

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

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 ОСНОВА-  
НИЯМИ ИЗ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ И МАТЕРИАЛОВ. Союз-  
дорни. 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 № 381389, 429281, 445910, 449300, 481661.

Рис. 5, табл. 6.

© Союздорни, 1977г.

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 "Севзапдорстрой", "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 конструкциями 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 Н.Н.Теляев и Ю.М.Васильев при участии кандидатов технических наук М.А.Железнико-

ва, М.Г.Мельниковой, инженеров И.И.Зактраге-  
ра, В.А.Мазурова, Е.И.Масленковой, Т.Е.Полтарановой  
(Ленинградский филиал Союздорнии). При этом были  
также использованы материалы исследований, проведенных  
кандидатами технических наук Л.А.Марковым (Со-  
юздорни), Ю.В.Бутлицким (Среднеазиатский филиал  
Союздорни); Ю.Н.Никольским (Омский филиал Союз-  
дорни); А.Ф.Котвицким (Казахский филиал Союздор-  
ни); Б.С.Радовским (Госдорни) и инж. Е.Л.Дмитрие-  
вым (Союздорни).

Замечания и предложения просьба направлять по ад-  
ресу: 142900 Московская обл., Балашиха-8, Союздорни  
или 191065 г. Ленинград, ул.Герцена, 19, Ленинградский  
филиал Союздорни.

## 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<sup>x)</sup> 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 1У-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 I-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 I 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 золями 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: 18 см - для дорог I категории; 14 см - для II категории; 12-10 см - для III-У категорий; 8-6 см - для дорог с легковосстановляемыми 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 1У-У категорий укладывать в нижние слои оснований укрепленные грунты III класса прочности.

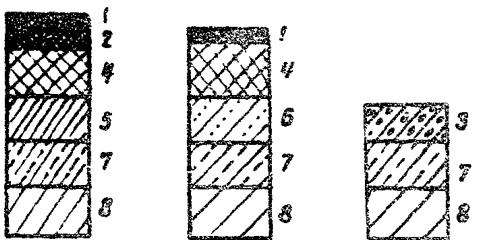
Основания такого типа можно применять во всех дорожно-климатических зонах СССР на дорогах всех категорий, независимо от состава и интенсивности перспективного движения.

**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.

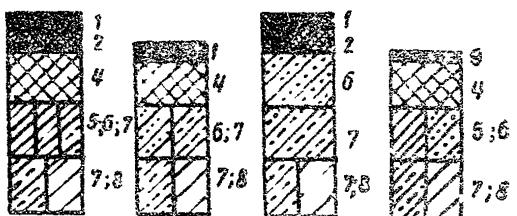
**2.8.** Для повышения качества земляного полотна в тех случаях, когда расчетная влажность грунта превышает  $0,7 W_t$ , его верхнюю часть целесообразно устраивать из грунтов, укрепленных малыми добавками вяжущего (извести, цемента, активных зол уноса, гранулированного шлака и т.д.). Прочность таких грунтов должна быть  $5-15 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , 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 (1) категория дороги



### III категория



### 1У-У категория

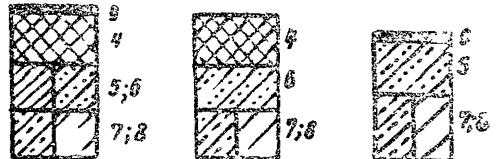


Рис. 1. Рекомендуемые слои дорожных одежд с основаниями из укрепленных грунтов и материалов

Покрытие: 1-2 - асфальтобетон I-II марки; 3 - щебеночный бетон; 4 - асфальтобетон (3-4 марки или черный щебень); 8 - поверхностная обработка.

Основание: 5 - грунты и материалы, укрепленные цементом (I класс прочности); 6 - грунты или материалы, укрепленные комплексным вяжущим типа: цемент + бетумная эмульсия, цемент+полимерные вяжущие, цемент+гравийллювиальные шлаки или соли уносимые грунты, укрепленные полимерным вяжущим, активизированные золами углес (I класс прочности); 7 - цементо-грунты и грунты, укрепленные комплексным вяжущим типа: цемент, цемент с добавками известняка, бетумной эмульсии, золы, шлаков, глинозема и т.д., а также грунты, укрепленные фосфатными вяжущими, активизированные золями уноса, полимерными вяжущими (II класс прочности).

Морозостойкий слой: 8 - укрепленные грунты II-II класса с прочностью

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

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 способы 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 слой 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 грунтами и материалов, для 1-го и 2-го типов местности по условиям увлажнения значения расчетной относительной влажности грунта, рекомендуемые ВСН 48-72, следует уменьшить на 0,10  $W_t$ . 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  $W_t$  по сравнению с рекомендуемой ВСН 48-72. Для условий 1У-У дорожно-климатических зон расчетная влажность может быть уменьшена на 0,15  $W_t$ .

Для 3-го типа местности в случае устройства земляного полотна из грунтов 1-1У групп по степени излучинистости при промерзании (СН 449-72, приложение 4) расчетная влажность грунта также может быть снижена на 0,05  $W_t$  по сравнению с рекомендуемой ВСН 48-72 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 48-72.

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

Таблица 1

Грунт или материал	Класс прочности по СН 25-74	Количество цемента, %	Расчетный модуль упругости $E_y$ , кгс/см <sup>2</sup>	Сопротивление разрыву при изгибе $F_c$ , кгс/см <sup>2</sup>
Подобранные щебеночные и гравийные смеси оптимального или близкого к оптимальному состава	I	4	4000 8000 8000	2,5 4,0 5,0
Малопрочные каменные материалы, отходы камнедробления	II	4	2000 3500 4500 5500	1,5 2,5 3,2 4,0
Гравийно-песчаные смеси; крупносбломочные грунты; гравелистые, крупные и среднезернистые пески	III	4	1800	1,5
	II	6	3000	2,5
	I	8	4000	3,2
	I	10	5000	4,0
	I	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
	I	12	6000	3,0
	I	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
	I	12	3500	2,5
	I	14	4000	3,0

П р и м е ч а н и я: 1. Грунты и материалы укрепляли в основном портландцементом марки 400.

2. Для материалов повышенной деформативной способности, т.е. для грунтов, укрепленных комплексными связующими 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	Коли- чество зольы вноса, %	Расчет - ный мо- дуль уп- ругости $E_u$ , кгс/см <sup>2</sup>	Расчетное сопротивле- ние растяже- нию при из- гибе $R_u$ , кгс/см <sup>2</sup>
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, суглиники	10-20	2000-3000	1,5
	20-30	3000-4000	8,0

Примечания: 1. При добавлении в зологрунт цемента, известня 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 $K$	
	$E_u$	$R_u$
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	0,06	0,25
Пылеватые супеси и суглиники	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  $W_r$ . В соответствии с п.3.3 расчетная относительная влажность может быть принята 0,75  $W_r$ .

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  $\lambda$  (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 (садочные, температурные, трещины, развивающиеся при деформации земляного полотна и др.). Трещины в значительной мере снижают распределющую способность монолитного слоя, приводят к совершающемуся, 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  $K_{сниж}$ , учитывающие усталостные явления в материалах и влияние технологических факторов.

4.2. По новой расчетной схеме<sup>1)</sup> принята такая последовательность расчетов. Сначала намечают толщины конструктивных слоев дорожной одежды.

1) Методика расчета и nomogramмы разработаны М.А. Железниковым применительно к расчету дорожных одежд с цементобетонными покрытиями.

Расчетные характеристики всех материалов, кроме укрепленных неорганическими вяжущими, назначают по ВСН 48-72. 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:

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

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

Таблица 4

Грунт или материал	Расчетные характеристики	Значения расчетных характеристик, кгс/см <sup>2</sup> , в зависимости от количества цемента, % от массы грунта				
		4	8	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 камнеобработки, 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	16500	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 повышенны на 10-15% по сравнению с расчетными характеристиками по таблице или установленных по результатам лабораторных испытаний аналогичных цементогрунтов с учетом коэффициентов  $K_{\text{смик}}$ .

Таблица 5

Грунт или материал	Количество золы уноса, % от массы грунта	$E_y$ , кгс/см <sup>2</sup>	$R_u$ , кгс/см <sup>2</sup>
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, известия 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 полу-пространства определяют по ВСН 46-72. Если покрытие многослойное, то его модуль упругости  $E_1$  определяют как средневзвешенный.

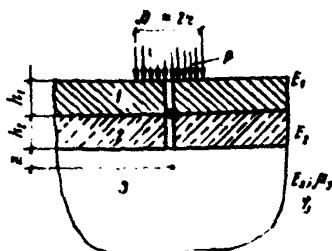
4.4. Рассчитывают слой из укрепленных материалов на растяжение при изгибе.

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

$$h_{9Nf} = \sqrt[3]{\frac{\lambda_c}{6} \cdot \frac{E_2}{E_3} \cdot h_2^3 (1 - \mu_s^2)}, \quad (1)$$

где  $\lambda_c$  - параметр приведения, определяемый по nomogramme рис.3;  
 $\mu_s$  - коэффициент Пуассона полупространства, принимаемый равным 0,3.

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



$$\sigma = \frac{P M}{\lambda_c h_2^3} \left( L + 1 - \frac{1 - \eta}{\eta + \frac{1}{\alpha}} \right), \quad (2)$$

Рис. 2. Расчетная схема с шарниром в трещине двухслойной плиты:

1 - покрытие; 2 - слой из укрепленных грунтов и материалов; 3 - подстилающее монолитный слой полу пространство (грунт или грунт + слой зернистого материала)

где  $P$  - расчетная нагрузка на колесо, кгс,

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

$M$  - безразмерный изгибающий момент, определяемый по nomogramme рис.3

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

$$\kappa_u = \frac{R_u}{\sigma_u}. \quad (3)$$

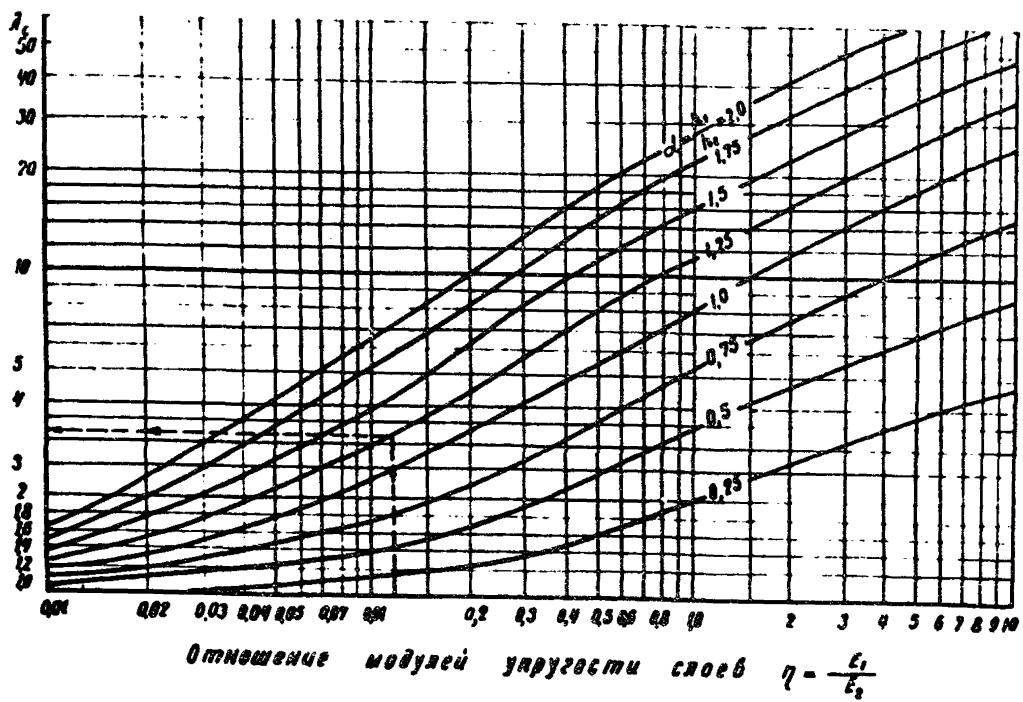


Рис. 3. Номограмма для определения  
 $\lambda_c$

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

4.5. Проверяют прочность конструкции по условию недопустимости сдвига в подстилающем слое плиту полу-пространстве

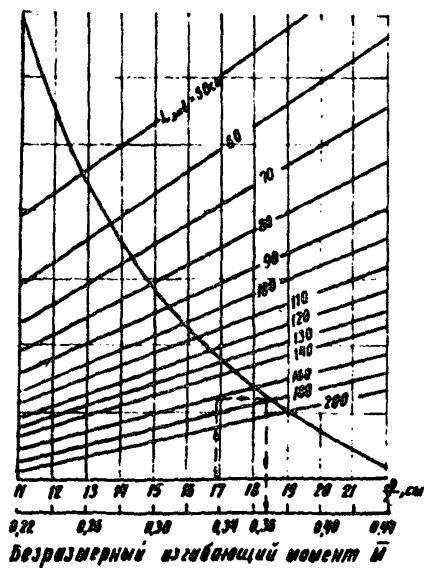


Рис.4. Номограмма для определения безразмерного изгибающего момента в монолитном слое

стилающем монолитный слой, или в грунте земляного полотна.

Активное напряжение сдвига  $\tau_{a.m}$  определяют по номограмме рис.5, предварительно вычислив  $\frac{p}{\alpha_{k.b}}$ .

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

$$\tau_{a.m} + \tau_{a.b} \leq \tau_{dop}, \quad (4)$$

где  $\tau_{a.m}$  - максимальное активное напряжение сдвига от временой расчетной нагрузки в полуправстве;

$\tau_{a.b}$  - то же от собственной массы дорожной одежды (определяется по рис. 10 ВСН 48-72);

$\tau_{dop}$  - допускаемое напряжение сдвига в зернистом слое, под-

гравийном подстилающем слое определяют на глубине  $Z = 5$  см от низа монолитной плиты. Напряжение  $\sigma_{z,0}$

*Активное напряжение сдвига от временной нагрузки  $\sigma_{z,0}$  на глубине  $Z$ , кгс/см<sup>2</sup>*

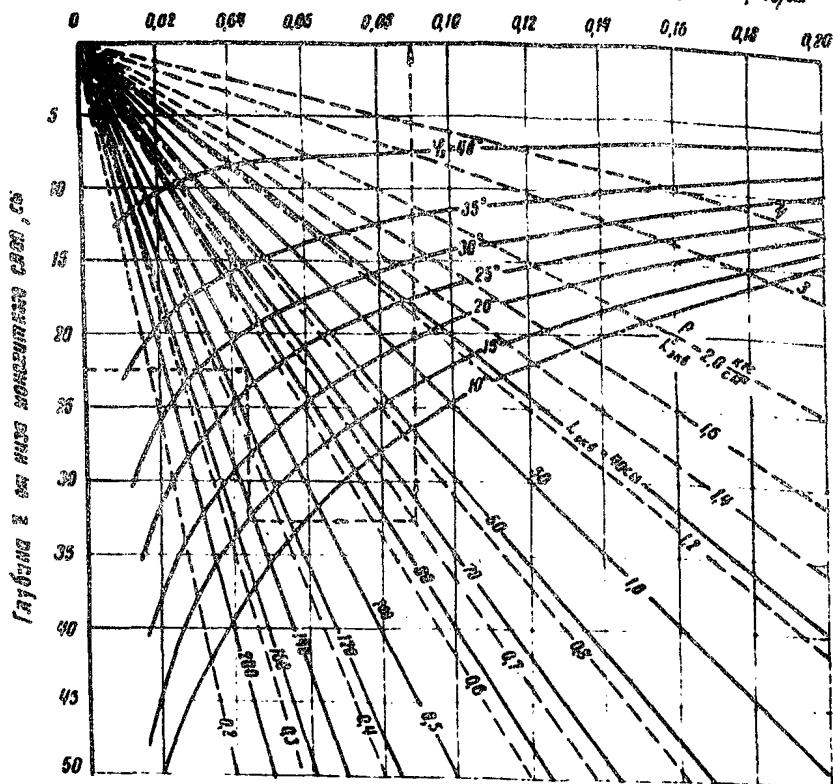


Рис.5. Номограмма для определения напряжений сдвига в слое из зернистого материала или в грунте, имеющих угол внутреннего трения  $\varphi_3$ . Сплошные линии-  $\sigma_{z,0}$   
пунктирные  $\sigma_{z,0}$

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

$$\tau_{\text{доп}} = K_K C, \quad (5)$$

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

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

$C$  - сила сцепления в зернистом слое или в грунте, кгс/см<sup>2</sup>.

Вычисляемый коэффициент прочности по сдвигу в зернистом слое и в грунте

$$K_{\text{сгб}} = \frac{\tau_{\text{доп}}}{\tau_{\text{а.м}} + \tau_{\text{а.б}}} \quad (6)$$

должен быть не менее 0,95.

4.6. Конструкцию дорожной одежды рассчитывают по упругому прогибу.

Общий модуль упругости дорожной одежды, определяемый по формуле

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

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

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

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