МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РСФСР
ДОРОЖНОЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
НПО РОСДОРНИИ

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО УСТРОЙСТВУ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ УТОЛЩЕННЫХ СЛОЕВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Утверждены
зам.ген.директора НПО Росдорнии
канд.техн.наук А.Я.Эрастовым

Москва 1990

gost.e-ecolog.ru

УдК 625.8:625.85

Рекомендации по устройству дорожных покрытий из утолщенных слоев асфальтобетонных смесей.-/НПО Росдорнии.-М.:ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1990, 26 с.

Составлены на основе исследовательских и экспериментальных работ, проведенных ХАДИ и НПО Росдорнии, и предназначены для инженерно-технических работников, осуществляющих проектирование и строительство дорожных покрытий с применением утолщенных слоев из асфальтобетонных смесей.

Рекомендована технология строительства покрытия из толстых слоев асфальтобетона с широким использованием местных материалов и отходов промышленности. Приведены требования к исходным материалам и смесям, указаны порядок расчета режима уплотнения смесей и технологического контроля за качеством смесей и покрытий из них, а также технико-экономическое обоснование эффективности применения слоев увеличенной толщины.

В составлении рекомендации приняли участие В.Г.Кравченко, Ю.О.Балаценко, О.А.Громогласова (ХАДИ), А.В.Руденский, Э.А.Карагезян, А.А.Штромберг (НПО Росдорнии).

Замечания и предложения следует направлять по адресу: 125493, Москва, ул.Смольная, I/3, владение 2, НПО Росдорнии.

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УТОЛЩЕННЫХ СЛОЕВ ИЗ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

I.I. Утолщенные слои из асфальтобетонных смесей применяются для устройства дорожных покрытий. К ним относятся асфальтобетонные слои толщиной 9-20 см, устраиваемые за один проход укладчика.

I.2.Асфальтобетонные утолщенные слои устраивают с целью:

- обеспечения более высокой однородности конструктивного слоя дорожной одежды по сравнению с конструкцией, состоящей из нескольких тонких слоев;

- повышения производительности строительных работ по укладке слоев покрытия, так как применение одного типа смеси позволяет избежать переналадок смесителей на АБЗ, а также увеличивается производительность строительных машин (укладчика, катков);

- продления строительного сезона, поскольку утолщенные слои обладают большим запасом тепла при укладке, медленнее остывают по сравнению с тонкими слоями асфальтобетонных смесей и их укладку можно производить при более низких температурах;

- расширения ресурсов материалов для приготовления асфальтобетонных смесей, так как укладка утолщенных слоев позволяет расширить номенклатуру исходных компонентов, пригодных для приготовления смесей;

- повышения долговечности асфальтобетонных покрытий и качества асфальтобетона за счет большей однородности и степени уплотнения слоя покрытия, исключения дефектов, вызванных недостаточной связностью между отдельными слоями покрытия.

I.3. Для устройства утолщенных слоев асфальтобетонных покрытий применяются плотные, пористые и высокопористые асфальтобетонные смеси в соответствии с общими требованиями Руководства по строительству дорожных асфальтобетонных покрытий (М.: Транспорт, I978).

I.4. Утолщенные слои из асфальтобетонных смесей рекомендуется устраивать на дорогах общего пользования I-3 категорий, а также на сельских с тяжелым интенсивным движением.

I.5. Расчет конструкций дорожных одежд с утолщенными слоями из асфальтобетона производится в соответствии с ВСН 46-83. Расчетные характеристики слоя назначаются в зависимости от типа применяемой смеси также по ВСН 46-83 или устанавливаются на осно-

вании непосредственных экспериментальных испытаний используемои при строительстве асфальтобетонной смеси с учетом климатических особенностей раиона строительства.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ИСХОДНЫМ МАТЕРИАЛАМ И СМЕСЯМ

2.I. Асфальтобетонные смеси применяют в соответствии с общими требованиями Руководства по строительству дорожных асфальтобетонных покрытий. Вид, тип и марку асфальтобетонной смеси выбирают в зависимости от категории дороги и климатических условий района строительства с учетом ГОСТ 9I28-84.

2.2. Щебень для приготовления асфальтобетонных смесей используют также в соответствии с требованиями ГОСТ 9I28-84, включая щебень из горных пород, гравия и металлургических шлаков. Допускается применение гравия, отвечающего требованиям ГОСТ 8268-82. Могут использоваться смеси прочного, согласно требованиям ГОСТ 9I28-84, и малопрочного щебня (гравия), отвечающего требованиям табл. I. Допускается применение щебня крупностью не более 70 мм, щебня и гравия в виде смеси отдельных фракций, а также продуктов камнедробления, содержащих не более 30 % частиц мельче 2,5 мм.

Запрещается использовать щебень с содержанием зерен пластичной (лощадной) формы более I5 % в многощебенистых смесях, более 25 % - в среднещебенистых и более 35 % - в малощебенистых смесях.

Таблица I

Наименование щебня	Марка смеси	Марка щебня по прочности и износу для смесей типа		
		многощебенистых	среднещебенистых	малощебенистых
I	2	3	4	5
Из осадочных горных пород	I	600-800 И-2	600-800 И-2	400-600 И-3
	2	400-600 И-3	300-600 И-3	200-400 И-4
Из шлаков	I	600-800	600-800	400-600
	2	600-800	400-600	300-400

Окончание табл. I

I	2	3	4	5
Из гравия	I	Др. I2 / И-2	Др. I2 / И-3	Др. I6 / И-4
		Др. I2 / И-2	Др. I6 / И-3	Др. 24 / И-4

Примечание. *В числителе* - марка щебня по прочности, в знаменателе - по износу.

Не допускается применение щебня (гравия) с содержанием пылевато-глинистых частиц более 3 %, а также щебня из глинистых (мергелистых) известняков, глинистых песчаников и глинистых сланцев.

2.3. Песок для приготовления асфальтобетонных смесей применяют в соответствии с ГОСТ 8736-85. Используются отсевы продуктов дробления горных пород и гравия, содержащих не более 5 % пылеватых глинистых частиц. Допускается применение песчано-гравийных смесей, отвечающих требованиям ГОСТ 23735-79.

2.4. Минеральный порошок, а также порошковые отходы промышленности (измельченные металлургические шлаки, золы-уноса ТЭС, пыль-уноса цементных заводов, порошковые отсевы камнедробления и др.) для приготовления асфальтобетонных смесей применяют согласно ГОСТ I6557-78 при условии соблюдения требований Руководства по применению порошкообразных отходов промышленности в качестве минерального порошка в асфальтобетонах I-2 марки (Гипродорнии, М., I988).

2.5. Битум для приготовления асфальтобетонных смесей применяют в соответствии с требованиями ГОСТ 22245-76 и ГОСТ II955-82.

Допускается использование комплексных органических вяжущих, физико-механические показатели которых отвечают требованиям указанных ГОСТов, включая битумодегтевые и дегтебитумные композиции, вяжущие, приготовленные с использованием каменноугольных смол, продуктов лесохимической промышленности и других компонентов. Каменноугольные дегти и смолы применяются в соответствии с Руководством по применению каменноугольных вяжущих в дорожном строительстве (Гипродорнии, М., I979).

Используются и нефтяные остаточные битумы в соответствии с требованиями Технических указаний по применению нефтяных гудронов (остаточных битумов в дорожном строительстве (Гипродорнии, 1975).

Выбор вида и марки органического вяжущего для приготовления асфальтобетонных, дегтебетонных и других типов смесей производят в зависимости от категории дороги и климатических условий района строительства с учетом Руководства по строительству дорожных асфальтобетонных покрытий.

2.6. Асфальтобетонные смеси по составу и физико-механическим характеристикам должны удовлетворять требованиям ГОСТ 9128-84. При использовании смеси двух видов щебня различной прочности асфальтобетонные смеси должны отвечать требованиям ТУ 218 РСФСР 541-85. Допускается применение высокопористых асфальтобетонных смесей с содержанием щебня более 65 % при условии устройства поверхностной обработки или замыкающего слоя из плотного асфальтобетона.

3. ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА СЛОЕВ УВЕЛИЧЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

3.1. Транспортирование смесей

3.1.1. С целью уменьшения теплопотерь при транспортировании желательно применение автомобилей-самосвалов с повышенной грузоподъемностью (10-12 т).

3.1.2. Продолжительность транспортирования должна быть такой, чтобы смесь не успевала остыть ниже допустимой температуры. При этом необходимо учитывать, что органическое вяжущее является теплоизолятором для минеральной части. Поэтому чем меньше норма вяжущего, тем быстрее остывает смесь.

3.1.3. Расчет остывания смеси в период транспортирования может быть произведен по номограмме на рис. 3.1, где приведен ключ к пользованию номограммой.

На горизонтальной оси отложено время транспортирования (в минутах). Цифры на кривых обозначают температуру воздуха. Начало пучка прямых на вертикальной оси в левой части номограммы соответствует температуре смеси при выходе из смесителя.

По номограмме могут быть определены либо температура смеси при известной продолжительности транспортирования, либо по заданной требуемой температуре смеси допускается продолжительность транспортирования.

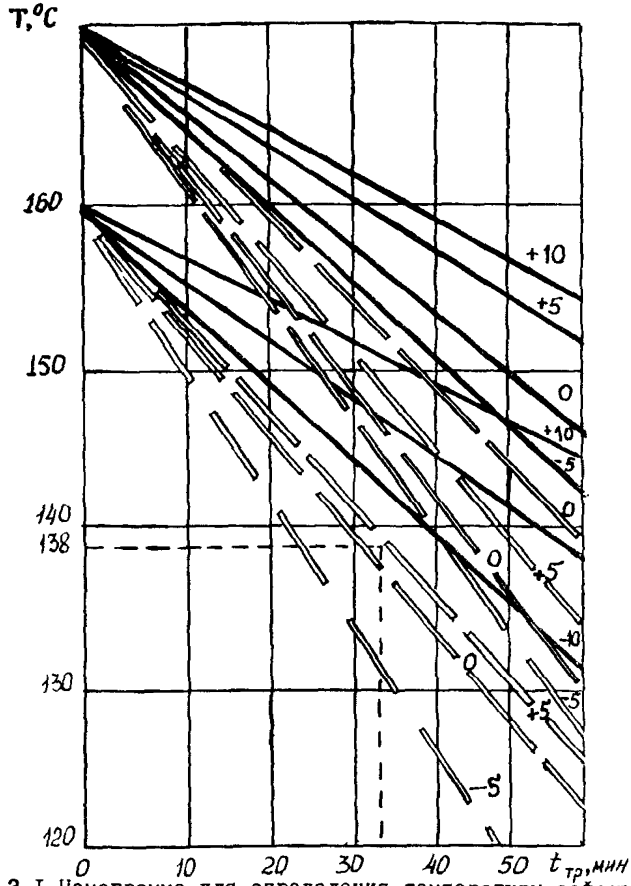

Рис.3.1. Номограмма для определения температуры асфальтобетонной смеси(T°C)при транспортировании автомобилем-самосвалом МАЗ-503:

——— – среднеинтегральное значение температуры;
▫ ▫ ▫ – среднее значение температуры активного слоя.
Цифрами на кривых обозначена температура воздуха

В первом случае поступают следующим образом. Находят на горизонтальной оси точку, соответствующую продолжительности транспортирования($t_{тр}$,мин). Для примера взята продолжительность транспортирования 35 мин. От этой точки восстанавливают перпендикуляр до

пересечения с прямой, которая соответствует температуре воздуха и начальной температуре смеси при выходе из смесителя.

3.2. Технология устройства слоев

3.2.1. Технология устройства слоев увеличенной толщины должна соответствовать требованиям Руководства по строительству дорожных асфальтобетонных покрытий, а также Инструкции по устройству покрытий и оснований из щебеночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных органическими вяжущими ВСН 123-77.

3.2.2. Укладку смеси производят укладчиками асфальтобетона, а для оснований - также универсальными укладчиками дорожно-строительных материалов и асфальтового бетона типа ДС-54 (Д-724). В отдельных случаях этот укладчик может использоваться для устройства покрытия. Целесообразно применять укладчики производительностью более 150 т/ч на пневмоколесном ходу (ДС-48, ДС-94, ДС-113 и ДС-114) желательно с шириной укладываемой полосы 7,5-12,0 м, чтобы обеспечить укладку на полную ширину слоя. При отсутствии таких укладчиков возможно использование укладчиков меньшей производительности ДС-1 (ДС-150, ДС-54, ДС-126).

При укладке слоев покрытия, толщина которых превышает толщину, указанную в технических характеристиках укладчиков (до 200 мм для укладчика ДС-128, для остальных - до 150 мм), обязательно применение следящей системы, обеспечивающей ровность слоя.

При необходимости укладки более толстых слоев шарнир рамы рабочих органов должен быть перемещен вверх. Максимальная толщина укладываемого слоя при этом должна быть определена на пробной укатке.

При использовании для укатки слоев толщиной более 160 мм наиболее распространенных укладчиков типа Д-150 Б на нем должны быть сняты упоры, ограничивающие подъем рамы с рабочими органами.

3.2.3. Скорость передвижения укладчиков должна быть такой, чтобы обеспечить равномерную работу питателя и распределительных шнеков. Должна быть обеспечена равномерная подача материалов под трамбующий брус и выглаживающую плиту. При нарушении этого условия скорость укладчиков должна быть уменьшена.

3.2.4. Эффективность уплотнения зависит от температуры слоя. Уплотнение утолщенных асфальтобетонных покрытий должно производиться при температуре выше $+80^{\circ}$ С.

Температуру слоя асфальтобетонных смесей T при остывании с допустимой для производственных целей точностью можно рассчитать по формуле

$$T = T_0 \, e^{-mt}, \qquad (3.1)$$

где T_0 - начальная температура смеси в момент укладки, ^0C;

m - темп остывания, рассчитываемый по эмпирической зависимости, I/ч;

t - время остывания, ч.

Температура смеси при скорости ветра 5 м/с может быть определена по расчетному графику, представленному на рис. 3.2. На оси ординат этого графика отложены значения e^{-mt} на оси абсцисс - время остывания в ч.

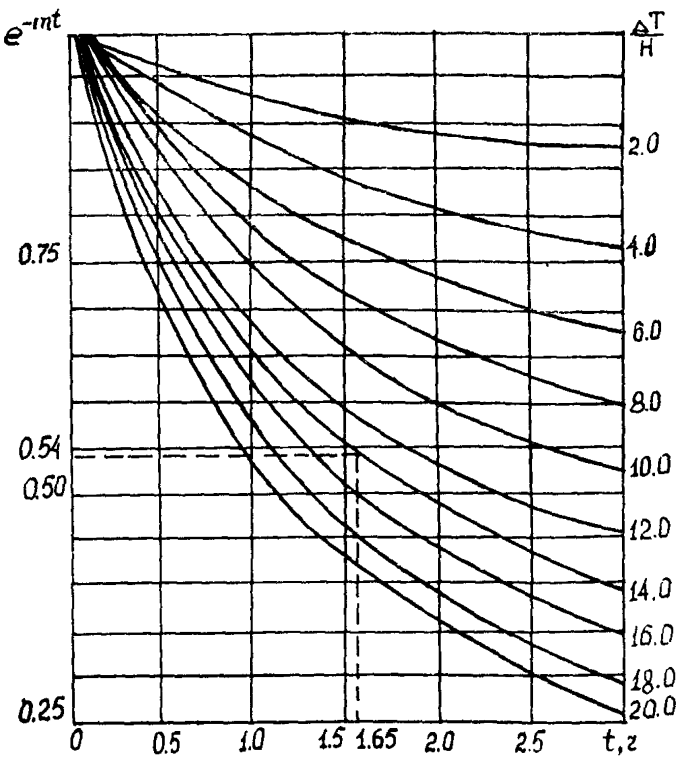

Рис.3.2. Расчетная номограмма для определения температуры слоя при остывании при скорости ветра 5м/с

Цифры на кривых обозначают отношение $\Delta T:H$, где ΔT - разность между начальной температурой смеси T_0 и температурой воздуха $T_в$; H - толщина слоя в плотном теле, см.

При определении температуры остывания асфальтобетонного слоя слоя через некоторое время с момента начала укладки по горизонтальной оси против заданного значения времени восстанавливается перпендикуляр до пересечения с кривой, соответствующей значению $\Delta T:H$, от точки пересечения с этой кривой проводим горизонтальную прямую до оси ординат, на которой указано значение e^{-mt}.

Температуру в данный момент находят, умножая это значение на начальную температуру T_0.

При определении времени, в течение которого смесь остывает до температуры T, рассчитывают величину $e^{-mt} = T:T_т$. Затем находят на вертикальной оси графика точку, соответствующую значению e^{-mt}, и проводят через нее горизонтальную линию до пересечения с кривой, которая соответствует значению $\Delta T:H$.

От точки пересечения с этой кривой опускают перпендикуляр на ось абсцисс, где находят значение времени. Оба построения показаны на графике пунктиром со стрелками.

3.2.5. Основным технологическим параметром, который характеризует уплотняемость асфальтобетонных смесей, является удельная работа уплотнения.

При уплотнении катками различных типов суммарная работа их ориентировочно должна равняться удельной потребной работе, приведенной в табл. 3.I.

Таблица 3.I

Требуемая удельная работа уплотнений смесей

Температура смеси, $+^{o}C$	Удельная работа уплотнения $A_п$, (кгс · см)/$см^3$, для смесей		
	крупнозернистой с размером зерен 40 мм	мелкозернистой с размером зерен	
		до 20 мм	до I0 мм
I	2	3	4
60	80	I00	I20
70	55	67	80
80	40	50	60
90	30	30	47

Окончание табл. 3.I

I	2	3	4
I00	22	27	38
II0	I6	20	23
I20	I3	I6	I9
I30	I0	I2	I5
I40	8	I0	I2
I50	6	7	9

Для конкретных смесей, приготовляемых с использованием местных материалов и отходов промышленности, в прил. I приведена методика определения оптимальных условий ее уплотнения.

3.2.6. Удельная работа каждого типа катков (статических гладковальцевых) рассчитывается по формуле

$$A_i = (q_i : \Sigma q_i) \cdot K_t \cdot A_n , \qquad (3.2)$$

где q_i - линейное давление катка, кгс-см;

K_t - коэффициент, который учитывает свойства асфальтобетона в период уплотнения катком рассматриваемого типа.

Если уплотнение выполняется тремя типами катков, то для легких катков K_t = I,5; для средних K_t = I,3; для тяжелых K_t = I,0. Если уплотнение производится средними и тяжелыми катками, то для первого периода K_t = I,4; для второго K_t = I,0.

В (3.2) суммирование выполняется по всем типам катков.

Если уплотнение осуществляется сначала катками на пневматиках, а затем жесткобарабанными, то удельную работу рассчитывают по формуле

$$A_i = \left(Q : \Sigma Q_i \right) \cdot K_t \cdot A_n , \qquad (3.3)$$

где Q_i - вес каждого типа катка, кгс.

3 2.7. Потребное число проходов каждого типа катков с гладкими металлическими вальцами рассчитывается по формуле, предложенной Батраковым О.Т.:

$$N = \frac{C_o}{P_{if}} \cdot \sqrt{\frac{H_{фак}}{H_{опт.}}} \, A_i , \qquad (3.4)$$

где C_o - постоянная, которая для легких катков изменяется от I,7 до 2,I; для средних - от 2,2 до 2,6; для тяжелых - от 2,7 до 3,I и зависит от толщины уплотняемого слоя;

P_i - удельное давление, приходящееся на I $см^2$ вальца катка, МПа ($кгс/см^2$);

f - коэффициент сопротивления перекатыванию, который для тяжелых катков (третий период уплотнения) равен 0,I2-0,I5; для средних и катков на пневматиках - 0,I-0,I2; для легких (первый период уплотнения) - 0,I0-0,I5;

$H_{факт}$ - фактическая толщина уплотняемого слоя в плотном теле, см;

$H_{опт}$ - толщина уплотняемого слоя, оптимальная для катков данного типа, при которой обеспечивается минимально допустимый коэффициент уплотнения слоя (включая низ слоя), достигающий величин, нормируемых СНиП 3.06.03-85, см;

A_i - удельная потребная работа уплотнения, определяемая из табл. 3.I с учетом формул (3.2) и (3.3), $\left(\frac{кгс \cdot см}{см^3}\right)$.

3.2.8. Оптимальная (максимальная прорабатываемая до низа слоя) толщина уплотняемого слоя для гладковальцовых катков будет примерно такой, как указано в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Оптимальная толщина уплотняемого слоя

Каток	Толщина уплотняемого слоя, см, обработанного битумом марок	
	БНД 60/90	БНД 90/I30, БНД I30/200
Легкий	6-7	7 - 8
Средний	7-8	8 - 9
Тяжелый	9-I0	I0 - I2

3.2.9. Пример расчета по формулам (3.2)-(3.4) потребного количества проходов катков отряда № I (табл. 3.4) представлен в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Потребное количество проходов жесткобарабанных статических катков

Тип смеси	Температура смеси, °С	Начальная работа уплотнения $\frac{(кгс \cdot см)}{см^3}$	Потребное количество проходов катков					
			легких		средних		тяжелых	
			при толщине слоя, см					
			9	14	9	14	9	14
Крупнозернистая с зернами размером до 40 мм	130	4	3	3	–	–	–	–
	110	6	–	–	3	4	–	–
	90	14	–	–	–	–	4	8
Мелкозернистая	130	4	3	3	–	–	–	–
с зернами размером до 20 мм	110	8	–	–	5	6	–	–
	90	14	–	–	–	–	4	7
То же, до 10 мм	130	5	3	3	–	–	–	–
	110	9	–	–	6	8	–	–
	90	22	–	–	–	–	6	10
Крупнозернистая	100	8	6	6	–	–	–	–
с зернами размером до 40 мм	80	16	–	–	7	12	–	–
	70	25	–	–	–	–	9	13
Мелкозернистая	100	9	6	9	–	–	–	–
с зернами размером до 20 мм	80	20	–	–	12	16	–	–
	70	31	–	–	–	–	12	15
То же, до 10 мм	100	13	6	12	–	–	–	–
	80	24	–	–	12	18	–	–
	70	37	–	–	–	–	12	19

Примечание. При расчете потребного количества проходов катков различных типов оптимальная толщина уплотняемого слоя $H_{опт.}$ взята из табл. 3.2 для материала, обработанного вязким битумом марок БНД 40/60 и (или) БНД 60/90.

3.2.10. Порядок расчета числа проходов катков следующий. Уточняется температура воздуха в период работ и скорость ветра.

Определяется температура смеси при выходе из смесителя.

По графикам на рис. 3.I и 3.2 определяется температура смеси в момент доставки на место производства работ, при этом температура смеси не должна быть ниже указанной в СНиП 3.06.03-85.

3.2.II. Число проходов катков на пневматиках не должно превышать 8-I0, так как дальнейшая работа малоэффективна.

Общее число проходов тяжелых катков должно быть не менее 6-8, если вначале применяются катки на пневматиках и не менее I5-20 при использовании легких катков.

3.2.I2. Особенности производства работ при пониженных температурах следующие.

При устройстве покрытий и оснований увеличенной толщины разрешается укладка смеси при температуре не ниже 0° С.

При пониженных температурах перевозку смеси необходимо производить автомобилями-самосвалами большой грузоподъемности. Желательно применять устройства для обогрева кузова выхлопными газами автомобиля.

3.2.I3. При укладке смеси на увлажненное основание оно должно быть высушено. Укладку производят таким образом, чтобы избежать наличия продольного шва. Для этого укладывают слои на всю ширину двумя укладчиками со сдвижкой на 5-I0 м между ними либо одним укладчиком с установлением длины захватки в зависимости от погодных условий. Уплотнение смеси при пониженных температурах должно быть интенсифицировано.

3.2.I4. При небольших объемах работ при ветре (более 3,0-6,0 м/с) место производства работ может быть ограждено щитами для защиты от ветра.

3.2.I5. Рекомендуемые составы отрядов катков приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Рекомендуемые составы отрядов катков для уплотнения утолщенных слоев

Катки	Марка (тип) катка	Масса, т	Число проходов катка
I	2	3	4
Отряд № I			
Легкие	ДУ-50	6,5-8	4-7
Средние	ДУ-I8А	8-I3	7-I0

Окончание табл. 3.4

I	2	3	4
Тяжелые	ДУ-8В	I0-I8	I2-I5
Отряд № 2			
Средние	ДУ-I8А	8,0-I3	5-I2
Тяжелые	ДУ-9В	I2-I8	I0-20
Отряд № 3			
На пневматиках	ДУ-3IА	8,4-I6	7-8
Тяжелые	ДУ-8В	I0-I8	8-I2
Отряд № 4			
На пневматкиах	ДУ-29	I6-30	6-7
Тяжелые	ДУ-9В	I2-I8	I0-I2
Отряд № 5			
Виброкаток самоходный	ДУ-25А	3,5	5-7
Тяжелые	ДУ-I8А (ДУ-8В)	I3 I8	I5-20 I5-20
Отряд № 6			
Тяжелые	ДУ-9В	I2-I8	I8-20

Примечание. Масса катков указана без балласта и с балластом.

Наиболее эффективными являются те отряды, которые могут начинать укатку при более высоких температурах слоя. Это возможно при наличии в их составе легких катков (отряды № I, № 5) или на пневматиках (отряды № 3, № 4).

Отряды № 2 и № 6 можно применять при отсутствии других средств механизации.

3.2.I6. При приготовлении смесей и устройстве из них дорожных покрытий должны соблюдаться требования, предусмотренные Правилами техники безопасности при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог, утвержденные Минтрансстроем СССР 29.04.77 и Минавтодором РСФСР 25.02.77.

4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

4.1.Технический контроль приготовления асфальтобетонных смесеи на АБЗ осуществляется в соответствии с ГОСТ 9I28-84.

4.2. При устройстве покрытия проверяют:

- температуру смеси в каждом автомобиле-самосвале на месте укладки;

- однородность смеси;

- ровность и равномерность распределения слоя на заданную толщину;

- режим уплотнения (настройку технологического процесса уплотнения проводят согласно прил. 2);

- толщину уложенного слоя.

4.3. При контроле качества готового покрытия проверяют степень уплотнения, ровность, уклоны, физико-механические свойства материалов и эквивалентный модуль упругости.

Оценку качества строительства готового покрытия проводят, используя метод статистического контроля, изложенный в прил. 3.

Толщина слоя смеси измеряется через каждые 100 м в трех точках по краям и по оси уложенного слоя.

Ровность, продольный и поперечный уклоны должны соответствовать требованиям СНиП 2.05.02-85 и СНиП 3.06.03-85. Физико-механические свойства смеси контролируются на образцах, предназначенных для определения степени уплотнения.

4.4. Эквивалентный модуль упругости проверяют измерением осадков слоя под колесом расчетного автомобиля, либо путем загружения через жесткий штамп. Эквивалентный модуль упругости может определяться также при использовании ходовой лаборатории на базе машин при замере деформаций под колесом движущегося автомобиля либо с помощью вибрационных установок.

4.5. Эквивалентный модуль упругости должен определяться не ранее 7 дней после устройства слоя. Испытания проводят при температуре покрытия не более $+20^{0}$ С.

При определении эквивалентного модуля упругости находят также влажность, объемную массу скелета и влажность границы текучести грунтов, а также толщину слоев дорожной одежды и температуру покрытия.

Полученный при испытании эквивалентный модуль упругости должен быть не менее расчетного по ВСН 46-83.

4.6. В случае определения эквивалентного модуля упругости под колесом наезжающего либо движущегося автомобиля, а также при вибрационном методе испытания полученный модуль должен быть приведен к модулю упругости по штампу путем умножения на переводной коэффициент.

Сравнительная оценка методов приведена в табл. 4.I.

Таблица 4.I

Метод испытаний	Потребность в методе, %	Коэффициент	
		вариации	приведения
Загружение			
Через штамп	5	0,I3-0,I5	I,0
Через колесо автомобиля статической нагрузкой	8-I0	0,20-0,25	I,4
Через колесо движущегося автомобиля	I5-20	0,30-0,35	2,5-3,0
Через колесо автомобиля вибрационной нагрузкой	20-25	0,35	5-I0

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЛОЕВ УВЕЛИЧЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

5.I. Экономическая эффективность утолщенных асфальтобетонных слоев обеспечивается за счет обстоятельств, указанных в п. I.2.

5.2. Технико-экономическое обоснование конструкций с асфальтобетонными слоями увеличенной толщины должно производиться по следующим основным показателям:

- себестоимость дорожного покрытия;
- приведенные затраты на устройство дорожного покрытия, отнесенные к I году службы;
- трудозатраты на устройство покрытия.

Эти показатели могут рассчитываться на объект в целом либо на I000 м^2 покрытия. Могут применяться и дополнительные показатели, которые назначаются в каждом отдельном случае.

5.3. Себестоимость определяют по рабочим чертежам конструкции покрытия для предлагаемого и эталонного вариантов. При расчете одежды учитывается увеличение модуля упругости и сопротивления растяжению при изгибе в утолщенных слоях асфальтового бетона согласно приведенным выше рекомендациям. Расчет потребности в машинах и затрат ручного труда производится по расценкам, в которых учитывается увеличение потребного числа проходов согласно приведенным рекомендациям.

Стоимость материалов определяется по формам 5-а и 6 (калькуляции стоимости материалов и калькуляции стоимости полуфабрикатов) *проектно-сметной документации*.

5.4. При расчете себестоимости необходимо учитывать, что производительность машин при устройстве слоев увеличенной толщины будет выше, чем при тонкослойных покрытиях.

Поэтому сметная стоимость одежд с обычными слоями может определяться по ЕРЕР, а для одежд со слоями увеличенной толщины - специальным расчетом, учитывающим указанное обстоятельство.

При расчете приведенных на устройство 100 м^2 покрытия следует помнить, что применение слоев увеличенной толщины позволяет продлить строительный период, и готовая продукция потока будет больше чем для обычных конструкций.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ УПЛОТНЕНИЯ СМЕСЕЙ

Основой методики и дальнейшим ее использованием является способ компрессионного уплотнения дорожно-строительных материалов как наиболее распространенный и простой по осуществлению в лабораторных условиях.

I. Методика основана на сопоставлении усилий, прикладываемых к исследуемой смеси, с возникающими при этом деформациями.

2. Исследуемую асфальтобетонную смесь с температурой, соответствующей началу процесса уплотнения, помещают в форму диаметром 101 мм и проводят уплотнение на гидравлическом прессе с постоянной скоростью холостого хода 3 мм/мин. Напряжения, прикладываемые к образцу, регистрируют по шкале пресса, а возникающие при этом деформации (осадки смеси) - индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм. Нагрузку на образец следует подавать плавно до достижения значения 40 МПа (400 кгс/см^2). Пресс должен обеспечивать усилие не менее 50 т.

3. Полученные из эксперимента пары значений - деформации (осадки) ℓ и нагрузки σ используют для определения параметров (ℓ_m, σ_o) уравнения

$$\ell = \frac{\ell_m}{1 + \frac{\sigma_0}{\sigma}}, \qquad (I)$$

где ℓ_m - максимально возможная осадка материала, см;

σ_0 - нагрузка, при которой осадка равна $\ell_m/2$, кгс/см^2.

Для этого в уравнении (I) заменяют переменные $У = \frac{I}{\ell}$ и $Х = \frac{I}{\sigma}$, получая линейное уравнение относительно новых переменных $У = B_0 + B_I X$. Коэффициенты B_0 и B_I определяют методом наименьших квадратов и далее вычисляют значения ℓ_m и σ_0.

4. По результатам испытаний определяют начальную высоту образца $L_н$:

$$L_н = L_к + \ell_к, \qquad (2)$$

где $L_к$, $\ell_к$ - конечные длина и осадка образца при σ = 40 МПа (400 кгс/см^2), см.

5. Вычисляют начальную и конечную плотность образца

$$\gamma_н = \frac{P}{SL_н} \quad и \quad \gamma_к = \frac{P}{SL_к}, \qquad (3)$$

где P - вес образца с точностью 0,01 г; S - площадь образца торцевая, 80 см^2.

6. Поскольку величина ℓ_m есть максимально возможная деформация (осадка) смеси при уплотнении, определяют удельную плотность асфальтобетона:

$$\gamma_{уд} = \frac{P}{S(L_н - \ell_m)}, \qquad (4)$$

7. Значения модуля деформации Е вычисляют по формуле

$$E = \sigma_0 (L_н - \ell) \cdot \frac{\ell_m}{(\ell_m - \ell)^2}, \qquad (5)$$

где ℓ - полная осадка слоя с момента уплотнения смеси, см.

8. В связи с тем, что в конце процесса уплотнения образца деформации носят упругий характер, вычисляют соответствующий модуль, который в первом приближении можно принять за расчетный модуль упругости $E_р$ исследуемой смеси, положив в формуле (5) $\ell = \ell_к$:

$$E_р = \sigma_0 (L_н - \ell_к) \frac{\ell_m}{(\ell_m - \ell_к)^2}. \qquad (6)$$

9. Одной из важных характеристик смеси является удельная работа уплотнения $A_п$, определяемая как величина энергозатрат на уплотнение единицы объема смеси до требуемого значения остаточ-

ной пористости $V_{o\,тр.}$ (плотности $\gamma_{тр.}$):

$$A_n = \frac{\sigma_o \ell_m}{L_н}\left[\ell n\left(\frac{1}{1-\ell_{отн.тр.}}\right) - \ell_{отн.тр.}\right], \quad (7)$$

где $K_{уд} = \frac{\sigma_o \ell_m}{L_н}$ – коэффициент удельной работы уплотнения, кгс·см/см^3;

$\ell_{отн\,тр}$ – относительное требуемое значение деформации образца, равное отношению $\ell_{тр}$ к ℓ_m, которое определяется по формуле

$$\ell_{отн.тр.} = \frac{L_н}{\ell_m}\left[1 - \frac{\gamma_н}{\gamma_{тр}}\right]. \quad (8)$$

Необходимую по технологии плотность смеси $\gamma_{тр}$ определяют по формуле

$$\gamma_{тр} = \gamma_{уд}\,(1 - V_{o\,тр}). \quad (9)$$

10. Требуемое значение линейного давления катка $q_{тр}$ (кгс/см) равно:

$$q_{тр} = \frac{(L_н - \ell)}{2(\ell_m - \ell)^2}\cdot \ell_m \sigma_o \cdot \ell_{тр_1}, \quad (10)$$

где ℓ – общая осадка смеси с начала процесса уплотнения см;

$\ell_{тр_1}$ – требуемое значение осадки смеси при первом проходе катка, см, вычисляемое по формуле

$$\ell_{тр_1} = L\left(1 - \frac{P}{\Delta\gamma S L + P}\right), \quad (11)$$

где L – толщина слоя до первого прохода катка, см;

$\Delta\gamma$ = 0,1 г/см^3 – требуемое (допустимое) приращение плотности, г/см^3.

Пример. Определить оптимальные условия уплотнения мелкозернистой асфальтобетонной смеси. Вес образца смеси P=955 г, торцевая площадь образца S =80 см^2. Технологически требуемая остаточная пористость асфальтобетона V_o =12 %. Приращение плотности за один проход не должно превышать 0,1 г/см^3. Коэффициент уплотнения по Гельмеру после прохода асфальтоукладчика составляет 1,39.

Решение. Согласно п. 2 методики, проведены лабораторные испытания исследуемой смеси. В табл. 1 приведены результаты. Используя уравнение (1), методом наименьших квадратов получены значения ℓ_m =2,97 см и σ_o =17,43 кгс/см^2. Штангенциркулем была оп-

ределена длина образца после окончания уплотнения $L_к$ =5,I9 см. По уравнениям (2)-(4) были вычислены $L_н$=8 см; $\gamma_н$=I,49 г/см^3; $\gamma_к$=2,30 г/см^3, $\gamma_{уд}$=2,37 г/см^3.

Таблица I прил. I

Нагрузка, т	Напряжение, кгс/см^2	Деформация, см
I,0	I2,5	I,48
2,0	25,0	I,89
3,0	37,5	2,II
4,0	50,0	2,22
6,0	75,0	2,36
8,0	I00	2,44
I0,0	I25	2,5I
I2,0	I50	2,56
I4,0	I75	2,6I
I6,0	200	2,65
I8,0	225	2,69
20,0	250	2,7I
22,0	275	2,75
24,0	300	2,77
26,0	325	2,78
28,0	350	2,79
30,0	375	2,80
32,0	400	2,8I

Согласно уравнению (6), расчетный модуль упругости составил

$$E_р = I7,43\ (8-2,8I)\ \frac{2,97}{(2,97-2,8I)^2} = I7500 \text{ кгс/см}^2.$$

Далее по уравнениям (8) и (9) определяют для требуемой по технологии остаточной пористости $V_{о\,тр.}$ = I2 % соответствующие значения плотности и относительной деформации

$$\gamma_{отр.} = 2,37\ (I - 0,I2) = 2,09 \text{ г/см}^3,$$

$$\ell_{\text{отн.тр.}} = \frac{8}{2,97}\ (I - \frac{I,49}{2,09}) = 0,77.$$

Удельная работа уплотнения смеси $A_п$, вычисленная по формуле (7), равна

$$A_{п} = \frac{17,43 \cdot 2,97}{8} \left[\ell n \left(\frac{1}{1 - 0,77} \right) - 0,77 \right] = 4,54 \ \frac{кгс \cdot см}{см^3}.$$

Поскольку предполагается укладку смеси произвести асфальтоукладчиком, а коэффициент по Гельмеру равен 1,39, то толщина смеси после прохода асфальтоукладчика составит $L_{ук} = L_{к}$ 1,39=5,19: 1,39=7,2 см, а осадка соответственно $\ell_{ук} = L_{н} - L_{ук.}$ = 8 - 7,2=0,8 см.

По уравнению (10) определяют требуемую осадку смеси при первом проходе катка и условии $\Delta\gamma$ =0,1 г/см^3 и L =7,2 см:

$$\ell_{тр1} = 7,2 \left(1 - \frac{955}{0,1 \cdot 80 \cdot 7,2 + 955} \right) = 0,41 \text{ см},$$

Общая осадка с момента начала уплотнения равна $\ell = \ell_{ук} + \ell_{1}$ = 0,8 +.0,41 = 1,21 см. Следовательно, по уравнению (10) требуемое линейное давление катка при первом проходе составит

$$q_{тр} = \frac{(8 - 1,21) \cdot 2,97 \cdot 17,43 \cdot 0,41}{2(2,97 - 1,21)^2} = 23,26 \text{ кгс/см}.$$

Для начала процесса уплотнения с учетом предварительного уплотнения смеси после асфальтоукладчика требуется каток легкого типа с линейным давлением не более 30 кгс/см.

Итак, по экспериментальным данным были получены следующие значения величин: начальная $\gamma_{н}$ = 1,49 г/см^3, требуемая по технологии $\gamma_{тр.}$ = 2,09 г/см^3, удельная $\gamma_{уд.}$ = 2,37 г/см^3 плотности асфальтобетона; удельная работа уплотнения $A_{п}$ = 4,54 кгс см/см^3; тип катка для начала процесса уплотнения q = 30 кгс/см и расчетный модуль упругости асфальтобетона $E_{р}$ = 17500 кгс/см^2, которые в совокупности позволяют установить оптимальные условия уплотнения исследуемой смеси.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

НАСТРОЙКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ УТОЛЩЕННЫХ СЛОЕВ ИЗ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Данная методика в качестве средства оперативного контроля плотности использует серийно выпускаемый радиоизотопный прибор РПП-2 или любой другой аналогичный по оперативности.

1. Настройка технологического процесса уплотнения(пробная укатка) производится на характерном для дороги эталонном участке

длиной 20-40 м. За основу принимают режим работы уплотняющих машин, приведенный в проекте производства работ.

2. По результатам настройки определяют оптимальные параметры технологического процесса уплотнения смеси (число проходов, скорость и последовательность движения катков), которые должны быть выдержаны в дальнейшем строительстве.

3. При настройке технологического процесса ведут журнал и составляют акт с указанием принятых параметров режима уплотнения.

4. Плотность следует контролировать на одном и том же месте участка через каждые I-2 прохода катка. Стабилизация показаний прибора указывает на неэффективность дальнейшего использования катка и если требуемая плотность смеси не достигнута, то следует заменить каток на более тяжелый.

5. Настройку производят методом контрольных карт. По оси абсцисс откладывают номер прохода катка по одному следу, а по оси ординат - показания (число импульсов в секунду) прибора РПП-2. На контрольную карту предварительно наносят границы настройки, т.е. начальное $N_н$, допустимое $N_д$ и заданное $N_з$ значения показания прибора РПП-2, которые соответствуют начальной $\gamma_н$, допустимой $\gamma_д$, заданной $\gamma_з$ плотностям смеси.

6. Значение $N_н$ устанавливают непосредственным измерением плотности смеси (число импульсов) до начала ее уплотнения, а значения $N_д$ и $N_з$ - используя градуировочный график прибора РПП-2.

Для этого по заданным (согласно нормативным документам) значениям плотности $\gamma_з$ и коэффициента уплотнения $К_у$ по формуле

$$\gamma_д = К_у \cdot \gamma_з$$

определяют допустимое значение плотности смеси. Далее по градуировочному графику прибора РПП-2 устанавливают соответствующие значения числа импульсов.

7. Показания прибора РПП-2, получаемые в процессе уплотнения смеси, наносят на контрольную карту и, соединяя их, получают настроечную кривую. Анализ ее "поведения" позволяет выявить оптимальное число проходов катков и время их замены.

8. Настройку процесса уплотнения считают законченной, если настроечная кривая достигает или пересекает заданную границу настройки. В противном случае процесс настройки следует продолжить.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЯ ИЗ УПЛОТНЕННЫХ СЛОЕВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

1. *Настоящая методика применима при нормальном* распределении контролируемого параметра.

2. Длину оцениваемого участка рекомендуется принимать равной длине сменной захватки.

3. Оценка качества работ основана на учете отклонения среднего арифметического значения контролируемой величины от ее допустимого значения по нормативным документам. Для чего вычисляют оценочный коэффициент К:

$$K = \frac{\bar{П} - П_д\,(1 - V_{тр}\,K_д)}{S},$$

где $\bar{П}$ - среднее арифметическое значение измеряемой величины;

$П_д$ - допустимое по нормативным документам значение измеряемой величины;

S - среднее квадратическое отклонение измеряемой величины;

$V_{тр}$ - требуемое по нормативным документам или по табл. 1 значение коэффициента вариации измеряемой величины;

$K_д$ - допустимое значение оценочного коэффициента.

Таблица 1

Наименование показателя	Коэффициент вариации
Модуль упругости слоев дорожных одежд	0,25
Толщина слоев дорожных одежд	0,20
Плотность асфальтобетона	0,02
Прочность при сжатии асфальтобетона	0,10
Коэффициент сцепления	0,12
Просвет под трехметровой рейкой	0,80

4. Среднее арифметическое значение $\bar{П}$, среднее квадратическое отклонение S контролируемой величины определяют по формулам

$$\bar{П} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} П_i, \qquad S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(П_i - \bar{П})^2}.$$

Таблица 2

Площадь участка, м	Длина участка при ширине 7 м, м	Количество точек измерения	Допустимое значение оценочного коэффициента, $К_д$
Менее 200	Менее 30	5	0,675
200-325	30-50	7	0,755
326-800	5I-I20	I0	0,828
80I-2000	I2I-300	I5	0,886
200I -5500	30I-800	20	0,9I7
Более 5500	Более 800	25	0,936

Таблица 3

Количество точек измерения						Оценка качества работ
5	7	I0	I5	20	25	
Пределы изменения оценочного коэффициента, К						
Менее 0,68	Менее 0,76	Менее 0,83	Менее 0,89	Менее 0,93	Менее 0,94	Неудовлетворительно
0,69-I,22	0,77-I,34	0,84-I,25	0,90-I,25	0,93-I,25	0,95-I,26	Удовлетворительно
I,23-I,43	I,25-I,5I	I,26-I,55	I,26-I,58	I,26-I,59	I,27-I,60	Хорошо
Более I,44	Более I,52	Более I,56	Более I,59	Более I,60	Более I,6I	Отлично

Для облегчения расчета значение S может быть определено по приблизительной формуле:

$$S = 1{,}25 \cdot z\sqrt{\frac{n}{n-1}},$$

где $z = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} |\Pi_i - \bar{\Pi}|$ – среднее абсолютное отклонение.

5. В зависимости от площади или длины контролируемого участка по табл. 2 определяют количество точек измерения n и значение допустимого оценочного коэффициента $K_д$.

6. Оценку качества выполненных работ находят по табл. 3 в зависимости от количества точек измерения n и значения оценочного коэффициента К.

Пример. Оценить качество уплотнения участка асфальтобетонного покрытия. Измерения проводят прибором РПП-2. Длина участка L = 1000 м, ширина 7 м. Плотность переформованных образцов $\gamma_э$ = 2,34 г/см^3.

Коэффициент уплотнения для плотного асфальтобетона $K_у$=0,98.

Решение. По длине участка из табл. 2 находят количество точек измерения n =25, допустимое значение плотности асфальтобетона в покрытии $\gamma'_д$ =2,293. Допустимое значение оценочного коэффициента равно $K_д$=0,936. После проведения измерения плотности в 25 точках покрытия и обработки полученных данных были определены

$$\bar{\gamma} = 2{,}326 \text{ г/см}^3 \text{ и } S = 0{,}058.$$

Значение оценочного коэффициента К определяют, положив $\bar{\Pi} = \bar{\gamma}$, $\Pi_э = \gamma_э$, $v_{тр}$ =0,02 (см. табл. I):

$$K = \frac{2{,}326 - 2{,}293(1 - 0{,}02 \cdot 0{,}936)}{0{,}058} = 1{,}309.$$

Для n =25 и К=I,309 по табл. 3 оценка качества работ по уплотнению соответствует значению "хорошо".

gost.e-ecolog.ru