по формуле

$$E = \frac{Э_д}{П^в - П^б} \qquad (5.1.2)$$

где $Э_д$ — суммарный экономический эффект, получаемый от внедрения n-го варианта укрепления обочин; $П^в$ — полные приведенные затраты по внедряемому варианту; $П^б$ — полные приведенные затраты по базовому варианту.

Конструкция укрепления обочин считается экономически целесообразной, если коэффициент эффективности E имеет значение не ниже нормативного $E_н = 0{,}12$.

5.1.4. При определении полных приведенных затрат для базового и каждого из n возможных к внедрению вариантов ($П^б$ и $П^в$), а также составляющих величины экономического эффекта от улучшения транспортно-эксплуатационных качеств дороги ($Э_д$) следует использовать исходные данные, позволяющие обеспечить сопоставимость рассматриваемых вариантов.

5.2. Выбор конструкции укрепления обочин на стадии разработки проекта строительства дороги

5.2.1. Полные приведенные затраты по базовому варианту слагаются из первоначальных капитальных вложений в устройство дорожной одежды проезжей части, затрат на средние ремонты неукрепленных обочин и ежегодных дорожно-эксплуатационных расходов за период суммирования. Они определяются по формуле

$$П^б = K^б + \sum_{1}^{p} \frac{K^б_{lср}}{(1 + E_{нп})^{t_{ср}}} + \sum_{t=1}^{t_р} \frac{З^б_t}{(1 + E_{нп})^t}, \qquad (5.2.1)$$

где $K^б$ — первоначальные капитальные вложения в сооружение дорожной одежды по базовому варианту, тыс. руб; $K^б_{lср}$ — затраты на средний ремонт неукрепленной обочины, тыс. руб.; $1,2..., p$ — количество средних ремонтов обочины за период суммирования $t_р$; $З^б_t$ — годовые дорожно-транспортные расходы, включающие затраты на текущий ремонт и содержание неукрепленных обочин, тыс. руб., $t_р$ — период суммирования затрат, т. е. срок службы дороги до первого капитального ремонта с момента рассматриваемого укрепления обочин; $t_{ср}$ — межремонтный срок среднего ремонта обочины (см. табл. 1 приложения 4), лет; $E_{нп}$ — нормативный коэффициент для приведения разновременных затрат ($E_{нп} = 0{,}08$); t — период приведения, соответствующий году осуществления затрат, лет, i — порядковый номер рассматриваемого среднего ремонта.

Значения коэффициентов $\frac{1}{(1 + 0{,}08)^t}$ [см. формулу (5.2.1)] в зависимости от периода приведения даны в табл. 5 приложения 4.

5.2.2. Полные приведенные затраты по n-му возможному варианту включают первоначальные капитальные вложения в сооружение дорожной одежды проезжей части и укрепленных обочин, затраты на средние ремонты обочин, а также ежегодные дорожно-эксплуатационные расходы на проезжую часть и укрепленные обочины за период суммирования. Полные приведенные затраты определяются по формуле

$$П^в = K^в + \sum_{1}^{r} \frac{K^в_{k.ср}}{(1 + E_{нп})^{t_{ср}}} + \sum_{t=1}^{t_р} \frac{З^в_t}{(1 + E_{нп})^t}, \qquad (5.2.2)$$

где $K^в$ — первоначальные капитальные вложения в сооружение дорожной одежды и укрепление обочин по n-му возможному варианту, тыс. руб.; $K^в_{k.ср}$ — затраты на средний ремонт обочин, тыс. руб.; $1,2...r$ — количество средних ремонтов обочин за период суммирования $t_р$; $t_{ср}$ — межремонтный срок среднего ремонта обочин (см. табл. 1 приложения 4) лет; $З^в_t$ — затраты на текущий ремонт и содержание укрепленных обочин, тыс. руб; k — порядковый номер рассматриваемого среднего ремонта. Показатели $t_р$, $t_{ср}$, $E_{нп}$ принимаются равными аналогичным показателям формулы (5.2.1).

5.2.3. Период суммирования затрат $t_р$ при расчетах по формулам (5.2.1), (5.2.2) принимают одинаковым для сравниваемых вариантов и считают равным продолжительности межремонтного срока капитального ремонта автомобильной дороги с укрепленными обочинами (см. табл. 1 приложения 4).

5.2.4. Первоначальные капитальные вложения ($K^б$ и $K^в$) по вариантам следует определять на основе проектно-сметной документации на строительство и реконструкцию автомобильной дороги.

5.2.5 Затраты на средние ремонты обочин $\left(K^б_{ср},\ K^в_{ср}\right)$ а, также годовые дорожно-эксплуатационные расходы $(З^б_t,\ З^в_t)$ определяются в соответствии с действующими нормами затрат на средний и текущий ремонты автомобильных дорог для соответствующих типов покрытий по формулам:

$$K^б_{ср} = K^б\, b^б\, l^б; \qquad (5.2.3)$$

$$K^в_{ср} = K^в\, b^в\, l^в; \qquad (5.2.4)$$

$$З^б_t = З^б\, b^б\, l^б; \qquad (5.2.5)$$

$$З^в_t = З^в\, b^в\, l^в, \qquad (5.2.6)$$

где $K^б$, $K^в$ — нормы затрат на средний ремонт 1 м² обочин соответственно для базового и возможного к внедрению вариантов, руб, определяются по данным табл. 2 приложения 4 $З^б$ $З^в$ — то же, на текущий ремонт и сооружение, руб, определяются по данным табл. 2 приложения 4, $b^б$, $b^в$ — ширина обочины соответственно для базового и возможного к внедрению вариантов, м, $l^б$, $l^в$ — длина рассматриваемого участка, м

5.2.6 Экономический эффект от снижения транспортных затрат (снижение себестоимости перевозок) за счет увеличения скорости движения автотранспорта за расчетный период при внедрении n-го варианта конструкции укрепления обочин может быть определен по формуле

$$E_t = \sum_{t=1}^{t_р} \frac{1}{(1+E_{нп})^t}\, D\, N_t\, 10^{-5}\, L \sum_{j=1}^{K} \frac{c_{j\,пост}\, g_j}{\beta_j\, \gamma_j} \left(\frac{1}{v^б_j} - \frac{1}{v^в_j} \right), \qquad (5.2.7)$$

где D — число рабочих дней перевозок в году, дней (принимается 300 дней); N_t — среднегодовая суточная перспективная интенсивность движения, авт/сут; L — длина рассматриваемого участка с укрепленными обочинами, км; $c_{j\,пост}$ — постоянная часть автотранспортной составляющей себестоимости перевозок для j-го типа автомобиля (см. табл. 4 приложения 4), коп; g_j — доля автомобилей j-го типа в транспортном потоке, в долях единицы; $j=1,2,\ldots,K$ — число типов автомобилей в потоке $v^б_j$ — средняя скорость движения автомобилей j-го типа на участке дороги с неукрепленными обочинами, принимаемая равной 50 км/ч (базовый вариант), $v^в_j$ — средняя скорость движения j-го типа автомобиля на участке дороги с укрепленными обочинами (возможный к внедрению вариант), км/ч,

$$v^в_j = v^б_j + K_у\, v^б_j; \qquad (5.2.8)$$

$K_у$ — коэффициент увеличения скорости движения, зависящий от типа покрытия на обочине и его ширины, который определяется по данным табл. 3 приложения 4, β_j, γ_j — соответственно коэффициенты использования пробега и грузоподъемности для j-й модели автомобилей (принимаются средние значения $\beta=0{,}6$; $\gamma=0{,}7$); выражение $\sum_{j=1}^{K} \frac{c_{j\,пост}\, g_j}{\beta_j\, \gamma_j} \left(\frac{1}{v^б_j} - \frac{1}{v^в_j} \right)$ среднезвешенная по транспортному потоку величина изменения постоянной части автотранспортной составляющей себестоимости перевозок.

5.2.7. Величина экономического эффекта от уменьшения количества дорожно-транспортных происшествий P для n возможного к внедрению варианта укрепления может быть определена по формуле

$$P = \sum_{t=1}^{t_p} \frac{1}{(1 + E_{нп})^t} DN_t p\, L(a_б - a_в)\, 10^{-6}, \qquad (5.2.9)$$

где p — средние народнохозяйственные потери от одного дорожно-транспортного происшествия на участке с однородными дорожными условиями (принимается $p = 3{,}42$ тыс. руб); $a_б$, $a_в$ — число дорожно-транспортных происшествий на 1 млн. автомобиле-километров для условий движения по дороге с обочинами, выполненными соответственно по базовому и возможному к внедрению вариантам.

Число дорожно-транспортных происшествий вычисляется по формулам:

$$a_б = 0{,}0685\, K_{итог.б}^{0,52}; \qquad (5.2.10)$$

$$a_в = 0{,}0685 K_{итог.в}^{0,52}, \qquad (5.2.11)$$

где $K_{итог\,б}$, $K_{итог\,в}$ — итоговые коэффициенты аварийности соответственно для базового и n-возможного к внедрению вариантов;

$$K_{итог.б} = K_1 K_2^б K_3; \qquad (5.2.12)$$

$$K_{итог.в} = K_1 K_2^в K_3, \qquad (5.2.13)$$

K_1, $K_2^б$, $K_2^в$, $K^в$ - частные коэффициенты аварийности, определяемые по табл. 6 приложения 4.

Значения степенных функций $K_{итог}^{0,52}$ определяются по табл. 7 приложения 4.

5.2.8. Эффект от высвобождения подвижного состава для n-го возможного к внедрению варианта определяется по формуле

$$A_{пс} = \frac{1}{(1 + E_{нп})} \cdot \frac{Q_t L \sum_j^J n_j Ц_j \left(\frac{1}{v_j^б} - \frac{1}{v_j^в} \right)}{B_н \eta \sum_j^J Г_j n_j \beta_j \gamma_j}, \qquad (5.2.14)$$

где Q_t — объем перевозок в исходном году, т; n_j — удельный вес каждого из j моделей автомобилей в общем количестве грузовых автомобилей, проходящих по дороге, в долях единицы; $Ц_j$ — размеры капиталовложений в один списочный автомобиль (см. табл. 4 приложения 4), тыс. руб.; $B_н$ — среднее время пребывания в пути одного автомобиля (может быть принято $B_н = 7{,}4$ ч); η — количество смен работы автомобиля в году (в среднем может быть принято $\eta = 480$ смен); $Г_j$ — номинальная грузоподъемность j-й модели автомобиля; β_j, γ_j — коэффициенты использования соответственно пробега и грузоподъемности для соответствующих моделей автомобилей [принимаются по формуле (5.2.7)]; $v_j^б$, $v_j^в$ — скорость движения автомобиля j й марки при движении по автомобильной дороге с обочинами соответственно по базовому и возможному к внедрению вариантам [см формулу (5.2.8)], км/ч.

5.3. Выбор конструкции укрепления обочин эксплуатируемых дорог

5.3.1. Полные приведенные затраты для базового варианта складываются из затрат на средние ремонты обочин, ежегодных дорожно-эксплуатационных расходов за период суммирования и определяются по формуле

$$П_б = \sum_{1}^{n} \frac{K^б_{tср}}{(1 + E_{нп})\, t_{ср}} + \sum_{t=1}^{t_р'} \frac{З^б_t}{(1 + E_{нв})^t}, \qquad (5.2.15)$$

где 1,2,...,n — количество средних ремонтов неукрепленных обочин за период суммирования; t — порядковый номер рассматриваемого среднего ремонта.

Показатели $K^б_{tср}$, $t_{ср}$, $З^б$, $E_{нп}$ аналогичны показателям формулы (5.2.1).

5.3.2. При определении полных приведенных затрат по n-му возможному к внедрению варианту необходимо учесть капитальные затраты на устройство данного типа конструкций укрепления обочин, затраты на средине, текущие ремонты и содержание обочин за период суммирования. Формула полных приведенных затрат в этом случае примет вид:

$$П_в = K^в + \sum_{1}^{m} \frac{K^в_{к\,ср}}{(1 + E_{нп})^{t_{ср}}} + \sum_{t=1}^{t_р'} \frac{З^в_t}{(1 + E_{нп})^t}, \qquad (5.2.16)$$

где $K^в$ — первоначальные капитальные вложения в устройство укрепленных обочин, тыс. руб.; 1,2,....m — количество средних ремонтов укрепленных обочин n-го типа за период $t'_р$; $к$ — порядковый номер рассматриваемого среднего ремонта; $t_р'$ — период суммирования затрат, лет.

Показатели $K^в_{к\,ср}$, $З^в_t$, $t_{ср}$, t аналогичны показателям формулы (5.2.2).

5.3.3. Период суммирования затрат $t'_р$ при расчетах полных приведенных затрат по формулам (5.2.15), (5.2.16) принимается одинаковым для сравниваемых вариантов и считается равным сроку службы укрепленной обочины от года осуществления мероприятия по укреплению до года проведения капитального ремонта автомобильной дороги.

5.3.4. Размер капитальных вложений в устройство укрепленных обочин ($K^в$) устанавливают в соответствии с величиной сметной стоимости возведения конструкции укрепления.

5.3.5. Определение составляющих суммарного экономического эффекта $Э_д$ от улучшения транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог ($E_т$, $P_т$, $A_{вс}$) при укреплении обочин эксплуатируемых дорог производится в соответствии с пп. 5.2.6 — 5.2.8. При этом необходимо учесть, что срок суммирования затрат должен быть принят равным $t'_р$. За $v^б_t$ принимается среднее значение скорости грузовых автомобилей по дороге с неукрепленными обочинами, равное 50 км/ч, т. е. $v^б_t = 50$ км/ч.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

6.1. Годовой экономический эффект, создаваемый за счет укрепления обочин, определяется для наиболее эффективного из n возможных к внедрению вариантов укрепления как среднегодовая величина дополнительного эффекта $Э_д$, получаемого народным хозяйством за период $t_р$ (или $t'_р$). Эта величина определяется как суммарный экономический эффект от улучшения транспортно-эксплуатационных качеств автомобильной дороги в первом году эксплуатации и выражается формулой

$$Э_г = Э_д^{t=1},$$

где $Э_д$ — суммарная величина эффекта, получаемого в первом году эксплуатации по формуле (5.1.1), тыс. руб.

При этом суммарная величина эффекта $Э_г$, получаемого в первом году эксплуатации, определяется суммированием составляющих эффекта E_t, P_t, $A_{пс}$, рассчитанных по формулам (5.2.7), (5.2.9) и (5.2.14) при коэффициенте приведения $\frac{1}{1 + 0{,}08} = 0{,}926$.

Пример расчета конструкции укрепления обочин

Необходимо укрепить обочины на участках эксплуатируемой автомобильной дороги III категории, имеющей асфальтобетонное покрытие, между населенными пунктами в Ульяновской области. Капитальный ремонт проезжей части дороги намечен через 5 лет с момента выполнения работ по укреплению обочин. Участок дороги, на котором предполагается выполнить работы по укреплению обочин, находится в 4-м районе III дорожно-климатической зоны (см. табл. 2.3). Ширина проезжей части — 7 м, обочин — 2,5 м. Интенсивность движения на момент ввода участков укрепленных обочин в эксплуатацию составляет 1800 авт./сут. Земляное полотно представлено легкой непылеватой супесью. Местность по условиям увлажнения относится ко 2-му типу.

В распоряжении дорожной службы имеется: местный несортированный щебень (по данным испытаний модуль упругости этого материала составляет 2800 кг/см²); битум; асфальтобетон с модулем упругости 10 000 кг/см².

Согласно положениям пп 1.12—1.14 Указаний, для укрепления обочин могут быть, например, использованы следующие варианты укрепления:

1-й вариант — остановочная полоса укрепляется несортированным щебнем, краевая укрепительная полоса укрепляется (снизу вверх) слоем несортированного щебня и слоем асфальтобетона;

2-й вариант — краевая укрепительная и остановочная полосы устраиваются из битумогрунта.

На краевой укрепительной и остановочной полосах может быть введен промежуточный слой из несортированного щебня, если это потребуется по условиям расчета. Для укрепления используется супесчаный грунт, смешанный в установке с 6% жидкого битума. По данным испытаний модуль упругости битумогрунта $E_1 = 2500$ кгс/см².

Ширина краевой укрепительной полосы согласно п. 1.12 Указаний принимается равной 0,5 м, ширина остановочной полосы согласно п. 1.13 составит

$$B_2 = B_1 - (B_1 + a) = 2{,}5 - (0{,}5 + 0{,}5) = 1{,}5 \text{ м}.$$

I вариант.

1. Расчет требуемого модуля упругости. Требуемый модуль упругости $E^{\text{п}}_{\text{тр}}$ остановочной полосы, согласно п. 2.1.4 Указаний и конструкции укрепления, принимается равным 625 кгс/см², т. е.

$$E^{\text{п}}_{\text{тр}} = 625 \text{ кгс/см}^2.$$

Требуемый модуль упругости $E^{\text{к}}_{\text{тр}}$ краевой укрепительной полосы определяется по номограмме (см. рис. 2.1) исходя из результатов предварительных расчетов $N^{\text{к}}_{\text{пр}}$. Условия расчета $N^{\text{к}}_{\text{пр}}$:

Срок службы краевой укрепительной полосы согласно условию примера равен 5 годам (через 5 лет будет выполняться капитальный ремонт дороги и одновременно с ремонтом проезжей части, согласно п. 4.9, будет выполняться и перекрытие краевой укрепительной полосы). Таким образом, согласно п. 2.2.2, имеем $T_к = 5$. Величина $q^{T_к}_{\text{н}} = 1{,}1^5 = 1{,}6$. Расчетная перспективная интенсивность движения $N_{\text{р}}$, согласно п. 2.2.2, определяется из выражения

$$N_{\text{р}} = N_{\text{ф}} q^{5}_{\text{н}} = 1800 \cdot 1{,}6 = 2900 \text{ авт./сут}.$$

По табл. 2.2 для $N_p=2900$ авт./сут ширины проезжей части — 7 м и при внешнем сходстве верхнего слоя укрепления краевой укрепительной полосы и проезжей части дороги находим величину A, которая равна 0,01 (по интерполяции между значениями 0,006 и 0,012).

$$\text{Отсюда } N^{II}_{пр} = N_p A = 1800 \cdot 0{,}01 = 18 \text{ авт./сут.}$$

Значение $E^{I}_{тр}$ находим на вертикальной шкале номограммы по точке пересечения $N^{II}_{пр}$ с линией, отвечающей принятому типу укреплений, т. е.

$$E^{I}_{тр} = 1350 \text{ кгс/см}^2.$$

Согласно условию п 2 1 7 Указаний, необходимо о дельно выполнять расчет укрепления остановочной и краевой укрепительной полос

2 Определение модуля упругости грунта земляного полотна Модуль упругости E_0 грунта земляного полотна устанавливается по табл 2 6 при известных значениях относительной влажности $W/W_т$ и виде грунтов земляного полотна. Значение $W/W_т$ устанавливается в такой последовательности:

согласно условиям примера работы ведутся на участке дороги в III дорожно-климатической зоне, 4-м районе, во 2-м типе местности по условиям увлажнения Земляное полотно представлено легкой непылеватой супесью (см табл. 2 3, 2 2, 2 5);

по табл. 2.4 для указанных условий находим расчетное значение влажности для укрепления несортированным щебнем при плотности 1,9 т/см³ значение $W/W_т=0{,}7$, для укрепления асфальтобетоном $W/W_т=0{,}65$ Принимаем для расчета остановочной и краевой укрепительной полос наиболее неблагоприятные условия, т е. $W/W_т=0{,}7$,

по табл 2.6 определяем модуль упругости грунта $E_0=390$ кгс/см²

3 Расчет параметров укрепления остановочной полосы Согласно п 2 1 2 Указаний, принимаем, что $E^{II}_{тр} = E^{II}_{общ}$, и получаем $\frac{E_{общ}}{E_1} = \frac{625}{2800} = 0{,}22$; определяем $\frac{E_0}{E_1} = \frac{390}{2800} = 0{,}14$. По номограмме (см. рис. 2.2) при известных значениях $E_{общ}/E_1$ и E_0/E_1 определяем h/D и соответственно значение h. Имеем $h/D=0{,}34$, откуда $h=D\ 0{,}34=33 \cdot 0{,}34=11{,}2$ см.

Принимаем для укрепления остановочной полосы слой несортированного щебня толщиной 11 см

4 Расчет параметров укрепления краевой укрепительной полосы Согласно п 2 9 3—2 9 6, имеем

$$\frac{E_0}{E_1} = \frac{390}{2800} = 0{,}22,$$

где E_1' — модуль упругости промежуточного слоя из несортированного щебня.

Задаемся толщиной промежуточного слоя 20 см и определяем отношение

$$\frac{h}{D} = \frac{20}{33} = 0{,}61.$$

По номограмме (см рис. 2.2) определяем модуль упругости $E'_{общ}$ на поверхности системы «земляное полотно — промежуточный слой», $E'_{общ}$ устанавливается из выражения $\alpha = \frac{E_{общ}}{E_1}$ по точке пересечения значений h/D и E_0/E_1' При $h/D = 0{,}61$ и $E_0/E_1' = 0{,}22$ имеем $\alpha = 0{,}4$ откуда $E'_{общ} = E_1' \alpha = 2800 \times 0{,}4 = 1120$ кгс/см².

Составляем отношение $E_{общ}/E_1$, где принимаем, что $E_{общ} = E^{I}_{тр}$, а E_1 — модуль упругости асфальтобетона верхнего слоя укрепления краевой укрепительной полосы, отсюда

$$\frac{E_{общ}}{E_1} = \frac{1350}{10\,000} = 0{,}13,$$

$$\frac{E'_{общ}}{E_1} = \frac{1120}{10\,000} = 0{,}11.$$

По номограмме (см. рис. 2.2) при известных значениях $E_{общ}/E_1$ и $E'_{общ}/E_1$ определяем

$$h/D = 0{,}14;\ h = D \cdot 0{,}14 = 33\ 0{,}14 \simeq 4{,}6 \cong 5 \text{ см}.$$

Таким образом, в результате проведенного расчета краевая укрепительная полоса выполняется (снизу вверх) из слоя несортированного щебня толщиной 20 см и слоя асфальтобетона толщиной 5 см.

II вариант.

1. Расчет требуемого модуля упругости. Требуемый модуль упругости $E^{II}_{тр}$ остановочной полосы согласно п. 2.1.4 Указаний и принятой конструкции укрепления принимается равным 850 кгс/см². Требуемый модуль упругости $E^{I}_{тр}$ краевой укрепительной полосы определяется по номограмме (см. рис. 2.1), исходя из результатов предварительных расчетов $N^{II}_{пр}$ (см. п. 2.7.2). При этом остаются неизменными: $T_2 = 5$; $q^{T_1}_{II} = 1{,}15 = 1{,}6$; $N_p = 2900$ авт./сут; $A = 0{,}01$; $N^{II}_{пр} = 18$ авт./сут.

Значение $E^{I}_{тр}$ находится на вертикальной шкале номограммы в точке пересечения $N^{II}_{пр}$ с линией, отвечающей принятому типу укрепления, т. е. $E^{I}_{тр} = 1050$ кгс/см².

Согласно условию п. 2.1.7 Указаний, отличие в $E^{I}_{тр}$ и $E^{II}_{тр}$ составляет 29%. В этой связи расчет параметров укрепления остановочной и краевой укрепительной полос производится отдельно.

2. Определение модуля упругости грунта земляного полотна. Модуль упругости грунта земляного полотна устанавливается по табл. 2.6 при известном значении относительной влажности $W/W_т$ и виде грунта земляного полотна следующим образом:

согласно условиям примера работы ведутся на участке дороги в 4-м районе III дорожно-климатической зоны, во 2-м типе местности по условиям увлажнения, земляное полотно представлено легкой непылеватой супесью (см. табл. 2.3, 2.2 и 2.5);

по табл. 2.4. для указанных условий с учетом укрепления обочин битумогрунтом находим $W/W_т = 0{,}65$;

по табл. 2.6 устанавливаем модуль упругости $E_0 = 420$ кгс/см².

3. Расчет параметров укрепления остановочной полосы. Согласно п. 2.1.2 Указаний принимаем, что $E^{II}_{тр} = E^{II}_{общ}$, и составляем отношение

$$\frac{E_{общ}}{E_1} = \frac{850}{2500} = 0{,}34;$$

определяем

$$\frac{E_0}{E_1} = \frac{420}{2500} = 0{,}17.$$

По номограмме (см. рис. 22) при известных значениях $E_{общ}/E_1$ и E_0/E_1 определяем h/D и соответственно значение h:

$$h/D = 0{,}6;\ h = D \cdot 0{,}6 = 33 \cdot 0{,}6 = 19{,}8 \cong 20 \text{ см}.$$

Принимаем для укрепления остановочной полосы слой битумогрунта толщиной 20 см.

4. Расчет параметров укрепления краевой укрепительной полосы. Для удобства выполнения работ принимаем, что верхний слой укрепления краевой укрепительной полосы выполняется также толщиной 20 см. В связи с тем, что модуль упругости битумогрунта и имеющегося по условиям примера несортированного щебня приблизительно равны, промежуточный слой, необходимый для краевой укрепительной полосы, для удовлетворения условий $E^{I}_{тр} = E^{I}_{общ}$ можно выполнять из любого материала. Принимаем для устройства промежуточного слоя несортированный щебень. В принятых условиях расчета сводится к определению толщины этого слоя

Определяем $\frac{E_0}{E_1'} = \frac{420}{2800} = 0{,}15$, где E_1' — модуль упругости материала промежуточного слоя.

Задаемся толщиной промежуточного слоя 13 см и определяем

$$\frac{h}{D} = \frac{13}{33} = 0{,}4.$$

По номограмме (см. рис. 22) определяем модуль упругости $E'_{общ}$ на поверхности системы «земляное полотно — промежуточный слой». $E'_{общ}$ устанавливается из выражения $\alpha = E_{общ}/E_1$ по точке пересечения значений h/D и E_0/E_1'. При $h/D = 0{,}4$ и $E_0/E_1' = 0{,}15$; $E'_{общ} = 0{,}25 \cdot 2800 = 700$ кгс/см².

Составляем отношение $E_{общ}/E_1$, где $E^{I}_{общ} = E'_{тр}$, и E_1 — модуль упругости битумогрунта:

$$\frac{E_{общ}}{E_1} = \frac{1050}{2500} = 0{,}42;$$

Отношение $\frac{E'_{общ}}{E_1} = \frac{700}{2500} = 0{,}28.$

По номограмме (см. рис. 2.2) проверяем соответствие принятой толщины верхнего слоя укрепления, равной 20 см, получаемым расчетным данным. При известных значениях $E_{общ}/E_1$ и $E'_{общ}/E_1$ находим h/D и соответственно h слоя битумогрунта:

$$h/D \cong 0{,}4;\ h = 0{,}4 \cdot 33 = 13{,}2 \cong 13 \text{ см},$$

т. е. конструкция, а именно, толщина промежуточного слоя выбраны правильно.

Таким образом, в результате расчета краевая укрепительная полоса выполняется (снизу вверх) из слоя несортированного щебня толщиной 13 см и слоя битумогрунта толщиной 20 см.

Выбор экономически рациональной конструкции укрепления обочин

Исходными данными для выбора рациональной конструкции укрепления являются данные приложения 1 и результатов расчета по этому приложению:

1-я конструкция — остановочная полоса шириной 1,5 м, укрепленная слоем несортированного щебня толщиной 11 см, и краевая укрепительная полоса шириной 0,5 м, выполненная (снизу вверх) из слоя несортированного щебня толщиной 20 см и слоя асфальтобетона толщиной 5 см.

2-я конструкция — остановочная полоса шириной 1,5 м, укрепленная слоем битумогрунта толщиной 20 см, и краевая укрепительная полоса шириной 0,5 м, выполненная (снизу вверх) из несортированного щебня с толщиной слоя 15 см и слоем битумогрунта толщиной 20 см.

В качестве базового варианта согласно п. 5.1.1 принимается неукрепленная обочина шириной 2,5 м (см. п. 1.12).

Дополнительными данными, необходимыми для экономических расчетов по настоящему приложению (в качестве примера), принимается объем грузоперевозок в размере 3 млн. т в год. При этом сметная стоимость 1 км дорожной одежды (без обочин) составляет 60,3 тыс. руб; обочины, укрепленной согласно принятой 1-й конструкции укрепления — 11,7 тыс. руб.; обочины, укрепленной согласно принятой 2-й конструкции укрепления — 9,4 тыс руб.

Таким образом за базовый вариант принимается автомобильная дорога с асфальтобетонным покрытием с шириной проезжей части 7,5 м и неукрепленными обочинами шириной 2·2,5 м.

За внедряемые варианты принимаются:

автомобильная дорога с асфальтобетонным покрытием шириной 7,5 м, краевыми укрепительными полосами шириной 2×0,5 м из слоя несортированного щебня толщиной 20 см и слоя асфальтобетона 5 см и остановочными полосами шириной 2 × 1,5 м, укрепленными несортированным щебнем с толщиной слоя 11 см;

автомобильная дорога с асфальтобетонным покрытием шириной 7,5 м, краевыми укрепительными полосами шириной 2×0,5 м из слоя несортированного щебня толщиной 15 см и остановочными полосами шириной 2×1,5 м из битумогрунта толщиной 20 см.

При выполнении расчетов все показатели определяются на 1 км дороги.

Пример 1. На стадии разработки проекта строительства автомобильной дороги (первый случай разд. 5.2) требуется выбрать экономически рациональную конструкцию укрепления из предложенных двух конструкций.

1. Размер первоначальных капитальных вложений для базового варианта определяется величиной стоимости дорожной одежды, а для каждого из возможных для внедрения вариантов — суммированием стоимостей дорожной одежды и укрепленных обочин. Для базового варианта $K^б = 60{,}3$ тыс. руб., для первого возможного к внедрению варианта (1-я конструкция) укрепления обочин $K_1^в = 60{,}3 + 11{,}7 = 72{,}0$ тыс. руб., для второго возможного к внедрению варианта (2-я конструкция) укрепления обочин $K_2^в = 60{,}3 + 9{,}4 = 69{,}7$ тыс. руб.

2. Затраты на средний ремонт, а также на текущий ремонт и содержание обочин определяются по формулам (5.2.3)—(5.2.6) по данным табл. 2 приложения 4:

для базового варианта

$$K_{ср}^б = 0{,}102 \cdot 5{,}0 \cdot 1000 = 510 \text{ руб.} = 0{,}51 \text{ тыс руб.};$$

$$З_т^б = 0{,}036 \cdot 5{,}0 \cdot 1000 = 180 \text{ руб.} = 0{,}18 \text{ тыс руб.},$$

где 0,102 и 0,036 — затраты соответственно на средний и текущий ремонты неукрепленной обочины (табл. 2 приложения 4), руб./м²; 5=2×2,5 — ширина неукрепленной обочины, м.

По возможным к внедрению вариантам укрепления обочин:

1-я конструкция. Так как конструкция укрепления обочин по 1-му варианту является комбинированной, расчет $K^{в}_{ср}$ и $З^{в}$ выполняется для каждой полосы отдельно:

для асфальтобетонной полосы

$$K^{в}_{ср} = 0{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = 720 \text{ руб.} = 0{,}72 \text{ тыс. руб.};$$

для щебеночной полосы

$$K^{в}_{ср} = 0{,}75 \cdot 3 \cdot 1000 = 2250 \text{ руб.} = 2{,}25 \text{ тыс. руб.}$$

Текущие затраты определяются по каждой полосе с последующим суммированием:

$$З_t^{в} = 0{,}064 \cdot 1 \cdot 1000 + 0{,}086 \cdot 3 \cdot 1000 = 320 \text{ руб.} = 0{,}320 \text{ тыс. руб.},$$

где 0,75 и 0,086 — затраты соответственно на средний и текущий ремонты укрепленной щебнем обочины, руб/м²;

0,72 и 0,064 — затраты соответственно на средний и текущий ремонты асфальтобетонной краевой укрепительной полосы, руб/м²;

1=2·0,5— ширина краевой укрепительной полосы, м;

3=2·1,5 — ширина укрепленной щебнем остановочной полосы, м.

2-я конструкция. Для битумогрунта

$$K^{в}_{ср} = 0{,}557 \cdot 4 \cdot 1000 = 2228 \text{ руб.} = 2{,}230 \text{ тыс. руб.};$$

$$З_t^{в} = 0{,}046 \cdot 4{,}0 \cdot 1000 = 184 \text{ руб.} = 0{,}180 \text{ тыс. руб.},$$

где 0,557 и 0,046 — затраты соответственно на средний и текущий ремонты обочин из битумогрунта, руб./м²; 4=2·2,0—ширина укрепленной обочины, м.

3. Период суммирования затрат принимается равным межремонтному сроку капитального ремонта автомобильной дороги с асфальтобетонным покрытием $t_р$=18 лет. Межремонтный срок среднего ремонта щебеночных обочин $t_{ср}$=3 года, краевой укрепительной полосы $t_{ср}$=6 лет, обочин из битумогрунта $t_{ср}$=3 года, неукрепленной обочины $t_{ср}$=2 года.

4. Полные приведенные затраты для базового и каждого из возможных к внедрению вариантов определяются соответственно по формуле:

$$П^{б} = 60{,}3 + 0{,}51\left[\frac{1}{(1+0{,}08)^2} + \frac{1}{(1+0{,}08)^4} + \frac{1}{(1+0{,}08)^6} + \right.$$

$$+ \frac{1}{(1+0{,}08)^8} + \frac{1}{(1+0{,}08)^{10}} + \frac{1}{(1+0{,}08)^{12}} + \frac{1}{(1+0{,}08)^{14}} +$$

$$\left. + \frac{1}{(1+0{,}08)^{16}}\right] + 0{,}18 \sum_{t=1}^{t=18} \frac{1}{(1+0{,}08)^t} = 60{,}03 + 0{,}51 \cdot (0{,}858 + 0{,}735 +$$

$$+ 0{,}630 + 0{,}540 + 0{,}468 + 0{,}397 + 0{,}340 + 0{,}292) + 0{,}18\ 9{,}372 = 64{,}2 \text{ тыс. руб.},$$

где 0,51 и 0,18 — стоимость соответственно среднего и текущего ремонта неукрепленной обочины $\left(K^{б}_{ср} \text{ и } З^{б}_{t}\right)$ тыс. руб.

Коэффициенты приведения, заключенные в квадратные скобки, соответствуют производству среднего ремонта обочин через каждые 2 года ($t_{ор}$=2 года) до капитального ремонта (табл. 1 приложения 4). Значения этих коэффициентов определяются по табл. 5 приложения 4.

4. Суммарный коэффициент приведения ежегодных затрат на содержание и текущий ремонт до капитального ремонта $\sum_{t=1}^{t=18} \frac{1}{(1+0{,}08)^t}$ определяется[1] суммированием показателей за каждый год по табл 5 приложения 4.

Аналогично определяются значения $П^в$ для каждого из возможных к внедрению вариантов укрепления обочин, для 1-й конструкции:

$$П_1^в = 72{,}0 + 0{,}72\left[\frac{1}{(1+0{,}08)^6} + \frac{1}{(1+0{,}08)^{12}}\right] +$$

$$+ 2{,}25\left[\frac{1}{(1+0{,}08)^3} + \frac{1}{(1+0{,}08)^6} + \frac{1}{(1+0{,}08)^9} + \frac{1}{(1+0{,}08)^{12}} +\right.$$

$$\left. + \frac{1}{(1+0{,}08)^{15}}\right] + 0{,}32 \sum_{t=1}^{t=18} \frac{1}{(1+0{,}08)^t} = 72{,}0 + 0{,}72\,(0{,}630 + 0{,}397) +$$

$$+ 2{,}25\,(0{,}794 + 0{,}630 + 0{,}500 + 0{,}397 + 0{,}315) + 0{,}32) \times$$

$$\times 9{,}372 = 91{,}7 \text{ тыс. руб.}$$

Для 2-й конструкции

$$П_2^в = 69{,}7 + 2{,}23\left[\frac{1}{(1+0{,}08)^3} + \frac{1}{(1+0{,}08)^6} + \frac{1}{(1+0{,}08)^9} +\right.$$

$$\left. + \frac{1}{(1+0{,}08)^{12}} + \frac{1}{(1+0{,}08)^{15}}\right] + 0{,}18 \sum_{t=1}^{t=18} \frac{1}{(1+0{,}08)^t} =$$

$$= 69{,}7 + 2{,}23(0{,}794 + 0{,}630 + 0{,}500 + 0{,}397 + 0{,}315) + 0{,}18 \cdot 9{,}372 = 77{,}27 \text{ тыс. руб.}$$

5. Размер экономического эффекта от снижения транспортных затрат определяется по формуле (5.2.7) для заданного проектом транспортного потока:

Состав транспортного потока	ГАЗ-53—03	ЗИЛ-130	ЗИЛ-164	МАЗ-200	МАЗ-200 с прицепом	ЛАЗ-695	ЗИЛ М—21-55
Доля автомобиля данной марки в общем транспортном потоке	0,125	0,200	0,125	0,200	0,050	0,050	0,50	0,200
То же, в грузовом транспортном потоке	0,178	0,286	0,178	0,286	0,072	—	—	—

[1] Определение сомножителя $\sum_{t=1}^{t=18} \frac{1}{(1+0{,}08)^t}$ сводится к суммированию показателей $\frac{1}{(1+0{,}08)} + \frac{1}{(1+0{,}08)^2} + \ldots + \frac{1}{(1+0{,}08)^{18}}$, значения которых приводятся в табл. 5 приложения 4.

Средняя скорость движения транспортного потока по дороге с неукрепленной обочиной составляла 50 км/ч. После устройства укрепленных обочин скорость транспортного потока увеличивается и значение ее определяется по формуле (5.2.8):

для 1-й конструкции

$$v^в = 40 + 50\,(0{,}04 + 0{,}02) = 53 \text{ км/ч};$$

для 2-й конструкции

$$v^в = 50 + 50\,(0{,}07) = 53{,}5 \text{ км/ч}.$$

Значение коэффициента увеличения скорости принимается по данным табл. 3 приложения 4.

Число рабочих дней перевозок в году для расчета принято $Д = 300$ дней. Коэффициенты использования пробега β и грузоподъемности γ приняты равными соответственно 0,6 и 0,7. Отсюда:

для 1-й конструкции

$$E_{т1} = \sum_{t=1}^{t=18} \frac{1}{(1+0{,}08)^t}\, 10^{-5} \cdot 300 \cdot 3000\, \frac{1}{0{,}6 \cdot 0{,}7} \left(\frac{1}{50} - \frac{1}{53}\right) (29{,}0 \cdot 0{,}125 +$$

$$+ 31{,}0 \cdot 0{,}200 + 30{,}0 \cdot 0{,}125 + 32{,}0 \cdot 0{,}200 + 35{,}0 \cdot 0{,}05 + 45{,}0 \cdot 0{,}05 +$$

$$+ 45{,}0 \cdot 0{,}05 + 28{,}0 \cdot 0{,}200) = 7{,}03 \text{ тыс. руб.};$$

для 2-й конструкции

$$E_{т2} = \frac{1}{(1+0{,}08)^t}\, 10^{-5} \cdot 300 \cdot 3000\, \frac{1}{0{,}6 \cdot 0{,}7} \left(\frac{1}{50} - \frac{1}{53{,}5}\right) (29{,}0 \cdot 0{,}125 +$$

$$+ 31{,}0 \cdot 0{,}200 + 30{,}0 \cdot 0{,}125 + 32{,}0 \cdot 0{,}200 + 35{,}0 \cdot 0{,}05 + 45{,}0 \cdot 0{,}05 +$$

$$+ 45{,}0 \cdot 0{,}05 + 28{,}0 \cdot 0{,}200) = 8{,}3 \text{ тыс. руб.}$$

где 10^{-5} — переводной коэффициент; 300 — число рабочих дней перевозок; 3000 — среднесуточная интенсивность движения, авт/сут.

Величины, приведенные в скобках ($29{,}0 \times 0{,}125 + \ldots + 0{,}28 \times 0{,}200$), означают произведение постоянной части транспортной составляющей себестоимости перевозок по маркам автомобилей (определяется по данным табл. 4 приложения 4) на удельный вес автомобиля данной марки в общем транспортном потоке.

6. Величина экономического эффекта от снижения количества дорожно-транспортных происшествий определяется по формуле (5.2.9). При этом итоговые коэффициенты аварийности определяются по табл. 6 приложения 4:

для базового варианта

$$K^б_{итог} = 0{,}75 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}1 = 1{,}24;$$

для возможных к внедрению вариантов

$$K^в_{итог1} = 0{,}75 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}2 = 0{,}9;$$

$$K^в_{итог2} = 0{,}75 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}2 = 0{,}9.$$

Число дорожно-транспортных происшествий:

для базового варианта

$$a_б = 0{,}0685 \cdot 1{,}24^{0{,}52} = 0{,}08;$$

для возможных к внедрению вариантов

$$a_в = 0{,}0685 \cdot 0{,}9^{0{,}52} = 0{,}06.$$

Значения степенных функций ($1{,}24^{0{,}52}$ и $0{,}90^{0{,}52}$) принимаются по табл. 7 приложения 3.

Величина

$$P_{t1} = P_{t2} = \sum_{t=1}^{t=18} \frac{1}{(1+0{,}08)^t} \cdot 300 \cdot 3000 \cdot 3{,}42\,(0{,}08 - 0{,}06)\,10^{-6} = 0{,}58 \text{ тыс. руб.}$$

7. Эффект от высвобождения подвижного состава определяется по формуле (5.2.14). Время пребывания в пути одного автомобиля в среднем принимается равным 7,4 ч, количество смен работы автомобиля в году — 480. Размеры капиталовложений в один списочный автомобиль определяются в соответствии с табл. 4 приложения 4.

При этих условиях для заданного грузового транспортного потока (см. п. 5) величина экономического эффекта определяется для 1-го из возможных к внедрению вариантов

$$A_{\text{пс.1}} = \frac{1}{(1+0{,}08)} \cdot \frac{3 \cdot 10^6 (1{,}52 \cdot 0{,}178 + 1{,}6 \cdot 0{,}286 + 1{,}51 \cdot 0{,}178 + \rightarrow}{7{,}4 \cdot 480\,(2{,}5 \cdot 0{,}178 + 5{,}0 \cdot 0{,}286 + 4{,}0 \cdot 0{,}178 + \rightarrow}$$

$$\leftarrow \frac{+ 3{,}52 \cdot 0{,}286 + 5{,}35 \cdot 0{,}072}{7{,}0 \cdot 0{,}286 + 13{,}3 \cdot 0{,}0072)\,0{,}6 \cdot 0{,}7} \cdot \left(\frac{1}{50} - \frac{1}{53}\right) = 0{,}88 \text{ тыс. руб.;}$$

для 2-го варианта.

$$A_{\text{пс.2}} = \frac{1}{(1+0{,}08)} \cdot \frac{3 \cdot 10^6 (1{,}52 \cdot 0{,}178 + 1{,}6 \cdot 0{,}286 + 1{,}54 \cdot 0{,}178 + 3{,}52 \times \rightarrow}{7{,}4 \cdot 480\,(2{,}5 \cdot 0{,}178 + 5{,}0 \cdot 0{,}286 + 4{,}0 \cdot 0{,}178 + \rightarrow}$$

$$\leftarrow \frac{\times\, 0{,}286 + 5{,}35 \cdot 0{,}072)}{+ 7{,}0 \cdot 0{,}286 + 13{,}3 \cdot 0{,}072)\,0{,}6 \cdot 0{,}7} \left(\frac{1}{50} - \frac{1}{53{,}5}\right) = 1{,}2 \text{ тыс. руб.}$$

8. Коэффициент экономической эффективности E определяется по формуле (5.1.2):

$$E_1 = \frac{Э_д}{П_1^в - П^б} = \frac{E_{t1} + P_{t1} + A_{\text{пс1}}}{П_1^в - П^б} = \frac{7{,}03 + 0{,}58 + 0{,}88}{91{,}7 - 64{,}2} = 0{,}31;$$

$$E_2 = \frac{Э_д}{П_2^в - П^б} = \frac{E_{t2} + P_{t2} + A_{\text{пс 2}}}{П_2^в - П^б} = \frac{8{,}3 + 0{,}58 + 1{,}2}{77{,}27 - 64{,}2} = 0{,}77.$$

Оба варианта укрепления экономически целесообразны, так как коэффициент экономической эффективности E выше нормативного, равного 0,12. К осуществлению принимается 2-й вариант, так как он имеет более высокий коэффициент E.

9. Экономический эффект в первый год эксплуатации определяется для принятого 2-го варианта укрепления обочин с применением формулы (5.1.1) при условии $t = 1$ год:

$$Э_г = 0{,}926 \left(60 \cdot 3000 \cdot 10^{-5} \cdot 2{,}38 \cdot 0{,}0013\ 31{,}825 + 300 \cdot 3000\ 3{,}42 \cdot 0{,}02 \cdot 10^{-6} + \right.$$

$$\left. + \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 2{,}394 \cdot 0{,}0013}{7{,}4 \cdot 480 \cdot 5{,}582 \cdot 0{,}42} \right) = 2{,}08 \text{ тыс. руб.}$$

В этом расчете использованы промежуточные данные, полученные при определении E_t, P_t и $A_{\text{пс}}$ при $t = 1$, а также 0,926 — коэффициент приведения, равный $\frac{1}{1+0{,}08}$.

Пример 2. Требуется из двух предложенных конструкций укрепления обочин эксплуатируемой дороги выбрать экономически рациональную.

1. Размер первоначальных капитальных вложений в устройство укрепленных обочин определяется величиной сметной стоимости:

для базового варианта $K^б = 0$;

для возможных к внедрению вариантов

$$K_1^в = 11{,}7 \text{ тыс. руб.}, \quad K_2^в = 9{,}4 \text{ тыс. руб.}$$

2. Затраты на средний ремонт, а также на текущий ремонт и содержание обочин определяются по формулам (5.2.3) — (5.2.6) на основе данных табл. 2 приложения 4:

для базового варианта

$$K_{ср}^б = 0.102 \cdot 5{,}0 \cdot 1000 = 510 \text{ руб.} = 0{,}51 \text{ тыс. руб.};$$

$$З^б = 0{,}036 \cdot 5 \cdot 1000 = 180 \text{ руб.} = 0{,}18 \text{ тыс. руб.};$$

где 0,102, 0,036 — соответственно затраты на средний и текущий ремонты грунтовой обочины (табл. 2 приложения 4), руб./м².

Возможны к внедрению два варианта конструкции укрепления обочин.

1-я конструкция. Так как конструкция укрепления обочин по этому варианту является комбинированной, расчет $K_{ср1}^в$ и $З_1^в$ выполняется для каждой полосы отдельно:

для асфальтобетонной полосы

$$K_{ср1}^в = 0{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = 720 \text{ руб.} = 0{,}72 \text{ тыс. руб.};$$

для щебеночной полосы

$$K_{ср1}^в = 0{,}75 \cdot 3 \cdot 1000 = 2250 \text{ руб.} = 2{,}25 \text{ тыс. руб.}$$

Текущие затраты определяются по каждой полосе с последующим суммированием:

$$З_1^р = 0{,}064 \cdot 1 \cdot 1000 + 0{,}086 \cdot 3 \cdot 1000 = 320 \text{ руб.} = 0{,}32 \text{ тыс. руб.},$$

где 0,75 и 0,086 — затраты соответственно на средний и текущий ремонты укрепленной щебнем обочины, руб/м²; 0,72 и 0,064 — затраты соответственно на средний и текущий ремонты асфальтобетонной краевой укрепительной полосы, руб/м²; $1 = 2 \cdot 0{,}5$ — ширина краевой укрепительной полосы, м; $3 = 2 \cdot 1{,}5$ — ширина укрепленной щебнем остановочной полосы, м.

2-я конструкция. Для битумогрунта

$$K_{ср2}^в = 0{,}557 \cdot 4 \cdot 1000 = 2228 \text{ руб.} = 2{,}23 \text{ тыс. руб.};$$

$$З_2^в = 0{,}046 \cdot 4{,}0 \cdot 1000 = 184 \text{ руб.} = 0{,}18 \text{ тыс. руб.},$$

где 0,557 и 0,046 — соответственно затраты на средний и текущий ремонты обочины из битумогрунта, руб/м²; $4 = 2 \cdot 2{,}0$ — ширина укрепленной обочины, м.

3. Период суммирования затрат принимается $t_р = 5$ лет, т. е. равен сроку до капитального ремонта дороги с асфальтобетонным покрытием (см. приложение 1). Межремонтный срок среднего ремонта неукрепленных обочин принимается $t_{ср} = 2$ года, щебеночных обочин $t_{ср} = 3$ года, краевой укрепительной полосы $t_{ср} = 6$ лет, обочин из битомогрунта $t_{ср} = 3$ года.

4. Полные приведенные затраты для базового и каждого из возможных к внедрению вариантов определяются соответственно по формулам:

$$П^б = 0{,}51\left[\frac{1}{(1+0{,}08)^2} + \frac{1}{(1+0{,}08)^4}\right] + 0{,}18\sum_1^5 \frac{1}{(1+0{,}08)^t} =$$

$$= 0{,}51\,(0{,}858 + 0{,}735) + 0{,}18\,(0{,}926 + 0{,}858 + 0{,}794 + 0{,}735 + 0{,}681) =$$

$$= 0{,}51 \cdot 1{,}593 + 0{,}18 \cdot 3{,}994 = 1{,}53 \text{ тыс. руб.};$$

$$П_1^в = 11{,}7 + 2{,}25\frac{1}{(1+0{,}08)^3} + 0{,}32\sum_1^5 \frac{1}{(1+0{,}08)^t} = 11{,}7 + 2{,}25 \cdot 0{,}794 +$$

$$+ 0{,}32 \cdot 3{,}994 = 11{,}7 + 1{,}79 + 1{,}28 = 14{,}77 \text{ тыс. руб.};$$

$$П_2^в = 9{,}4 + 2{,}23\frac{1}{(1+0{,}08)^3} + 0{,}18\sum_1^5 \frac{1}{(1+0{,}08)} = 9{,}4 + 2{,}23 \cdot 0{,}794 +$$

$$+ 0{,}18 \cdot 3{,}994 = 9{,}4 + 1{,}77 + 0{,}72 = 11{,}89 \text{ тыс. руб.}$$

5. Размер экономического эффекта от снижения транспортных затрат определяется по формуле (5.2.7) для заданного транспортного потока (состав транспортного потока принимается согласно п. 5 предыдущего примера). Средняя скорость движения транспортного потока по дороге с неукрепленной обочиной составляла 50 км/ч. Средняя скорость после проведения работ по укреплению обочин определяется по формуле (5.2.8). Для рассматриваемых вариантов:

$$v_1^в = 50 + 50\,(0{,}04 + 0{,}02) = 53 \text{ км/ч};$$

$$v_2^в = 50 + 50(0{,}07) = 53{,}5 \text{ км/ч}$$

Число рабочих дней перевозок в году $Д$ для расчета принимается равным 300 дней.

Коэффициенты использования пробега и грузоподъемности β и γ соответственно равны 0,6 и 0,7. Отсюда:

для 1-й конструкции

$$E_{т1} = \sum_{t=1}^{t=5} \frac{1}{(1+0{,}08)^t} 10^{-6} \cdot 300 \cdot 3000 \frac{1}{0{,}6 \cdot 0{,}7}\left(\frac{1}{50} - \frac{1}{53}\right)(29{,}0 \cdot 0{,}125 +$$

$$+ 31{,}0 \cdot 0{,}200 + 30{,}0 \cdot 0{,}125 + 32{,}0 \cdot 0{,}200 + 35{,}0 \cdot 0{,}05 + 45{,}0 \cdot 0{,}055 + 45{,}0 \cdot 0{,}055 +$$

$$+ 28{,}0 \cdot 0{,}200 = 2{,}99 \text{ тыс руб.};$$

для 2-й конструкции

$$E_{т2} = \sum_{t=1}^{t=5} \frac{1}{(1+0{,}08)^t} 10^{-6} \cdot 300 \cdot 3000 \frac{1}{0{,}6 \cdot 0{,}7}\left(\frac{1}{50} - \frac{1}{53{,}5}\right)(29{,}0 \cdot 0{,}125 +$$

$$+ 31{,}0 \cdot 0{,}200 + 30{,}0 \cdot 0{,}125 + 32{,}0 \cdot 0{,}200 + 35{,}0 \cdot 0{,}05 + 45{,}0 \cdot 0{,}05 +$$

$$+ 45{,}0 \cdot 0{,}05 + 28{,}0 \cdot 0{,}200) = 3{,}49 \text{ тыс. руб.}$$

6. Величина экономического эффекта от снижения количества дорожно-транспортных происшествий определяется по формуле (5.2.9). При этом итоговые коэффициенты аварийности определяются по табл 6 приложения 4

для базового варианта

$$K^{б}_{итог} = 0{,}75 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}1 = 1{,}24;$$

для возможных к внедрению вариантов

$$K^{в}_{итог1} = 0{,}75 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}2 = 0{,}9;$$

$$K^{в}_{итог2} = 0{,}75 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}2 = 0{,}9.$$

Число дорожно-транспортных происшествий:
для базового варианта:

$$a_б = 0{,}0685 \cdot 1{,}24^{0{,}52} = 0{,}08;$$

для внедряемых вариантов:

$$a_в = 0{,}0685 \cdot 0{,}9^{0{,}52} = 0{,}06.$$

Значения степенных функций ($1{,}24^{0{,}52}$ и $0{,}9^{0{,}52}$) принимаются по табл. 7 приложения 4. Величина

$$P_{f1} = P_{f2} \sum_{t=1}^{t=5} \frac{1}{(1+0{,}08)^t} 300 \cdot 3000 \cdot 3{,}42\,(0{,}08 - 0{,}06)\,10^{-6} = 0{,}24 \text{ тыс. руб.}$$

7. Эффект от высвобождения подвижного состава определяется по формуле (5.2.14). Время пребывания в пути одного автомобиля в среднем принимается равным 7,4 ч, количество смен работы в году — 480.

Размеры капиталовложений в один списочный автомобиль определяются по данным табл. 4 приложения 4.

При этих условиях для заданного грузового транспортного потока (см. п. 5) величина экономического эффекта может быть определена:

для 1-й конструкции:

$$A_{пс.1} = \frac{1}{(1+0{,}08)} \cdot \frac{3 \cdot 10^6 (1{,}52 \cdot 0{,}178 + 1{,}6 \cdot 0{,}286 + 1{,}54 \times 0{,}178 + 3{,}52 \cdot 0{,}286 + \rightarrow}{7{,}4 \cdot 480\,(2{,}5 \cdot 0{,}178 + 5{,}0 \cdot 0{,}286 + 4{,}0 \cdot 0{,}178 + 6}$$

$$\leftarrow \frac{+ 5{,}35 \cdot 0{,}072)\,1}{+ 7{,}0 \cdot 0{,}286 \cdot 13{,}3 \cdot 0{,}072)\,0{,}6 \cdot 0{,}7} \left(\frac{1}{50} - \frac{1}{53}\right) = 0{,}88 \text{ тыс. руб.}$$

для 2-й конструкции:

$$A_{пс.2} = \frac{1}{(1+0{,}08)} \cdot \frac{3 \cdot 10^6 (1{,}52 \cdot 0{,}178 + 1{,}6 \cdot 0{,}286 + 1{,}54 \cdot 0{,}178 + \rightarrow}{7{,}4 \cdot 480\,(2{,}5 \cdot 0{,}178 + 5{,}0 \cdot 0{,}286 + 4{,}0 \cdot 0{,}178 +}$$

$$\leftarrow \frac{+ 3{,}52 \cdot 0{,}286 + 5{,}35 \cdot 0{,}072)\,1}{+ 7{,}0 \cdot 0{,}286 + 13{,}3 \cdot 0{,}072)\,0{,}6 \cdot 07} \left(\frac{1}{50} - \frac{1}{53{,}5}\right) = 1{,}04 \text{ тыс. руб.}$$

8. Коэффициент экономической эффективности E определяется по формуле (5.2.2):

для 1-й конструкции

$$E_1 = \frac{Э_д}{П^в_1 - П^б} = \frac{E_{f1} + P_{f1} + A_{пс1}}{П^в_1 - П^б} = \frac{2{,}99 + 0{,}24 + 0{,}88}{14{,}77 - 1{,}53} = 0{,}31;$$

для 2-й конструкции

$$E_2 = \frac{Э_д}{П^в_2 - П^б} = \frac{E_2 + P_2 + A_{пс2}}{П^в_2 - П^б} = \frac{3{,}49 + 0{,}24 + 1{,}04}{11{,}89 - 1{,}63} = 0{,}46.$$

Оба варианта укрепления экономически целесообразны, так как коэффициент экономической эффективности E выше нормативного, равного 0,12. К осуществлению принимается 2-й вариант, так как он имеет более высокий коэффициент E.

9. Экономический эффект в первый год эксплуатации определяется для принятого 2-го варианта укрепления с применением формулы (5.1.1) при условии $t=1$ год;

$$Э_{т2} = 0{,}926\left(300 \cdot 3000 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}38 \cdot 0{,}0013 \cdot 31{,}825 + 3000 \cdot 3{,}42 \cdot 0{,}02 \cdot 10^{-6} + \right.$$

$$\left. + \frac{3 \cdot 10^{6} \cdot 2{,}38 \cdot 0{,}0013}{7{,}4 \cdot 480 \cdot 5{,}546 \cdot 0{,}42}\right) - 1{,}91 \text{ тыс. руб.}$$

В этом расчете использованы промежуточные данные, полученные при определении $E_{т2}$, $P_{т2}$ и $A_{вс\,2}$ для $t=1$, а также 0,926 — коэффициент приведения равный $\frac{1}{1+0{,}08}$.

Приложение 3

Таблицы расчетных значений упругости модуля материалов для укрепления обочин

Таблица 1

Расчетные модули упругости материалов для укрепления обочин

№ п/п	Материалы	Модуль упругости, кгс/см²	Примечание
1	2	3	4
1	Асфальтобетон	10000	
2	Смеси из подобранных щебеночных материалов, обработанных в установке вязкими битумами и дегтями:		Меньшие значения для районов с жарким климатом
	1-го и 2-го классов	6000—9000	
	3-го класса	5000—6000	
3	Смеси из подобранных гравийных материалов, обработанных в установке вязкими битумами и дегтями	4000—5500	То же
4	Подобранные смеси из щебеночных и гравийных материалов, укрепленных жидким битумом, дегтем или битумной эмульсией смешением на дороге	2500—3000	Большие значения для щебеночных материалов и при обработке битумной эмульсией
5	Малопрочные местные каменные материалы и отходы промышленности в смеси с супесью или песком, обработанные жидким битумом, дегтем или битумной эмульсией	2000—3500	В зависимости от прочности материалов

Продолжение табл. 1

№ п/п	Материалы	Модуль упругости, кгс/см²	Примечание
1	2	3	4
6	Щебень 1-го и 2-го классов, обработанный вязким битумом или дегтем способом пропитки	4000—6000	Меньшие значения для районов с жарким климатом
7	Грунты, обработанные жидкими органическими вяжущими:		Большие значения при смешении в установке в районах с умеренным климатом и при обработке битумной эмульсией
	супесчаные непылеватые	2000—2500	
	суглинистые и пылеватые супесчаные	1500—2000	
	крупнообломочные несцементированные грунты грунтогравийные, грунтощебеночные смеси	3500—4700	
8	Подобранные щебеночные и гравийные материалы, укрепленные портландцементом при расходе:		Меньшие значения для гравийных, большие для щебеночных материалов
	6—7 %	5000—7000	
	4—5 %	4000—6000	
9	Грунты, укрепленные портландцементом:		Большие значения для IV и V дорожно климатических зон
	легкие супеси и разнозернистые пески	2000—4000	
	суглинки и пылеватые супеси	1500—2500	
	крупнообломочные грунты 1—4 классов	4000—2000	
10	Шлаки, шлакозольные смеси, укрепленные цементом	1000—5000	В зависимости от класса прочности
11	Подобранные гравийные материалы, укрепленные добавками гранулированного шлака в количестве 30 %	3000	
12	Шлаки 1—4-го классов однородные по качеству с подобранным гранулометрическим составом:		Большие значения для шлаков устойчивой структуры
	активные шлаки	3500—4500	
	малоактивные шлаки	2000—3000	
13	Фракционный щебень 1—3-го классов с укладкой по принципу заклинки	3500—4500	Большие значения для пород, обладающих способностью цементироваться
14	Рядовой щебень 1—4-го классов	2000—2500	То же и в зависимости от прочности материалов

Продолжение табл. 1

№ п/п	Материалы	Модуль упругости, кгс/см²	Примечание
1	2	3	4
15	Щебень несортированный не ниже 3 класса с содержанием фракций крупнее 20 мм:		В зависимости от класса прочности материала
	более 30 %	2200—2800	
	15—30 %	1700—1900	
16	Гравий несортированный не ниже 3 класса с содержанием фракций крупнее 20 мм:		
	более 30%	1900—2000	То же
	15—30%	1400—1700	
17	Основные металлургические шлаки без подбора состава	1650—1900	—
18	Слабые по прочности немергелистые известняки с пределом прочности на сжатие не менее 150 кгс/см²	1500—1750	Большие значения для районов с жарким климатом
19	Слабые по прочности мергелистые известняки с пределом прочности на сжатие в водонасыщенном состоянии не менее 75 кгс/см²	750—1000	То же
20	Слабые по прочности мергелистые известняки с пределом прочности не менее 75 кгс/см²	1000—1250	»
21	Дресва (различная)	1250—1750	»
22	Горелые породы отвалов угольных шахт (разные)	1500—2000	»
23	Грунтощебень с содержанием щебня 3—4-го классов:		В зависимости от класса прочности материалов
	30—40 %	1000—1250	
	40—50 %	1250—1500	
	50—60 %	1500—1750	

Таблица 2

Расчетные модули упругости тощего бетона

Марка бетона (на сжатие)	$E_{ст}$, кгс/см²
75—100	70 000— 90 000
150	120 000— 135 000
200	150 000—200000

Таблица 3

Расчетные модули упругости грунтов, укрепленных нефтью

Наименование грунтов	Расход нефти и модуль упругости		
	Нефтегрунт без активных добавок	Нефтегрунт с добавкой цемента	Нефтегрунт с добавкой извести
Супесь легкая и супесь легкая пылеватая с числом пластичности 3—7	5—8 / 1200	4—5 / 2200	4—5 / 3200
Суглинок легкий и суглинок легкий пылеватый с числом пластичности 7—12	6—8 / 1000	4—6 / 2500	4—6 / 3500
Суглинок тяжелый и суглинок тяжелый пылеватый с числом пластичности 12—17	8—10 / 1200	6—8 / 2000	6—8 / 3100

Примечания. 1. В числителе указан расход нефти в % от массы грунта, в знаменателе — модуль упругости в кгс/см^2

2. Расход цемента составляет 3—4% от массы сухого грунта для супесей, супесей пылеватых, суглинков легких пылеватых и 4—5% для суглинков тяжелых, суглинков тяжелых пылеватых.

Расход извести соответственно для этих групп грунтов составляет 2—3% и 3—4%.

Таблица 4

Расчетные модули упругости материалов, приготовленных на основе гудронов (в кгс/см^2)

Тип смеси	Район проведения работ		
	II зона	III зона	IV зона
Плотные асфальтобетонные (битумоминеральные) смеси, приготовленные смешением в установке:			
теплые	9000	8000	7000
холодные	5000	4000	3000
Пористые смеси, приготавливаемые в установке:			
теплые	7000	6000	5000
холодные	4000	3500	3000
Смеси, приготавливаемые методом смешения на дороге	3500	3000	2500

Таблицы для экономического выбора рациональной конструкции укрепления обочин

Таблица 1

Межремонтные сроки службы дорожных покрытий

№ п/п	Тип покрытия	Средний ремонт, $t_{ср}$	Капитальный ремонт, $t_р$
1	Цементобетонное	10	30
2	Асфальтобетонное	6	18
3	Черное щебеночное и черное гравийное	4	12
4	Щебеночное и гравийное	3	9
5	Гравийное, обработанное вяжущим материалом	3	9
6	Гравийное, улучшенное скелетными добавками	3	—
7	Грунтовое профилированное	2	—

Примечание. Приведенные межремонтные сроки могут быть приняты и для конструкций укрепления обочин, покрытия которых выполнены из указанного в таблице материала.

Таблица 2

Затраты на ремонт и содержание 1 м² дорожной одежды

Тип покрытия	Средний ремонт, руб.	Содержание и текущий ремонт, руб.
Цементобетонное	0,684	0,60
Асфальтобетонное	0,720	0,064
Черное щебеночное и черное гравийное	0,857	0,057
Щебеночное	0,750	0,086
Гравийное	0,514	0,05
Грунтовое улучшенное	0,557	0,046
Грунтовое профилированное	0,102	0,036

Таблица 3

Коэффициенты увеличения скорости $K_у$

Тип покрытий на обочинах	Ширина укрепления, м		
	0,75—1,00	1,50—1,75	⩾2,00
Асфальтобетон, черный щебень	0,04—0,05	0,08—0,1	0,11—0,13
Цементобетон	0,035—0,040	0,07—0,08	0,10—0,12
Обработанные вяжущими каменные материалы	0,025—0,030	0,05—0,06	0,07 0,09
Необработанные вяжущими каменные материалы	0,01	0,02	0,03—0,05

Таблица 4

Технико-экономические показатели автомобилей

Марка	Грузоподъемность автомобиля, т	Капитальные вложения K_1 на один списочный автомобиль, тыс. руб.	Постоянная часть автотранспортной составляющей себестоимости перевозок $C_{пост}$, коп/авт·ч
Грузовые автомобили:			
ГАЗ-52-03	2,5	1,52	29,0
ЗИЛ-130	5,0	1,60	31,0
ЗИЛ-164	4,0	1,54	30,0
МАЗ-200	7,0	3,52	32,0
МАЗ-200 с прицепом	13,6	5,35	35,0
МАЗ-500	7,5	5,81	52,2
КамАЗ-532	8,0	10,63	52,6
Автобусы:			
ЛАЗ-695	—	6,50	45,0
ЗИЛ-155	—	3,82	45,0
ЗИЛ-158	—	4,90	45,0
Легковые автомобили (такси)			
М-21 «Волга»	—	1,74	28,0

Таблица 5

Коэффициент для приведения затрат будущих лет к базисному году

$$\frac{1}{(1+E_{нп})^t}$$

t*	$\frac{1}{(1+0{,}08)^t}$	t	$\frac{1}{(1+0{,}08)^t}$	t	$\frac{1}{(1+0{,}08)^t}$
1	0,926	11	0,429	21	0,199
2	0,858	12	0,397	22	0,184
3	0,794	13	0,368	23	0,170
4	0,735	14	0,340	24	0,156
5	0,681	15	0,315	25	0,146
6	0,630	16	0,292	26	0,135
7	0,583	17	0,270	27	0,125
8	0,540	18	0,250	28	0,116
9	0,500	19	0,232	29	0,107
10	0,463	20	0,215	30	0,099

*t — период приведения затрат, лет.

Таблица 6

Частные коэффициенты аварийности в зависимости от интенсивности движения, ширины проезжей части дороги и обочин

Интенсивность движения, авт/сут	K_1	Ширина проезжей части, м	$K_2^в$ при укрепленных обочинах	$K_2^б$ при неукрепленных обочинах	Ширина обочины, м	K_3
500	0,4	4,5	2,2	4,0	0,5	2,2
1000	0,5	5,5	1,5	2,75	1,5	1,4
3000	0,75	6,0	1,35	2,5		
5000	1,0	7,5	1,0	1,5	2,0	1,2
7000	1,3	⩾8,5	0,8	1,0	⩾3	1,0
9000	1,9					

Примечание. Для дорог I технической категории с интенсивностью движения $N>9000$ авт./сут количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на 1 *млн. авт·км принимается равным удвоенному количеству* ДТП, рассчитанному по итоговому коэффициенту аварийности для интенсивности движения в одном направлении.

Вспомогательная таблица Таблица 7

для определения эффекта снижения дорожно-транспортных происшествий при укреплении обочин

$K_{итог}$	$K_{итог}^{0,52}$	$K_{итог}$	$K_{итог}^{0,52}$	$K_{итог}$	$K_{итог}^{0,52}$	$K_{итог}$	$K_{итог}^{0,52}$	$K_{итог}$	$K_{итог}^{0,52}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,51	0,7046	0,81	0,8962	2,1	1,4708	5,1	2,3331	8,1	2,9676
0,52	0,7117	0,82	0,9020	2,2	1,5068	5,2	2,3568	8,2	2,9866
0,53	0,7188	0,83	0,9077	2,3	1,5421	5,3	2,3803	8,3	3,0055
0,54	0,7258	0,84	0,9133	2,4	1,5766	5,4	2,4035	8,4	3,0243
0,55	0,7328	0,85	0,9190	2,5	1,6104	5,5	2,4265	8,5	3,0430
0,56	0,7397	0,86	0,9246	2,6	1,6436	5,6	2,4494	8,6	3,0615
0,57	0,7465	0,87	0,9301	2,7	1,6761	5,7	2,4720	8,7	3,0800
0,58	0,7533	0,88	0,9357	2,8	1,7081	5,8	2,4945	8,8	3,0984
0,59	0,7601	0,89	0,9412	2,9	1,7396	5,9	2,5168	8,9	3,1166
0,60	0,7666	0,90	0,9467	3,0	1,7705	6,0	2,5389	9,0	3,1348
0,61	0,7733	0,91	0,9521	3,1	1,8010	6,1	2,5608	9,1	3,1528
0,62	0,7799	0,92	0,9576	3,2	1,8310	6,2	2,5825	9,2	3,1708
0,63	0,7864	0,93	0,9630	3,3	1,8605	6,3	2,6041	9,3	3,1887
0,64	0,7929	0,94	0,9683	3,4	1,8896	6,4	2,6255	9,4	3,2065
0,65	0,7993	0,95	0,9737	3,5	1,9183	6,5	2,4466	9,5	3,2242
0,66	0,68057	0,96	0,9790	3,6	1,9466	6,6	2,6679	9,6	3,2418
0,67	0,8120	0,97	0,9843	3,7	1,9745	6,7	2,6888	9,7	3,2593
0,68	0,8183	0,98	0,9895	3,8	2,0021	6,8	2,7096	9,8	3,2767
0,69	0,8245	0,99	0,9948	3,9	2,0293	6,9	2,7302	9,9	3,2941
0,70	0,8307	1,00	1,00	4,0	2,0562	7,0	2,7507	10,00	3,3113
0,71	0,8369	1,1	1,0508	4,1	2,0828	7,1	2,7711		
0,72	0,8430	1,2	1,0994	4,2	2,1091	7,2	2,7913		
0,73	0,8490	1,3	1,1462	4,3	2,1350	7,3	2,8114		
0,74	0,8551	1,4	1,1912	4,4	2,1607	7,4	2,8314		
0,75	0,8611	1,5	1,2347	4,5	2,1861	7,5	2,8512		
0,76	0,8670	1,6	1,2769	4,6	2,2112	7,6	2,8709		
0,77	0,8729	1,7	1,3188	4,7	2,2361	7,7	2,8905		
0,78	0,8788	1,8	1,3575	4,8	2,2607	7,8	2,9100		
0,79	0,8846	1,9	1,3962	4,9	2,2851	7,9	2,9293		
0,80	0,8904	2,0	1,4340	5,0	2,3092	8,0	2,9485		

СПИСОК НОРМАТИВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временные указания по применению грунтов, укрепленных сырой маловязкой нефтью при строительстве нефтепромысловых дорог в условиях Западной Сибири, Миннефтепром, Тюмень, 1971. 31 с.

2. Инструкция по устройству покрытий и оснований из щебня (гравия), обработанного органическими вяжущими, ВСН 123-77/Минтрансстрой СССР, М., Транспорт, 1978. 48 с.

3. Инструкция по применению грунтов, укрепленных вяжущими материалами для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов, СН 25 74/Госстрой СССР, М., 1975, 127 с.

4. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа, ВСН 46-72/Минтрансстрой СССР, М., Транспорт, 1973. 108 с.

5. Руководство по строительству дорожных асфальтобетонных покрытий/ Минтрансстрой СССР, М., Транспорт, 1978. 192 с.

6. Рекомендации по устройству дорожных оснований из тощего бетона/ Минавтодор РСФСР, М., 1975. 44 с.

7. Рекомендации по использованию шлаков тепловых электростанций РСФСР при строительстве автомобильных дорог / Минавтодор РСФСР, 1974. 38 с.

8. Технические указания по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог, ВСН 103-74/Минтрансстрой СССР, М., Транспорт, 1975. 64 с.

9. Технические указания по проектированию и устройству дорожных асфальтобетонных покрытий на основаниях из битумоминеральных смесей, ВСН 5-68/Главмосстрой, М., 1968. 58 с.

10 Технические указания по строительству дорог с применением отходов промышленности при укреплении цементом песчаных грунтов и песчано гравийных смесей/Гушосдор при Совете Министров БССР, Минск, 1971. 30 с.

11. Технические указания по использованию зол уноса от сжигания различных видов топлива для сооружений земляного полотна и устройства дорожных оснований автомобильных дорог / Минтрансстрой СССР, М., 1972. 38 с.

12. Технические указания по применению битумных шламов для устройства защитных слоев на автомобильных дорогах, ВСН 27-76/Минавтодор РСФСР, Транспорт, М., 1977. 80 с.

13. Технические указания по применению нефтяных гудронов (остаточных битумов) в дорожном строительстве / Минавтодор РСФСР, М., 1976. 24 с.

14. Технические указания по оценке и повышению технико-эксплуатационных качеств дорожных одежд и земляного полотна автомобильных дорог, ВСН 29-76/Минавтодор РСФСР, М., Транспорт, 1977. 104 с.

15. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог, ВСН 24-75/Минавтодор РСФСР, М., Транспорт, 1976. 264 с.

16. Указания по организации и обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах, ВСН 25-76/Минавтодор РСФСР, М., 1977. 176 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие положения 3

2. Расчет конструкций укрепления обочин 8
2.1. Основные положения расчета 8
2.2. Определение требуемого модуля упругости краевой укрепительной полосы 8
2.3. Определение расчетных показателей грунтов земляного полотна 10
2.4. Порядок расчета 14

3. Материалы для укрепления обочин 16

4. Технология производства работ 18

5. Выбор экономически рациональной конструкции укрепления обочин . 22
5.1. Общие положения 22
5.2. Выбор конструкции укрепления обочин на стадии разработки проекта строительства дороги 23
5.3. Выбор конструкции укрепления обочин эксплуатируемых дорог 25

6. Определение годового экономического эффекта 26

Приложения

1. Пример расчета конструкции укрепления обочин 27

2. Выбор экономически рациональной конструкции укрепления обочин . 31

3. Таблицы расчетных значений модуля упругости материалов для укрепления обочин 39

4. Таблицы для экономического выбора рациональной конструкции укрепления обочин 43

Список нормативной литературы 46

Тираж 100 экз. Заказ № 2685

Государственное унитарное предприятие —
Центр проектной продукции в строительстве (ГУП ЦПП)
127238, Москва, Дмитровское ш., 46, корп. 2.

Тел/факс: (095) 482-42-65 — приемная.
Тел.: (095) 482-42-94 — отдел заказов;
(095) 482-41-12 — проектный отдел;
(095) 482-42-97 — проектный кабинет.

gost.e-ecolog.ru