МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА ДЕИСТВИЕ ПОДВИЖНЫХ НАГРУЗОК (В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Москва 1978

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА ДЕЙСТВИЕ ПОДВИЖНЫХ НАГРУЗОК (В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Одобрены Минтрансстроем

Москва 1978

УДК 625.8.001.2

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА ДЕЙСТВИЕ ПОДВИЖНЫХ НАГРУЗОК (В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ).Союздорнии, М.,1978.

Содержат основные положения метода расчета дорожных одежд на действие подвижных нагрузок с учетом изменений водно-теплового режима дорожных одежд и верхней части земляного полотна в течение теплого периода года.

Приводятся примеры расчета дорожных одежд для III дорожно-климатической зоны.

Табл.14, рис.10.

© Союздорнии, 1978г.

УДК 625.8.001.2

Предисловие

"Методические рекомендации по проектированию дорожных одежд на действие подвижных нагрузок (в условиях Западной Сибири)" составлены на основе исследований, проведенных Омским филиалом Союздорнии и Сибирским автомобильно-дорожным институтом им.В.В.Куйбышева в течение 1967-1978 гг., и изучения опыта работы дорожных одежд в условиях Западной Сибири.

Настоящие "Методические рекомендации", основанные на новом принципе расчета дорожных одежд, публикуются для ознакомления с ним широких кругов специалистов и выполнения пробных и сравнительных расчетов применительно к условиям Западной Сибири, для которых предложены конкретные значения расчетных параметров.

"Методические рекомендации" составили канд.техн. наук А.В.Смирнов, инженеры Б.Б.Самойленко, А.С.Пилипенко, А.Г.Широков (Омский филиал Союздорнии) с использованием материалов инж.А.Г.Малофеева (СибАДИ) и инж.Л.Г.Ефремова (МАДИ).

Все замечания и предложения по настоящим "Методическим рекомендациям" просьба направлять по адресу: 143900, Московская обл., Балашиха-6, Союздорнии или 644080 г.Омск, проспект Мира, 3, Омский филиал Союздорнии.

I. Общие положения

1.1. Настоящие "Методические рекомендации" предназначены для опытного проектирования дорожных одежд автомобильных дорог I-IУ категорий в условиях Западной Сибири с учетом грунтовых и климатических условий и воздействия подвижных колесных нагрузок.

1.2. "Методические рекомендации" предусматривают проектирование дорожных одежд на земляном полотне, возведенном в соответствии со СНиП II-Д.5-72.

1.3. При проектировании дорожных одежд на действие подвижных нагрузок за расчетную нагрузку принимают 10 тс на ось с приведением разнородного состава транспортного потока к этой нагрузке.

1.4. Предлагаемый метод расчета дорожных одежд предусматривает работу дорожных одежд в стадии обратимых деформаций. Общий срок службы одежды включает время ее работы в упругой стадии и время работы до допустимого уровня эксплуатационного состояния.

1.5. Движение автомобиля по поверхности покрытия вызывает деформацию дорожных одежд и сопровождается передачей кинетической энергии. При однократном проезде колеса передаваемая кинетическая энергия (в кДж или тм^2/с^2) равна:

$$E = \frac{m}{2}\left(\frac{du}{dt}\right)^2, \qquad (1)$$

где m – масса колесной нагрузки расчетного автомобиля, т;

u – упругий прогиб, м;

t – время загружения, с;

$\frac{du}{dt}$ – скорость деформирования поверхности дорожной одежды, м/с.

При многократном приложении расчетной колесной нагрузки за период эксплуатации дорожной одежды переданная ей кинетическая энергия (в кДж) составит:

$$\sum E = \frac{m}{2} \sum_{1}^{s} \sum_{1}^{i} \sum_{1}^{n} \left(\frac{du}{dt}\right)^2_{s,i,n}, \qquad (2)$$

где s – время работы одежды в стадии обратимых деформаций, годы;

i – число месяцев в году работы дорожной одежды на талом основании;

n – среднемесячное количество приложений расчетной колесной нагрузки.

1.6. Применительно к процессу взаимодействия транспортных потоков и дорожных одежд закон сохранения и превращения энергии, составляющий основу метода, формулируется в виде:

$$\sum E = \sum E_y + E_{тепл} + \Delta E_{пот} \qquad (3)$$

или

$$\frac{m}{2} \sum_{1}^{s} \sum_{1}^{i} \sum_{1}^{n} \left(\frac{du}{dt}\right)^2_{s,i,n} = \frac{m_{пр}}{2} \sum_{1}^{i} \left[\frac{du^r}{dt}\right]^2 \cdot n \cdot C_s + E_{тепл} + \Delta E_{пот},$$

где $m_{пр}$ – масса дорожной одежды и грунтового основания, вовлекаемая в колебания при воздействии подвижной нагрузки, т;

$\left[\frac{du^r}{dt}\right]$ – предельная скорость деформаций дорожной одежды, м/с;

C_s – коэффициент, отражающий степень снижения предельной потенциальной энергии упругих колебаний в процессе эксплуатации за счет усталостных явлений;

$E_{тепл}$ – кинетическая энергия, преобразуемая в тепловую, кДж;

$\Delta E_{пот}$ – потенциальная энергия пластических деформаций дорожной одежды, кДж.

Потери энергии за счет тепловыделения при деформировании дорожной одежды в процессе взаимодействия с подвижными нагрузками, а также потенциальная энергия пластических деформаций малы и в дальнейших расчетах не учитываются;

ΣE_y – предельная потенциальная энергия упругих колебаний дорожной одежды до нарушения сплошности одного из конструктивных слоев, сопротивляющихся изгибу, кДж;

ΣE – кинетическая энергия, кДж.

2. Расчет дорожных одежд

2.1. Расчет толщины покрытий и оснований дорожных одежд производится путем сопоставления передаваемой кинетической энергии транспортным потоком с предельной потенциальной энергией упругих колебаний, воспринимаемой дорожной одеждой.

Динамическую устойчивость дорожной одежды определяет условие

$$\Sigma E \leq \Sigma E_y \ , \qquad (4)$$

достигаемое последовательным приближением с точностью до 10%.

2.2. Передаваемую кинетическую энергию определяют в следующем порядке:

устанавливают срок эксплуатации дорожной одежды в стадии обратимых деформаций, выделяя его из общего срока службы одежды до капитального ремонта;

предварительно назначают тип и толщину покрытий и оснований дорожной одежды, которую проверяют на морозоустойчивость по ВСН 46-72;

устанавливают длительность работы дорожной одежды на талом грунтовом основании;

определяют среднемесячное количество приложений расчетной колесной подвижной нагрузки;

определяют среднемесячную температуру асфальтобетонных покрытий и оснований за теплый период года и их динамические модули упругости;

устанавливают среднемесячную влажность грунтов земляного полотна и их динамические модули упругости;

определяют динамический эквивалентный модуль упругости основания дорожной одежды за каждый месяц теплого периода года;

определяют скорость изменения прогиба дорожной одежды под действием подвижной расчетной колесной нагрузки;

устанавливают передаваемую дорожной одежде кинетическую энергию за месяц, за весь период работы одежды в году на талом грунтовом основании, а также срок работы одежды в стадии обратимых деформаций.

2.3. Предельную потенциальную энергию дорожной одежды к концу срока эксплуатации в стадии обратимых деформаций определяют в следующем порядке:

рассчитывают массу дорожной одежды и грунтового основания, вовлекаемую в колебания;

назначают предельные обратимые прогибы материалов покрытий и оснований в зависимости от среднемесячных дневных температур и параметры усталости (по результатам лабораторных испытаний образцов-балочек);

по величине динамического эквивалентного модуля упругости одежды помесячно назначают функции веса растягивающих напряжений при изгибе монолитных слоев покрытий и оснований и функцию веса сжимающих напряжений, воспринимаемых земляным полотном;

вычисляют среднемесячные предельно допустимые скорости деформаций дорожной одежды;

определяют предельную потенциальную энергию колебаний дорожной одежды за месяц, весь теплый период года, а также к последнему году работы ее в стадии обратимых деформаций.

2.4. Общий срок службы дорожных одежд до капитального ремонта принимают по табл.1.

Расчет передаваемой дорожным одеждам кинетической энергии от транспортного потока, а также предельной потенциальной энергии упругих колебаний производят на срок эксплуатации S, равный длительности работы одежды в стадии обратимых деформаций и определяемый по формуле

$$S = S_0 \cdot \alpha_{1,2} ,$$

где $\alpha_{1,2}$ – соответственно коэффициенты учета длительности эксплуатации одежд в стадии обратимых деформаций и до удовлетворительного состояния покрытий по ровности (табл.1).

2.5. Для расчета кинетической энергии, передаваемой дорожным одеждам, предварительно назначают минимальные толщины покрытий и оснований:

	Толщина слоя, см
Цементобетон	20
Плотный асфальтобетон (горячий или теплый)	8
Щебень, обработанный способом пропитки	8
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные вяжущим способом смешения на дороге	8
Щебеночные (гравийные) материалы, укрепленные цементом, на каменном основании или на грунте, укрепленном вяжущим	12
Грунты и малопрочные каменные материалы, обработанные органическими или неорганическими вяжущими	10
Щебеночные (гравийные) материалы, не обработанные вяжущим: на песчаном основании	15

Таблица 1

Категория дороги	Покрытие		Основание	Срок эксплуатации дорожных одежд до капитального ремонта S_0, годы	Коэффициенты	
					α_1	α_2
I, II, III	Капитальные усовершенствованные	Цементобетон	Дискретное	25	0,40	0,60
			Укрепленное	30	0,50	0,65
		Асфальтобетон I и II марки	Дискретное	15	0,15	0,25
			Укрепленное	15	0,25	0,55
III	Облегченные	Асфальтобетон II и III марки	Дискретное	10	0,15	0,35
			Укрепленное	10	0,30	0,50
IУ		Асфальтобетон III и IУ марки	-	8	0,20	0,45

Примечания: 1. Коэффициенты α_1 и α_2 получены на основании опыта эксплуатации автомобильных дорог Западной Сибири.

2. Коэффициент α_1 соответствует эксплуатационному состоянию, характеризуемому отсутствием трещин и выбоин и ровностью покрытий одежд нежесткого типа по толчкомеру не более 50 см/км, а жесткого типа - не более 150 см/км.

3. Коэффициент α_2 соответствует эксплуатационному состоянию, характеризуемому ровностью покрытий одежд нежесткого типа по толчкомеру не более 150 см/км, а жесткого типа - не более 250 см/км. При этом процент поражения площади покрытий трещинообразованием и выбоинами на одеждах нежесткого типа составляет не более 40%, а показатели растрескивания покрытий одежд жесткого типа - не более 20 м/100 м^2.

на прочном основании
(каменном или из укрепленного грунта):
для щебня 10
для гравийного материала 12

В случае необходимости при последующих пересчетах толщину покрытия увеличивать на 2–3 см, основания – на 5 см.

2.6. Длительность работы дорожной одежды (в месяцах) на талом основании определяют по формуле:

$$t = \frac{T^{t>0^{\circ}C} - A^{III} + A^{IV}}{30}, \qquad (5)$$

где $T^{t>0^{\circ}C}$ – длительность теплого периода, дни (принимают в соответствии со "Справочником по климату СССР" как сумму дней с момента перехода среднемесячной температуры воздуха через 0°С в весенний период до момента перехода среднемесячной температуры воздуха через 0°С в осенний период);

A^{III}, A^{IV} – ориентировочное количество дней соответственно оттаивания дорожной конструкции на глубину 1,5 Д и промерзания ее на глубину 2 Д от поверхности покрытия, принимаемое по табл.2.

Таблица 2

Дорожно-климатическая зона	Количество дней	
	оттаивания A^{III}	промерзания A^{IV}
I	15	10
II	13	12
III	12	15
IУ	11	30

2.7. Категорию дороги устанавливают по суточной интенсивности движения согласно СНиП II-Д.5-72.

Количество приложений расчетных колесных нагрузок за месяц в пределах одной полосы движения определяют по формуле (6), полученной на основе расчетов частотных характеристик и плотности вероятностного транспортного потока:

$$n = 30 \cdot \left(N_{cp}^{сут}\right)^{1,3} \cdot K_g \ , \qquad (6)$$

где $N_{cp}^{сут}$ – суточная интенсивность движения, авт/сутки, средняя за период эксплуатации дорожных одежд в стадии обратимых деформаций, определяемая при законах роста интенсивности движения $N_S = N_1(1+gS)$ и $N_S = N_1(1+g)^S$ и известной начальной интенсивности N_1 соответственно как:

$$N_{cp}^{сут} = \frac{N_1}{2}\left[2 + g(S+1)\right]$$

и

$$N_{cp}^{сут} = \frac{N_1(1+g)\left[(1+g)^S - 1\right]}{S \cdot g} \ .$$

При известной перспективной интенсивности движения N_S среднесуточная интенсивность движения $N_{cp}^{сут}$ с учетом отмеченных законов ее изменения определяется соответственно:

$$N_{cp}^{сут} = \frac{N_S}{2}\,\frac{\left[2 + g(S+1)\right]}{(1+gS)} \ ;$$

и

$$N_{cp}^{сут} = \frac{N_S\left[(1+g)^S - 1\right]}{g\,S(1+g)^{S-1}} \ ;$$

где q - ежегодный прирост интенсивности движения относительно единицы;

$K_у$ - коэффициент учета доли расчетных автомобилей в потоке (табл.1.1 приложения 1).

2.8. Динамические модули материалов покрытия, основания и грунтов земляного полотна назначаются с учетом изменения температурно-влажностного режима и продолжительности действия нагрузки (приложение 2).

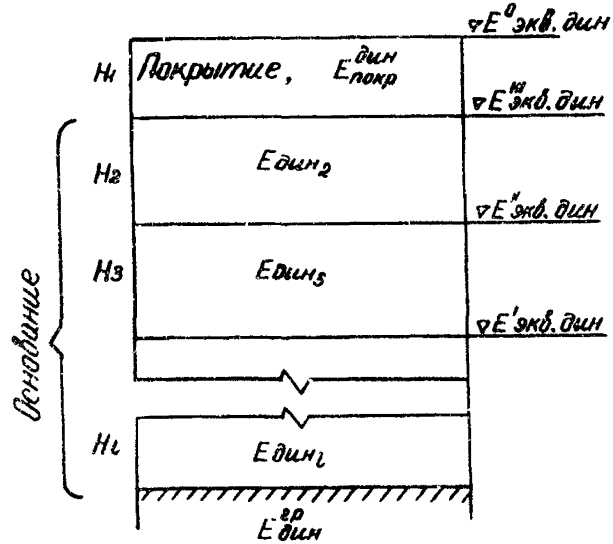


Рис.1. Схема для определения эквивалентного динамического модуля упругости основания

2.9. Эквивалентный динамический модуль упругости системы "грунт земляного полотна - основание" определяют в следующем порядке (рис.1):

определяют по величине $\frac{H_i}{D}$ и $\frac{E^{гр}_{дин}}{E_{дин\,i}} = \frac{E_{i+1}}{E_i}$ значение η_3 (приложение 3), затем устанавливают $\nabla E'_{экв.дин} = E_{дин\,i} \cdot \eta_3$;

определяют по величинам $\frac{H_3}{D}$ и $\frac{\nabla E'_{экв\,дин}}{E_{дин.3}} = \frac{E_{i+1}}{E_i}$ новое значение η_3 (приложение 3) и устанавливают $\nabla E''_{экв\,дин} = E_{дин_3} \cdot \eta_3$;

последовательно для каждого слоя конструкции, начиная с нижнего, определяют $\nabla E_{экв.дин}$ и общий $E^{0}_{экв\,дин}$.

2.10. Скорость колебаний дорожных одежд от действия подвижной нагрузки определяют по значениям $\nabla E''_{экв\,дин}$, $E^{дин}_{покр}$, $\frac{H_1}{D}$ для каждого месяца тепло-

го периода в зависимости от скорости движения транспортного потока (скорость транспортного потока на дорогах общего пользования составляет в среднем 60км/ч) и величины нагрузок по номограмме рис.2.

2.11. Кинетическую энергию, передаваемую дорожной одежде, рассчитывают по формуле (2). При этом массу колесной нагрузки расчетного автомобиля для автомобилей группы А и Б (по ГОСТ 9314-59) принимают соответственно 5 и 3 т.

2.12. Предельную потенциальную энергию к концу периода работы дорожной одежды в стадии обратимых деформаций определяют (в кДж) по формуле

$$[E_s] = \frac{m_{пр}}{2} \sum_{i}^{i} \left[\frac{du^r}{dt}\right]_i^2 \cdot n \cdot C_s \quad , \qquad (7)$$

где $m_{пр}$ – масса дорожной одежды и грунтового основания, вовлекаемая в колебания, т, рассчитываемая по формуле

$$m_{пр} = \frac{\pi \, Д_{дин}^2}{4} \cdot \rho \cdot h \quad ; \qquad (8)$$

$Д_{дин}$ – размер динамической чаши прогибов, для одежд жесткого типа $Д_{дин} = 20Д$, но не менее длины плиты, для одежд нежесткого типа при общем эквивалентном динамическом модуле $\nabla E_{экв.дин}$ более 6000кгс/см^2, равном 5000 и 4000 кгс/см^2 $Д_{дин}$ соответственно равны $10Д$; $6{,}5Д$ и $5Д$ ($Д$ =34 см);

ρ – средняя плотность слоев дорожной одежды и грунтового основания, т/м^3;

h – глубина зоны активного динамического деформирования, определяемая для жестких дорожных одежд по номограмме рис.4.1 приложения 4, для нежестких – по табл.4.1 приложения 4;

$\left[\frac{du^r}{dt}\right]$ – среднемесячные предельные скорости колебаний дорожной одежды, определяемые для покрытий, лежащих на дискретных основаниях, по формуле

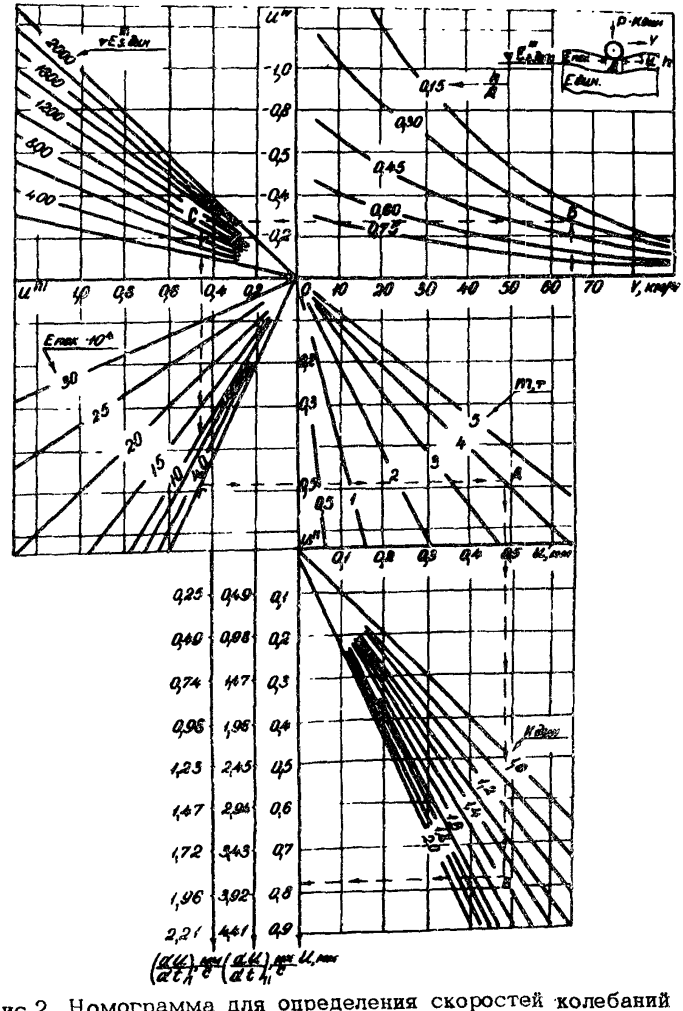


Рис.2. Номограмма для определения скоростей колебаний дорожных одежд: $\left(\frac{du}{dt}\right)_I$ -жесткого типа; $\left(\frac{du}{dt}\right)_{II}$ -нежесткого типа

$$\left[\frac{dU^r}{dt}\right] = \frac{4R^2_{дин}[u_1](1+Q)\cdot\beta_1}{t^2_{з.л.}\cdot V\cdot n_1 t_1\cdot l}\ ; \qquad (9)$$

для покрытий, лежащих на монолитных основаниях:

$$\left[\frac{dU^r}{dt}\right] = \frac{4R^2_{дин}}{V\cdot t^2_{з.л.}(1-Q)}\left(\frac{[u_1]}{n_1 t_1\cdot l_1}\cdot\beta_1 + \frac{[u_2]}{n_1 t_2 l_2}\cdot\beta_2\right);$$

$$R_{дин} = \frac{l_{дин}}{2}\ ; \qquad (10)$$

u_1, u_2 – предельные обратимые прогибы образцов балочек материалов покрытий и оснований при испытаниях на изгиб, определяемые для асфальтобетонов в зависимости от среднемесячной дневной температуры:

$$u_1, u_2 = A^V + B^V T\ . \qquad (11)$$

Значения A^V и B^V приведены в табл.3.

Таблица 3

Асфальтобетон типов А и Б	Постоянные величины	
	A^V	B^V
Горячий	0,1	0,008
Теплый	0,12	0,006

Примечание. Для асфальтобетонов типов В,Г и Д постоянная A^V увеличивается на 3%, а постоянная B^V – на 16%.

Для остальных материалов значения предельных упругих прогибов, а также параметр усталости (a_i) и плотность (ρ_i) монолитных материалов покрытий и оснований даны в табл.2.1 приложения 2.

$t_{з.л}$ – длительность загружения образцов-балочек при испытании на изгиб, $t_{з.л} = 0{,}5$ с;

V – скорость транспортного потока, $V = 60$км/ч;

$l_{1,2}$ – пролет образцов-балочек при испытаниях на чистый изгиб, м;

n_1 – количество приложений нагрузки к дорожной одежде, устанавливаемое для первого месяца теплого периода года путем подсчета, а для каждого из последующих месяцев путем прибавления такой же величины. Например, в апреле $n_1 = 63 \times 10^4$, тогда в мае $n_1 = 126 \times 10^4$, в июне $n_1 = 189 \times 10^4$, в июле $n_1 = 252 \times 10^4$ и т.д.;

Q – функция веса сжимающих напряжений верхней части земляного полотна, определяемая для каждого месяца периода работы дорожной одежды на талом основании по номограмме рис.4.2 приложения 4;

β_1 – функция веса растягивающих динамических напряжений, воспринимаемых покрытием, определяемая для каждого месяца по формуле

$$\beta_1 = \frac{\sigma^{дин}_{изг}}{p_o \cdot K_{дин}}, \qquad (12)$$

$\sigma^{дин}_{изг}$ – динамические изгибающие напряжения от подвижной расчетной нагрузки, определяемые по номограмме рис.4.3 приложения 4;

p_o – удельная статическая нагрузка под колесом расчетного автомобиля; для автомобилей группы А $p_o = 6$ кгс/см^2, группы Б $p_o = 5$ кгс/см^2;

$K_{дин}$ – коэффициент динамичности подвижной нагрузки для дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием, принимаемый по табл.4.2 приложения 4;

β_2 – функция веса растягивающих напряжений, воспринимаемых монолитными основаниями или нижними слоями покрытия, устанавливаемая для каждого месяца по номограмме рис.4.4 приложения 4;

C_S – коэффициент, отражающий степень снижения предельной потенциальной энергии колебаний в процессе эксплуатации за счет усталостных явлений, определяемый по формуле

$$C_s = \frac{\sum_{1}^{i} n_i \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \cdots + \frac{1}{a_j}\right)}{\sum_{1}^{s} \sum_{1}^{i} n_i \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \cdots + \frac{1}{a_j}\right)}, \qquad (13)$$

где j – число монолитных слоев дорожной одежды, воспринимающих изгиб и характеризующих – ся параметрами усталости $a_1, a_2, \ldots, a_j$, считая от верхних слоев дорожной одежды. Значения C_s приведены в табл.4.3 приложения 4.

2.13. Расчет дорожных одежд завершается путем сопоставления энергий в соответствии с п.2.1 "Методических рекомендаций".

Пример расчета приведен в приложении 5.

2.14. Для ускоренного расчета дорожных одежд составлены номограммы, основанные на реализации вышеприведенного метода, и даны примеры расчета (приложение 6).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Характеристики для определения расчетных нагрузок

Таблица 1.1

Значения коэффициента K_g, учитывающего долю расчетных автомобилей в потоке

Доля расчетных автомобилей в потоке $g_{расч} / N_{сс}^{сут}$, %	Коэффициент K_g
10	0,85
20	0,93
30	1,0
40	1,07
50	1,16
60	1,24
70	1,30

Долю расчетных автомобилей в потоке ($g_{расч.}$) определяют по формуле

$$g_{расч} = \sum_{1}^{м} K_{пр}^{м} \cdot g_{м} \quad ,$$

где $K_{пр}^{м}$ – коэффициент приведения грузовых автомобилей потока к расчетному (5т), принимаемый по табл.1.2 приложения 1;

$g_{м}$ – грузовые автомобили в общем потоке, %;

$м$ – количество типов грузовых автомобилей в потоке.

Таблица 1.2

Значения коэффициента приведения грузовых автомобилей к расчетному

Нагрузка на колесо грузового автомобиля, т	Коэффициент приведения $K_{пр}^{л}$
Двухосные	
3,1	0,38
3,5	0,51
3,7	0,68
4,2	0,78
4,6	0,83
5,0	1,00
Трехосные	
1,85	0,33
2,3	0,53
1,7	0,70
3,4	1,30
4,3	1,72
4,7	2,00
15,0	8,60

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Расчетные характеристики материалов дорожных одежд и грунтов земляного полотна

Таблица 2.1

Деформативные характеристики и плотность материалов дорожных одежд

Материал	Количество цемента марки 400, %	Деформативные характеристики			Плотность ρ_i, т/м^3
		Динамический модуль упругости E_y, кгс/см^2	Предельный прогиб балочек 4х4х16 см f_{ui}, мм	Параметр усталости a_i	
Цементобетон с прочностью на растяжение при изгибе, кгс/см^2					
35	по ГОСТ	260000–420000	0,040	30	2,40
42		300000–450000	0,045	30	2,45
50		350000–500000	0,053	30	2,50
Подобранные щебеночные смеси фракции 0–40мм	6	90000	–	–	–
То же, фракции 0–25 мм	3	–	0,010	19	2,20
	5	–	0,018	19	2,25
	7	80000	0,025	19	2,30
То же, фракции 0–15 мм	10	70000	–	–	–
Дресва	10	45000	–	–	–
	8	40000	–	–	–
	6	25000	–	–	–

Продолжение табл.2.1

Материал	Количество цемента марки 400, %	Деформативные характеристики			Плотность ρ_1, т/м^3
		Динамический модуль упругости E_y, кгс/см^2	Предельный прогиб балочек 4х4х16 см f_{ul}, мм	Параметр усталости α_i	
Песок	8	-	0,060	20	1,65
Суглинок тяжелый	8	11000-12000	0,060	16	1,90
Супесь тяжелая	10	12000-13000	-	17	1,80
Супесь легкая	6-12	6000-10000	0,035	18	1,75
Песок	-	1500-2000	-	-	1,60
Щебень 1-3-го классов прочности	-	4000-6000	-	-	2,10

Примечания: 1. При других размерах поперечного сечения и пролета образцов-балочек значения предельного прогиба уменьшаются пропорционально горизонтальному сечению и квадрату высоты и увеличиваются пропорционально квадрату пролета.

2. Предельные прогибы приведены для однократного загружения.

Динамические модули асфальтобетонов (кгс/см^2) назначают по формуле

$$E_{дин}^{а.о} = \frac{A}{10^{r(в+ст)} \cdot t^{A}}, \qquad (2.1)$$

где $A, B, C, Д$ – постоянные величины, определяемые наибольшим размером зерен минеральной части смесей, принимаемые по табл.2.2 приложения 2.

Таблица 2.2

Асфальтобетон	A	B	C	$Д$
Мелкозернистый плотный	98450	0,034	0,00058	0,15
Среднезернистый плотный	103500	0,029	0,00049	0,14
Крупнозернистый пористый	73700	0,030	0,00052	0,11

Примечание. Доверительная вероятность величин A, B, C, $Д$ для мелко-, средне- и крупнозернистых асфальтобетонов составляет соответственно 0,98; 0,96; 0,84.

t – время нагружения, t = 0,1 с;

T – температура в середине слоя асфальтобетонного покрытия или основания, °С,

$$T = T^{n}_{ср} \cdot e^{-K\,0{,}5Hi}, \qquad (2.2)$$

где $T^{n}_{ср}$ – среднемесячная температура °С поверхности асфальтобетонных покрытий за светлое время суток, определяемая как:

$$T^{n}_{ср} = a\,T^{t>0°C}_{ср} + b, \qquad (2.3)$$

$T^{t>0°C}_{ср}$ – среднемесячная температура воздуха за светлое время суток, принимаемая в соответствии со "Справочником по климату СССР", °С;

a, b – эмпирические коэффициенты, принимаемые по табл.2.3 приложения 2.

K – коэффициент, полученный из результатов наблюдений за температурным режимом дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием, равный.

$$K = \left[\frac{0{,}75\left(\frac{i'}{12}\right)^2 + 0{,}87\left(\frac{i'}{12}\right)^2 + 0.26}{\cos^2\left(\frac{i'}{12}\right)} \right] \cdot \frac{32{,}3}{22{,}2 + 0{,}5\,Hi} ;$$

Таблица 2.3

Дорожно-климатическая зона	α	β
I	1,39	2,6
II	1,41	2,8
III	1,42	3,2
IУ	1,49	4,2

Hi – толщина асфальтобетонного покрытия или основания, предварительно назначенная по п.2.5 "Методических рекомендаций";

i' – порядковые номера месяцев в период работы дорожной одежды на талом основании.

Динамические модули упругости (кгс/см^2) грунтов земляного полотна определяют по формуле

$$E^{ep}_{дин} = A'' \cdot e^{-\beta''\left(\frac{W_i'}{F_{тек}} - 0{,}6\right)} , \qquad (2.4)$$

где A'',β'' – постоянные величины, зависящие от вида грунта, определяемые по табл.2.4 приложения 2;

Таблица 2.4

Грунт	A''	β''
Супеси	1130	1,58
Суглинки	1700	3,31
Глины	1650	3,02

$\frac{W_i'}{F_{тек}}$ – относительная среднемесячная влажность грунтов земляного полотна на глубине до 0,5 м от низа дорожной одежды, определяемая по формулам:

а) во II-1У дорожно-климатических зонах для всех видов грунтов

$$\frac{W_i'}{F_{тек}} = \frac{W_{расч}}{F_{тек}} \cdot K_2 \; ; \qquad (2.5)$$

W_i – весовая влажность грунта, %;

$F_{тек}$ – влажность на границе текучести, %;

$\frac{W_{расч}}{F_{тек}}$ – расчетная относительная влажность грунта земляного полотна, принимая по ВСН 46-72;

K_2 – эмпирический коэффициент, равный

$$K_2 = 1{,}55\, e^{-2{,}36 \frac{i'}{12} + \sin \frac{i'}{12}} \; ;$$

б) в I дорожно-климатической зоне для суглинков и глин

$$\frac{W_i'}{F_{тек}} = \frac{W_{расч}}{F_{тек}} \cdot K_3 \; ; \qquad (2.6)$$

K_3 – эмпирический коэффициент, равный

$$K_3 = 4{,}2 \left(\frac{i'}{12}\right)^2 - 5 \left(\frac{i'}{12}\right) + 2{,}35;$$

$\frac{W_{расч}}{F_{тек}} = \frac{W_{от}}{1{,}2}$ – расчетная относительная влажность грунта земляного полотна;

$W_{от}$ – относительная влажность грунта открытого поля[x)], принимаемая для Салехарда и Ханты-Мансийска соответственно 1,0 и 0,9.

---

x) См.рис.23 в книге "Земляное полотно автомобильных дорог в северных условиях". Под общ.ред. А.А.Малышева. М., "Транспорт", 1974.

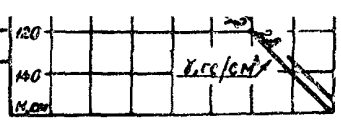
Приложение 3

Значения коэффициента η

E_{i+1}/E_i	Отношение толщины конструктивных слоев к диаметру отпечатка колеса расчетного автомобиля, H_i/D																				
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
0,85	0,85	0,857	0,862	0,870	0,878	0,884	0,890	0,900													
0,80	0,80	0,810	0,820	0,832	0,845	0,856	0,865	0,874	0,883	0,892	0,900										
0,75	0,75	0,763	0,775	0,793	0,807	0,823	0,838	0,853	0,863	0,872	0,879	0,887	0,895	0,900							
0,70	0,70	0,716	0,735	0,753	0,773	0,792	0,808	0,825	0,840	0,853	0,862	0,869	0,876	0,883	0,889	0,896	0,903				
0,65	0,65	0,669	0,690	0,714	0,737	0,760	0,780	0,798	0,816	0,828	0,843	0,853	0,859	0,866	0,873	0,879	0,886	0,892	0,897	0,904	
0,60	0,60	0,622	0,645	0,670	0,700	0,726	0,751	0,772	0,790	0,804	0,817	0,828	0,839	0,849	0,856	0,863	0,867	0,874	0,881	0,887	0,893
0,55	0,55	0,574	0,600	0,626	0,656	0,687	0,715	0,739	0,762	0,768	0,793	0,804	0,814	0,825	0,835	0,844	0,853	0,858	0,863	0,868	0,874
0,50	0,50	0,525	0,551	0,582	0,616	0,646	0,685	0,702	0,727	0,748	0,765	0,777	0,789	0,800	0,807	0,818	0,827	0,835	0,844	0,851	0,855
0,45	0,45	0,474	0,503	0,536	0,570	0,607	0,637	0,661	0,687	0,711	0,731	0,749	0,761	0,772	0,783	0,793	0,802	0,812	0,819	0,826	0,831
0,40	0,40	0,425	0,455	0,490	0,525	0,560	0,595	0,620	0,646	0,667	0,691	0,711	0,728	0,743	0,755	0,766	0,775	0,782	0,790	0,799	0,806
0,35	0,35	0,374	0,405	0,440	0,477	0,513	0,546	0,576	0,602	0,625	0,646	0,667	0,690	0,707	0,722	0,735	0,747	0,756	0,764	0,772	0,778
0,30	0,30	0,325	0,355	0,389	0,428	0,462	0,498	0,524	0,553	0,580	0,602	0,621	0,644	0,662	0,681	0,700	0,713	0,723	0,732	0,739	0,745
0,25	0,25	0,272	0,300	0,334	0,370	0,405	0,440	0,469	0,500	0,523	0,547	0,573	0,600	0,615	0,634	0,652	0,667	0,680	0,690	0,700	0,705
0,20	0,20	0,223	0,248	0,280	0,314	0,347	0,380	0,408	0,440	0,446	0,490	0,510	0,536	0,558	0,583	0,601	0,618	0,629	0,640	0,648	0,655
0,15	0,15	0,170	0,193	0,220	0,250	0,285	0,316	0,344	0,371	0,397	0,423	0,445	0,465	0,484	0,505	0,528	0,545	0,561	0,577	0,591	0,604
0,10	0,10	0,118	0,139	0,159	0,187	0,217	0,247	0,274	0,300	0,325	0,344	0,364	0,385	0,402	0,424	0,440	0,459	0,474	0,491	0,505	0,520
0,05	0,05	0,049	0,073	0,098	0,118	0,135	0,155	0,180	0,195	0,210	0,230	0,245	0,265	0,290	0,310	0,330	0,345	0,360	0,370	0,380	0,400
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Вклейка к стр.26 Заказ 68-8 Тираж 1000

объемный вес подстилающего плиту сплошного или слоистого полупространства



Расчетные номограммы и параметры для определения потенциальной энергии

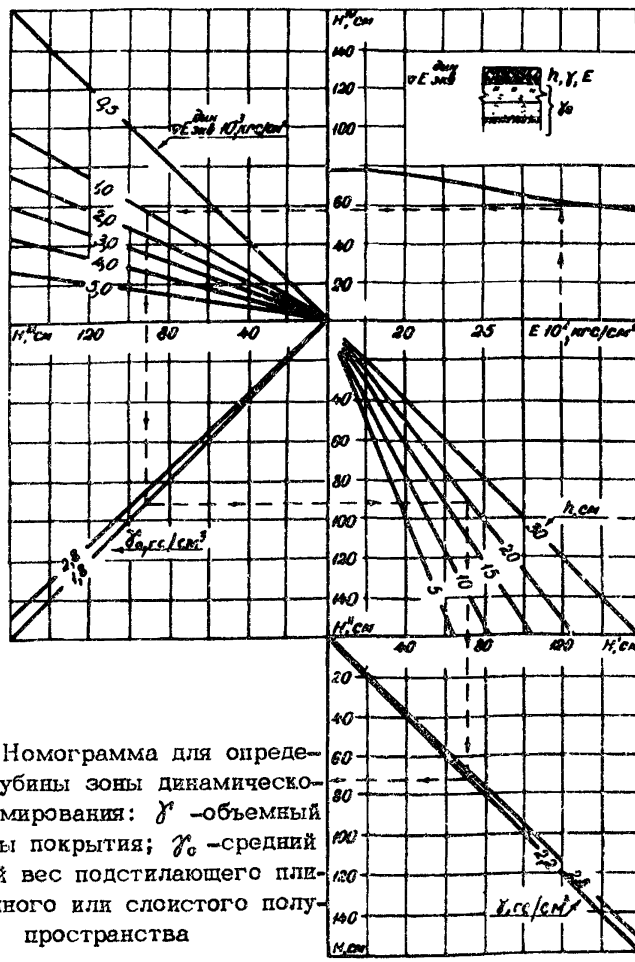


Рис.4.1. Номограмма для определения глубины зоны динамического деформирования: γ' –объемный вес плиты покрытия; γ_c –средний объемный вес подстилающего плиту сплошного или слоистого полупространства

Таблица 4.1

Значения глубины зоны активного динамического деформирования

Общий эквивалентный динамический модуль упругости одежды $E \times 10^3$, кгс/см^2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Глубина зоны динамического деформирования h, м	0,87	0,92	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76

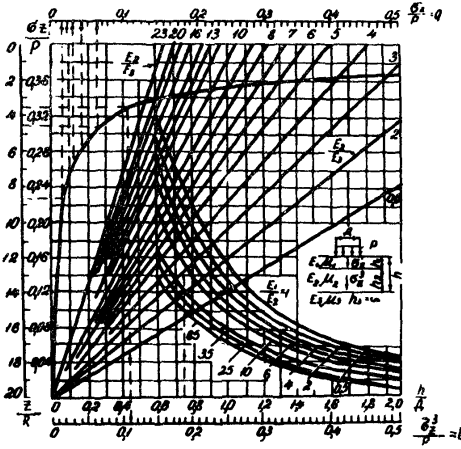


Рис.4.2. Номограмма для определения функции Q (по М.Б.Корсунскому):

z –глубина, см; $R = \frac{Д}{2}$ –радиус площадки загружения, $Д$ =34 см; p =1 кгс/см^2

Таблица 4.2

Значения коэффициента динамичности подвижной нагрузки

Основание	Коэффициент динамичности подвижной нагрузки при длительности эксплуатации дороги, годы		
	5	10	> 10
Цементобетонное	1,05	1,10	1,2
Асфальтобетонное	1,10–1,15	1,20	1,4
Щебеночное и гравийное	1,3	1,35–1,50	1,55

Примечание Коэффициент динамичности для цементобетонного покрытия на любом основании аналогичен коэффициенту динамичности для дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием на цементобетонном основании.

Таблица 4.3

Значения коэффициента C_S

Срок эксплуатации дорожных одежд до капитального ремонта S_o, годы	Коэффициент C_S для покрытий			
	цементобетонных		асфальтобетонных	
	на основаниях			
	дискретных	монолитных	дискретных	монолитных
8			0,87	0,84
10			0,81	0,76
15	0,95	0,87	0,73	0,66
25	0,93	0,82		
30	0,91	0,79		

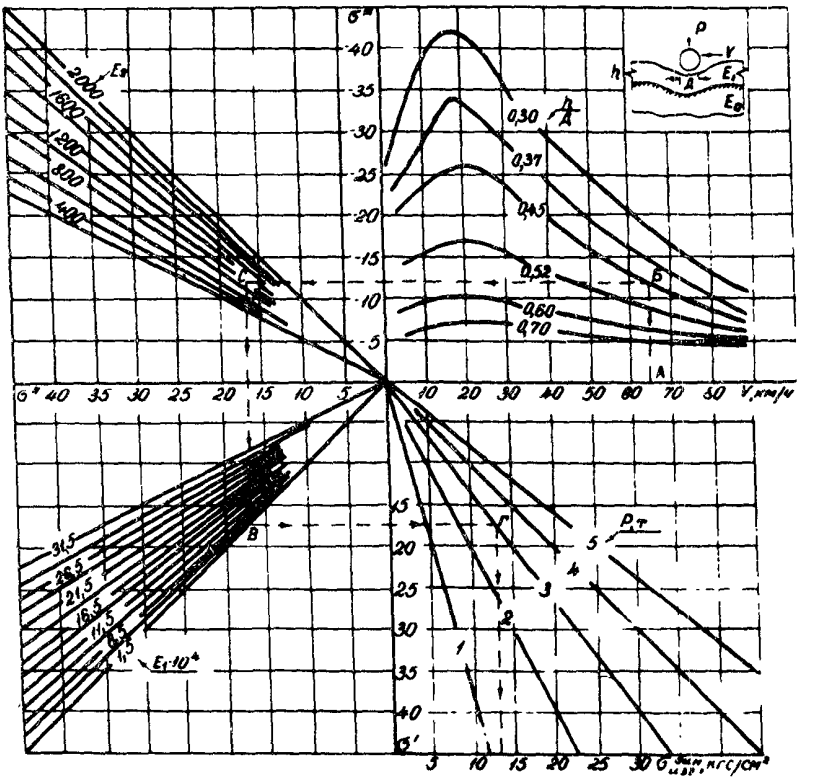


Рис.4.3. Номограмма для определения динамических изгибающих напряжений от подвижной нагрузки

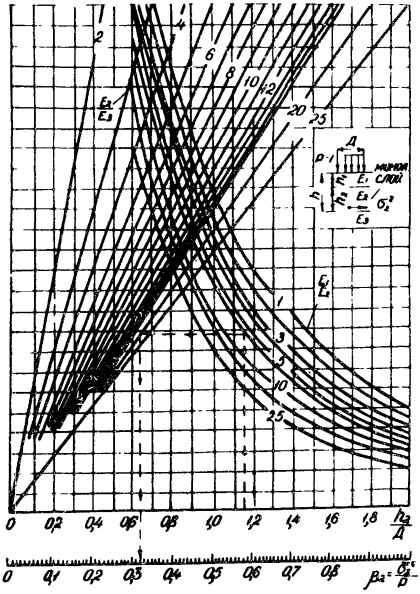


Рис.4.4. Номограмма для определения функции β_2 (по М.Б.Корсунскому)

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Пример расчета дорожной одежды

Требуется рассчитать дорожную одежду с асфальтобетонным покрытием для дороги, устраиваемой в насыпи высотой до 1,5 м в Омской обл. (III дорожно-климатическая зона, 3-й тип местности по характеру увлажнения). Грунты земляного полотна - суглинки тяжелые. Ширина проезжей части - 7,5 м, интенсивность движения на второй год эксплуатации 840 авт/сутки. Начальная интенсивность движения 600 авт/сутки. Ежегодный прирост интенсивности q =0,13. Расчетная скорость транспортного потока - 60 км/ч.

Состав движения характеризуется следующими данными:

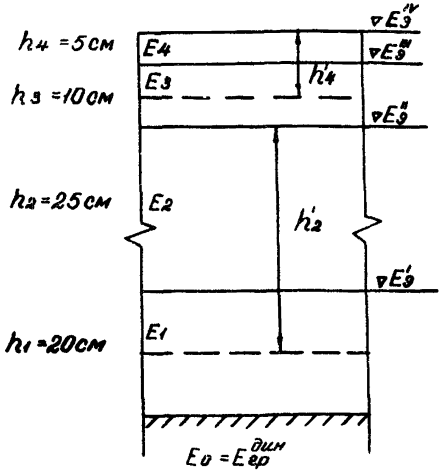
Грузовые автомобили с нагрузкой на заднюю ось, т	%
до 7	10,0
до 8,4	12,0
до 9,2	6,6
до 10	10,0
Легковые	61,4

1. Общий срок службы дорожной одежды до капитального ремонта принимаем 15 лет (по табл.1 "Методических рекомендаций"), тогда она должна работать в стадии обратимых деформаций 2 года.

2. Назначаем предварительно конструкцию одежды:

покрытие: верхний слой - асфальтобетон горячий (тип А) - 5 см;
нижний слой - асфальтобетон пористый - 10 см;
основание щебеночное (щебень 1-го класса прочности) - 25 см;
подстилающий слой - песок крупнозернистый - 20 см;
земляное полотно - суглинок тяжелый.

Расчетная схема



1–асфальтобетон горячий (тип А);

2–асфальтобетон пористый

3–щебень 1–го класса прочности

4–песок крупнозернистый

5–суглинок тяжелый

3. Определяем длительность работы дорожной одежды на талом основании. Для этого сначала устанавливаем дату перехода температуры воздуха через 0° С (14 1У и 18/Х). Тогда длительность теплого периода $T^{t>0^\circ}$=182 дня. Длительность работы дорожной одежды в году на талом основании по п.2.6 "Методических рекомендаций"

$$i = \frac{182-12+15}{30} = \frac{185}{30} = 6{,}13 \text{ мес.}$$

Устанавливаем дату оттаивания дорожной одежды: 14/1У+12 дней=26/1У и дату промерзания дорожной одежды 18/Х+15 дней=3/Х1.

4. Определяем среднемесячное количество приложений расчетной колесной подвижной нагрузки, для чего сначала рассчитываем среднесуточную интенсивность в течение 2 лет по п.2.7 "Методических рекомендаций":

$$N_{ср}^{сут} = \frac{N_1}{2}\left[2 + g(S+1)\right] = 720 \text{ авт/сутки.}$$

Затем определяем долю расчетных грузовых автомобилей в потоке:

$$g_{расч} = \sum_{1}^{M} K_{пр}^{м} g_{м} = (0{,}51 \times 720 \times 0{,}10 + 0{,}78 \times 720 \times 0{,}12 + 1 \times 720 \times 0{,}1 + 0{,}83 \times 1200 \times 0{,}066) \approx 210 \text{ авт/сутки,}$$

что составляет 30% от общего состава движения. По табл.1.1 приложения 1 принимаем $K_g = 1$.

Число колесных нагрузок в месяц составит:

$$n = 30 \left(N_{ср}^{сут}\right)^{1,3} \cdot K_g = 30(720)^{1,3} \times 1 = 74000 .$$

5. Назначаем динамический модуль упругости щебеночного основания E_2 = 6000 кгс/см^2 и песчаного подстилающего слоя E_1 =2000 кгс/см^2 по табл.2.1 приложения 2.

6. Для определения динамических модулей упругости асфальтобетонного покрытия рассчитываем температуру поверхности покрытия ($T_{ср}^{п}$), температуру в середине верхнего слоя покрытия (T_4) и температуру в середине нижнего слоя покрытия (T_3) по формулам (2.2) и (2.3) приложения 2. Расчеты сведем в таблицу.

Месяц	Среднемесячная температура, °С			
	воздуха $T_{ср}^{в} > 0^{\circ}C$	покрытия $T_{ср}^{п}$	верхнего слоя покрытия T_4	нижнего слоя покрытия T_3
Апрель	0,3	3,22	2,73	1,73
Май	10,1	17,00	15,47	12,24
Июнь	16,1	25,40	24,13	21,33
Июль	17,4	27,40	26,57	24,38
Август	14,6	23,40	22,00	18,72
Сентябрь	9,3	15,80	13,58	9,00
Октябрь	0,7	3,80	2,73	1,10
Ноябрь	-9.3	-	-	-

Динамические модули упругости верхнего E_{4i} и нижнего E_{3i} слоев асфальтобетонного покрытия для каждого месяца теплого периода рассчитываем по формуле (2.1) приложения 2

	E_{4i}, кгс/см^2	E_{3i}, кгс/см^2
Апрель	118000	50600
Май	38820	20500
Июнь	26120	7600
Июль	10930	5200
Август	19040	10300
Сентябрь	46860	27900
Октябрь	118000	53000

7. Рассчитываем динамические модули упругости грунта земляного полотна $E^{ср}_{дин}$ по формуле (2.4), предварительно определив относительную влажность грунта $W_i / E_{тек}$ по формуле (2.5) приложения 2.

	$W_i / E_{тек}$	$E^{ср}_{дин}$, кгс/см^2
Апрель	0,75	750
Май	0,75	750
Июнь	0,81	610
Июль	0,71	850
Август	0,71	850
Сентябрь	0,71	850
Октябрь	0,72	820
Ноябрь	0,72	820

Расчет кинетической энергии

8. Рассчитываем кинетическую энергию, передаваемую от действия транспортного потока дорожной одежде, по формуле (2) "Методических рекомендаций", для чего определяем эквивалентный динамический модуль упругости по п.2.8, а затем скорости деформаций дорожной одежды от действия подвижных нагрузок по п.2.10, предварительно рассчитав толщину однослойного покрытия, эквивалентную двухслойному, по формуле

$$h'_4 = h_4 + h_3 \sqrt[3]{\frac{E_3}{E_4}}$$

Расчеты сведем в таблицу.

Характеристики дорожной одежды	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
E_0, кгс/см^2	750	750	610	850	850	850	820	820
E_1, кгс/см^2	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
E_0/E_1	0,38	0,38	0,30	0,43	0,43	0,43	0,41	0,41
$h_1/Д$	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
η'	0,575	0,575	0,498	0,619	0,619	0,619	0,603	0,603
$\blacktriangledown E'_э$, кгс/см^2	1150	1150	996	1238	1238	1238	1206	1206
E_2, кгс/см^2	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
$\blacktriangledown E'_э/E_2$	0,19	0,19	0,17	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20
$h_2/Д$	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
η''	0,404	0,404	0,392	0,427	0,427	0,427	0,420	0,420
$\blacktriangledown E''_э$, кгс/см^2	2430	2430	2350	2560	2560	2560	2520	2520
$h_3/Д$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$\blacktriangledown E''_э/E_э$	0,05	0,12	0,30	0,50	0,25	0,10	0,05	–
η'''	0,098	0,183	0,389	0,582	0,334	0,159	0,098	–

$_{в}E_3^{III}$, кгс/см^2	4560	3750	2960	3030	3440	4440	5200	–
$h_4/Д$	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	–
$_{в}E_3^{III}/E_4$	0,040	0,096	0,11	0,27	0,18	0,09	0,044	–
η_4^{IV}	0,049	0,128	0,130	0,300	0,211	0,128	0,050	–
$_{в}E_3^{IV}$, кгс/см^2	5800	4970	3400	3300	4000	6000	5900	–
$E_4/_{в}E_3^{II}$	49,0	16,0	11,0	4,0	7,0	18,0	47,0	–
$h_4'/Д$	0,36	0,38	0,34	0,37	0,38	0,39	0,44	–
$\frac{du}{dt}\cdot10^{-4}$, м/с	19,66	24,73	26,46	24,17	24,66	23,63	19,46	–
E_1, кДж	0,023[x] (0,715)	1,134	1,295	1,081	1,125	1,033	0,701	0,069[x]

[x] Кинетическая энергия, передаваемая дорожной одежде за переходный период (4 дня в апреле и 3 дня в ноябре). За 6,13 месяца кинетическая энергия составила 6,46 кДж, а за 2 года – 12,92 кДж.

Расчет потенциальной энергии

9. Определяем массу дорожной одежды грунтового основания, вовлекаемую в колебания, по формуле (8) "Методических рекомендаций", предварительно рассчитав среднюю плотность (т/м^3) материала конструктивных слоев:

$$\rho = \frac{2,35+2,30+2,20+1,80}{4} = 2,17$$

и определив глубину зоны активного динамического деформирования по табл.4.1 приложения 4.

Характеристика	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
$E_{э}^{IV}$, кгс/см^2	3300	2520	3340	3130	3450	3000	4250	-
h, м	0,886	0,91	0,88	0,89	0,884	0,894	0,86	-
$m_{пр}$, т	17,32	17,92	17,33	17,52	17,41	17,60	16,93	-

10. Определяем предельные обратимые прогибы образцов-балочек асфальтобетона в зависимости от температуры по формуле (11) "Методических рекомендаций".

	Температура покрытия, °С	Упругий прогиб $[u_i]$, мм
Апрель	2,73	0,121
Май	15,47	0,223
Июнь	24,13	0,293
Июль	26,57	0,312
Август	22,0	0,276
Сентябрь	13.58	0,208
Октябрь	2.73	0,121
Ноябрь	-	-

11. Назначаем функцию веса сжимающих напряжений верхней части земляного полотна по номограмме рис.4.2 приложения 4 при $\frac{h}{D} = \frac{h_2' + h_4'}{D}$, где

$$h_2' = h_2 + h_1 \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2}} = 35 + 20 \sqrt[3]{\frac{2000}{6000}} = 31{,}5 \text{ см.}$$

Функцию веса растягивающих напряжений, воспринимаемых асфальтобетонным покрытием (β_1), рассчитаем по формуле (12) при $K_{дин} = 1{,}35$, $P_0 = 6{,}5$ кгс/см^2 и $\sigma_{изг.}^{дин}$, назначенной по номограмме 4.1 приложения 4 ($E_0 = E_э''$).[x]

12. Рассчитываем среднемесячные предельные скорости колебаний одежды по формуле (9) при $\ell = 16$см, $a_1 = 5$, $V = 60$ км/ч, $\rho_{дин} = 170$ см (5Д), $t_{з.л} = 0{,}5$ с.[x]

13. Определяем потенциальную энергию одежды для каждого месяца в теплый период года по формуле (7).[x]

14. К концу второго года потенциальная энергия с учетом коэффициента ($C_5 = 0{,}93$), рассчитанного по формуле (13), составила 12,44 кДж.

15. Сопоставим полученные значения кинетической и потенциальной энергий.

Год	$[E_5]$ кДж	$\sum_1^5 E$ кДж
1-й	13,38	6,46
2-й	12,44	12,92

Как видно из сопоставления $[E_5] / \sum_1^5 E$, потенциальная энергия к концу второго года службы дорожной одежды меньше энергии, передаваемой от транспортного потока, на 4%, что удовлетворяет условию динамической устойчивости дорожной одежды по п.2.1.

---

[x] Расчеты по п.11, 12, 13 приведены в таблицах на стр.40–41.

Характеристики	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
$h/Д$	1,23	1,25	1,24	1,28	1,26	1,24	1,22	–
E_2/E_0	8,0	8,0	9,84	7,06	7,06	7,06	7,32	7,32
E_4/E_2	18,66	6,47	4,35	1,82	3,17	7,81	18,66	–
a	0,04	0,05	0,045	0,08	0,075	0,06	0,04	–
$E''_э$, кгс/см^2	2430	2430	2350	2560	2560	2560	2520	2520
E_{4i}, кгс/см^2	118000	38820	26120	10930	18040	46860	118000	–
$h'_4/Д$	0,36	0,38	0,34	0,37	0,38	0,39	0,44	–
$\beta_1 = \frac{\sigma^{доп}_{изг}}{p_0 \cdot K_{дин}}$	4,3	5,15	5,0	4,75	5,0	5,25	4,3	–

Характеристики	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
$[u_i]$, мм	0,121	0,223	0,293	0,312	0,276	0,208	0,121	–
q	0,04	0,05	0,045	0,08	0,075	0,06	0,04	–
β_i	4,3	5,15	5,0	4,75	5,0	5,25	4,3	–
$n_i \cdot 10^3$, кол/мес	74	148	222	296	370	444	518	–
$\frac{du}{dt} \cdot 10^{-4}$, м/с	10,0	19,38	22,71	22,38	19,35	14,94	6,76	–

Характеристики	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
$m_{пр}$, т	17,32	17,92	17,33	17,52	17,41	17,60	16,93	
$\left[\frac{du}{dt}\right] \cdot 10^{-4}$, м/с	10,0	19,38	22,71	22,38	19,85	14,94	6,76	
$[E_i]$, кДж	0,021 x)	2,49	3,31	3,25	2,54	1,45	0,29	0,028 x)
Итого за 6,13 месяца							13,38 кДж	

x) Потенциальная энергия учтена за 4 дня апреля и 3 дня ноября.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Ускоренный метод расчета дорожных одежд

Толщины покрытий и оснований одежд нежестко г о типа назначают по номограммам рис.6.1 и 6.2 приложения 6, предварительно установив интенсивность движения, модуль упругости основания, срок работы одежды в стадии обратимых деформаций.

В номограммах обусловлено, что в транспорт н о м потоке доля расчетных автомобилей составляет 30 % (на каждые 10% изменения этой доли в любую сторону интенсивность по номограммам соответственно изменяется на 7%). Номограммы составлены для проектирования дорожных одежд с покрытиями из горячего асфальтобетона в условиях 3-го типа местности по характеру увлажнения.

При проектировании дорожных одежд для 2-го типа местности полученные значения оснований уменьшают на 20% , а для 1-го типа местности - на 40%.

Например, в условиях Омской обл. требуется назначить толщины покрытия и основания дороги IУ категории при интенсивности движения 600 авт/сутки и при 30% расчетных автомобилей в транспортном потоке, а также дороги III категории при интенсивно с т и 1200 авт/сутки с таким же составом движения. Покрытие устраивают из крупнозернистого горячего асфальтобетона на щебеночном основании с модулем упругости 6000 кгс/см^2 или на цементогрунтовом с так и м же модулем упругости.

Общий срок службы дорожной одежды принима е м равным 10 годам, тогда по номограммам рис.6.1 и 6.2 приложения 6 получим варианты, которые приведены в табл.6.1 данного приложения.

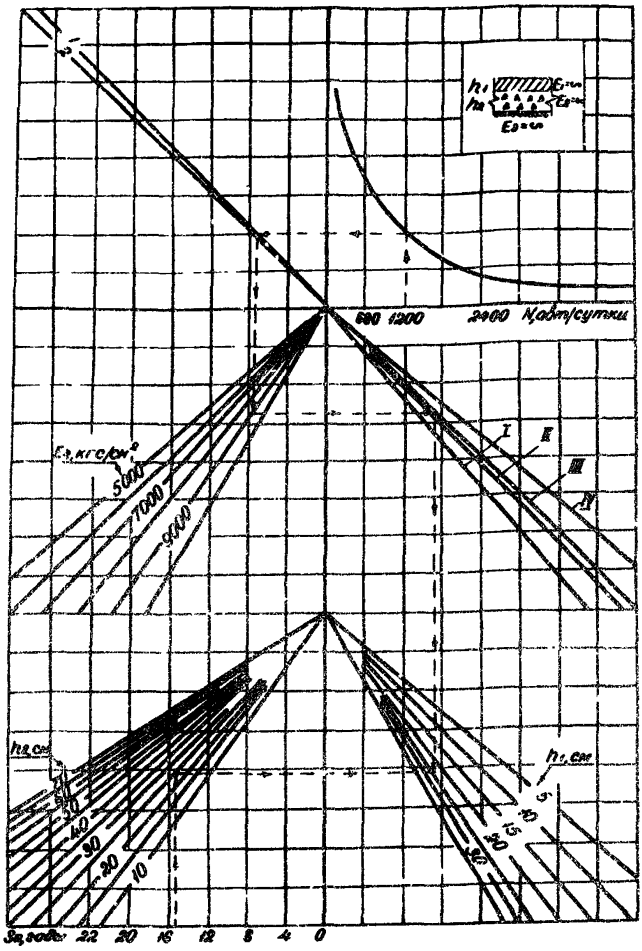


Рис.6.1. Номограмма для назначения толщин асфальтобетонного покрытия h_1 и дискретного основания h_2 по заданному сроку эксплуатации одежды до капитального ремонта: S_0 для различных дорожно-климатических зон (1-1У) 1 и 2-соответственно крупно- и среднезернистые асфальтобетоны

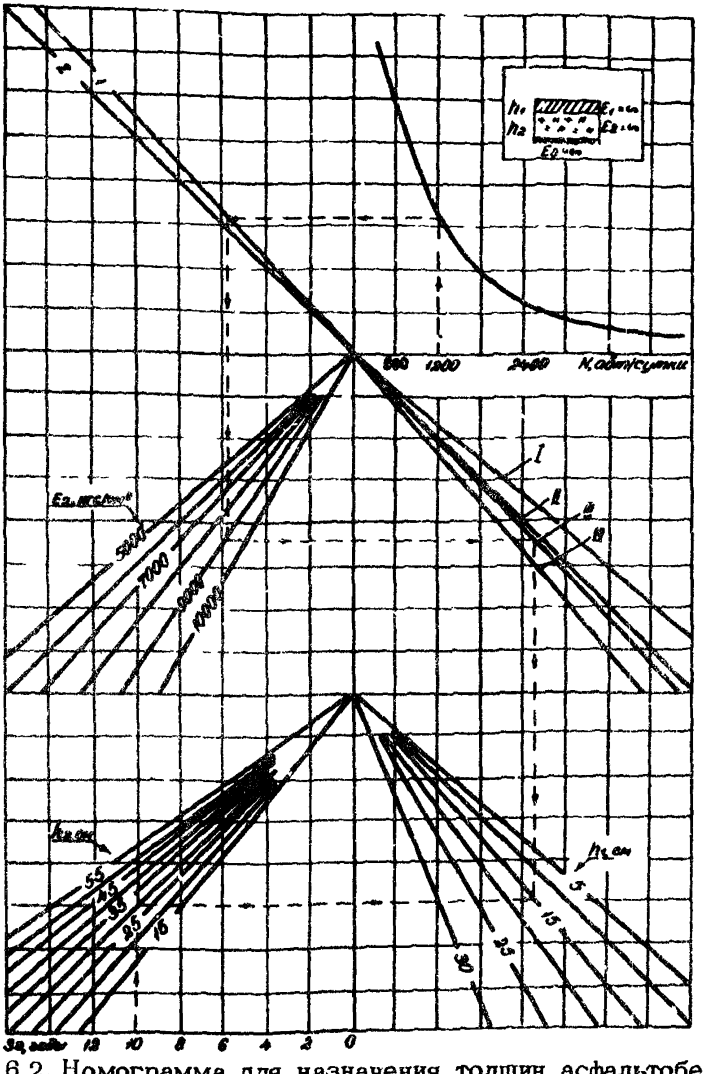


Рис.6.2. Номограмма для назначения толщин асфальтобетонного покрытия h_1 и монолитного основания h_2 по заданному сроку эксплуатации одежды до капитального ремонта S_0 для различных дорожно-климатических зон (I–IУ), 1,2–соответственно крупно- и среднезернистые асфальтобетоны

Таблица 6.1

Дорожная одежда	Варианты для дорог				
	IУ категории		III категории		
	I	II	I	II	III
Асфальтобетон на щебеночном основании	8 / 20	10 / 15	10 / 50	15 / 40	20 / 30
Асфальтобетон на цементогрунтовом основании	8 / 10	-	-	10 / 18	15 / 12

Таблица 6.2

Дорожная одежда	Варианты	
	I	II
Цементобетон на щебеночном основании	18 / 20	20 / 15
Цементобетон на цементогрунтовом основании	18 / 10	-

Примечание. Над чертой - значения толщины покрытия в см, под чертой - основания.

Толщину цементобетонных покрытий на дискретных или монолитных основаниях назначают по номограммам рис.6.3 и рис.6.4 приложения 6. Например, требуется запроектировать дорожные одежды с цементобетонным покрытием с модулем упругости 300000кгс/см^2 на основаниях щебеночном или цементогрунтовом с модулем упругости 6000 кгс/см^2. Интенсивность движения - 2400 авт/сутки при 30% расчетных автомобилей в транспортном потоке, общий срок службы дорожной одежды прини...аем равным 30 годам. Тогда по номограммам рис.6.3 и 6.4 приложения 6 получим варианты, приведенные в табл.6.2 приложения 6.

Выбор оптимального варианта дорожных одежд осуществляются на основе технико-экономического обоснования.

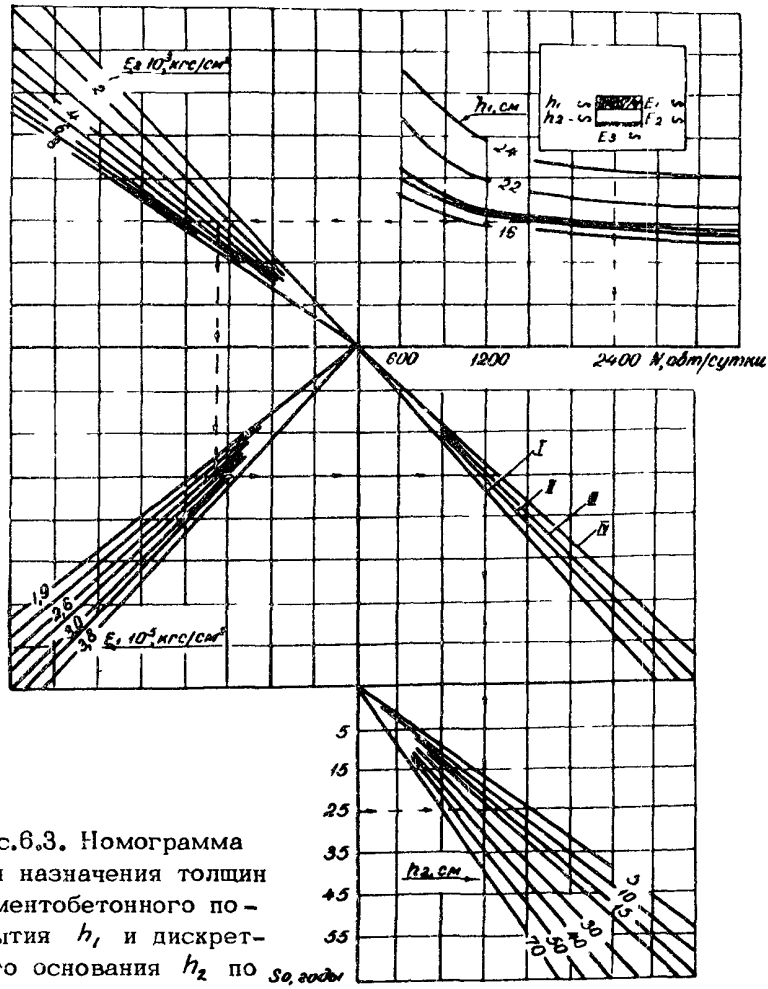


Рис.6.3. Номограмма для назначения толщин цементобетонного покрытия h_1 и дискретного основания h_2 по заданному сроку эксплуатации одежды до капитального ремонта S_0 для различных дорожно-климатических зон (1–1У)

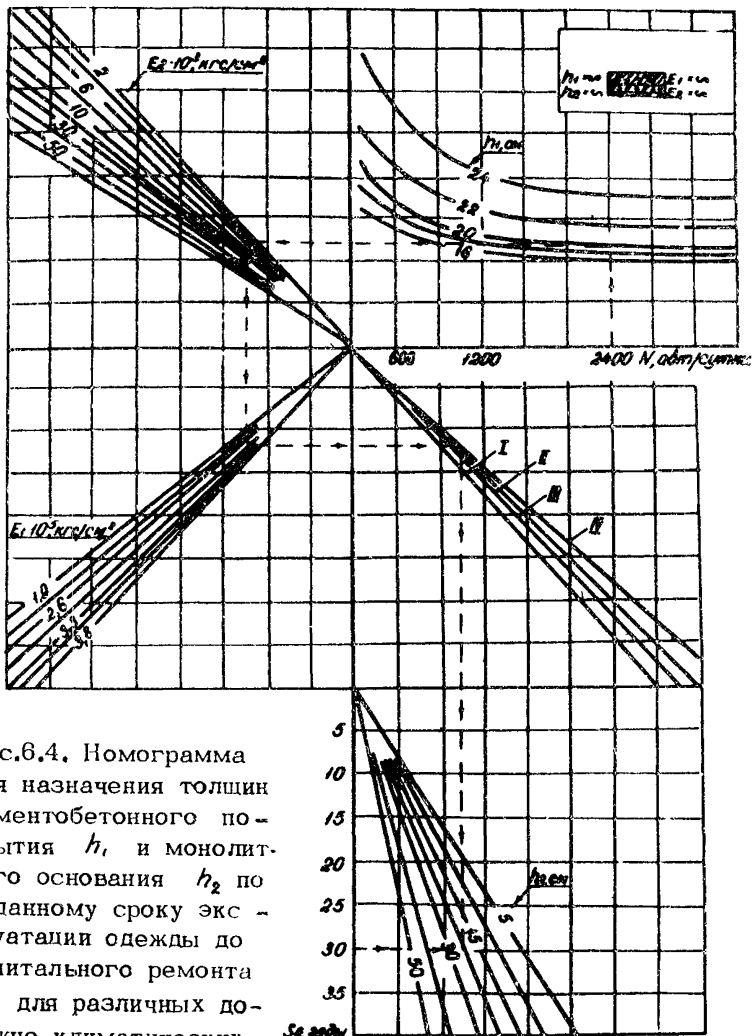


Рис.6.4. Номограмма для назначения толщин цементобетонного покрытия h_1 и монолитного основания h_2 по заданному сроку эксплуатации одежды до капитального ремонта δ_6 для различных дорожно-климатических зон (I–IУ)

ЛИТЕРАТУРА

1. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд. Под ред. Н.Н. Иванова. М., "Транспорт".1973.

2. "Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа" ВСН 46–72.

3. Корсунский М.Б. Основы комплексного проектирования конструкций дорожных одежд и земляного полотна автомобильных дорог. М., 1971.

4. Медников И.А. Исследования по теории расчета бетонных покрытий автомобильных дорог. М., 1965.

5. Смирнов А.В. Динамика дорожных одежд автомобильных дорог. Омск, 1975.

Оглавление

Стр.

Предисловие 3

1. Общие положения 4

2. Расчет дорожных одежд 6

Приложения . . . . . .

1. Характеристики для определения расчетных нагрузок 20

2. Расчетные характеристики материалов дорожных одежд и грунтов земляного полотна 22

3. Значения коэффициента η . . . . . (вклейка)

4. Расчетные номограммы и параметры для определения потенциальной энергии 27

5. Пример расчета дорожной одежды 32

6. Ускоренный метод расчета дорожных одежд 42

Ответственный за выпуск

Л.В.Королева

Редактор И.Е.Тарасенко
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор Л.В.Крылова

Подписано к печати 23/III 1978г. Формат 60x84/16
Л 40273

Заказ 68-8 Тираж 1000 2,2 уч.-изд.л. 3,0 печ.л. Цена 24 коп
+1 вклейка.

Ротапринт Союздорнии

gost.e-ecolog.ru