МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

Одобрены Минтрансстроем

Москва 1978

gost.e-ecolog.ru

УДК 625.85:625.72(083.1)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА. Союздорнии. М., 1978.

Даны предложения по уточнению и дополнению отдельных положений "Инструкции" ВСН 46-72, касающиеся вопросов конструирования и расчета дорожной одежды на прочность, осушения и морозоустойчивости. Уточнены расчетные нагрузки и метод приведения нагрузок на ось автомобиля к расчетной. Даны расширенные таблицы расчетных характеристик дорожно-строительных материалов.

Приведены рекомендации по оценке прочности существующих дорог. Изложен метод теплотехнического расчета дорожных конструкций с теплоизолирующими слоями.

Табл.16, рис.13, библ.6.

© Союздорнии, 1978г.

УДК 625.85:625.72(083.1)

Предисловие

За прошедшие годы со времени издания "Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа" ВСН 46-72 накоплен значительный опыт ее использования при проектировании автомобильных дорог. Анализ и обобщение опыта подтвердили правильность основных положений "Инструкции" и дали новый материал для предложений по улучшению и совершенствованию ряда ее разделов. Так, в "Методических рекомендациях по совершенствованию методов проектирования дорожных одежд нежесткого типа" содержатся новые предложения по конструированию и расчету на прочность дорожной одежды, теплозащите земляного полотна, обеспечению морозоустойчивости и дренированию конструкции. При разработке рекомендаций использованы результаты исследований Союздорнии, Ленинградского филиала Союздорнии, МАДИ, Госдорнии, Гипродорнии, Белдорнии.

"Методические рекомендации" разработали Ю.М.Васильев, М.Б.Корсунский, П.И.Теляев (Ленинградский филиал Союздорнии), А.Я.Тулаев, Ю.М.Яковлев (МАДИ с использованием материалов В. Н. Гайворонского В.А.Мазурова, М.Г.Мельниковой, Т.Е.Полтарановой, П.Д.Россовского, А.О.Салля (Ленинградский филиал Союздорнии), Р.А.Агаповой, В.И.Рувинского, Н.Ф.Хорошилова (Союздорнии), Б.С.Радовского (Госдорнии) В.К.Апестина, А.Я.Шака (Гипродорнии), Р.З.Порицкого (Белдорнии).

Замечания и пожелания просьба направлять по адресу: 143900 Московская обл., Балашиха-6, Союздорнии или 191065 Ленинград, Д-65, ул.Герцена, 19, Ленинградский филиал Союздорнии.

Общие положения

1. Приводимые в настоящих "Методических рекомендациях" предложения по уточнению "Инструкции" ВСН 46-72 освещают следующие вопросы:

конструирование дорожных одежд, в частности, с учетом условий работы различных оснований под усовершенствованными покрытиями;

выбор расчетной нагрузки и установление расчетной приведенной интенсивности воздействия нагрузки с учетом наличия в составе движения многоосных автомобилей и автопоездов;

уточнение деформационных и прочностных характеристик асфальтобетона применительно к его новой классификации согласно ГОСТ 9128-76 и с учетом усталостных явлений, возникающих в нем при многократном нагружении;

расширение данных о расчетных характеристиках необработанных и укрепленных вяжущими материалов, особенно местных;

установление путей обеспечения требуемых показателей дренирующей способности и морозоустойчивости дорожных конструкций в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях.

2. Материалы учета и обобщения опыта использования "Инструкции" ВСН 46-72 при проектировании дорожных одежд позволили также выявить вопросы, требующие дальнейшего исследования в целях совершенствования теории прочности и методов конструирования дорожных одежд. К числу таких вопросов относятся:

более глубокое изучение влияния продолжительности действия и динамичности нагрузки на напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции;

учет особенностей работы различных дорожно-стро-

ительных материалов в промежуточных слоях дорожных одежд;

определение коэффициентов запаса прочности в зависимости от изменчивости прочностных и деформационных характеристик грунтов и материалов с учетом требуемой эксплуатационной надежности сооружения;

изучение вариации расчетных характеристик;

исследование работоспособности дорожных конструкций, в которых нижний слой основания выполнен из материала более прочного, чем материал вышележащего слоя, и др.

3. В "Методических рекомендациях" приведены основные положения по уточнению некоторых пунктов текста и приложений "Инструкции". "Методические рекомендации" составлены с учетом вышедших после издания "Инструкции" ВСН 46-72 нормативных документов СНиП II-Д.5-72, СНиП II-60-75, ГОСТ 9128-76, СН 25-74, СН 449-72, ВСН 184-75, ВСН 115-75 и ВСН 93-73 в новой редакции.

Рекомендации излагаются не в порядке значимости освещаемых вопросов, а в последовательности, соответствующей рубрикации "Инструкции" ВСН 46-72.

Конструирование дорожной одежды [x)]

Общие принципы конструирования

4. Дорожную одежду проектируют совместно с земляным полотном. *Конструкцию дорожной* одежды назначают с учетом транспортно-эксплуатационных требований, категории и значения дороги или городской магистрали и улицы, состава и перспективной интенсивности движения, климатических и грунтово-гидрологических условий, обеспеченности дорожно-строитель-

x) К уточнению разд.2 "Инструкции" ВСН 46-72.

ными материалами и техникой. Конструкцию дорожной одежды и тип покрытия обосновывают технико-экономическими расчетами.

5. Общую толщину дорожной одежды назначают с таким расчетом, чтобы не возникали пластические смещения в грунте верхней части земляного полотна, а упругий прогиб поверхности покрытия не превышал бы допускаемой величины.

Дорожную одежду на дорогах специального назначения (например, подъезды к карьерам, промышленные дороги) следует проектировать различной толщины на полосах движения двух направлений: автомобилей с грузом и автомобилей порожних.

В городах на остановках общественного транспорта следует предусматривать дорожные одежды с покрытиями и основаниями повышенной сдвигоустойчивости. Основание дорожной одежды устраивают, как правило, из асфальтобетонных смесей на вязких битумах, тощего бетона или укрепленного грунта.

При проектировании дорог, предназначенных для эксплуатации в неблагоприятных климатических и грунтово-гидрологических условиях в районах сезонного промерзания, наряду с требуемой прочностью должна быть обеспечена и достаточная морозоустойчивость конструкции. Кроме того, если количество воды, поступающей в основание дорожной одежды в отдельные периоды, больше, чем может разместиться в порах материала дорожной одежды, то необходимо предусматривать мероприятия по осушению дорожной одежды и земляного полотна.

Если общая толщина дорожной одежды, полученная при расчете на прочность, меньше толщины, установленной по требованию морозоустойчивости, то устраивают дополнительные морозозащитные или теплоизолирующие слои. В этих случаях конструкцию основания дорожной одежды назначают одновременно с проектиро-

ванием морозозащитных или теплоизолирующих и дренирующих слоев.

6. Толщину покрытия рассчитывают, исходя из необходимости обеспечения нормальной работы материала верхнего слоя основания. При расчете монолитных асфальтобетонных и подобных им покрытий учитывают, кроме того, величину действующего и допускаемого растягивающего напряжения при изгибе в материале самого покрытия.

Нижележащие слои дорожной одежды проектируют таким образом, чтобы в зернистых и слабосвязных материалах (гравий, песок, смеси на основе жидких органических вяжущих и т.п.) под действием расчетных нагрузок не возникали бы деформации сдвига, а в монолитных слоях основания из материалов, укрепленных неорганическими вяжущими (цемент, активные золы, шлаки и т.п.), полимерными или вязкими органическими вяжущими, растягивающие напряжения при изгибе не превышали бы допускаемых. Толщину каждого конструктивного слоя устанавливают расчетами.

Примеры схем дорожных конструкций представлены на рис.1.

7. При конструировании дорожной одежды со слоями из зернистых и слабосвязных материалов необходимо стремиться к обеспечению повышения жесткости от нижележащих слоев к вышележащим. С целью предотвратить возникновение в зернистом слое существенных растягивающих напряжений целесообразно проектировать конструкцию так, чтобы отношение значений модулей упругости смежных слоев не превышало 5. При конструировании одежды со слоями из монолитных (плотных) материалов следует также стремиться к уменьшению величины этого отношения. Допускается устраивать конструктивный слой основания из материала, модуль упругости которого превышает модуль упругости материала вышележащего слоя.

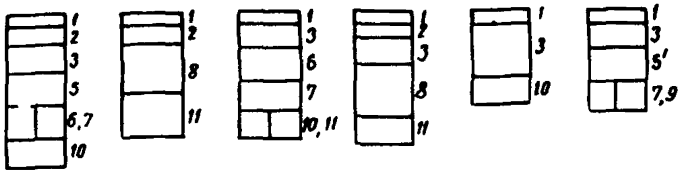
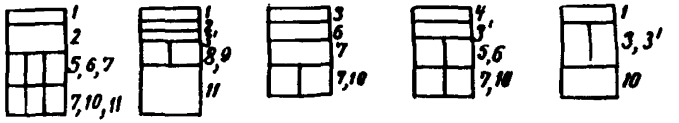
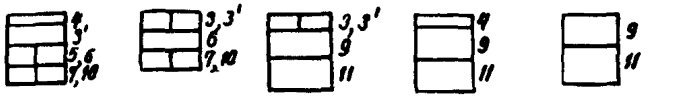
Категория дорог	Схема конструкции
I - II	
III	
IV - V	

Рис.1. Схемы рекомендуемых конструкций дорожной одежды: 1–горячий (теплый) плотный асфальтобетон; 2–горячий пористый асфальтобетон (крупно– и среднезернистый); 3–горячий пористый асфальтобетон, пористая щебеночная эмульсионно–минеральная смесь, асфальтобетон с пониженным содержанием битума; 3' –горячий гравийный пористый асфальтобетон, щебеночная (гравийная) смесь с добавлением 30% щебня, обработанная вязким битумом (эмульсией); 4–поверхностная обработка (коврик износа); 5–гравийная (щебеночная) смесь и грунт, укрепленные цементом, I класса прочности; 5' –тощий цементобетон; 6–грунты и материалы повышенной деформационной способности I класса прочности, т.е. укрепленные комплексными вяжущими (цемент+битумная эмульсия, цемент+полимерные вяжущие, цемент+гранулированный шлак или золы уноса, полимерное вяжущее, активные золы уноса с добавками); 7–грунты и материалы, укрепленные неорганическим вяжущим, II класса прочности, материал; укрепленный органическим вяжущим; 8–щебень фракционированный из камня, гравия, шлака (с расклинкой); 9–щебеночная (гравийная) смесь с добавлением 30% щебня; 10–укрепленный грунт и материал III класса прочности; 11–гравийно-песчаная смесь, песок

В качестве материалов нижних слоев основания или морозозащитных слоев, кроме песка, гравийно-песчаных смесей или других морозостойких местных материалов. можно применять грунты и материалы, укрепленные небольшим количеством органического или неорганического вяжущего.

В принципе необходимо предусматривать возможно меньшее число (два-три) конструктивных слоев из разных материалов, проектируя основания из асфальтобетона толщиной 15-30 см, из тощего цементобетона либо укрепленного грунта или каменного материала. Подбор материалов слоев дорожной одежды определяется факторами, упомянутыми в п.4 настоящих "Методических рекомендаций".

Дополнительные (нижние) слои покрытия или основания рекомендуется вводить только в тех случаях, когда толщина основного слоя из однородного материала превышает рациональную по технологическим соображениям величину.

Обычно применяемые толщины слоев из различных материалов на дорогах разных категорий представлены в табл.1.

При проектировании дорожной одежды необходимо наиболее полно использовать возможность повышения прочностных характеристик грунта земляного полотна. К мероприятиям, обеспечивающим такую возможность, относится уплотнение грунта до повышенной плотности, укрепление грунта верхней части земляного полотна, защита грунта от увлажнения и т.п.

8. В целях обеспечения нормальных условий работы прикромочных частей дорожной одежды, а при монолитных основаниях и для снижения возможности проникания в земляное полотно поверхностной воды слой основания целесообразно устраивать на 1,2 м шире проезжей части. Ширина морозозащитного слоя из укрепленного грунта должна превышать ширину проезжей ча-

Таблица 1

Назначаемые толщины конструктивных слоев

Конструктивный слой дорожной одежды	Материал слоя	Толщина слоя, см
Покрытие:		
верхний слой или однослойное	Асфальтобетон	3–5
нижний слой	Асфальтобетон	5–8 (до 30)
Основание	Укрепленные органическим или неорганическим вяжущим материалы	15–50
	Щебень, гравий, гравийно-песчаные смеси, местные материалы	15–45
Морозозащитный или дренирующий слой	Укрепленные грунты, гравийно-песчаные смеси, песок, местные материалы	15–60
Верхний слой земляного полотна	Укрепленный грунт, грунт повышенной плотности	10–50

сти не менее чем на 2 м, а нижний слой из песка или другого зернистого материала в ряде случаев целесообразно укладывать на всю ширину земляного полотна. На автомобильных дорогах высоких категорий, а также на городских улицах края дорожной одежды можно укреплять путем установки бортового камня, плит или устройства монолитного бортика.

Обочины на дорогах укрепляют в соответствии с ука-

заниями СНиП II-Д.5-72 и "Рекомендациями по укреплению обочин автомобильных дорог" /6/.

Дорожная одежда из материалов, не обработанных и обработанных органическим вяжущим

9. Рекомендуемые области применения различных марок и типов асфальтобетона для верхнего слоя дорожного покрытия с учетом категории дороги и климатической зоны указаны в приложении 1 ГОСТ 9128-76. Для условий 1-II дорожно-климатических зон на дорогах I и II категорий предпочтительно применять асфальтобетон типа Б и Г.

Смеси для устройства верхнего слоя покрытия должны содержать щебень, песок или дробленый песок из труднополирующихся горных пород или специальный искусственный щебень. Требуемую шероховатость обеспечивают также путем поверхностных обработок, устройства ковриков износа и т.п.

Нижний слой покрытия устраивают преимущественно из пористого асфальтобетона в соответствии с требованиями ГОСТ 9128-76. Для нижнего слоя покрытия рекомендуется применять смеси с более вязким битумом, чем в верхнем слое.

10. Толщину асфальтобетонного покрытия, устраиваемого из сравнительно дорогих материалов, следует назначать близкой к минимальной конструктивной. При этом необходимо учитывать особенности работы покрытия на основаниях разного типа. Однослойное асфальтобетонное покрытие работает на дорогах с движением автомобилей большой грузоподъемности удовлетворительно только на основании из материалов, обработанных вязкими битумами. В III-У дорожно-климатических зонах на дорогах III-IУ категорий с расчетной интенсивностью движения менее 700 проходов автомобилей группы Б в сутки по полосе однослойное асфальтобе-

тонное покрытие допускается укладывать непосредственно на основание из неукрепленного материала.

Однослойное асфальтобетонное покрытие с основанием из неукрепленного материала допускается устраивать на площадках для стоянки транспорта, на внутриквартальных проездах, тротуарах и т.п.

В остальных случаях асфальтобетонное покрытие следует проектировать двухслойным.

На дорогах I и II категорий с интенсивным движением автомобилей большой грузоподъемности (100–500 автомобилей группы А в сутки по полосе) толщина слоев из материалов, обработанных органическим вяжущим (покрытие и верхний слой основания), как правило, должна быть больше 12 см.

11. Рациональными материалами для устройства верхнего слоя основания под асфальтобетонное покрытие на дорогах I и II категорий являются:

горячий щебеночный пористый асфальтобетон, крупно- и среднезернистый, преимущественно III–1У марок;

пористые щебеночные смеси с применением эмульсии;

горячий гравийный пористый асфальтобетон, крупно- и среднезернистый, с добавлением 25–45% щебня;

фракционированный щебень, обработанный вязким битумом способом пропитки.

На дорогах III и 1У категорий верхний слой основания устраивают из горячего гравийного пористого асфальтобетона, гравийно-песчаной смеси, обработанной битумной эмульсией в сочетании с цементом, гравийной смеси, обработанной битумной эмульсией[x)], щебня из естественного камня, гравия или шлака, гравийных смесей с добавлением 30% щебня.

На дорогах У категории основание сооружают из

x) "Технические указания по проектированию и применению дорожных эмульсий" ВСН 115–75 М., "Транспорт", 1976 .

гравийно-песчаных смесей оптимального состава и других местных материалов. Укладывать в верхние слои основания материалы, прочность которых под воздействием воды или отрицательной температуры существенно снижается, недопустимо.

Нижние слои основания устраивают, как правило, из местных материалов с необходимой их переработкой, а в некоторых случаях и с укреплением их вяжущими. При выборе материала решающими факторами являются его расчетные характеристики и себестоимость.

Покрытие и основание с применением материалов, укрепленных неорганическими или комплексными вяжущими

12. Устройство монолитных (плотных) слоев взамен слоев из зернистых (пористых) материалов позволяет значительно улучшить условия работы конструкции, создать более благоприятный водно-тепловой режим земляного полотна, что особенно важно для дорог в I–II дорожно-климатических зонах.

Кроме того, уменьшается толщина дорожной одежды по сравнению с толщиной дорожной одежды со слоями из зернистых материалов.

Грунты и материалы, укрепленные неорганическими вяжущими, применяют для устройства покрытий облегченного или переходного типа, верхнего и нижнего слоев основания, морозозащитных слоев, а также для укрепления верхней части земляного полотна.

13. Покрытия облегченного и переходного типов из каменных материалов и грунтов, укрепленных комплексными вяжущими[x)], обеспечивающими повышенную деформационную способность материала, с последующей двой-

---

[x)] Комплексные вяжущие: цемент+битумная эмульсия; цемент+полимерные вяжущие; цемент+гранулированные шлаки или активные золы уноса; активные золы уноса с добавками.

ной (одиночной) поверхностной обработкой или с защитными ковриками устраивают на дорогах 1У–У категорий при расчетной интенсивности движения до 500 автомобилей на полосу в сутки. В III–У дорожно-климатических зонах такое покрытие допускается применять и на дорогах III категории. Этот тип покрытия рекомендуется также для устройства дорожной одежды на площадках стоянки транспорта, на обочинах и т.д.

Прочность укрепленного материала должна соответствовать 1–П классу по "Инструкции по применению грунтов, укрепленных вяжущими материалами, для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов" СН 25–74 (М., Стройиздат, 1975).

14. Для сооружения верхнего слоя основания дорожной одежды допускается использовать гравийные и щебеночные материалы, песчаные и супесчаные грунты, некоторые побочные (минеральные) продукты промышленности и легкие непылеватые суглинки, укрепляемые неорганическими вяжущими. Свойства укрепленного грунта или материала должны соответствовать 1 классу, а на дорогах 1У–У категорий – II классу прочности.

Следует учесть, что для предотвращения трещинообразования целесообразно материалы и грунты укреплять комплексными вяжущими.

Во избежание появления "копирующихся" трещин на покрытии рекомендуется над слоем укрепленного грунта или материала устраивать слои из асфальтобетонных смесей толщиной не менее рекомендованной в табл.2.

15. Для устройства нижнего слоя основания дорожной одежды допускается использовать различные грунты, обработанные вяжущими, и местные каменные материалы. Основания такого типа можно применять во всех дорожно-климатических зонах на дорогах всех категорий, независимо от состава и интенсивности перспективного движения.

Таблица 2

Минимально допустимая толщина слоев из асфальтобетона, укладываемых на верхний слой основания из материалов, укрепленных неорганическим вяжущим

Категория дороги	Наименьшая толщина слоя асфальтобетона, см[x]
I	16
II	14
III–1У	12

[x] В случае применения грунта, укрепленного комплексным вяжущим, толщина асфальтобетона, указанная в табл.2, может быть уменьшена на 20–25%. На дорогах 1У и У категорий с покрытиями из черных смесей толщина покрытия может составлять 8–6 см.

Получаемый в результате обработки вяжущими материал должен обладать свойствами, соответствующими II классу прочности, а для дорог 1У–У категорий в отдельных случаях допускается использование материала III класса прочности.

Морозозащитные, теплоизолирующие, дренирующие слои, изолирующие прослойки

16. При неблагоприятных грунтово-гидрологических и климатических условиях предусматривают особые меры защиты дорожной одежды от неравномерного морозного пучения грунта земляного полотна и переувлажнения зернистых слоев дорожной конструкции в отдельные периоды года.

К основным мероприятиям, обеспечивающим требуемую морозоустойчивость конструкции, относятся

устройство верхней части земляного полотна из непучинистого и слабопучинистого грунта[x];

снижение степени увлажнения грунта подземными и поверхностными водами путем обеспечения достаточного возвышения низа дорожной одежды над уровнем грунтовых и поверхностных вод, устройства различного рода водо- и паропрерывающих прослоек, создания водонепроницаемых обочин и т.п.;

устройство морозозащитного слоя в целях уменьшения толщины промерзающего слоя грунта;

устройство теплоизолирующего слоя для частичного или полного предотвращения промерзания грунта.

Наиболее целесообразное решение находят на основании технико-экономического сравнения различных вариантов.

При наличии дренирующих, морозозащитных или теплоизолирующих слоев в дорожной конструкции ее проектируют с учетом толщин и расчетных параметров этих слоев.

17. Если крупнопористый материал (щебень, гравий) основания дорожной одежды укладывают непосредственно на грунт (в том числе одноразмерный песок), необходимо предусмотреть конструктивную прослойку, препятствующую взаимопрониканию материалов смежных слоев. В качестве материалов для защитной прослойки применяют мелкий щебень, высевки (0–10 мм), гравийно-песчаные смеси и крупнозернистые пески оптимального состава, непылеватые шлаки, непучинистые золошлаковые смеси. Защитной прослойкой может служить также слой из укрепленного вяжущим грунта (в том числе песка), если слой песка под щебеночным не выполняет функции дренирующего. Толщина слоя укрепленного грунта назначается равной 5–8 см, толщина

---

x) "Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог" СН 449-72. М., Стройиздат, 1973.

прослойки из другого материала не должна быть менее 8 см, а в случае переувлажненных грунтов земляного полотна может достигать 12 см.

Наличие прослойки в дорожной конструкции в расчете учитывают только путем повышения модуля упругости грунта земляного полотна, а ее толщину в расчет не принимают. Этим обеспечивается снижение рассчитываемой по условию прочности толщины слоя щебня (гравия) ориентировочно на 3–5 см.

Предусматривать вместо устройства такой прослойки увеличение толщины слоя щебня (гравия) нецелесообразно.

Мероприятия по повышению прочности грунта земляного полотна

18. Основным требованием, предъявляемым к земляному полотну, является обеспечение его стабильности. Это достигается проведением целого ряда мер, таких как устройство его верхней части из непучинистых, малопучинистых и малонабухающих грунтов (см. приложение 4 СН 449-72), уплотнение грунта до требуемой плотности, защита грунта от увлажнения поверхностными и подземными водами и т.п.

В сухих местах III–У дорожно-климатических зон эффективно повышать коэффициент уплотнения грунта верхнего слоя земляного полотна толщиной 30–50 см до величины 1,02–1,05. Слой грунта повышенной плотности рассматривают как самостоятельный конструктивный слой земляного полотна с расчетными характеристиками более высокими (до 50%) по сравнению с нормируемыми для грунта при данных условиях. Если слой повышенной плотности устраивают из связного (набухающего) грунта, необходимо предусмотреть меры по защите его от поверхностной воды.

Подобные мероприятия по уплотнению грунта земляного полотна до высокой плотности могут быть применены в некоторых районах и во II дорожно-климатической зоне, но при условии постоянного за весь период эксплуатации дороги обеспечения защиты от поверхностных и подземных вод.

19. Эффективным мероприятием по повышению стабильности земляного полотна является укрепление его верхнего слоя небольшим количеством вяжущих, в основном неорганических (например, 4-8% цемента). Укрепление верхнего слоя может оказаться целесообразным в тех случаях, когда расчетный модуль упругости грунта меньше 400 кгс/см^2, т.е. при расчетной влажности связного грунта выше 0,7 предела текучести. Укрепление грунта верхнего слоя позволяет стабилизировать его физико-механические свойства и обеспечить необходимый расчетный модуль упругости (400,600 или 800 кгс/см^2), уменьшить расход кондиционных материалов (щебня, гравия, песка), снизить строительную стоимость дорожной одежды, повысить технико-эксплуатационные параметры покрытия и т.д.[x].

Расчет дорожной одежды на прочность

Расчетные нагрузки

20. (К уточнению п.3.1 "Инструкции" ВСН 46 - 72). При проектировании дорог общей сети, а также городских дорог, улиц и площадей расчетные нагрузки принимают в соответствии с ГОСТ 9314-59 (табл.1 приложения 1 ВСН 46-72). Для дорог I-III категорий общей сети, скоростных и магистральных городских дорог и улиц, а также для других дорог, по проезжей части

---

[x] "Методические рекомендации по укреплению верхней части земляного полотна". Союздорнии. М.,1977 .

которых предусматривается в расчетный период[x] систематический пропуск автомобилей с нагрузками на ось 10 тс, в качестве расчетной, как правило, назначают нагрузку на колесо наиболее нагруженной оси автомобиля группы А. При проектировании дорог IУ и У категорий общей сети, а также городских улиц и дорог местного значения расчет конструкций дорожных одежд на прочность ведут обычно под нагрузку на колесо автомобиля группы Б. Если в перспективном составе движения предусматривается наличие автомобилей или других транспортных средств с нагрузками на колесо, превышающими нагрузки по ГОСТ 9314-59 (особые случаи), то за расчетную следует принимать наибольшую нагрузку. Допускается не принимать наибольшую нагрузку за расчетную в тех случаях, когда количество транспортных средств с такой нагрузкой составляет менее 5% интенсивности грузового движения и разность между наибольшей нагрузкой и расчетной не превышает 20%. В этих случаях за расчетную принимается следующая, меньшая по величине нагрузка или нагрузка по ГОСТ 9314-59.

21. (К уточнению пп.3.3 и 3.4 ВСН 46-72). При расчете на прочность одежд автомобильных дорог и городских улиц учитывают перспективную[xx] интенсивность движения автомобилей разных марок, которую приводят к интенсивности воздействий расчетной нагрузки на полосу движения, характеризующейся числом проходов колес (по одному борту автомобиля) с расчетной нагрузкой в сутки.

22. При исчислении количества воздействий расчетной нагрузки следует нагрузки на все колеса автомобилей

---

x) Под расчетным периодом подразумевается наиболее неблагоприятный для работы дорожной одежды период (для II и III дорожно-климатических зон таким является весенний период).

xx) Ожидаемую к концу срока службы дорожной одежды (до ее капитального ремонта).

по одному борту (ведущие и ведомые) и колеса других транспортных средств приводить к расчетной нагрузке с помощью коэффициентов, определяемых по графику рис.7 настоящих "Методических рекомендаций".

Ежесуточное перспективное приведенное к расчетной нагрузке количество проходов колес по полосе может быть условно названо приведенной расчетной интенсивностью воздействия нагрузки.

В зависимости от числа полос движения на дороге количество воздействий по одной наиболее загруженной полосе движения колес с расчетной нагрузкой принимают в долях от общего количества воздействий по табл.3.

Таблица 3

Определение расчетного количества проходов колес по полосе движения

Число полос движения	Наличие разделительной полосы	Расчетное количество проходов колес по одной наиболее загруженной полосе движения, доли от общего количества проходов по дороге в обоих направлениях
1	-	1
2 или 3	Нет	0,7
4 и более	Есть	0,35

Расчет дорожной одежды с усовершенствованным покрытием

23. (К уточнению п.3.8 и табл.3.2 ВСН 46-72). Установлено, что в зависимости от вида грунта, его влажности и интенсивности воздействия нагрузки один из трех критериев предельного состояния обычно имеет превалирующее значение. Поэтому целесообразно

начинать расчет конструкции дорожной одежды применительно именно к этому критерию, о котором можно ориентировочно судить по данным табл.4.

24. (В дополнение пп.3.10 и 3.12 ВСН 46-72). Одежды городских улиц и дорог надлежит рассчитывать на нагрузки по ГОСТ 9314-59 (группа А или Б). Ссылки на нагрузки Н-30 и Н-10 из "Инструкции" ВСН 46-72 следует исключить.

25. (В дополнение п.3.13 ВСН 46-72). При толщине i -го слоя дорожной одежды, превышающей $2D$, общий модуль упругости на поверхности i -го слоя ($E^{i}_{общ}$) может быть определен по формуле М.Б.Корсунского:

$$E^{i}_{общ} = \frac{\left[1{,}06 - 0{,}1\frac{h_i}{D}\left(1 - \sqrt[3]{\frac{E^{i+1}_{общ}}{E_i}}\right)\right] E_i}{0{,}71\sqrt[3]{\frac{E^{i+1}_{общ}}{E_i}}\ arctg\, 1{,}35\frac{h_э}{D} + \frac{E_i}{E^{i+1}_{общ}}\left(1 - \frac{2}{\pi} arctg\frac{h_э}{D}\right)} \qquad (1)$$

где i =1,2,3,..., - номер рассматриваемого слоя дорожной конструкции, считая сверху вниз;

E_i -модуль упругости материала i -го слоя, кгс/см^2;

$E^{i+1}_{общ}$ - общий модуль упругости полупространства, подстилающего i -й слой, кгс/см^2;

$$\frac{h_э}{D} = \frac{2h_i}{D}\sqrt[3]{\frac{E_i}{6E^{i+1}_{общ}}};$$

h_i - толщина i -го слоя, см;

D - диаметр нагруженной площади, см.

26. (К уточнению п.3.15 ВСН 46-72). При подборе толщин слоев дорожной одежды по упругому прогибу

Определяющие

Приведенная расчетная интенсивность воздействия нагрузки	Грунт: Супесь пылеватая, суглинок, глина. Расчетная: 0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
100	Упругий прогиб, изгиб	Упругий прогиб, изгиб	Сдвиг в грунте	Сдвиг в грунте		
500		Упругий прогиб	Сдвиг в грунте, упругий прогиб			
1000 3000 5000	Упругий прогиб			Сдвиг в грунте, упругий прогиб	Сдвиг в грунте	

Таблица 4

критерии прочности

<table>
<tr><td colspan="5">земляного полотна</td></tr>
<tr><td colspan="4">Супесь легкая непылеватая
влажность W/W_T</td><td rowspan="2">Супесь легкая крупная</td><td rowspan="2">Песок мелкий</td></tr>
<tr><td>0,65</td><td>0,7</td><td>0,75</td><td>0,8</td></tr>
<tr><td colspan="3">Упругий прогиб, изгиб</td><td>Упругий прогиб</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td><td>Упругий прогиб, изгиб</td><td>Сдвиг в грунте</td></tr>
<tr><td colspan="3">Упругий прогиб</td><td></td><td>Упругий прогиб</td><td>Сдвиг в грунте, упругий прогиб</td></tr>
</table>

целесообразно пользоваться номограммой рис.2. С помощью этой номограммы можно определить, насколько изменится общий модуль упругости одежды на поверхности покрытия при увеличении или уменьшении на 1 см толщины какого-либо слоя с модулем упругости E_i при заданном $E_{тр}$.

27. (К уточнению номограммы рис.6 ВСН 46-72). На рис.3 приведена упомянутая номограмма с новой кривой, рассчитанной для отношения модулей $\frac{E_1}{E_2}=2$.

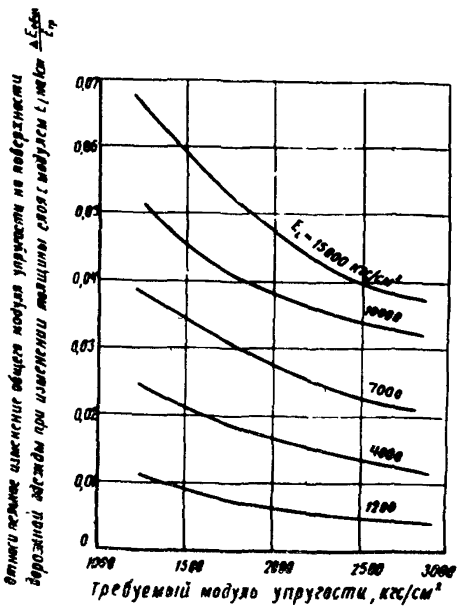


Рис.2. График для определения степени изменения общего модуля упругости на поверхности покрытия при изменении толщины какого-либо слоя с модулем упругости E_i на 1 см

28. (К уточнению табл.4 п.3.21 ВСН 46-72). На рис.4 помещен график для определения коэффициента запаса K_2 в зависимости от расчетной интенсивности воздействия нагрузки.

29. (К уточнению п.3.25 ВСН 46-72). Если конструкция дорожной одежды состоит из нескольких слоев асфальтобетона, то при выборе номограмм для расчета асфальтобетона на изгиб необходимо руководствоваться следующим.

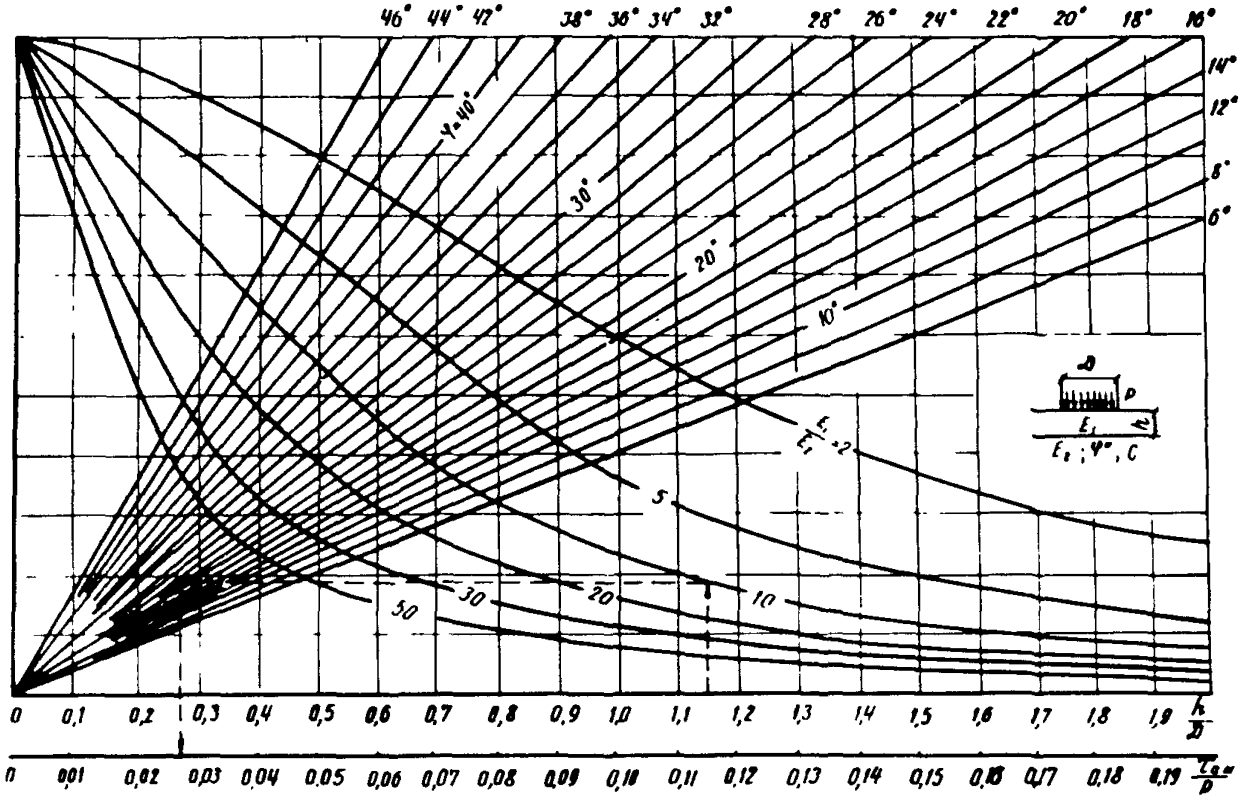


Рис.3. Номограмма для определения активных напряжений сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при совместной работе слоев ($\frac{E_1}{E_2}$=2÷50)

При общей толщине слоев из асфальтобетона менее 0,8 $Д$ следует рассматривать их как единый эквивалентный слой и вести расчет по номограмме для по-

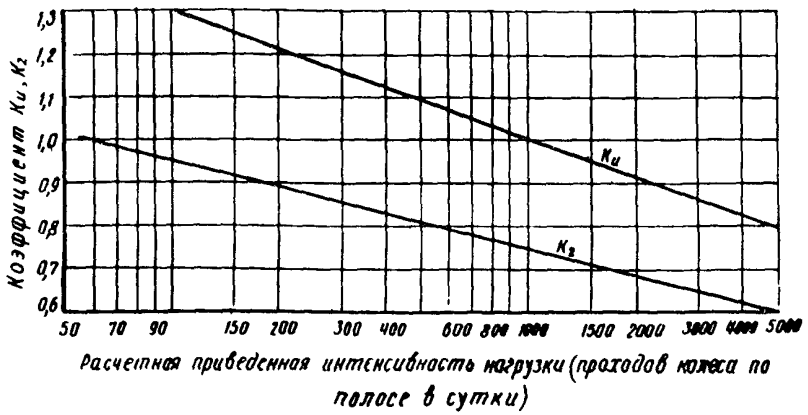


Рис.4. График для определения коэффициентов неоднородности условий работы конструкции K_2 и усталости асфальтобетона K_u в зависимости от расчетной приведенной интенсивности воздействия нагрузки

крытий (см.рис.13 ВСН 46-72). Модуль упругости этого слоя находят по формуле (3) "Инструкции" ВСН 46-72, а величину $R_н$ (см.п.30 настоящих "Методических рекомендаций") принимают для материала нижнего слоя асфальтобетона.

Если общая толщина слоев из асфальтобетона превышает 0,8 $Д$, то к покрытию необходимо отнести все слои асфальтобетона, кроме нижнего. Нижний слой асфальтобетона рассчитывают в этом случае по номограмме для промежуточного слоя из монолитного материала (см.рис.14 ВСН 46-72).

30. (К уточнению п.3.26, в ВСН 46-72):

... величину σ_z сопоставляют с допускаемым рас-

тягивающим напряжением $R_и$ (табл.1 приложения 3 ВСН 46-72) в однослойном покрытии или нижнем слое многослойного покрытия при соответствующей расчетной температуре и расчетной интенсивности воздействия нагрузки.

При $\sigma_z \leq K_и R_и$ ($K_и$ - коэффициент, зависящий от интенсивности воздействия нагрузки, см.рис.4) обеспечивается нормальная работа покрытия; при $\sigma_z > K_и R_и$ необходимо дорожную одежду усилить, увеличив толщину покрытия либо повысив жесткость подстилающего его полупространства $E_{общ.осн.}$

31. Дорожную одежду с покрытием, классифицируемым по п.2,ж табл.25 СНиП II-Д.5-72 как усовершенствованное облегченное (слой износа, устраиваемый с применением прочного щебня методом поверхностной обработки на покрытии переходного типа), следует рассчитывать только по упругому прогибу.

Осушение дорожной конструкции и обеспечение ее морозоустойчивости

Осушение

32. (К уточнению п.4.2 ВСН 46-72). На участках, проходящих в выемках, в нулевых отметках и невысоких насыпях, где расчетная глубина промерзания превышает расстояние от поверхности покрытия до расчетного уровня грунтовых вод, а также в местах, где ожидается большое скопление воды (вогнутые переломы профиля и др.), не рекомендуется применять материалы с коэффициентом фильтрации менее 2 м/сутки. Дренажные конструкции для отвода воды из основания проектируют в этом случае, руководствуясь "Методическими рекомендациями по осушению земляного полотна и оснований дорожных одежд в районах избыточного увлажнения и сезонного промерзания грунтов" /3/.

33. (К уточнению п.4.13 ВСН 46-72). Опыт показывает, что в процессе эксплуатации дороги выходы на откосы сплошного песчаного дренирующего слоя нередко заиливаются, вследствие чего затрудняется свободное вытекание воды. Это может иметь место при пылеватом грунте земляного полотна и дренирующем слое из песка с малым коэффициентом фильтрации. В таком случае рассчитывают дренирующий слой на кратковременное размещение воды и осушение и проверяют, достаточен ли объем незаполненных пор этого слоя для размещения в нем на продолжительное время ($t_{пр}$ = 15÷20 суток в условиях II и III дорожно-климатических зон) поступающего количества воды с учетом испарения влаги. Такую проверку производят по известному способу /3/, изложенному в приложении 1 настоящих "Методических рекомендаций".

Морозоустойчивость дорожной конструкции

34. (К уточнению пп.4.23 и 4.26 ВСН 46-72). Если горизонт подземных или поверхностных вод расположен близко к поверхности покрытия (3-й тип местности по условиям увлажнения), величину вспучивания или общую толщину $Z_i^{(3)}$ слоев из стабильных материалов определяют по номограмме рис.24 "Инструкции" ВСН 46-72.

При 2-м типе местности по условиям увлажнения необходимая общая толщина $Z_i^{(2)}$ слоев из стабильных материалов составит 80% от определяемой по номограмме рис.24 ВСН 46-72 толщины $Z_i^{(3)}$ ($Z_i^{(2)}$ = 0,8 $Z_i^{(3)}$).

Получаемая толщина стабильных слоев относится к материалам, характеризующимся эквивалентом теплопроводности $\mathcal{E}_i$ = 1 (табл.5). В случае применения иных материалов вычисляют приведенную толщину по формуле (20) "Инструкции" ВСН 46-72.

Таблица 5

Теплофизические характеристики дорожно-строительных материалов и грунтов

Материал, грунт	Плотность γ, кг/м³	Коэффициент теплопроводности λ_i, ккал/м·ч·град.	Удельная теплоемкость $c_{уд}$, ккал/кг·град.	Эквивалент по известняковому щебню $\varepsilon_i = \sqrt{\frac{\lambda_i}{\lambda_1}}$
Асфальтобетон				
крупнозернистый	2400	1,00	0,40	1,10
среднезернистый	2350	0,90	0,40	1,15
мелкозернистый	2300	0,80	0,40	1,23
Песок, обработанный битумом	1850	0,70	0,30	1,31
Аглопоритовый гравий, обработанный вязким битумом	800	0,20	0,30	2,45
Керамзитовый гравий, обработанный вязким битумом	1100	0,55	0,27	1,48
Гравий (щебень) с легкими заполнителями, обработанный вязким битумом	2000	0,45	0,40	1,63

Продолжение табл.5

Материал, грунт	Плотность γ, кг/м^3	Коэффициент теплопроводности λ_i, ккал/м·ч·град.	Удельная теплоемкость $c_{уд}$, ккал/кг·град.	Эквивалент по известняковому щебню $\varepsilon_i = \sqrt{\frac{\lambda_щ}{\lambda_i}}$
Цементобетон	2400	1,60	0,20	0,87
Песок, укрепленный 6–8% цемента	2100	1,60	0,22	0,87
Песок мелкий, одномерный, укрепленный 10% цемента	2100	1,40	0,23	0,92
Цементогрунт с керамзитом	1500–1600	0,50–0,60	0,21–0,23	1,55–1,41
Цементогрунт с гранулами полистирола	1300–1500	0,35–0,50	0,30	1,85–1,55
Битумоцементогрунт с перлитом	1400	0,45	0,32	1,63
Цементогрунт с аглопоритом	1700–1800	0,55–0,65	0,24–0,26	1,48
Пенопласт марки ПС-4	40–60	0,045	0,35	5,16
Щебень из гранита	1800	1,60	0,20	0,87
Щебень из известняка	1600	1,20	0,22	1,00
Гравий	1800	1,60	0,22	0,87
Шлак топочный	800	0,40	0,26	1,73
Песок крупный				
талый	2000	1,50	0,26	0,89
мерзлый	2000	2,00	0,22	0,77
Песок средней крупности				
талый	1950	1,65	0,26	0,85
мерзлый	1950	2,10	0,22	0,76

Продолжение табл.5

Материал, грунт	Плотность γ, кг/м³	Коэффициент теплопроводности λ_i, ккал/м·ч·град.	Удельная теплоемкость c_γ, ккал/кг·град.	Эквивалент по известняковому щебню $\xi_i = \sqrt{\frac{\lambda_{щ}}{\lambda_i}}$
Песок мелкий				
талый	1850	1,65	0,26	0,85
мерзлый	1850	2,00	0,22	0,77
Песок пылеватый				
талый	1750	1,55	0,28	0,88
мерзлый	1750	1,90	0,23	0,80
Супесь				
талая	2100	1,55	0,32	0,88
мерзлая	2100	1,75	0,24	0,83
Суглинок и глина				
талые	2000	1,40	0,32	0,92
мерзлые	2000	1.70	0,37	0,84

Примечание. При проектировании конструкций, в целях полного предотвращения промерзания земляного полотна, расчетные характеристики принимают для талого состояния грунта; $\lambda_{щ}$ – коэффициент теплопроводности уплотненного известнякового щебня.

35. (К уточнению п.4.24 и табл.14 п.4.25 ВСН 46-72). Наиболее рациональными, отвечающими требованиям в отношении морозоустойчивости, являются дорожные конструкции в насыпях, в которых возвышение H поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод (УГВ) больше расчетной глубины промерзания z или равно ей ($\frac{z}{H} \leq 1$).

На участках, где невозможно выполнить это условие, в конструкцию вводят теплоизолирующие слои в целях частичного или полного предотвращения промерзания земляного полотна ("Методические рекомендации по проектированию и устройству теплоизолирующих слоев на пучиноопасных участках автомобильных дорог" /4/) либо предусматривают меры по понижению уровня грунтовых вод. Если и эти мероприятия невозможно осуществить, то общую толщину слоев из стабильных материалов ориентировочно назначают по методу, изложенному в приложении 2 настоящих "Методических рекомендаций".

Расчетные характеристики дорожно-строительных материалов и грунтов для теплотехнических расчетов и эквиваленты теплотехнических свойств материалов по отношению к уплотненному известняковому щебню /4/ следует принимать по табл.5.

36. (К уточнению пп.4.25 и 4.26 ВСН 46-72). Теплотехнический расчет ведут применительно к дорожной конструкции, представляющей собой трехслойное полупространство, состоящее из материалов (слоев) с различными теплофизическими свойствами /4/. Средний слой, материал которого характеризуется более эффективными в сравнении с другими слоями теплозащитными свойствами, назван теплоизолирующим.

При многослойной конструкции слои, находящиеся над теплоизолирующим слоем, следует приводить к эквивалентному по теплопроводности однородному слою, а слои, лежащие под теплоизоляцией, включая земля-

ное полотно, – к эквивалентному однородному полупространству (см.п.43).

37. Основные принципы и положения теории теплотехнического расчета дорожной конструкции изложены в работах /4,5/.

Расчет теплоизолирующего слоя сводится к удовлетворению условия

$$A(h+\delta) \leq [A(h+\delta)] , \qquad (2)$$

где $A(h+\delta)$ – амплитуда колебания температуры поверхности земляного полотна (низа теплоизоляции), °С;

$[A(h+\delta)]$ – допускаемое значение этой амплитуды, °С.

38. Допускаемое значение амплитуды годового колебания температуры поверхности земляного полотна определяют по формуле

$$[A(h+\delta)] = t_{n\,cp} + [t] , \qquad (3)$$

где $t_{n\,cp}$ – среднегодовая температура поверхности покрытия в наиболее неблагоприятный год[x] за период между капитальными ремонтами /4/, °С;

$[t]$ – допускаемая величина самой низкой отрицательной температуры поверхности земляного полотна в расчетный год с учетом температуры замерзания грунта, °С.

---

[x] Под наиболее неблагоприятным годом понимают год с максимальной суммой отрицательных температур поверхности покрытия за период между капитальными ремонтами дорожной одежды.

39. Допускаемую величину отрицательной температуры поверхности земляного полотна находят по формуле

$$[t] = |t_1| + |t_{зам}|, \qquad (4)$$

где $t_{зам}$ – температура замерзания грунта, принимаемая для песков и супесей равной 0°С, для легких суглинков – (–0,3°С), для тяжелых суглинков – (–0,6°С), для глины – (–1°С).

Величину $|t_1|$ находят из формулы

$$\frac{[t\tau]}{t_{n.ср}} = \frac{1}{\omega}\left[2\sqrt{\left(\frac{|t_1|}{t_{n.ср}}\right)^2 + 2\frac{|t_1|}{t_{n.ср}}} - \pi + 2\arcsin\left(\frac{1}{1+\frac{|t_1|}{t_{n.ср}}}\right)\right], \qquad (5)$$

где $\omega = 0{,}00072 \cdot 1/ч$ – частота колебаний температуры.

По формуле (5) построен график, приведенный в работах /4,5/.

При расчете теплоизолирующего слоя, предназначенного для полного предотвращения промерзания земляного полотна, принимают $|t_1| = 0°С$.

40. Для того чтобы воспользоваться формулой (5) или графиком /5/, необходимо предварительно определить допускаемое значение произведения средневзвешенной отрицательной температуры поверхности земляного полотна t и продолжительности его промерзания τ с помощью равенства

$$[t\tau] = \frac{\left[\frac{z}{2}\right]^2 \rho (W_т - W_н)\gamma_м}{2\lambda_м}$$

где $[z]$ – допускаемая глубина промерзания земляного полотна от низа теплоизолирующего слоя, м;

ρ – удельная теплота перехода воды в лед, принимаемая равной 80000 ккал/т;

$W_т$ – влажность грунта при пределе текучести, доли единицы;

$W_н$ – содержание незамерзшей воды, доли единицы;

$\gamma_м$ – плотность скелета мерзлого грунта, т/м^3;

$\lambda_м$ – коэффициент теплопроводности мерзлого грунта, ккал/м·ч·град.

41. Допускаемую глубину промерзания земляного полотна определяют по формуле

$$[z] = \frac{\ell_{доп}}{K_{пуч}}, \qquad (7)$$

где $\ell_{доп}$ – допускаемое пучение (см.табл.12 ВСН 46-72);

$K_{пуч}$ – коэффициент пучения грунта при 3-м типе местности по условиям увлажнения, доли единицы.

Коэффициент пучения грунта назначают, руководствуясь методикой, изложенной в приложении 9 ВСН 46-72.

При невозможности экспериментально определить коэффициент пучения расчетное значение его в первом приближении находят по формуле /3/

$$K_{пуч} = \frac{1{,}86\,B}{\alpha_o}, \qquad (8)$$

где B – комплексная характеристика степени пучинистости грунта (см.табл.13 ВСН 46 - 72), см^2/сутки;

α_o – климатический показатель (см. п. 4.24 и рис.26 ВСН 46-72), см^2/сутки.

Значения $t_{доп}$ могут быть приняты меньшими (и даже $t_{доп} \to 0$) по сравнению с указанными в ВСН 46-72 величинами, если при этом ровность поверхности покрытия обеспечит высокую экономическую эффективность работы транспортных средств, движущихся по дороге. Но поскольку снижение величины $t_{доп}$ приведет к удорожанию дорожной одежды, оптимальное значение $t_{доп}$ должно быть определено на основании технико-экономического сравнения вариантов.

42. Левую часть неравенства (2) определяют по номограммам, связывающим следующие комплексы параметров

$$\frac{A(h+\delta)}{A_n}\ ;\ h\sqrt{\frac{\omega}{2a_1}}\ ;\ \delta\sqrt{\frac{\omega}{2a_2}}\ ;\ \frac{S_1}{S_3}\ \text{и}\ \frac{S_1}{S_2}\ ;$$

$$S_i = \sqrt{\gamma_i \lambda_i c_i}\ ,$$

где $A_n = \frac{t_{п.max} - t_{п.min}}{2}$ – амплитуда годового колебания температуры поверхности покрытия, °С;

h – толщина слоя, находящегося над теплоизоляцией (общая толщина слоев над теплоизоляцией при многослойной конструкции), м;

δ – толщина теплоизолирующего слоя, м;

ω – частота колебаний температуры, 1/ч;

a_1, a_2 – коэффициенты температуропроводности соответственно материала, находящегося над теплоизоляцией, и теплоизолирующего материала

$\left(a = \frac{\lambda}{c\gamma}\right)$, м²/ч;

S_i – коэффициент теплоусвоения материала i-го слоя.

При расчете конструктивного теплоизолирующего слоя используют номограммы рис.5 и 6 /5/. Предварительно вычисляют отношение $\frac{[A(h+\delta)]}{A_n}$, затем на

нижней оси номограммы рис.5 находят точку, соответствующую величине $\frac{A(h+\delta)}{A_n} = \frac{[A(h+\delta)]}{A_n}$. Из этой точки ведут вертикаль до пересечения с лучом $h\sqrt{\frac{\omega}{2a_1}}$, откуда проводят горизонтальную прямую до кривой с заданным значением $\frac{S_1}{S_2}$. Из точки пересечения луча и кривой опускают перпендикуляр на верхнюю ось абсцисс, отсекающий на ней отрезок $\delta\sqrt{\frac{\omega}{2a_2}}$. Зная величину a_2 и значение $\omega = 0{,}00072 \cdot 1/ч$ вычисляют толщину конструктивного теплоизолирующего слоя δ.

При расчете конструкций, для которых отношение $\frac{S_1}{S_2} = 1$ отличается от 0,8, наряду с номограм -

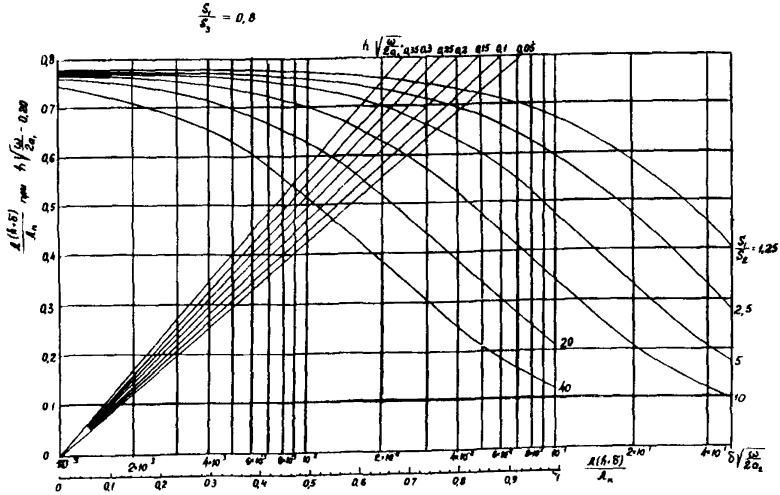


Рис.5. Номограмма для расчета теплоизолирующего слоя дорожной конструкции

мой рис.5 используют номограмму рис.6. В этом случае по предварительно полученной при $\frac{S_1}{S_3} = 0{,}8$ (см. рис.5) величине

$$\delta_{0,8}\sqrt{\frac{\omega}{2a_2}} = \Delta_1$$

и фактическому значению $\frac{S_1}{S_3} = \beta$ находят на номограмме рис.6 значение

$$\Delta_1 = \delta_\beta \sqrt{\frac{\omega}{2a_2}},$$

а затем и величину δ_β.

Искомую толщину теплоизолирующего слоя $\delta_г$ с учетом теплового потока от грунтовых вод определяют по формуле

$$\delta_г = K_т \cdot \delta_\beta, \quad (9)$$

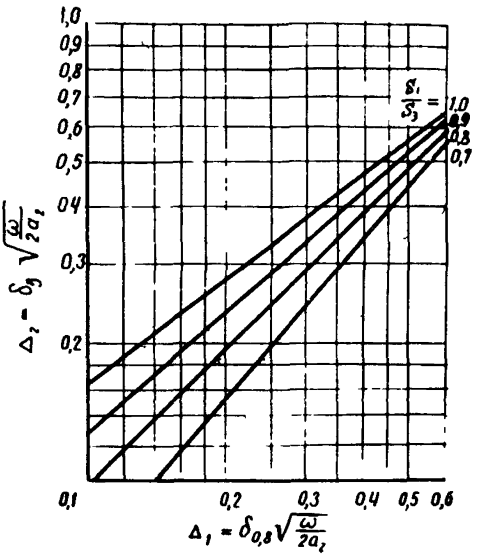


Рис.6. Номограмма для определения толщины теплоизолирующего слоя δ_β при $\beta \geq 0{,}8$ и известном значении $\Delta_1 = \delta_{0,8}\sqrt{\frac{\omega}{2a_2}}$, определенном по номограмме рис.5

где $K_т$ – коэффициент, учитывающий влияние на промерзание конструкций теплового потока от грунтовых вод; $K_т = 0{,}8$.

Пользуясь номограммами рис.5 и 6, можно определить любой показатель. В частности, можно найти ожидаемую величину амплитуды колебаний температуры на нижней границе теплоизолирующего слоя $A(h+\delta)$ при известных значениях остальных показателей, связанных между собой номограммами.

Теплоизолирующие слои при $S_t \leq 2$ рассчитывают по номограммам, приведенным в "Методических рекомендациях" /4/.

43. При расчете теплоизолирующего слоя, укладываемого в многослойную дорожную конструкцию, последнюю приводят к трехслойной модели следующим образом.

Слои, лежащие над теплоизоляцией, заменяют одним слоем, эквивалентным им по термическому сопротивлению и имеющим толщину h, равную сумме толщин этих слоев $\sum_{i=1} h_i$. Коэффициент теплопроводности такого эквивалентного слоя $\lambda_э$ определяют по формуле

$$\lambda_э = \frac{\sum_{i=1}^{u} h_i}{\sum_{i=1}^{u} \frac{h_i}{\lambda_i}}, \qquad (10)$$

где u – число слоев над теплоизоляцией, приводимых к эквивалентному;

i – номер слоя.

Плотность $\gamma_э$ и удельную теплоемкость $C_э$ эквивалентного слоя определяют соответственно по формулам

$$\gamma_э = \frac{\sum_{i=1}^{u} \gamma_i h_i}{\sum_{i=1}^{u} h_i}; \qquad (11)$$

$$C_э = \frac{\sum_{i=1}^{u} c_i h_i}{\sum_{i=1}^{u} h_i}. \qquad (12)$$

Слои, находящиеся под теплоизоляцией, объединяют с грунтом земляного полотна в одно эквивалентное полупространство.

Поскольку коэффициенты теплоусвоения S_i обычных дорожно-строительных слабосвязных материалов (пески, гравийные материалы и др.) и грунтов существенно не различаются, значения теплофизических характеристик при определении по номограммам /4/ амплитуды колебания на нижней границе теплоизоляции принимают для эквивалентного полупространства такими же, как и для грунта. Значения температуры замерзания, а также $W_т$. $W_н$ и $\gamma_м$ применительно к эквивалентному полупространству принимают соответствующи м и значениям этих параметров для материала, непосред - ственно подстилающего теплоизоляцию.

Допускаемую глубину промерзания эквивалентно г о полупространства определяют по формуле

$$\left[z\right] = \sum h_{ст} + \frac{\ell_{доп}}{K_{пуч}} , \qquad (13)$$

где $\sum h_{ст}$ – общая толщина слоев из стабильных материалов, находящихся между нижней границ е й теплоизоляции и поверхностью земляного полотна.

44. Следует проверять условия обеспечения морозоустойчивости конструкции, содержащей теплоизолирующий слой, на основании указаний ВСН 46-72 применительно к участкам дорог, проходящим по местно с т и 3-го типа по условиям увлажнения. Конструкция морозоустойчива , если удовлетворяется неравенство

$$t_{пуч} \leq \ell_{доп} . \qquad (14)$$

При определении по "Инструкции" ВСН 46-72 величины $\ell_{пуч}$ необходимо учитывать следующие дополнения:

глубину промерзания от поверхности покрытия z и общую приведенную толщину $z_{1\,прив}$ слоев из стабильных материалов, включая теплоизоляцию, принимают соответственно равными:

$$\left.\begin{aligned} z &= \Sigma h_i \varepsilon_i + \delta\varepsilon_u + [z] \\ z_{1\,прив} &= \Sigma h_i \varepsilon_i + \delta\varepsilon_u \end{aligned}\right\}, \qquad (15)$$

где ε_i и ε_u – эквиваленты (по теплотехническим свойствам) материалов слоев, находящихся над теплозащитой, и теплоизолирующего материала по отношению к уплотненному щебню (см. табл. 5).

Климатический показатель α_0 следует определять по формуле

$$\alpha_0 = \frac{[z]^2}{2\tau}, \qquad (16)$$

где τ – продолжительность промерзания земляного полотна, ч, определяемая по формуле

$$\tau = \left[\pi - 2\arcsin\frac{t_{н.ср}}{A(h+\delta)}\right]\frac{8760}{2\pi}. \qquad (17)$$

Величину $[A(h+\delta)]$ находят по формуле (3).

45. При проектировании конструкции с теплоизолирующим слоем, полностью предотвращающим промерзание грунта земляного полотна и исключающим тем самым возможность зимнего влагонакопления в нем, расчет-

ная влажность непылеватых супесей может быть принята равной 0,7 $W_т$, а всех других грунтов – 0,75 $W_т$. В остальных случаях расчетную влажность грунта назначают по табл.1 приложения 2 "Инструкции" ВСН 46-72.

Рекомендации по дополнениям к приложениям «Инструкции» ВСН 46-72

46. При конструировании и расчете дорожной одежды и земляного полотна следует пользоваться дополнительными данными о расчетных параметрах автомобилей новых марок и графой "Расстояние между осями задней тележки трехосных автомобилей" табл.6.

47. (К уточнению п.4 и табл.4 приложения 1 ВСН 46-72). Величину коэффициента приведения нагруз-

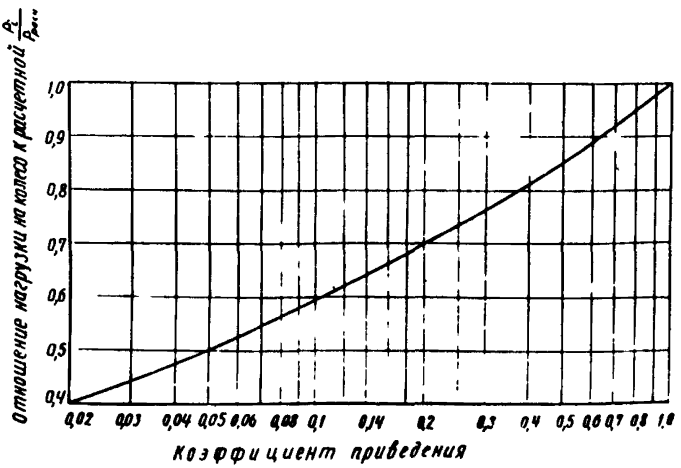


Рис.7. График для определения коэффициентов приведения нагрузки на колесо к расчетной

Таблица 6

Характеристика транспортных средств

Марка транспортного средства	Нагрузка на ось, тс		Расстояние между осями задней тележки трехосных автомобилей, м	Среднее расчетное давление от заднего колеса на покрытие p, кгс/см^2	Расчетный диаметр следа заднего колеса, см
	переднюю	заднюю			
Грузовые бортовые автомобили					
ГАЗ-52-03	1,5	4,0	–	3,8	26
ГАЗ-53	1,6	4,6	–	3,5	29
ЗИЛ-130	3,0	8,5	–	6,0	30
МАЗ-500	4,2	10,0	–	6,0	33
Урал-377	4,0	5,5x2	1,4	4,3	28
КамАЗ	4,5	5,5x2	–	5,0	26
КрАЗ-257	4,7	9,4x2	1,4	5,8	32
Автомобили-самосвалы					
ГАЗ-53Б	1,8	5,6	–	4,7	28
ЗИЛ-ММЗ-555	2,8	6,6	–	5,8	27
МАЗ-503Б	4,5	9,4	–	6,0	31
КамАЗ	4,2	11,2	1,4	5,0	27
КрАЗ-256Б	4,5	9,0x2	1,4	6,0	31
Татра	5,0	10,0x2	1,32	5,0	36
БелАЗ-540	15,6	32,4	–	5,0	64
БелАЗ-548А	22,5	44,5	–	5,0	75

Продолжение табл.6

Марка транспортного средства	Нагрузка на ось, тс		Расстояние между осями задней тележки трехосных автомобилей, м	Среднее расчетное давление от заднего колеса на покрытие p, кгс/см^2	Расчетный диаметр следа заднего колеса, см
	переднюю	заднюю			
Автобусы					
ПАЗ-625	2,7	4,9	-	5,0	25
ПАЗ-672	2,6	5,4	-	5,0	26
ЛАЗ-695Е	3,6	6,8	-	5,5	28
ЗИЛ-158В	4,1	6,8	-	3,8	34
ЛиАЗ-667	5,7	9,8	-	7,4	29
"Икарус"	6,0	10,0	-	7,6	29
Троллейбусы					
МТБ-82	5,2	10,3	-	5,7	31
ЗИУ-5	6,2	12,3	-	5,7	34

ки на колесо P_i автомобилей различных марок к расчетной нагрузке $P_{расч}$ в зависимости от отношения $\frac{P_i}{P_{расч}}$ находят по графику рис.7.

Если в составе движения по дороге имеется менее 5% автомобилей, у которых наибольшая нагрузка на колесо P_i менее чем на 20% превышает нагрузку на колесо расчетного автомобиля $P_{расч}$, то для нее коэффициент приведения принимают равным 2.

Для трехосных автомобилей величину нагрузки P_i на колесо задней оси тележки в зависимости от расстояния

между ее спаренными осями и капитальности конструкции дорожной одежды определяют по графику рис.8. Эту на-

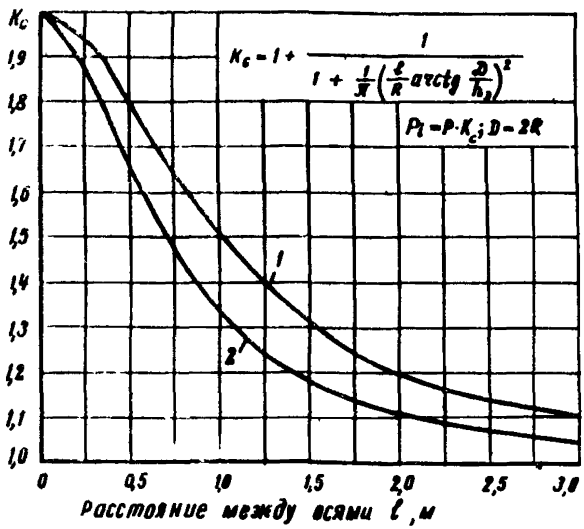


Рис.8. График для определения коэффициента K_c, учитывающего взаимное влияние нагрузок на колесо многоосных транспортных средств, в зависимости от расстояния между осями: 1–для дорожных одежд с капитальным типом покрытия, рассчитываемых на интенсивное движение нагрузки группы А; 2–для одежд, рассчитываемых на интенсивное движение нагрузки группы Б; $h_э = 1{,}1h\sqrt[3]{\frac{E_i}{E_{общ.осн}}}$

грузку, как и нагрузки на другие колеса транспортных средств, приводят к расчетной с помощью соответствующих значений коэффициента K_c (см.рис.7).

48. (К уточнению примечаний к табл.1 приложения 2 ВСН 46-72). При дренирующем слое из хорошо фильтрующего песка с водоотводящими устройствами в виде продольных трубчатых дрен с поперечными выпусками расчетная влажность грунта может быть уменьшена на 0,06 $W_т$.

На проходящих в выемках участках дорог с одеждой, устроенной в корыте, расчетную влажность грунта следует увеличивать на 0,05 $W_т$

Если дорожная одежда содержит слои из материалов и грунтов, укрепленных вяжущими, значения расчетной влажности, приведенные в табл.1 приложения 2 ВСН 46-72, следует уменьшить на величину, равную:

0,05 $W_т$ - при устройстве отдельных слоев толщиной до 15-18 см;

0,10 $W_т$ - при устройстве всех слоев дорожной одежды из укрепленных плотных материалов и грунтов, тощего бетона и асфальтобетона.

Расчетная влажность грунта земляного полотна дорог, проходящих вблизи границ дорожно-климатических зон, может быть принята равной промежуточному значению между соответствующими влажностями грунтов в смежных зонах.

49. При грунтах с пониженной влажностью расчетные характеристики принимают по табл.8,а.

50. (К уточнению п.5 приложения 2 ВСН 46-72). При влажности грунта 0,5 $W_т$ коэффициент его уплотнения должен быть равен 1,05, а при влажности 0,55 $W_т$ - 1,03.

Расчетные значения прочностных и деформационных характеристик суглинка и глины даны применительно к

гидрослюдистому и каолинитовому минералогическому составу глинистых частиц. Расчетные характеристики суглинков и глин монтмориллонитового состава при влажности (0,6÷0,75) $W_т$, а также некоторых засоленных грунтов следует определять экспериментальными методами, описанными в приложениях 5 и 6 "Инструкции" ВСН 46-72. При влажности выше 0,75 $W_т$ такие грунты практически не способны сопротивляться нагрузкам, поэтому должны быть приняты меры по их замене или защите от чрезмерного увлажнения.

Таблица 6,а

Расчетные характеристики грунтов при пониженной влажности (дополнение к табл.4 приложения 2 ВСН 46-72)

Грунт	$W/W_т$	E, кгс/см^2	φ, град	C, кгс/см^2
Супесь легкая	0,50	580	37	0,15
	0,55	500	36	0,13
Супесь пылеватая, суглинки, глины	0,50	900	32	0,50
	0,55	750	27	0,41

51. (К уточнению расчетных характеристик материалов). Предлагается взамен табл. 1,2 и 3 приложения 3 ВСН 46-72 ввести табл.7-10.

52. Для перехода от полученного в лаборатории модуля упругости укрепленного материала к его расчетному значению используют (табл.11) переходные коэффициенты. (К дополнению приложения 5 ВСН 46-72).

Таблица 7

Расчетные характеристики асфальтобетона (применительно к ГОСТ 9128-76)

Вид и назначение горячего асфальтобетона	Марка битума	Характеристики асфальтобетона, кгс/см^2, при его температуре, °С					
		10		20		30	
		E	$R'_и$	E	$R'_и$	E	$R'_и$
Плотные асфальтобетоны I–II марок для верхнего слоя покрытия	БНД 40/60	–	–	12000	19	8000	17
	БНД 60/90	15000	20	10000	18	7000	15
	БНД 90/130	12000	18	8000	17	6000	14
Пористые асфальтобетоны для нижнего слоя покрытия и для основания дорожной одежды	БНД 40/60	14000	13	10000	12	7000	11
	БНД 60/90	12000	12	8000	11	6000	10
	БНД 90/130	10000	11	7000	10	5000	9

Примечания: 1. Для получения расчетной характеристики сопротивления растяжению при изгибе $R_и$ необходимо табличные значения $R'_и$ умножить на коэффициент усталости, принимаемый по графику рис.4.

2. Для асфальтобетона III марки величину $R_и$ умножают на 0,9, а 1У марки – на 0,8

3. Если данные непосредственных наблюдений за температурой покрытия отсутствуют, можно принимать расчетные температуры асфальтобетона: для II дорожно-климатической зоны 10°С, для III зоны 15°С, для 1У и У зон от 20 до 30°С.

4. Теплые асфальтобетоны, приготавливаемые на основе вязких битумов марок БНД 130/200 и БНД 200/300, применяют в тех дорожно-климатических зонах, в которых расчетная температура покрытия не превышает 15°С. В этих случаях для асфальтобетона на битуме БНД 130/200 следует принимать E =7000 кгс/см^2 и $R_и$ = 8 кгс/см^2, а на битуме БНД 200/300 – E =5000 кгс/см^2 и $R_и$=6 кгс/см^2. Усталость теплого асфальтобетона при назначении расчетного значения сопротивления растяжению при изгибе учитывают в соответствии с рекомендацией п.1 примечаний к данной таблице.

Таблица 8

Расчетные характеристики грунтов и материалов, обработанных неорганическими вяжущими

Укрепляемый грунт или материал	Количество вяжущего, %		Класс прочности укрепленного материала по СНиП 2.05.02-74	Модуль упругости E, кгс/см^2	Сопротивление растяжению при изгибе $R_и$, кгс/см^2
	золы уноса или гранулированного шлака	портландцемента М-300			
Подобранная щебеночная и гравийная смесь оптимального или близкого к оптимальному состава	–	4	I	4000	2,5
	–	6	I	6000	4,0
	–	8	I	8000	5,0
	15–20	–	–	3000–4000	2,0
	20–30	–	–	4000–6500	4,0
Малопрочный каменный материал, отходы камнедробления	–	4	II	2000	1,5
	–	6	I	3500	2,5
	–	8	I	4500	3,2
	–	10	I	5500	4,0
Гравийно-песчаная смесь; крупнообломочный грунт; гравелистый, крупный и среднезернистый песок	–	4	III	1800	1,5
	–	6	II	3000	2,5
	–	8	I	4000	3,2
	–	10	I	5000	4,0
	–	12	I	6000	5,0
Легкая супесь, песок мелкий (кроме одноразмерного) и пылеватый	–	4	III	2000	1,0
	–	6	III	3000	1,5
	–	8	II	4000	2,0
	–	10	II	5000	2,5
	–	12	I	6000	3,0
	–	14	I	7000	3,5
	–	16	I	8000	4,0
	15–20	–	–	2000–3500	2,0
	20–30	–	–	3500–5000	3,5
Супесь пылеватая; суглинок	–	4	III	1500	0,8
	–	6	III	2000	1,2
	–	8	II	2500	1,6
	–	10	II	3000	2,0
	–	12	I	3500	2,5
	–	14	I	4000	3,0
	–	16	I	4500	3,5
	10–20	–	–	2000–3000	1,5
	20–30	–	–	3000–4000	3,0

Примечания: 1. Для материалов повышенной деформационной способности, т.е. для грунтов, укрепленных комплексными вяжущими (цемент+битумная эмульсия, цемент+гранулированные шлаки или активные золы уноса, цемент+полимеры), значения расчетных характеристик могут быть увеличены на 10–15%.

2. При добавлении в зологрунт цемента (2–4%), извести (3–5%) или электролитов расчетные характеристики повышаются на 15–20%.

3. Гранулированные шлаки, как правило, применяют с добавками извести (3–5%) или цемента (2–4%).

Таблица 9

Расчетные характеристики дорожно-строительных материалов, работу которых в конструкции проверяют по условию сдвига

Материал	Модуль упругости E, кгс/см^2	Угол внутреннего трения φ, град	Сцепление C, кгс/см^2
Грунт, обработанный жидким органическим вяжущим			
супесь непылеватая	1500–2500	25–35	0,2–0,35
суглинок, супесь пылеватая	800–1500	15–25	0,2–0,35
Гравийная смесь, отвечающая требованиям СНиП 1-Д.2-70			
для основания			
смесь 1	2200–2500	45	0,2–0,5
смесь 2	2000–2500	40	0,2–0,5
для подстилающего слоя			
смесь 1	1500–1800	43	0,2–0,5
смесь 2	1400–1500	40	0,2–0,5
Дресва изверженных горных пород			
средней и значительной выветрелости	1000–1200	45	0,1
весьма значительной выветрелости	800–1000	43	0,1
Дресва осадочных пород, мелкий ракушечник	800	30–40	0,05–0,1

Примечание. Бо́льшие значения принимают для районов с умеренным климатом, если смешение осуществляется в установке, или при обработке битумной эмульсией. Бо́льшие значения модуля упругости следует принимать и при крупном слабоокатанном гравии; бо́льшие значения сцепления –при влажности материала в конструкции, не превышающей 50% полной влагоемкости.

Таблица 10

Расчетные характеристики дорожно-строительных материалов, не требующих проверки работы в конструкции по сдвигу или изгибу

Материал	E, кгс/см^2	Примечание
Обработанные жидким битумом, дегтем или битумной эмульсией		Бо́льшее значение принимают в случае обработки битумной эмульсией и при щебеночной смеси
подобранная гравийная (щебеночная) смесь	2000–2800	
малопрочный щебень, отходы камнедробления в смеси с супесью или песком	2000–3500	–
Щебень		Бо́льшие значения принимают для щебня, обладающего более высокой прочностью и способностью цементироваться
фракционированный, 1–3-го классов прочности, укладываемый с расклинкой		
из осадочных пород	3500–4500	
из изверженных пород	3000–3500	
рядовой, 1–4-го классов прочности	2000–2500	
с расклинкой песком и цементом	4000–5000	–
Естественная щебеночно-песчаная смесь	1500–2500	–
Шлак 1–4-го классов прочности, однородный по качеству, с подобранным гранулометрическим составом		Бо́льшие значения рекомендуется назначать, если структура шлака устойчива
активный	3500–4500	
малоактивный	2000–3000	
Рядовой шлаковый щебень	1500–2000	–
Каменная мостовая, пакеляж	4500–5000	Бо́льшие значения принимают, если камень колотый, меньшие – если булыжный

Таблица 11

Коэффициенты перехода от модуля упругости, получаемого при лабораторных испытаниях, к его расчетному значению для укрепленных грунтов и материалов

Укрепляемый неорганическим вяжущим материал	Переходный коэффициент
Подобранная щебеночная (гравийная) смесь	0,10
Малопрочный каменный материал, отходы камнедробления и смеси с супесью или песком	0,06
Легкая супесь, разнозернистые пески	0,05
Пылеватая супесь, суглинок	0,04

Оценка прочности нежесткой дорожной одежды по величине прогиба поверхности покрытия под действием расчетной нагрузки *)

Оборудование для испытаний

53. Для нагружения конструкций используют автомобили марок МАЗ-500, МАЗ-200, МАЗ-503, МАЗ-205 и др., относящиеся к группе А по ГОСТ 9314-59, или автомобили ЗИЛ-130, ЗИЛ-ММЗ-555, ЗИЛ-164А, которые имеют весовые параметры автомобилей группы Б.

Прогиб поверхности покрытия измеряют с помощью рычажного прогибомера конструкции МАДИ-ЦНИЛ или КП-204. Подробное описание первого прогибомера дано

*) Дополнение к приложению 7 ВСН 46-72 (разработки МАДИ, Гипродорнии).

в "Инструкции" ВСН 46-72. Прогибомер КП-204 имеет опоры, располагающиеся вне чаши прогибов, что обеспечивает бо́льшую точность и более высокую производительность испытаний. Прогибомер КП-204 изготавливается Мытищинским опытно-производственным механическим заводом.

Подготовительные работы

54. До начала испытаний дорожной одежды необходимо изучить следующее:

продольный профиль и план трассы по проектной документации;

особенности строительства дороги, включая погодно-климатические условия во время возведения земляного полотна и устройства конструктивных слоев дорожной одежды, технологию производства работ (по журналу производства работ);

мероприятия по содержанию дороги и данные о времени проведения ремонтных работ, о видах ремонтов с указанием состояния дорожной одежды перед ремонтом, об объеме и технологии выполненных работ, их качестве и примененных материалах, погодно-климатических условиях при производстве ремонтных работ (паспорт дороги, акты приемки работы, журналы производства ремонтных работ);

данные учета состава и интенсивности движения автомобилей за весь период эксплуатации дороги (сводные ведомости);

результаты выполненных ранее обследований (отчеты, дефектные ведомости).

Затем визуально оценивают состояние дорожной одежды и устанавливают ее дефекты (табл.12).

На основе анализа документальных данных составляют сводную ведомость и разбивают дорогу на характерные участки, отличающиеся друг от друга хотя бы од-

Таблица 12

Наиболее распространенные дефекты дорожной одежды

Вид дефекта дорожной одежды	Характеристика повреждения
Одиночные трещины	Трещины произвольного очертания и направления, обычно расположенные друг от друга на значительном расстоянии
Отдельные трещины	Поперечные трещины, расположенные примерно на одинаковом расстоянии (не меньше 10м) друг от друга
Редкие трещины	Поперечные и косые, не связанные между собой, трещины, нередко с ответвлениями; среднее расстояние между соседними трещинами 4–10 м
Частые трещины	Поперечные и косые трещины с ответвлениями, иногда связанные между собой, но, как правило, не образующие замкнутых фигур; среднее расстояние между соседними трещинами 2–4 м
Очень частые трещины	То же при среднем расстоянии между трещинами 1–2 м
Сетка трещин	Трещины произвольного очертания, образующие замкнутые фигуры
Колейность	Плавное искажение поперечного профиля покрытия, локализованное вдоль полос наката; на асфальтобетонном покрытии нередко этому сопутствуют продольные трещины и сетка трещин

Продолжение табл. 12

Вид дефекта дорожной одежды	Характеристика повреждения
Просадки	Резкие искажения профиля покрытия, имеющие вид впадин с окр глыми краями ; на асфальтобетонном покрытии сопро - вождаются сеткой трещин, которая не - редко охватывает также и зоны покры- тия, непосредственно прилегающие к этим впадинам
Проломы	Полное разрушение дорожной одежды с резким искажением профиля покрытия ; на асфальтобетонном покрытии сопро - вождается сеткой трещин в прилегаю - щих зонах покрытия
Выкрашивание и шелушение	Поверхностное разрушение покрытия и отслаивание вяжущего от минерального материала
Выбоины	Местные разрушения дорожного покры- тия, имеющие вид углублений с резко очерченными краями
Волны	Закономерное чередование (через 0,5 - 2 м) на покрытии впадин и гребней в поперечном направлении по отношению к оси дороги
Сдвиги	Смещение покрытия, наблюдающееся обычно на крутых спусках, на местах остановок и торможения автомобилей ; иногда в местах сдвига наблюдаются разрывы покрытия

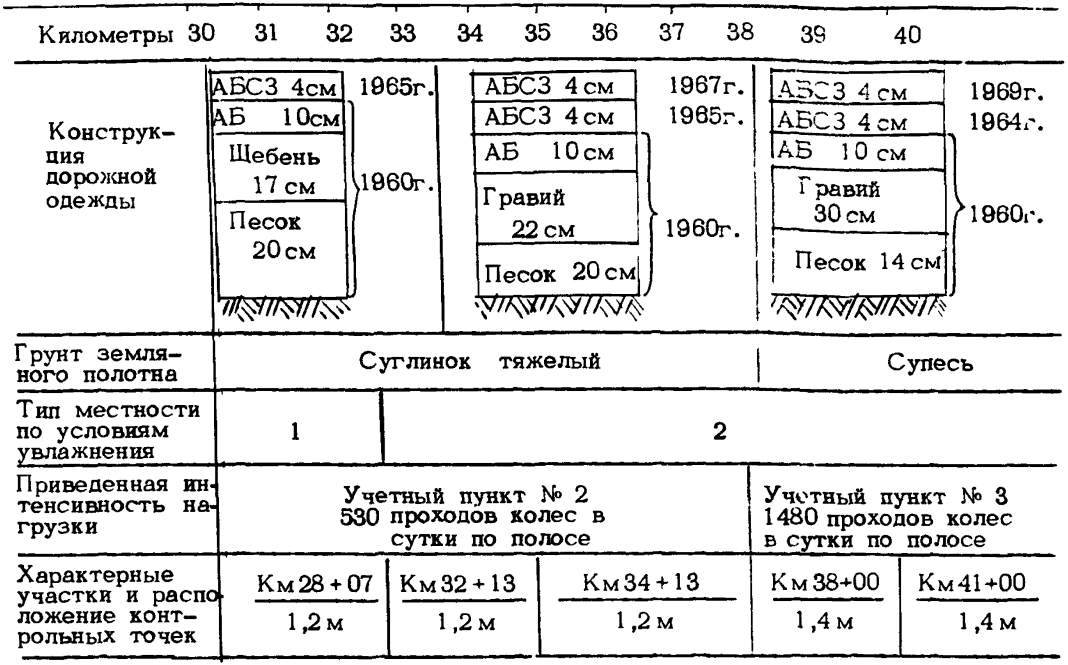


Рис. 9. Сводная ведомость результатов анализа документальных данных о дороге: АБСЗ–асфальтобетон среднезернистый; АБ–асфальтобетон III–IУ марки. В знаменателе нижней строки дано расстояние от контрольной точки до кромки покрытия

ним из следующих признаков: конструкцией дорожной одежды, видом грунта земляного полотна, типом местности по условиям увлажнения, технологией устройства дорожной одежды и качеством примененных при этом материалов, приведенной интенсивностью воздействия нагрузки. Длина характерного участка, как правило, не должна составлять менее 0,5 км.

На характерном участке намечают контрольную точку, находящуюся в месте, наиболее полно представляющем картину внешнего состояния дорожной одежды на участке.

Контрольные точки нужно назначать в непосредственной близости от хорошо заметных ориентиров (километровые столбы, дорожные знаки и т.п.). Каждую точку фиксируют на покрытии яркой водостойкой краской в виде круга диаметром 10 см и указывают ее координаты в сводной ведомости (рис.9).

Методика проведения испытаний

55. Работу ведет бригада, состоящая из двух звеньев, одно из которых осуществляет испытания на контрольных точках, а другое - в остальных точках по протяжению характерного участка (линейные испытания).

Желательно, чтобы начало испытаний на контрольных точках совпало с началом оттаивания грунта, подстилающего дорожную одежду. Для получения данных об особенностях суточного изменения модуля упругости дорожной конструкции на каждой контрольной точке должно быть проведено два испытания: в первой и второй половине дня.

Линейные испытания следует начинать, когда по результатам испытаний на контрольных точках станет видна общая тенденция снижения прочности (увеличение изо дня в день прогиба покрытия). Характерный участок должен быть разделен на отрезки длиной от

500 до 1000 м. На каждом отрезке следует провести 20 измерений.

В период проведения линейных испытаний и по их окончании продолжают испытания на контрольных точках и не прекращают их до тех пор, пока не станет видна тенденция стабилизации прочности дорожной одежды. Обычно общая длительность испытаний на контрольных точках составляет 30–35 дней.

При проведении испытаний прогибомером МАДИ–ЦНИЛ для устранения ошибки от попадания опор этого прибора в чашу прогиба поверхности покрытия измерения выполняют следующим образом (рис.10):

а) устанавливают испытательный автомобиль над точкой, где необходимо измерить прогиб;

б) прогибомер располагают на покрытии так, чтобы подпятник измерительного стержня опирался на покрытие в центре между шинами заднего сдвоенного колеса автомобиля; автомобиль должен находить-

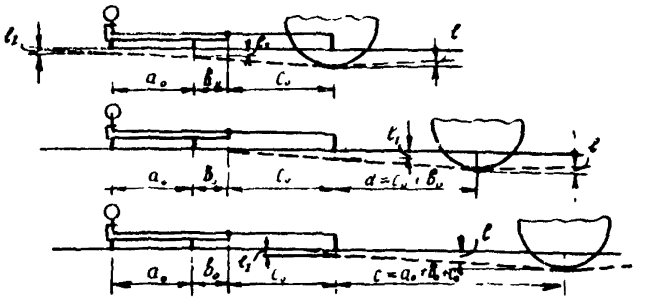


Рис.10. Схема поэтапного определения прогиба покрытия с помощью прогибомера МАДИ–ЦНИЛ

ся над точкой до тех пор, пока отсчет по индикатору в течение 10–15 сек не станет меньше 0,01 мм, и берут этот отсчет i_0 ;

в) продвигают автомобиль вперед на расстояние $b_0 + c_0$ (см.рис.10) и берут отсчет i_d по индикатору;

г) продвигают автомобиль на расстояние $a_0 + b_0 + c_0$ от первоначального положения (см.рис.10) и берут третий отсчет i_f по индикатору;

д) продвигают автомобиль вперед на расстояние 5–6 м от первоначального и затем берут отсчет i по индикатору.

Все отсчеты по индикатору записывают в журнал (см.табл.13).

Полный прогиб l вычисляют по формуле

$$l = K_0 l_u + \frac{2c_0}{a_0} l_1 - \left(1 + 2\frac{b_0}{a_0}\right) l_2 \quad , \qquad (18)$$

$$l_u = i_0 - i; \; l_1 = i_d - i \; ; \; l_2 = i_f - i \; .$$

где K_0 – коэффициент, учитывающий прогиб рычага от усилия пружины индикатора.

Для прогибомера МАДИ-ЦНИЛ a_0 =1,0м; b_0 =0,25м; c_0 =1,25 м: K_0 =1,03 и формула (18) принимает вид

$$l = 1{,}03\, l_u + 2{,}5\, l_1 - 1{,}5\, l_2 \, . \qquad (19)$$

Для преодоления торможения в шарнире прогибомера перед взятием каждого отсчета нужно слегка постукивать по швеллеру прибора. Отсчет берут только после того, как стрелка, слегка подрагивая, остановится на месте.

В солнечную погоду прогибомер следует постоянно затенять легким переносным тентом.

При работе с длиннобазовым прогибомером КП-204

Журнал испытаний
(образец

Наименование дороги _ _ _ _ _ _ _
Марка автомобиля - МАЗ-503

Номер испытания	Место испытания, км+(м)	Дата и время проведения испытания	Состояние покрытия в месте испытания	Отсчеты тору	
				i_o	i_d
		14.4.76г.			
1	110+000	10.00	Трещин нет	307	256
2	110+050	10,05	Редкие трещины	334	282
3	110+100	10.08	Трещин нет	318	268
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . .	. . .
60	113+000	12.55	Частые трещины	301	-
61	113+050	12.58	То же	383	-
62	113+100	13.02	Сетка трещин	363	-
		15.4.76г.			
1	114+000	10.00	Редкие трещины	374	-

Примечание. Описывают состояние погоды, тем вов и т.п.

Таблица 13

дорожной одежды
заполнения)

Нагрузка на заднюю ось - 10 тс
Произведение $p\mathcal{D}$ = 195 кгс/см

по индика-		Прогибы, мм				Величина прогиба, приведенная к периоду наибольшего ослабления одежды
i_φ	i	ℓ_u	ℓ_1	ℓ_2	ℓ	
241	244	0,63	0,12	0,03	0,885	0,885x1,1=0,970
275	273	0,61	0,09	0,02	0,805	0,805x1,1=0,885
260	260	0,58	0,08	-	0,780	0,780x1,1=0,860
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . . . .
-	157	-	-	-	1,44	1,44x1,04=1,50
-	248	-	-	-	1,35	1,35x1,04=1,41
-	211	-	-	-	1,52	1,52x1,04=1,58
-	282	-	-	-	0,92	0,92x1,16=1,06

пературу воздуха, состояние покрытия, обочин, резер -

практически нет опасности попадания опор в чашу прогиба, и автомобиль после снятия первого отсчета i_0 можно сразу перемещать на расстояние 5-6 м. После этого берут второй отсчет i. Прогиб вычисляют по формуле

$$l = (i_0 - i)\,2, \qquad (20)$$

где 2 соответствует соотношению длины плеч прогибомера. В этом случае в журнале испытаний (см.табл.13). могут быть опущены графы, соответствующие отсчетам i_d, i_f и прогибам l_u, l_1, l_2.

Обработка результатов испытаний

56. Время проведения линейных испытаний может несовпасть со временем наибольшего ослабления конструкции в весенний период. В этом случае для корректировки результатов линейных испытаний используют данные измерений прогиба в контрольных точках. Определяют коэффициенты изменения прогибов $K_{uз}$, показывающие, во сколько раз прогибы l_i в контрольной точке в момент проведения линейных испытаний на данном характерном участке отличаются от прогибов l_{max} в момент наибольшего ослабления конструкции:

$$K_{uз} = \frac{l_{max}}{l_i}. \qquad (21)$$

Умножив величину фактического прогиба l_φ при линейных испытаниях на величину $K_{uз}$, вычисляют величину прогиба $l_{пр}$, приведенную к моменту, когда дорожная одежда обладает наименьшей прочностью:

$$l_{пр} = K_{из} \cdot l_{ф}. \qquad (22)$$

С целью определить численное значение коэффициента $K_{из}$ следует строить графики изменения прогибов в течение расчетного периода для каждой контрольной точки.

Для каждого отрезка длиной от 0,5 до 1 км по известным методам математической статистики строят кумулятивную кривую накопленной частости прогибов.

Расчетный прогиб $l_{р}$ вычисляют при вероятности его превышения 15% для усовершенствованных покрытий капитального типа; 35% - для усовершенствованных покрытий облегчечного типа; 50% - для переходных покрытий.

Расчетный модуль упругости $E_{р}$ на отрезке дороги определяют по формуле (1) приложения 7 "Инструкции" ВСН 46-72.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Метод расчета дренирующего слоя, устраиваемого на всю ширину земляного полотна, на длительное размещение воды с учетом испарения /3/

Метод расчета заключается в сопоставлении удельного (на 1 м дороги) объема воды $Q_п$, поступающей весной в течение 15–20 суток в дренирующий слой, за вычетом количества влаги, испаряющейся за это время через откосы, с объемом воды $Q_д$, которая может разместиться в свободных порах дренирующего слоя без снижения прочности дорожной одежды. Для нормальной работы дренирующего слоя необходимо, чтобы

$$Q_д \geq Q_п .$$

Величины $Q_д$ и $Q_п$ можно определить по следующим формулам:

$$Q_д = n_п \left[F\left(1 - \varphi_{зим}\right) - \left(b + 2a\right)\left(1 - \varphi_к\right) \right] ;$$

$$Q_п = 0{,}001\left(qb - q_и \alpha S_и\right) t_{пр} ,$$

где F – площадь поперечного сечения песчаного слоя, уложенного по всей ширине земляного полотна, м²;

$n_п$ – пористость песка в уплотненном состоянии, доли единицы;

Таблица 1

Среднесуточный расход воды на испарение через песчаную часть откоса земляного полотна в расчетный период, л/сутки на 1 м^2 откоса

Дефицит влажности воздуха, мб	Значение q_u, л/сутки на 1 м^2 откоса, при скорости ветра, м/сек				
	1	2	3	4	5
0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7
1,0	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
1,5	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
2,0	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0
2,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
3,0	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7
3,5	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0
4,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,3
4,5	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6
5,0	2,5	2,9	3,2	3,5	3,9

Примечание. Значения дефицита влажности воздуха и скорости ветра относятся к первому весеннему месяцу. Эти величины устанавливают по материалам гидрометеослужбы, опубликованным в климатических справочниках. Скорость ветра определяют по многолетним среднемесячным данным, а дефицит влажности воздуха - с учетом повторяемости один раз в 20 лет (в сторону снижения по сравнению со среднемноголетней величиной).

$\gamma_{зим}$ - коэффициент заполнения влагой пор в материале дренирующего слоя к началу оттаивания /3/;

$\gamma_к$ - коэффициент заполнения пор капиллярной водой в запасной части песчаного слоя; $\gamma_к$ = 0,7;

b - ширина проезжей части, м;

a - ширина обочины, м;

q – среднесуточный приток воды в песчаный слой, л/сутки на 1 м^2 проезжей части;

q_u – среднесуточный объем влаги, испаряющейся через песчаную часть откосов (табл.1 приложения 1), л/сутки на 1 м^2 откоса;

S_u – протяжение песчаного слоя по откосу земляного полотна, м.

Если $Q_A < Q_n$, толщину дренирующего слоя следует увеличить.

Проверка морозоустойчивости дорожной конструкции при условии $z/H > 1$

Проверку морозоустойчивости дорожной конструкции в этом случае производят следующим образом. Для заданного вида грунта и типа местности по условиям увлажнения назначают (согласно приложению 4 СН 449-72) номер группы грунта по степени пучинистости при замерзании. Затем по точке пересечения (рис.1 приложения 2) кривой для данного вида грунта с ограничительной прямой, соответствующей принятому типу покрытия, находят необходимую общую толщину $z_{1ср}$ слоев из стабильных материалов для средних условий. Средние условия характеризуются следующими параметрами: грунтовые воды выходят на поверхность $H = 0$, $k_{упл} = 0{,}98 \div 1$, $W = 0{,}6\, W_T$. При других исходных данных требуемую по условию обеспечения морозоустойчивости общую толщину дорожной одежды z_1 определяют с учетом ряда факторов, влияющих на морозное пучение грунта, по формуле

$$z_1 = z_{1ср} \cdot k_н \cdot k_п \cdot k_{пр} \cdot k_{ст} \cdot k_в \,, \qquad (1)$$

где $k_н$ – коэффициент, учитывающий глубину залегания горизонта подземных вод (рис.2 приложения 2);

$k_п$ – коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта (табл.1 приложения 2);

$k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания (рис.3 приложения 2);

$k_{ст}$ – коэффициент, учитывающий влияние естественного сложения грунта (для песка равен 1,0; супеси – 1,1; суглинка – 1,2; глины – 1,3);

$k_{б}$ – коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта (табл.2 приложения 2).

Таблица 1

Значение коэффициента $k_{п}$

Коэффициент уплотнения грунта $k_{упл}$	Коэффициент $k_{п}$	
	глина, суглинок, супесь легкая и пылеватая, песок пылеватый	супесь легкая, крупная, песок непылеватый
1,01–1,03	0,8	1,0
1,0–0,98	1,0	1,0
0,97–0,95	1,2	1,1
0,94–0,90	1,3	1,2
Менее 0,90	1,5	1,3

Таблица 2

Значение коэффициента $k_{б}$

Относительная влажность грунта $W/W_т$	$k_{б}$
0,6	1,0
0,7	1,1
0,8	1,2
0,9	1,3

Согласно этому методу, по рис.1 приложения 2 или по формуле (1) определяют толщину дорожной одежды, обеспечивающую морозоустойчивость конструкции; при этом имеется в виду, что нижний слой основания, выполняющий функции морозозащитного слоя, устроен из песка или гравийно-песчаной смеси. Если морозозащитный слой устраивают из материалов, отличающихся от песка по теплофизическим свойствам (цементогрунт, зологрунт, шлак, укрепленный вяжущим, и др.), то толщина такого слоя h' выражается через толщину слоя песка (гравийно-песчаной смеси) $h_{пес}$ следующим образом:

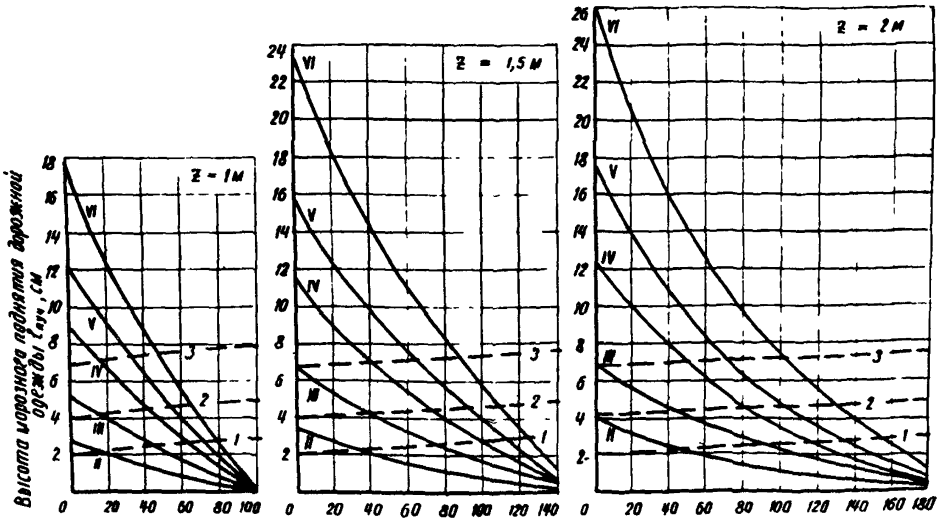


Рис.1. Графики для определения требуемой по условиям обеспечения морозоустойчивости толщины дорожной одежды с морозозащитным слоем из песка (гравийно-песчаной смеси): 1–для цементобетонного покрытия; 2–для усовершенствованных нежестких покрытий; 3–для покрытий переходного типа; II–VI–номер группы грунта по степени пучинистости; Z– глубина промерзания

$$h' = 0{,}9\, h_{пес} \sqrt{\frac{\lambda'}{\lambda_{пес}}},$$

где λ' и $\lambda_{пес}$ – коэффициенты теплопроводности соответственно материала морозозащитного слоя и песка.

Настоящий метод позволяет также рассчитывать возможную величину поднятия поверхности покрытия (деформацию морозного пучения) существующей дорожной конструкции. Величину пучения оценивают с помощью формулы

$$l_{пуч} = l_{пуч.ср} \cdot k_{н} \cdot k_{п} \cdot k_{пр} \cdot k_{ст} \cdot k_{в},$$

где $l_{пуч.ср}$ – расчетная величина морозного поднятия покрытия для средних условий, определяемая по данным табл.1 и рис.1 приложения 2, при известной толщине морозозащитного слоя.

Примеры расчета

Пример 1. Необходимо определить толщину морозозащитного слоя дороги с асфальтобетонным покрытием при следующих исходных данных: местность 3-го типа по условиям увлажнения, грунт – тяжелый пылеватый суглинок, расстояние от поверхности проектируемого покрытия до уровня грунтовых вод – 1,0 м; коэффициент уплотнения грунта – $k_{упл} = 0{,}96$, влажность грунта – 0,8 $W_т$; глубина промерзания $z = 1{,}5$ м.

Согласно классификации грунтов по степени пучинистости (СН 449-72), данный грунт в условиях 3-го типа местности относится к У группе. По рис.1 приложения 2 установили, что $z_{l.ср} = 90$ см; по рис. 2 приложения 2 нашли $k_{н} = 0{,}8$; по табл.1 приложения 2 $k_{п} = 1{,}2$; по рис.3 приложения 2 $k_{пр} = 1{,}0$; $k_{ст} = 1{,}2$ и по табл.2 приложения 2 $k_{в} = 1{,}2$.

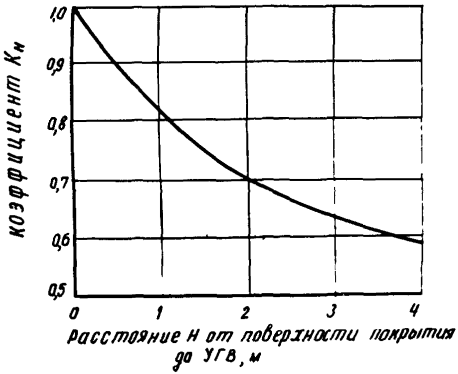


Рис.2. Значение коэффициента $K_н$

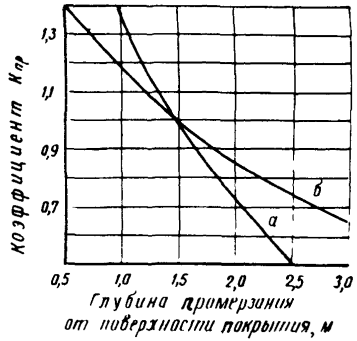


Рис.3. Значение коэффициента $K_{пр}$: а–связный грунт; б–несвязный грунт

Тогда

$$Z_f = 80 \times 0{,}8 \times 1{,}2 \times 1{,}0 \times 1{,}2 \times 1{,}2 = 125 \text{ см}.$$

Для уменьшения толщины Z_f дорожной одежды, требуемой по условию обеспечения морозоустойчивости, можно предусмотреть следующие мероприятия.

1. Очень пучинистый грунт земляного полотна заменяют менее пучинистым, например легкой супесью (IУ группа по степени пучинистости). Тогда

$$Z_f = 65 \times 0{,}8 \times 1 \times 1 \times 0{,}1 \times 1 \times 1{,}2 = 75 \text{ см},$$

т.е. при обычной, требуемой по условиям прочности, толщине дорожной одежды будет обеспечена и ее морозоустойчивость.

2. Понижают уровень грунтовых вод, например до $H = 2$ м. В этом случае $K_H = 0{,}6$ и

$$Z_f = 80 \times 0{,}6 \times 1{,}2 \times 1{,}0 \times 1{,}2 \times 1{,}2 = 80 \text{ см}.$$

Пример 2. В условиях, аналогичных приведенным в примере 1, требуется оценить деформацию морозного поднятия покрытия, если толщина дорожной одежды составляет 60 см.

По рис.1 приложения 2 для данного грунта (У группа по степени пучинистости) $l_{пуч.ср} = 7{,}5$ см.

Искомая деформация морозного пучения составит:

$$l_{пуч} = 7{,}5 \times 0{,}8 \times 1{,}2 \times 1{,}0 \times 1{,}2 \times 1{,}2 = 10{,}3 \text{ см}.$$

Полученная величина морозного пучения значительно превышает допустимую (4 см), вследствие чего можно ожидать разрушения покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по совершенствова - нию методов проектирования дорожных конструкций с основаниями из укрепленных грунтов и материалов. Союздорнии. М., 1972.

2. Методические рекомендации по укреплению верхней части земляного полотна. Союздорнии. М., 1977.

3. Методические рекомендации по осушению земляного полотна и оснований дорожных одежд в районах избыточного увлажнения и сезонного промерзания грунтов. Союздорнии. М., 1974.

4. Методические рекомендации по проектированию и устройству теплоизолирующих слоев на пучиноопасных участках автомобильных дорог. Союздорнии. М., 1976.

5. Методические рекомендации по проектированию и устройству на автомобильных дорогах конструктивных теплоизолирующих слоев из цементогрунтов с пористыми заполнителями. Союздорнии. М., 1978.

6. Рекомендации по укреплению обочин автомобильных дорог. Гипродорнии Минавтодора РСФСР. М.,1975.

gost.e-ecolog.ru