МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОДЕЖД ШАХТНЫХ ДОРОГ ДОНБАССА

РТМ 12.58.005-81

Харьков 1982

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

Всесоюзный научно-исследовательский институт
организации и механизации шахтного строительства
В Н И И О М Ш С

СОГЛАСОВАНО

Производственно-техническим
управлением по строительству

4 января 1981 г.

СОГЛАСОВАНО

Всесоюзным научно-исследова-
тельским институтом
"СоюздорНИИ"

15 декабря 1980 г.

СОГЛАСОВАНО

Всесоюзным объединением
"Союзшахтопроект"

19 декабря 1980 г.

СОГЛАСОВАНО

Республиканским объединением
"Укршахтострой"

26 декабря 1980 г.

УТВЕРЖДЕНО

Первым заместителем
Министра угольной
промышленности СССР

В.В.БЕЛЫЙ

30 октября 1981 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОДЕЖД ШАХТНЫХ ДОРОГ ДОНБАССА

РТМ 12. 58. 005 - 81

ХАРЬКОВ 1982

Рекомендации разработаны в развитие Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа /ВСН 46-72/ применительно к шахтным дорогам и конкретным природно-климатическим условиям Донецкого бассейна и предназначены для организаций, проектирующих шахтные дороги.

Рекомендации разработаны Киевским автомобильно-дорожным институтом /д.т.н. СИДЕНКО В.М., к.т.н. КИЗИМА С.С./ с участием Госдорнии Миндорстроя СССР /к.т.н. РАДОВСКИЙ Б.С./ и ВНИИОМШС /к.т.н. ГРЕКОВ А.Г., к.т.н. МИТАСОВ Е.Т./.

При разработке рекомендаций использованы результаты научно-исследовательских работ Ленинградского филиала Союздорнии, МАДИ и ХАДИ, а также учтен многолетний опыт строительства шахтных дорог в условиях Донбасса.

Экономический эффект от использования рекомендаций составляет в среднем 1,39 руб./м^2 дорожной одежды.

Состав нормативно-технологических документов

1. Методические рекомендации по проектированию одежд шахтных дорог Донбасса. РТМ 12.58.005-81.
2. Альбом конструкций одежд шахтных дорог Донбасса. Часть I. РТМ 12.58.005-81-1.
3. Технологические схемы строительства слоев дорожных одежд. Часть II. РТМ 12.58.005-81-2.
4. Инструкция по комплексной оценке качества работ при строительстве шахтных дорог. РТМ 12.58.005-81-3.
   Введены в действие письмом Минуглепрома СССР от 12.11.1981 г. № 3-35-58/1020.

Ответственный за выпуск к.т.н. МИТАСОВ Е.Т.

Подписано к печати 14.01.82 г. БЦ №.09760 от 10.02.82 г. Формат 60х84 1/16. Усл.печ.л. 5,0. Уч.- изд.л. 4,8. Заказ № 7. Тираж 100 экз. Цена 60 коп.

ВНИИОМШС. 310092, Харьков, ГСП, ул. Отакара Яроша, 18

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

I. Общие положения 5

2. Расчетные параметры одежд 5

3. Конструирование одежд 2I

4. Расчет дорожных одежд на прочность 24

4.I. Общие положения о расчете одежд 24

4.2. Расчет нежестких одежд по упругому прогибу 27

4.3. Расчет нежестких одежд по сдвигу в грунте и слабосвязанных материалах слоев. . . 29

4.4. Расчет слоев нежестких дорожных одежд на растяжение при изгибе 35

4.5. Последовательность и техника расчета нежестких одежд 37

4.6. Конструирование и расчет одежд шахтных дорог, армированных цементнобетонных плит 39

5. Расчетные характеристики грунтов 46

6. Расчетные характеристики слоев одежд 50

Приложения 59

Приложение I.Примеры расчета 59

Приложение 2.Расчетные номограммы 67

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Методические рекомендации разработаны в развитие инструкции ВСН 46-72 с целью повышения эффективности проектирования одежд шахтных дорог.

Рекомендации составлены применительно к природно-климатическим условиям Донецкого бассейна и дополняют ВСН 46-72 по следующим вопросам: классификация шахтных дорог; обоснование расчетных нагрузок; дорожное районирование территории Донецкого бассейна; обоснование расчетной влажности, прочностных и деформативных характеристик грунтов; конструирование дорожных одежд.

I.2. Рекомендации распространяются на проектирование одежд дорог шахтного комплекса, включающего дороги четырех групп:

I - построечные дороги, служащие в течение периода строительства шахтного комплекса;

2 - технологические дороги, т.е. дороги постоянного типа на территории промышленных площадок шахт;

3 - площадки шахт;

4 - подъездные дороги к шахтам /дороги за пределами промышленных площадок шахт, соединяющие шахты с сетью дорог общего пользования/.

I.3. Методика проектирования одежд шахтных дорог включает следующие этапы:

- установление расчетных параметров одежд;
- конструирование одежд;
- обоснование прочностных и деформативных характеристик слоев одежд и грунтовых оснований;
- расчет одежд на прочность;
- технико-экономическое обоснование оптимальных вариантов.

2. РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОДЕЖД

2.I. Для расчета одежд шахтных дорог необходимо установить следующие расчетные параметры;

- группу и вид дорог по настоящим указаниям;
- категорию дороги применительно к СНиП II-Д.5-72 по составу и интенсивности движения;

- расчетные нагрузки;
- расчетную интенсивность движения.

2.2. Классификация дорог по группам и видам производится по табл. 2.I. в зависимости от их функционального назначения.

2.3. Перспективную интенсивность и состав движения устанавливают в зависимости от группы и вида дорог на основе технико-экономических изысканий, объема перевозок угля, шахтной породы, дорожно-строительных материалов, оборудования, а также условий эксплуатации шахты.

2.4. Категорию шахтных дорог устанавливают по расчетной перспективной интенсивности движения N, приведенной к легковому автомобилю:

при $N_A > 2000$ авт/сутки дорогу относят к категории Ш-п;

при $N_A < 2000$ авт/сутки дорогу относят к категории IУ-п.

Величину N_A вычисляют по формуле

$$N_A = \Sigma N_i K_i , \qquad /2.I/$$

где N_i - перспективная /I0-I5 лет/ интенсивность движения автомобилей данной марки;

K_i - коэффициент приведения интенсивности данного грузового автомобиля к эквивалентной интенсивности легкового, принимаемый по табл. 2.2.

Таблица 2.I

Классификация шахтных дорог и расчетные нагрузки

Группы дорог	Виды дорог	Рекомендуемые основные параметры и нормы проектирования				Примечание
		Число полос движения	Нормы проектирования плана и профиля /по данной категории/	Тип одежды	Расчетная нагрузка при проектировании одежды	
I	2	3	4	5	6	
I.Построечные /дороги построечного периода/	I.Подъезды	2	Ш-п, IУ-п	Переходный, с перспективой стадийной перестройки в одежду построечных дорог	Группа А	Предусматривать стадийное усиление одежд по мере роста грузонапряженности движения с обеспечением возможности стадийной перестройки в одежды дорог группы 4
	2.Проезды для обеспечения основных строительно-монтажных работ	2-I	По нормам проектирования основных внутриплощадочных автопроездов/группа технологических дорог/	Сборные из армированных бетонных плит или усовершенствованные облегченные	Нагрузка на ось наиболее тяжелых транспортных или монтажных средств	При выборе нежесткой одежды усовершенствованного облегченного типа предусматривать периодическое усиление ее в процессе строительства шахты

1	2	3	4	5	6	7
	3. Проезды для транспортирования породы при проходке стволов	I-2	IУ, У	Переходный или сборные из армированных бетонных плит	Группа А	По возможности обеспечивать совпадение дорог в плане с дорогами группы 2.2. Тип одежды принимать в зависимости от объема породы, обеспечивая возможность стадийной перестройки в одежды дорог группы 2.2.
	4. Строительно-технологические проезды	I	По нормам производственных дорог кратковременного действия	Переходный; при обеспечении совпадения в плане с основными проездами группы технологических дорог - сборные из армированных бетонных плит	Группа Б	Переходные типы одежд проектируются на срок службы, равный периоду строительства обслуживаемого объекта

1	2	3	4	5	6	7
2.Технологические /постоянные/ дороги шахт	I.Основные внутриплощадочные дороги	2 и более	Ш-п, IУ-п	Усовершенствованный капитальный	Группа А	При совпадении в плане основных внутриплощадочных дорог и проездов I.2, одежды устраивают путем стадийного усиления одежд проездов I.2, используя последние в качестве оснований
	2.Дороги к шахтным отвалам	2	Ш, IУ, У-п	Усовершенствованный капитальный	Группа А	При строительстве одежд целесообразно соблюдать принцип стадийности, используя одежды дорог I.3 в качестве оснований
	3.Вспомогательные внутриплощадочные дороги, в т.ч. к отдельностоящим стволам	2-I	IУ-п, с учетом требований к благоустройству территории шахт	Усовершенствованный капитальный или облегченный	Группа Б	Тип одежды принимать в зависимости от производственной мощности шахты

I	2	3	4	5	6	7
3. Объекты благоустройства шахт	I. Площадки/у административных корпусов, мест общего пользования и др./		СНиП П-Д.5-72 п.п.10.10, 10.11	Усовершенствованный капитальный или облегченный	Группа Б	Проектировать с учетом требований к благоустройству шахтной поверхности
	2. Тротуары	Ширина не менее 0,75 м	СНиП П-Д.5-72, п.п.7.44-7.47	м-3 или С-3 асфальтобетон	Группа Б	Следует предусматривать вдоль основных внутриплощадочных автопроездов, а вдоль вспомогательных - при интенсивности движ. более 100 чел./сут.
4. Подъездные дороги к шахтам	I. Подъездные магистральные дороги	2 и более	П, Ш, IУ, IУ-п	Усовершенствованный капитальный	Группа А	Нормы проектирования плана и профиля принимать в зависимости от мощности шахты и протяженности дороги

Таблица 2.2.

Коэффициенты приведения интенсивности движения грузовых автомобилей к легковым

Транспортные единицы	Значения K_i
Грузовые автомобили грузоподъемностью	
до 2 т	I,5
до 5 т	2,0
до 8 т	2,5
до I4 т	3,5
более I4 т	4,5
Автопоезда грузоподъемностью	
до 6 т	3,0
до I2 т	3,5
до 20 т	4,0
до 30 т	5,0
более 30 т	6,0

2.5. Дорожные одежды рассчитывают на нагрузку по ГОСТ 9314-59.

За расчетные принимают нагрузки по группе А или Б.

Параметры расчетных нагрузок приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Расчетные нагрузки по ГОСТ 9314-59

Группа автомобилей	Наибольшая осевая нагрузка, кг	Расстояние между осями, м	Характеристика площади и отпечатка		
			Среднее давление, кг/см^2	Площадь, см^2	Диаметр, см
А	I0000	более 2	6	835	33
Б	6000	более 2	5	600	28

Группу расчетных нагрузок и тип одежды назначают в зависимости от группы и вида дорог с учетом их категорийности по табл. 2.I.

При использовании одежд построечных дорог с покрытиями переходного типа следует предусматривать периодическое их выравнивание, что не связано с большими затратами на средний ремонт /например, выравнивание щебеночного покрытия/. Одежды этих дорог следует проектировать на нагрузки преимущественно группы А /за исключением дорог вида I.4/ из условия возможного накопления остаточных деформаций в периоды повышенного увлажнения.

Одежды технологических дорог, площадок и подъездных дорог следует проектировать на нагрузки групп А или Б с капитальными или усовершенствованными облегченными типами покрытий из условия круглогодичной работы в течение всего срока службы в упругом состоянии без накопления остаточных деформаций.

2.6. При движении на шахтных дорогах автомобилей с осевыми нагрузками, превышающими расчетные /см. табл. 2.3/, расчет одежд необходимо производить на наиболее тяжелые осевые нагрузки.

В таких случаях, согласно СНиП П-Д.5-72, за расчетную принимают наибольшую нагрузку на ось автомобилей /либо автопоездов/ повышенной грузоподъемности, которыми обеспечивается перевозка не менее 50% грузов или интенсивность движения которых составляет не менее 25% общей интенсивности движения.

Если количество тяжелых автомобилей составляет менее 5% от суммарной интенсивности движения в этот период, то за расчетную необходимо принимать следующую меньшую по величине нагрузку после наиболее тяжелой, либо нормативную нагрузку групп А или Б.

Если разность между осевыми нагрузками расчетного и наиболее тяжелого автомобиля превышает 20%, то за расчетные автомобили принимают наиболее тяжелые независимо от их количества. Следовательно, при наличии автомобилей с осевой нагрузкой более 12 т их следует принимать за расчетные.

2.7. Интенсивность движения, приведенную к расчетной нагрузке на одиночную ось, следует определять по формуле

$$N_{\text{п}} = (N_1' K_1' + N_2' K_2' + \cdots + N_n' K_n') + (N_1'' K_1'' + N_2'' K_2'' + \cdots + N_k'' K_k'')_3 / 2$$

где $N'_1, N'_2, \ldots N'_n$ – количество одиночных осей с нагрузкой $P'_I, P'_2 \ldots, P'_n$;

$N''_1, N''_2, \ldots N''_t$ – количество сдвоенных осей с суммарной нагрузкой $P''_I, P''_2 \ldots, P''_t$ на сдвоенные оси;

$K'_1, K'_2, \ldots K'_n$ – коэффициенты приведения одиночной оси с нагрузкой $P'_1, P'_2 \ldots, P'_n$ к расчетной нагрузке на одиночную ось;

$K''_1, K''_2, \ldots K''_t$ – коэффициенты для приведения пары сдвоенных осей с суммарной нагрузкой $P''_I, P''_2 \ldots, P''_t$ к расчетной нагрузке на одиночную ось;

n – общее количество одиночных осей с различными нагрузками в составе транспортного потока;

t – общее количество пар сдвоенных осей /тандемов/с различными суммарными нагрузками на сдвоенные оси в составе транспортного потока;

N_n – приведенная интенсивность движения.

Одиночными считают оси, расположенные на расстоянии не менее 2 м друг от друга. Коэффициенты K'_i для приведения одиночных осей определяют по табл. 2.4.

Одиночные оси, нагрузка на которые превышает расчетную не более чем на 20% при условии, что в составе движения таких нагрузок не более 5% /см.п.2.6 настоящих рекомендаций/, приводят к расчетной нагрузке с коэффициентом $K' = 2$. При необходимости получения коэффициентов для нагрузок, отличающихся от указанных в табл. 2.4, можно пользоваться формулой

$$K'_i = \left(\frac{P_i}{P_p}\right)^{4.4}, \qquad /2.3/$$

где P_i – приводимая нагрузка на одиночную ось;

P_p – принятая за расчетную нагрузка на одиночную ось.

Сдвоенными считают смежные оси, расположенные на расстоянии менее 2 м друг от друга. Коэффициенты K''_j для приведения сдвоенных осей к воздействию одиночной оси с расчетной нагрузкой определяют по табл. 2.5.

Таблица 2.4

Коэффициенты для приведения одиночных осевых нагрузок к расчетной нагрузке на одиночную ось

Отношение приводимой нагрузки на ось к принятой за расчетную	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,I0
Коэффициент приведения одиночных осевых нагрузок	0,005	0,02	0,05	0,I0	0,2I	0,38	0,63	I,0

Таблица 2.5

Коэффициенты для приведения сдвоенных осевых нагрузок к расчетной нагрузке на одиночную ось

Отношение приводимой нагрузки на заднюю тележку к расчетной нагрузке на одиночную ось, P_i/P_p	Расстояние между сдвоенными осями тележки /база задней тележки/, м				
	I,I	I,2	I,3	I,4	I,5
	Автомобили группы "А"				
I,76	2,44	2,I9	I,97	I,84	I,72
I,80	2,66	2,46	2,2I	2,0I	I,90
I,84	2,9I	2,67	2,42	2,23	2,08
I,88	3,25	2,98	2,68	2,45	2,29
	Автомобили группы "Б"				
I,20	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24
I,24	0,34	0,3I	0,30	0,29	0,28
I,52	0,83	0,77	0,74	0,7I	0,68
I,80	I,74	I,62	I,55	I,49	I,43
I,84	I,92	I,78	I,7I	I,64	I,58
I,88	2,II	I,96	I,88	I,80	I,74
I,92	2,32	2,I5	2,06	I,98	I,90
2,I6	3,89	3,60	3,46	3,32	3,20

Примечания: I. Значения отношений P_i/P_p в табл.2.5 приняты применительно к нагрузкам на сдвоенные оси распространенных автомобилей.

2. При необходимости получения коэффициентов для приведения сдвоенных осевых нагрузок к расчетной нагрузке на одиночную ось при расстояниях между спаренными осями, промежуточных по отношению к указанным в табл.2.5, допустима линейная интерполяция между ближайшими табличными значениями.

2.8. Для транспортного потока, состоящего из наиболее распространенных автомобилей, указанных в табл.2.6, приведение интенсивности движения к интенсивности расчетных осевых нагрузок можно осуществлять по упрощенной формуле

$$N_п = \sum_{i=1}^{n} N_e K_A , \qquad /2.4/$$

если расчетной является нагрузка группы А, либо по формуле

$$N_п = \sum_{i=1}^{n} N_e K_Б , \qquad /2.5/$$

если расчетной является нагрузка группы Б.

В этих формулах: $N_п$ – интенсивность движения, приведенная к расчетной нагрузке на одиночную ось; N_e – интенсивность движения автомобилей данной марки; n – общее количество марок автомобилей в транспортном потоке; K_A – коэффициент приведения данного автомобиля к расчетной нагрузке группы А; $K_Б$ – коэффициент приведения данного автомобиля к расчетной нагрузке группы Б.

Значения коэффициентов K_A и $K_Б$ даны в табл.2.6. Там же приведены параметры, характеризующие нагрузки на дорожные одежды от наиболее распространенных в настоящее время автомобилей.

2.9. Расчетную интенсивность движения, т.е. интенсивность, для которой производят расчет дорожной одежды на прочность, выражают количеством расчетных осевых нагрузок, проходящих в сутки по одной полосе движения.

При определении расчетной интенсивности движения учитывают:

– число полос движения;

– возможное различие в интенсивностях и составах движения для прямого и обратного направлений;

– тип проезжей части /общая для прямого и обратного направлений или раздельная для каждого направления/.

Таблица 2.6

Основные данные о нагрузках транспортных средств на дорогу и коэффициенты для приведения их к расчетным осевым нагрузкам

Марки транспортных средств	Статическая нагрузка, кгс			Расстояние между сдвоенными осями, м	Среднее расчетное удельное давление на покрытие p, кгс/см^2	Расчетный диаметр следа колеса Д, см	Суммарный коэффициент приведения транспортного средства к расчетной нагрузке на одиночную ось	
	на переднюю ось	на заднюю ось	на сдвоенные оси /суммарная/				10 тс K_a	6 тс $K_б$
I	2	3	4	5	6	7	8	9
Бортовые автомобили:								
ГАЗ-51А	1600	3750	-	-	3,3/3,8	18/25	0,013	0,130
ГАЗ-5203	1500	3950	-	-	3,3/3,8	17/26	0,016	0,161
ГАЗ-53	1650	4600	-	-	3,1/3,5	18/29	0,031	0,314
ГАЗ-53А	1800	5600	-	-	3,1/4,7	19/28	0,074	0,743
УРАЛ-355М	1830	5220	-	-	3,8/5,0	18/26	0,055	0,547
ЗИЛ-130Г и ЗИЛ-130	2580	6950	-	-	3,8/5,8	21/28	0,193	1,933
ЗИЛ-130	3000	8500	-	-	3,8/6,0	22/30	0,494	-
ЗИЛ-164А	2160	6170	-	-	3,8/5,0	19/28	1,114	1,142
МАЗ-200	3570	10060	-	-	4,7/6,0	22/33	1,037	-
МАЗ-500	4230	10000	-	-	4,7/6,0	24/33	1,023	-
МАЗ-500А	4830	10000	-	-	6,6/7,2	22/30	1,05	-
УРАЛ-377	4000	-	11000	1,40	3,5/4,3	27/28	0,181	1,81

1	2	3	4	5	6	7	8	9
МАЗ-516	5530	-	18000	1,46	5,0/5,0	27/34	2,02	-
КрАЗ-257	4670	-	18690	1,50	5,5/5,8	23/32	2,48	-
КамАЗ-5320	4130	-	10900	1,32	6,9/5,0	20/26	0,175	1,75
КамАЗ-53202	4470	-	11000	1,32	6,9/5,0	20/26	0,198	1,98
Автомобили-самосвалы:								
ГАЗ-93А	1590	3800	-	-	3,3/3,8	18/25	0,013	0,134
ГАЗ-53Б	1800	5600	-	-	3,1/4,7	19/28	0,074	0,743
КАЗ-600	2520	5680	-	-	3,8/4,7	20/28	0,081	0,808
ЗИЛ-ММЗ-585	2200	5830	-	-	3,8/5,0	19/27	0,089	0,893
ЗИЛ-ММЗ-555	2750	6550	-	-	3,8/5,8	22/27	0,150	1,503
МАЗ-205	3560	9270	-	-	4,7/5,3	22/34	0,727	-
МАЗ-503	4540	9360	-	-	5,2/6,0	24/31	0,779	-
МАЗ-503А	5250	10000	-	-	6,6/7,2	22/30	1,06	-
КрАЗ-256Б	4480	-	18000	1,40	5,5/6,0	23/31	2,04	-
КамАЗ-5510	4250	-	11250	1,32	6,9/5,0	28/27	0,209	2,09
Автомобили-тягачи:								
ГАЗ-51Ш	1500	3620	-	-	3,3/3,8	17/25	0,014	0,139
ЗИЛ-164АН-ММЗ	2250	7840	-	-	3,8/5,0	18/32	0,344	-
ЗИЛ-157 КВ	2940	-	7260	1,12	3,8-2,8	22/25	0,033	0,339
ЗИЛ-130ВІ	2470	5960	-	-	3,8/5,5	20/26	0,099	0,991

I	2	3	4	5	6	7	8	9
КАЗ-608	2800	5930	-	-	4,7/4,7	20/28	0,098	0,985
МАЗ-200В	3790	I0200	-	-	4,7/6,0	23/33	I,I05	-
МАЗ-504	4030	I0000	-	-	4,7/6,0	23/33	I,0I9	-
УРАЛ-377С	3650	-	I0900	I,40	3,5/4,3	26/28	0,I6I	I,6I
УРАЛ-375С	4I00	-	9I30	I,40	3,5/3,5	27/29	0,09	0,90
КрАЗ-258	4420	-	I7490	I,40	5,5/6,0	23/30	I,87	-
КамАЗ-54I0	3770	-	II000	I,32	6,9/5,0	I9/26	0,I84	I,84
Прицепы:								
ГКБ-8I7	3770	3770	-	-			0,026	0,260
МАЗ-5243	5I50	4860	-	-			0,090	0,903
МАЗ-886	6000	6000	-	-			0,200	2,0
ГКБ-8350	6000	5900	-	-			0,I93	I,929
Полуприцепы:								
ММЗ-584Б	3860	5670	-	-			0,09	0,923
ОдАЗ-868	4350	6000	-	-			0,I24	I,243
КАЗ-7I7	4500	-	II000	I,3I			0,I99	I,99
МАЗ-5245	7800	I0000	-	-			I,335	-
МАЗ-5205А	I2000	-	I3000				2,5	
ОдАЗ-9770 и ОдАЗ-9370	8450	-	II500				0,7	-

Примечания: I. В таблице приведены данные о нагрузках на каждую из осей двухосных и трехосных транспортных средств. В четвертом столбце указана суммарная величина нагрузки на сдвоенные

оси, т.е. нагрузка на каждую из сдвоенных /обычно - задних/ осей трехосного автомобиля равна половине указанного значения.

2. В 6-ом столбце таблицы средние расчетные удельные давления даны в виде дроби, числитель которой соответствует колесам передней а знаменатель - задней оси. Аналогично, расчетный диаметр следа колеса /столбец 7/, указанный в числителе, относится к передней, а в знаменателе - к задней оси. Для сдвоенных осей в настоящее время величины Р и Д равны между собой.

3. В случае необходимости получения коэффициента приведения для транспортных средств, отсутствующих в табл. 2.6, следует для каждой оси пользоваться формулой /2.3/.

Число полос движения определяют согласно рекомендациям п.2.4 и табл.2.I.Возможное отличие в интенсивностях и составах движения определяется характером перевозок,например,груженые автомобили в прямом и незагруженные автомобили в обратном направлении.Вопрос о необходимости устройства раздельных проезжих частей для каждого направления решают в соответствии с п.7.8 СНиП П-Д.5-72.При этом,чем значительнее отличаются нагрузки в прямом и обратном направлениях,тем целесообразнее устраивать раздельные проезжие части с одеждой различной толщины для этих направлений.

Формулы для определения расчетной интенсивности движения в зависимости от числа полос приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Формулы для определения расчетной интенсивности движения в зависимости от числа полос

Число полос движения	$N_п^I \approx N_п^{II}$	$N_п^I > N_п^{II}$	
		общая для двух направлений	Раздельная для каждого направления
I	$N_р = N_п^I + N_п^{II}$	$N_р = N_п^I + N_п^{II}$	-
2	$N_р = 0{,}70\ (N_п^I + N_п^{II})$	$N_р = N_п^I$	$N_р^I = N_п^I$; $N_р^{II} = N_п^{II}$
3	$N_р = 0{,}35\ (N_п^I + N_п^{II})$	$N_р = 0{,}70\ N_п^I$	$N_р^I = 0{,}70\ N_п^I$ $N_р^{II} = 0{,}70\ N_п^{II}$

Примечания: I. В таблице обозначено: $N_р$ - расчетная интенсивность движения; $N_п^I$, $N_п^{II}$ - приведенная к расчетной нагрузке интенсивность движения в одном из направлений,определенная согласно рекомендациям п.2.7 и 2.8; $N_р^I$, $N_р^{II}$ - расчетные интенсивности движения,различные для двух направлений.

2. Если существенного различия в интенсивности и составе движения для прямого и обратного направлений не ожидается,пользуются данными таблицы для $N_п^I = N_п^{II}$,а если ожидается - для $N_п^I > N_п^{II}$,где $N_п^I$ -приведенная интенсив-

ность движения в наиболее грузонапряженном направлении.

3. КОНСТРУИРОВАНИЕ ОДЕЖД

3.I. Конструирование является наиболее ответственным и важнейшим этапом проектирования дорожных одежд.

Конструирование предусматривает разработку вариантов дорожных одежд с учетом их работы в реальных условиях, группы /категории/ дороги, приведенной к расчетной нагрузке интенсивности движения, климатических условий, наличия местных дорожно-строительных материалов, грунтово-гидрологических условий, наличия дорожно-строительных машин, условий организации строительства, опыта службы аналогичных одежд.

Разрабатывают несколько /2-4/ вариантов, в дальнейшем уточняют слои одежд расчетом на прочность и на основе технико-экономических расчетов определяют оптимальный вариант.

3.2. Конструирование каждого варианта сводится к выбору материалов слоев, ориентировочной их толщины и порядка расположения.

В наиболее типовом случае одежды дорог 2-4 групп состоят из трех слоев: покрытия, основания и дополнительного основания. П о к р ы т и е подвергается наибольшим воздействиям механических нагрузок, поэтому его необходимо назначать для одежд 2-4 групп из асфальтобетона в соответствии с рекомендациями, приведенными в табл. 3.I.

3.3. Количество слоев асфальтобетонного покрытия назначают в зависимости от группы дороги, состава и интенсивности движения.

Одежды для групп дорог 2.I, 2.2, 4.I должны иметь двухслойные покрытия и как исключение для 4.I - однослойные. Одежды дорог групп 2.3, 3.I, 3.2, как правило, необходимо устраивать с однослойным асфальтобетонным покрытием и, как исключение, для 2.3, 4.I - с двухслойными.

Толщина однослойных покрытий из условия формирования эксплуатационной прочности должна быть не менее 5 см для горячих и теплых смесей и 3 см - для холодных.

Минимальная толщина двухслойных асфальтобетонных покрытий составляет 7 см. Если верхний слой устраивается из мелко- или

среднезернистой смеси, то минимальная толщина верхнего слоя - 3,5 см, если из крупнозернистой смеси - 5 см. Толщина двухслойных покрытий практически не превышает I2-I4 см.

Двухслойные асфальтобетонные покрытия рекомендуется устраивать сразу в один слой /толстослойные/.

Таблица 3.I

Выбор асфальтобетона для покрытий одежд шахтных дорог

Вид асфальтобетона	Группы дорог											
	2.I, 2.2, 4.I			2.2, 2.3, 4.I, 3.I			2.2, 3.I, 3.2					
	Марка а.б.	Тип а.б.	Марка битума	Марка а.б.	Тип а.б.	Марка битума	Марка а.б.	Тип а.б.	Марка битума			
Горячий	I	А	БНД 40/60 БНД 60/90	II	АБГ	БНД 40/60 БНД 60/90 БНД 90/I30	IУ	Б,В Д	БНД 40/60 БНД 60/90			
		Б,Г	БНД 40/60 П,Ш	Ш	Б В,Д	БНД 40/60 БНД 60/90						
Теплые не применяются				П	А,Б,В Г,Д	БНД I30/200 БНД 200/300 БГ 70/I30 СГ I30/200	Ш IУ	Б,Д Д	БНД I30/200 БНД 200/300 БГ 70/I30 СГ I30/200			
Холодные не применяются				не применяются			П	Бх Вх Дх	СГ МГ	70/I30 70/I30		

3.4. Основание устраивают в один или два слоя.

Верхний слой основания одежд дорог групп 2.I, 2.2, 4.I /при большой грузонапряженности/ должен устраиваться из подобранной по гранулометрическому составу смеси из щебня или гравия, укрепленной органическим вяжущим толщиной от 5 до I0 см. При этом общая толщина слоев покрытия и верхнего слоя основания, устраиваемых из каменных материалов, укрепляемых органическими вяжущими, должна быть не менее I2 см.

Нижний слой основания одежд групп 2.I, 2.2, 2.4 устраивается при большой грузонапряженности из различных материалов - щебня, гравия, шлаков, грунтов - укрепленных различными вяжущими /дегтем,

каменноугольными смолами, цементом, известью, комбинированно двумя вяжущими, золошлаковыми смолами и др./.

Основание для одежд дорог групп 2.I, 2.2, 2.4 при наличии высокоактивных доменных шлаков, обладающих цементирующей способностью, можно устраивать однослойными с минимальной толщиной I5 см, или в виде слоя из щебня /гравия/, укрепленного цементом.

Для одежд дорог группы 4.I основание можно устраивать также в один слой из каменных материалов, шлаков, укрепленных грунтов и из местных каменных материалов, укрепленных цементом.

3.5. Основание одежд дорог групп 2.3, 3.I, 4.I /при средней грузонапряженности/ рекомендуется устраивать в один слой из различных материалов - щебня, гравия, шлаков, укрепленных различными вяжущими грунтов и местных слабопрочных каменных материалов, укрепленных малыми дозами цемента /4-6%/.

3.6. Дополнительное основание играет важную роль в формировании водно-теплового режима и режима прочности одежд. Во II-III дорожно-климатических зонах при избыточном увлажнении и глубоком промерзании этот слой выполняет функции дренирования воды, снижения опасного морозного воздействия /термоизоляционный, противопучинный и др./.

В природных условиях Донбасса проектировать дополнительное основание как морозозащитный, противопучинный или дренирующий слой нет необходимости. В районе Донбасса основным источником увлажнения грунтов полотна являются водяные пары, диффундирующие в течение холодного периода снизу вверх, к дорожной одежде.

В зависимости от паропроницаемости слои одежды разделяют на пористые и плотные. Пористые слои /щебень, гравий, песок, горелая порода, керства, шлак мартеновский/ способствуют термодиффузии пара и повышенному влагонакоплению в холодный период. Плотные слои /грунты, укрепленные различными вяжущими, грунтощебень, щебень слабых каменных пород, на 50-60% смешанный с грунтом/ существенно снижают термодиффузию пара и степень влагонакопления в полотне.

Поэтому при устройстве оснований одежд дорог групп 2.I,

2.2,2.3,3.I,4.I рекомендуется применять плотные слои.

3.7. При проектировании дорог построечного периода /группа I/ необходимо обеспечивать максимально возможное совпадение их в плане с постоянными дорогами группы 2.

В случае полного совпадения проектирование полотна дорог группы I необходимо осуществлять сразу по нормативам для дорог группы 2,а в качестве одежд дорог построечного периода следует принимать переходные конструкции одного из следующих типов:

- сборные железобетонные покрытия на основании из щебня,гравия,шлака,грунтощебня или укрепленных вяжущими грунтов;

- покрытия из подобранных щебеночных смесей,укрепленных органическими вяжущими,на основании из местных каменных материалов,доменного шлака,укрепленных грунтов и т.п.

Окончательный отбор того или иного типа одежды построечных дорог следует осуществлять на основе конкретных технико-экономических расчетов с учетом требуемой продолжительности службы одежды.

Такой подход к проектированию дорог построечного периода обеспечивает возможность применения весьма эффективного для шахтных дорог стадийного способа их строительства.

3.8. Для шахтных дорог с четко выраженным разделением грузового и порожнего движения допускается устройство одежды в пределах полос движения разной толщины.

4. РАСЧЕТ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА ПРОЧНОСТЬ

4.I. Общие положения о расчете одежд

4.I.I. Различают жесткие и нежесткие одежды шахтных и других дорог.Жесткими принято называть дорожные одежды,у которых один или несколько слоев обладают сопротивлением изгибу и модулем упругости,практически не зависящими от температуры и влажности и мало меняющимися в течение всего срока службы одежды.К ним относят дорожные одежды с цементобетонными покрытиями и основаниями.

К нежестким относят одежды,состоящие из слоев,материа-

лы которых характеризуются сопротивлениями изгибу и модулями упругости, существенно зависящими от температуры и влажности, либо из слоев, материалы которых не сопротивляются растяжению при изгибе. Эти одежды включают слои каменных материалов и грунтов, обработанных органическими вяжущими или малыми дозами минеральных вяжущих, а также слои из материалов, не обработанных вяжущими.

В связи с необходимостью обеспечения температурной трещиностойкости в жестких слоях обычно устраивают деформационные швы либо применяют сборные покрытия, чаще всего - цементобетонные плиты. Поэтому жесткие дорожные одежды представляют собой упругие плиты конечных размеров, опирающиеся на деформируемое основание. Для таких конструкций наиболее опасным является расположение колесной нагрузки над стыком плит либо в углу плиты. При расчете нежестких дорожных одежд обычно рассматривают конструкцию бесконечных размеров в плане /по сравнению с размерами отпечатка колеса автомобиля/. Поэтому расчетные схемы для нежестких дорожных одежд различны.

Обеспечить достаточно длительные сроки между капитальными ремонтами покрытий возможно лишь в том случае, если дорожные конструкции под действием эксплуатационных нагрузок работают для расчета дорожных одежд (применяют решения теории упругости.

4.I.2. На основе решений теории упругости была создана новая теория прочности дорожных одежд нежесткого типа с усовершенствованными покрытиями, положенная в основу при разработке инструкции ВСН 46-72.

В I972 г. "Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа" /ВСН 46-72/ была утверждена Минтрансстроем СССР и одобрена Госстроем СССР. Эта инструкция с I.0I.74 г. введена в организациях Минтрансстроя в качестве официального документа взамен ВСН 46-60. С 0I.I0.75 г. инструкция ВСН 46-72 введена в действие по Миндорстрою УССР, а с 0I.08.77 г. во всех организациях Миндорстроя УССР введены в качестве официального нормативного документа "Методические рекомендации по конструированию и расчету нежестких дорожных одежд применительно к ВСН 46-72 для условий УССР/МР 36-77/", разработанные ГосдорНИИ, КАДИ и ХАДИ. Изложенная ниже методика расчета нежестких дорожных одежд шахтных дорог основывается на этих нормативных до-

кументах. Данная методика должна рассматриваться совместно с ВСН 46-72.

Официальный нормативный документ по расчету дорожных одежд с жесткими покрытиями /монолитными либо сборными/ пока отсутствует.

4.I.3. Новый метод расчета нежестких дорожных одежд основан на следующих главных положениях:

А. Дорожные одежды с усовершенствованными покрытиями должны работать без накопления остаточных деформаций.

Б. Напряжения и прогибы рассчитывают по формулам, полученным в теории упругости для многослойной среды, либо по номограммам, построенным на основе этих формул и приведенным в ВСН 46-72.

В. Вычисленные значения напряжений и максимального упругого прогиба /либо значения общего модуля упругости дорожной конструкции $E_{общ.}$, обратно пропорционально максимальному прогибу под колесом /сравнивают с допустимыми величинами и так подбирают толщины слоев и их материалы, чтобы выполнялись три условия предельного состояния дорожной конструкции:

I/ упругий прогиб поверхности покрытия под расчетной нагрузкой в наиболее неблагоприятный период года не должен превосходить величины, допустимой для движения расчетной интенсивности /или общий модуль упругости проектируемой дорожной одежды $E_{общ.}$ должен быть не менее $E_{треб.}$/;

2/ касательные напряжения, возникающие в грунте земляного полотна и в неукрепленных материалах зернистых слоев дорожных одежд, не должны превышать сопротивление грунта либо этих материалов сдвигу;

3/ растягивающие напряжения, возникающие в монолитных /сплошных/ слоях дорожных одежд при изгибе под действием расчетной нагрузки, не должны превышать сопротивления материалов этих слоев растяжению при изгибе/ с учетом усталости материалов этих слоев растяжению при изгибе, с учетом усталости материалов от повторных нагрузок/.

4.I.4. Под воздействием колесной нагрузки в дорожной конструкции возникают вертикальные и горизонтальные перемещения, а также нормальные и касательные напряжения. При проектировании

дорожных одежд рассматривают одно предельное состояние по жесткости всей конструкции /расчет по допускаемому упругому прогибу/ и два предельных состояния по прочности /расчет по сдвигу в грунте и слабосвязных материалах слоев; расчет на растяжение при изгибе монолитных слоев/.

Вначале определяют необходимые расчетные параметры шахтных одежд /см.п.2/; с учетом этих параметров осуществляют конструирование одежды шахтной дороги/ т.е. задаются материалами слоев и их толщинами/, а затем проверяют намеченную конструкцию расчетом по трем предельным состояниям.

4.2. Расчет нежестких одежд по упругому прогибу.

4.2.1. Прогибом называют максимальное вертикальное перемещение поверхности покрытия. Прогиб характеризует общую деформативную способность /жесткость/ дорожной одежды.

Если дорожную одежду условно рассматривать как ограниченную поверхностью покрытия однородную упругую среду, граничная поверхность которой загружена равномерной нормальной нагрузкой интенсивности p, распределенной по кругу /равновеликому отпечатку колеса автомобиля/ диаметром D, то можно определить максимальный прогиб поверхности по известной формуле Ж.Буссинеска

$$w = \frac{pD(1-\mu^2)}{E}, \qquad /4.1/$$

где E, μ – модуль упругости и коэффициент поперечной деформации упругой среды.

Согласно формуле /4.1/ прогиб обратно пропорционален модулю упругости однородной среды. Поэтому вместо упругого прогиба считают удобным при расчете дорожной одежды пользоваться так называемым общим модулем упругости $E_{общ.}$ дорожной конструкции.

Поскольку значения допустимых нормативных прогибов $w_{доп.}$ известны по результатам статистической обработки измерений упругих прогибов на дорогах общей сети, находящихся в удовлетворительном состоянии после длительной эксплуатации, то значения соответствующих требуемых модулей дорожных конструкций $E_{тр.}$ определяются формулой

$$E_{тр} = \frac{pD(1-\mu^2)}{w_{доп}} . \qquad /4.2/$$

Значения $E_{тр.}$ определяют по номограмме МАДИ /рис.4.I/ в зависимости от интенсивности движения на полосу, приведенной к расчетным нагрузкам.

Экспериментальные данные показывают, что требуемый общий модуль упругости дорожной конструкции приблизительно линейно зависит от логарифма интенсивности движения. В частности, для усовершенствованных капитальных покрытий, по данным МАДИ,

$$E_{тр.} = 1150 + 575\ (\lg N_{10} - 1), \qquad /4.3/$$

а для усовершенствованных облегченных покрытий

$$E_{тр.} = 870 + 550\ (\lg N_{10} - 1), \qquad /4.4/$$

где N_{10} – интенсивность движения на полосу, приведенная к расчетному автомобилю с нагрузкой на ось 10 т.

По формулам /4.3/, /4.4/ и аналогичным им построены прямые на рис. 2 инструкции ВСН 46-72 /рис. 4.I приложения 2 настоящих рекомендаций/.

Справа на оси ординат рис. 4.I дополнительно приведены допустимые прогибы, соответствующие требуемым модулям упругости при различных расчетных нагрузках и интенсивностях движения.

4.2.2. Определив значение $E_{тр.}$, находят фактический модуль $E_{общ.}$ намеченной конструкции дорожной одежды.

Решение теории упругости позволяет, зная упругие характеристики E, μ материалов слоев конструкции и толщины этих слоев h, найти максимальный вертикальный прогиб поверхности слоистой конструкции /либо обратно пропорциональный прогибу общий модуль $E_{общ.}$/. Наиболее просто проводить такие расчеты для двухслойных конструкций. Поэтому при расчете дорожных одежд для определения общего модуля многослойной одежды применяют метод послойного попарного последовательного приведения /продвигаясь снизу вверх и рассматривая дорожную одежду как последовательность двух смежных слоев/ и используют номограм-

му,изображенную на рис.4 инструкции ВСН 46-72.Эта номограмма приведена на рис. 4.2 настоящих рекомендаций /приложение 2/.

Если отношение модуля нижнего слоя к модулю верхнего слоя $E_н/E_в$ мало /менее 0,1/, то пользоваться этой номограммой затруднительно.В этом случае следует применять номограмму рис.4.3 /приложение 2 настоящих рекомендаций/, построенную специально для малых значений $E_н/E_в$.

Расчетные значения модулей упругости грунта и слоев дорожной одежды с учетом специфики района и особенностей строительства одежд шахтных дорог устанавливают по данным таблиц, приведенных в 5 и 6 разделах настоящих рекомендаций.

4.2.3. При проектировании дорожных одежд переходного,а иногда и облегченного типа для шахтных дорог с невысокой интенсивностью движения в некоторых случаях требуемый модуль упругости дорожной конструкции может оказаться меньше модуля упругости грунта земляного полотна.

В этом случае следует выбирать тип покрытия в соответствии со СНиП П-Д.5-72 и табл. 2.I настоящих рекомендаций и назначать толщины слоев по конструктивным соображениям с учетом минимальных значений,приведенных в разделе 3 настоящих рекомендаций.

4.2.4. При проектировании одежд шахтных дорог для движения автомобилей с нагрузкой на ось более I2 т дорожную одежду по величине упругого прогиба не рассчитывают,а производят расчет только по сдвигу и изгибу.Это связано с отсутствием надежных данных о значениях допустимых упругих прогибов дорожных покрытий при систематическом движении тяжелых нагрузок.

4.3. Расчет нежестких одежд по сдвигу в грунте и слабосвязных материалах слоев

4.3.I.Касательные напряжения в грунте земляного полотна могут превысить сопротивление грунта сдвигу.Тогда нарушение предельного равновесия приведет к возникновению микросдвигов в грунте,в результате чего воздействие многократных нагрузок вызовет нарушение дорожной одежды.Опасность нарушения предельного равновесия по сдвигу возникает не только в грунте,но и слабопрочных материалах: песок,песчано-гравийная смесь и т.п. Эта опасность особенно велика в период повышенного увлажнения /для Донбасса,как правило,весной/,когда сопротивляемость

сдвигу резко снижается.

Сдвиг – основная форма разрушения /нарушения сплошности/ грунтов и им подобных материалов. Предельное состояние таких материалов наступает, когда касательное напряжение, действующее на наиболее опасной площадке, достигает величины сопротивления грунта или материала сдвигу. Нарушению предельного состояния по сдвигу соответствует условие прочности Кулона-Мора

$$|\tau| \leq c + \sigma \operatorname{tg}\varphi, \qquad /4.5/$$

которое для предельного равновесия принимает форму равенства

$$|\tau| - \sigma \operatorname{tg}\varphi = c, \qquad /4.6/$$

где τ, σ – касательное и нормальное напряжение по некоторой площадке;

c, φ – расчетные параметры, характеризующие сопротивление грунта сдвигу и условно называемые удельным сцеплением /с/ и углом внутреннего трения / φ /.

Величина

$$\tau_a = \tau - \sigma \operatorname{tg}\varphi \qquad /4.7/$$

называется активным напряжением сдвига, поскольку она представляет собой свободное /за вычетом удерживающих сил, обусловленных внутренним трением/ сдвигающее напряжение.

При осесимметричном напряженном состоянии, возникающем в слоистой дорожной конструкции, равномерно загруженной по площади круга, максимальное активное напряжение сдвига от расчетной нагрузки определяется выражением

$$\tau_{a.м.} = \frac{1}{2\cos\varphi}\left[(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3)\sin\varphi\right]. \qquad /4.8/$$

Величины σ_1 и σ_3 можно найти из решения теории упругости для слоистой среды. Расчетные значения параметров φ и С устанавливают по справочным данным /приложения 2 и 3 к ВСН 46-72, а более точно – по таблицам в разделах 5 и 6 настоящих рекомендаций/.

Напряжения в грунте земляного полотна возникают не только под действием внешней нагрузки, но и от собственного веса дорож-

ной одежды. Поэтому условие, при выполнении которого не образуются пластические деформации в грунте, выражается неравенством

$$\tau_{a.м.} + \tau_{a.в.} \leq K'C , \qquad /4.9/$$

где $\tau_{a.в.}$ – максимальное активное сдвигающее напряжение от собственного веса слоев, расположенных над рассматриваемым слоем;

K – комплексный коэффициент запаса.

Правая часть неравенства /4.9/ представляет собой допускаемое активное напряжение сдвига /точнее, расчетное активное сопротивление сдвигу/;

$$\tau_{a.доп} = K'C . \qquad /4.10/$$

Условие /4.9/ означает, что вызванное транспортной нагрузкой и весом слоев дорожной одежды полное активное напряжение сдвига $\tau_a = /\tau_{ам} + \tau_{ав}/$, действующее в наиболее опасной точке /которая, как правило, находится на вертикали, проходящей через центр отпечатка колеса/ по самой опасной из всех площадок, не должно превышать расчетного активного сопротивления сдвигу $\tau_{a.доп}$. При выполнении этого условия не будет возникать пластических смещений в грунте земляного полотна либо в слабосвязном материале слоя.

4.3.2. Комплексный коэффициент запаса K' в /4.10/, учитывающий особенности конструкции и условия работы дорожной одежды, определяют по формуле

$$K' = \frac{K_1 K_2}{n \cdot m} \cdot \frac{1}{K_{пр}} , \qquad /4.11/$$

рекомендуемой ВСН 46-72.

При проектировании одежд шахтных дорог коэффициенты формулы /4.11/ назначают с учетом следующего:

n – коэффициент перегрузки, учитывающий повышение напряжений в одежде по сравнению со статическими из-за динамических перегрузок, вызванных наличием неровностей на проезжей части и колебаниями подвески автомобиля, n = 1,15;

m -коэффициент, учитывающий различные условия взаимодействия на контакте слоев:

а/ если одежда подстилается связными грунтами, то предполагается совместная работа нижнего слоя одежды с грунтом земляного полотна и при расчете по сдвигу в грунте принимают m = 0,65 /случай, более опасный для грунта земляного полотна/;

б/если одежда подстилается слабосвязными скелетными грунтами /песок, крупная супесь/, то предполагается свободное смещение слоев на контакте и принимают m = I,I5 /случай, менее опасный для грунта земляного полотна/;

K_1 -коэффициент, учитывающий возможное снижение под действием повторяющихся нагрузок сопротивления грунта сдвигу вследствие временного нарушения связей между частицами грунта при воздействии напряжений на пленки связанной воды; K_1 = 0,6;

K_2 -коэффициент запаса на неоднородность условий работы, принимаемый по табл.4 ВСН 46-72 в зависимости от интенсивности движения;

$K_{ср}$ -коэффициент, зависящий от требований к эксплуатационным качествам дороги и капитальности покрытия:

а/ для одежд с капитальными покрытиями принимают $K_{ср}$= I;

б/для одежд с покрытиями из обработанных вязким битумом щебеночных и гравийных материалов принимают $K_{ср}$ = 0,85 - 0,95;

в/для одежд и смесей с вяжущими, а также с поверхностной обработкой принимают $K_{ср}$ =0,75+0,85.

В формуле /4.II/ обозначают $K = \frac{K_1}{m \cdot n}$. Тогда условие предельного равновесия /4.9/ принимает вид

$$T_{a.м.} + T_{a.в.} \leq \frac{1}{K_{ср}} K \cdot K_2 \cdot C, \qquad /4.I2/$$

а объединенный коэффициент K в формуле /4.I2/ принимает следующие значения: K =0,8 - для расчета по сдвигу связных грунтов /суглинистые и супесчаные грунты/; K =0,45 - для расчета по сдви-

гу слабосвязных грунтов и материалов /пески,крупные супеси,несвязные обломочные породы/.

Для проверки условия предельного равновесия /неравенство 4.9 или 4.12/ необходимо найти максимальное активное напряжение сдвига от расчетной подвижной нагрузки $\tau_{а.н.}$ и от собственного веса вышележащих слоев $\tau_{а.в.}$.Значения этих величин могут быть установлены либо по формулам теории упругости,либо по построенным с использованием их и приведенным в ВСН 46-72 номограммам.

4.3.3. При определении $\tau_{а.н.}$ необходимо различать две возможные схемы работы подстилающего грунта или слабосвязного слоя с вышележащим слоем одежды - совместная работа и работа со смещением на контакте.Для каждой из этих схем используются свои расчетные номограммы.

При совместной работе грунта или слоя с вышележащим слоем одежды следует использовать номограмму рис.6 с деталью на рис.8 инструкции ВСН 46-72.Эти номограммы приведены на рис.4.4 и 4.5 настоящих рекомендаций,причем номограмма рис.4.4. дополнена кривой для отношения $E_1 / E_2 = 2$.

При свободном смещении слоев в плоскости контакта следует использовать номограмму рис.7 с деталью на рис.9 инструкции ВСН 46-72.Эти номограммы приведены на рис. 4.6 и 4.8 настоящих рекомендаций.

Для возможности использования номограмм при различных расчетных нагрузках активное напряжение сдвига $\tau_{а.н}$ отложено по оси абсцисс в виде безразмерного соотношения $\tau_{а.н.} / p$,где p - среднее расчетное удельное давление от колеса на покрытие.

4.3.4. Активные напряжения сдвига от собственного веса дорожной одежды $\tau_{а.в.}$ определяют по номограмме рис. 10 ВСН 46-72.Эта номограмма с дополнительной дифференциацией по φ приведена на рис.4.8 настоящих рекомендаций.

Активные напряжения $\tau_{а.в.}$ в грунте или слое от собственного веса вышележащих слоев пропорциональны общей толщине этих слоев. Если при этом угол внутреннего трения меньше 15^0,то напряжения от собственного веса складываются с активными напряжениями сдвига от колесной нагрузки.Напротив,при $\varphi > 15^0$ величина $\tau_{а.в.}$ - отрицательная,т.е. вес вышележащих слоев способствует повышению сдвигоустойчивости грунта,и действие внешней нагрузки частично

компенсируется пригрузкой от вышележащих слоев.

При расчете одежд шахтных дорог в отдельных случаях активные напряжения сдвига от собственного веса $\tau_{а.с.}$ по абсолютной величине могут превышать максимальные активные напряжения от колесной нагрузки, причем $\tau_{а.с.}$ – отрицательное. В этих случаях полное активное напряжение сдвига $\tau_{а} = \tau_{а.с.} + \tau_{а.м.}$ принимает отрицательное значение. Это означает, что условие равновесия по сдвигу выполняется при любом удельном сцеплении грунта или материала слоя. Такие случаи обычно встречаются при проверке по критерии предельного равновесия песчаных оснований либо песчаных и супесчаных грунтов земляного полотна, характеризующихся большими значениями угла внутреннего трения φ .

4.3.5. При расчете по сдвигу в грунте и слабосвязных материалах слоев шахтных дорожных одежд необходимо обращать внимание на правильное определение комплексного коэффициента запаса K' /формула 4.II/.

Если расчет производится на неподвижную /статическую/ либо медленно движущуюся нагрузку/ скорость не более 20 км/ч/, допустимо принимать коэффициент n =I,0.

При относительно невысокой интенсивности движения /до 500 приведенных к группе Б расчетных нагрузок в сутки на одну полосу или до 50 приведенных к группе А/ коэффициент K_1 можно повысить до значения K_1 =0,8, если проверяемый на прочность при сдвиге грунт полотна имеет расчетную относительную влажность менее 0,6.

Поэтому для медленно движущихся тяжелых нагрузок и невысокой интенсивности движения при расчете одежд шахтных дорог значение объединенного коэффициента K' можно принимать: для расчета по сдвигу связных грунтов – K' =I,23; для расчета по сдвигу слабосвязных грунтов и материалов /пески, крупные супеси, дресва и т.д./ – K' =0,7.

При расчете всех дорожных одежд, имеющих конструктивные слои из материалов, укрепленных цементом, следует принимать K_{m} =I поскольку для таких конструкций пластические смещения в подстилающих слоях и грунте особенно опасны.

Согласно ВСН 46–72 коэффициент K_2 скачкообразно зависит от интенсивности движения, что создает неопределенность при его

выборе /напр., при N =99 авт/сут. K_2 =I,0, а при N =IOI авт/сут K =0,80/. Поэтому с учетом предложения Ленфилиала СоюздорНИИ данные ВСН 46-72 заменены графиком для определения коэффициента K_2 /рис.4.9 настоящих рекомендаций/.

4.4. Расчет слоев нежестких дорожных одежд на растяжение при изгибе.

Каменные материалы и грунты, укрепленные различными вяжущими, в большинстве случаев относятся к монолитным материалам /за исключением материалов, содержащих жидкие органические вяжущие/. Для таких материалов, способных работать на изгиб в слоях дорожных одежд, растягивающие нормальные напряжения, возникающие при изгибе, обычно опаснее касательных напряжений. Поэтому условием прочности монолитных материалов служит сохранение их сплошности при изгибе. К таким материалам относятся асфальтовые бетоны, битумоминеральные и дегтеминеральные смеси, а также материалы полужесткого типа: укрепленные цементом щебень и гравийный материал; укрепленные цементом, известью либо известково-зольными вяжущими каменные материалы пониженной прочности, отходы камнедробления, отвальные золошлаковые смеси тепловых электростанций, укрепленные грунты и т.п.

4.4.I. Растягивающие напряжения, возникающие под действием колесной нагрузки в связных слоях, способных работать на изгиб, могут превзойти сопротивление материалов этих слоев растяжению при изгибе. Опасность нарушения предельного состояния по растяжению при изгибе монолитных слоев особенно велика в период повышенного увлажнения /для УССР, как правило, весной/, когда модуль упругости грунта земляного полотна резко снижается /после весеннего оттаивания грунта/.

Материалы всех монолитных слоев дорожных одежд лучше сопротивляются сжатию, чем растяжению. Поэтому для таких слоев условие прочности выражается неравенством

$$\sigma_r \leq R_n, \qquad /4.I3/$$

где σ_r -наибольшее растягивающее /горизонтальное нормальное/ напряжение, возникающее при изгибе слоя;

R_n -расчетное сопротивление растяжению при изгибе.

4.4.2. Значения σ_r могут быть вычислены по формулам теории упругости. Для упрощения вычислений используют номограммы. Номограмма, представленная на рис. I3 ВСН 46-72, предназначена для определения σ_r в верхнем монолитном слое при свободном смещении на контакте между слоем и подстилающим его основанием /например, для определения напряжений в асфальтобетонном покрытии при недостаточном его сцеплении с верхним слоем основания/. По номограмме определяют значения максимального растягивающего напряжения $\bar{\sigma}_r$ от единичной нагрузки, а затем находят σ_r по формуле

$$\sigma_r = n p \bar{\sigma}_r , \qquad /4.I4/$$

где n – коэффициент перегрузки, учитывающий динамичность нагрузок в связи с неровностями поверхности покрытия и колебаниями подвески автомобиля, принимаемый равным I,I5;

p – среднее расчетное удельное давление на покрытие.

Номограмма на рис. I4 ВСН 46-72, предназначенная для определения σ_r в промежуточном монолитном слое /например, в основании из укрепленного вяжущим материала/, построена для случая совместного смещения на контакте этого слоя с вышележащим слоем. Определив $\bar{\sigma}_r$ по этой номограмме, находят σ_r по формуле /4.I4/. Указанные номограммы для определения σ_r приведены без изменений на рис. 4.I0, 4.II настоящих рекомендаций.

При проверке условия /4.I3/ для промежуточных битумосодержащих монолитных слоев необходимо учитывать следующее: если нижняя поверхность слоя находится на глубине более $0{,}8\,D$ / D – расчетный диаметр следа колеса/, то следует принимать схему совместной работы слоя с нижними слоями /без взаимных смещений в плоскости контакта/; при менее глубоком расположении слоя необходимо принимать схему со свободным смещением между слоем и подстилающим его основанием.

4.4.3. Для проверки условия предельного равновесия /4.I3/ необходимо сопоставить наибольшее растягивающее напряжение в монолитном слое с расчетным сопротивлением материала этого слоя растяжению при изгибе R_u. Расчетное сопротивление растяжению при изгибе устанавливают по справочным данным /раздел 6 настоящих ре-

комендаций/либо находят экспериментально по результатам испытания образцов.

Значение расчетного сопротивления R_u ,с которым сопоставляется σ_r ,зависит от расчетной температуры /для слоев,содержащих органические вяжущие вещества/ и перспективной интенсивности движения,определяющей необходимый запас на усталость материала монолитного слоя при многократном повторном изгибе.

4.5. Последовательность и техника расчета нежестких одежд.

4.5.I. Согласно п.3.8 ВСН 46-72 расчеты по всем критериям-по упругому прогибу,по сдвигу и на растяжение при изгибе являются обязательными для одежд с усовершенствованными покрытиями. Поэтому в результате расчетов по этим критериям можно получить следующие три показателя,служащие мерой удовлетворения условий предельного состояния:

$$K_E = \frac{E_{общ.}}{E_{тр.}} , \qquad /4.I5/$$

$$K = \frac{\tau_{а.доп.}}{\tau_{о.}} , \qquad /4.I6/$$

$$K = \frac{R_u}{\sigma_r} . \qquad /4.I7/$$

Прочные конструкции имеют коэффициенты $K_i \geqslant I$.При идеально выполненном расчете $K_E = K_\tau = K_\sigma = I,00$.Однако запроектировать дорожную одежду так,чтобы коэффициенты прочности по всем критериям одновременно были близкими к единице,чаще всего практически невозможно.Вместе с тем необходимо стремиться,чтобы два из трех этих коэффициентов приблизились к единице,принимая значение в диапазоне от 0,95 до I,05.

Порядок проведения расчета не влияет на его результат,однако от него зависит объем вычислений.

Каждый из критериев предельного состояния имеет наиболее существенное значение при определенном движении и состоянии грунта.Поэтому с целью исключения излишних вычислений целесообразно начинать непосредственно с расчета по этому определяющему критерию.Условия,в которых тот или иной критерий является опре-

деляющим, приведены в табл. 4.I.

Дополнительно к рекомендациям табл.4.I необходимо иметь в виду, что при наличии в намеченной дорожной конструкции слоя из материала либо грунта, укрепленного неорганическим вяжущим, следует, как правило, начинать расчет с проверки условия прочности этого слоя на растяжение при изгибе.

Таблица 4.I

Критерии прочности, с которых целесообразно начинать расчет нежестких дорожных одежд

Интенсивность движения, расчетных нагрузок в сутки на полосу	Грунт: Супесь пылеватая, суглинок, глина. Расчетная влажность W / W_T					
	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
I00	K_E	K_E, K_δ	K_δ	K_T		
500	K_δ	K_E	K_T, K_E			
I000		K_E				
3000						
5000				K_T K_E	K_T	

Интенсивность движения, расчетных нагрузок в сутки на полосу	Грунт: Супесь легкая непылеватая. Расчетная влажность W / W_T				Супесь легкая крупная	Песок мелкий
	0,65	0,70	0,75	0,80		
I00	K_E, K_δ			K_E	K_E, K_δ	K_T
500	K_E					
I000						K_T, K_E
3000					K_E	
5000						

4.5.2. Поскольку на шахтных дорогах в перспективе весьма вероятным является применение транспортных средств с осевой нагрузкой более I0–I2 т, то следует учитывать, что надежные данные о $E_{тр}$ для таких условий, как отмечалось в п. 4.2.4., отсут-

ствуют.Поэтому одежды с усовершенствованными покрытиями для таких дорог следует обязательно рассчитывать по изгибу и сдвигу. Одежды же с покрытиями переходного типа для таких нагрузок целесообразно рассчитывать только по критерию предельного равновесия при сдвиге в грунте земляного полотна.Если образование остаточных деформаций в грунте будет практически исключено,то достаточно будет поддерживать ровность переходного покрытия в процессе содержания шахтной дороги.

4.5.3. Опыт проектирования одежд по инструкции ВСН 46-72 показывает,что толщина дорожной одежды в значительной мере зависит от расчетного значения влажности,обусловливающего расчетные механические характеристики грунта земляного полотна /E,c,φ /. Поэтому проектирование дорожных конструкций должно включать одновременное решение технико-экономической задачи:добиваться ли снижения влажности грунта земляного полотна путем увеличения высоты насыпи,укладки слабопаропроницаемого слоя поверх грунта земляного полотна и др. или увеличить толщину дорожной одежды,не осуществляя специальных мероприятий по регулированию водно-теплового режима либо улучшению грунта верхней части земляного полотна.От правильного решения этого вопроса зависит строительная стоимость одежды шахтной дороги.

4.6. Конструирование и расчет одежд шахтных дорог из сборных армированных цементобетонных плит;

4.6.I. Одежды шахтных дорог из сборно-разборных железобетонных плит обладают следующими важными преимуществами:

- возможность круглогодичного изготовления плит в стационарных условиях /з-ды ЖБК,полигоны/ и заблаговременного создания их запаса;
- возможность механизированной укладки;
- возможность ввода дороги в эксплуатацию тотчас после укладки плит;
- возможность производства работ в холодное время года;
- удобство временного демонтажа плит для прокладки различных коммуникаций в период производства строительно-монтажных работ;
- возможность повторного использования плит.

Наряду с этим,покрытия из сборных плит имеют недостатки:

трудно обеспечить непрерывное опирание подошвы плиты на основание и обеспечить высокую ровность покрытия ввиду несовершенства конструкции стыков. Эти недостатки в ряде случаев приводят к существенному снижению долговечности сборных железобетонных покрытий.

4.6.2. Установлены следующие общие требования к плитам для покрытий автомобильных дорог: марка бетона по прочности на сжатие - не менее 300; марка бетона по прочности на растяжение при изгибе - не менее 45; морозостойкость в умеренных климатических условиях - не менее 100.

Размер сборных плит устанавливают в зависимости от возможностей оборудования на заводах ЖБК, грузоподъемности автомобилей и кранов и геометрии поперечника проезжей части. Наиболее часто для дорог промышленных предприятий применяют квадратные плиты с размерами в плане 150 х 150 см либо 175 х 175 см или прямоугольные в размерами 150 х 175 см. Как правило, стремятся применять плиты больших размеров в плане. Однако при этом возрастают усилия в плитах от монтажных нагрузок.

Толщина плит обычно составляет 14-22 см и уточняется расчетом на нагрузку от автомобиля и на нагрузку при монтаже плит.

4.6.3. Одежду из сборных плит укладывают на прочное и ровное основание. Если сборное покрытие предполагается в дальнейшем перестроить в дорожную одежду с покрытием усовершенствованного капитального типа /например, асфальтобетонным/, то целесообразно укладывать плиты на основание из грунта или каменных материалов, укрепленных цементом, битумом или дегтем /в местах, где отсутствует вероятность демонтажа плит в связи с укладкой коммуникаций/.

Если же не предусматривается такая перестройка или предполагается неоднократная разборка участков покрытия шахтной дороги из плит при устройстве различных коммуникаций /водопровод, теплотрасса, кабели и т.п./, то целесообразно устраивать основание из рядового щебня, поскольку такое основание нетрудно вскрыть, а затем вновь уплотнить.

4.6.4. Прочность покрытия из плит зависит от свойств материала плиты и основания, от конструкции плиты, от того, насколько плотно плиты прилегают к основанию.

В основу метода расчета плитных покрытий положена теория

упругости.Основными нагрузками,которые учитывают при расчете сборных покрытий,являются нагрузки от веса автомобилей,монтажные нагрузки и температурные воздействия.

Усилия от изменения температуры,которые в монолитных цементобетонных покрытиях могут вызывать значительные напряжения, в сборных покрытиях вызывают напряжения значительно меньшей величины,так как размеры плит сборных покрытий,как правило,значительно меньше монолитных.

Наибольшие напряжения в сборных покрытиях возникают от воздействия автомобилей.Поэтому сборные плиты следует рассчитывать на нагрузку от колеса автомобиля с проверкой на монтажные нагрузки.

4.6.5. Расчетную нагрузку,передаваемую колесом на покрытие, определяют по формуле

$$P_р = К_д п_р P \ , \qquad /4.I8/$$

где P – полная статическая нагрузка на колесо,равная половине нагрузки на ось расчетного автомобиля /см.табл. 2.3; 2.6/;

$к_д$ – коэффициент динамичности,принимаемый равным I,2;

$п_р$ – коэффициент перегрузки,принимаемый в пределах I-I,I.

4.6.6. Цементобетон,применяемый для изготовления плит сборных покрытий шахтных дорог,должен удовлетворять требованиям ГОСТ 8424-72 "Бетон дорожный".Расчетными характеристиками бетона являются предел прочности на растяжение при изгибе $R_{рш.}$, модуль упругости $E_б$ и коэффициент Пуассона $\mu_б$.Значения $E_б$ и $\mu_б$ и нормативной прочности цементобетонов приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Механические характеристики бетона

Марка бетона по прочности на сжатие $R_{сж}$,кгс/см^2	300	350	400	500
Марка бетона по прочности на растяжение при изгибе $R^н_{рш}$	40	45	50	55
Модуль упругости бетона $E_б$	3I5000	330000	350000	380000
Коэффициент Пуассона $\mu_б$	0,I5	0,I5	0,I6	0,I6

Расчетное сопротивление бетона растяжению при изгибе находят по формуле

$$R_{р.и.} = R''_{и} K_{б} K_{у}, \qquad /4.19/$$

где $R''_{и}$ – прочность на растяжение при изгибе, принимаемая в зависимости от марки бетона по табл. 4.2;

$K_{б}$ – коэффициент однородности бетона, принимаемый $K_{б}$ = = 0,6 – 0,7;

$K_{у}$ – коэффициент, учитывающий усталость при повторной нагрузке и принимаемый равным 0,55 – 0,60.

4.6.6. Перед расчетом оценивают приближенное значение толщины плиты по формуле

$$h = \sqrt{\frac{P_{р}}{R_{р.и.}}}, \qquad /4.20/$$

где $P_{р}$ – расчетная нагрузка, передаваемая колесом на покрытие и определяемая по формуле /4.18/;

$R_{р.и.}$ – расчетное сопротивление бетона растяжению при изгибе, которое находят по формуле /4.19/.

4.6.8. Расчет сборной плиты начинают с определения показателя гибкости плиты по формуле

$$S = \frac{3E_{общ.}\, d^{3}(1-\mu^{2})}{8Eh^{3}(1-\mu^{2}_{гр})}, \qquad /4.21/$$

где h – ориентировочная толщина плиты, найденная по формуле /4.20/;

d – диаметр круга, вписанного в очертания плиты в плане;

μ – коэффициент Пуассона для цементобетона /табл.4.2/;

E – модуль упругости цементобетона /табл.4.2/;

$\mu_{гр}$ – средний коэффициент Пуассона для грунта и материала основания под плитой, который принимают равным 0,30;

$E'_{общ.}$ – общий модуль упругости конструкции, подстилающей цементобетонную плиту, который находят согласно п.4.2 настоящих рекомендаций с использованием номограммы 4.2 /приложение 2/.

Поскольку наиболее часто применяют плиты, близкие к квадрат-

ным, их с целью упрощения рассчитывают по формулам, найденным для круглых плит.

В зависимости от величины показателя гибкости плиты различают три случая:

I/ при $S > 10$ плиту относят к гибким и рассчитывают как плиту бесконечных размеров в плане;

2/ при $0,5 < S \leq 10$ считают, что плита имеет конечную жесткость;

3/ при $S \leq 0,5$ плиту считают абсолютно жесткой.

В первом случае / $S \geq 10$/ изгибающий момент в плите под центром отпечатка колеса на поверхности дорожного покрытия находят по формуле

$$M_p = P_p(1 + \mu)\,(0,0507 - 0,183 \lg aR), \qquad /4.22/$$

где $R = \frac{D}{2}$ - радиус круга, равновеликого отпечатку колеса на поверхности дорожного покрытия /табл. 2.3 и 2.6 настоящих рекомендаций/;

P_p - расчетная нагрузка по формуле /4.18/;

μ - коэффициент Пуассона для бетона /табл.4.2/;

a - величина, определяемая по формуле

$$a = \frac{1}{n}\sqrt[3]{\frac{6E'_{общ}(1-\mu^2)}{E(1-\mu^2_{ср})}}. \qquad /4.23/$$

Входящие в /4.23/ величины определяют так же, как величины в формуле /4.21/.

Во втором случае /$0,5 < S \leq 10$/ изгибающий момент в центре плиты

$$M_p = P_p\,(M_A + M_B), \qquad /4.24/$$

где M_A, M_B - величины, значения которых принимаются по табл.4.3 и 4.4 в зависимости от показателя гибкости плиты и отношения D/a /диаметра D круга, равновеликого отпечатку колеса автомобиля, к диаметру a круга, вписанного в очертания плиты в плане/

Таблица 4.3

Значения M_A

S	0,5	I,0	2	3	5	I0
M_A	-0,052	-0,056	-0,066	-0,074	-0,86	-0,I08

Таблица 4.4

Значения M_B и M_C

$\mathcal{D}/a$	M_B при $0,5 < S \leq I0$	M_C при $S \leq 0,5$
0,005	0,57I	0,532
0,0I	0,507	0,468
0,02	0,433	0,403
0,03	0,405	0,366
0,04	0,378	0,339
0,05	0,358	0,3I8
0,075	0,320	0,280
0,I0	0,293	0,254
0,I5	0,255	0,2I5
0,20	0,224	0,I85

В третьем случае / $S \leq 0,5$/ изгибающий момент

$$M_p = P_p M_c, \qquad /4.25/$$

где M_c – величина, определяемая в зависимости от $\mathcal{D}/a$ по табл. 4.4.

Величины M_A; M_B, M_C – безразмерные, а расчетный изгибающий момент имеет размерность силы, т.е. отнесен к единице ширины плиты /кгс/см – погонный изгибающий момент/.

Во втором и третьем случаях / $S \leq I0$/ принимают во внимание разгружающее влияние соседних плит, если обеспечена надежная связь между плитами. Для этого вначале определяют поперечную силу от влияния плит

$$q = \bar{q}\,\frac{2P_p\sqrt[3]{2S}}{a}, \qquad /4.26/$$

где S' – величина показателя гибкости плиты /по формуле /4.2I/;

$\bar{Q}$ – безразмерная величина, приведенная в табл. 4.5

Таблица 4.5

Значения $\bar{Q}$

$\sqrt{2S}$	0,01	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
$\bar{Q}$	1,582	0,779	0,367	0,224	0,150	0,105	0,074	0,053	0,038	0,019

Затем находят разгружающий момент

$$M_q = \bar{M}_q \cdot q \frac{a}{2} \qquad /4.27/$$

и, вычисляя его из M_p, получают расчетный изгибающий момент с учетом влияния соседних плит:

$$M_{p\pi} = M_p - M_q \,. \qquad /4.28/$$

Значения M_q в формуле /4.27/ берут из табл. 4.6

Таблица 4.6

Значения M

	0,5	1	2	3	5	10
$\bar{M}_q$	0,264	0,247	0,220	0,197	0,161	0,106

4.6.9. Толщину плиты определяют по формуле

$$h = \sqrt{\frac{6M_{p.u.}}{R_{p.u}}} \,, \qquad /4.29/$$

где $M_{p.u.}$ – расчетный изгибающий момент, определяемый по формулам /4.22/, /4.24/ или /4.25/ либо с учетом соседних плит – по формуле /4.28/;

$R_{p.u}$ – расчетное сопротивление бетона растяжению при изгибе, определяемое по формуле /4.19/.

Условие прочности бетона имеет вид

$$\sigma = \frac{6M}{mbh^2} \leq R_{p.u.} \,, \qquad /4.30/$$

где σ – максимальное напряжение в плите от растяжения при изгибе;

m – коэффициент условий работы, принимаемый для сборных плит 0,8–0,9;

b - единица ширины плиты, равная I м, если толщина плиты выражается в м, и равная I см, если толщина плиты выражается в см.

Толщину плиты, найденную по формуле /4.29/, рекомендуется округлять с запасом до ближайшего четного значения.

Напряжение, вычисленное по формуле /4.30/, должно отличаться от расчетного сопротивления R не более чем на 5%.

4.6.IO. Напряжения в плите при монтаже находят, рассматривая плиту как балку на двух опорах с равномерно распределенной нагрузкой от собственного веса плиты.

С учетом динамичности изгибающий момент

$$M = K_{дн} \frac{q l^2}{8}, \qquad /4.3I/$$

где $K_{дн}$ = I,5 - 2,0; $q = P/l$; P - вес плиты; l -длина плиты.

Напряжение в бетоне от монтажной нагрузки

$$\sigma = \frac{6M}{m b_1 h^2} \qquad /4.32/$$

не должно превышать прочности цементобетона на изгиб, причем m = =0,8-0,9; b_1 -ширина плиты; h -толщина плиты.

Требуемое количество арматуры устанавливают обычными для железобетонных конструкций методами.

5. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

5.I. Расчетные характеристики грунтов существенно зависят от комплекса природных условий: климата, рельефа местности, грунтовых и гидрологических условий, интенсивности увлажнения грунтов полотна, особенно в период повышенного увлажнения.

Воздействие географических комплексов на дорожные конструкции учитывается дорожно-климатическим районированием.

Вся территория Донбасса, отнесенная к четвертой дорожно-климатической зоне, разделена на три дорожных района - 9, IO, II /рис. 5.I/.

5.2. Расчетные характеристики грунтов - влажность W , модуль упругости грунтов E_o , угол внутреннего трения φ , удельное сцепление C - принимаются в зависимости от дорожного района, типа грунта, условий увлажнения, расчетной нагрузки, группы и категории дорог, водно-тепловых свойств граничного слоя дорожной одежды.

В табл.5.I-5.4 приведены расчетные характеристики грунтов для проектирования одежд шахтных дорог Донбасса.

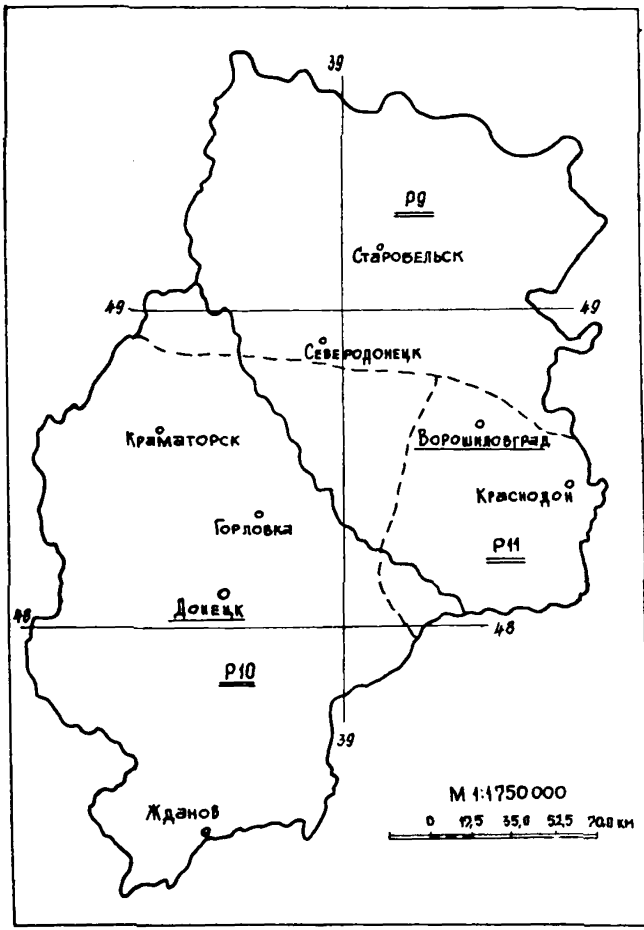


Рис. 5.1. Дорожно - климатическое районирование Донбасса

Таблица 5.I

Расчетные характеристики грунтов для первой группы увлажнения и пористых граничных слоев

№ районов	Тип грунта	Расчетная влажность		Расчетные характеристики грунтов для влажности W_1			Расчетные характеристики грунтов для влажности W_2		
		W_1	W_2	E_0	φ	C	E_0	φ	C
Р. 9	Н	0,6I	0,59	480	23,6	0,3I	520	2I	0,33
	П	0,62	0,6I	470	23	0,30	480	23,6	0,3I
Р.I0	Н	0,63	0,60	450	22,2	0,29	500	24	0,32
	П	0,65	0,62	4I0	2I	0,25	470	23	0,30
Р.II	Н	0,72	0,69	3I5	I6,8	0,I7	350	I8,6	0,20
	П	0,74	0,7I	290	I5,6	0,I5	325	I7,4	0,I8

Таблица 5.2

Расчетные характеристики грунтов для II-й группы увлажнения и пористых граничных слоев

№ районов	Тип грунта	Расчетная влажность		Расчетные характеристики грунтов для влажности W_1			Расчетные характеристики грунтов для влажности W_2		
		W_1	W_2	E_0	φ	C	E_0	φ	C
Р. 9	Н	0,63	0,60	450	22,2	0,28	500	24	0,32
	П	0,65	0,62	4I0	2I	0,25	470	23	0,30
Р.I0	Н	0,64	0,62	430	2I,6	0,27	470	23	0,30
	П	0,66	0,64	400	20,4	0,24	430	2I,6	0,27
Р.II	Н	0,74	0,70	290	I5,6	0,I5	340	I8	0,I9
	П	0,76	0,72	270	I4,2	0,I4	3I5	I6,8	0,I7

Таблица 5.3

Расчетные характеристики грунтов для I-й группы увлажнения и плотных граничных слоев

№ районов	Тип грунта	Расчетная влажность		Расчетные характеристики грунтов для влажности W_1			Расчетные характеристики грунтов для влажности W_2		
		W_1	W_2	E_0	φ	C	E_0	φ	C
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0

I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO
Р. 9	Н	0,55	0,53	6I5	29	0,39	660	29,5	0,4I
	П	0,57	0,55	570	27	0,36	6I5	29	0,39
Р.IO	Н	0,57	0,55	570	27	0,36	6I5	29	0,39
	П	0,59	0,57	520	25	0,33	570	27	0,36
Р.II	Н	0,63	0,60	450	22	0,29	500	24	0,32
	П	0,65	0,62	4I0	2I	0,25	470	23	0,30

Таблица 5.4

Расчетные характеристики грунтов для II-й группы увлажнения и плотных слоев

№ районов	Тип грунта	Расчетная влажность		Расчетные характеристики грунтов для влажности					
				W_1			W_2		
		W_1	W_2	E_o	φ	C	E_o	φ	C
Р. 9	Н	0,56	0,54	590	28	0,37	645	29	0,40
	П	0,58	0,56	545	26	0,35	590	28	0,37
Р.IO	Н	0,58	0,55	545	26	0,35	6I5	29	0,39
	П	0,60	0,57	500	24	0,32	570	27	0,36
Р.II	Н	0,65	0,63	4I0	2I	0,25	450	22,2	0,28
	П	0,67	0,65	390	I9,8	0,23	4I0	2I	0,25

Примечания:

I. Тип грунта Н - суглинки непылеватые, глины; П - суглинки пылеватые.

2. Модуль упругости грунта E_0 и удельное сцепление С в кг/см^2, φ - в градусах.

3. Расчетную влажность W_1 следует принимать при проектировании одежд на нагрузки группы А и сверхтяжелые, а также при проектировании одежд дорог групп 2.I, 2.2, 4.I /большая грузонапряженность/ и дорог категорий Ш-п. Во всех остальных случаях принимать расчетную влажность W_2 .

6. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛОЕВ ОДЕЖД

Рекомендуемые для условий шахтных дорог Донбасса значения расчетных характеристик слоев одежд из различных материалов приведены ниже в табл.6.I - 6.4.Приведенные значения расчетных характеристик слоев одежд существенно расширены в сравнении с имеющимися в ВСН 46-72,дифференцированы и уточнены с учетом региональных условий Донбасса и особенностей организации и технологии строительства одежд шахтных дорог.

Таблица 6.I

Расчетные характеристики асфальтобетонов

Тип асфальтобетона	Марка битума	Расчетные характеристики					
		Расчетный модуль упругости, $кг/см^2$	Расчетное сопротивление растяжению при изгибе в $кг/см^2$ при интенсивности движения в расч.автом.				
			20-35	35-70	75-225	250-400	до1000
А	БНД 40/60	9000	25	23	I9,5	I8,2	I5,3
	БНД 60/90	7000	23,5	20,2	I7,5	I6,0	I3,5
	БНД 90/I30	5000	22	I9,5	I5,3	I4,2	II,3
	БНД I30/200	4000	20,4	I7,5	I3,2	I2,2	9,4
Б	БНД 40/60	I3000	3I	28,5	23,5	22,4	I9,0
	БНД 60/90	II000	3I	28,0	23,0	2I,6	I7,8
	БНД 90/I30	8000	29	25,5	20,0	I8,5	I4,8
	БНД I30/200	6000	26,0	22,5	I6,8	I5,4	II,9
В	БНД 40/60	I7000	35,5	32,5	27,5	25,6	2I,6
	БНД 60/90	I4000	36	32,5	27	25	2I,5
	БНД 90/I30	I0000	30,5	27,0	2I,2	I9,6	I5,6
	БНД I30/200	8000	3I,5	27,2	20,4	I8,7	I4,4
	БНД 40/60	I5000	29,6	27	23	2I,4	I8,2
	БНД 60/90	I2000	28,2	20,7	I9,4	I9,4	I6,0
	БНД 90/I30	9000	30,5	27	2I,2	I9,6	I5,6
	БНД I30/200	7000	26,0	22,4	I6,8	I5,4	II,9
Нижний слой /без минерального порошка/	БНД 60/90	9000	I8,8	I6,8	I3,8	I2,9	I0,9
	БНД 90/I30	8000	I8,6	I6,4	I3,0	I2,0	9,5
	БНД I30/200	7000	I6,6	I4,4	I0,8	I0,0	7,8

Таблица 6.2

Расчетные характеристики материалов и грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими

№ п/п	Материал конструктивного слоя	К-во вяжущего в % по весу	Расчетный модуль упругости E, кг/см^2	Расчетное сопротивление растяжению при изгибе $R_и$, кг/см^2	Примечание
I	2	3	4	5	6
I.	Подобранные щебеночные и гравийные материалы, укрепленные портландцементом	4 6 7-8	4000 5000-5500 6000-7000	2-2.5 3-4 5-6	Меньшие значения для гравийных материалов
2.	Подобранные щебеночно-гравийные материалы, укрепленные добавками гранулированного шлака в количестве 25-30%		2500	I,5	
3.	Малопрочные песчаники плотного зернового состава, укрепленные портландцементом	5 7 9	2200 3000 4000	I,5 2,2 2,7	
4.	Слабоактивные песчаники Ворошиловградской области малопрочные и отходы камнедробления прочных песчаников плотного зернового состава с активизирующими добавками /опока, трепел и т.п. в количестве I5-25%/, укрепленные известью	5 7	3300 4500	I,5 2,I	

I	2	3	4	5	6
5.	Малопрочные местные каменные материалы или отходы камнедробления /известняки, песчаники и др./ в смеси с супесью или песком, укрепленные портландцементом	6-7	2500-3500	2-2,5	В зависимости от количества скелетных фракций, их прочности и количества цемента
6.	Побочные продукты промышленности:				
	а/ отходы камнедробления /высевки/ прочных пород, укрепленные цементом	4	I700	I,4	
		6	3000	2,3	
		8	4000	3,0	
		I0	4600	4,0	
	б/ отвальная золошлаковая смесь тепловых электростанций УССР, укрепленная цементом	4	4000	3,2	
		5	5000	4,5	
		6	5700	5,5	
	в/ отвальная золошлаковая смесь тепловых электростанций УССР, укрепленная известью с активностью не менее 60%	4	3500	3,5	
		5	4600	4,5	
7.	Минеральный бетон на металлургических шлаках активных или высокоактивных /металлургический шлак с добавкой 20-25% муки с поливкой водой/		4000	2-2,5	
8.	Грунты, укрепленные цементом:				
	а/ суглинки, супеси пылеватые	4	I300	0,7	
		6	I700	I,2	
		8	2300	I,5	
		I0	2700	2,0	
		I2	3000	2,5	
	б/ легкие супеси, пески мелкие /кроме однозернистых/ и пылеватые	4	I600	I,0	
		6	2500	I,4	
		8	3300	I,8	
		I0	4200	2,2	
		I2	4800	3,2	
		I4	5800	3,2	

I	2	3	4	5	6
9.	Грунты, укрепленные добавкой 25-30% молотого гранулированного доменного шлака и 4-5% извести		I400-I800	I,3-I,7	

Примечания:

II Для указанных в п.п. I,3,4,5,6а,8б материалов, укрепленных портландцементом с добавкой зол уноса используют те же расчетные характеристики, что и для укрепленных портландцементом.

2. Приведенные значения R_u относятся к интенсивности движения 500 расчетных осевых нагрузок на одну полосу в сутки. При другой интенсивности движения приведенные значения R_u следует умножать на коэффициенты:

при N = 20 ед/сут - I,20
при N =I00 ед/сут - I,I0
при N =500 ед/сут - I,0
при N =I000 ед/сут - 0,93

3. Количество вяжущего в смесях следует назначать с учетом необходимости обеспечить требуемую водоморозостойкость материала в условиях работы его в дорожной одежде.

4. При определении R_u на стадии лабораторного подбора смесей следует учитывать поправочные коэффициенты, приведенные в "Рекомендациях по совершенствованию методов проектирования дорожных конструкций с основаниями из укрепленных грунтов и материалов" /Ленфилиал СоюздорНИИ, I975/.

5. При назначении расчетных характеристик минеральных материалов и грунтов, не приведенных в таблице, следует руководствоваться "Указаниями по применению в дорожном и аэродромном строительстве грунтов, укрепленных вяжущими материалами" /СН 25-72/.

6. Рекомендуемые в пп. 6б и 6в расчетные характеристики слоев из золошлаковой смеси относятся к отвальным топочным золошлакам, получаемым при сжигании различных марок каменных углей Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов с совместным гидроудалением золы и шлака в один отвал. Смеси должны содержать не более 25% золы /фр. мельче 0,3I5/.

Таблица 6.3

Расчетные характеристики материалов и грунтов, обработанных органическими вяжущими

№ п/п	Материал конструктивного слоя	Модуль упругости E, кг/см^2	Параметры, определяющие сопротивление сдвигу		Примечание
			φ, град	C, кг/см^2	
I.	Фракционированный щебень, обработанный вязким битумом или дегтем смешением в установке /открытые смеси/				Меньшие значения применять при использовании дегтя
	I-II классов	6000-8000	-	-	
	III класса	5000-5500	-	-	
2.	Слои из щебня I-II классов, обработанного вязким битумом или дегтем по способу пропитки	4000-5500	-	-	то же
3.	Подобранные смеси из щебеночных и гравийных материалов с жидким битумом, дегтем или битумной эмульсией при введении в смесь добавок активных и поверхностно-активных веществ:				
	а/смешением в установке	3000-4500	-	-	Большие значения для щебеночных материалов
	б/смешением на дороге	2000-3500	-	-	
4.	То же без введения добавок активных и поверхностно-активных веществ:				
	а/смешением в установке	2500-3600	-	-	то же
	б/смешением на дороге	1700-2000	-	-	
5.	Малопрочные местные материалы и отходы промышленности в смеси с супесью или песком, обработанные жидким битумом, дегтем или эмульсией				

I	2	3	4	5	6
	а/с введением активных и поверхностно-активных добавок	2000-3200	-	-	В зависимости от прочности и грансостава материала. Большие значения при смешении в установке и обработке битумной эмульсией
	б/без введения добавок	I700-2600	-	-	
6.	Грунтощебень с содержанием щебня 55-65%, обработанный органическими вяжущими смешением на дороге	2500-2800	-	-	
7.	Кварцево-полевошпатовые песчаники Брауновского, Дарьевского и Платовского месторождений Ворошиловградской области, обработанные вязким битумом:				
	а/в установке	4500-5000	-	-	
	б/по способу пропитки	3500-4000	-	-	
8.	Грунты, обработанные жидкими органическими вяжущими с введением активных и поверхностно-активных веществ:				
	а/супеси непылеватые	I500-2200	25-35	0,2-0,35	Большие значения при смешении в установке и при обработке битумной эмульсией
	б/суглинки и пылеватые супеси	800-I500	I5-25	0,2-0,35	
9.	Грунты, обработанные жидкими органическими вяжущими без введения активных и поверхностно-активных веществ:				
	а/супеси непылеватые	I200-I800	20-30	0,I7-0,3	То же
	б/суглинки и пылеватые супеси	700-I200	I5-20	0,I5-0,3	

Таблица 6.4

Расчетные характеристики слоев из неукрепленных материалов

№ п/п	Материал конструктивного слоя	Модуль упругости E, кг/см^2	Параметры, определяющие сопротивление сдвигу		Примечание
			φ, град	C, кг/см^2	
1	2	3	4	5	6
1.	Щебеночные слои из фракционированного известнякового щебня I-3 классов, устраиваемые по принципу заклинки	3500-4000	-	-	
2.	Щебеночные слои из фракционированного гранитного щебня I-3 классов, устроенные по способу заклинки	3000-3500	-	-	
3.	Щебеночные слои из рядового гранитного щебня I-4 классов	2000-2500	-	-	
4.	Щебеночные слои из слабоактивных песчаников Донбасса	I700-2200	-	-	
5.	То же из малопрочных песчаников	II00-I200	-	-	
6.	Щебеночные слои из малоактивных металлургических шлаков /рядовой щебень/	I800-2000	-	-	
7.	Щебеночные слои из фракционированного щебня малоактивных металлургических шлаков	2200-4000	-	-	
8.	Щебеночные слои из фракционированного щебня однородных по качеству активных или высокоактивных металлургических шлаков	3000-4000	-	-	

I	2	3	4	5	6
9.	Малопрочные известняки юга УССР с зерновым составом, близким к оптимальному, уложенные и уплотненные в увлажненном состоянии	I500-I700	-	-	
I0.	Отходы дробления изверженных горных пород:				
	а/I-2 классов	I400	43	0,2-0,3	
	б/3 класса	I300	40	0,2-0,3	
II.	Щерства гранитная:				
	а/средней выветрелости	I200-I400	35-40	0,I-0,I5	
	б/значительной выветрелости	I000-II00	30-35	0,05-0,I	
I2.	Грунтощебень с содержанием гранитного щебня 50-60%	I300-I600	40-45	0,3-0,4	
I3.	Природные или искусственно составленные гравийные смеси, отвечающие требованиям СНиП I-Д.2-70/табл.I0/:				
	а/ для оснований -				
	-смесь №I	2000-2200	45	0,2-0,4	
	-смесь №2	I800-2000	40	0,2-0,4	
	б/для подстилающих слоев				
	-смесь №I	I400-I700	40	0,2-0,4	
	-смесь №2	I300-I400	38	0,2-0,4	
I4.	Слои из отвальной золошлаковой смеси тепловых электростанций, работающих на каменных углях Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов, содержащей золы не более 25%	I400-I500	30-40	0,I-0,3	
I5.	Слои из смеси, составленной из щебня прочных горных пород и отвальной золошлаковой смеси, содержащей не более 25% золы, в соотношении по объему:				

I	2	3	4	5	6
	а/ I : I	2500-3000	30-40	0,I5-0,3	
	б/ 2: I	3200-3600	30-40	0,2-0,3	
I6.	Слои из хорошо обожженной горелой породы с подобранным составом в условиях отсутствия капиллярного и паротермодиффузного увлажнения	800-I000	24-30	0,2-0,4	
I7.	Слои разработки флюсов металлургического производства в условиях отсутствия капиллярного и паротермодиффузного увлажнения	800-II00	24-28	0,I-0,3	

ПРИЛОЖЕНИЕ I

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Пример № I

Исходные данные

I. Дорожно-климатическая зона – IУ (Донбасс), дорожно-климатический район – Р. 9.

2. Перспективная интенсивность движения – 800 автомобилей КрАЗ – 257 в двух направлениях в сутки.

3. Грунт земляного полотна – сунглинистый непылеватый.

4. Грунтовые воды залегают на 5 м ниже поверхности покрытия.

5. Дорога предназначена для транспортировки пустой породы в отвал /т.е. предполагается 50% груженых автомобилей в прямом и 50% незагруженных в обратном направлении/.

Определение расчетных параметров одежды

I. В соответствии с табл. 2.I дорога может быть отнесена к группе шахтных дорог 2.2.

2. Интенсивность, приведенная к легковому автомобилю, определяется согласно п. 2.4:

$$N_n = 800 \times 3,5 = 2800 \text{ авт/сут},$$

т.е. дорога относится к категории Ш-п по СНиП П-Д. 5-72.

3. Расчетная нагрузка, соответствующая автомобилям КрАЗ-257, – группа А; нагрузка на одиночную ось – I0 т; параметры р=6 кгс/см^2 , Д=33 см/ п.2.5 настоящих рекомендаций/.

4. Расчетную интенсивность движения определяют в соответствии с п.2.9:

а/.В соответствии с п.7.7 СНиП П-Д. 5-72 и табл.2.I. настоящих рекомендаций принимают две полосы движения с общей проезжей частью.

б/.Определяют приведенную интенсивность по формуле /2.4/ для движения груженых автомобилей КрАЗ-257:

$N_n' = 400 \times 2,48 = 992$ расчетных осей группы А в сутки.

Здесь $K_A = 2,48$ – коэффициент приведения, взятый из табл.2.6.

Для дорожных автомобилей в табл.2.6. коэффициентов приведения не имеется. Поэтому согласно примечанию к табл. 2.6 определяют по формуле /2.3/:

$$K_A^{пор} = \left(\frac{4,3}{10}\right)^{4,4} + \left(\frac{3,5}{10}\right)^{4,4} + \left(\frac{8,5}{10}\right) = 0,044,$$

где 4,3 т – нагрузка на переднюю ось порожнего автомобиля КрАЗ - 257;

3,5 т – нагрузка на каждую из задних осей порожнего автомобиля КрАЗ-257 / см.Краткий автомобильный справочник, НИИАТ,М, изд-во "Трапспорт"/.

Определяют приведенную интенсивность по формуле /2.4/ для движения порожних автомобилей КрАЗ-257:

$N_n'' = 400 \times 0,044 = 18$ расчетных осей группы А в сутки.

в/. Определяют расчетную интенсивность движения согласно п.2.9, табл.2.7 по формуле

$$N_p = N_n'$$

для случая двух полос с общей проезжей частью при $N_n' > N_n''$

Получают :

$N_p = 992$ расчетных осей группы А на полосу в сутки.

Конструирование и расчет дорожной одежды

I. Намечают конструкцию дорожной одежды:
- асфальтобетонное покрытие толщиной h_1 = 6 см;
- асфальтобетон типа А /ГОСТ 9128-76/, приготовленный на битуме марки БНД 40/60;
- нижний слой покрытия из щебня первого класса, обработанного вязким битумом /2,5%/ в установке /черный щебень/, h_2=I0см;
- верхний слой основания из фракционированного гранитного щебня 3-го класса, устроенный по способу заклинки, h_3=I5 см;
- нижний слой основания из местного грунта, укрепленного 5-6% цемента, толщиной h_4 =20 см.

2. Принимают расчетные характеристики материалов слоев и грунта земляного полотна по данным, приведенным в разделах 5 и 6 настоящих рекомендаций

E_I = 9000 кгс/см^2, R_{u_1} = I5,3 кгс/см^2 /табл. 6.I/
E_2 = 8000 -"- /табл. 6.3/,
E_3 = 3000 -"- /табл. 6.4/,
E_4 = I400 -"- , R_{u_4} = I,0 кгс/см^2 /табл. 6.2/
E_5 = 645 -"- , φ_5= 29^0, c_5= 0,40 кгс/см^2 /табл. 5.4/

В соответствии с табл. 4.I при расчетной интенсивности движения ~ I000 осей/сутки и расчетной влажности менее 0,65 от предела текучести целесообразно начинать расчет дорожной одежды с проверки по критерию допустимого упругого прогиба.

3. Рассчитывают дорожную одежду по упругому прогибу. Результаты расчетов заносятся в таблицу.

№ слоя	Материал слоя	E, кгс/см^2	h, см	h/D	$E_{общ.}$ на поверхности слоя, кгс/см^2
I.	Асфальтобетон	9000	6	0,I82	2250
2.	Черный щебень	8000	I0	0,303	I920
3.	Щебень, устроенный по способу заклинки	3000	I5	0,454	I350
4.	Цементогрунт	I400	20	0,606	9I0
5.	Суглинок тяжелый	645	-	-	645

а/. Определяют требуемый модуль упругости дорожной одежды по номограмме на рис. 4.I /приложение 2/:

$$E_{тр} = 2250 \text{ кгс/см}^2.$$

б/. Определяют общий модуль упругости системы, подстилающей щебеночный слой:

$$\frac{h_V}{D} = \frac{20}{33} = 0{,}006; \qquad \frac{E_5}{E_4} = \frac{645}{I400} = 0{,}46I,$$

и по номограмме на рис. 4.2 /приложение 2/ находят:

$$\frac{E''_{общ.}}{E_4} = 0{,}65, \text{ откуда } E''_{общ.} = 0{,}65 \times I400 = 9I0 \text{ кгс/см}^2.$$

в/. Определяют общий модуль упругости системы, подстилающей черношебеночный слой:

$$\frac{h_3}{D} = \frac{I5}{33} = 0{,}454; \qquad \frac{E''_{общ.II}}{E_3} = \frac{9I0}{3000} = 0{,}303.$$

и по номограмме

$$\frac{E''_{общ.}}{E_3} = 0{,}45, \text{ откуда } E''_{общ.} = 0{,}45 \times 3000 = I350 \text{ кгс/см}^2.$$

г/. Определяют общий модуль упругости системы, подстилающей асфальтобетонное покрытие:

$$\frac{h_2}{D} = \frac{I0}{33} = 0{,}303; \qquad \frac{E''_{общ.}}{E_2} = \frac{I350}{8000} = 0{,}I69$$

и по номограмме

$$\frac{E'_{общ.}}{E_2} = 0{,}24, \text{ откуда } E'_{общ.} = 0{,}24 \times 8000 = I920 \text{ кгс/см}^2.$$

д/. Определяют общий модуль упругости дорожной одежды:

$$\frac{h_1}{D} = \frac{I0}{33} = 0{,}I82; \qquad \frac{E'_{общ.}}{E_I} = \frac{I350}{9000} = 0{,}2I3$$

и по номограмме

$$\frac{E_{общ}}{E_1} = 0{,}25; \text{ откуда } E_{общ.} = 0{,}25 \times 9000 = 2250 \text{ кгс/см}^2.$$

Поскольку $E_{общ.} = 2250$ кгс/см^2 = $E_{тр.}$, условие предельного состояния конструкции по упругому прогибу удовлетворено.

4. Рассчитывают дорожную одежду по сдвигу в грунте:

а/.Определяют расчетное активное сопротивление грунта сдвигу:

$$\tau_{a_{доп.}} = \frac{I}{K_{пр}} \cdot K \cdot K_2 \cdot C = \frac{I}{I,0} \cdot 0,8 \cdot 0,74 \cdot 0,40 =$$

$$= 0,237 \text{ кгс/см}^2,$$

где $K_2 = 0,74$ взят по графику на рис. 4,9 /Приложение 2/.

б/. Вычисляют средний модуль упругости слоев дорожной одежды:

$$E_{ср.} = \frac{9000\ 6 + 8000\ I0 + 3000\ I5 + I400\ 20}{6 + I0 + I5 + 20} = 4060 \text{ кгс/см}^2$$

и отношения

$$\frac{E_{ср}}{E_5} = \frac{4060}{645} = 6,29; \qquad \frac{5I}{33} = \frac{h}{D} = I,545.$$

Находят по номограмме 4.4 или 4.5 /приложение2/ максимальное активное напряжение сдвига от временной нагрузки:

$\frac{\tau_{a.м}}{p} = 0,0I8$, откуда $\tau_{a.м.} = 0,0I8 \cdot 6 = 0,I08$ кгс/см^2.

в/.Находят активное сдвигающее напряжение от собственного веса по номограмме на рис.4.8

$$\tau_{a\ell} = - 0,0I \text{ кгс/см}^2$$

г/.Находят суммарное активное напряжение сдвига от временной и постоянной нагрузок:

$\tau_a = 0,I08 - 0,0I0 = 0,098$ кгс/см^2.

Поскольку

$$\tau_a = 0,098 \text{ кгс/см}^2 < \tau_{a_{доп}} = 0,237 \text{ кгс/см}^2,$$

условие прочности по сдвигу в грунте удовлетворено со значительным запасом.

5. Рассчитывают асфальтобетонное покрытие на изгиб.

Согласно таблице в данном примере находят

$$\frac{E_I}{E_{общ.}} = \frac{9000}{I920} = 4,69; \qquad \frac{h_I}{D} = 0,I82$$

и по номограмме на рис. 4.I0 /приложение 2/

$$\bar{\sigma}_r = I,45.$$

Поэтому максимальное растягивающее напряжение с учетом динамичности нагрузки

$\sigma_r = I,45 \times I,I5 \times 6,0 = I0,0$ кгс/см$^2 < R_u = I5,3$ кгс/см^2.

Следовательно,условие прочности при изгибе асфальтобетона

также удовлетворено.

6. Рассчитывают нижний слой основания из цементогрунта на изгиб.

Вычисляют средний модуль слоев, расположенных выше слоя цементогрунта

$$E_{ср} = \frac{9000\ 6 + 8000\ I0 + 3000\ I5}{3I} = 5780 \text{ кгс/см}^2.$$

Вычисляют отношения

$$\frac{E_{ср}}{E} = \frac{5780}{I400} = 4,I2\ , \quad \frac{E_4}{E_5} = \frac{I400}{645} = 2,7,$$

$$\frac{H}{Д} = \frac{6 + I0 + I5 + 20}{33} = I,545$$

и находят по номограмме на рис. 4.II /приложение 2/ максимальное растягивающее от единичной нагрузки

$$\overline{\sigma_r} = 0,05.$$

Определяют максимальное напряжение от растяжения при изгибе в цементогрунте

$$\sigma_r = 0,05 \times 6 \times I,I5 = 0,35 \text{ кгс/см}^2.$$

Поскольку

$$\sigma_r = 0,35 \text{ кгс/см}^2 < R_u = I,0 \text{ кгс/см}^2,$$

условие прочности цементогрунта при изгибе удовлетворено.

На этом расчет дорожной одежды оканчивают и принимают намеченную конструкцию.

Пример № 2

Исходные данные

Принимаем те же исходные данные, что и в примере № I. Дорога предназначена для обеспечения основных строительно-монтажных работ при строительстве шахты.

Определение расчетных параметров одежды

I. Число полос - 2 /ширина проезжей части 7,5 м/.

2. Расчетная нагрузка - группа А /нагрузка на ось I0 т, на колесо 5 т, $p_0 = 6$ кгс/см^2, $D = 33$ см/.

3. Расчетная интенсивность - N_p = 992 авт/сут.

Конструирование и расчет дорожной одежды

I. Намечают конструкцию дорожной одежды из сборных армированных плит с размерами I87,5 x I87,5 см /четыре плиты в поперечнике проезжей части/:

- бетон для плиты - марки 400
- основание под плитой - слой толщиной 20 см из отходов камнедробления поверх суглинистого непылеватого грунта земляного полотна.

2. Принимают расчетные характеристики материалов слоев и грунта.

Для цементобетона:

E = 350000 кгс/см^2, μ = 0,I5 /табл. 4.2/,

R_{pu} = 50 x 0,7 x 0,60 = 2I кгс/см^2 - формула /4.I9/.

Для отходов камнедробления

E_2 = I400 кгс/см^2 /п.6 настоящих указаний/.

Для грунта

E_3 = 645 кгс/см^2.

3. Находят расчетную нагрузку по формуле /4.I8/:

$$P_p = I,2 \times I,I \times 5000 = 6600 \text{ кгс}$$

4. Оценивают толщину плиты по формуле /4.20/:

$$h = \sqrt{\frac{6600}{2I}} = I7,8 \approx I8 \text{ см}.$$

5. Определяют общий модуль упругости конструкции, подстилающей плиту.

Вычисляем отношения

$$\frac{h_2}{D} = \frac{20}{33} = 0,606, \qquad \frac{E_3}{E_2} = \frac{645}{I400} = 0,46I$$

и по номограмме на рис. 4.2 /приложение 2/ находят

$$\frac{E_{общ.}}{E_2} = 0,65, \text{ откуда } E_{общ} = 0,65 \times I400 = 9I0 \text{ кгс/см}^2.$$

6. Определяют показатель гибкости плиты по формуле /4.2I/:

$$S = \frac{3 \times 9I0 \times (I87,5)^3 (I - 0,I5^2)}{8 \times 350000 \times I8^3 (I - 0,30^2)} = I,I8,$$

т.е. $0,5 < S < 10$.

7. Находят соотношение

$$\frac{\mathcal{D}}{\alpha} = \frac{33}{187,5} = 0,1777$$

и по таблицам 4.3, 4.4 определяют

$$M_A \approx -0,056; \quad M_B = 0,240.$$

8. Находят расчетный изгибающий момент по формуле /4.24/

$$M_p = 6600\ (-0,056 + 0,240) = 1210 \text{ кгс см/см},$$

причем влиянием на запас прочности соседних плит пренебрегают.

9. Определяют толщину плиты по формуле /4.29/

$$h = \frac{6 \times 1210}{21} = 18,6 \text{ см}$$

и с округлением принимают

$$h = 20 \text{ см}.$$

10. Проверяют условие прочности

$$\sigma = \frac{6 \times 1210}{0,9 \times 1 \times 20^2} = 20,2 \text{ кгс/см}^2 < R_{pu} = 21 \text{ кгс/см}^2,$$

причем напряжение отличается от расчетного сопротивления на 3,8%, что допустимо.

11. Находят изгибающий момент при монтаже плиты по формуле /4.31/:

$$q = \frac{0,20 \times 1,875 \times 1,875 \times 2,4}{1,875} = 0,9 \text{ т/м} = 9,00 \text{ кгс/см},$$

$$M = 1,5 \times \frac{9 \times 187,5^2}{8} = 59000 \text{ кгс см}.$$

12. Находят напряжение от мочтажной нагрузки по формуле

$$\sigma_M = \frac{6 \times 59000}{0,8 \times 187,5 \times 20^2} = 5,9 \text{ кгс/см}^2,$$

т.е. меньше прочности цементобетона на изгиб /даже для бетона, выдержанного в течение короткого периода после изготовления на ЖБК/.

Окончательно принимают $h = 20$ см.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

РАСЧЕТНЫЕ НОМОГРАММЫ

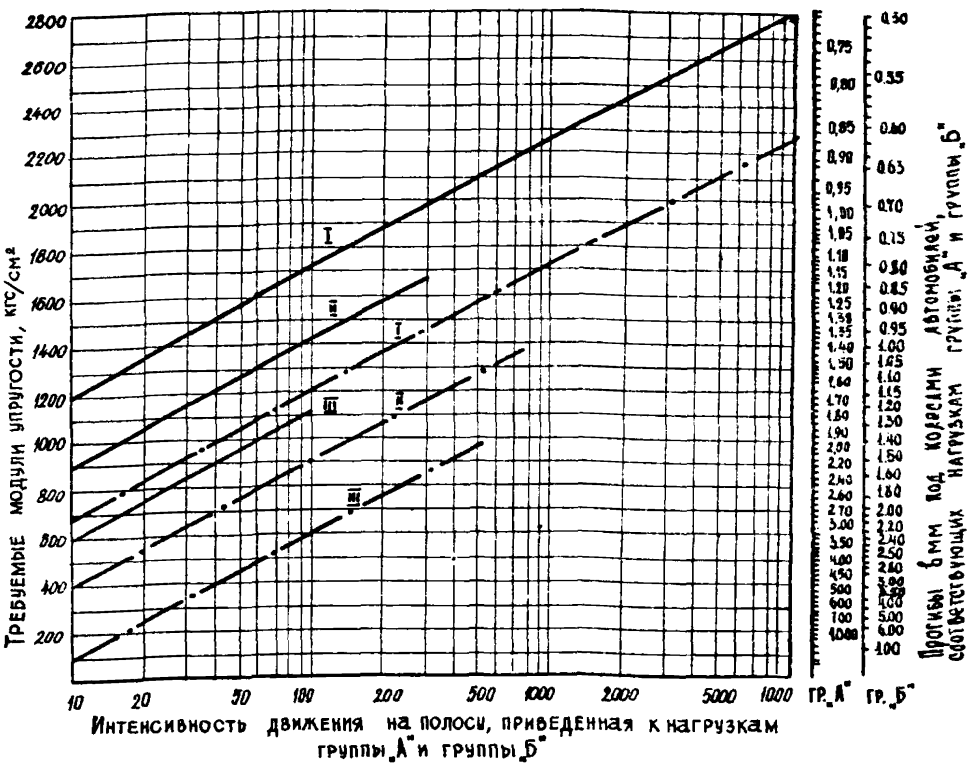


Рис. 4.1. Требуемые модули упругости при нагрузках по ГОСТ 9314-59: I - усовершенствованные капитальные покрытия; II - усовершенствованные облегченные; III - переходные; сплошные линии - для нагрузки группы А; штриховые линии - для нагрузки группы Б; по оси абсцисс отложена приведенная к расчетной интенсивность движения на полосу, авт/сутки.

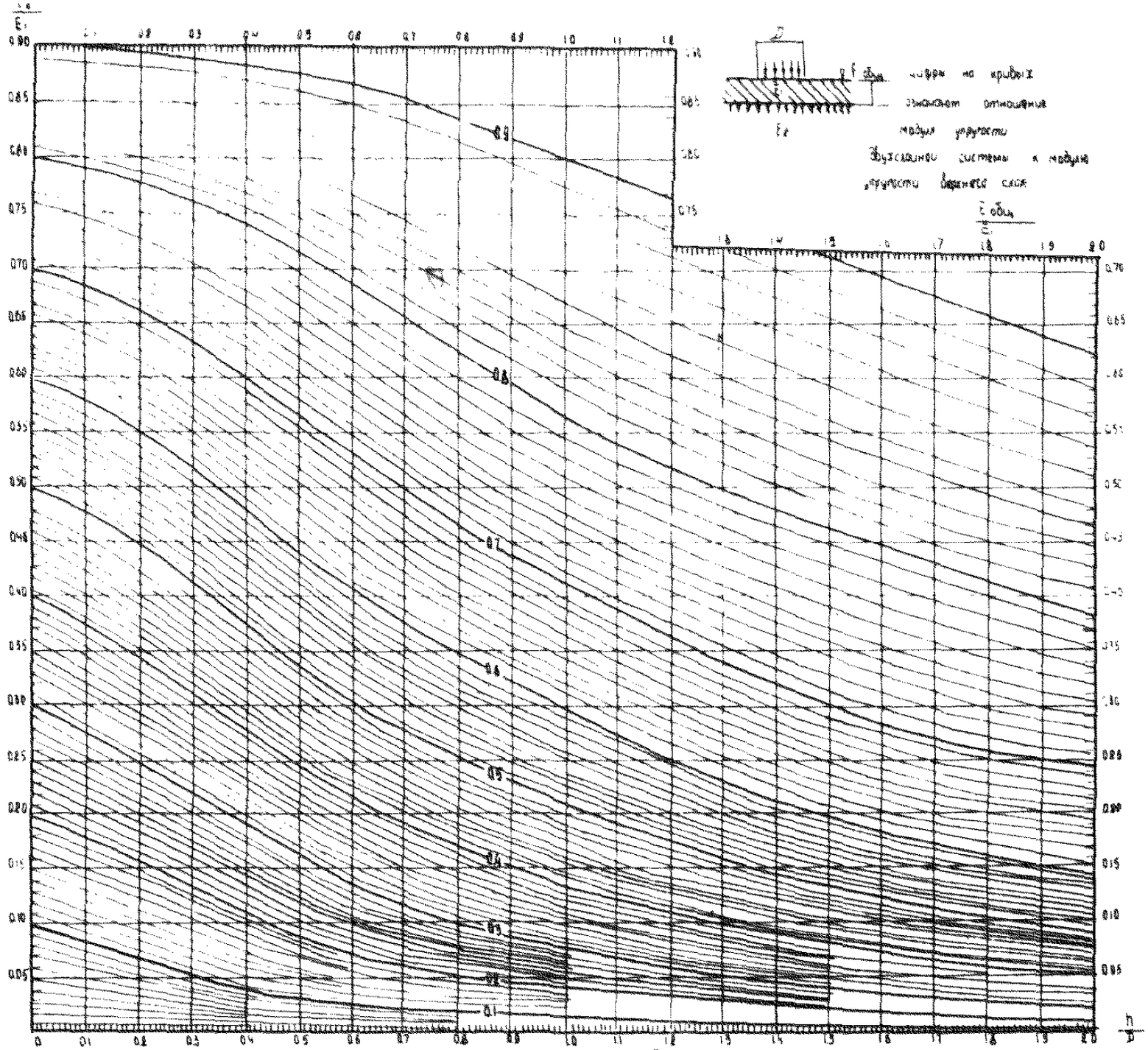


Рис. 4.2. Номограмма для приведения двухслойной системы к однослойной.

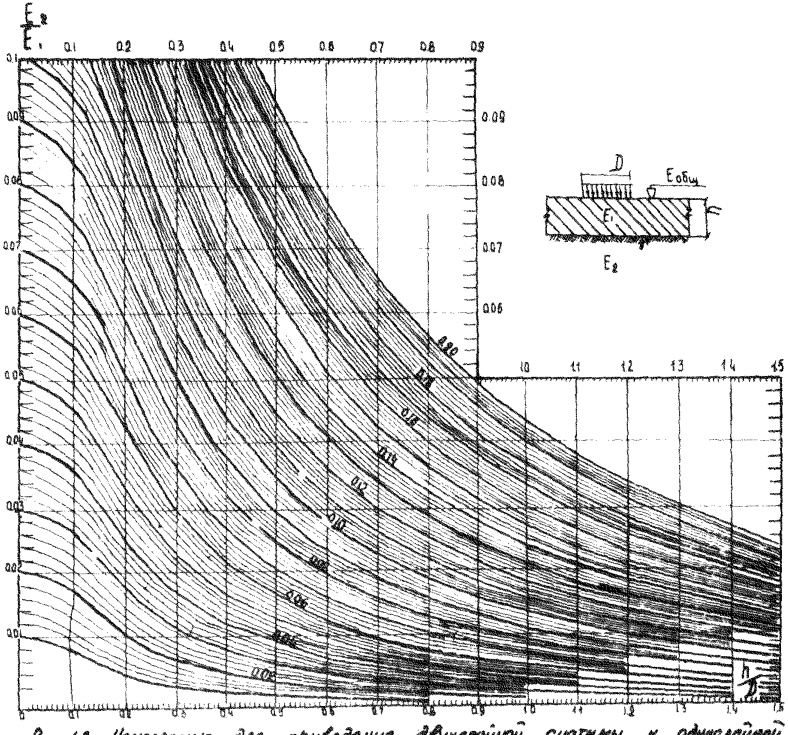


Рис. 4.8. Номограмма для приведения двухслойной системы к однослойной при малых значениях E_2/E_1

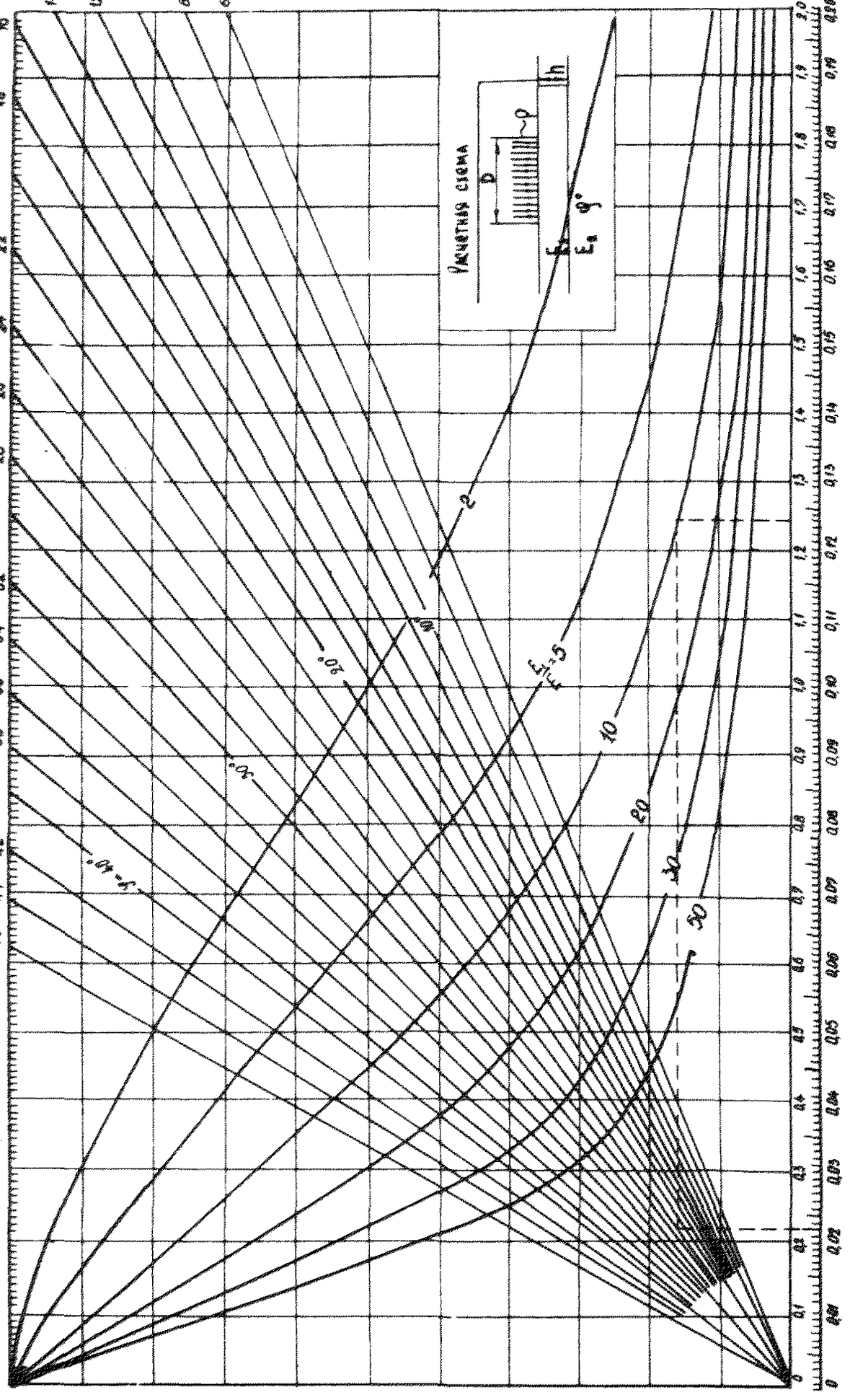
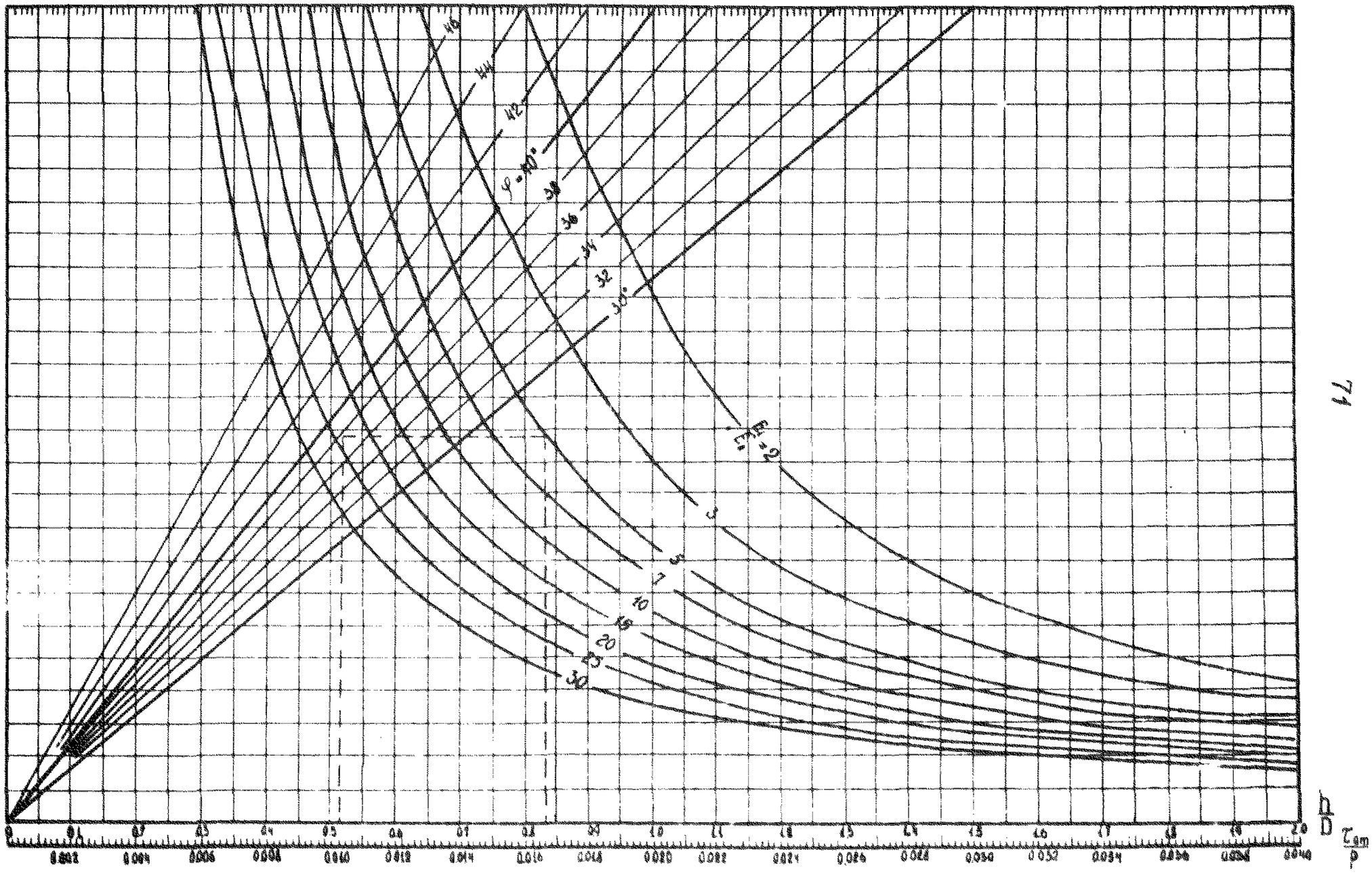


Рис. 4.41. Номограмма для определения активных напряжений сдвига от временной нагрузки $\gamma_{сн}$ в нижнем слое двухслойной системы при совместной работе слоев.



Фиг 4.5. Детайл номограмным на фиг 4.6

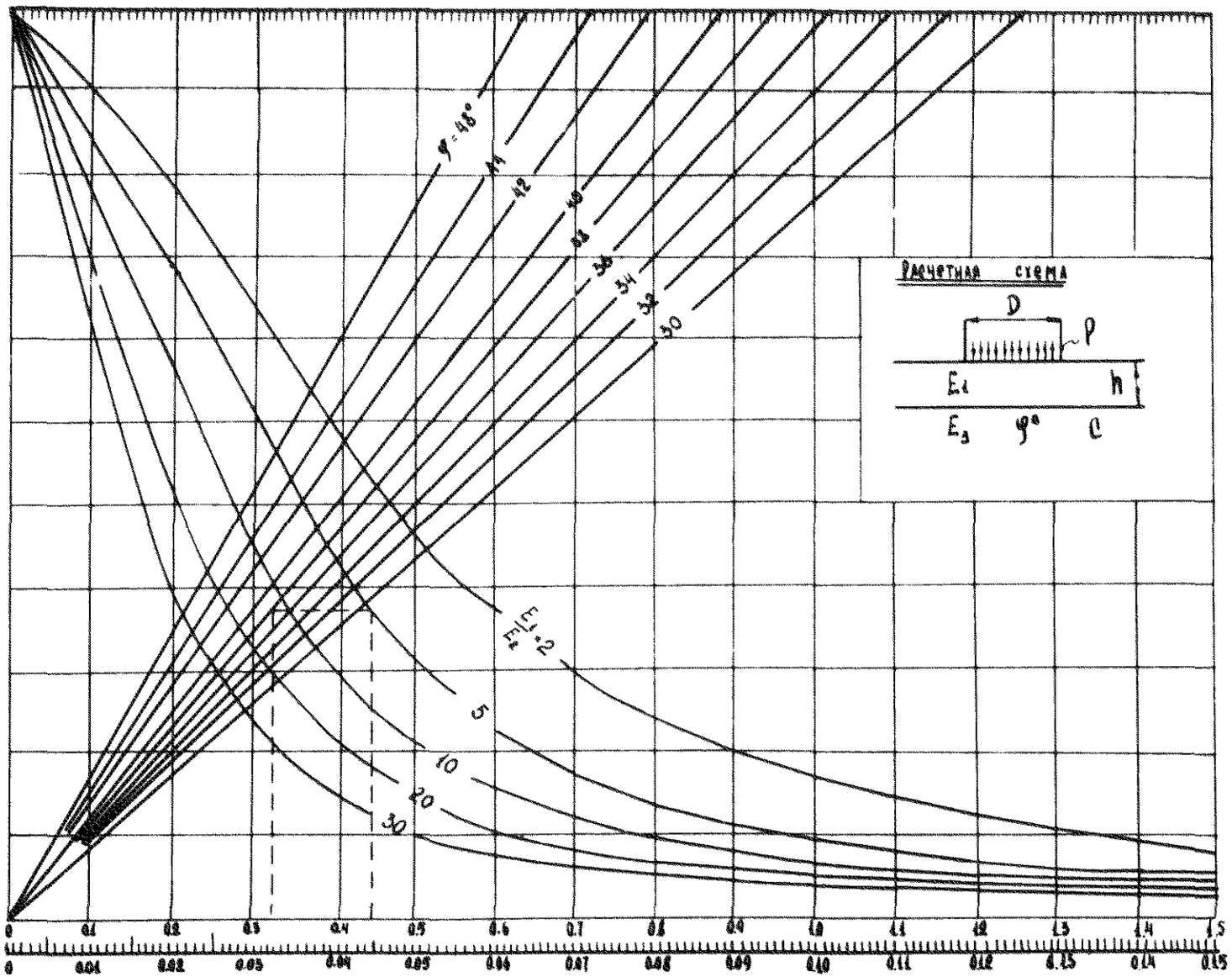


Рис. 4.6. Номограмма для определения активных напряжений сдвига от временной нагрузки $\tau_{дм}$ в нижнем слое двухслойной системы при свободном смещении слоев на контакте.

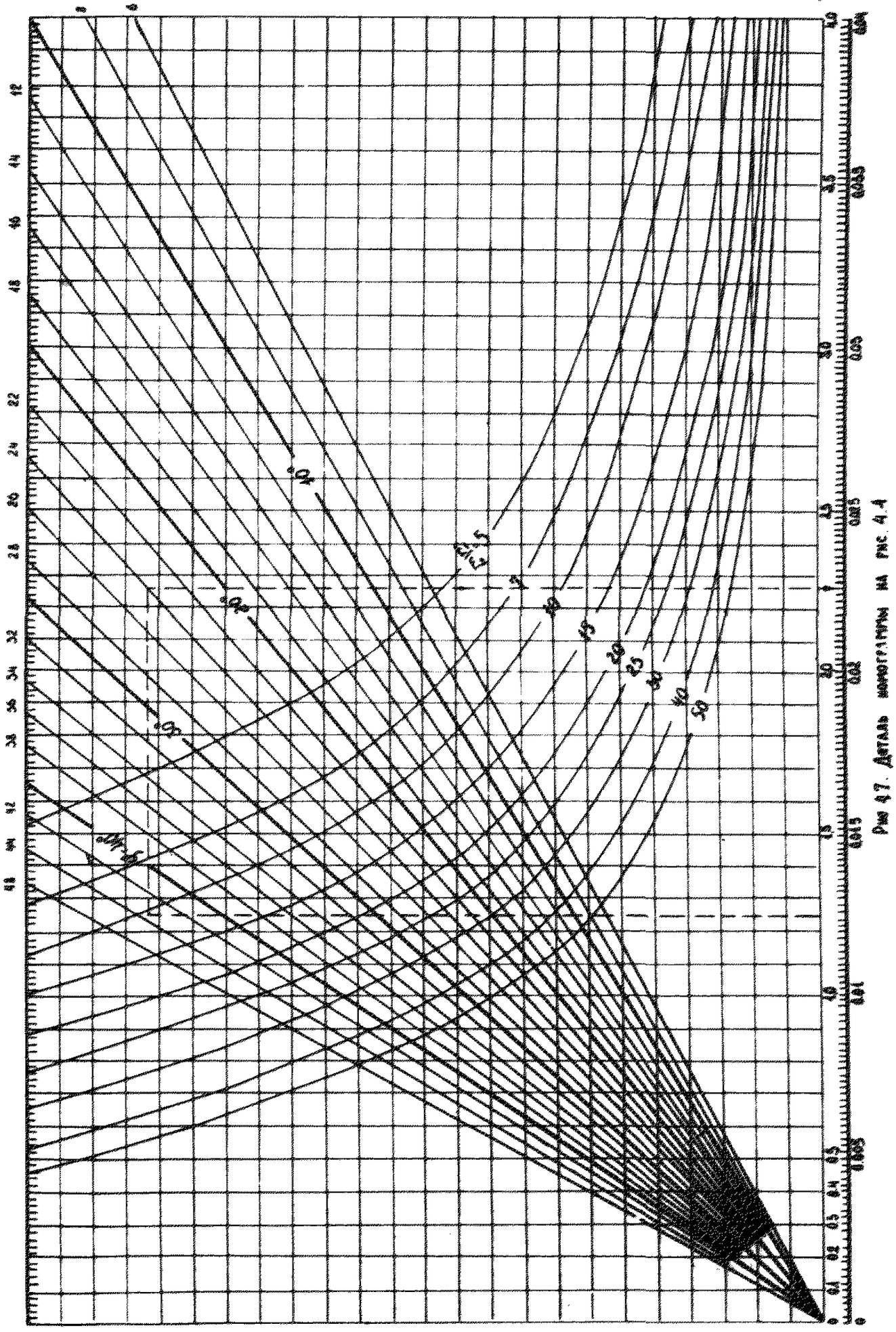


Рис 4.7. Деталь номограммы на рис. 4.4

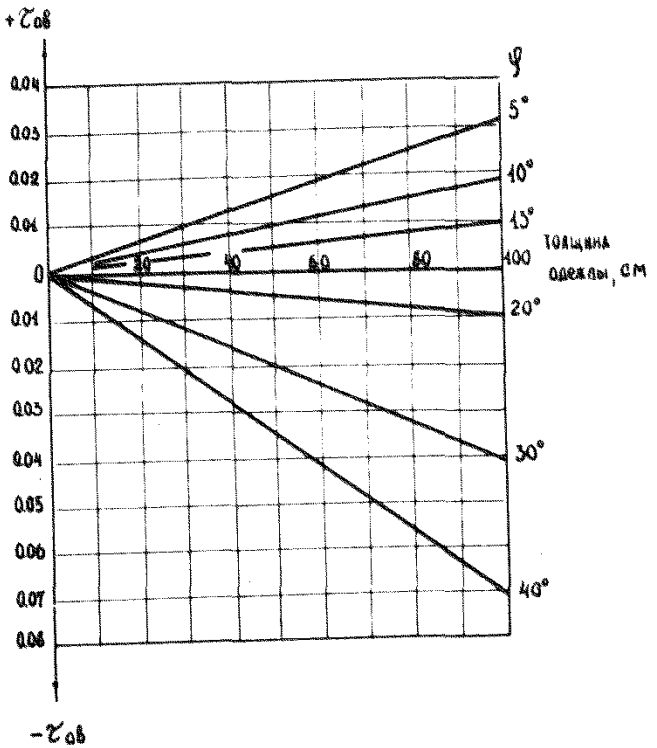


Рис.4.8. Номограмма для определения активных напряжений сдвига $\tau_{а.в}$ от собственного веса вышележащих слоев.

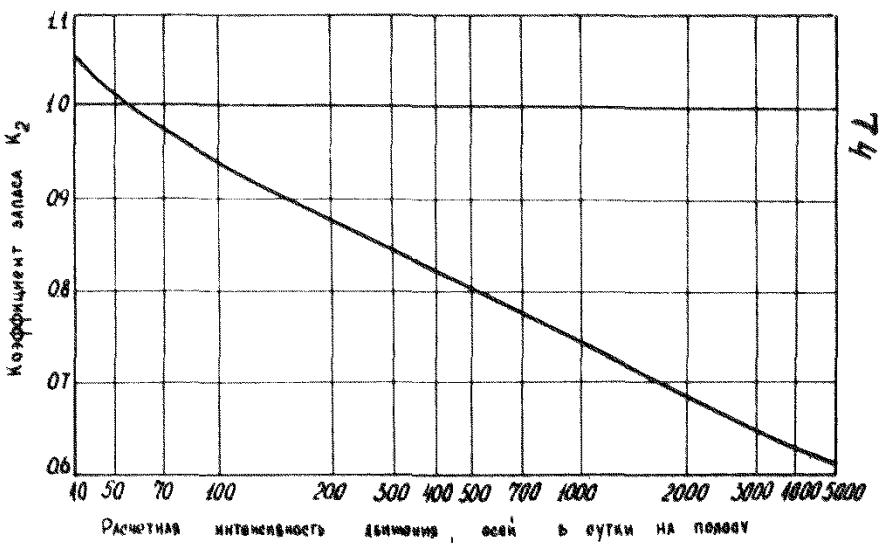


Рис 4.9 Зависимость коэффициента запаса k_2 от расчетной интенсивности движения

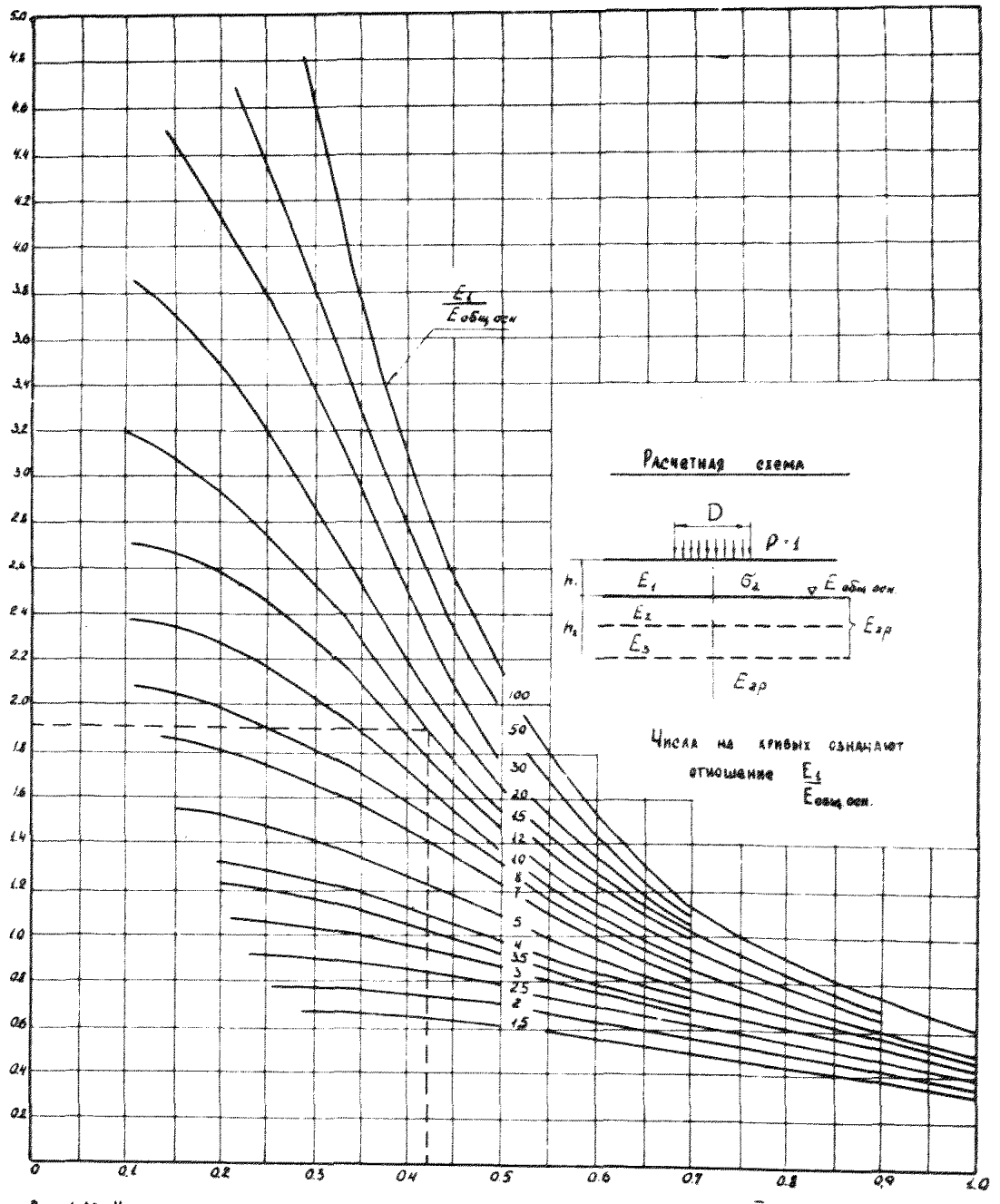
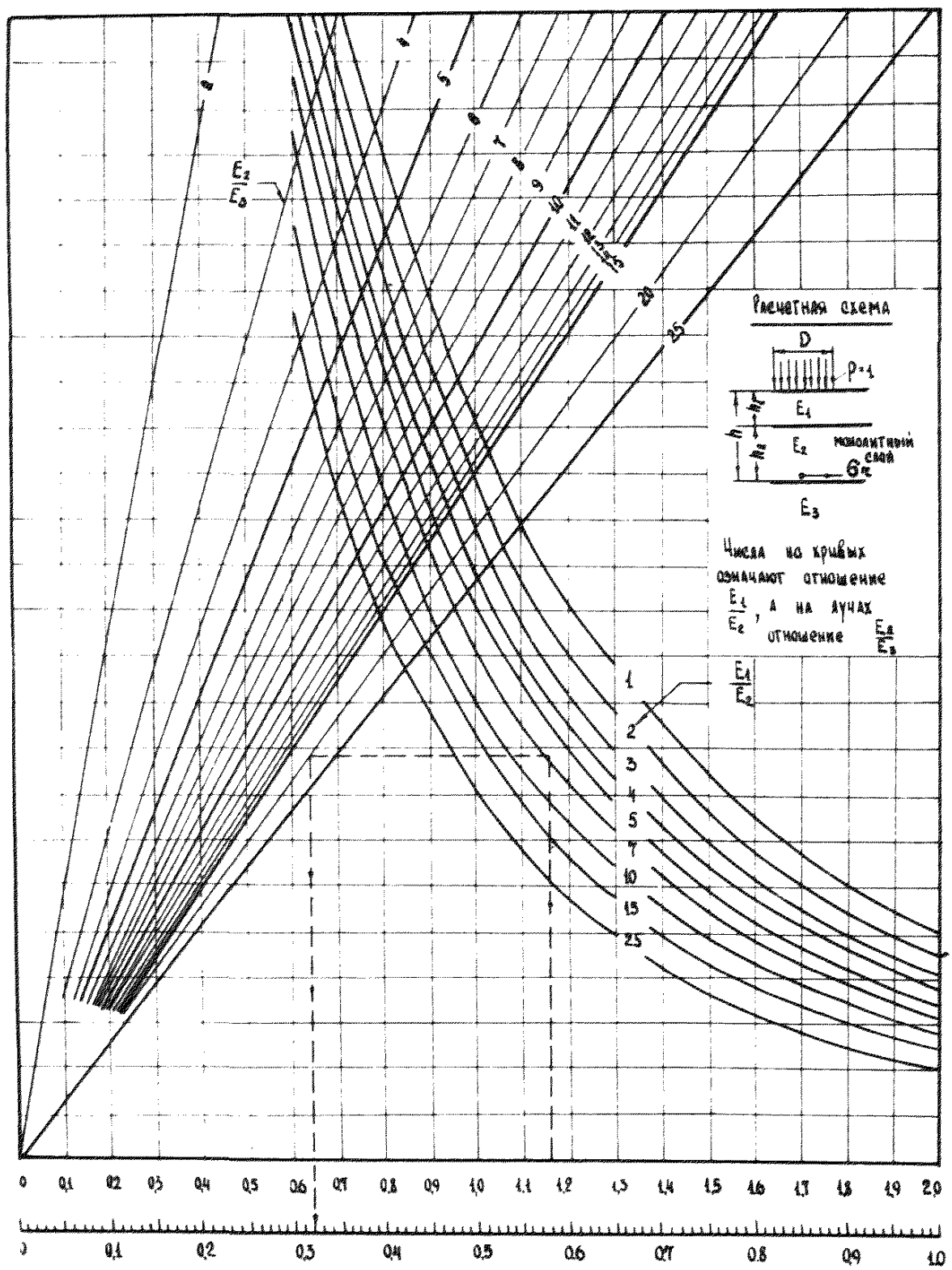


Рис. 4.10. Номограмма для определения растягивающих напряжений при изгибе $\bar{\sigma}_r$ от единичной нагрузки в верхнем монолитном слое /Цифры на кривых означают отношение $E_1 / E_{общ\ осн}$ /



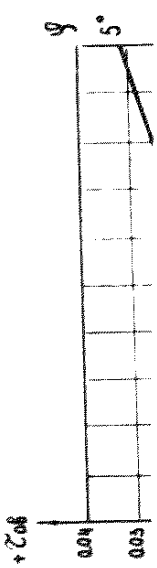


Рис 4.11. Номограмма для определения растягивающих напряжений при изгибе σ_z от единичной нагрузки в промежуточном монолитном слое /цифры на кривых означают отношение E_1/E_2, а на дугах E_2/E_3/

gost.e-ecolog.ru