ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
ГИПРОЛЕСТРАНС

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ЛЕНИНГРАД — 1967

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЛЕСНОЙ, ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ
И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
ГИПРОЛЕСТРАНС

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Утверждены Госстроем РСФСР
25 сентября 1962 г.

ЛЕНИНГРАД — 1967

„Рекомендации по проектированию дорожных покрытий лесовозных автомобильных дорог" были изданы институтом „Гипролестранс" в 1962 г.

За прошедшие годы вышли в свет новые „Строительные нормы и правила" (СНиП), „Технические указания по проектированию лесозаготовительных предприятий", „Указания по применению в дорожном и аэродромном строительстве грунтов, укрепленных вяжущими материалами" (СН 25—64) и некоторые другие нормативные материалы по дорожным покрытиям.

При подготовке второго издания „Рекомендаций" Гипролестранс внес изменения и дополнения, отвечающие новым требованиям, а также использовал результаты научных исследований ЦНИИМЭ, КомиГипрониилеспрома СевНИИП, СвердлНИИЛП и других научных, проектных и учебных учреждений лесного профиля.

Исполнители: О. С. Блинов (руководитель работы) — Введение, разделы I, III и IV, главы 1—3 и 5 раздела II, Л. В. Борисов (Гипролестранс) и И. И. Гаврилов (ЦНИИМЭ) — главы 4, 6 и 7 раздела II.

Редакционная коллегия:

Б. М. Щигловский (председатель), О. С. Блинов,
Л. В. Борисов, Г. Б. Ициков и С. А. Муртузалиев.

ПРЕДИСЛОВИЕ

„Рекомендации по проектированию дорожных покрытий лесовозных автомобильных дорог" разработаны государственным проектным институтом „Гипролестранс" на основе опыта проектирования, строительства и эксплуатации дорожных покрытий и исследовательских работ в этой области как на лесовозных дорогах, так и на дорогах общего пользования.

Приведенная в настоящих „Рекомендациях" методика расчета дорожных покрытий нежесткого типа основана на „Инструкции по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа", ВСН46-60, выпущенной Минтрансстроем СССР. (Автотрансиздат, 1961), с привязкой этой методики к специфическим условиям работы лесовозных дорог.

Технические требования к материалам дорожных покрытий увязаны со СНиП I.

Гипролестранс просит замечания по предлагаемой работе направлять по адресу: Ленинград, Л-103, 10-я Красноармейская, д. 19, Гипролестранс.

РАЗДЕЛ I.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Дорожная одежда и дорожные покрытия

Дорожная одежда автомобильных дорог обычно состоит из покрытия, основания покрытия и подстилающего слоя.

На лесовозных дорогах одежда проектируется, как правило, по упрощенной схеме: покрытие + подстилающий слой, покрытие + основание покрытия, а чаще всего состоит только из покрытия, укладываемого непосредственно на грунт земляного полотна.

Дорожная одежда работает в тесном взаимодействии с земляным полотном, поэтому прочность ее решающим образом зависит от качества земляного полотна.

Требования к земляному полотну

Земляное полотно следует возводить в строгом соответствии с техническими требованиями.

Насыпи должны быть уплотнены послойно до требуемой плотности, определяемой по формуле:

$$П_{гр.} = К \times П_{макс.}, \qquad (1$$

где К — коэффициент уплотнения грунта (табл. 1);
$П_{макс.}$ — наибольшая плотность при оптимальной влажности, определяемая лабораторно.

Таблица

Коэффициенты уплотнения грунта

Часть насыпи	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия в *м*	Усовершенствованные покрытия капитального типа	Прочие покрытия
Верхняя	До 1,5	1 – 0,98	0,98—0,95
Нижняя неподтапливаемая	1,5—6	0,95	0,95
Нижняя подтапливаемая	1,5 – 6	0, 8—0,95	0,95

При строительстве усовершенствованных и переходных покрытий целесообразно уплотнять земляное полотно и в выемках (если грунты в естественном залегании имеют плотность менее указанной в табл. 1).

Должен быть обеспечен надежный водоотвод от земляного полотна.

Классификация дорожных покрытий лесовозных дорог

Дорожные покрытия подразделяются:

по степени совершенства — на усовершенствованные (капитальные и облегченные), переходные, низшие и зимние (табл. 2);

по форме — на сплошные, защищающие все дорожное полотно (или всю проезжую часть), и колейные, обеспечивающие проезд автомобилей только по определенной колее;

по условиям работы — на покрытия нежесткого и жесткого типа; к последним относятся покрытия из железобетона, керамзитобетона и аналогичных материалов, к нежестким — все остальные покрытия, кроме деревянных (деревогрунтового, лежневого) и зимних;

по материалам покрытия — согласно схеме, приведенной на рис. 1.

Таблица 2

Подразделение типов дорожных покрытий по степени совершенства

Группа покрытий	Тип покрытия	Рекомендуется для категории дорог
Усовершенствованные: капитальные	1. Цементобетонные 2. Асфальтобетонные, укладываемые в горячем и теплом состоянии 3. Из прочных щебеночных материалов, обработанных в установке вязкими битумами или дегтями	I
облегченные	1. Из щебеночных и гравийных материалов, обработанных вяжущими смешением на дороге	I—II
	2. Из грунта, обработанного в установке вязкими битумами	I—II
Переходные	1. Щебеночные, грунтощебеночные, гравийные, шлаковые	I—III, ветки и прочие дороги
	2. Колейные из сборного железобетона, керамзитобетона и др	I—II, ветки, усы
	3. Из грунтов, обработанных вяжущими материалами смешением на дороге	I—III, ветки и прочие дороги
Низшие	1. Грунтогравийные	III, ветки и прочие дороги
	2. Грунтовые оптимальные	
	3. Деревогрунтовые	
Зимние	1. Снежные	II—III
	2. Ледяные	II—III

Примечание. Категории дорог приняты по „Техническим указаниям по проектированию лесозаготовительных предприятий", где они увязаны с классификацией промышленных дорог. По этим „Техническим указаниям" к I категории относятся дороги с грузооборотом более 500, ко II категории — с грузооборотом 151—500, к III категории — с грузооборотом до 150 тыс. $м^3$ в год.

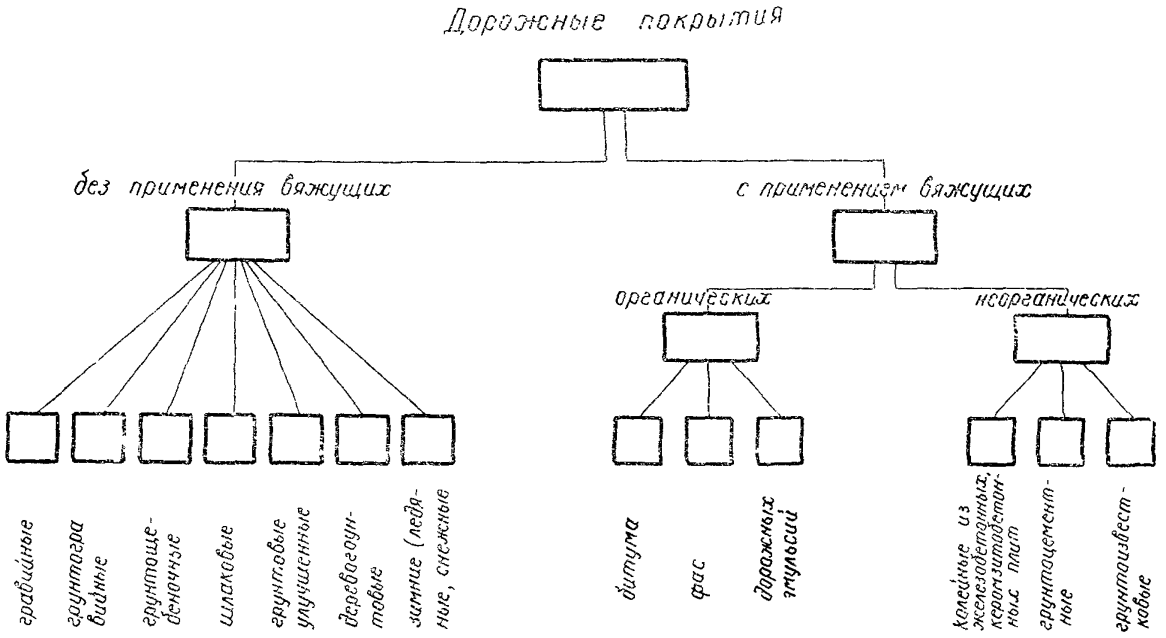


Рис 1 Типы покрытий лесовозных автомобильных дорог

РАЗДЕЛ II.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Дорожные одежды нежесткого типа (со сплошными покрытиями) конструируют на основе расчета одежды на прочность, конструкцию одежд с колейными и зимними покрытиями принимают по действующим типовым проектам.

Примечание. Конструирование и расчет капитальных дорожных одежд жесткого типа (монолитный цементобетон) в данной работе не рассматриваются, т. к. это покрытие не имеет в настоящее время применения в лесной промышленности. В случае необходимости покрытие данного типа следует проектировать по правилам, установленным для дорог общего пользования.

ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ НЕЖЕСТКОГО ТИПА

Глава I. Методика расчета дорожных одежд

Сплошные покрытия лесовозных дорог обычно состоят из одного, реже из двух несущих слоев, воспринимающих давление от движущихся автомобилей, и слоя износа, работающего на истирание и защищающего несущий слой от повреждений.

Таблица 3

Наименьшая конструктивная толщина слоев дорожной одежды

Материалы	Минимальная конструктивная толщина в плотном теле, в *см*
Асфальтовый бетон, укладываемый в горячем или теплом состоянии:	
однослойный	4
двухслойный	7
Холодный асфальтобетон и дегтебетон	2
Щебеночные, гравийные материалы и грунты, обработанные вяжущими по способу смешения на дороге	5
Щебеночные, гравийные материалы и грунты, обработанные вяжущими в установке	
Грунты, укрепленные органическими вяжущими по способу смешения на дороге	6
Грунты, обработанные цементом или известью	10
Щебеночные и гравийные материалы и грунтощебень, не обработанные вяжущими:	
на песке или на грунтовом основании	15
на прочном (каменном или из грунта, укрепленного вяжущим) основании	10

Примечание. Толщина слоя не должна быть менее полуторного размера самой крупной фракции.

Толщину несущих слоев определяют расчетом на прочность; слой износа принимают конструктивно, по табл. 11. При этом толщина покрытия не должна быть менее минимальной конструктивной толщины, установленной для данного типа покрытия(табл. 3).

Основные положения расчета на прочность

В процессе эксплуатации, в результате многократного воздействия колес автомобиля на дорогу, дорожная одежда прогибается.

Отношение величины прогиба к диаметру круга, равновеликого по площади отпечатку следа колеса расчетного автомобиля, называется относительной деформацией.

Относительная деформация, вызывающая нарушение монолитности покрытия, называется критической деформацией.

Дорожная одежда должна быть запроектирована так, чтобы получающаяся в результате движения автотранспорта относительная деформация не превышала допускаемую деформацию, (см. табл. 4), которая меньше критической деформации и зависит от типа покрытия.

Измерителем прочности дорожной одежды является модуль деформации (Е *кг/см*^{2}), выражающий зависимость между приложенной к поверхности дороги вертикальной нагрузкой и возникающей в результате этого относительной деформацией дорожной одежды.

Требуемая прочность дорожной одежды $E_{тр.}$ зависит от грузооборота дороги, типа лесовозного автомобиля и допускаемой относительной деформации.

Фактическая прочность дорожной одежды выражается эквивалентным модулем деформации $E_{экв.}$, зависящим от прочности (модулей деформации) грунта земляного полотна и каждого слоя дорожной одежды, а также от толщины последних.

Эквивалентный модуль деформации запроектированной дорожной одежды $E_{экв.}$ должен быть равен требуемому модулю деформации $E_{тр}$. Он может быть получен различными сочетаниями конструкции покрытия и основания. Задачей конструирования является выбор наиболее экономичного решения.

При конструировании следует стремиться к созданию дорожной одежды с наименьшим числом разнородных слоев.

Различные слои необходимо располагать с учетом возрастания снизу вверх модулей деформации материала слоя. При этом желательно, чтобы соотношение модулей деформации смежных слоев было в пределах 2,5—3,5.

Конструирование дорожной одежды выполняют в таком порядке:

1) Определяют требуемую прочность дорожной одежды $E_{тр.}$;

2) Намечают варианты конструкции дорожной одежды;

3) Производят расчет дорожной одежды по намеченным вариантам с соблюдением условия $E_{экв.} = E_{тр.}$;

4) На основе технико-экономического сравнения выбирают наилучший вариант.

При простых условиях, когда вариантных решений нет, конструирование сводится к действиям, приведённым в пп. 1 и 3.

Определение требуемой прочности дорожной одежды

Требуемая прочность дорожной одежды определяется по формуле:

$$E_{тр.} = 1{,}57 \frac{P}{\lambda} \mu K, \qquad (2)$$

где: $E_{тр.}$ — требуемый эквивалентный модуль деформации дорожной одежды в *кг/см²*;

λ — допускаемая относительная деформация покрытия, значение которой принимается по табл. 4;

P — удельное давление от колеса расчетного автомобиля в *кг/см²*;

μ — коэффициент запаса на неоднородность условий работы одежды, принимаемый: для покрытий капитального типа (асфальтобетон) — 1,2; для покрытий из каменных материалов, обработанных битумом или дегтем — 1,1; при расчете покрытий прочих типов не вводится ($\mu = 1$);

K — коэффициент, учитывающий повторяемость воздействия и динамичность нагрузок от движения; определяется по формуле:

$$K = 0{,}5 + 0{,}65 \lg\gamma N, \qquad (3)$$

где: γ — коэффициент, отражающий степень повторяемости нагрузок в зависимости от числа полос движения, равный 1 при двухполосном и 2 — при однополосном движении; для дорог кратковременного действия (до 5 лет) во всех случаях принимается равным 1;

N — расчетная интенсивность движения, определяемая по формуле:

$$N = 1{,}5 \frac{Q}{q}, \qquad (4)$$

где: Q — расчетный суточный грузооборот дороги в *м³*,

q — полезная нагрузка на расчетную ось автопоезда в *м³* (табл. 5).

Цифровой коэффициент 1,5 учитывает влияние порожних лесовозных автомобилей, а также хозяйственных и пассажирских перевозок. Он определен по соотношению коэффициентов повторности, выраженному формулой:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{P_2 \quad Д_2}{P_1 \quad Д_1} \qquad (5)$$

Таблица 4

Допускаемая относительная деформация для различных типов покрытий и категорий дорог

Категория дороги	Тип покрытия	Допускаемая относительная деформация при категории дороги		
		1	2	3
I	Асфальтобетон	0,035	—	—
I—II	Из гравия или щебня, обработанного вязким вяжущим /в установке/	0,040	0,045	—
I—II	Гравийное, щебеночное или грунтощебеночное, обработанное органическими вяжущими способом смешения на дороге	0,045	0,050	—
I—III	Гравийное, щебеночное, грунтощебеночное, шлаковое, из грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами	0,055	0,055	0,060
I—III	Грунтоцементное	0,040	0,040	0,040
I—III	Грунтоизвестковое	0,045	0,045	0,045
III	Грунтогравийное, грунтовое, улучшенное минеральными добавками /из оптимальных грунтовых смесей/	—	—	0,060

В качестве расчетных принимаются следующие лесовозные автомобили (табл. 5):

Таблица 5

Параметры расчетных лесовозных автомобилей

№ расчетной схемы	Расчетный автомобиль	Расчетная полезная нагрузка на ось в $\frac{т}{м^3}$	Полная нагрузка на колесо в *кг*	Удельное давление на дорогу в $кг/см^2$ (p)	Диаметр следа колеса в *см*	Марки автомобилей, отнесенные к данной схеме
1	МАЗ-509	$\frac{9,4}{7,5}$	4600	6,0	33	МАЗ-501, МАЗ-200, КрАЗ-257, КрАЗ-258, КрАЗ-214/255
2	ЗИЛ-130	$\frac{5,6}{4,5}$	3100	5,0	28	ЗИЛ-164, ЗИЛ-131, ЗИЛ-157, ЗИЛ-133

Примечание. Если удельное давление в шинах прицепного состава автопоезда превышает удельное давление в шинах автомобиля /тягача/, чего, как правило, не должно быть, расчетная схема выбирается по удельному давлению в шинах прицепного состава.

Для облегчения расчетов на рис. 2 дан график для определения требуемого эквивалентного модуля деформации дорожной одежды (Е тр.) в зависимости от интенсивности движения, приведенной к условному автомобилю по схеме Н-13 (ВСН46-60). Расчетные параметры этого автомобиля: удельное давление на дорогу —5 *кг/см*^{2}, диаметр круга, равновеликого площади следа колес,—34 *см*.

В табл. 6 дается перевод расчетного грузооборота лесовозной дороги в интенсивность движения, выраженную числом условных автомобилей Н-13 (в основу таблицы также положена формула $\frac{К_1}{К_2} = \frac{Р_2 \quad Д_2}{Р_1 \quad Д_1}$).

Таблица 6

Перевод расчетного грузооборота дороги в интенсивность движения

Расчетный грузооборот дороги		Интенсивность движения в автомобилях Н-13 при расчетном автомобиле	
годовой в тыс. *м*^{3}	суточный в *м*^{3}	МАЗ-509	ЗИЛ-130
40	140	36	15
60	210	58	21
80	280	78	26
100	350	101	31
120	420	123	36
140	490	144	42
160	560	167	46
180	630	190	51
200	700	216	56
220	770	238	60
240	840	264	64
260	910	285	69
280	985	315	74
300	1055	340	78
350	1230	397	88
400	1405	461	99
450	1580	523	109
500	1755	593	118
600	2110	727	142
700	2460	868	156
800	2810	978	175
900	3160	1118	193
1000	3510	1268	210

Примечания:

1. Интенсивность движения в таблице приведена для случая равномерной вывозки леса в течение 285 рабочих дней в году. При ином количестве рабочих дней предварительно исчисляется суточный грузооборот и по нему, руководствуясь данными колонки 2, находят соответствующую интенсивность движения.

В случае неравномерного распределения грузооборота по сезонам года интенсивность движения определяют по среднесуточному грузообороту в весенний или осенний период (по большему значению).

2. В таблице приведена интенсивность движения для двухполосного движения. При однополосном движении (кроме дорог кратковременного действия) данные таблицы удваивать.
3. Расчетная интенсивность движения для веток, усов и хозяйственных дорог принимается согласно расчетам, приведенным в проекте.

Последовательность работ при определении требуемого эквивалентного модуля деформации дорожной одежды ($E_{тр.}$) такова:

1. По заданному грузообороту дороги по табл. 6 (с учетом примечаний к табл.) определяют для расчетного автомобиля интенсивность движения, выраженную в условных автомобилях Н-13.
2. По графику на рис. 2 для этой интенсивности находят $E_{тр.}$

Расчет дорожной одежды

Прочность дорожной одежды, выражаемая эквивалентным модулем деформации $E_{экв.}$, зависит от прочности земляного полотна (модуля деформации грунта E_0) и конструкции дорожной одежды.

Модуль деформации грунта зависит:

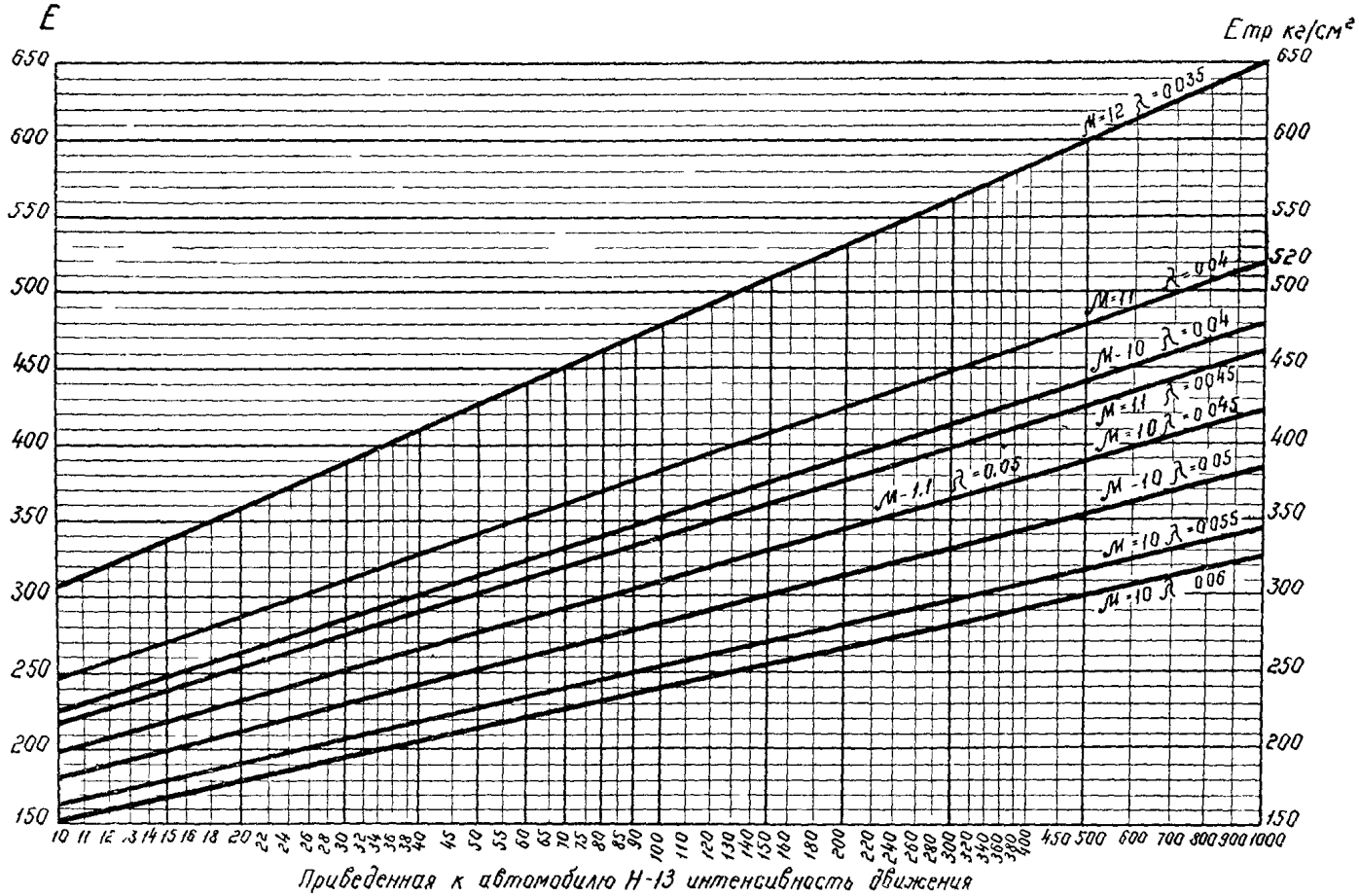
от климатической зоны
от характера и степени увлажнения местности
от группы грунта
от конструкции земляного полотна.

Подразделение территории СССР на климатические зоны приведено на рис. 3.

Наименование климатических зон: I — вечной мерзлоты, II — избыточного увлажнения (зона лесов), III — значительного увлажнения в отдельные периоды года (лесостепная зона), IV — недостаточного увлажнения (степная зона); V — засушливая.

По рис. 3 видно, что значительная часть лесов Восточной Сибири и Дальнего Востока расположена в I климатической зоне. А в „Инструкции по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа" (ВСН46—60), как и в других официальных и неофициальных материалах, определяющих порядок проектирования дорожных одежд автомобильных дорог общего пользования, отсутствуют указания и нормативные данные для этой климатической зоны.

В связи с этим, впредь до выхода особых указаний по зоне вечной мерзлоты, проектирование дорожных покрытий лесовозных дорог в I климатической зоне рекомендуется вести по нормативам II климатической зоны. При этом земляное полотно должно быть запроектировано с учетом требований, предъявляемых к земляному полотну в условиях вечной мерзлоты.


E
Етр кг/см²
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
150
M=12 λ=0.035
M=11 λ=0.04
M-10 λ=0.04
M=11 λ=0.045
M=10 λ=0.045
M-1.1 λ=0.05
M-10 λ=0.05
M=10 λ=0.055
M=10 λ=0.06
10 11 12 13 14 15 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 100 110 120 130 140 150 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 450 500 600 700 800 900 1000
Приведенная к автомобилю Н-13 интенсивность движения

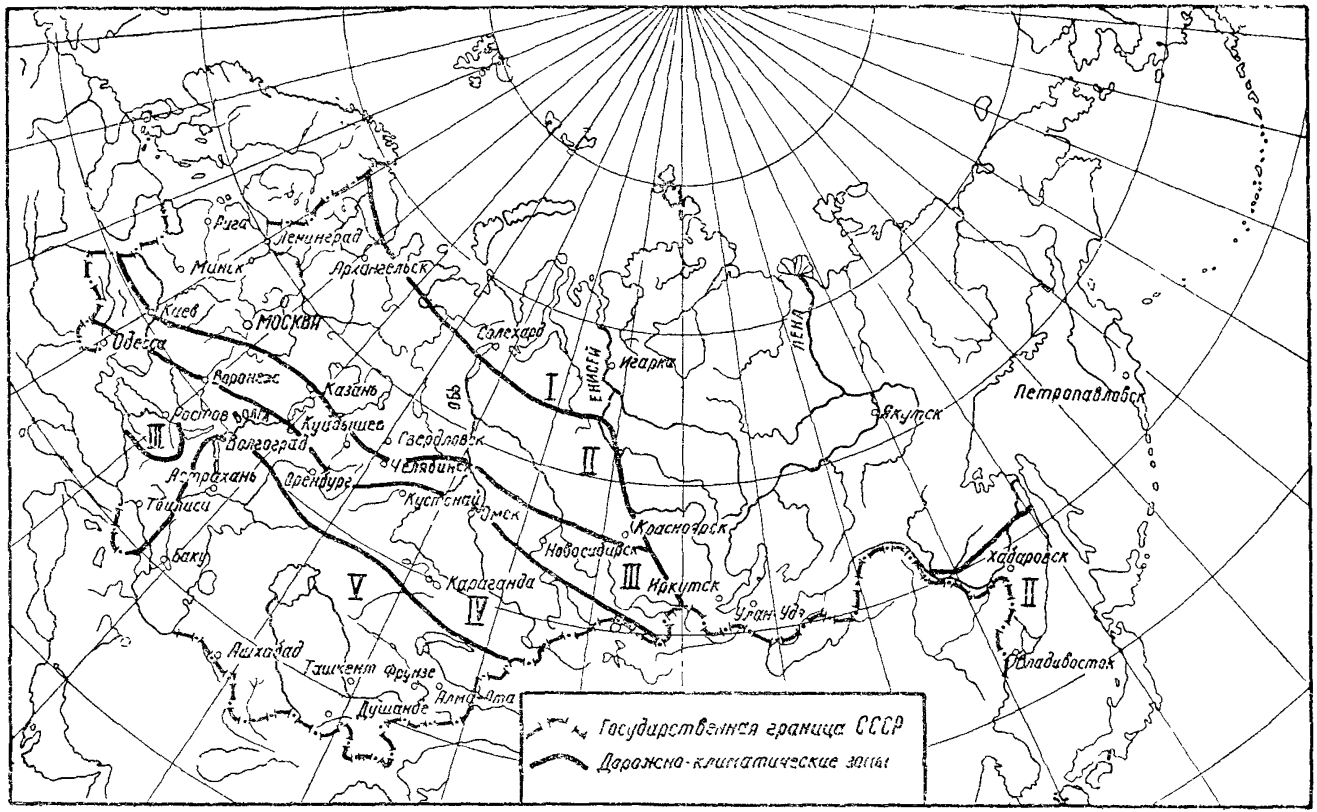


Рис. 3. Дорожно-климатическое районирование территории СССР

Типы местности по характеру и степени увлажнения приведены в табл. 7

Таблица 7

Типы местности по характеру и степени увлажнения

№ типа	Тип местности	Признаки увлажнения
1	Сухие места без избыточного увлажнения	Поверхностный сток обеспечен. Грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов
2	Сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды	Поверхностный сток не обеспечен, но грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов. Почва с признаками поверхностного заболачивания. Весной и осенью появляется застои воды на поверхности
3	Мокрые места с постоянным избыточным увлажнением	Грунтовые воды или длительно стоящие (больше 20 суток) поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи грунтов. Почвы торфяные, оглеенные, с признаком заболачивания, а также солончаки и постоянно орошаемые территории засушливой зоны

Тип увлажнения местности по табл. 7 устанавливают при изысканиях на основании оценки условий притока и отвода воды, положения уровня грунтовых вод и их режима, а также по признакам оглеения, заболачивания и типа растительности.

Грунты по устойчивости в земляном полотне подразделяются на четыре группы (табл. 8).

Таблица 8

Группировка грунтов по степени устойчивости в земляном полотне

Группа грунта	Наименование грунтов
А	Супеси легкие и оптимальные смеси, пески мелкие
Б	Пески пылеватые, супеси тяжелые
В	Суглинки легкие и тяжелые, глины
Г	Супеси пылеватые, суглинки пылеватые (легкие и тяжелые)

Примечания:

1. Грунт относится к той или иной группе при мощности слоя, однородного по гранулометрическому составу, не менее 0,8 м.
2. Пески крупные и средние отнесены к материалам.

Подразделение дороги на однородные по типу грунтов участки должно производиться с учетом грунтов, слагающих будущее земляное полотно (для насыпей нужно учитывать грунты резервов и выемок, перемещаемые в насыпь, для выемок — грунты, залегающие на глубине рабочей отметки выемки).

По конструкции земляного полотна модули деформации грунта подразделяются на две группы:

1. Земляное полотно в насыпях, соответствующих ТУ.

2. Земляное полотно в низких насыпях (ниже требуемых ТУ) и в выемках.

Во всех случаях предусматривается уплотнение грунта до степени плотности, требуемой ТУ.

Расчетные значения модулей деформации грунтов приведены в табл. 9.

Модули деформации земляного полотна в табл. 9. установлены для наиболее неблагоприятного по условиям увлажнения дороги весеннего периода.

Верхние пределы значений модуля рекомендуется принимать, если в проекте предусматривается перерыв в движении на время весенней распутицы (число рабочих дней в году не более 270), а также для усов. Нижние пределы следует принимать при работе лесовозного транспорта круглый год (300 рабочих дней). При 285 рабочих днях работы транспорта рекомендуется брать промежуточные значения.

До начала расчета дорожной одежды дорога подразделяется на однородные по модулю деформации грунта участки, и для каждой группы участков производится отдельный расчет.

При этом не следует дробить дорогу на мелкие (менее 200 м) участки. В случае чередования мелких участков с разными модулями деформации их нужно объединять и для полученного укрупненного участка принимать наименьший из всех модуль.

Расчетные значения модулей деформации дорожно-строительных материалов, используемых для устройства дорожных одежд (покрытий и оснований), приведены в табл. 10 (таблица заимствована из инструкции ВСН46-60).

В таблице 10 не приведены модули деформации грунтов и каменных материалов, укрепленных фурфурол-анилиновыми смолами (ФАС) и другими вяжущими, применяемыми при строительстве опытных покрытий.

Для этих материалов модули деформации должны устанавливаться в лаборатории по образцам.

Во избежание снижения со временем эквивалентного модуля деформации построенной дорожной одежды из-за частичного истирания (износа) верхнего слоя покрытия при конструировании дорожных одежд должен предусматриваться слой износа.

Таблица 9

Расчетные значения модулей деформации грунтов

Тип местности по характеру и степени увлажнения (по табл. 7)	Группа грунтов (по табл.8)	Модули деформации грунтов в *кг/см*² в различных климатических зонах					
		II		III		IV	
		в насыпях соответствующих ТУ	в низких насыпях и в выемках	в насыпях, соответствующих ТУ	в низких насыпях и в выемках	в насыпях, соответствующих ТУ	в низких насыпях и в выемках
1	А	150-200	120-150	170-220	150-170	200-225	170-200
	Б	120-160	90-120	150-180	120-150	160-200	150-180
	В	110-150	80-110	140-160	110-140	150-190	130-160
	Г	90-110	75-90	120-150	100-120	130-160	120-130
2	А	120-150	60-80	130-165	80-110	140-170	100-140
	Б	80-100	—	100-125	65-80	120-140	90-120
	В	75-85	—	90-115	—	110-130	75-90
	Г	70-80	—	85-105	—	90-120	—
3	А	115-140	—	120-150	—	130-160	—
	Б	75-95	—	90-120	—	100-130	—
	В	70-90	—	85-110	—	90-120	—
	Г	60-75	—	80-90	—	85-110	—

Примечания: 1. Для случаев, когда в таблице стоит прочерк, при проектировании дорог должны быть предусмотрены специальные мероприятия для обеспечения устойчивости дорожной одежды и предупреждения опасного зимнего вспучивания.

2. В сухих местах при глубине залегания грунтовых вод более 5 *м*, в случае применения дорожных одежд с использованием слоев из укрепленного вяжущими грунта, расчетный модуль деформации грунта земляного полотна может быть повышен для III-IV дорожно-климатических зон до 30—40%.

Таблица 10

Модули деформации дорожно-строительных материалов

А. Разные материалы

Наименование материалов	Модуль деформации в *кг/см²* в климатических зонах		
	II	III	IV
Асфальтобетон	2600—3000		
Примечание. Меньшие значения — при мелкозернистых смесях, большие — при крупнозернистых.			
Грунтоасфальт	1800		
Щебень, укрепленный вязким битумом (в установке), укладываемый по принципу заклинки:			
класса 1 и 2	2200		
класса 3	1500		
Сортированный щебень, укладываемый по принципу заклинки:			
класса 1 и 2, а также из кислых металлургических шлаков	1300		
класса 3	1100		
Подобранные смеси из гравийных и щебеночных материалов класса 1 и 2:			
укрепленные вязким битумом или дегтем горячим способом (в установке)	1800—2000		
укрепленные битумом или дегтем холодным способом (в установке)	1400		1600
укрепленные жидким битумом или дегтем смешением на дороге	1000—1200		1200—1400
укрепленные цементом	1200—1400		1600—1800

Примечания: 1. Меньшие значения E относятся к гравийному материалу, большие — к щебеночному.

2. При использовании материалов марок класса 3 и 4 значение E снижается соответственно на 25—30%, при материалах класса 5—на 40%.

3. Для материалов, обработанных цементом, меньшие значения E принимаются при 4% цемента большие — при 6%. При применении вместо цемента извести I сорта значение E снижается на 30%.

4. При обработке цементом гравийных и грунтощебеночных материалов из оптимального состава, но содержащих зерна крупнее 5 *мм* не менее 20% и пылевато-глинистых частиц, не более 10%, приведенные значения E снижаются на 30—40%.

Топливные шлаки:			
из высококалорийных углей	400	500	600
из бурых углей	200	250	250

Наименование материалов	Модуль деформации в *кг/см²* в климатических зонах		
	II	III	IV
Гравийные материалы, несортированный щебень и грунтощебень при классе не ниже 3			
смесь № 1 для покрытий	450—550	550—650	550—650
смесь № 2 „ „	450—550	550—600	550—600
смесь № 3 „ „	400—500	500—550	500—550
смесь № 1 для оснований	700—800	800—1000	800—1000
смесь № 2 „ „	600—700	700—900	700—900

Примечания 1. Для материалов класса 4 значения E принимаются со снижением на 20%.

2. Значения E приведены для материалов, хорошо уплотненных укаткой до достижения монолитного состояния, на земляном полотне, отвечающем требованиям ТУ.

Грунтогравийный материал	360	400	450

Примечание. Классификация гравийных материалов и щебня по износу в полочном барабане принята по ГОСТ 8268—56.

Б. Пески

Разновидности песков	Модуль деформации в *кг/см²*	
	при отсыпке полотна из песков слоем не менее $h_к$ + 0,5 *м*	при укладке песка в корыте с обеспеченным отводом воды
Крупнозернистые	350—400	350—400
Среднезернистые	300—350	250—300

Примечания: 1. Высота капиллярного поднятия $h_к$ для крупнозернистых песков — 10-15 *см*, для среднезернистых — 15-25 *см*

2. Большие значения модулей относятся к IV климатической зоне, меньшие — ко II—III зонам.

В. Грунты, укрепленные органическими вяжущими

Наименование грунтов	Количество вяжущего в % от веса минеральной смеси			
	6	8	10	12
	Модули деформации в *кг/см²*			
Оптимального гранулометрического состава	700	800	—	—
Супеси легкие, тяжелые и пылеватые	—	700	800	—
Супеси тяжелые, пылеватые, суглинки всех разновидностей	—	—	600	700

Примечания. 1. Значения модулей деформации даны для III—IV климатических зон. Во II климатической зоне значения E следует снижать на 15%.

2. В таблице приводятся значения E для случая, когда перемешивание производится с помощью фрез и грейдеров, если смеси приготавливаются в мешалках с принудительным перемешиванием, значения модулей деформации могут быть повышены на 20%.

3. При укреплении грунтов битумной эмульсией с добавками извести или цемента, приведенные в таблице значения модуля деформации повышают на 60%.

Г. Грунты, укрепленные цементом

Наименование грунтов	Количество цемента в % от веса грунта			
	6	8	10	12
	Модули деформации в *кг/см²*			
Оптимального гранулометрического состава	600	900	1200	1400
Супеси легкие, тяжелые и пылеватые	500	700	1000	1200
Супеси тяжелые, пылеватые, суглинки всех разновидностей	400	600	800	900

Примечания: 1. Приведенные в таблице значения модулей деформации относятся ко II—V климатическим зонам при земляном полотне, отвечающем требованиям ТУ.

Значения Е даны для грунтов, укрепленных цементами марки не ниже 400, при использовании для перемешивания фрез и грейдеров.

2. Модули деформаций грунтоцемента увеличиваются: при использовании для обработки грунта дорожных фрез Д-530 с распределителем цемента — на 20%, при использовании однопроходных грунтосмесительных машин Д-391 или при приготовлении смеси в стационарной установке (Д-543, Д-370) — на 30—40%.

3. При применении для укрепления грунтов цемента марки 300 значение Е понижается на 25%.

4. В III—V климатических зонах при обеспеченном водоотводе для укрепления грунтов можно использовать известь I—II сорта (ГОСТ 1174—41). Значения Е в этом случае снижаются на 30% по сравнению с приводимыми для цементогрунтов.

Слой износа устраивается либо путём утолщения полученного по расчету покрытия, либо в виде поверхностной обработки с применением вяжущих материалов.

Рекомендуется толщину слоя износа назначать из расчета двух-трёхлетней работы его с тем, чтобы не требовалось ежегодное восстановление слоя (табл. 11).

Таблица 11

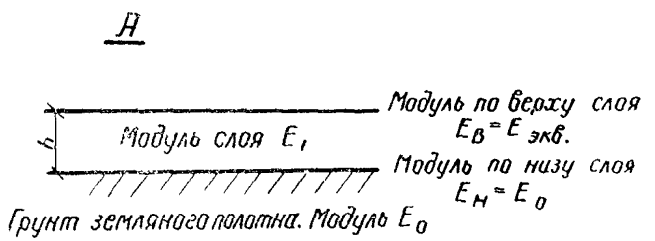
Толщина слоя износа

Материал слоя износа	Слои износа в *мм* при грузообороте дороги в тыс. *м³* в год									
	50	100	150	200	250	300	400	500	700	1000
Поверхностная обработка с применением щебня или гравия	—	—	1	1	1	2	2	2	3	3
Гравийный материал или грунтощебень 1 и 2 классов	2	2	2	3	3	4	4	5	7	—
То же, 3 и 4 классов	2	2	3	4	4	5	6	—	—	—
Грунты, укрепленные вяжущими	2	2	2	3	3	4	4	5	7	—
Оптимальная грунтовая смесь	3	3	3	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. В таблице приведён двух-трехлетний слой износа 2. При устройстве поверхностной обработки по гравийному или грунтощебеночному покрытию, не укрепленному вяжущими, толщина слоя поверхностной обработки увеличивается на 50%.

Как было указано выше, прочность дорожной одежды характеризуется эквивалентным модулем деформации $E_{экв}$, который зависит от модуля деформации грунта земляного полотна и модулей деформации и толщины всех слоев дорожной одежды.

Под толщиной каждого слоя в отдельности и дорожной одежды в целом понимается средняя толщина в пределах проезжей части.



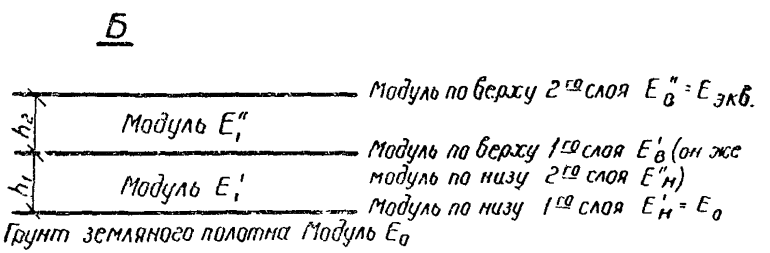


Рис. 4. Расчетные схемы дорожной одежды:
А — однослойной, Б — двухслойной

При многослойной дорожной одежде эквивалентный модуль деформации дорожной одежды определяется последовательным вычислением эквивалентных модулей деформации по верху каждого слоя ($E'_в$, $E''_в$, $E'''_в$ и т. д.), причем модуль деформации по верху верхнего слоя и будет эквивалентным модулем деформации всей дорожной одежды. При этом приходится задаваться толщиной всех слоев, кроме какого-либо одного, толщина которого определяется расчетом.

Расчетные схемы для определения $E_{экв}$, однослойной и двухслойной дорожной одежды, приведены на рис. 4.

Модуль деформации по верху каждого слоя $E_в$ выражается следующей формулой:

$$E_в = \frac{E_н}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \left(\frac{E_н}{E_1}\right)^{1,4}\right) arctg \sqrt[2,5]{\frac{E_1}{E_н}} \cdot \frac{h}{d}}, \qquad (6)$$

где: $E_н$ — модуль деформации по низу рассчитываемого слоя в *кг/см*^{2};

E_1 — модуль деформации материала в *кг/см*^{2};

h — толщина слоя в *см*.

Для облегчения работы по проектированию дорожных одежд расчет дорожной одежды рекомендуется выполнять с помощью графиков, приведенных на рис. 5 (1-22).

Графики взяты из „Инструкции по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа" Минтрансстроя СССР (ВСН 46-60). Составлены они для модулей деформации материала от 150 до 2000 *кг/см* для автомобиля Н-13. В тех случаях, когда модуль деформации применяемого материала отличается от модулей, приведенных на графиках, его следует округлить до ближайшего значения, для которого есть график.

На графиках отложены модули деформации: по оси абсцисс — по низу рассматриваемого слоя $E_н$, по оси ординат — по верху этого слоя $E_в$.

Расчет дорожной одежды выполняется в следущем порядке.

При однослойных дорожных одеждах. На графике для модуля слоя E_1 по оси абсцисс откладывается модуль деформации грунта земляного полотна E_0, а по оси ординат — требуемый модуль деформации дорожной одежды $E_{тр}$. (найденный по графику на рис. 2).

По точке с координатами (E_0, $E_{тр}$.) определяется необходимая толщина покрытия (по ближайшей кривой).

ПРИМЕР. Лесовозная дорога строится в Коми АССР (климатическая зона II). Расчетный грузооборот — 200 тыс. *м*^{3} в год. Расчетный автомобиль ЗИЛ-130. Вывозка осуществляется в течение 285 дней в году. Гравийное покрытие укладывается непосредственно на земляное полотно. Карьерный гравийный материал отвечает требованиям смеси № 1, класс гравия 2.

Требуется определить толщину гравийного покрытия для участков дороги, проходящих в насыпях по ТУ, по местности, отнесенной по характеру и степени увлажнения к типу 1. Грунты — суглинки.

Для заданного грузооборота и типа автомобиля приведенная интенсивность — 56 автомобилей Н-13 (табл. 6).

Требуемый эквивалентный модуль деформации $E_{тр}$ = 231 *кг/см*^{2} (по графику на рис. 2 при $\lambda = 0{,}055$ и $\mu = 1{,}0$).

Модули деформации: грунта земляного полотна $E_0 = 130$ *кг/см*^{2} (табл. 9), гравийного материала $E_1 = 500$ *кг/см*^{2} (табл.10Л).

Согласно графику на рис. 5 (15) при $E_н = E_0 = 130$ *кг/см*^{2} и $E_в = E_{тр} = 231$ *кг/см*^{2} необходимая толщина гравийного покрытия — 21 *см* (табл. 11).

[1] Примечание. Покрытие толщиной 24 *см* по условиям производства работ должно устраиваться в два слоя, но в связи с тем, что для нижнего и верхнего слоев используется один и тот же материал, расчет ведется по схеме однослойной дорожной одежды.

Если для нижнего слоя используется гравийный материал, отличный от гравийного материала верхнего слоя, расчет ведется по схеме двухслойной дорожной одежды.

При многослойных дорожных одеждах. Рассматривается вариант, когда толщина всех слоев, кроме верхнего, назначается по конструктивным соображениям.

На графике для модуля слоя E_1^I по оси абсцисс откладывается модуль деформации грунта земляного полотна E_0 и в полученной точке восстанавливается перпендикуляр до пересечения с кривой, соответствующей толщине 1-го (нижнего) слоя h_1. Точка пересечения сносится на ось ординат, по которой определяется модуль деформации по верху 1-го слоя $E_в^{'}$, равный модулю деформации по низу 2-го слоя $H_н^{''}$.

Затем на графике для модуля слоя $E_1^{''}$ по оси абсцисс откладывается $E_н^{''}$, в полученной точке восстанавливается перпендикуляр до пересечения с кривой, соответствующей толщине 2-го слоя h_2, точка пересечения сносится на ось ординат и определяется модуль деформации по верху 2-го слоя $E_в^{''} = E_н^{'''}$ и т. д. до определения модуля деформации по низу последнего (верхнего) слоя $E_н^п$.

После этого на графике для модуля верхнего слоя $E_1^п$ по оси абсцисс откладывается значение $E_н^п$, а по оси ординат — требуемый модуль деформации $E_{тр}$, найденный по графику на рис. 2.

По точке с координатами $(E_н^п, E_{тр})$ определяется необходимая толщина верхнего слоя.

ПРИМЕР. Лесовозная дорога строится в Красноярском крае (климатическая зона II.). Расчетный грузооборот — 300 тыс. *м*^{3} в год. Расчетный автомобиль МАЗ-509. Вывозка осуществляется в течение 285 дней в году.

Предусматривается покрытие из гравийного материала 3 класса, укрепленного битумом способом смешения на дороге, на основании из грунта, укрепленного известью (толщина стабилизированного слоя — 20 *см*, добавка извести — 10%).

Требуется запроектировать дорожную одежду для участков дороги, проходящих в насыпях по ТУ, в местности, относящейся по характеру и степени увлажнения к типу 2, при суглинистых грунтах.

Модули деформации: грунта $E_0 = 80$ *кг/см*^{2} (табл. 9), грунтоизвести $E_1^{н} = 800 \times 0{,}7 = 560 \simeq 550$ *кг/см*^{2} (применительно к табл. 10, примеч. 4), гравийного материала, укрепленного вяжущими $E_1^{в} = 1000 \times 0{,}7 = 700$ *кг/см*^{2} (табл. 10А, примеч. 1 и 2).

Приведенная интенсивность движения — 340 автомобилей Н-13 (табл. 6). Требуемый эквивалентный модуль деформации (при $\lambda = 0{,}055$ и $\mu = 1{,}0$) — 302 *кг/см*^{2}.

Согласно графику на рис. 5 (14), при $E_0 = 80$ *кг/см*^{2} и толщине слоя h_1-20 *см*, $E_в' = 170$ *кг/см*^{2} .

Согласно графику на рис. 5 (15), при $E_н'' = 170$ *кг/см*^{2} и $E_{тр.} = 300$ *кг/см*, верхний слой покрытия должен быть толщиной 19 *см*.

По покрытию устраивается двойная поверхностная обработка толщиной 2 *см* (табл. 11).

Глава 2. Проектирование гравийных и грунтогравийных покрытий

Требования к материалам. Гравийные дорожные покрытия проектируются по принципу плотных оптимальных смесей.

Для устройства гравийных покрытий применяется карьерный гравийный материал или искусственно составленная смесь, соответствующие оптимальным гравийным смесям, приведенным в табл. 12.

Таблица 12

Гравийные оптимальные смеси

Конструктивные слои	№ смеси	Количество частиц (в % по весу), проходящих через сито с отверстиями в *мм*							
		70	40	20	10	5	2,5	0,63	менее 0,05
Покрытие	1	—	100	60—80	45—65	30—55	20—45	15—35	7—20
	2	—	100	80—95	65—90	50—75	35—65	20—45	8—25
	3	—	—	—	90—100	70—85	45—75	25—55	8—25
Основание	1	100	—	20—40	20—35	15—25	10—15	5—10	0—3
	2	100	—	40—60	35—50	20—35	15—25	5—15	0—5
Подстилающий слои	1	100		60—80	35—75	25—60	15—50	10—30	0—3
	2	—	—	90—100	60—90	30—70	20—55	15—40	0—3

Примечания 1. Граница текучести фракций менее 0,63 *мм* для смесей, используемых в покрытиях, должна быть не более 25, а число пластичности — не более 6.

2. Для гравия 3 и 4 классов гранулометрический состав должен определяться после предварительного испытания на сжатие в стальном цилиндре при удельном давлении 150 *кг/см*^{2}

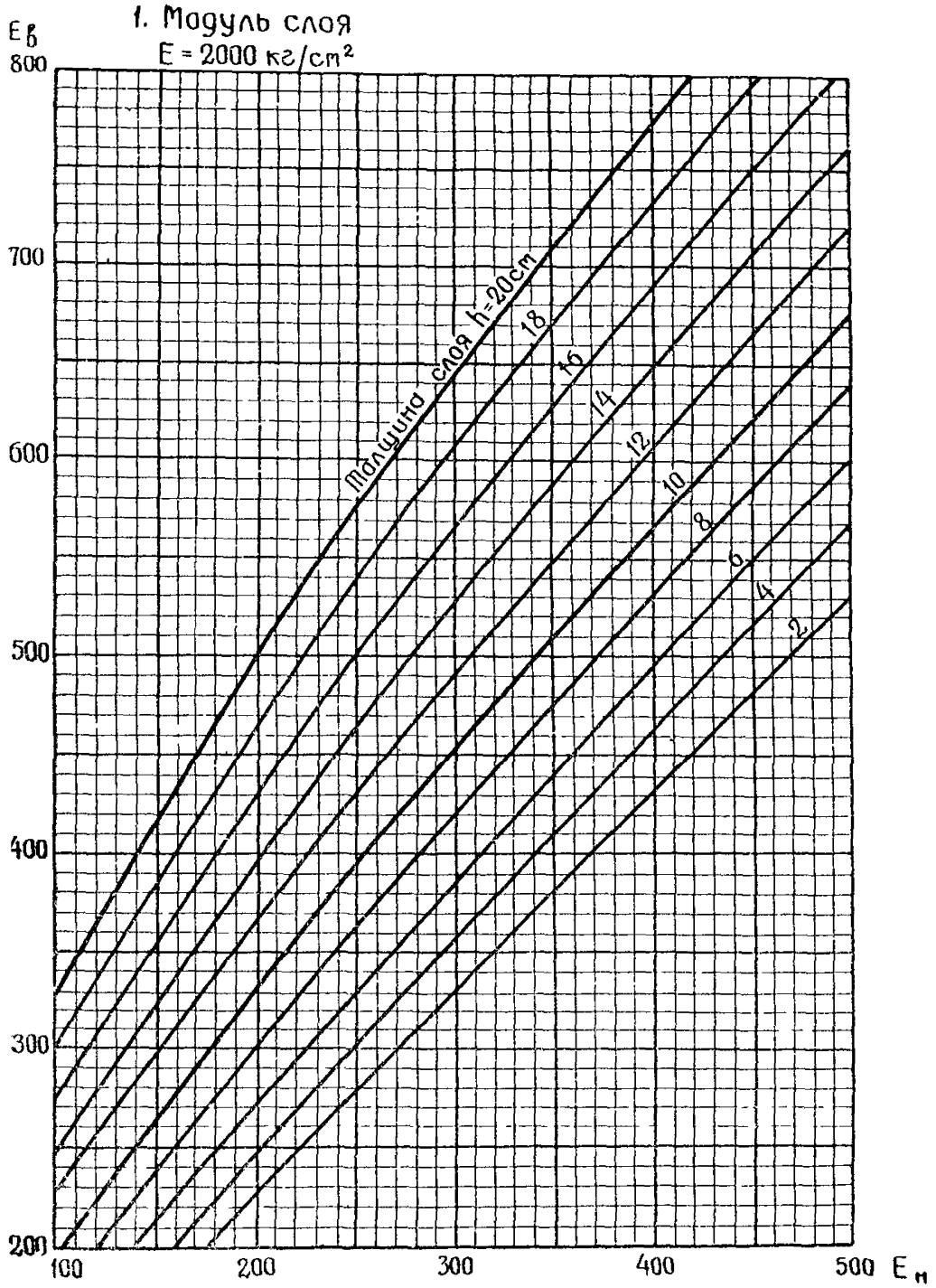
3. Для районов с избыточным увлажнением содержание частиц размером менее 0,05 *мм* принимать по нижнему пределу, для сухих районов — по верхнему пределу.

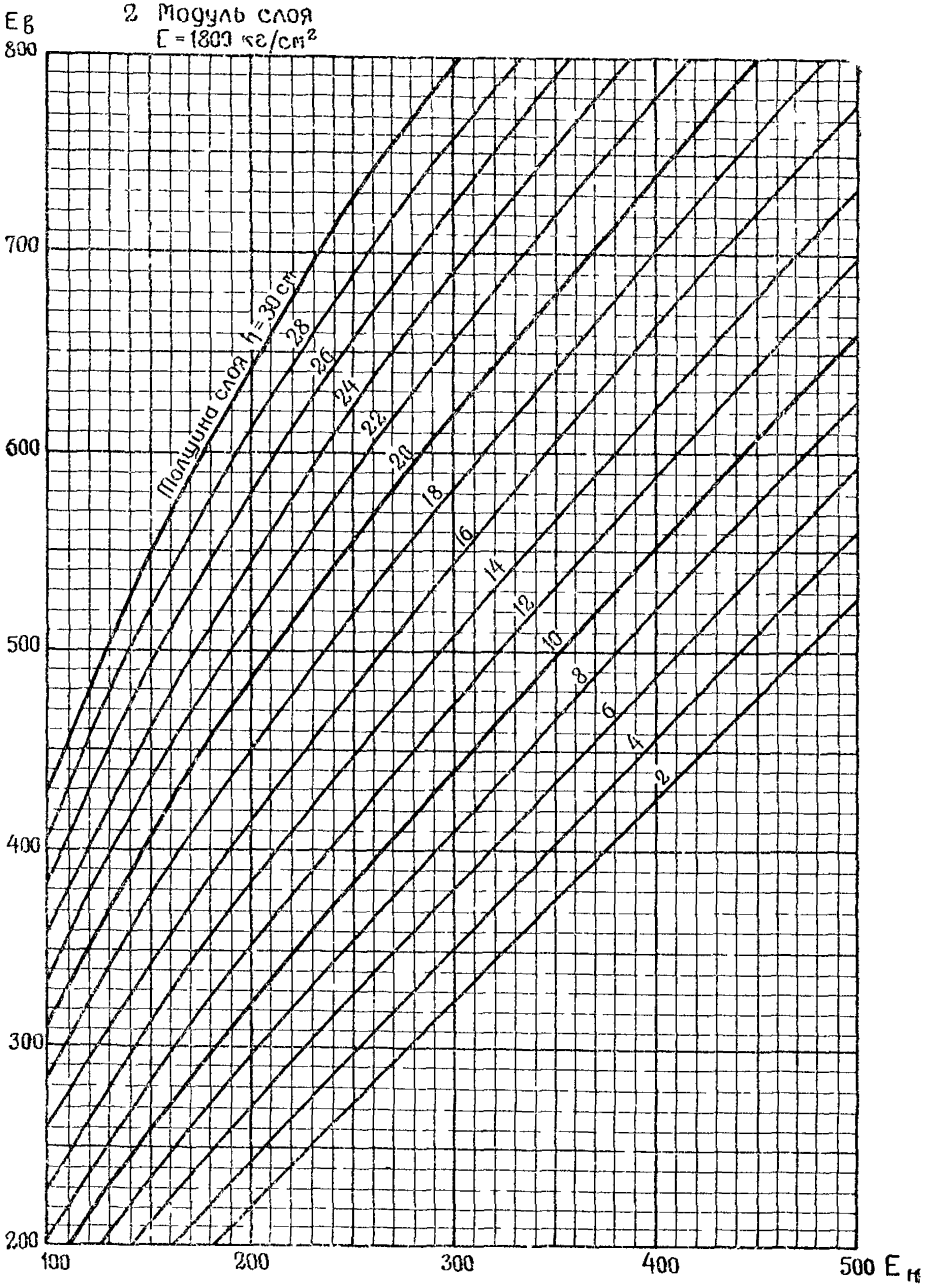
ГРАФИКИ

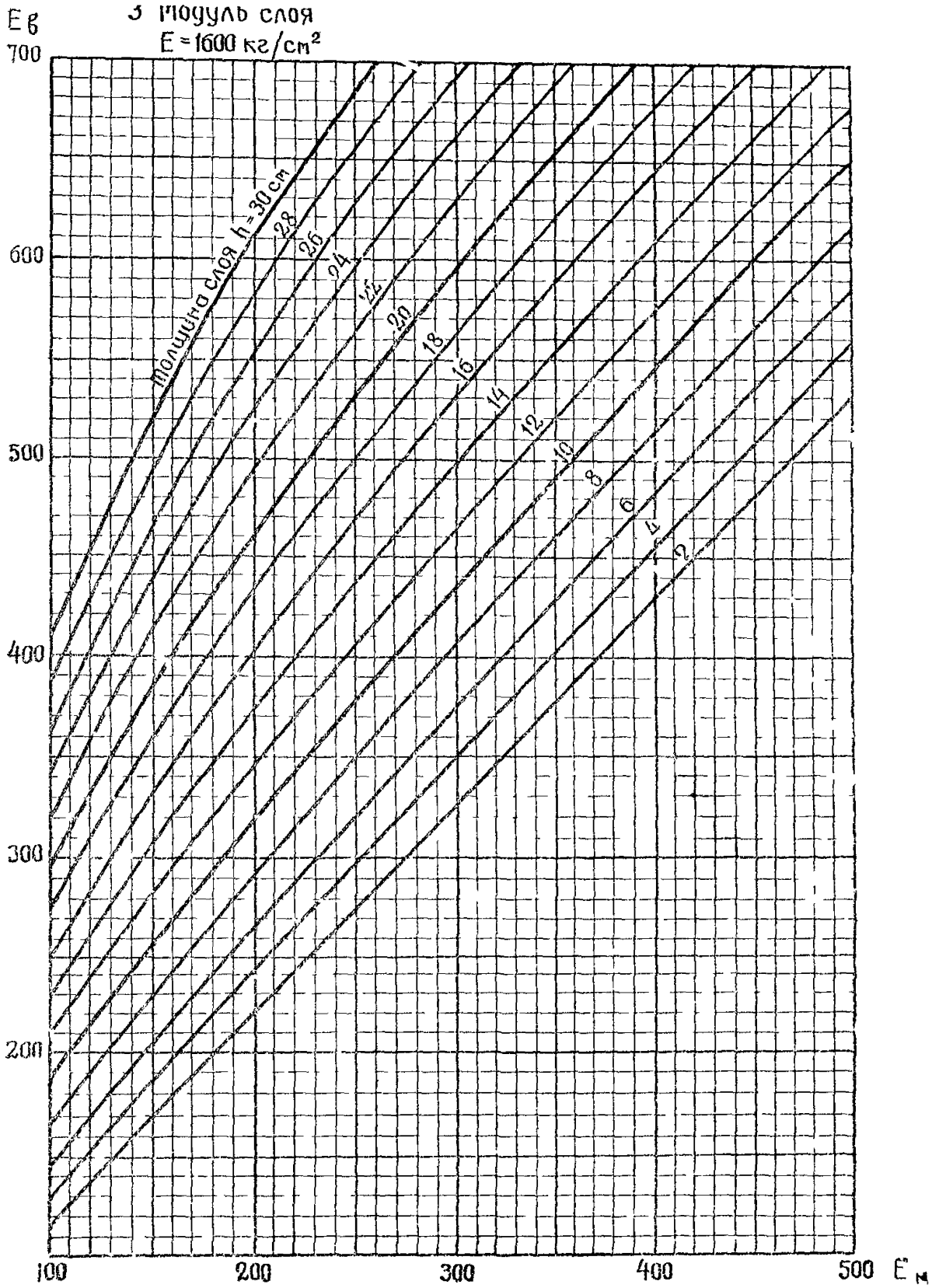
для определения толщины слоев дорожной одежды

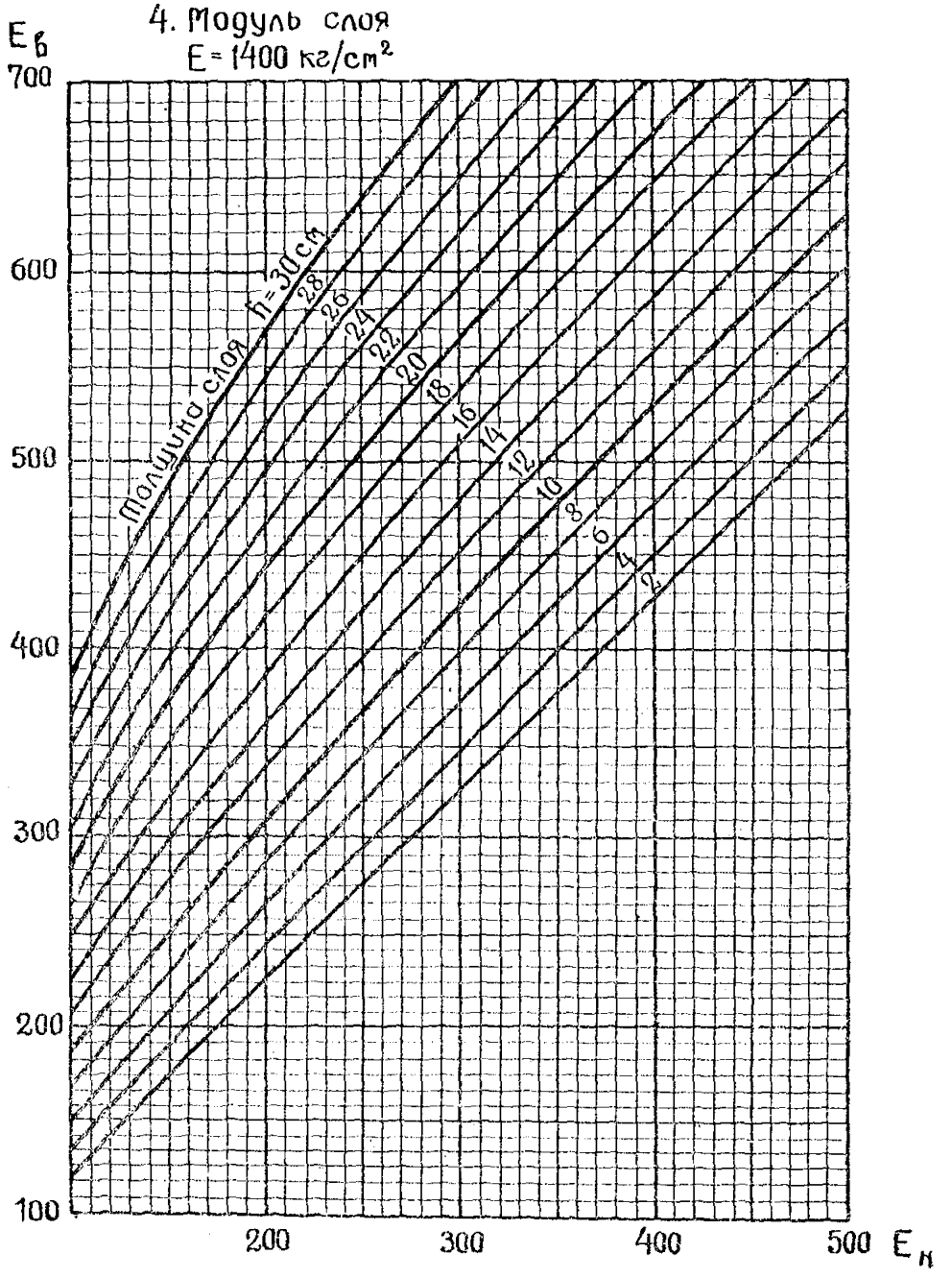
Нагрузка Н-13

(Рис. 5)

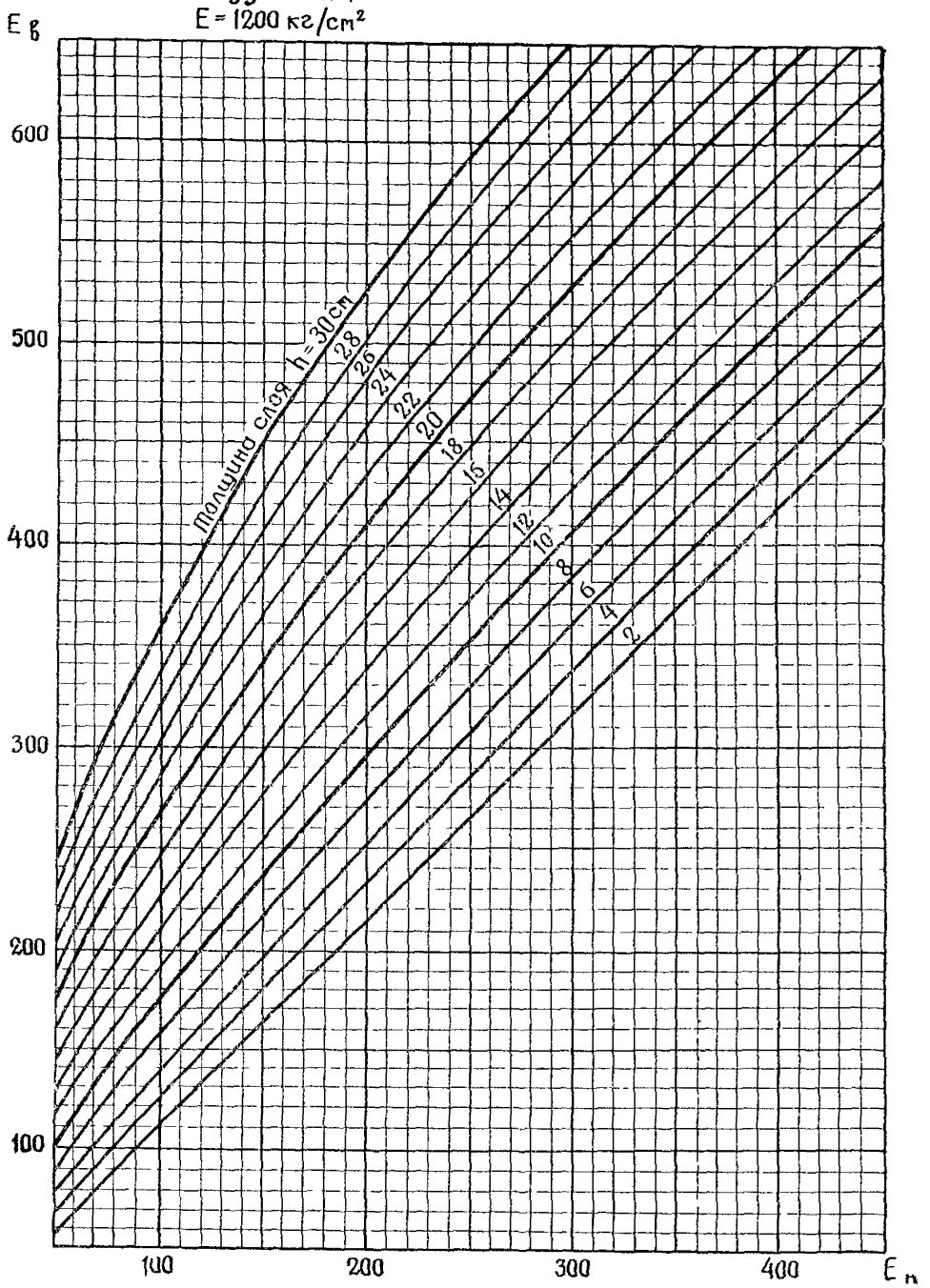

1. Модуль слоя
E = 2000 кг/см²
Eб
800
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500
Eн
Толщина слоя h=20см
18
16
14
12
10
8
6
4
2

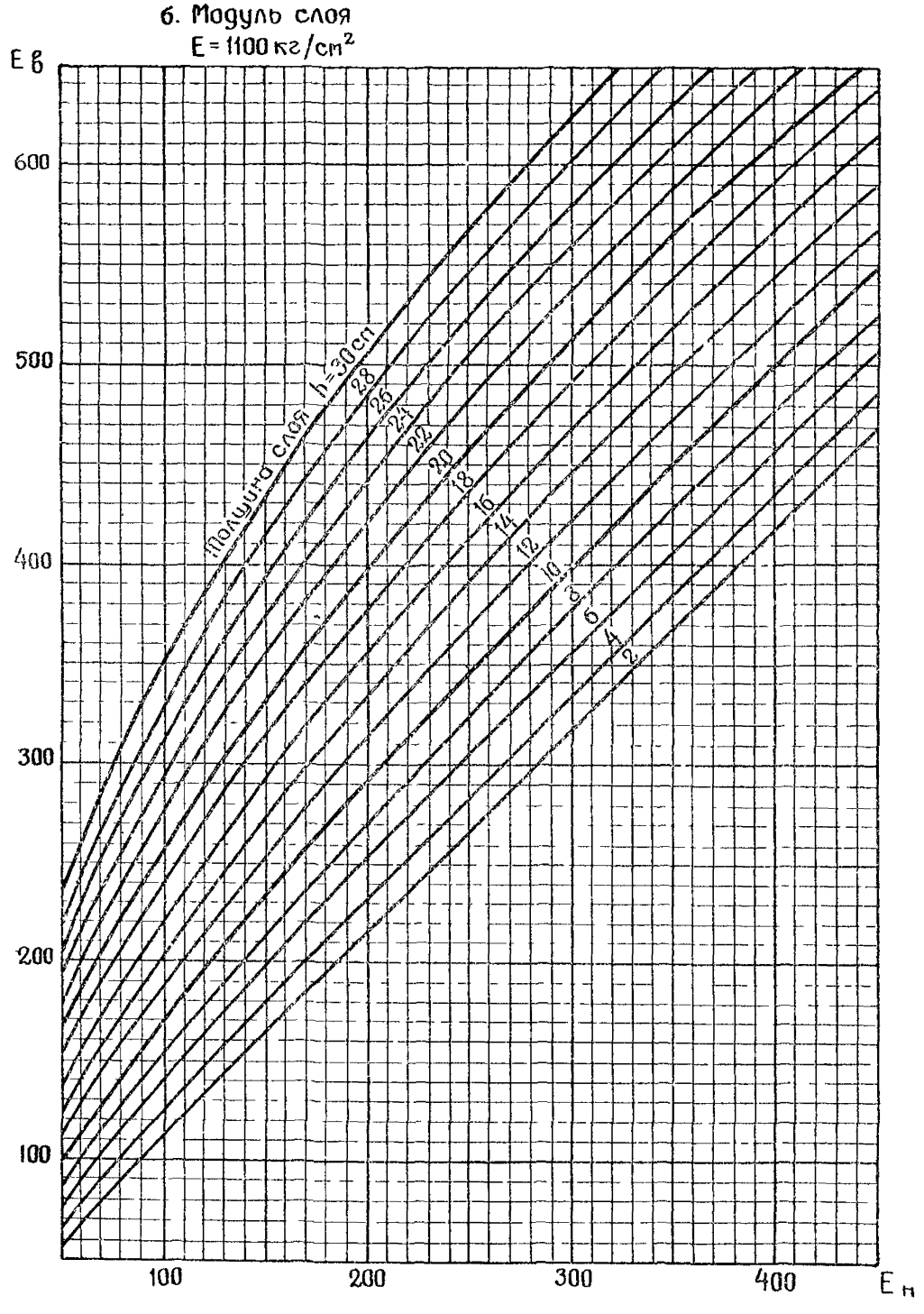

2 Модуль слоя
E = 1800 кг/см²
Eв
800
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500 Eн
Толщина слоя h = 30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2

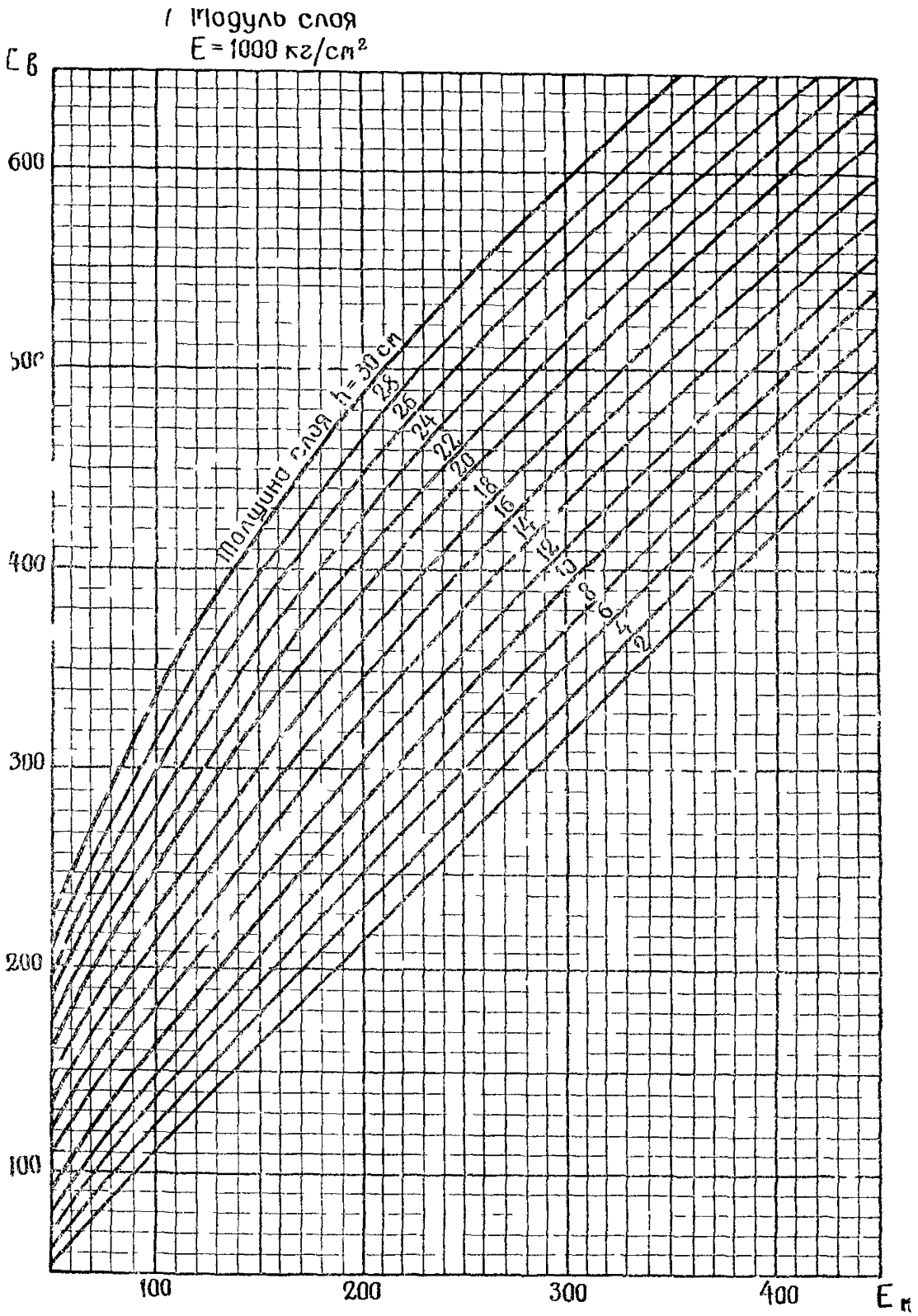

Eв
Модуль слоя
E = 1600 кг/см²
700
600
500
400
300
200
толщина слоя h = 30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
500
Eн

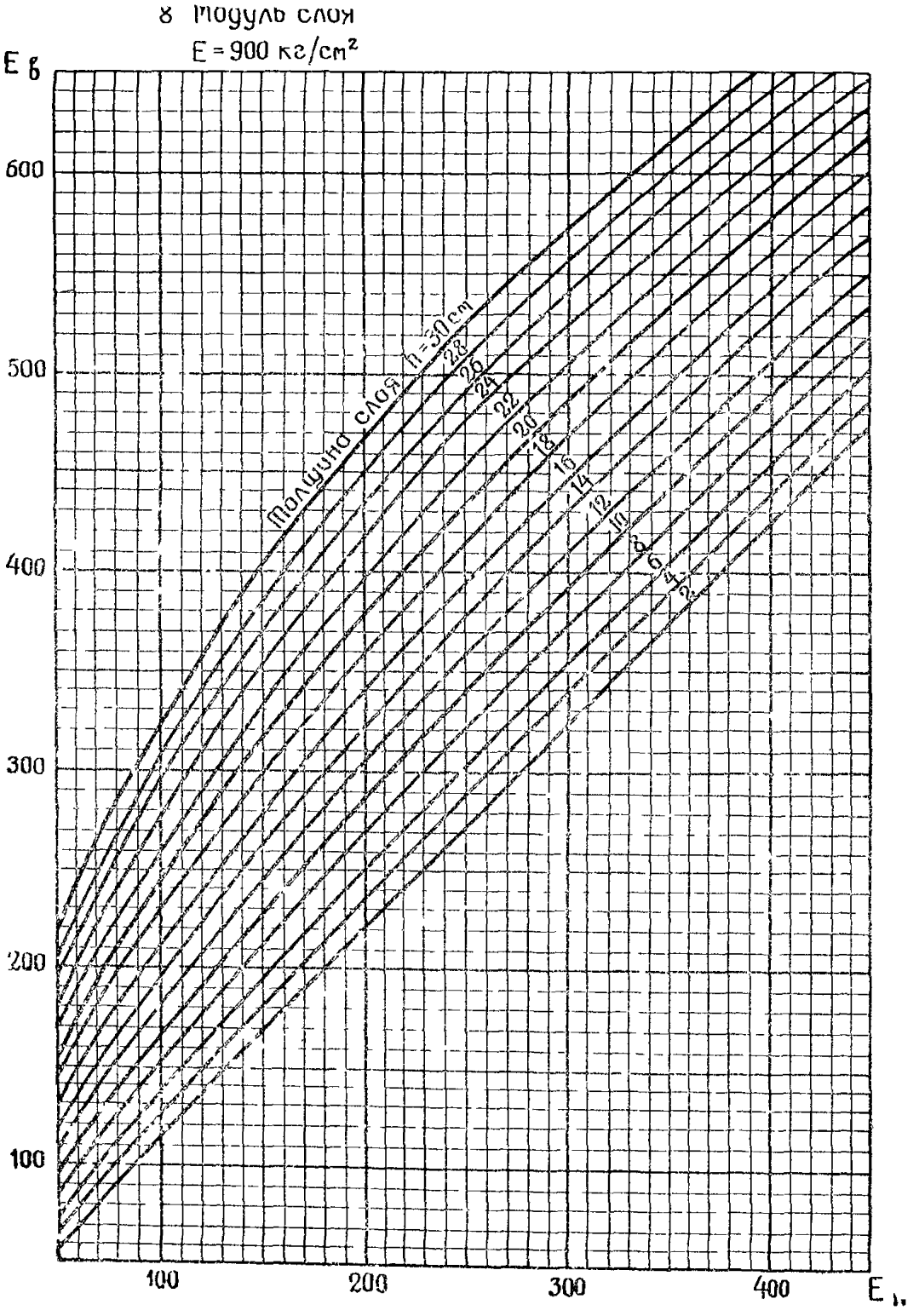

4. Модуль слоя
E = 1400 кг/см²
Eб
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500
Eн
Толщина слоя h = 30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2

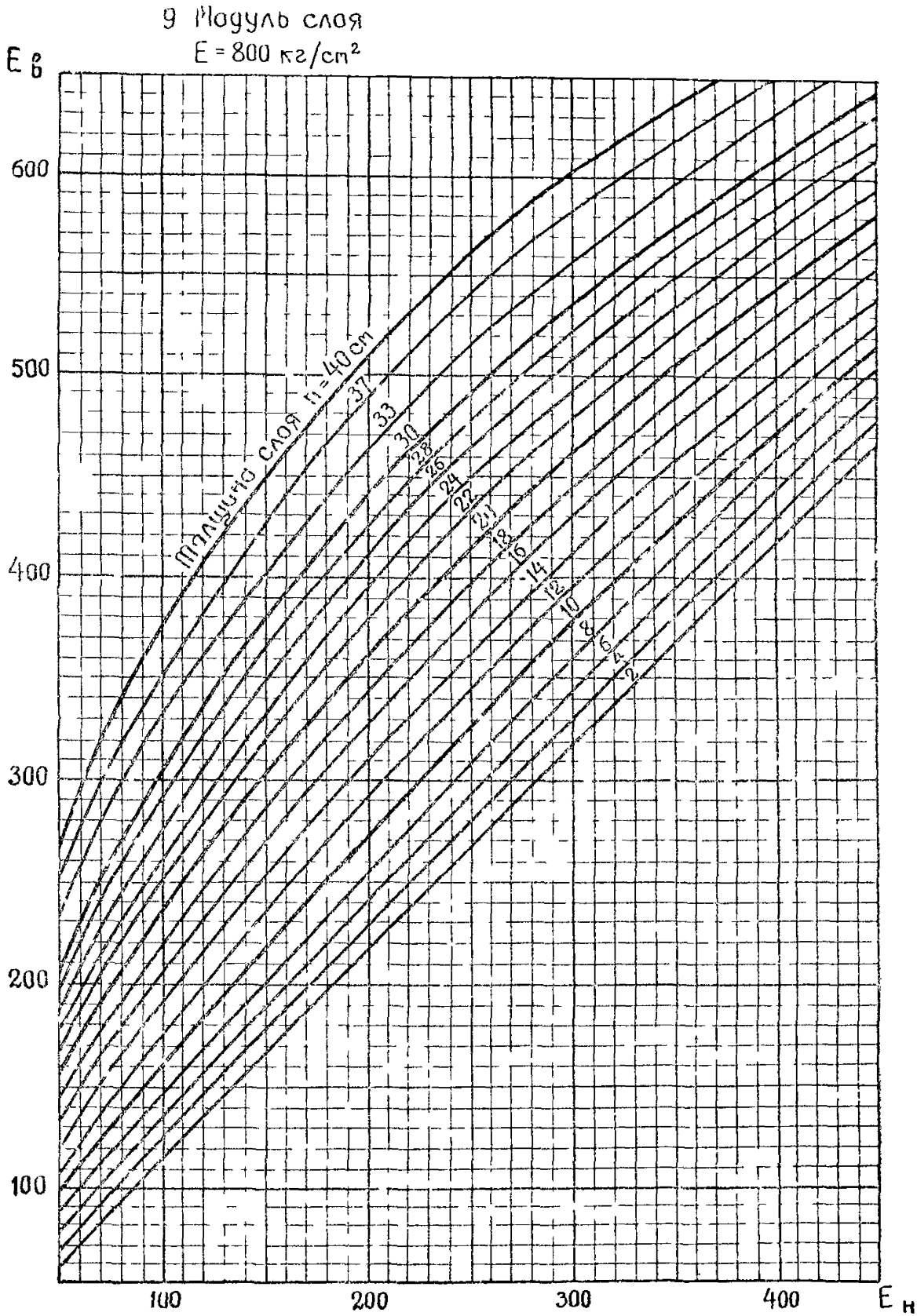
5. Модуль слоя
$E = 1200$ кг/см²

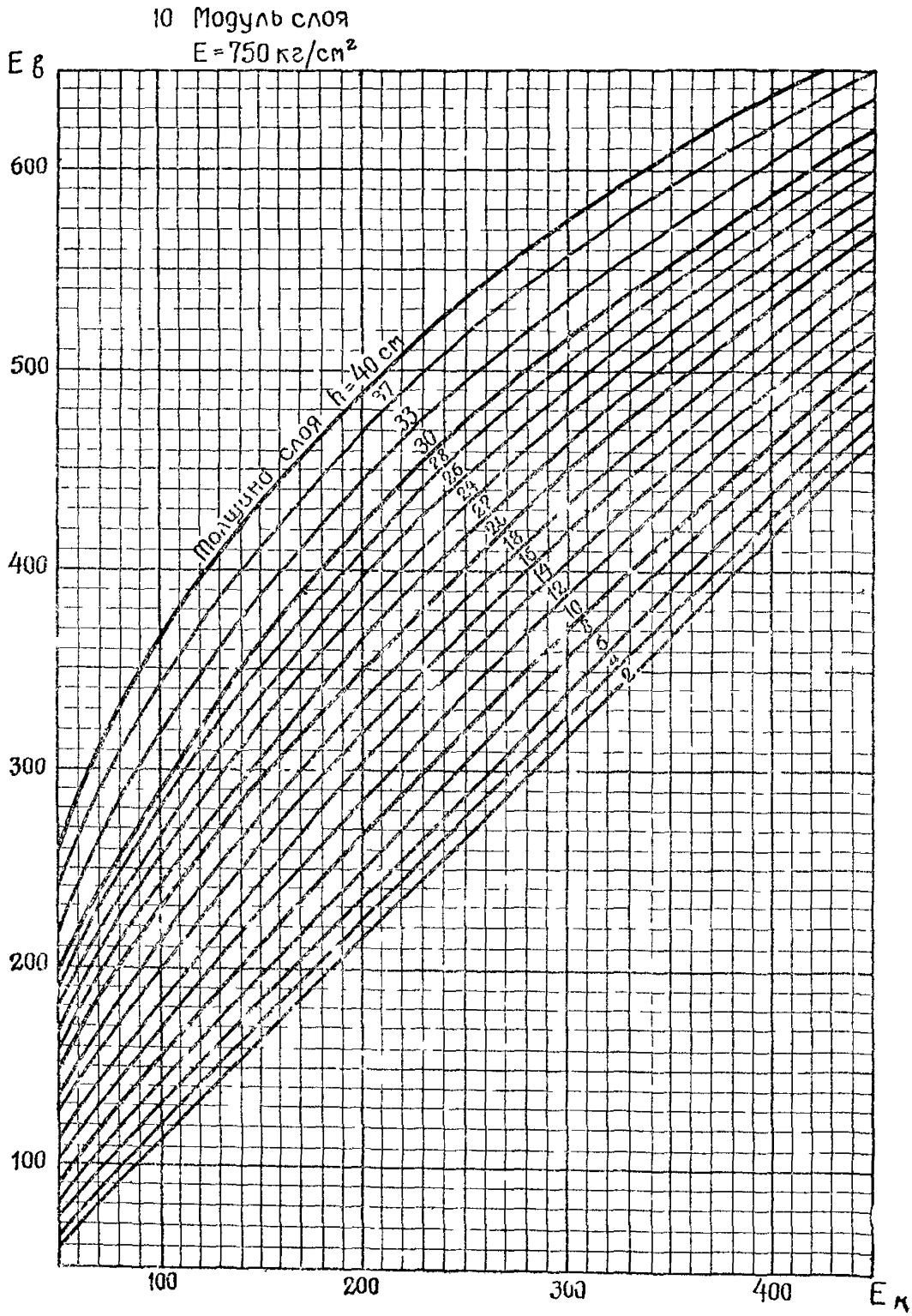


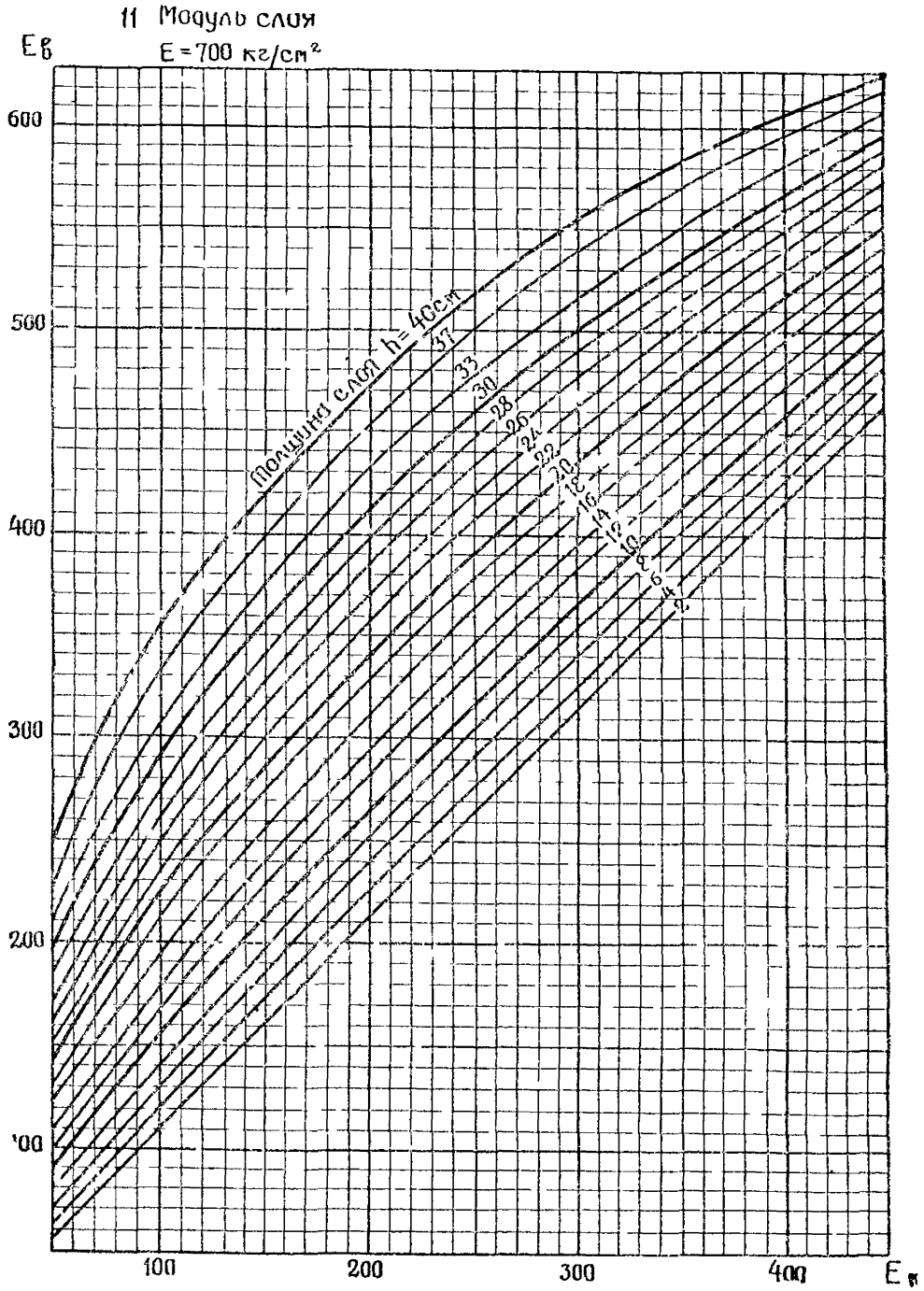

6. Модуль слоя
E = 1100 кг/см²
E в
600
500
400
300
200
100
толщина слоя h=30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
E н

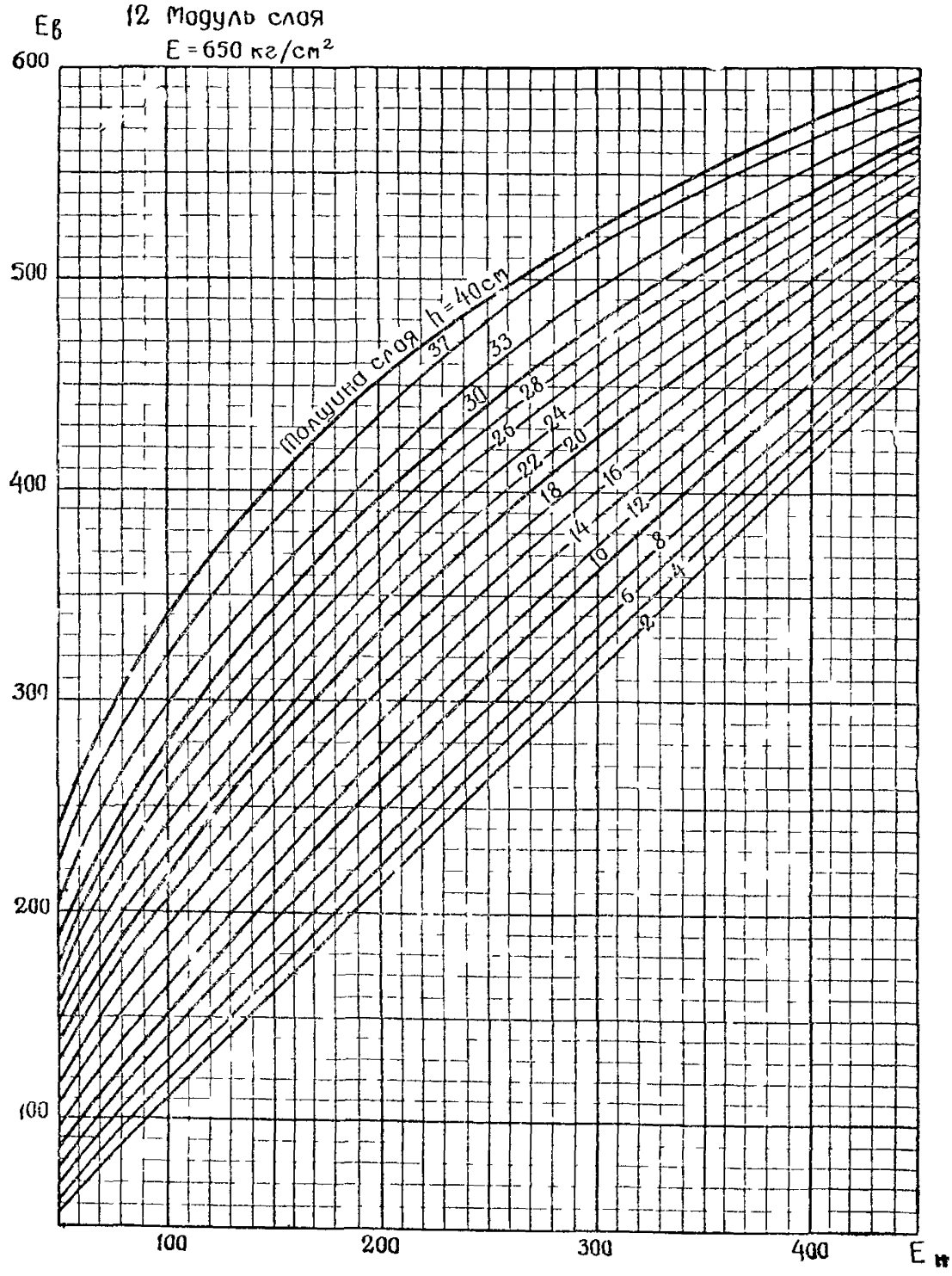

I Модуль слоя
E = 1000 кг/см²
E в
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h = 30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
E н


8 Модуль слоя
E = 900 кг/см²
E б
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h = 30 см
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
E н.

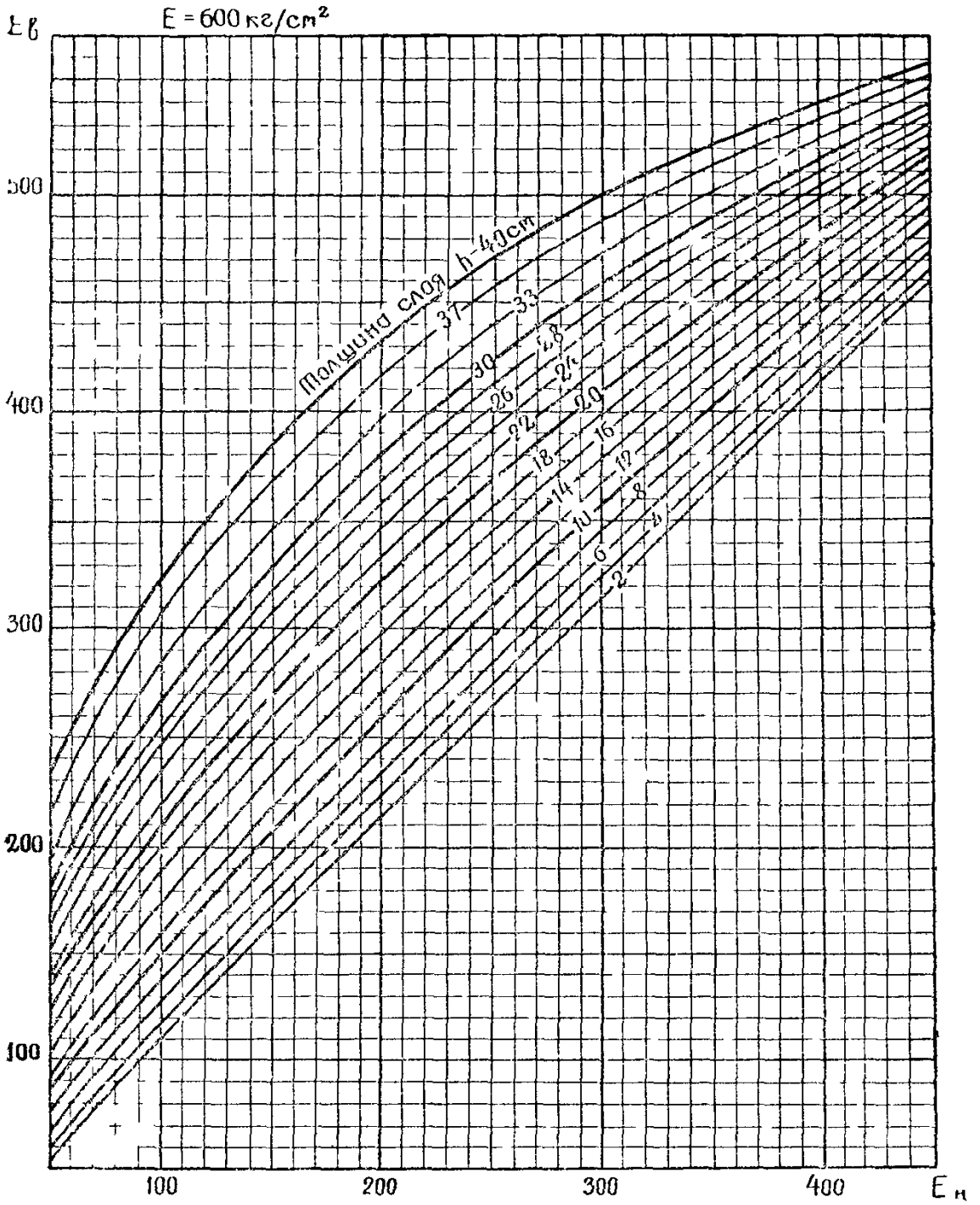

9 Модуль слоя
E = 800 кг/см²
E в
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
E н


10 Модуль слоя
E = 750 кг/см²
E в
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h = 40 см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
E к


11 Модуль слоя
E=700 кг/см²
Eв
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя h=40см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
Eн

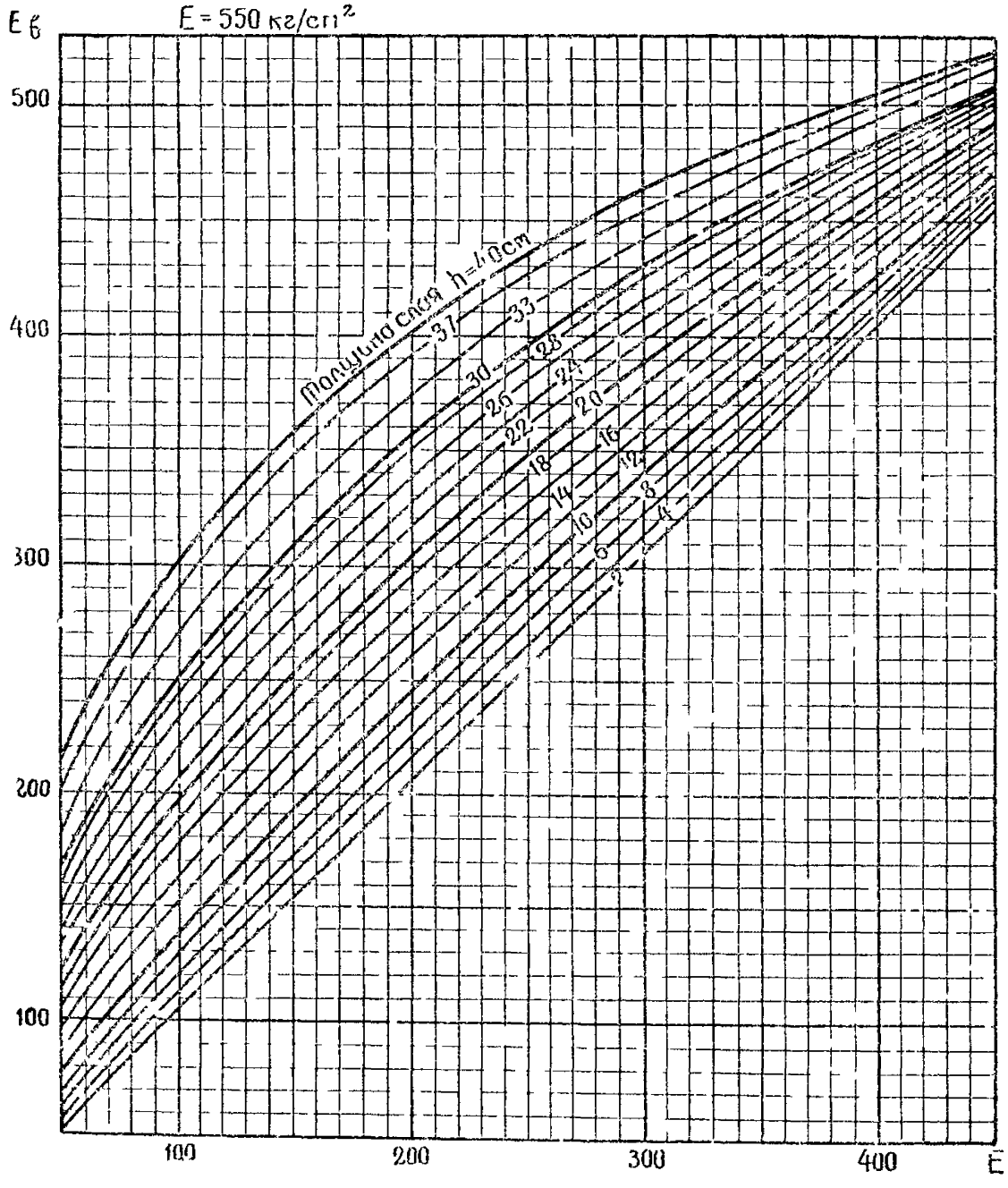

12 Модуль слоя
E = 650 кг/см²
Eв
600
500
400
300
200
100
Толщина слоя, h=40см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
Eн

13 Модуль слоя

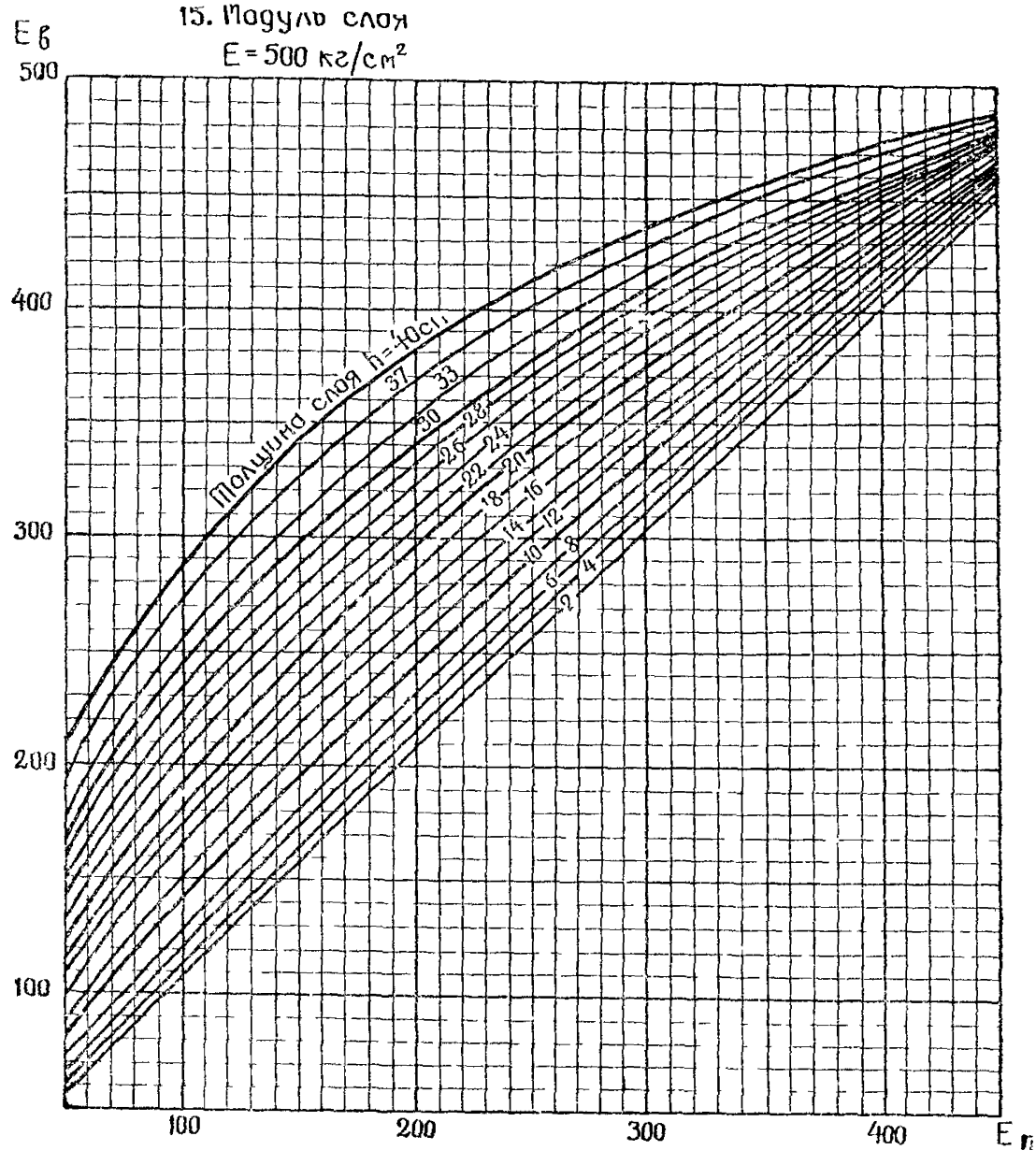


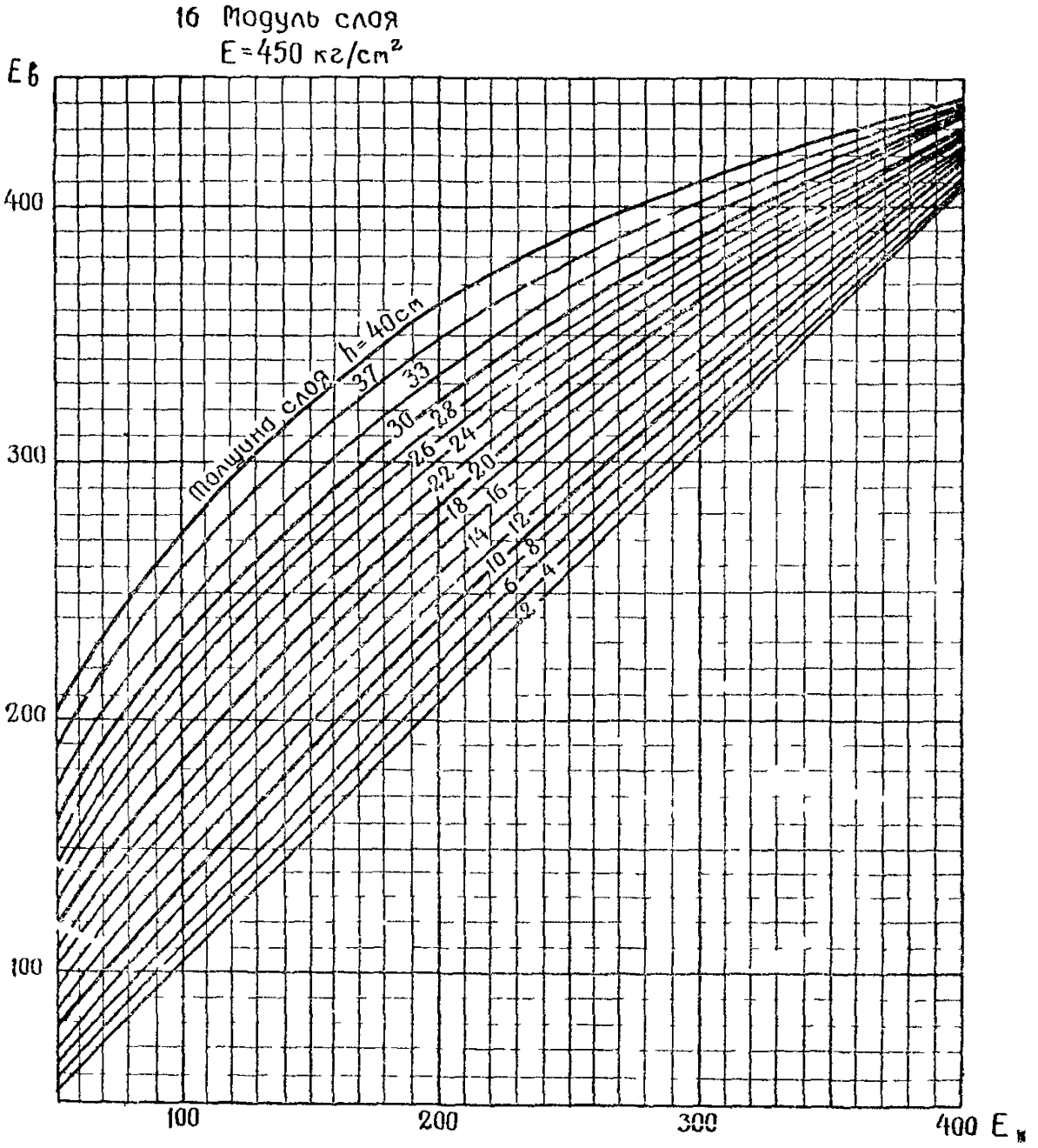
14 Модуль слоя

$E = 550$ кг/см^2

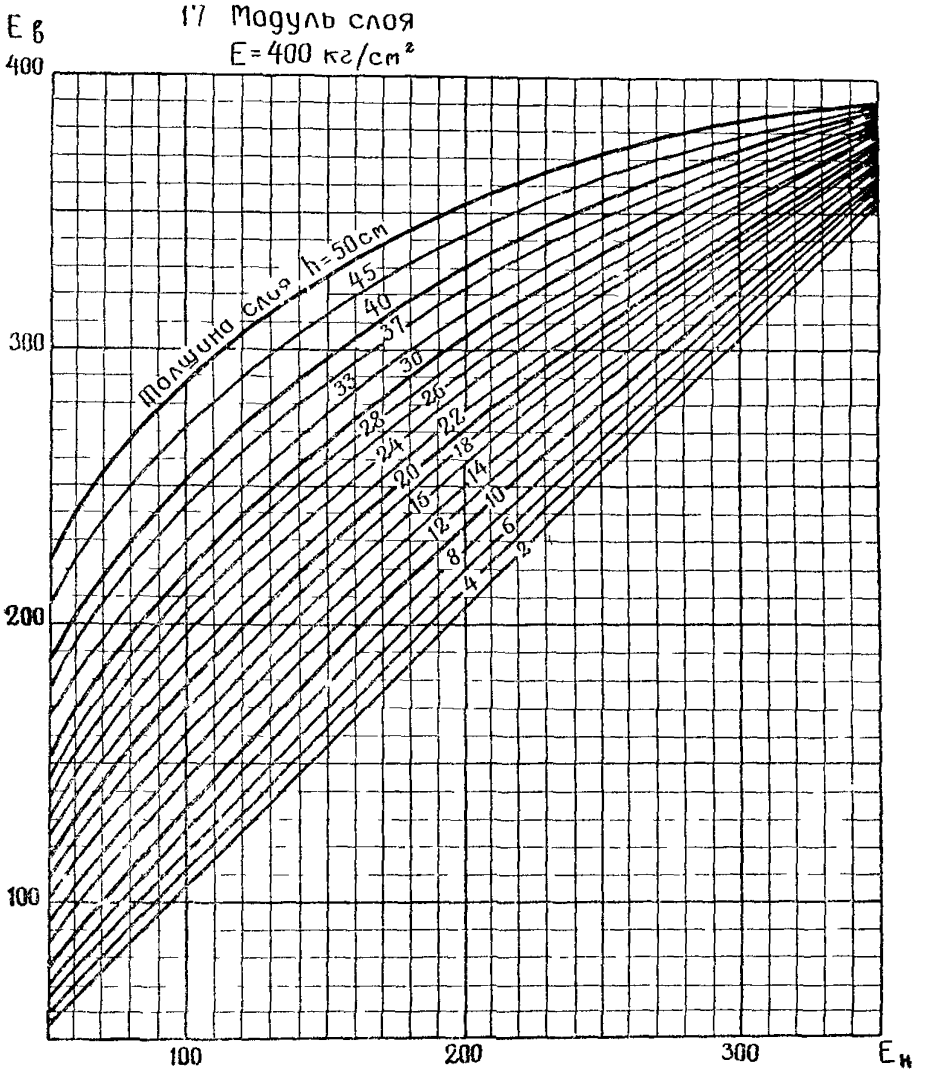


15. Модуль слоя
$E = 500$ кг/см^2



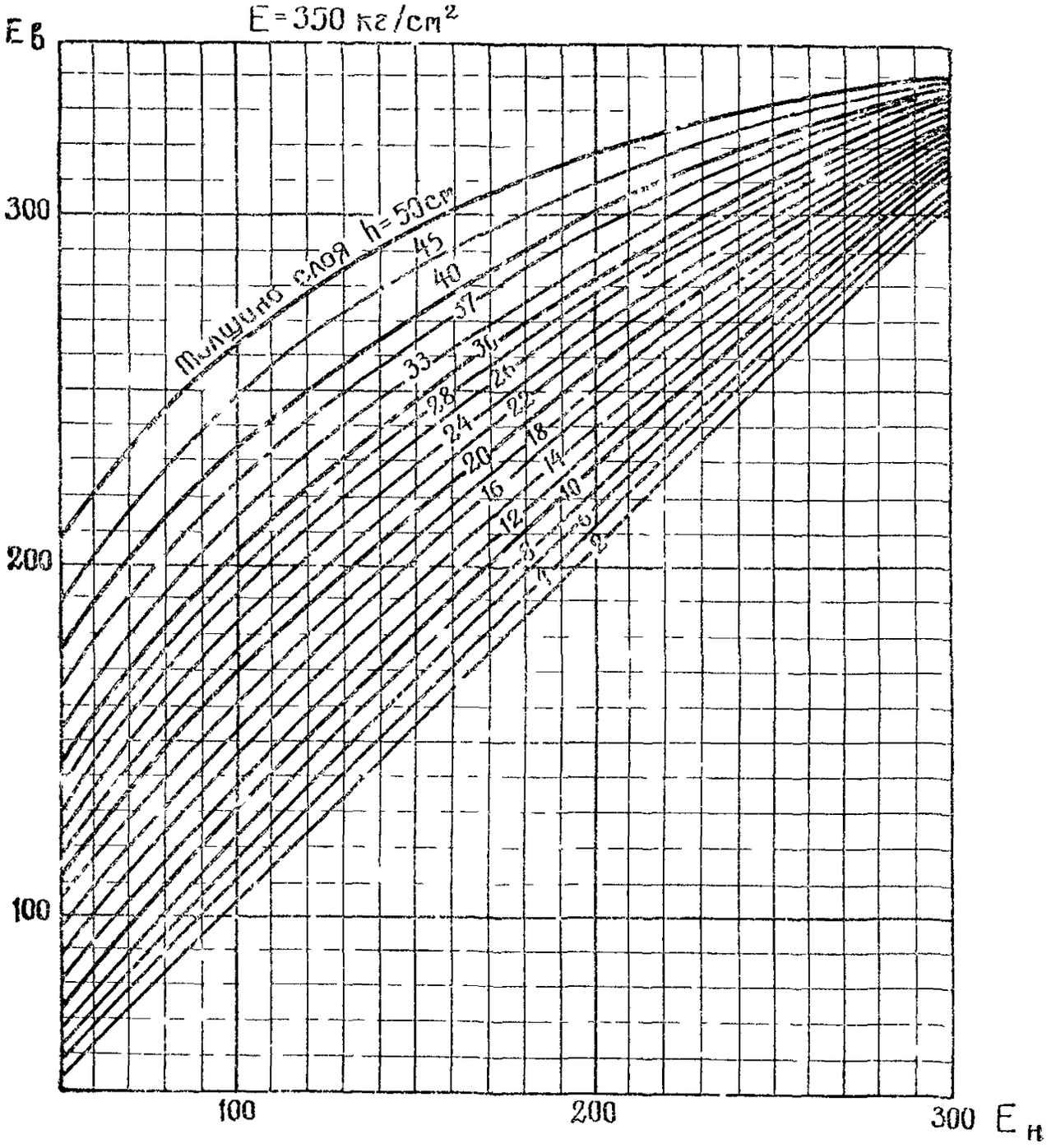

16 Модуль слоя
E=450 кг/см²
Eв
400
300
200
100
Толщина слоя h=40см
37
33
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
100
200
300
400
Eн

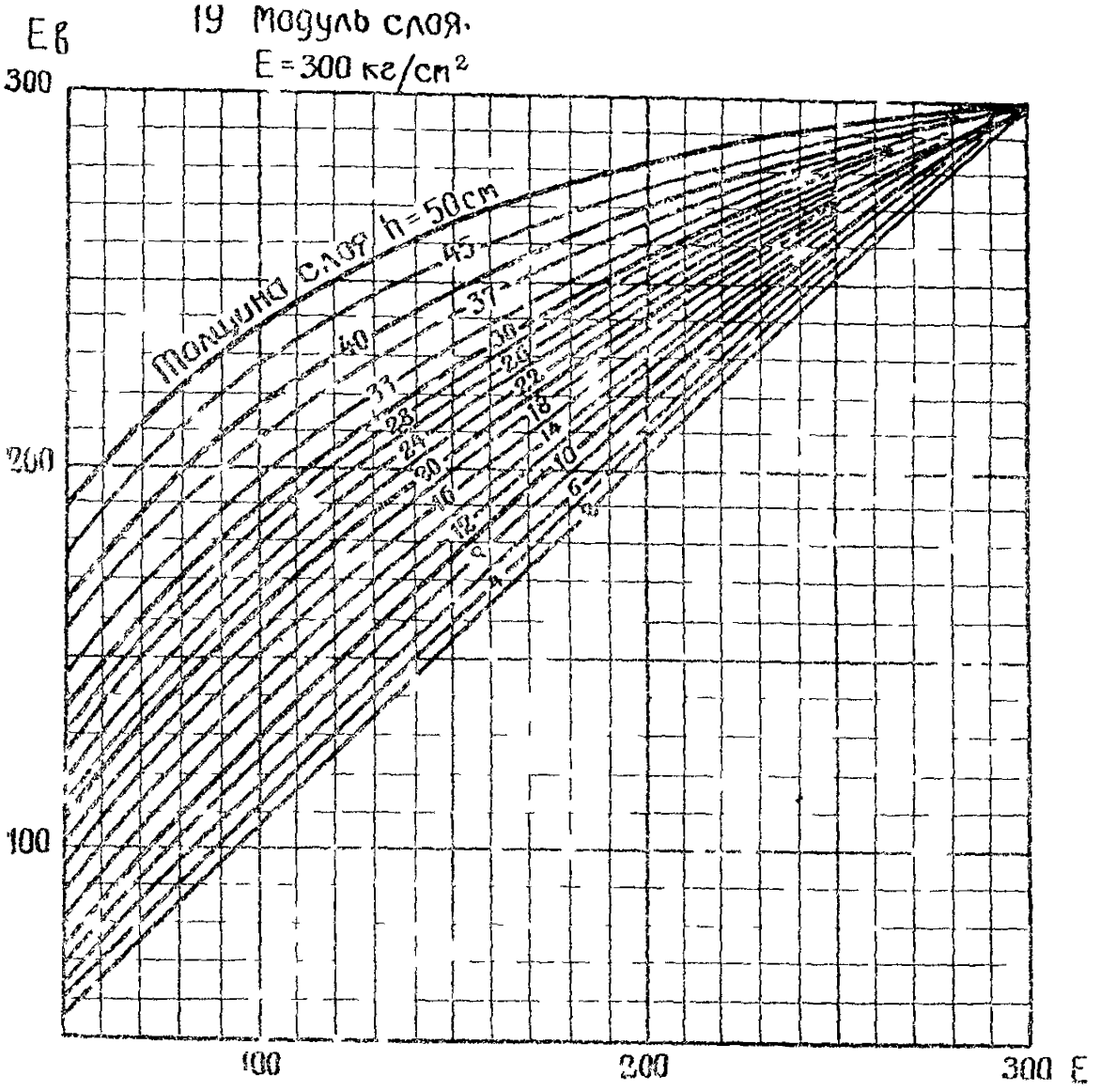
17 Модуль слоя
$E = 400$ кг/см²



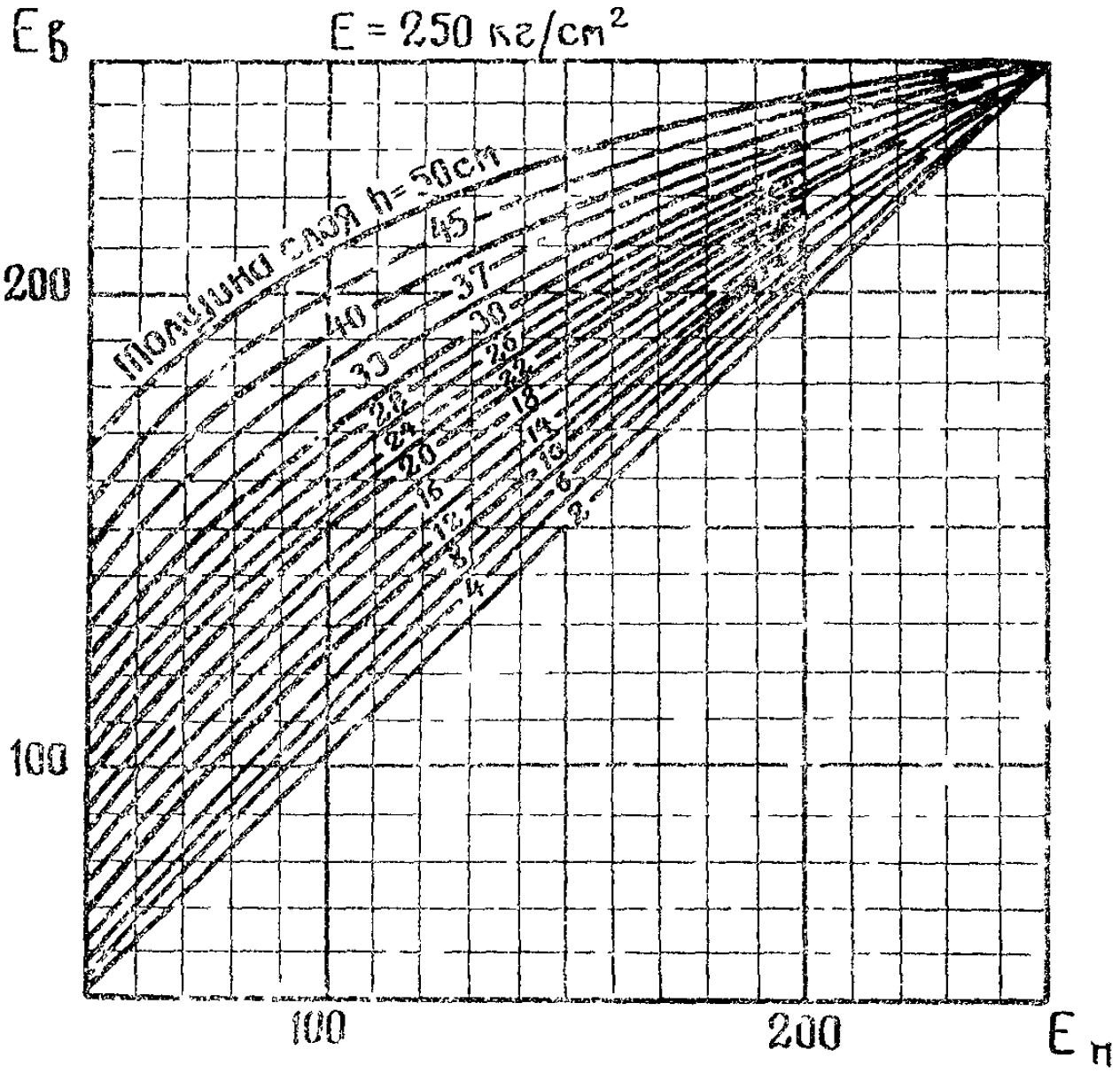
18. Модуль слоя

$E = 350$ кг/см^2

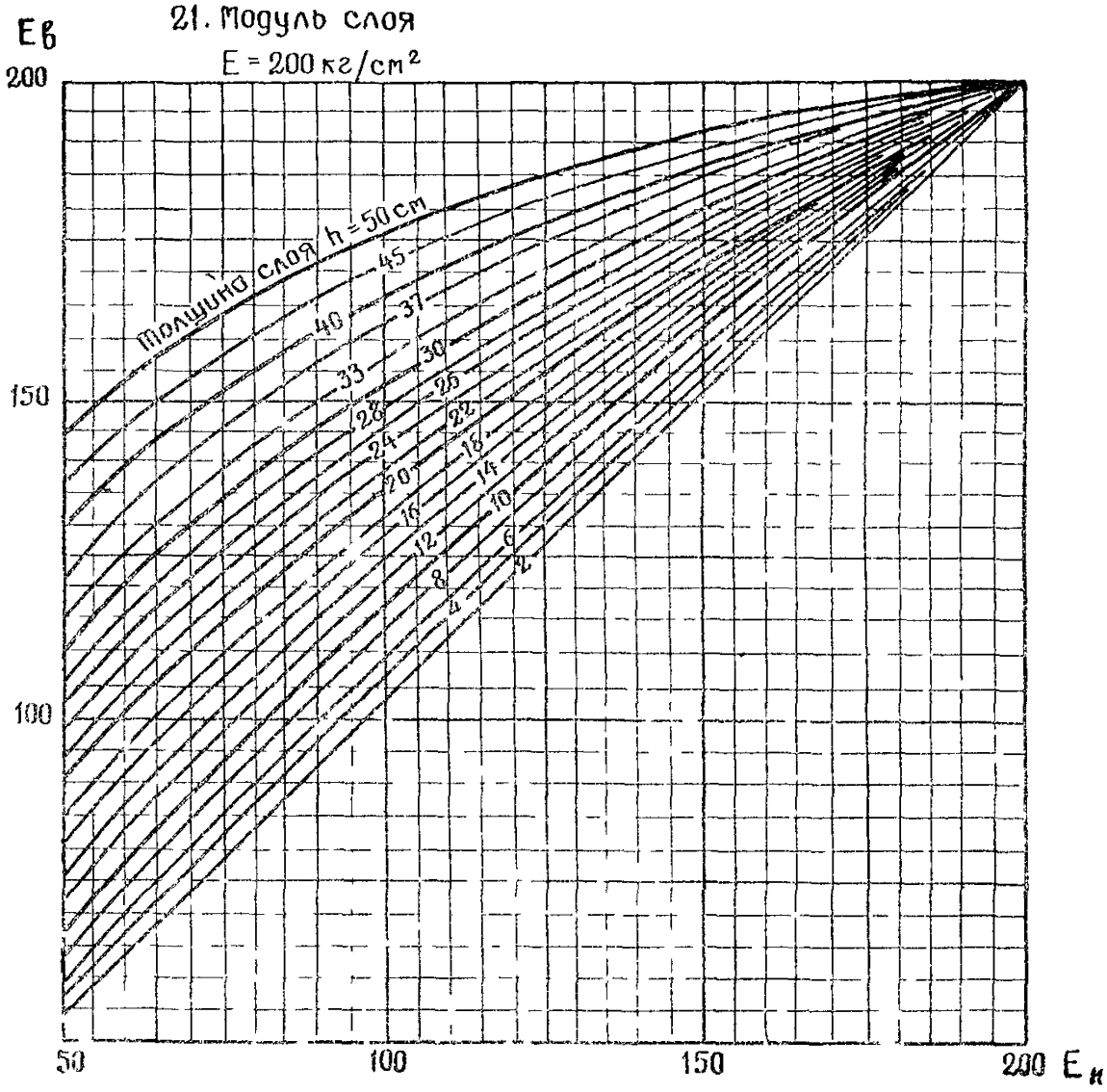



Eв
19 Модуль слоя.
E = 300 кг/см²
300
200
100
100
200
300 E
Толщина слоя h = 50 см
45
40
37
34
31
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4

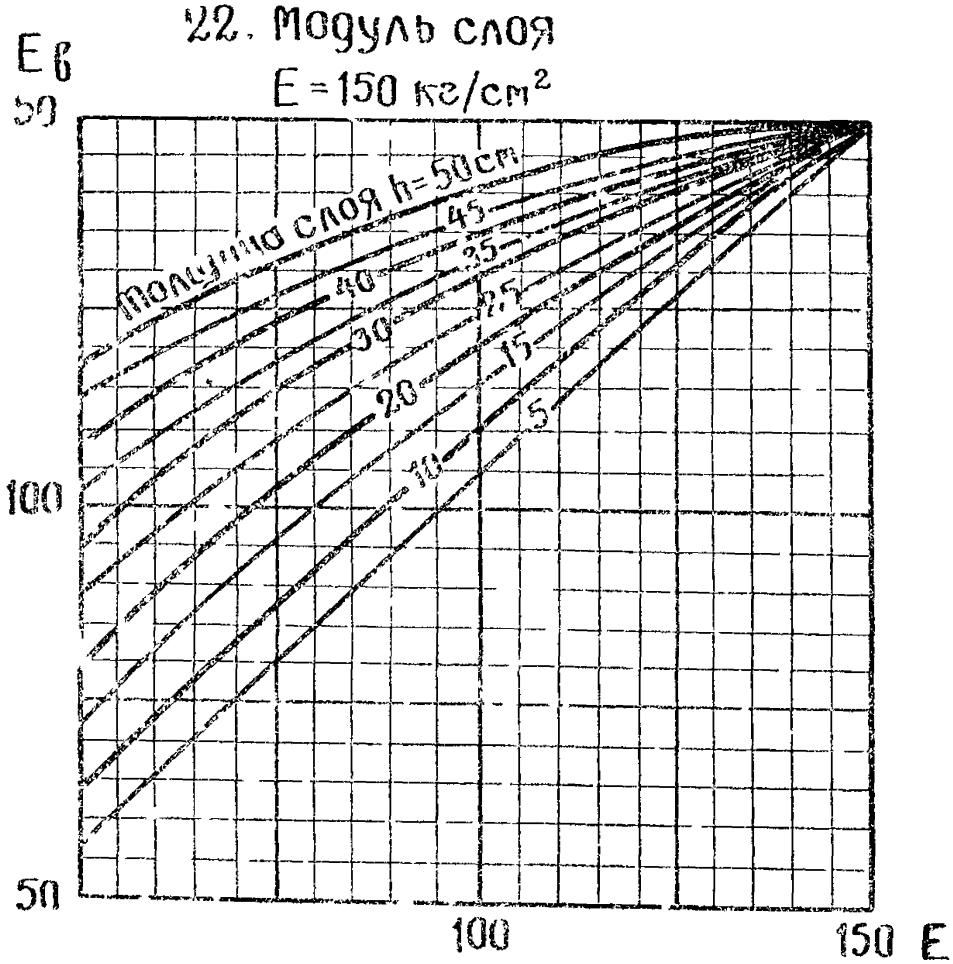
20. Модуль слоя



21. Модуль слоя



22. Модуль слоя



Класс гравия определяется по потерям при испытании его в полочном барабане согласно табл. 13.

Таблица 13

Классы гравия и показатели истираемости

Петрографическая характеристика преобладающих разностей гравия	Класс гравия	Потери при испытании в полочном барабане в % по весу не более
Средне- и мелкокристаллические изверженные породы и гнейсы, мраморовидные твердые, плотные, прочные, кристаллические или скрытокристаллические известняки, окварцованные песчаники или смеси этих пород	1	20
Крупнокристаллические изверженные породы и гнейсы, твердые, плотные и прочные известняки, песчаники с ясно выраженной структурой или смеси этих пород, слабых пород до 7%	2	30
Изверженные породы и гнейсы с заметными следами выветривания, твердые известняки с остатками организмов, прочные, плотные песчаники с зернистой структурой, прочные сланцы или смеси этих пород; слабых и выветрелых пород до 10%	3	45
Изверженные породы с ясно выраженным выветриванием и изменением естественной окраски, гнейсы с прослойками слюды, неплотные известняки, непрочно сцементированные песчаники и непрочные сланцы или смеси этих пород; очень слабых и выветрелых пород более 10%	4	55

По соображениям экономики и удобства производства работ целесообразно применять естественные карьерные материалы, не требующие прогрохотки. Если естественный гравийный материал данного карьера не отвечает поставленным требованиям, необходимо произвести соответствующую прогрохотку (например, удалить слишком крупные зерна) либо составить оптимальную смесь непосредственно на дороге смешением карьерного материала с грунтом земляного полотна или материала двух карьеров между собой (с участием грунта земляного полотна или без него).

Оптимальная гравийная смесь может быть создана искусственно по одной из следующих схем:

Схема 1. — при наличии в карьере недопустимо крупных фракций производят отгрохотку этих фракций. Объем карьерного материала, пропускаемого через грохот, определяют по формуле:

$$Q_1 = \frac{Q}{1 - 0{,}01x},$$

где Q — требуемый объем гравийного материала оптимального состава в $м^3$;

x — процентное содержание в карьерном материале фракций, подлежащих отгрохотке.

Для проверки соответствия зернового состава, полученного после прогрохотки материала, оптимальным гравийным смесям производят перерасчет процентного содержания оставшихся фракций по формуле:

$$a_1 = \frac{a}{1 - 0{,}01x},$$

где a и a_1 — процентное содержание каждой фракции соответственно до и после прогрохотки.

Схема 2 — при наличии двух карьеров с различными гравийными материалами неоптимального состава, при смешении которых можно получить оптимальную смесь. Гравийный материал из 1-го карьера в объеме Q_1 и из 2-го карьера в объеме Q_2 вывозят на дорожное полотно и здесь тщательно перемешивают.

Процентное соотношение объемов Q_1 и Q_2 определяют аналитическим подбором (с проверкой полученных смесей по процентному содержанию каждой группы фракций) или графически, методом „подвижной линейки" (рис. 6).

На рис. 6 линии АБ и ВГ характеризуют гранулометрический состав гравийного материала 1-го и 2-го карьеров, а на подвижной линейке ЕД отложен в том же масштабе гранулометрический состав оптимальной смеси.

Положение линейки, при котором обозначенные на ней пределы содержания каждой фракции попадут в соответствующие им полосы, показывает процент содержания в оптимальной смеси материалов 1-го и 2-го карьеров (на рис. 6 соответственно 65 и 35%).

При проектировании нужно иметь в виду, что суммарный объем материалов, вывезенных из двух разных карьеров для получения оптимальной смеси, должен быть несколько больше требуемого по проекту объема этой смеси, т.е. $Q_1 + Q_2 = KQ$, где $K > 1$. Это объясняется тем, что при смешении двух материалов заполняются имеющиеся у них пустоты.

Коэффициент K для практических целей следует принимать равным 1,1.

Схема 3 — при недостатке в карьерном материале мелких фракций, содержащихся в большом количестве в грунте земляного полотна. Работу выполняют в следующем порядке:

а) грунт земляного полотна разрыхляется на глубину

$$h_1 = 0{,}01xh_р,$$

где $h_р$ — толщина покрытия по расчету;

x — установленный процент добавки к карьерному материалу грунта земляного полотна;

б) разрыхленный грунт собирается в призму на оси дороги;

в) карьерный материал в объеме Q_1 вывозится на дорогу, выгружается на призму разрыхленного грунта и тщательно перемешивается с ним.

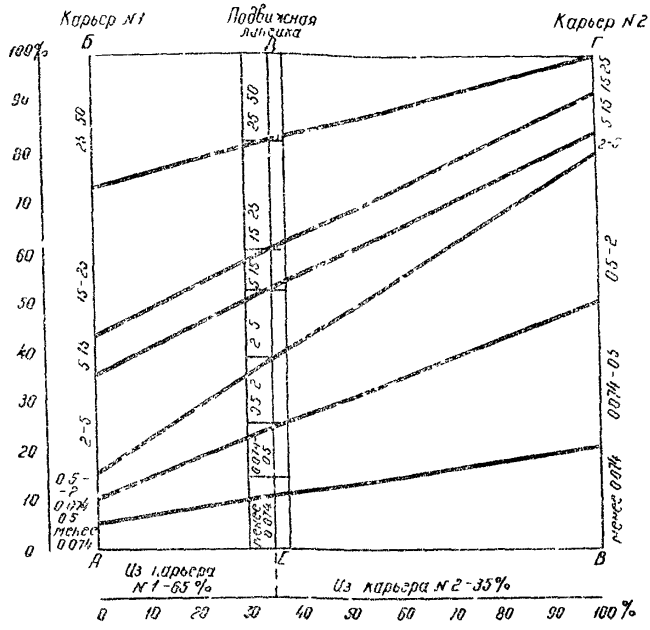


Рис. 6. Графический метод расчета состава оптимальной гравийной смеси

В связи с тем, что при перемешивании карьерного материала и грунта грунт заполняет имеющиеся в гравийном материале пустоты, по аналогии со схемой 2 рекомендуется при проектировании потребный объем гравийной оптимальной смеси увеличивать на 10%.

Схема 4 — при гравийном материале, содержащем избыточное количество каких-либо фракций (фракция А). Гравийное покрытие устраивают в следующем порядке:

а) карьерный материал в объеме Q_1 полностью освобождается (прогрохоткой) от фракций А;

б) прогрохоченный карьерный материал в объеме $Q_1'(1-0{,}01x)$ и естественный карьерный материал в объеме Q вывозится на дорожное полотно и тщательно перемешивается.

Подлежащий прогрохотке объем карьерного материала определяется по формуле:

$$Q_1 = Q\,\frac{\Delta x}{x\,(1-0{,}01\,x)},$$

а объем естественного карьерного материала Q_2 по формуле:

$$Q_2 = Q_1 - Q(1-0{,}01x),$$

где Q—требуемый объем гравийного материала оптимального состава;

x—процентное содержание в карьерном материале фракций А;

Δx—удаляемая часть фракций А в процентах.

Входящая в формулу величина Δx устанавливается подбором и проверяется перерасчетом процентного содержания каждой группы фракций в созданной смеси.

Новое процентное содержание каждой группы фракций определяется по формуле:

$$n_1 = \frac{Q_1 + Q_2}{Q} \cdot n,$$

где n—содержание этой группы фракций в естественном гравийном материале.

Для группы фракций, удаляемых при прогрохотке, новое процентное содержание x_1 определяется по формуле:

$$x_1 = \frac{Q_2}{Q_1} x.$$

Если полученное процентное содержание каждой группы фракций не отвечает требованиям, предъявляемым к гравийной оптимальной смеси, принимают новое значение Δx и производят новый расчет.

Во всех приведенных схемах полученная расчетом смесь должна быть проверена на число пластичности.

Конструкция покрытия. Гравийные покрытия устраиваются, как правило, серповидного профиля. При устройстве покрытия на земляном полотне из хорошо дренирующих грунтов при толщине покрытия более 15 *см* и ширине обочин не менее 1 *м* применяется полукорытный профиль (раздел IV).

В зависимости от общей толщины, определяемой расчетом, гравийные покрытия строятся в один, два или три слоя.

При толщине гравийного покрытия в плотном теле более 20 *см* покрытие устраивается в 2 слоя, а при общей расчетной толщине более 40 *см*—в три слоя.

При большой дальности возки гравийного материала, в целях уменьшения его объема, покрытие можно укладывать на основание из местных грунтов, укрепленных органическими

(битумами, дегтями, смолами) или неорганическими (цементом, известью) вяжущими материалами, а также минеральными добавками. Проектирование оснований из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, осуществляется по указаниям, приведенным в главе 4.

Для обеспыливания гравийных покрытий дорожное полотно можно обрабатывать поваренной солью и хлористым кальцием.

Необходимые анализы. При проектировании гравийных покрытий необходимо иметь по каждому используемому карьеру:

а) гранулометрический и петрографический состав гравийного материала;

б) количество пустот, форму и степень окатанности гравийных зерен, объемный вес материала;

в) прочность на истирание в полочном барабане;

г) морозостойкость гравийного материала.

Грунтогравийные покрытия. Грунтогравийные покрытия строятся по типу гравийных покрытий.

Грунтогравийный материал должен отвечать следующим требованиям:

а) содержание частиц размером от 5 до 40 *мм* — 25 — 40%;

б) содержание глинистых частиц (мельче 0,005 *мм*): не более 10% —для II климатической зоны и не более 15% для III — IV климатических зон;

в) число пластичности для части смеси, прошедшей сито с отверстиями 0,5 *мм*, — от 3 до 6.

Глава 3. Проектирование грунтощебеночных покрытий

Требования к материалам. Применение грунтощебня дает возможность широко использовать слабые каменные материалы.

Грунтощебеночное покрытие может проектироваться по типу гравийных или грунтогравийных дорог.

В первом случае грунтощебеночная смесь должна отвечать требованиям, предъявляемым к гравийным смесям, во втором случае — требованиям, предъявляемым к грунтогравийному материалу.

Грунтощебеночное покрытие может устраиваться по одной из следующих схем:

Схема 1 — при грунте земляного полотна, пригодном для создания грунтощебня требуемого состава. Земляное полотно разрыхляется на глубину, определямую по формуле:

$$h_1 = h_р \cdot (1 - 0{,}01 \cdot n),$$

где $h_р$ — толщина покрытия по расчету;

n — принятое проектом процентное содержание щебня в грунтощебеночной смеси.

Разрыхленный грунт собирается в призму.

На призму грунта вывозится щебень требуемого гранулометрического состава в объеме:

$$Q_1 = 0{,}01\ Q \cdot n,$$

где Q — общий объем грунтощебеночной смеси.

Перемешивание щебня с грунтом производится смесителями или другими дорожными машинами.

Схема 2 — при грунте земляного полотна, непригодном для создания грунтощебеночной смеси, или при укладке покрытия на подстилающий слой.

На дорожное полотно последовательно вывозятся с укладкой в призму, щебень в объеме $Q_1 = 0{,}01Q \cdot n$ и грунт в объеме Q_2 $(1 - 0{,}01\,n)\,Q$ и перемешиваются смесителем.

Грунты для грунтощебня применяются любых разновидностей, кроме песков и легких супесей.

Грунт, входящий в грунтощебень, обладает наилучшими вяжущими свойствами, когда его относительная влажность не ниже 0,4—0,5. Для поддержания этой влажности и сохранения упругопластических свойств грунтощебня рекомендуется применять добавку хлористого кальция в количестве 1—1,5% от веса грунта.

Щебень для грунтощебеночных покрытий применяется с временным сопротивлением сжатию не ниже 300 *кг/см²*.

Щебень для верхнего слоя покрытия должен иметь размеры 25-55 *мм*, для нижнего слоя—25-75 *мм*.

Форма щебня должна приближаться к кубической. Примесь лещадок (щебенок с соотношением сторон 1 :3 и более) не должна превышать 20%.

Доменные шлаки для грунтощебеночных покрытий могут применяться как кислые, так и основные.

По крупности и гранулометрическому составу шлаковый щебень должен удовлетворять тем же требованиям, что и щебень из естественного камня.

Конструкция дорожной одежды. Покрытие из грунтощебня устраивается, как правило, серповидного профиля.

Покрытие выполняется в один или два слоя в зависимости от принятой по расчету общей толщины покрытия и применяемых механизмов для перемешивания грунта со щебнем.

Значительное усиление грунтощебня достигается путем обработки в нем грунта битумом или дегтем. Для суглинистых и тяжелосуглинистых грунтов достаточно ввести в грунт 5—7% вяжущего.

Битум и деготь придают грунтощебню водоустоичивость и в дождливый период обеспечивают проектный модуль деформации как верхнего, так и нижнего слоя покрытия.

Обработка грунтощебня цементом или известью также повышает водоустойчивость, стабилизирует модуль деформации и, кроме того, придает покрытию повышенную жесткость, что позволяет устраивать на нем (как на основании) усовершенствованные покрытия.

При значительной дальности возки каменного материала или готового щебня может оказаться экономически оправданным уменьшение толщины грунтощебеночного покрытия за счет создания основания из местного грунта, укрепленного известью или улучшенного минеральными добавками.

Необходимые анализы. Для проектирования грунтощебеночной одежды необходимо иметь:

а) гранулометрический состав грунтов земляного полотна;

б) число пластичности грунта (частиц мельче 0,5 *мм*);

в) данные лабораторных испытаний каменных материалов (прочность на сжатие, истирание, морозостойкость и т. д.), на основании которых определяется марка каменной породы;

г) гранулометрический состав щебня (если таковой получается для проектируемой дороги в готовом виде) и число пластичности фракции мельче 0,5 *мм*.

Глава 4. Проектирование покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими

Общие положения

Конструктивные слои дорожных одежд из грунтов, укрепленных различными вяжущими материалами при строительстве лесовозных автомобильных дорог, допускается применять:

а) для устройства оснований и подстилающих слоев одежд с усовершенствованными покрытиями;

б) для устройства подстилающих слоев, оснований и покрытий одежд облегченного и переходного типов.

Пригодность грунтов для укрепления вяжущими материалами устанавливают, руководствуясь классификацией грунтов для проектирования и сооружения земляного полотна (СНиП П-Д. 5-62 таб. 13). При этом дополнительно учитывают следующие требования: несцементированные обломочные грунты, укрепляемые вяжущими (как в естественном виде, так и в смеси подобранного состава), не должны содержать частиц размером от 2 до 50 *мм* более 50% по весу. В смесях, укладываемых в покрытие, или при устройстве основания в один слой, содержание частиц крупнее 50 *мм* (но не более 70 *мм*)

допускается не свыше 10%. В случае укрепления крупнообломочных грунтов или смесей, содержащих частицы размером до 25 *мм*, общее количество фракции от 2 до 25 *мм* допускается не более 70% по весу грунта.

Искусственные грунтощебеночные и грунтогравийные смеси рекомендуется подбирать по принципу плотных смесей с коэффициентом сбега 0,90—0,8 (рис. 7), при этом число пластичности для частиц мельче 0,5 *мм* должно быть не более 12.

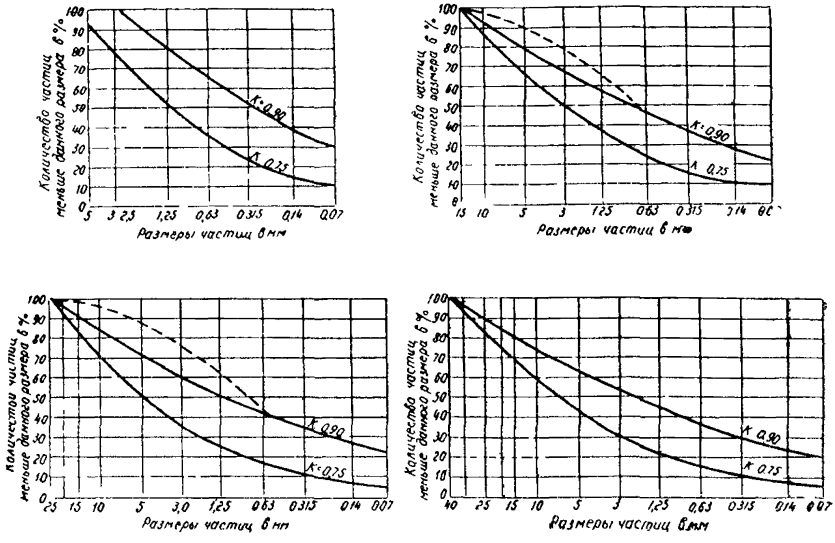


Рис. 7. Кривые зернового (гранулометрического) состава грунтовых, грунтово-гравийных и грунтово-щебеночных смесей, укрепляемых вяжущими материалами

При подборе смесей предпочтение отдается составам с максимальным размером частиц до 25 *мм*. Прочность частиц размером от 2 до 25 *мм* естественных крупнообломочных грунтов (или гравийно-щебеночных смесей) не нормируется. При содержании в смеси частиц крупнее 25 *мм* их прочность должна быть не ниже 4 класса.

Глинистые грунты (суглинки, глины) допускается подвергать укреплению различными вяжущими материалами, при этом число пластичности должно быть не более 27.

Наиболее пригодными для укрепления являются крупнообломочные щебенистые и гравелистые грунты, супеси легкие и крупные, легкие суглинки, близкие к оптимальному составу. с числом пластичности от 3 до 12.

Пригодность разновидностей грунтов, отвечающих требованиям, для устройства оснований или покрытий, устанавлива-

ют путем лабораторного подбора составов смесей грунта с вяжущими материалами и другими добавками так, чтобы показатели физико-механических свойств подобранных смесей соответствовали данным, приведенным ниже (табл. 15, 17 и 18).

Связные грунты до введения в грунт вяжущих материалов должны быть размельчены до такой степени, чтобы количество глинисто-пылеватых комков крупнее 5 *мм* не превышало 25% общего веса грунта, в том числе комков крупнее 10 мм — не более 10%. Наилучшее размельчение связных грунтов достигается при относительной влажности, близкой к значению 0,3 — 0,4 F (где F — влажность границы текучести грунта).

Укрепленные грунты при строительстве автомобильных дорог применяют в III-V дорожно-климатических зонах без ограничений. Во II дорожно-климатической зоне можно укреплять крупнообломочные грунты, пески, супеси и легкие суглинки. Тяжелосуглинистые грунты допускается укреплять лишь при внесении активных добавок или добавок синтетических полимеров.

Основания и покрытия из укрепленных грунтов следует устраивать преимущественно при I-м типе местности, установленном табл. 18 „Технических указаний по проектированию лесозаготовительных предприятий".

При 2-м и 3-м типе местности конструктивные слои из укрепленного грунта устраивают только в насыпи, высоту которой назначают на 10—20% выше возвышений, указанных в табл. 19 и 20 „Технических указаний по проектированию лесозаготовительных предприятий."

Устройство оснований и покрытий из укрепленных грунтов в выемках с переувлажненными грунтами во II—III дорожно-климатических зонах не допускается.

Укрепление грунтов производят с учетом местных грунтовых и климатических условий и имеющегося оборудования методом смешения на дороге:

а) с помощью дорожных фрез и автогрейдеров, осуществляющих многократные проходы;

б) с помощью грунтосмесительных однопроходных машин. Укрепленный грунт может приготовляться и непосредственно в карьере, в стационарных или передвижных смесительных установках, с последующей вывозкой и укладкой на дороге.

При проектировании должны быть подробно изучены свойства и условия естественного залегания грунтов с выявлением районов распространения разновидностей грунтов, наиболее пригодных для укрепления.

Одновременно устанавливают грунты по типам почвообразования, уточняют границы распространения непригодных для укрепления грунтов (тяжелых глин, засоленных, заболоченных грунтов, а также сильно гумусированных почв).

В период изысканий отбирают средние пробы грунтов для лабораторных исследований состава и физико-механических свойств, а также пробы грунтов для подбора составов смесей с добавкой вяжущих веществ и других реагентов.

Вес средней пробы должен составлять 50—60 *кг* для мелкозернистого грунта и 80—100 *кг* для крупнообломочных (щебенистых и гравелистых) грунтов.

При проектировании конструктивных элементов дорожных одежд для предварительных оценок и выбора вариантов можно руководствоваться табл. 14.

Покрытия из грунтов, укрепленных вяжущими, при ширине обочин менее 1 *м*, а также при толщине слоя до 15 *см*, устраивают серповидного профиля, при большей ширине обочин (и большей толщине)—полукорытного и корытного профиля.

При устройстве оснований и покрытий из укрепленных грунтов в два слоя—для нижнего слоя рекомендуется производить работы методом смешения на дороге.

Смеси для верхнего слоя целесообразнее приготовить в установке на стороне (при наличии таковой) и доставлять ее автосамосвалами к месту укладки.

При необходимости устройства морозозащитного слоя с использованием дренирующих материалов более целесообразно приготовлять грунтовую смесь на стороне или на заводе. Обработку слоя грунта вяжущими можно также производить смешением на дороге при условии обеспечения оптимальной влажности в морозозащитном слое.

Рекомендуемые конструкции дорожных одежд из укрепленных грунтов в зависимости от типов покрытий и дорожно-климатических зон представлены в табл. 14.

Проектирование оснований и покрытий из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими материалами (цементом, известью)

Укрепление грунтов цементами

Конструктивные требования. Грунты, укрепленные цементом, рекомендуется применять в конструктивных слоях дорожных одежд, руководствуясь данными табл. 14.

Применение грунтоцемента в покрытиях допускается с обязательным устройством защитного слоя износа в виде двойной поверхностной обработки с обеспечением шероховатой поверхности.

Усовершенствованные облегченные покрытия с применением щебеночных и гравийных материалов, обработанных жидкими битумами или дегтями, допускается укладывать на цементогрунтовое основание в один слой.

Таблица 14

Конструкции дорожных одежд с использованием укрепленных грунтов

Тип покрытия	Конструктивный слой укрепленного грунта	Дорожно-климатические зоны		
		II	III	IV-V
		Рекомендуемые (или допускаемые) типы укрепляемых грунтов и вяжущих		
Цементно-бетонные (монолитные и сборные).	Верхний слой основания	Крупнообломочные и песчаные грунты, супеси легкие крупные; супеси и суглинки легкие, укрепленные цементом, фурфуроланилиновыми или карбамидными смолами, битумными эмульсиями, а также гяжелые суглинки, укрепленные цементом с добавкой извести или других веществ	Все виды грунтов, допускаемые к обработке цементом, известью, фурфуроланилиновыми или карбамидными смолами, а так же битумной эмульсией или жидкими битумами, с добавкой извести или цемента или поверхностно-активных добавок	
	Нижний слой основания	То же, с уменьшенными добавками вяжущих веществ (на 20—30% по отношению к верхнему слою)	То же, с уменьшенными добавками вяжущих веществ (на 20—30% по отношению к верхнему слою)	
Асфальто-бетонные, укладываемые в горячем и теплом состоянии, из прочных щебеночных материалов подобранного состава, обработанные в смесителе вязкими битумами или дегтями, укладываемые в два слоя	Верхний слой основания	Крупнообломочные и песчаные грунты; супеси легкие крупные, укрепленные цементом с добавкой или без добавки извести или других веществ или фурфурол-анилиновыми или карбамидными смолами улучшенного типа	Крупнообломочные или песчаные грунты; супеси легкие и пылеватые; легкие суглинки, укрепленные цементом с добавкой и без добавки извести или других веществ или фурфурол-анилиновыми карбамидными смолами улучшенного типа	

Продолжение табл 14

Тип покрытия	Конструктивный слой из укрепленного грунта	Дорожно-климатические зоны		
		II	III	IV-V
		Рекомендуемые (или допускаемые) типы укрепляемых грунтов и вяжущих		
	Нижний слой основания	Все виды грунтов, допускаемые к обработке цементом с добавками или без добавок извести или других веществ; крупнообломочные и песчаные грунты; супеси и легкие суглинки, укрепленные битумной эмульсией с добавкой извести или цемента; грунты, укрепленные фурфуроланилиновыми или карбамидными смолами	Все виды грунтов, допускаемые к обработке цементом, известью, жидким битумом, дегтем с добавками или без добавок активных или поверхностно-активных веществ	
Облегченные покрытия из щебеночных и гравийных материалов, обработанных органическими вяжущими в один или два слоя, а также из холодного асфальтобетона или песчаных, супесчаных и легких суглинистых грунтов, укрепленных битумной эмульсией с добавкой цемента или извести	Верхний слой основания	Крупнообломочные и песчаные грунты; супеси легкие крупные; супеси легкие; суглинки легкие, укрепленные цементом с добавками или без добавок извести или других веществ; те же грунты, укрепленные битумной эмульсией с добавкой извести или цемента или поверхностно-активными веществами; грунты, укрепленные фурфурол-анилиновыми и карбамидными смолами улучшенного типа	Крупнообломочные и песчаные грунты; супеси и суглинки, укрепленные цементом с добавками или без добавок извести или других веществ; грунты, укрепленные битумной эмульсией с добавками цемента или извести или извести с добавками жидкого стекла и других веществ; грунты, укрепленные фурфурол-анилиновыми смолами улучшенного типа	
	Нижний слой основания	Все виды грунтов допускаемые к обработке цементом или известью с добавками или без добавок активных веществ или поверхностно-активных веществ	Все виды грунтов, допускаемые к обработке цементом, известью или жидким битумом с добавкой извести или без нее	

Продолжение табл. 14

Тип покрытия	Конструктивный слой из укрепленного грунта	Дорожно-климатические зоны		
		II	III	IV—V
		Рекомендуемые (или допускаемые) типы укрепляемых грунтов и вяжущих		
Переходные покрытия из грунтов и местных слабых минеральных материалов, обработанных жидкими органическими вяжущими или битумной эмульсией с добавками или без добавок извести или цемента	Верхний слой основания или покрытие со слоем износа	Все виды грунтов, допускаемые к обработке цементом с добавками или без добавок извести или других веществ; грунты, укрепленные фурфурол-анилиновыми карбамидными смолами улучшенного типа или битумной эмульсией	Все виды грунтов, допускаемые к обработке цементом или известью с добавкой или без добавок других веществ, грунты, укрепленные фурфурол-анилиновыми или карбамидными смолами или битумной эмульсией либо жидким битумом	

Примечание: *Укрепление грунтов битумной эмульсией или жидкими* битумами для устройства верхних или нижних слоев оснований допускается при стадийном строительстве с обеспечением временного движения автомобильного транспорта *по слою укрепленного грунта.*

При устройстве цементобетонного (монолитного или сборного) покрытия на цементогрунтовом основании должно предусматриваться для выравнивания устройство прослойки из черного или крупнозернистого песка толщиной 3—5 *см.*

Оптимальные дозировки цемента и добавок, обеспечивающие требуемую прочность и водоустойчивость конструктивных слоев дорожных одежд, устанавливаются лабораторным путем, по результатам испытания образцов с различными составами смесей.

Прочность цементогрунтовых образцов, приготовленных в лаборатории, после твердения во влажных условиях, а также другие показатели физико-механических свойств должны удовлетворять требованиям, приведенным в табл. 15.

При укреплении грунтов цементом с различными добавками (известью, силикатом натрия, хлорным железом, хлористым грунта гранулометрическими добавками технические требова-кальцием и др.) или же с соответствующими для данного вида ния к показателям физико-механических свойств укрепленных грунтов полностью сохраняются и ими руководствуются в зависимости от категории лесовозной дороги и принятого расчетного модуля деформации.

Таблица 15

Требования к образцам из грунтоцемента

Наименование испытаний	Единица измерения	Значение показателей		
		для магистралей I и II категории	для магистралей III категории	для веток и усов
Модуль деформации водонасыщенных образцов	кг/см²	Не менее 1500	Не менее 1000	Не менее 500
Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов:				
в возрасте 28 сут.	"	Не менее 40	Не менее 20	Не менее 10
в возрасте 7 сут.	"	Не менее 20	Не менее 12	Не менее 6
Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов после испытания на замораживание-оттаивание (для образцов в возрасте 28 сут.)	"	Не менее 30	Не менее 15	Не менее 3
Водонасыщение после испытания на замораживание-оттаивание в % по весу (сверх оптимальной влажности)	%	Не более 2	Не более 4	Не испытывается
Коэффициент уплотнения, определяемый по отношению к оптимальной плотности		Не менее 0,98	Не менее 0,98	Не менее 0,95
Влажность смеси при перемешивании и уплотнении		Не должна отличаться от оптимальной влажности больше чем на ± 2%		

При этом учитывают, что при рациональном выборе добавок оптимальная дозировка цемента в некоторых случаях может быть снижена на 25 — 40% от дозировки, применяемой без внесения перечисленных выше активных веществ.

Цементогрунтовые основания и покрытия устраивают в один или два слоя в зависимости от расчетной толщины, учитывая, что толщина каждого слоя должна быть не менее 10 *см* и не более 20 *см* в плотном теле.

Требования к материалам. *Грунты.* Помимо общих требований, изложенных в начале главы, грунты, укрепляемые цементом, должны отвечать следующим дополнительным требованиям:

а) иметь влажность на границе текучести не более 45%

б) глины с числом пластичности от 17 до 27 допускается укреплять цементом только в случае применения комплексных методов с введением химических добавок (извести, поверхностно-активных веществ и т. д.)

Карбонатные разновидности глин с числом пластичности до 22 можно укреплять цементом после введения добавок песка, гравия или отходов камнедробления.

Чистые пески или мелкозернистые гравийные или щебенистые смеси, не содержащие глинисто-пылеватых фракций, допускается укреплять цементом после предварительного введения в них добавок суглинистых грунтов, отходов камнедробления или же добавок золы-уноса (отходов тепловых электростанций, работающих на буром угле или торфе).

Добавка в несвязные грунты (пески, гравий) тонких фракций, играющих роль мелкого заполнителя, существенно снижает добавку цемента.

Укреплять цементом мелкие одномерные пески (дюнные, барханные и др.) без введения гранулометрических добавок допускается в тех случаях, когда земляное полотно также возводится из песчаных грунтов.

В этом случае дозировка цемента потребуется несколько большая, чем для укрепления грунта оптимального состава.

Наибольшая прочность и погодоустойчивость при наименьшем расходе цемента достигается при обработке грунта оптимального гранулометрического состава.

Искусственное улучшение грунта до оптимального состава добавлением гравийных и песчаных или пылевато-глинистых фракций должно быть обосновано технико-экономическим расчетом.

При обработке грунтов цементом предпочтение отдается карбонатным грунтам, которые приобретают после укрепления более высокую прочность по сравнению с некарбонатными разновидностями.

Гумусовые горизонты дерново-подзолистых и полуболотных почв укреплять цементом не разрешается. При проведении земляных работ гумусовые горизонты почв указанных типов следует удалять или отсыпать в нижние слои насыпей.

Нижние безгумусовые горизонты дерново-подзолистых и полуболотных почв, имеющих кислую реакцию (pH ниже 5,5), допускается укреплять цементом после предварительной нейтрализации их добавкой извести, каустической соды или других щелочных соединений.

Не разрешается укреплять цементом гумусовые горизонты черноземов, содержащих более 6% по весу гумусовых веществ.

При укреплении цементом бескарбонатных суглинков, глин и гумусированных грунтов с емкостью поглощения более 25 *мг-экв* на 100 *г* грунта обязательно вводится добавка извести с целью повышения прочности и долговечности цементогрунта.

Цементы. Портландцементы, шлакопортландцементы и другие их разновидности, применяемые для укрепления грунтов, должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10178-62.

При использовании цементогрунта в основании или покрытии во II-III дорожно-климатических зонах следует применять

нормальные или алитовые портландцементы марок 400—500 и выше со сроком схватывания не менее двух часов. При использовании цементогрунта в нижних слоях оснований, а также в IV и V дорожно-климатических зонах допускается применять портландцементы марки 300 и выше.

В целях повышения механической прочности цементогрунта и уменьшения расхода цемента желательно применять тонкомолотые портландцементы с большой удельной поверхностью, в том числе пластифицированные и гидрофобные цементы.

Потери при прокаливании цементов, применяемых при укреплении грунтов, не должны превышать 2%. Содержание свободной извести в цементе, применяемом для укрепления грунтов, является желательным и не нормируется.

Активные (химические) добавки применяют:

— при укреплении грунтов, малопригодных или непригодных для укрепления одним цементом;

— при укреплении переувлажненных грунтов;

— при пониженных или отрицательных температурах воздуха (от +5 до —5°С). Для указанных целей рекомендуются следующие добавки: известь гашеная или молотая негашеная, хлористый кальций, силикат натрия (стекло жидкое), гипс, каустическая сода, а также поверхностно-активные вещества.

Известь гашеную $Ca(OH)_2$ или молотую негашеную CaO используют:

— при обработке грунтов, не рекомендуемых к обработке одним цементом (кислые глины и тяжелые суглинки, а также супеси и пески, имеющие *Рн* менее 6);

— при укреплении солонцов, солончаков и солонцеватых грунтов;

— для обеспечения нормальных условий твердения цемента и повышения прочности и долговечности цементогрунта;

— при укреплении переувлажнённых грунтов с влажностью на 4—6% больше оптимальной; в этом случае вводят негашеную молотую известь, химически связывающую воду.

Применяемая известь должна отвечать требованиям ГОСТ 9179-59 „Известь строительная".

Хлористый кальций рекомендуется применять:

— для проведения работ по укреплению грунтов при пониженной или отрицательной температуре в целях обеспечения возможности размельчения и перемешивания грунта и предотвращения смерзания цементогрунта после уплотнения;

— при устройстве цементогрунтового основания или покрытия в засушливых условиях;

— для обеспечения ухода за цементогрунтом, поскольку хлористый кальций обеспечивает сохранение оптимальной влажности в слое укрепленного грунта;

— при укреплении солонцеватых глин или тяжёлых суглинков в целях микроагрегирования и уменьшения их гидрофильности, а также улучшения условий твердения цементогрунта;

— при укреплении кислых или гумусированных песчаных грунтов.

Кристаллический хлористый кальций должен отвечать требованиям ГОСТ 4141-48, а технический хлористый кальций — ГОСТ 450-58.

Силикат натрия (жидкое стекло) применяют для повышения прочности цементогрунта, ускорения твердения и снижения расхода цемента при укреплении супесчаных и суглинистых грунтов, преимущественно карбонатных разновидностей.

Силикат натрия используется в виде водного раствора, имеющего удельный вес 1,4 — 1,45 $г/см^3$. (ГОСТ 962-41. „Стекло жидкое").

Гипс строительный применяют при укреплении переувлажненных грунтов (с влажностью на 4—6% больше оптимальной), солонцов и сильно солонцеватых тяжелых суглинков и глин, поскольку гипс при этом улучшает физико-химические свойства названных грунтов и способствует созданию благоприятных условий для твердения цементогрунта.

Гипс должен удовлетворять требованиям ГОСТ 125-57 „Гипс строительный".

Водорастворимые соли - сернокислый магний ($Mg\ SO_4$), сернокислый или углекислый натрий (Na_2SO_4, Na_2CO_3) применяют для ускорения процессов твердения, повышения прочности цементогрунта и снижения расхода цемента.

Названные соли должны отвечать требованиям соответствующих ГОСТов: — ГОСТ 4523-48 „Магний сернокислый";
— ГОСТ 4166-48 „Натрий сернокислый безводный",
— ГОСТ 83-63 „Натрий углекислый безводный, каустическая сода"
— ГОСТ 2263-59 „Натр едкий технический".

Для уменьшения гидрофильности и глинистости жирных грунтов (глин, суглинков) и при укреплении гумусированных грунтов, в целях улучшения их свойств и создания благоприятных условий для твердения цемента, применяют хлорное или сернокислое железо. Хлорное железо в кристаллическом виде должно отвечать требованиям ГОСТ 4147-48, а сернокислое железо — ГОСТ 8148-48 и ГОСТ 9485-60.

В качестве пластифицирующей добавки, способствующей повышению плотности цементогрунта, при уплотнении используют сульфитно-спиртовую барду, отвечающую требованиям ГОСТ 8518-57 „Концентраты сульфитно-спиртовой барды".

Вода. Для приготовления цементогрунта и ухода за ним применяется вода, химически пригодная для питья.

Промышленные, сточные и болотные воды для приготовления и поливки цементогрунта применять не допускается.

Минерализованные природные воды из соленых озер, заливов и водоемов можно применять для приготовления и поливки цементогрунта, если показатели химического состава воды следующие:

общее содержание солей в *мг/л* — не более 30 000,

содержание ионов SO_4 в *мг/л* — не более 5000;

водородный показатель pH — не менее 4.

Проектирование составов смесей из грунтов укрепленных цементом (известью). При проектировании составов смесей в лаборатории, помимо назначения оптимальной дозировки цемента, устанавливают необходимость и целесообразность введения добавок различных химических веществ, а также гранулометрических добавок.

Обязательными лабораторными испытаниями при подборе состава смесей являются:

а) определение физических и механических свойств цемента, а также тонкости его помола по ГОСТ 310-60;

б) определение физических свойств грунта.

Для глинистых грунтов определяют число пластичности и содержание песчаных частиц и по этим показателям классифицируют грунты по приложению 15 „Технических указаний";

Для несцементированных обломочных грунтов определяют зерновой (гранулометрический) состав ситовым методом и классифицируют эти грунты по разделу Б приложения 15 „Технических указаний";

в) определение химических свойств грунта—содержание гумуса, карбонатов, гипса, легкорастворимых солей, pH;

г) определение свойств цементогрунтовой смеси—оптимальной влажности и максимальной плотности методом стандартного уплотнения.

Обязательными лабораторными испытаниями цементогрунта (после 28 суточного твердения) являются: плотность при сжатии водонасыщенных образцов, модуль деформации водонасыщенных образцов и морозостойкость (характеризуемая по изменению объема образца и абсолютным значениям величины прочности при сжатии после прохождения заданного числа циклов замораживания—оттаивания).

При лабораторном подборе составов цементогрунтовых смесей необходимо учитывать, что эти составы должны обеспечить получение принятого расчетного модуля деформации цементогрунта.

Расчетная величина модуля деформации назначается проектной организацией с учетом категории лесовозной автодороги и работы конструктивного слоя из цементогрунта в конкретных природных условиях.

Значение модуля деформации цементогрунта, получаемое при испытании образцов, приготовленных в лаборатории, должно не менее чем в 1,5 раза превышать величину модуля деформации, принятую в проекте.

Подбор составов смесей и испытание образцов цементогрунта производят по методу, изложенному в приложении СН 25—64.

Для предварительных подсчетов потребного количества цемента для укрепления грунтов при составлении проектного задания допускается принимать ориентировочные нормы расхода, указанные в табл. 16.

Таблица 16

Расход вяжущих материалов (ориентировочный)

Наименование грунтов	Неорганические вяжущие материалы (цемент, известь)	
	для покрытий	для оснований
Крупнообломочные несцементированные грунты (гравийные, дресвяные), а также грунтогравийные и грунтощебеночные смеси, близкие к оптимальному составу	4—6 / 80—120	3—5 / 60—100
Пески разнообразного состава, в том числе мелкие и пылеватые пески, а также супеси с числом пластичности менее 3	5—8 / 100—160	4—7 / 80—140
Супеси с числом пластичности 3—7 и легкие суглинки (пылеватые и непылеватые)	8—10 / 160—200	6—8 / 125—175
Суглинки тяжелые и суглинки тяжелые пылеватые	11—14 / 220—260	8—11 / 160—220
Глины песчанистые, глины пылеватые	13—15 / 225—275	10—12 / 220—240

Примечание. Расход вяжущих указан в числителе в % от веса смеси, в знаменателе — в *кг/м*³.

Укрепление грунтов известью

Грунты, укрепленные известью или известью с различными добавками, характеризуются относительно меньшей морозоустойчивостью, чем цементогрунты. В связи с этим при назначении конструкций дорожных одежд из грунтов, укрепленных известью, во II дорожно-климатической зоне изложенные ниже рекомендации применимы только для опытного строительства на отдельных участках дорог.

Известкованные грунты, в основном, рекомендуются к использованию в IV—V зонах или в III зоне в нижних слоях оснований.

Требования к прочности известкованного грунта устанавливают, как и для цементогрунта, в соответствии с показателями табл. 15. Модули деформации известкованного грунта принимают не выше 1200 *кг/см*^{2}.

Требования к материалам

Грунты. Для укрепления грунтов известью пригодными являются: тяжелые пылеватые супеси, суглинки и глины различных генетических типов, а также оптимальные гравийно-песчаные и щебенисто-песчаные смеси с максимально допустимым содержанием мелкозема. Грунты, подвергаемые укреплению известью, в естественном виде, помимо требований, изложенных в общих положениях гл. 4, должны иметь влажность границы текучести не более 55% и число пластичности не менее 4.

Глины с числом пластичности от 17 до 27 разрешается укреплять как добавкой одной извести, так и комплексными методами с применением различных добавок, повышающих прочность и водоустойчивость известкованного грунта (жидкого стекла, каустической соды, сернокислого натрия и др. солей). Песчаные грунты, а также супесчаные с числом пластичности менее 4 допускается укреплять известью после введения в них добавок суглинка из золы-уноса.

Торфянистые грунты и органические илы укреплять известью не допускается.

Известь. Известь строительная, используемая для укрепления грунтов, должна быть I или II сорта и соответствовать требованиям ГОСТ 9179—59.

Известь применяют как воздушную, так и гидравлическую. Воздушную известь применяют в порошкообразном виде как гашеную (гидратная известь), так и негашеную (молотая негашеная известь). Тонкость помола молотой негашеной извести должна удовлетворять условию, чтобы 80% веса пробы проходило через сито 0,1 *мм*, а остаток на сите полностью проходил через сито 2 *мм*.

Известь молотую негашеную применяют в качестве:

а) самостоятельного вяжущего материала для укрепления грунтов;

б) активной насыщающей добавки при укреплении кислых грунтов цементом, при укреплении суглинистых, солонцеватых и засоленных грунтов цементом, битумом или дегтем;

в) добавки для подсушивания переувлажненных грунтов земляного полотна.

Известь гашеную (гидратную) используют в качестве самостоятельного вяжущего или активной добавки, при укреплении грунтов цементом или битумом.

Для хранения молотой негашеной извести необходимо иметь сухие помещения, предохраняющие ее от увлажнения. Срок хранения молотой негашеной извести в бумажной таре

допускается не более 20 сут. Срок хранения гашеной извести (пушонки) — не более 30 сут.

Активные добавки. В целях ускорения процессов твердения и повышения прочности и водоустойчивости известкованного грунта рекомендуется применять следующие добавки: силикат натрия (жидкое стекло), хлористый кальций, хлорное и сернокислое железо, сернокислый магнии, сернокислый натрий и каустическую соду.

Эти добавки должны отвечать требованиям соответствующих ГОСТ, перечисленных выше (см. укрепление грунтов цементом). В качестве активной добавки к известково-грунтовым смесям, в особенности к песчаным, легким супесчаным и гравийно-песчаным, могут быть использованы добавки золыуноса. Эти золы должны содержать частиц меньше 0,05 *мм* 70% и более.

При проектировании известково-грунтовых оснований или покрытий с защитным слоем износа руководствуются теми же принципами, что и при проектировании цементогрунта. Лабораторный подбор составов известково-грунтовых смесей и испытание образцов производят в том же объеме, как и для цементогрунтовых смесей.

Дозировка извести на стадии проектного задания устанавливается по данным табл. 16.

Проектирование покрытий из грунтов, укрепленных органическими вяжущими

К органическим вяжущим, пригодным для укрепления грунтов, с целью использования их в покрытии автомобильных лесовозных дорог, относятся:

1. Нефтяные и сланцевые битумы.
2. Каменноугольные дегти.
3. Фурфурол-анилиновые смолы.
4. Древесные смолы.

Самыми распространенными, наиболее часто применяемыми и хорошо изученными органическими вяжущими являются нефтяные битумы. Битумы могут применяться как в натуральном виде, так и в виде водных эмульсий. Эмульсии имеют ряд ценных преимуществ перед жидкими битумами:

1) Возможность производства работ при минеральных материалах повышенной влажности и даже при небольших дождях, а также при температурах, близких к 0°С. Это значительно увеличивает строительный сезон, что особенно важно в условиях II климатической зоны.

2) Возможность использования для укрепления минеральных материалов вяжущего наиболее вязких марок, что повышает прочность покрытия и тем самым сокращает потребность в вяжущем.

3) Удобство транспортировки и применения (розлива, перемешивания).

Приготовляются эмульсии на передвижных или стационарных эмульсионных установках (заводах).

По быстроте распада они разделяются на быстро распадающиеся, средне распадающиеся и медленно распадающиеся.

При укреплении минеральных материалов смешением на дороге наиболее удобны медленно распадающиеся эмульсии.

Быстро распадающиеся эмульсии применимы для поверхностной обработки (а также для пропитки).

Возможные конструктивные решения дорожной одежды из материалов, укрепленных эмульсиями, аналогичны конструкциям дорожной одежды из материалов, обработанных жидким или вязким битумом.

Конструктивные требования. Грунты, укрепленные органическими вяжущими, рекомендуется применять в конструктивных слоях дорожных одежд, руководствуясь данными табл. 14.

При устройстве покрытий из грунтов, укрепленных битумной эмульсией или жидкими битумами и дегтями, во II-IV дорожно-климатических зонах в качестве защитного слоя износа обязательно производят двойную поверхностную обработку.

Пригодность укреплённого грунта для устройства покрытий и оснований устанавливают по показателям физико-механических свойств грунтов и соответствию их требованиям, приведенным в табл. 17 и 18.

В зависимости от расчетной толщины покрытия и основания устраиваются в один или два слоя. Минимальная толщина одного слоя — 6 *см*, максимальная — 20 *см*.

Каменные материалы (гравийные, щебеночные, грунтощебень), укрепленные битумом или эмульсией по способу смешения на дороге или в установке, могут найти применение на лесовозных дорогах при больших грузооборотах и недостатке в каменных материалах.

Профиль покрытия, как правило, должен быть корытный с укрепленными обочинами.

Обработанный вяжущими слой может укладываться на естественный грунт земляного полотна (при благоприятных грунтовых условиях), на основание из естественного каменного материала, на основание из грунтов, укрепленных вяжущими (органическими или неорганическими), или на подстилающий дренирующий слой.

Для предохранения от истирания несущего слоя по покрытию устраивается поверхностная обработка.

Грунты, укрепленные битумом или эмульсией, могут применяться на лесовозных дорогах для покрытий и для оснований под покрытия.

Таблица 17

Показатели физико-механических свойств грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами

Наименование показателей	Грунты, укрепленные					
	жидкими битумами или дегтями		жидкими битумами или дегтями с применением добавок активных веществ		битумными эмульсиями	
	нижние слои оснований	верхние слои оснований или покрытия	нижние слои оснований	верхние слои оснований или покрытия	нижние слои оснований	верхние слои оснований или покрытия
Предел прочности при сжатии сухих образцов при 20°С в кг/см²	Не определяется	Не менее 8	Не определяется	Не менее 12	Не определяется	Не менее 15
То же при 50°С в *кг/см²*	То же	Не менее 5	То же	Не менее 7	То же	Не менее 8
Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов при 20°С в *кг/см²*	»	Не менее 4	»	Не менее 6	»	Не менее 7
Капиллярное водонасыщение, % по объему	6	Не определяется	Не более 4	Не определяется	Не более 5	Не определяется
Набухание в % по объему	Не определяется	Не более 6	Не определяется	Не более 4	Не определяется	Не более 4
Коэффициент уплотнения	Не менее 0,95	Не менее 0,95	Не менее 0,95	Не менее 0,95	Не менее 0,95	Не менее 0,95

Примечания. 1. Показатели свойств даны для образцов 7-суточного возраста—при укреплении битумами и дегтями и при применении добавок активных поверхностно-активных веществ, для образцов 10 суточного возраста—*при* укреплении битумными эмульсиями.
2. Набухание в IV-V климатических зонах не определяют.
3. Прочность при сжатии водонасыщенных образцов в IV—V климатических зонах определяют при капиллярном водонасыщении образцов.
4. Коэффициент уплотнения определяют как отношение объемного веса вырубки с ненарушенной структурой к объемному весу образцов из этой же вырубки, переформованных при оптимальной влажности под нагрузкой 300 *кг/см²*, грунтогравийных и грунтощебеночных—под нагрузкой 400 *кг/см²*.

По покрытию из укрепленных грунтов обязательно также устройство поверхностной обработки.

Покрытия из грунтов, укрепленных вяжущими, при ширине обочин менее 1 *м*, а также при толщине слоя до 15 *см* устраиваются серповидного профиля; при большей ширине обочин (и большей толщине покрытия) — полукорытного профиля.

Таблица 18

Показатели физико-механических свойств грунтогравийных и грунтощебеночных смесей, укрепленных органическими вяжущими материалами

Наименование показателей	Грунтогравийные и грунтощебеночные смеси, укрепленные	
	жидким битумом или дегтем	жидким битумом или дегтем с добавками или битумными эмульсиями
Предел прочности при сжатии сухих образцов при 20°С в *кг/см²*	Не менее 8	Не менее 15
То же, при 50°С в *кг/см²*	Не менее 5	Не менее 9
Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов при 20°С в *кг/см²*	Не менее 5	Не менее 8
Набухание в % по объему	Не более 3	Не более 2
Коэффициент уплотнения	Не менее 0,95	Не менее 0,95

Примечание. Показатели свойств образцов даны для 7-суточного возраста при укреплении битумами или дегтями, а также добавками; для 10-суточного возраста—при укреплении битумными эмульсиями.

Требования к материалам. *Грунты.* Оценку пригодности грунтов для укрепления органическими вяжущими производят по табл. 19.

Наиболее пригодными для устройства покрытий и оснований являются супесчаные крупнообломочные грунты, близкие к оптимальному гранулометрическому составу. В условиях II климатической зоны указанные грунты рекомендуется укреплять органическими вяжущими обязательно с добавками активных и поверхностно-активных веществ.

Грунты песчаные и супесчаные, с числом пластичности менее 3, пригодны для устройства покрытий и оснований только после улучшения их гранулометрического состава.

1. В качестве добавок используют известь, золу-унос, хлористый кальций, хлорное железо, а также активные добавки.

2. При использовании битумных эмульсий в качестве добавок применяют известь или цемент.

3. Легкие суглинки при использовании битумных эмульсий пригодны с добавкой извести или цемента.

Пылеватые пески пригодны для устройства покрытий и оснований без улучшения их состава в том случае, если их укрепляют битумной эмульсией и добавкой извести.

Укрепление суглинков во II климатической зоне обязательно, а в III – IV зоне желательно с добавками активных и поверх-

Таблица 19

Оценка пригодности грунтов для укрепления их органическими вяжущими материалами и добавками в различных климатических условиях

Наименование грунтов	Число пластичности	Дорожно климатические зоны			
		II		III, IV, V	
		укрепление жидкими битумами класса А или Б и или дегтями с добавками	укрепление битумными эмульсиями с добавкой извести или цемента	укрепление жидкими битумами класса Б или дегтями	укрепление жидкими битумами класса А или эмульсиями
Крупнообломочные грунты, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси (близкие оптимальному составу)	—	Все пригодны			
Пылеватые пески и супеси	3	Не пригодны	Пригодны	Пригодны с добавками[1]	
Супеси, близкие оптимальному составу, легкие, крупные, пылеватые тяжелые супеси и легкие суглинки[1]	3—12	Пригодны		Пригодны	
Суглинки тяжелые и суглинки тяжелые пылеватые	12—17	„	Не пригодны	Пригодны	Пригодны за исключением эмульсий
Глины песчанистые и пылеватые	17—22	Не пригодны	То же	Пригодны с добавками[1]	Пригодны с добавками[1] за исключением эмульсии
Грунты *засоленные*, солончаковые и солончаки	3—17	—	—	То же	То же
Грунты засоленные солонцеватые, солонцы	3—12	—	—	„	„

[1] В качестве добавок используют известь, золу унос, хлористый кальций, хлорное железо, а также активные добавки

ностно-активных веществ. Укрепление битумными эмульсиями суглинков с числом пластичности более 12 не рекомендуется.

Глины с числом пластичности не более 22 допускается укреплять битумами и дегтями только с введением гранулометрических добавок и добавок активных и поверхностно-активных веществ. Для улучшения состава суглинков и глин следует применять в качестве скелетных добавок крупнозернистый песок, гравий, щебень, дресву, ракушку, опоку и каменную мелочь.

Также можно применять для улучшения состава связных грунтов молотый известняк, пресноводную известь, каменноугольную золу и др. Скелетные добавки вводят в грунты в количестве, при котором гранулометрический состав улучшенного грунта должен быть близок оптимальному, при этом количество добавок не должно превышать 50%.

Жидкие битумы, битумные эмульсии и дегти. Выбор типа вяжущего материала для укрепления грунтов должен производиться с учетом климатических условий и свойств конкретных местных грунтов в соответствии с табл. 19.

В условиях II и III дорожно-климатических зон надлежит применять преимущественно битумные эмульсии, а также жидкие битумы класса А, каменноугольные дегти и сланцевые битумы.

Для укрепления грунтов и грунтогравийных (грунтощебеночных) смесей применяются жидкие нефтяные битумы класса „А" и „Б", сланцевые битумы, отвечающие требованиям специальных технических условий, а также медленно распадающиеся эмульсии, приготовленные из битумов марок БН-II, БН-III, 50 — 60% концентрации с эмульгатором — сульфитно-спиртовой бардой (ССБ), и битумные пасты 30 — 40% концентрации с использованием в качестве эмульгатора извести или глины.

Жидкие нефтяные битумы могут применяться как заводского изготовления, так и составленные на месте производства работ путем разжижения вязких битумов марок I, II и III.

В качестве разжижителей могут использоваться легкие фракции нефти (для получения битума класса „А") и тяжелые разжижители (для класса „Б").

По условиям удобообрабатываемости грунтов при смешении грейдерами, фрезами и другими простейшими механизмами для обработки песчаных и супесчаных грунтов следует применять более вязкие битумы марок „А-4" или „Б-4", для обработки суглинистых грунтов — менее вязкие битумы марок „А-3", „Б-3".

При смешении грунтов передвижными смесителями для обработки песчаных и супесчаных грунтов следует применять вяжущие марок А-5, Б-5, а для обработки суглинистых грунтов — вяжущие марок А-4, Б-4.

При выборе марок битумов следует руководствоваться следующими данными:

1. Прочность и водоустойчивость покрытий и оснований, при прочих равных условиях, получается тем выше, чем больше вязкость битума.

2. Износ покрытий из минеральных материалов, обработанных сланцевыми битумами, происходит быстрей, чем покрытий, построенных с применением нефтяных битумов, поэтому для

слоя износа следует применять, когда это возможно, полутвердые и твердые нефтяные битумы.

3. Чем больше прочность минеральных материалов и чем меньше в них содержания частиц мельче 0,074 *мм*, тем при прочих равных условиях больше может быть вязкость применяемых битумов.

4. Жидкие сланцевые битумы обеспечивают более быстрое, по сравнению с нефтяными битумами, обволакивание холодных и слегка увлажненных минеральных материалов.

5. В районах с большим количеством осадков целесообразно применять жидкие битумы класса А или сланцевые, обеспечивающие большую монолитность покрытия при меньших сроках для его формирования.

6. Расход сланцевых битумов на 10—20% выше расхода нефтяных битумов.

Количество вяжущего материала, потребное для укрепления грунтов, зависит от их гранулометрического состава и применяемых добавок.

На стадии проектного задания можно пользоваться ориентировочными нормами, приведенными в табл. 20.

Таблица 20

Ориентировочный расход вяжущих

Наименование грунтов	Органические вяжущие материалы для покрытий и оснований			
	жидкий битум (безводный)	каменноугольный деготь (безводный)	битумная эмульсия (по содержанию битума)	битум или деготь при добавке извести
Крупнообломочные грунты, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси, близкие к оптимальному составу	3—5 / 60—100	3—5 / 60—100	3—5 / 60—100	2—4 / 40—80
Пылеватые пески и супеси с числом пластичности менее 3	—	—	4—5 / 80—100	—
Супеси с числом пластичности 3—7 и легкие суглинки с числом пластичности 7—12	5—8 / 100—160	6—9 / 120—180	4—6 / 80—120	3—5 / 60—100
Суглинки тяжелые и суглинки пылеватые с числом пластичности 12—17	8—11 / 160—220	8—13 / 160—260	—	5—7 / 100—140
Глины песчанистые и пылеватые с числом пластичности 17—22	11—13 / 220—260	13—16 / 260—320	—	6—8 / 120—160

Примечание: Расход вяжущих указан в числителе в % от веса смеси, в знаменателе — в *кг/м*³.

Активные добавки, поверхностно-активные вещества. Активные добавки и поверхностно-активные вещества применяют в соответствии с указаниями табл. 19, а также при укреплении переувлажненных грунтов.

Активными добавками являются вещества, которые уменьшают гидрофильность грунта и одновременно создают условия для лучшего взаимодействия грунта с органическими вяжущими материалами, обусловливающими повышение сцепления пленки битума с грунтом.

Активные добавки вводят непосредственно в грунт.

В качестве активных добавок к грунтам могут применяться: известь негашеная (молотая кипелка), известь гашеная (пушонка), хлорное железо, хлористый кальций, цемент (портландский и пуццолановый), молотый известняк, фильтрпрессная грязь, пресноводная известь, золы твердого топлива.

Из этих добавок наиболее активной является известь. Использование извести в качестве добавки при меньшем количестве битума (в среднем на 30—40%) повышает прочность грунта в водонасыщенном состоянии более чем в 2 раза.

Известь должна удовлетворять требованиям ГОСТ 10178-62 и содержать активных $CaO + MgO$ не ниже 50%.

Хлористый кальций должен удовлетворять требованиям ГОСТ 450-58.

Поскольку $CaCl_2$ вводится в грунт в виде водных растворов, то для приготовления раствора может быть использован $CaCl_2$ как в виде обезвоженного, так и в виде плавленого и жидкого (с концентрацией не менее 32%). Хлорное железо должно удовлетворять требованиям ГОСТ 2113-49. Цемент должен применяться марок 300—500 и удовлетворять требованиям ГОСТ 970-41.

Добавки порошкообразных известняковых материалов (молотого известняка, фильтпрессной грязи и др.) должны содержать в своем составе не менее 60% $CaCO_3$ и частиц размером $< 0{,}074$ *мм*, не менее 70%. Зола твердого топлива должна содержать частиц размером менее 0,074 *мм* не менее 70—80%.

В качестве поверхностно-активных веществ применяются, в зависимости от свойств грунта, древесные смолы (генераторные или сухоперегонные), торфяная генераторная смола, сланцевая низкотемпературная смола, синтетические жирные кислоты, железные соли органических кислот и др.

При использовании в качестве вяжущего сланцевого битума, каменноугольного дегтя или битумных эмульсий ограничиваются применением активных добавок.

При использовании в качестве вяжущего нефтяных битумов их применяют как с введением только активных добавок, так и в сочетании с поверхностно-активными веществами (двойными добавками). Двойные добавки особенно рекомендуется

применять при укреплении тяжелых суглинков, глин и засоленных грунтов.

Двойные добавки так же, как и добавки одной извести необходимо применять для укрепления грунтов с влажностью выше оптимальной.

Проектирование составов смесей из грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами

При выборе способа укрепления и проектировании состава необходимо определить: свойства местных грунтов, свойства вяжущих материалов, необходимость введения гранулометрических, активных и поверхностно-активных добавок и их количество, количество вяжущего материала и свойства укрепленного грунта и соответствие их требованиям, приведенным в табл. 17 и 18. Составы укрепленного грунта проектируют в лабораториях проектных организаций или в лабораториях строительных организаций. Лаборатории строительства осуществляют также технический контроль в процессе работ и при оценке качества готового покрытия или основания.

Отбор проб исходных материалов производят в соответствии с правилами приемки строительных материалов. Вес средней пробы грунта должен быть не менее 3—5 *кг*, грунтогравийных и грунтощебеночных смесей—до 10 кг. Подбор составов смесей и испытание образцов грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами, производят по методике, изложенной в приложении VII „Указаний" (СН25—64).

Покрытия из грунтов, укрепленных фурфурол-анилиновой смолой (ФАС)

Грунты, укрепленные фурфурол-анилиновой смолой, могут применяться для устройства покрытий и оснований лесовозных автодорог во II-IV климатических зонах.

Одним из достоинств фурфурола и анилина является самопроизвольное распределение их в грунте, что дает возможность применять для укрепления грунтов небольшие дозы вяжущего (0,5—2%), что снижает затраты на его транспортировку и перемешивание.

Суммарный расход фурфурола и анилина составляет в среднем 10—15% от потребления битума или цемента, поэтому применение его особенно целесообразно там, где затруднена доставка вяжущих.

Конструкции дорожных покрытий из грунтов, обработанных ФАС, принимаются такими же, как и из грунтов, укрепленных битумом. Покрытия могут быть однослойными и двухслойными. Максимальная толщина одного слоя—20 *см*, минимальная—8 *см*.

Покрытие из грунта, укрепленного ФАС, требует поверхностной обработки битумами или эмульсией со щебеночными или гравийными материалами.

Модуль деформации грунта, укрепленного ФАС, принимается в пределах от 600 до 1200 *км/см*^{2} в соответствии с табл. 21. Расчетные значения относительной деформации покрытия принимаются в пределах 0,055—0,060.

Таблица 21

Нормы расхода ФАС

Наименование грунтов	Ориентировочная оптимальная влажность в % от веса грунта (при увлажнении)	Минимально необходимое кол-во ФАС в% от веса сухого грунта	Оптимальное кол-во ФАС в% от веса сухого грунта
Супесчаные грунты оптимального состава	9 — 10	0,5	1,0
Суглинки:			
легкие	12 — 15	0,75	1,5 — 2,0
тяжелые	15 — 22	1,0 — 1,5	2,0 — 3,0

Для устройства покрытий и оснований из грунтов, укрепленных ФАС, могут быть использованы связные бескарбонатные грунты с числом пластичности от 5 до 17 и имеющие водородный показатель PH водной вытяжки не более 7,4.

Непригодными для этой цели являются тяжелые глины, засоленные грунты, галечник, щебень с низким содержанием мелкозема, карбонатные грунты с резко щелочной реакцией, торфы.

Наибольшая прочность и погодоустойчивость при наименьшем расходе ФАС достигается при укреплении грунтов оптимального гранулометрического состава. С целью уменьшения расхода химических материалов тяжелые суглинистые грунты следует улучшить гранулометрическими добавками (мелким гравием, пылеватым, мелкозернистым и крупнозернистым песком), приближая их состав к оптимальной смеси. Чистые пески требуют для своего укрепления повышенного расхода ФАС; обработанные пески имеют большую хрупкость и низкую погодоустойчивость. Укрепление этих грунтов ФАС возможно только после предварительного введения в них добавок пылеватых, суглинистых или глинистых грунтов в количестве 25—30%.

Фурфурол—анилиновая смола образуется непосредственно в грунте в результате химической реакции между фурфуролом и анилином, внесенных в грунт раздельно и без подогрева, в присутствии катализатора или без него.

Основными компонентами являются технический анилин, технический фурфурол (гидролизный или торфяной) и технические кислоты: соляная и уксусная. Кроме того, для увлажнения может применяться вода. Технический гидролизный фур-

фурол представляет собой красно-коричневую жидкость с запахом ржаного хлеба. Технический торфяной фурфурол отличается от гидролизного содержанием примесей оксиметил-фурфурола и метил-фурфурола, вследствие чего имеет более резкий запах и темно-коричневую окраску.

Фурфурол, применяемый для укрепления грунтов, должен удовлетворять требованиям ГОСТ 10437—63.

Технический анилин, применяемый для укрепления грунтов, должен удовлетворять требованиям ГОСТ 313-58, представляет собой красноватую жидкость с температурой замерзания $t = 2°$ С и плотностью $d_п^{18} = 1{,}02$ *г/см²*.

Техническая соляная кислота, применяемая для укрепления грунтов, должна соответствовать требованиям ГОСТ 857-41. Техническая уксусная кислота должна удовлетворять требованиям ГОСТ 61-51.

Вода, применяемая для увлажнения грунта, должна быть пресной и иметь нейтральную реакцию. Рн—не более 7.

Обработка грунтов гидролизным фурфуролом и анилином должна производиться при их соотношении 1 : 2,3 по весу. Крайние пределы 1 : 2 ÷ 1 : 3. При использовании торфяного фурфурола соотношение между фурфуролом и анилином равно 1 : 1,5 по весу.

Таблица 22

Физико-механические свойства образцов грунта, укрепленных ФАС

Физико-механические свойства	Минимально необходимая добавка	Оптимальная добавка
Модуль деформации образцов укрепленного грунта после суточного водонасыщения в *кг/см²*	800—1200	1200—1500
Предел прочности при сжатии образцов после суточного водопоглощения в *кг/см²*	10—15	15—30
Суточное водопоглощение в %	3—4	1—3
Предел прочности при сжатии после 5 циклов замораживания-оттаивания в *кг/см²*	5—8	10—20
Плотность уплотненной смеси (объемный вес скелета) в % от максимальной плотности	Не менее 98	Не менее 95
Отклонение влажности смеси от оптимальной в %	± 2	± 2
Степень размельчания грунта: содержание агрегатов грунта крупнее 5 *мм* в % (по весу)	Не более 20	Не более 20

Примечание. Для временных дорог с интенсивностью движения не более 800 автомобилей в сутки добавка ФАС может приниматься минимально необходимой.

При увеличении содержания ФАС сверх указанной в таблице оптимальной дозы прочность и долговечность укрепленного грунта возрастают. Предельной дозой ФАС являются добавки ее в количестве 8 — 10% от веса сухого грунта, после чего нарастание прочности прекращается.

Для каждого конкретного случая подбор дозировки ФАС производят экспериментальным путем, укрепляя образцы из грунта, подлежащего обработке, и добиваясь физико-механических показателей не ниже указанных в табл. 22.

Физико-механические свойства образцов укрепленного грунта, приготовленных в лаборатории, после 7-суточного твердения на воздухе должны удовлетворять требованиям табл. 22.

Покрытия из грунтов, укрепленных древесной смолой

Древесная смола может быть рекомендована для укрепления всех типов грунтов, кроме глинистых и чистых песков.

Глинистые грунты предварительно необходимо улучшить добавками песка для перевода их в супеси.

Для укрепления грунтов применяется отогнанная или сырая смола.

Технических условий на древесную смолу, используемую для укрепления грунтов, не имеется.

Смола может смешиваться с грунтом в холодном и подогретом состоянии.

Ориентировочные нормы расхода смолы (в процентах по весу) при укреплении песков, супесей и легких суглинков — 10%, для средних, тяжелых и пылеватых суглинков — 12%.

По литературным материалам модуль деформации грунтов укрепленных древесной смолой, — до 700 *кг/см*^{2}.

Конструкция дорожной одежды аналогична дорожной одежде из грунтов, укрепленных битумами.

Глава 5. Проектирование грунтовых улучшенных покрытий

Грунтовые оптимальные смеси (искусственные или естественные), используемые как материал для грунтового улучшенного покрытия или подстилающего слоя, должны отвечать требованиям, приведенным в табл. 23.

Грунтовое улучшенное покрытие создается путем введения в грунт земляного полотна улучшающих добавок (песка, суглинка).

Процент добавок устанавливается на основе данных анализа гранулометрического состава грунтов дорожного полотна и карьера и может быть определен графически, по методу „подвижной линейки" (рис. 6).

Таблица 23

Грунтовые оптимальные смеси

Слои	Количество (в %) частиц по весу, проходящих через сито с отверстиями в *мм*					Свойство фракции, прошедшей через сито с отверстиями 0,5 *мм*	
	2	1	0,5	0,25	0,05	предел текучести	Число пластичности
Верхний	80 -100	50 - 80	40—60	30—50	25—85	Не более 35	4—8
Нижний	80—100	—	35 - 60	20—50	10 - 30	Не более 25	Не более 6

Примечание. Нижние пределы процентного содержания частиц мельче 2 *мм* принимаются при использовании в качестве улучшающих добавок гравелистых песков.

Подобранная смесь должна отвечать требованиям табл. 25, в первую очередь, по содержанию частиц мельче 0,05 *мм* и числу пластичности. Число пластичности смеси проверяется в лаборатории.

При песчаных грунтах земляного полотна покрытие может быть создано путем улучшения грунта добавками торфа в объеме 30—40% от общего объема смеси.

Торф размельчается, тщательно перемешивается с песком боронами или дорожными фрезами до образования однородной смеси, после чего смесь укатывается.

Торф должен применяться хорошо разложившийся, с повышенным содержанием илистых частиц (с повышенной зольностью).

КОЛЕИННЫЕ ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Глава 6. Дорожные одежды с колейным покрытием из сборно-разборных плит

В 1965 г. для применения в лесной промышленности Минлесбумдревпромом СССР утверждены новые конструкции дорожных железобетонных плит, разработанных ЦНИИМЭиМАДИ. Плиты новых конструкции предназначаются для применения на постоянных и временных лесовозных автомобильных дорогах.

Ячеистая железобетонная плита М-2 предназначается для применения на лесовозных автомобильных дорогах постоянного действия На постоянных лесовозных дорогах плиты укладываются на основание, состоящее из земляного полотна и песчаного подстилающего слоя толщиной не менее 20—25 *см* для магистралей и не менее 15 *см* для веток, с засыпкой межколейного промежутка и обочин.

На постоянных дорогах устраивается система водоотвода в соответствии с техническими требованиями.

Ячеистая железобетонная плита У-I предназначается для применения на временных лесовозных дорогах, где плиты укладываются на расчищенную полосу местности или на упрощенное земляное полотно

Ниже, в табл. 24, приводятся основные показатели новых железобетонных плит.

Таблица 24

Показатели	Типы плит и назначение	
	для постоянных дорог	для временных дорог
	М 2 конструкции ЦНИИМЭ и МАДИ	У-I конструкции ЦНИИМЭ и МАДИ
Длина в *см*	300	200
Ширина в *см*	100	100
Толщина в *см*	14	14
Кол-во на 1 *км* дороги	667	1000
Объем бетона на 1 $м^2$	0,100	0,102
Вес арматуры на 1 $м^2$	10,4	11,5
Марка бетона (в *кг/см*)	300	300
Марка арматурной стали	Сталь 3 „ 5	Сталь 3 „ 5

В настоящее время также разработаны и утверждены плиты с предварительно напряженной арматурой конструкции ЦНИИМЭ—МАДИ размерами 3,0×1,0×0,12 и 6,0×1,0×0,12 *м*.

Предварительное напряжение арматуры позволяет сократить расход стали и бетона и уменьшить вес плиты.

Укладка плит на земляное полотно, отсыпанное из дренирующих грунтов, производится непосредственно на спланированное земляное полотно. При недренирующих грунтах железобетонные плиты укладываются на подстилающий дренирующий слой. В качестве дренирующего материала рекомендуются гравийно-песчаные смеси, крупнозернистые и среднезернистые пески.

Применение мелкозернистых пылеватых песков не рекомендуется, так как при увлажнении их уменьшается прочность основания в приконтактном слое. Непылеватые мелкозернистые пески разрешаются к применению при увеличении толщины подстилающего дренирующего слоя на 20—30%.

Разъезды, как правило, устраиваются из дренирующего грунта и только в отдельных случаях из железобетона.

На временных дорогах колейное покрытие укладывается: на сухих участках с плотными грунтами непосредственно на спланированный грунт, на переувлажненных и заболоченных участках—на слой выстилки из хвороста, толщиною 15—20 *см* в уплотненном состоянии без засыпки выстилки слоем грунта.

Глава 7. Деревогрунтовые покрытия

Деревогрунтовые покрытия должны рассматриваться как вынужденное временное решение, к которому приходится прибегать из-за отсутствия надежных и недорогих способов укрепления местных грунтов (при отсутствии каменных материалов).

Они являются наряду с этим наиболее целесообразным средством для продления жизни построенных ранее лежневых дорог, пришедших со временем в негодность.

По литературным данным срок работы деревогрунтового покрытия достигает 12 лет.

Конструкции деревогрунтовых покрытий рекомендуются двух типов (раздел IV): 1-й тип — когда деревянная (лежневая) дорога строится (или уже построена) на спрофилированном и укатанном земляном полотне нормального профиля. Этот тип предназначается для применения на магистралях; 2-й тип — когда деревянная (лежневая) дорога строится (или уже построена) без устройства нормального земляного полотна. Этот тип покрытия применяется главным образом на ветках и усах.

Материал для деревянной части — лесоматериал лиственных пород и хвойных (ель) самых низких сортов (как хлысты, так и сортименты).

Промежуток времени между заготовкой лесоматериала и засыпкой деревянного покрытия должен быть возможно меньшим и не более 15—20 дней.

Грунты для засыпки: грунтовые оптимальные смеси, дренирующие и слабодренирующие местные грунты, недренирующие местные грунты, улучшенные крупнозернистыми добавками или укрепленные малой дозой органических или неорганических вяжущих.

Применение для засыпки деревянных колесопроводов песчаных грунтов с числом пластичности менее 3, а также суглинков с числом пластичности более 8, не допускается.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ НА УСАХ

В зависимости от местных условий рекомендуется применять следующие типы усов:

1. Сборно-разборной конструкции:

а) колесопроводы из железобетонных плит.

б) колесопроводы из инвентарных деревянных щитов.

2. С покрытием из местного недренирующего грунта, уложенного на хворостяную подушку.

3. С гравийным покрытием, уложенным на хворостяную подушку (в целях уменьшения расхода гравия).

4. Профилированные без покрытия.

5. С покрытием из местного грунта, улучшенного добавками крупных минеральных фракций или торфа.

6. Из уплотненной хворостяной выстилки.

7. Усы зимнего действия:

а) из уплотненного снега специальными агрегатами,

б) из уплотненного снега простейшими средствами механизации с поливкой или без поливки проезжей части водой.

Перед устройством дорожной одежды или колесопроводов поверхность земляного полотна должна быть спланирована и прошпалена по незамерзающим болотам. В отдельных случаях пни нужно срезать заподлицо с землей.

Усы сборно-разборной конструкции

Колесопроводы из железобетонных плит в зависимости от инженерно-геологических условий, могут укладываться:

а) на спланированное сухое основание из дренирующих и недренирующих грунтов без кюветов;

б) на земляное полотно, образованное грунтом, вынутым из двусторонних кюветов;

в) на земляное полотно из привозного грунта, отсыпанного на хворостяную подушку (в местах с необеспеченным отводом воды и грунтами, непригодными для укладки в земляное полотно).

Колесопроводы из деревянных инвентарных щитов рекомендуется строить:

а) на сырых слабых минеральных грунтах;

б) на сырых заболоченных местах и нормально увлажнённых болотах с плотным торфом глубиной до 2 *м*;

в) на периодически увлажняемых болотах с мощностью торфа до 1 *м*;

г) на болотах, заполненных слабым торфом мощностью до 2 *м*.

При строительстве колесопроводов из деревянных щитов в этих условиях нижние строения (лаги, шпалы) должны заготовляться на месте при прорубке трассы.

Усы летнего действия со сплошным покрытием

Усы, которые после вывозки леса намечено использовать для нужд лесного хозяйства, целесообразно устраивать с покрытием из оптимальной песчано-гравийной смеси при наличии последней в радиусе до 5 *км*. Земляное полотно в этом случае должно иметь низкую насыпь.

При слабых естественных основаниях грунт насыпи можно укладывать на хворостяную подушку из порубочных остатков. На неглубоких болотах, заполненных торфом от поверхности до дна, насыпь следует отсыпать из привозного грунта на хворостяную подушку. Хворостяную выстилку перед производством земляных работ нужно уплотнить гусеничным трактором. При поперечном уклоне местности круче 1:25 необходимо устраивать одну кавальеру, вынутый грунт из которой укладывать в насыпь.

При строительстве усов из местных недренирующих грунтов, укладываемых на хворостяную подушку, канавы могут устраиваться или с одной нагорной стороны, или с двумя канавами (кюветами), или без кюветов, в зависимости от местных условий. Строительство таких усов целесообразно применять на длительный срок эксплуатации для нужд лесного хозяйства. В целях удешевления строительства желательно направления такого уса совместить с магистральным трелевочным волоком, так как обрубленные на волоке сучья после многократного прохода трелевочного трактора образуют прочную хворостяную подушку.

При благоприятных местных условиях усы могут строиться без покрытий:

а) на дренирующих или слабодренирующих грунтах без водоотвода;

б) на плотных слабоувлажненных недренирующих грунтах с устройством водоотводных канав;

в) на плотных глинистых грунтах, имеющих включения обломочных материалов, с устройством водоотводных канав. Для устройства усов с водоотводными канавами целесообразно применять одноотвальные канавокопатели.

Усы с покрытием из местного грунта, улучшенного добавками, можно рекомендовать при длительном сроке их эксплуатации для нужд лесного хозяйства. Такие усы целесообразно строить в районах, не обеспеченных оптимальными песчано-гравийными смесями, но имеющих на месте глинистые грунты, камень, щебень, или дресву. Глинистые грунты для покрытия улучшаются добавками песка, гравия, гальки, щебня, дресвы. Такое покрытие следует укладывать на земляное полотно серповидного профиля толщиной 15—25 *см*.

Усы с покрытием из лесосечных отходов, без засыпки их грунтом, устраиваются одновременно с прорубкой центрального волока. По мере разработки лесосек и обрубки сучьев на волоке последние уплотняются попутными ходами трелевочных тракторов, образуя плотное покрытие, способное пропустить груженые автопоезда. При относительно толстом слое уплотненной подушки корчевку пней производить необязательно, однако срезать пни заподлицо нужно.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Глава 1. Рекомендации по выбору дорожных покрытий

Покрытие является основным (а порой и единственным) элементом дорожной одежды лесовозной дороги, определяющим не только наименование дороги (гравийная, бетонная и т. п.), но и условия работы лесовозного автомобильного транспорта.

Как было сказано выше, требуемая прочность дорожной одежды может быть обеспечена различными сочетаниями конструкции покрытий и оснований.

Выбор наилучшего решения должен основываться на технико-экономическом сравнении возможных (целесообразных) вариантов.

При сравнении вариантов устанавливают срок окупаемости дополнительных капиталовложений на строительство более дорогой, но одновременно более совершенной дорожной одежды (дорожного покрытия), для чего используется формула:

$$T = \frac{K_1 - K_2}{C_1 - C_2},$$

где: T — срок окупаемости;

K_1 и K_2 — капиталовложения по сравниваемым вариантам;

C_1 и C_2 — себестоимость вывозки древесины по этим вариантам.

Установить объем капиталовложений на строительство не представляет сложности.

Себестоимость вывозки слагается из транспортной и дорожной составляющих.

Транспортная составляющая учитывает расходы на содержание и ремонт лесовозных автомобилей: расход горюче-смазочных материалов, износ резины, техническое обслуживание, ремонт и амортизацию автомобилей и прицепов, а также заработную плату водителей и административно-технического персонала, обслуживающего парк лесовозных машин.

На все эти расходы имеются нормативы, поэтому и транспортную составляющую себестоимости вывозки можно установить с достаточной точностью, хотя здесь встречаются некоторые трудности, связанные с установлением расхода горюче-

смазочных материалов и резины на новых неизученных типах покрытия.

Дорожная составляющая учитывает затраты, связанные непосредственно с лесовозной дорогой: заработную плату рабочих и инженерно-технических работников, занятых на содержании и ремонте дороги; стоимость расходуемых на этих работах строительных, горюче-смазочных материалов; амортизацию дороги (дорожной одежды, земляного полотна, искусственных сооружений и прочих элементов дороги); амортизацию дорожных и транспортных машин, используемых на дорожно-эксплуатационных и дорожно-ремонтных работах.

Достаточно полных и проверенных в производственных условиях нормативов по определению дорожной составляющей нет, как по вновь рекомендуемым типам дорог, так и по типам дорог, действующих в настоящее время.

В связи с этим, впредь до более тщательного изучения работы покрытий разного типа, определение затрат на их содержание, в первом приближении сопоставление типов дорожных покрытий, может быть произведено по потребности капиталовложений на строительство, с учетом различных условий доставки материалов и производства строительных работ.

Предварительные ориентировочные рекомендации по выбору дорожных покрытий лесовозных дорог можно подразделить на 2 части:

1. Рекомендации для текущего проектирования на ближайший период (ближайшие 2—3 года).
2. Рекомендации для опытных дорог.

Рекомендации для текущего проектирования

В тех случаях, когда в районе строительства имеются гравийные материалы, следует предусматривать гравийные покрытия, наиболее дешевые и простые в строительстве и эксплуатации.

Если гравийных материалов нет, но есть готовый щебень или каменные материалы, пригодные для использования щебня, целесообразно проектировать грунтощебеночные покрытия (по типу гравийных).

При отсутствии в районе каменных материалов для лесовозных дорог длительного действия (более 10—12 лет) с грузооборотом более 100 тыс. $м^3$ следует принимать покрытия из железобетонных плит, для дорог кратковременного действия с грузооборотом до 100 тыс. $м^3$ в год может применяться деревогрунтовое покрытие.

При выборе типа покрытия для лесовозных дорог, проходящих в районах, где отсутствуют гравийные и каменные материалы, должен быть рассмотрен вариант доставки гравийных материалов или щебня извне железнодорожным или водным транспортом.

Чтобы облегчить расчеты по сравнению вариантов дорожных покрытий, следует в каждом экономическом районе разработать графики стоимости дорожных покрытий (дорожных одежд) в зависимости от типа автомобиля, расчетного грузооборота для характерных для данного района грунтово-гидрологических условий (модулей деформации грунта), способов и дальности возки различных материалов (включая железобетонные плиты).

Рекомендации для опытных дорог

При изыскании способов укрепления проезжей части лесовозных дорог в первую очередь нужно заниматься такими типами покрытий, которые требуют применения местных материалов и отходов промышленности.

В районах действующих и проектируемых лесохимических предприятий следует развернуть работы по укреплению грунтов древесными смолами; в районах, тяготеющих к целлюлозно-бумажным комбинатам, применять сульфитные щелоки.

Наиболее перспективным способом укрепления грунтов, особенно для использования в основаниях, может оказаться обработка грунтов известью, т. к. известь наиболее дешевый материал.

Из фондируемых материалов следует в первую очередь заниматься битумами, применяя их в виде эмульсий, что дает возможность значительно расширить границы строительного сезона, а также цементом, который в ближайшем будущем потеряет свою дефицитность.

Глава 2. Рекомендации по выбору оснований и подстилающих слоев

Эксплуатационные расходы не зависят от конструкции оснований и подстилающих слоев, поэтому различные типы оснований и подстилающих слоев при одном и том же типе покрытия сопоставляются лишь по стоимости строительства.

За счет применения оснований и подстилающих слоев уменьшается толщина покрытия. Поэтому при сравнении вариантов оснований и подстилающих слоев принимается в расчет общая стоимость дорожной одежды.

Искусственные основания и подстилающие слои целесообразно применять:

1) при высокой стоимости материалов покрытия и относительно низкой стоимости материалов основания или подстилающего слоя — для уменьшения общей стоимости дорожной одежды;

2) для лучшей передачи давления от проходящего автотранспорта на земляное полотно;

3) при неблагоприятных грунтах земляного полотна и дре-

нирующем материале покрытия (гравийном материале, шлаке и т. п.) — для защиты земляного полотна от увлажнения поверхностными водами (в данном случае следует применять водонепроницаемые основания из грунтов, укрепленных вяжущими материалами).

В настоящее время для лесовозных дорог могут быть рекомендованы только грунтовые улучшенные основания и подстилающие слои, а также песчаный подстилающий слой.

Остальные типы оснований и подстилающих слоев в достаточной степени не изучены.

На опытных дорогах следует в первую очередь устраивать основания и подстилающие слои из грунтоизвести, а также из грунтов, укрепленных отходами промышленности (древесными смолами и проч.).

РАЗДЕЛ IV

ТИПОВЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ ПРОФИЛИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД И НОРМЫ РАСХОДА МАТЕРИАЛОВ

Ниже приведены конструкции дорожной одежды лесовозных дорог с покрытиями.

А. Нежесткого типа:

а) из гравийных, грунтогравийных материалов и грунтощебня;

б) из тех же материалов, укрепленных органическими вяжущими;

в) из грунтов, укрепленных органическими и неорганическими вяжущими;

г) из оптимальных грунтовых смесей.

Б. Колейными из железобетонных плит.

В. Деревогрунтовыми.

Приведенные в альбоме конструкции покрытий, оснований и подстилающих слоев предусматривают устойчивое, уплотненное до требуемой плотности земляное полотно и надежную защиту верхних слоев последнего от грунтовых и поверхностных вод.

Полученная расчетом толщина дорожной одежды в целом и отдельных слоев ее является средней толщиной в пределах проезжей части.

Защита покрытия от износа обеспечивается созданием слоя износа либо за счет утолщения полученной по расчету толщины покрытия, либо поверхностной обработкой с применением вяжущих материалов (не включаемой в расчетную толщину).

Потребность в гравийном материале, грунтощебне и в грунтовой оптимальной смеси, а также объем обработанного вяжущими грунта и количество вяжущего определяются по таблицам, приведенным после типовых поперечных профилей. Потребность в минеральных материалах устанавливается раздельно для проезжей части и обочин и суммируется (кроме дорог с шириной обочин менее 1 *м*, для которых по таблице сразу определяется суммарная потребность в материалах).

Полученный результат увеличивается на дополнительную величину, определяемую по отдельной таблице, учитывающую расход материала на откосы покрытия (на треугольники за пределами дорожного полотна).

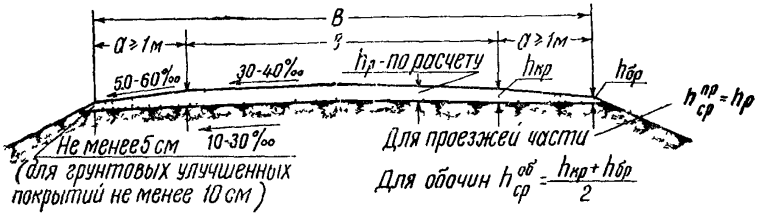
Потребность в вяжущих материалах определяется по установленному объему обрабатываемого грунта и проценту добавок.

Расход материалов на колейные покрытия приведен на поперечных профилях.

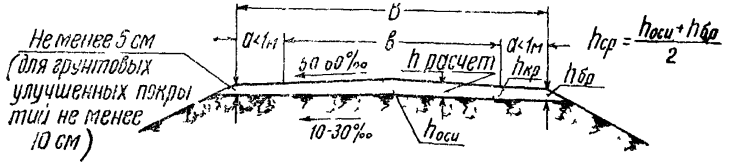
Покрытия нежесткого типа

Гравийные, грунтощебеночные и грунтовые улучшенные покрытия

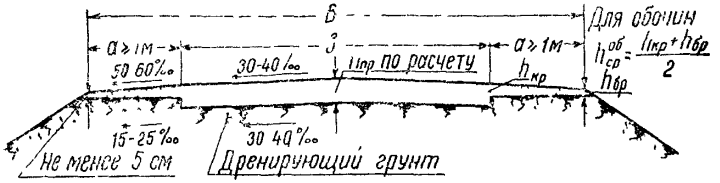
1. Серповидный профиль при ширине обочин, равной или более 1 *м*



2 Серповидный профиль при ширине обочин менее 1 *м*

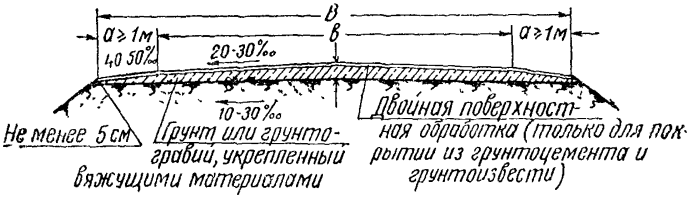


3 Полукорытный профиль (только на дренирующих грунтах)

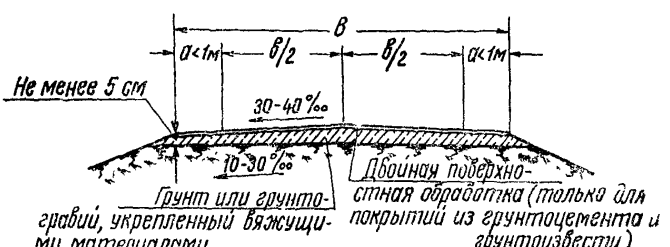


Покрытия из грунтов, укрепленных вяжущими материалами

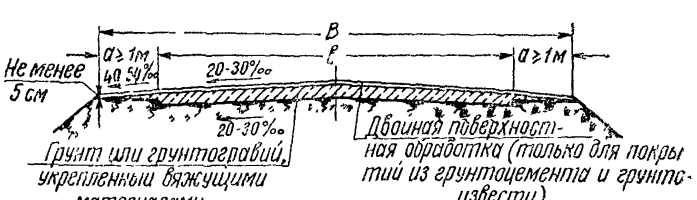
4. Серповидный профиль при ширине обочин, равной или более 1 м



5. Серповидный профиль при ширине обочин менее 1 м

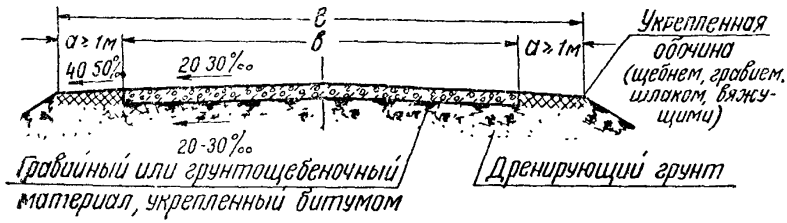


6 Полукорытный профиль

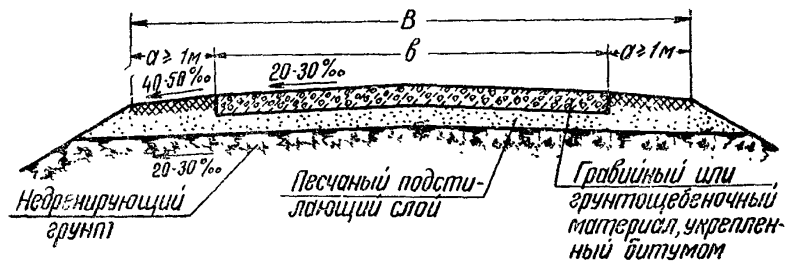


Покрытия из каменных материалов, укрепленных битумом

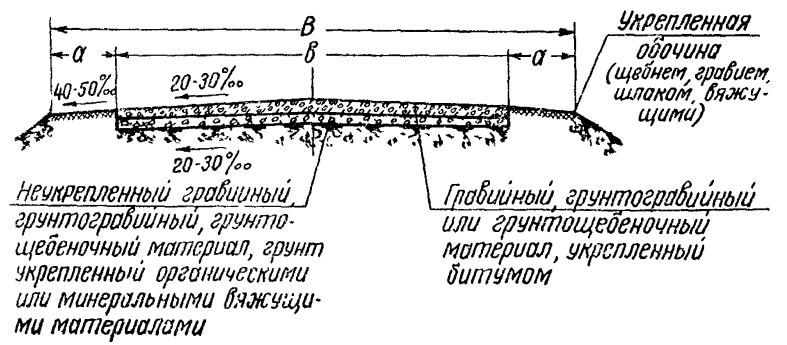
7. Корытный профиль при дренирующих грунтах земляного полотна



8. **Корытный** профиль при недренирующих грунтах земляного полотна

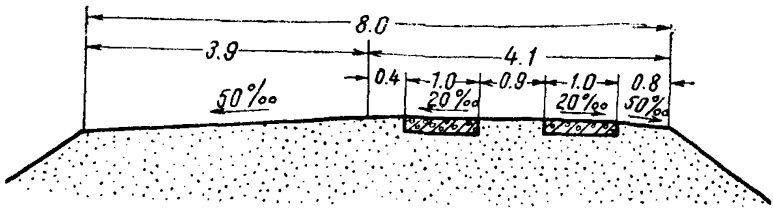


9. **Корытный профиль при двухслойном** покрытии

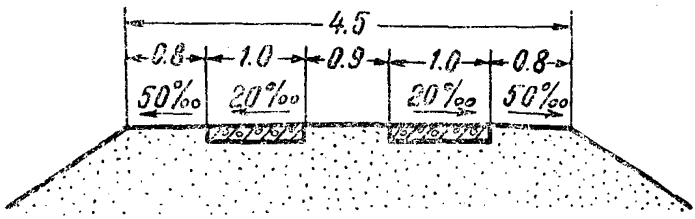


Сборно-разборные колейные покрытия из плит

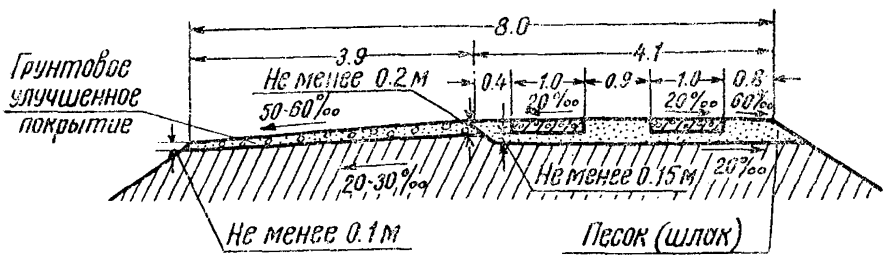
1. Железобетонное на дренирующих грунтах при двухполосном движении



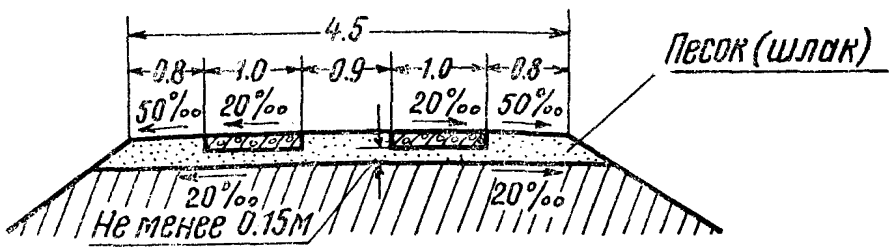
2. Железобетонное на дренирующих грунтах при однополосном движении



3. Железобетонное на недренирующих грунтах при двухполосном движении

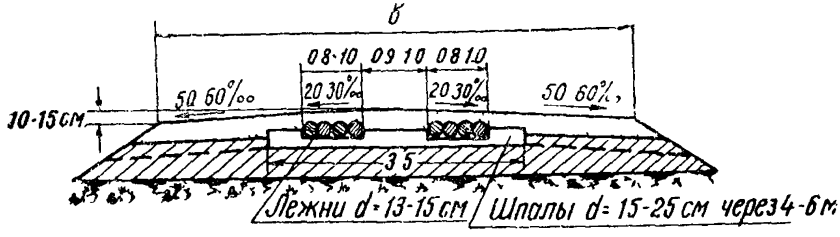


4. Железобетонное на недренирующих грунтах при однополосном движении

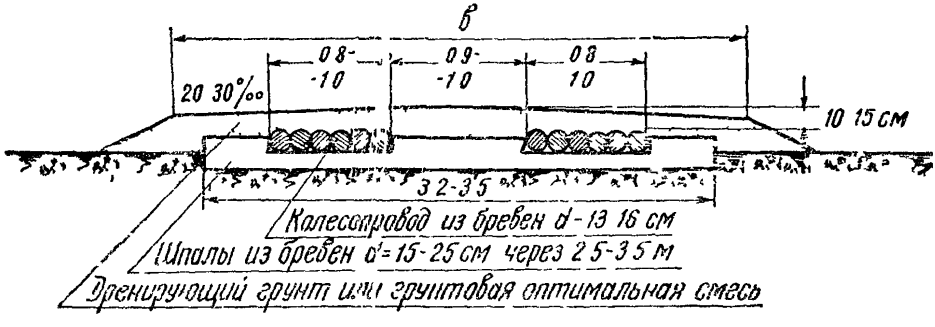


Деревогрунтовые покрытия

1. Для магистральных дорог



2 Для веток и усов



Материал	Расход материала в $м^3$ на 1 км дороги при расчетном автомобиле			
	МАЗ — 509 и ширине дороги в м		ЗИЛ — 130 и ширине дороги в м	
	6,5	3,0	6,5	3,0
Лесоматериалы	340	360	300	315
Дренирующии грунт	1360	800	1360	800

Потребность в материалах для покрытий нежесткого типа

1. Потребность в гравийных материалах и грунтощебне в $м^3$

А. На 1000 $м^2$ покрытия

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
87	99	112	124	136	149	161	174	186	198	211	223	236	248	260	273	285

24	25	26	27	28	29	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	40
298	310	3 2	335	347	361	372	397	422	446	471	496	521	546	570	595	620

Верхняя графа — средняя толщина $h_{ср}$ в *см*, (для проезжей части $h_{ср} = h_{расч.}$, для обочин $h_{ср} = \frac{h_{кр.} + h_{бр.}}{2}$, при однополосной дороге $h_{ср} = \frac{h_{осн.} + h_{бр.}}{2}$).

Б. Дополнительно на 1 *км* покрытия

5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35
9	13	18	24	30	37	54	73	95	120	148	180	214	253	290	334	455

Верхняя графа — толщина покрытия на бровке дорожного полотна ($h_{бр}$) в *см*.

Потребность в грунтовой оптимальной смеси и объем слоя грунта, обработанного вяжущими, определяются по этим же таблицам с введением в итог коэффициента 0,88.

2. Ориентировочное количество органических вяжущих:

а) для обработки гравийных и грунтощебеночных материалов

Вяжущие материалы	Способ обработки		
	Смешение		Поверхностная обработка
	прочных каменных материалов	слабых каменных материалов	
	% от веса материала		в $\frac{л}{м^2}$
Жидкие нефтебитумы	4,5—6,5	6—7	1,2—2,8
Жидкие сланцевые битумы	5—7	6,5—8	—
Дегти	5,5—8	7—8,5	1—2,5
Твердые битумы	5—7,5	—	1—2,5
Дорожные эмульсии (в пересчете на битум)	3,5—5,2	—	0,65—1,5

б) для обработки грунтов

Наименование грунтов	Количество вяжущих в *кг* на 1 *м*³									
	битумов нефтяных					древесных смол		ФАС		
	содержание вяжущего в % от веса грунта									
	6	8	10	12	15	10	12	0,5	0,75	1,0
Супесчаный грунт	120	160	—	—	—	200	—	10	—	—
Суглинистый грунт	—	150	190	230	—	—	230	—	15	—
Тяжелый суглинистый грунт	—	—	185	220	280	—	220	—	—	19

3. Ориентировочный расход цемента и извести

Грунты	Количество вяжущего в *кг* на 1 *м*³ при содержании его в %				
	6	8	10	12	15
Супесчаные	120	160	200	—	—
Суглинистые	—	150	190	230	—
Тяжелые суглинистые и глинистые	—	—	185	220	280

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Раздел I. *Общие положения* 4
Дорожная одежда и дорожные покрытия . . . 4
Требования к земляному полотну 4
Классификация дорожных покрытий лесовозных дорог 5
Раздел II. Конструирование дорожных одежд 7
Дорожные одежды нежесткого типа 7
Глава I. Методика расчета дорожных одежд . . . 7
Основные положения расчета на прочность . . 8
Определение требуемой прочности дорожной одежды 9
Расчет дорожной одежды 12
Глава 2. Проектирование гравийных и грунтогравийных покрытий 24
Глава 3. Проектирование грунтощебеночных покрытий 53
Глава 4. Проектирование покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими 55
Общие положения 55
Проектирование оснований и покрытий из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими 58
Проектирование покрытий из грунтов, укрепленных органическими вяжущими 69
Глава 5. Проектирование грунтовых улучшенных покрытий 80
Колейные дорожные покрытия 81
Глава 6. Дорожные одежды с колейным покрытием из сборно-разборных плит 81
Глава 7. Деревогрунтовые покрытия 83
Проектирование покрытий на усах 83
Усы сборно-разборной конструкции 84
Усы летнего действия со сплошным покрытием 84
Раздел III. Рекомендации по выбору конструкций дорожных одежд 86
Глава 1. Рекомендации по выбору дорожных покрытий 86
Глава 2. Рекомендации по выбору оснований и подстилающих слоев 88
Раздел IV. Типовые поперечные профили дорожных одежд и нормы расхода материалов 90
Покрытия нежесткого типа 91
Гравийные, грунтощебеночные и грунтовые улучшенные покрытия 91
Покрытия из грунтов, укрепленных вяжущими материалами 92
Покрытия из каменных материалов, укрепленных битумом 93
Сборно-разборные колейные покрытия из плит . . 94
Деревогрунтовые покрытия 95
Потребность в материалах для покрытий нежесткого типа 96

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
I7 табл.9	2 сверху	Модули деформации грунтов в кг/см^3	Модули деформации грунтов в кг/см^2
I8	6 снизу	из оптимального состава	неоптимального состава
20	2I сверху	(ГОСТ II74-4I)	(ГОСТ 9I79-59)
48	Верхняя цифра на оси ординат	50	I50
53	I7 снизу	с отверстиями 0,5 мм	с отверстиями 0,63 мм
78	5 сверху	от 600 до I200 кг/см^2	от 600 до I200 кг/см^2
8I табл.23	4 сверху	с отверстиями 0,5 мм	с отверстиями 0,63 мм
То же	4 колонка	0,5	0,63
"	4 сверху 6 колонка	25-85	25-35
82	I6 сверху	марка бетона (кг/см)	марка бетона (кг/см^2)
96	7 сверху I7 колонка	40	50

Зак. 58. Тир. 3000. I7.У.67 г. Гипролестранс

Государственный проектный институт «Гипролестранс»

Рекомендации по проектированию дорожных покрытий лесовозных автомобильных дорог

Редактор *О. С. Блинов*
Корректор *В. Д. Величко*

Подписано к печати 31.XII.66 г. М-52236 Заказ № 3186
Бумага 60 × 90 1/16. Печатн. лист. 6 1/4. Тираж 3000 экз.
Цена 50 коп.

Типография Профессионально-технического училища № 4
Ленинград, 12 Красноармейская, 27

gost.e-ecolog.ru