МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ОСНОВАНИЯМИ ИЗ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ И МАТЕРИАЛОВ

Москва 1977

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ОСНОВАНИЯМИ ИЗ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ И МАТЕРИАЛОВ

Одобрены Минтрансстроем

Москва 1977

УДК 625.731:624.138.23:625.72

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ОСНОВАНИЯМИ ИЗ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ И МАТЕРИАЛОВ. Союздорнии. М., 1977.

Приводится уточненный метод расчета дорожных одежд с основаниями из укрепленных грунтов и материалов по действующей расчетной схеме. Рассматривается новая расчетная схема для проектирования оснований из укрепленных грунтов и материалов, позволяющая более полно учитывать фактические условия работы материала в конструктивных слоях, а также использовать в качестве расчетных характеристики материалов, получаемые при лабораторных (полевых) испытаниях.

Использованы изобретения, защищенные авторскими свидетельствами № 361389, 429261, 445910, 449300, 481661.

Рис. 5, табл. 6.

© Союздорнии, 1977 г.

УДК 625.731:624.138.23:625.72

Предисловие

"Методические рекомендации по совершенствованию методов проектирования дорожных одежд с основаниями из укрепленных грунтов и материалов" разработаны на основе исследований Ленинградского филиала Союздорнии при участии Союздорнии и его Казахского, Среднеазиатского и Омского филиалов, а также Госдорнии Минавтошосдора УССР. Кроме того, использованы результаты широкого опытного строительства, проведенного совместно с трестами "Севзападдорстрой","Латавтодормост" Минавтошосдора ЛатССР, управлениями "Ленавтодор" и "Вологдаавтодор" Минавтодора РСФСР и др.

Настоящие "Методические рекомендации" разработаны с целью уточнить действующий метод проектирования дорожных одежд в части расчетных параметров укрепленных грунтов и материалов. Кроме того, в "Методических рекомендациях" приведена новая расчетная схема для проектирования дорожных одежд с конструктивными слоями из укрепленных грунтов и материалов, более полно учитывающая реальные условия работы данного материала и позволяющая применять расчетные характеристики материалов, получаемые при лабораторных (полевых) испытаниях. Предлагаемый метод рекомендуется применять при проектировании отдельных объектов в целях его широкой проверки.

При разработке "Методических рекомендаций" использованы изобретения, защищенные авторскими свидетельствами № 361389, 429261, 445910, 449300,481661.

"Методические рекомендации" разработали кандидаты технических наук П.П.Теляев и Ю.М.Васильев при участии кандидатов технических наук М.А.Железнико-

ва, М.Г.Мельниковой, инженеров И.И.Зактрегера, В.А.Мазурова, Е.И.Масленковой, Т.Е.Полтарауовой (Ленинградский филиал Союздорнии). При этом были также использованы материалы исследований, проведенных кандидатами технических наук Л.А.Марковым (Союздорнии), Ю.В.Бутлицким (Среднеазиатский филиал Союздорнии); Ю.Н.Никольским (Омский филиал Союздорнии); А.Ф.Котвицким (Казахский филиал Союздорнии); Б.С.Радовским (Госдорнии) и инж. Е.Л.Дмитриевым (Союздорнии).

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

I. Общие положения

1.1. Цементогрунты и аналогичные им по свойствам грунты и местные каменные материалы, укрепленные другими различными вяжущими, благодаря эксплуатационным качествам практически можно использовать для устройства оснований и морозозащитных слоев в дорожных одеждах на всей территории СССР. Применение таких материалов в конструкциях дорожных одежд дает экономический эффект, заключающийся в снижении строительных затрат по сравнению с затратами на традиционные основания из зернистых материалов в среднем на 15–30%. Экономия обеспечивается за счет использования более дешевых местных материалов взамен привозных и, кроме того, за счет уменьшения общей толщины дорожной одежды в результате снижения расчетной влажности грунта земляного полотна под конструкциями из плотных материалов. При этом обеспечиваются более высокие транспортно-эксплуатационные качества покрытия и прежде всего длительное сохранение его ровности.

1.2. Настоящие "Методические рекомендации" дополняют существующую методику проектирования дорожных одежд в части расширения номенклатуры укрепленных грунтов и материалов, значений расчетных характеристик, коэффициентов перехода от характеристик, установленных в лабораторных условиях, к их расчетным значениям.

1.3. Предлагаемая новая расчетная схема более полно учитывает фактические условия работы материала в конструктивном слое и позволяет использовать в качестве расчетных характеристики материалов, полученные при испытаниях в лабораторных (полевых) условиях.

1.4. Настоящие "Методические рекомендации" до-

полняют методы проектирования дорожных конструкций, изложенные в "Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа" ВСН 46-72 и "Инструкции по применению грунтов, укрепленных вяжущими материалами, для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов" СН 25-74.

2. Конструирование дорожных одежд со слоями из укрепленных грунтов и материалов

2.1. Тип конструкции дорожной одежды выбирают в зависимости от состава и интенсивности перспективного автомобильного движения, грунтово-гидрологических и климатических условий, а также в зависимости от обеспеченности района строительства дороги дорожно-строительными материалами.

2.2. Укрепленные неорганическими вяжущими грунты и материалы применяют при устройстве:

покрытий облегченного и переходного типов;

верхних и нижних слоев оснований;

морозозащитных слоев;

верхней части земляного полотна.

2.3. Покрытия облегченного и переходного типов устраивают из каменных материалов и грунтов, укрепленных комплексными вяжущими [x)] и другими вяжущими с последующей двойной (одиночной) поверхностной обработкой или устройством тонкослойного асфальтобетонного покрытия в III-У дорожно-климатических зонах на дорогах III-У категорий (во II зоне на дорогах IУ-У категорий) при интенсивности движения до 500 авт/сутки на одну полосу. Такой тип покрытия ре-

---

x) Комплексные вяжущие: цемент+битумная эмульсия, цемент+полимерные вяжущие, цемент+гранулированные шлаки или активные золы уносы.

комендуется также для устройства дорожной одежды в местах длительного воздействия статической нагрузки (площадки отдыха, места стоянки транспортных средств, покрытия обочин дорог и т.д.).

Прочность укрепленного материала должна соответствовать 1-II классу по СН 25-74.

2.4. Для устройства верхних слоев основания в условиях II-У дорожно-климатических зон на дорогах всех категорий, независимо от интенсивности движения, допускается использовать гравийные и щебеночные материалы, а также песчаные и супесчаные грунты, укрепленные неорганическими вяжущими.

Прочность укрепленного материала или грунта должна соответствовать 1 классу.

Такие материалы из-за повышенной жесткости склонны к трещинообразованию. Для предотвращения этого явления целесообразно грунты и материалы укреплять комплексными вяжущими.

К материалам, обладающим повышенной деформативной способностью, могут быть отнесены грунты, укрепленные полимерными вяжущими, и грунты, укрепленные активными золами уноса с добавками хлористого кальция.

Во избежание появления трещин на покрытии рекомендуется над слоем укрепленного грунта или материала устраивать слои из асфальтобетонных смесей общей толщиной не менее: 16 см - для дорог 1 категории; 14 см - для II категории; 12-10 см - для III-У категорий; 8-6 см - для дорог с легковосстанавливаемыми покрытиями из щебеночных или гравийных материалов, обработанных битумом.

Примечание. При основаниях из укрепленных материалов с повышенной деформативной способностью минимальная толщина слоев из асфальтобетона может быть снижена на 20-30%.

2.5. Для уменьшения проникания поверхностной влаги в земляное полотно целесообразно слой из укрепленных материалов и грунтов укладывать на 1 м шире вышележащего слоя.

2.6. Для устройства нижних слоев основания под одежды нежесткого типа и основания под цементобетонные покрытия допускается использовать обработанные различными неорганическими и комплексными вяжущими грунты практически всех видов и местные каменные материалы.

Укрепленный материал должен обладать прочностью, соответствующей II классу. В отдельных случаях допускается на дорогах IУ-У категорий укладывать в нижние слои оснований укрепленные грунты III класса прочности.

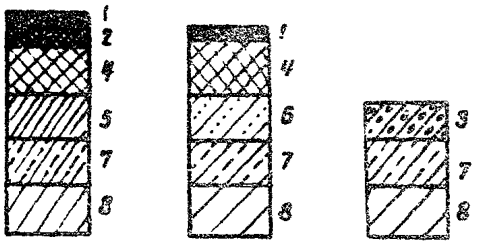
Основания такого типа можно применять во всех дорожно-климатических зонах СССР на дорогах всех категорий, независимо от состава и интенсивности перспективного движения.

2.7. При неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях устраивают морозозащитный слой. Для этого слоя, наряду с необработанными зернистыми материалами (гравий, песок и т.д.), можно использовать укрепленные неорганическими вяжущими грунты в основном II-III классов прочности.

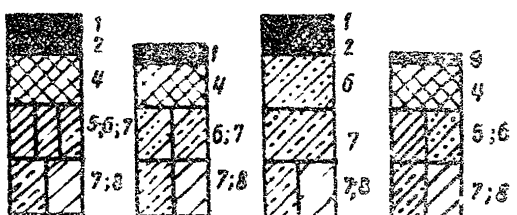
2.8. Для повышения качества земляного полотна в тех случаях, когда расчетная влажность грунта превышает 0,7 $W_т$, его верхнюю часть целесообразно устраивать из грунтов, укрепленных малыми добавками вяжущего (извести, цемента, активных зол уноса, гранулированного шлака и т.д.). Прочность таких грунтов должна быть 5-15 кгс/см^2, а коэффициент морозостойкости - не менее 0,5-0,6.

2.9. Для укрепления необходимо выбирать такие материалы и грунты, которые потребуют наименьшего расхода вяжущих и в то же время обеспечат достаточ-

II (I) категория дороги



III категория



IУ–У категория

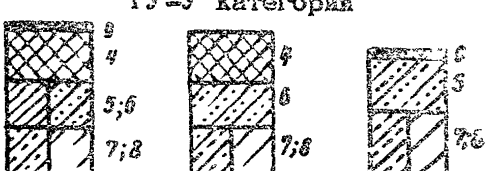


Рис.1. Рекомендуемые слои дорожных одежд с основаниями из укрепленных грунтов и материалов

Покрытие: 1-2 – асфальтобетон 1-2 марки; 3 – цементобетон; 4 – асфальтобетон (3–4 марки или черный щебень); 9 – поверхностная обработка.

Основание: 5 – грунты и материалы, укрепленные цементом (1 класс прочности); 6 – грунт или материал, укрепленный комплексным вяжущим типа: цемент + битумная эмульсия, цемент+полимерные вяжущие, цемент+гранулированные шлаки или золы уносы или грунт, укрепленный полимерным вяжущим, активными золами уноса (1 класс прочности); 7 – цементогрунт и грунты, укрепленные комплексным вяжущим типа: цемент, цемент с добавками извести, битумной эмульсии, зол, шлаков, шламов и т.п., а также грунт, укрепленный фосфатным вяжущим, активными золами уноса, полимерным вяжущим (II класс прочности).

Морозозащитный слой: 8 – укрепленные грунты II–III классов прочности

ную прочность и морозостойкость укрепленного материала. В частности, не рекомендуется укреплять только цементом мелкие однородные пески, поскольку в этом случае требуется значительное количество вяжущего. Подобные грунты следует предварительно улучшать гранулометрическими добавками или применять для их укрепления вяжущие типа зол уноса, зол уноса с добавками извести, цемента и т.п.

Для укрепления сильнозасоленных и загипсованных грунтов наиболее эффективны комплексные вяжущие. Слабо- и среднезасоленные грунты можно укреплять вяжущим одного какого-либо вида (цементом, известью и т.д.).

2.10. Рекомендуемые слои дорожных одежд с основаниями из грунтов и материалов, обработанных неорганическими и комплексными вяжущими, приведены на рисунке. При этом: необходимость устройства нижнего слоя основания или морозозащитного слоя определяется расчетом дорожной одежды на прочность и морозоустойчивость; нижний слой основания или морозозащитный слой может быть устроен и из зернистых материалов, отвечающих требованиям СНиП; при переувлажненных или неустойчивых грунтах земляного полотна может быть предусмотрена обработка его верхнего слоя на глубину 10–20 см негашеной известью или другими вяжущими материалами.

3. Расчет дорожных одежд с основаниями из укрепленных грунтов и материалов по действующему методу

3.1. Дорожные одежды, имеющие капитальные, усовершенствованные облегченные покрытия нежесткого типа и содержащие в основании слои из укрепленных грунтов и материалов, следует рассчитывать по ВСН 46–72 на основе трех критериев прочности: сдви-

га, растяжения при изгибе и упругого прогиба, с учетом дополнений (пп.3.2-3.6).

3.2. При расчете на морозоустойчивость дорожных конструкций, включающих морозозащитные слои из укрепленных цементом грунтов, определенную расчетом толщину морозозащитного слоя меньше 30 см следует уменьшить на 20%, а при толщине слоя больше 30 см - на 25-30%. При расчете должны быть учтены и теплофизические свойства укрепленных грунтов.

3.3. При назначении расчетной влажности грунта земляного полотна под дорожными одеждами, все слои которых сооружены из обработанных вяжущими грунтов и материалов, для 1-го и 2-го типов местности по условиям увлажнения значения расчетной относительной влажности грунта, рекомендуемые ВСН 46-72, следует уменьшить на 0,10 $W_т$. В случае, если из укрепленного грунта устраивают только нижний слой основания или морозозащитный слой, лежащий непосредственно на земляном полотне, расчетную влажность уменьшают на 0,05 $W_т$ по сравнению с рекомендуемой ВСН 46-72. Для условий IУ-У дорожно-климатических зон расчетная влажность может быть уменьшена на 0,15 $W_т$.

Для 3-го типа местности в случае устройства земляного полотна из грунтов 1-1У групп по степени их пучинистости при промерзании (СН 449-72, приложение 4) расчетная влажность грунта также может быть снижена на 0,05 $W_т$ по сравнению с рекомендуемой ВСН 46-72 при проектировании оснований и морозозащитных слоев из укрепленных грунтов или материалов.

Данные рекомендации справедливы для случая, если при сооружении земляного полотна учтены требования СНиП и ВСН 46-72.

Пример. Необходимо определить расчетную влажность пылеватого суглинистого грунта земляного полотна под дорожной одеждой, все слои основания которой устраивают из укрепленных цементом матери-

Таблица 1

Грунт или материал	Класс прочности по СН 25-74	Количество цемента, %	Расчетный модуль упругости E_y, кгс/см²	Сопротивление растяжению при изгибе R_p, кгс/см²
Подобранные щебеночные и гравийные смеси оптимального или близкого к оптимальному состава	1	4	4000	2,5
	1	6	6000	4,0
	1	8	8000	5,0
Малопрочные каменные материалы, отходы камнедробления	II	4	2000	1,5
	1	6	3500	2,5
	1	8	4500	3,2
	1	10	5500	4,0
Гравийно-песчаные смеси; крупнообломочные грунты; гравелистые, крупные и среднезернистые пески	III	4	1800	1,5
	II	6	3000	2,5
	1	8	4000	3,2
	1	10	5000	4,0
	1	12	6000	5,0
Легкие супеси, пески мелкие (кроме одномерных) и пылеватые	III	4	2000	1,0
	III	6	3000	1,5
	II	8	4000	2,0
	III	10	5000	2,5
	1	12	6000	3,0
	1	14	7000	3,5
Супеси пылеватые, суглинки	III	4	1500	0,8
	III	6	2000	1,2
	II	8	2500	1,6
	II	10	3000	2,0
	1	12	3500	2,5
	1	14	4000	3,0

Примечания: 1. Грунты и материалы укрепляли в основном портландцементом марки "400".

2. Для материалов повышенной деформативной 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%.

Таблица 2

Грунт или материал	Количество золы уноса, %	Расчетный модуль упругости E_y, кгс/см^2	Расчетное сопротивление растяжению при изгибе R_u, кгс/см^2
Крупнообломочные грунты, гравийно-песчаные смеси, гравелистые и крупные пески	15–20	3000–4000	2,0
	20–30	4000–6000	4,0
Пески, супеси	15–20	2000–3500	2,0
	20–30	3500–5000	3,5
Пески и супеси пылеватые, суглинки	10–20	2000–3000	1,5
	20–30	3000–4000	3,0

Примечания: 1. При добавлении в зологрунт цемента, извести или электролитов значения расчетных характеристик повышают на 15–20%.

2. Расчетные параметры зологрунтов являются в определенной мере ориентировочными, так как они значительно зависят от свойств и вида самого зольного вяжущего.

Таблица 3

Укрепляемый материал	Переходный коэффициент K	
	E_y	R_u
Подобранные щебеночные и гравийные смеси	0,10	0,20
Малопрочные каменные материалы, отходы камнедробления в смеси с супесью или песком	0,08	0,20
Легкие супеси, разнозернистые пески	0,05	0,25
Пылеватые супеси и суглинки	0,04	0,20

Примечание. Коэффициенты получены в основном для грунтов, укрепленных портландцементом марок "300" и "400". При применении других вяжущих переходные коэффициенты могут быть приняты лишь временно, до накопления достаточного количества данных, позволяющих уточнить их.

лов и грунтов, во II дорожно-климатической зоне при 2-м типе местности по условиям увлажнения. Согласно табл. 1 приложения 2 ВСН 46-72 расчетная относительная влажность составляет 0,85 $W_т$. В соответствии с п.3.3 расчетная относительная влажность может быть принята 0,75 $W_т$.

3.4. Расчетные характеристики грунтов и материалов, укрепленных неорганическими вяжущими, уточненные и дифференцированные на основе обобщения результатов последних испытаний, приведены в табл.1 и 2.

3.5. При малых добавках вяжущих в грунт земляного полотна значения его расчетных характеристик могут быть увеличены по сравнению с рекомендуемыми ВСН 46-72 на 20-30%.

3.6. При расчете конструкций по действующему методу ориентировочные значения расчетных характеристик грунтов и материалов, укрепленных неорганическими вяжущими, можно получить умножением значений характеристик, определяемых по результатам лабораторных испытаний, на переходные коэффициенты K' (табл.3).

3.7. Для материалов повышенной деформационной способности, т.е. для грунтов, укрепленных комплексными вяжущими (цемент+битумная эмульсия; цемент + + гранулированные шлаки или активные золы уноса; цемент+полимерные вяжущие), значения расчетных характеристик могут быть увеличены на 10-15% по сравнению со значениями, установленными по результатам лабораторных испытаний аналогичных цементогрунтов в соответствии с требованиями п.3.6.

4. Расчет дорожных одежд с основаниями из укрепленных грунтов и материалов по новой расчетной схеме

4.1. При расчете монолитных слоев основания на изгиб по принятой в настоящее время расчетной схеме

исходят из предпосылки, что рассчитываемый слой не имеет нарушений сплошности. В действительности же в слоях основания из укрепленных грунтов и материалов всегда возникают трещины, имеющие различную природу (усадочные, температурные, трещины, развивающиеся при деформации земляного полотна и др.). Трещины в значительной мере снижают распределяющую способность монолитного слоя, приводят к совершенно иному, чем это предполагается расчетной схемой, распределению напряжений в конструкции. Чтобы учесть это обстоятельство, в расчет по действующей схеме приходится вводить условные (примерно на порядок более низкие, чем получаемые при испытаниях материалов в лаборатории) значения модуля упругости и сопротивления растяжению при изгибе (табл.3).

В связи с некоторой условностью действующей расчетной схемы и затруднениями в назначении расчетных характеристик целесообразно перейти к расчетам слоев оснований из укрепленных материалов на изгиб по новой расчетной схеме, более полно учитывающей фактические условия работы материалов в конструкции. Преимуществом новой расчетной схемы является возможность использовать в качестве расчетных характеристики, получаемые непосредственно при лабораторных испытаниях материалов. При расчетах лишь вводятся понижающие коэффициенты $K_{сны}$, учитывающие усталостные явления в материалах и влияние технологических факторов.

4.2. По новой расчетной схеме[x] принята такая последовательность расчетов. Сначала намечают толщины конструктивных слоев дорожной одежды.

---

[x] Методика расчета и номограммы разработаны М.А. Железниковым применительно к расчету дорожных одежд с цементобетонными покрытиями.

Расчетные характеристики всех материалов, кроме укрепленных неорганическими вяжущими, назначают по ВСН 46-72. Модули упругости E_y и прочностные характеристики R_u укрепленных неорганическими вяжущими материалов и грунтов можно назначать по табл.4 и 5 или определять по результатам лабораторных испытаний с введением коэффициентов:

$K_{сниж} = 0{,}5$ – для зернистых материалов, песков, крупных супесей;

$K_{сниж} = 0{,}35$ – для пылеватых супесей, суглинков.

Таблица 4

Грунт или материал	Расчетные характеристики	Значения расчетных характеристик, кгс/см², в зависимости от количества цемента, % от массы грунта				
		4	6	8	10	12
Подобранные щебеночные и гравийные смеси	E_y	20000	28000	37000	47000	55000
	R_u	6,5	10	12	12,5	15
Каменные материалы, отходы камнедробления, обломочные грунты, пески	E_y	20000	28000	37000	47000	55000
	R_u	4	6	8	10	12
Легкие супеси, пески пылеватые	E_y	12000	17000	22000	27000	32000
	R_u	2	3	4	5	6,5
Супеси пылеватые, суглинки	E_y	8500	12000	15500	19000	22000
	R_u	1,5	2	2,8	3,5	4,2

При назначении расчетных характеристик грунта земляного полотна учитывают рекомендации п.3.3.

Для материалов повышенной деформационной способ-

ности, т.е. укрепленных комплексными вяжущими расчетные характеристики могут быть повышены на 10-15% по сравнению с расчетными характеристиками по табл.4 или установленных по результатам лабораторных испытаний аналогичных цементогрунтов с учетом коэффициентов $K_{сниж}$.

Таблица 5

Грунт или материал	Количество золы уноса, % от массы грунта	E_y, кгс/см^2	R_u, кгс/см^2
Крупнообломочные грунты, гравийно-песчаные смеси, гравелистые и крупные пески	15-20	30000-40000	5
	20-30	40000-60000	10
Пески, супеси	15-20	20000-30000	5
	20-30	35000-50000	9
Пылеватые пески и супеси, суглинки	10-20	20000-30000	4
	20-30	30000-40000	7,5

Примечание. Добавка в зологрунт цемента, извести или электролита повышает расчетные характеристики на 15-20%.

4.3. Проектируемую конструкцию приводят к трехслойной системе (рис.2); при этом общий модуль упругости E_3 подстилающего монолитный слой полупространства определяют по ВСН 46-72. Если покрытие многослойное, то его модуль упругости E_1 определяют как средневзвешенный.

4.4. Рассчитывают слой из укрепленных материалов на растяжение при изгибе.

Для этого сначала определяют эквивалентную упругую характеристику $L_{экв}$ двухслойной плиты (покрытие+основание из монолитного материала) по формуле

$$l_{экв} = \sqrt[3]{\frac{\lambda_c}{6} \cdot \frac{E_2}{E_3} \cdot h_2^3 \left(1 - \mu_3^2\right)}, \qquad (1)$$

где λ_c – параметр приведения, определяемый по номограмме рис.3;

μ_3 – коэффициент Пуассона полупространства, принимаемый равным 0,3.

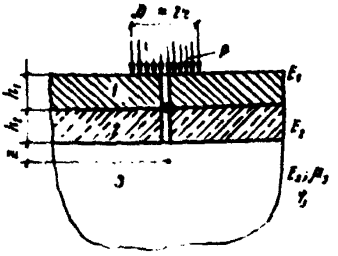


Рис. 2. Расчетная схема с шарниром в трещине двухслойной плиты:
1 – покрытие; 2 – слои из укрепленных грунтов и материалов; 3 – подстилающее монолитный слой полупространство (грунт или грунт + слой зернистого материала)

Затем находят действующее в монолитном слое из укрепленного материала напряжение растяжения при изгибе по формуле

$$\sigma = \frac{6PM}{\lambda_c h_2^2}\left(1 + 1 - \frac{1-\eta}{\eta + \frac{1}{\alpha}}\right), \qquad (2)$$

где P – расчетная нагрузка на колесо, кгс,

$$P = p \cdot \frac{\pi D^2}{4};$$

M – безразмерный изгибающий момент, определяемый по номограмме рис.4.

Действующее напряжение σ_u сопоставляют с заданным допускаемым растягивающим напряжением при изгибе для нижнего слоя монолитной плиты R_u и определяют коэффициент прочности по изгибу

$$K_u = \frac{R_u}{\sigma_u}. \qquad (3)$$

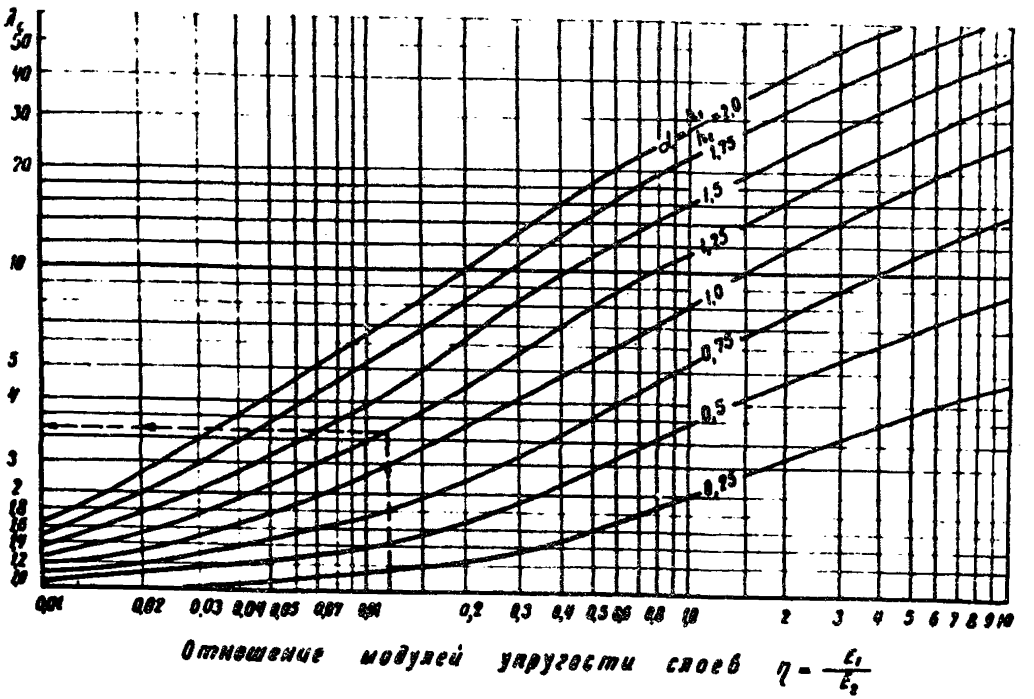


Рис. 3. Номограмма для определения λ_c

Коэффициент $K_и$ должен быть не менее 0,95.

4.5. Проверяют прочность конструкции по условию недопустимости сдвига в подстилающем плиту полупространстве

$$\tau_{а.м} + \tau_{а.в} \leq \tau_{доп}, \quad (4)$$

где $\tau_{а.м}$ – максимальное активное напряжение сдвига от временной расчетной нагрузки в полупространстве;

$\tau_{а.в}$ – то же от собственной массы дорожной одежды (определяется по рис. 10 ВСН 46-72);

$\tau_{доп}$ допускаемое напряжение сдвига в зернистом слое, подстилающем монолитный слой, или в грунте земляного полотна.

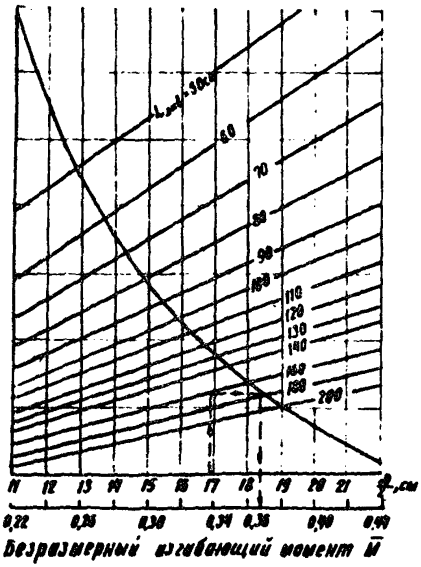


Рис. 4. Номограмма для определения безразмерного изгибающего момента в монолитном слое

Активное напряжение сдвига $\tau_{а.м}$ определяют по номограмме рис. 5, предварительно вычислив $\frac{p}{\alpha^2_{п.в}}$.

Устойчивость на сдвиг полупространства надлежит проверять в слое из зернистого (но не щебеночного) материала и в грунте. Напряжение сдвига в песчаном или

гравийном подстилающем слое определяют на глубине $Z = 5$ см от низа монолитной плиты. Напряжение $\tau_{a.м}$

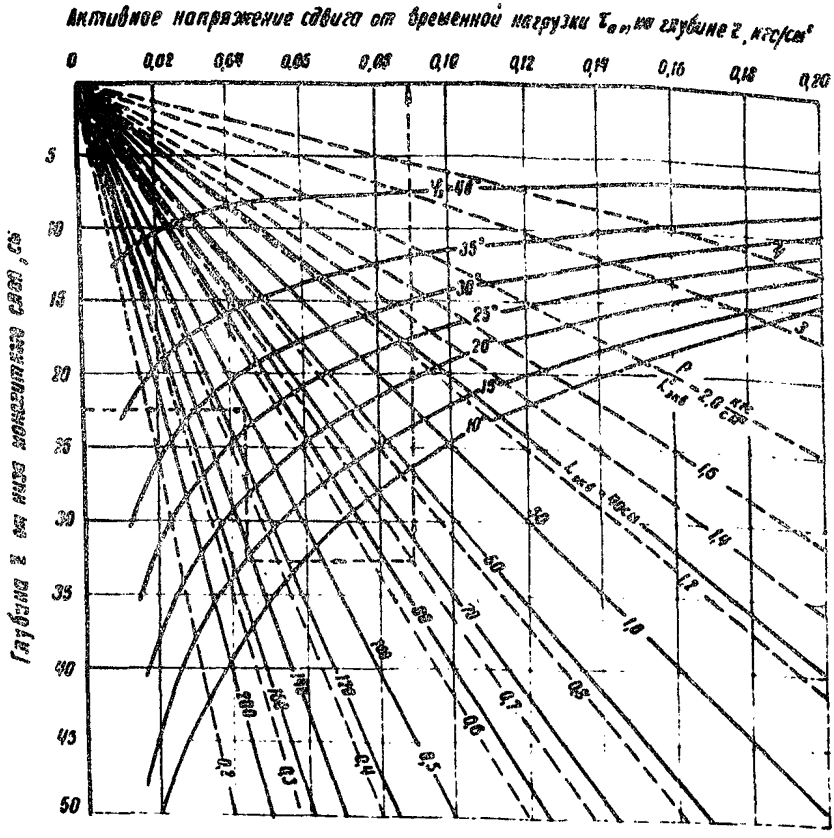


Рис. 5. Номограмма для определения напряжений сдвига в слое из зернистого материала или в грунте, имеющих угол внутреннего трения φ_3. Сплошные линии – $L_{зив}$ пунктирные $\frac{e}{L_{зив}^{1}}$

в грунте земляного полотна находят по номограмме для $Z = 5$ см в случае отсутствия зернистого подсти-

лающего слоя или для глубины z, равной толщине этого слоя, если он имеется в конструкции.

Допускаемое напряжение сдвига в слое вычисляют по формуле

$$\tau_{доп} = K_к C, \qquad (5)$$

где $K_к = 1$ при расчетной интенсивности движения $N \leq 1000$ расч.авт/сутки на полосу;

$K_к = 0{,}85$ при $N > 1000$ расч.авт/сутки на полосу;

C -сила сцепления в зернистом слое или в грунте, кгс/см^2.

Вычисляемый коэффициент прочности по сдвигу в зернистом слое и в грунте

$$K_{сдв} = \frac{\tau_{доп}}{\tau_{а.м} + \tau_{а.в}} \qquad (6)$$

должен быть не менее 0,95.

4.6. Конструкцию дорожной одежды рассчитывают по упругому прогибу.

Общий модуль упругости дорожной одежды, определяемый по формуле

$$E_{общ} = 1{,}24 \frac{h_2}{D} \sqrt[3]{\lambda_c E_2 E_3 (1 - \mu_3^2)}, \qquad (7)$$

сопоставляют с требуемым по ВСН 46-72 модулем упругости. Далее определяют коэффициент прочности по упругому прогибу

$$K_{упр} = \frac{E_{общ}}{E_{тр}} \geq 0{,}95. \qquad (8)$$

4.7 Конструкция должна быть проверена на морозоустойчивость (см.п.3.2).

4.8. Расчет дорожной одежды считается законченным, когда один из коэффициентов прочности равен 0,95, а остальные превышают 0,95.

Оглавление

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие положения	5
2. Конструирование дорожных одежд со слоями из укрепленных грунтов и материалов	6
3. Расчет дорожных одежд с основаниями из укрепленных грунтов и материалов по действующему методу	10
4. Расчет дорожных одежд с основаниями из укрепленных грунтов и материалов по новой расчетной схеме . . .	14

Редактор О.А.Ильина
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор И.А.Рубцова

Подписано к печати 18/1 1977г. Формат 60x84/16
Л 114231
Заказ 58-7 Тираж 850 1,5 уч.-изд.л. Цена 12 коп.
1,5 печ.л.

Ротапринт Союздорнии

gost.e-ecolog.ru