

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО УКРЕПЛЕНИЮ МЕСТНЫХ ГРУНТОВ
ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА
НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ

Одобрены Главтранспроектом

Москва - 1977

УДК 625.731.2:624.138.232.1

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УКРЕПЛЕНИЮ
МЕСТНЫХ ГРУНТОВ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМЛЯНОГО
ПОЛОТНА НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ. Союздор-
пнн., М., 1977.

Рассмотрен метод укрепления верхней части земляного полотна из местных грунтов неорганическими вяжущими (цементом, известью, золами уноса) для повышения ее устойчивости в целях снижения общей толщины дорожной одежды, устраиваемой из привозных кондиционных материалов.

Представлены требования к материалам, рекомендованы толщины укрепляемых слоев земляного полотна в зависимости от вида грунта, расчетной влажности и требуемого расчетного модуля упругости на поверхности земляного полотна. Показано влияние слоев из различных укрепленных материалов на расчетную влажность грунта земляного полотна.

Табл. 9, рис. 1.

© Союздорпнн., 1977г.

УДК 625.781.2:624.138.232.1

Предисловие

"Методические рекомендации по укреплению местных грунтов верхней части земляного полотна неорганическими вяжущими" разработаны на основе исследований, выполненных в Ленинградском филиале Союздорнии, и опытного строительства, проведенного совместно с трестами "Севзапдорстрой" и "Латавтодормост", а также с производственным управлением "Ленавтодор".

Укрепление верхней части земляного полотна при неблагоприятных условиях обеспечивает снижение общей толщины дорожной одежды и сокращение объемов привозных кондиционных материалов (песка, гравия, щебня). Предлагаемый метод позволяет широко применять местные грунты, укрепляемые малыми дозами неорганических вяжущих.

В настоящих "Методических рекомендациях" изложены требования к материалам, представлены толщины слоев, подлежащих укреплению, в зависимости от расчетной влажности грунта земляного полотна и требуемого модуля упругости, а также типа укрепляемого грунта.

"Методические рекомендации" разработал канд.техн. наук Ю.М.Васильев при участии канд.техн. наук М.Г.Мельниковой и инж. Т.Е.Полтарановой (Ленинградский филиал Союздорнии). При составлении "Методических рекомендаций" использовано авт.свид. №481661.

Все замечания и пожелания по работе просьба направлять по адресу: 143900 Московская обл., Балашиха-6, Союздорний.

I. Общие положения

1.1. Настоящие "Методические рекомендации" дополняют и развиваются "Инструкцию по возведению земляного полотна автомобильных дорог" ВСН 97-76, "Инструкцию по применению в дорожном и аэродромном строительстве грунтов, укрепленных вяжущими материалами" СН 25-74, СНиП II-Д.5-72 и СНиП III-Д.5-73 в части разработки метода повышения устойчивости верхней части земляного полотна и расширения области использования местных грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими.

1.2. Расчетные параметры грунта земляного полотна зависят от его расчетной влажности, увеличение которой снижает устойчивость земляного полотна и приводит к необходимости повышать общую толщину дорожной одежды в 1,5-2 раза.

1.3. Предлагаемый метод укрепления верхней части земляного полотна рекомендуется преимущественно для участков автомобильных дорог с расчетной влажностью грунта более 65-70% предела текучести и модулем упругости E_y менее $420-400 \text{ кгс/см}^2$. Он позволяет:

стабилизировать физико-механические свойства грунтов и обеспечить требуемые расчетные параметры земляного полотна независимо от расчетной влажности грунта;

уменьшить расход кондиционных материалов (песка, гравийно-песчаных смесей, гравия, щебня);

широко использовать местные грунты, укрепленные малыми дозами неорганических вяжущих;

снизить стоимость строительства дорожной одежды и эксплуатационные расходы;

улучшить технико-эксплуатационные характеристики дорожного покрытия, обеспечив в первую очередь длительное сохранение его ровности вследствие умень-

шения неравномерности морозного пучения грунта земляного полотна и улучшения его водно-теплового режима.

1.4. Метод может быть применен и в других случаях для повышения расчетных параметров земляного полотна и улучшения условий строительства дорожных одежд.

1.5. Укрепление грунта верхней части земляного полотна позволит обеспечить величину его расчетного модуля упругости, равную 400, 600, 800 кгс/см², независимо от расчетной влажности грунта.

1.6. Расчетная влажность грунта земляного полотна уменьшается на 0,05 W_r .

При укреплении верхней части земляного полотна целесообразно и все остальные конструктивные слои дорожной одежды выполнять из укрепленных материалов. В этом случае расчетная влажность грунта земляного полотна уменьшается на 0,1 W_r . (Если основание из асфальтобетона укладывают на укрепленный слой грунта земляного полотна, то расчетная влажность последнего может быть уменьшена на 0,15 W_r .)

1.7. Правила производства работ и требования техники безопасности при укреплении грунта аналогичны изложенным в СН 25-74, ВСН 186-70, СНиП III-А.П-70 и в "Правилах техники безопасности при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог" (М., "Транспорт", 1969).

2. Рекомендуемые толщины слоя укрепленного грунта земляного полотна

2.1. Толщину слоя укрепленного грунта h_y выбирают в зависимости от требуемого модуля упругости грунта земляного полотна и его расчетной влажности, а также расчетного модуля упругости укрепленного грунта (табл. 1).

Грунт земляно-го полотна	Расчет-ная влаж-ность, W/W_t	Расчетная толщина укреплен-модулях		
		$E_y = 400$		
		$E_{\text{расч}} = 1000$	1500	2500
Супесь пылеватая, суглинки, глины (при $0,80 W_t$ $E_y = 800 \text{ кгс/см}^2$)	0,80	-	-	-
	0,85	-	-	-
	0,70	8	5	5
	0,75	10	8	5
	0,80	15	10	8
	0,85	20	12	8
	0,90	25	18	12
Супесь легкая непылеватая (при $0,60 W_t$ $E_y = 450 \text{ кгс/см}^2$)	0,80	-	-	-
	0,85	-	-	-
	0,70	5	5	5
	0,75	5	5	5
	0,80	10	10	8
	0,85	15	12	10
Песок пылеватый (при $0,80 W_t$ $E_y = 500 \text{ кгс/см}^2$)	0,70	-	-	-
	0,80	-	-	-
	0,90	10	10	10

П р и м е ч а н и я: 1. При чрезмерно пучинистых грунтах глинок) h_y следует увеличить на 10-15%.

2. При устройстве морозозащитного слоя или нижних материалов h_y следует уменьшить на 15-20%, а при усилительных материалах - на 20-30%.

Таблица 1

ных верхних слоев земляного полотна h_y , см, при
упругости, кгс/см²

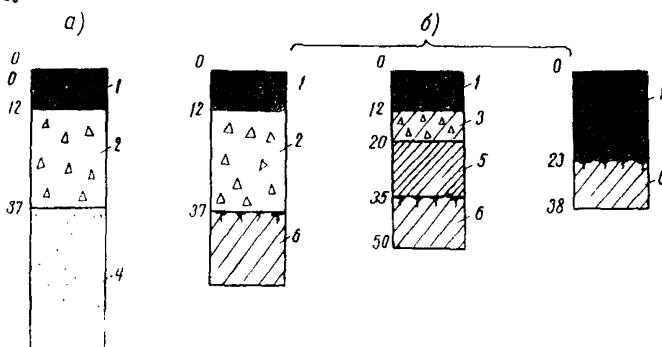
$E_y = 600$			$E_y = 800$		
1000	1500	2500	1000	1500	2500
-	-	-	10	8	5
10	8	5	15	12	8
15	12	8	30	20	17
20	15	12	40	30	20
30	20	15	55	40	25
35	25	20	60	50	30
45	35	25	70	60	40
5	5	5	10	10	8
12	18	5	18	10	10
17	12	8	25	18	12
20	14	10	30	21	15
23	20	12	35	27	18
35	27	20	52	40	30
-	-	-	10	10	10
10	10	10	15	10	10
18-20	15	10-12	18-20	15	15

так (тяжелая пылеватая супесь, легкий пылеватый су-

nego слоя основания из укрепленных (плотных) мате-
риалов, а также в виде тонкого слоя гравия, укрепленного

2.2. Модуль упругости грунта земляного полотна рекомендуется принимать равным 800 или 800^2 кгс/см² для дорог I-II категорий, 800 или 400 кгс/см² - для дорог III-IV категорий.

2.3. Модуль упругости верхней части земляного полотна принимают на основе технико-экономического сравнения вариантов с учетом потребного количества вяжущих.



Примеры конструкций дорожных одежд (для условий
Ленинградской обл.)

a-типовая из зернистых материалов; б-новые, с укрепленным верхним слоем земляного полотна; 1-асфальтобетон; 2-щебень; 3-черный щебень; 4-песок; 5-цементогрунт (зологрунт и др.); 6-укрепленный грунт земляного полотна

Ниже представлены ориентировочные эквивалентные толщины укрепленных слоев из разных материалов:

	Толщина слоя, см
Цементогрунт (I класс прочности)	1,0
Песок	2,0
Гравийно- песчаная смесь	1,8
Щебень	1,3
Цементогрунт (II и III класс), известняк и битумогрунт	1,5-1,8
Асфальтобетон (III-IV марок)	0,8
Цементобетон	0,3

2.4. На земляном полотне с укрепленным верхним слоем могут быть устроены дорожные одежды из любых материалов. Вместе с тем целесообразно отдавать предпочтение дорожным одеждам, в которых нижние или все конструктивные слои выполнены из укрепленных материалов (см.рисунок). В каждом случае количество слоев, их толщину и материал для устройства определяют расчетом по ВСН 46-72.

3. Требования к материалам и технология строительства

3.1. Укреплять можно практически любые песчаные и глинистые грунты, которые рекомендованы для возведения земляного полотна. Чтобы упростить технологию работ по смешению грунта с вяжущими, целесообразно верхнюю часть земляного полотна возводить из малосвязных грунтов и легких суглинков. Для укрепления тяжелых суглинков, и особенно глин, а также сильно пучинистых грунтов У и У1 групп(приложение 1) или набухающих грунтов (приложение 2) требуется большее количество вяжущих.

3.2. В качестве вяжущих материалов можно применять разнообразные элементы не ниже марки "50", известье не ниже III сорта и активные золы уноса с содержанием свободных $\text{CaO}+\text{MgO}$ не менее 7%.

3.3. Укрепленный грунт должен удовлетворять требованиям, приведенным в табл.2.

3.4. Предел прочности на растяжение при изгибе R_u определяют по формуле

$$R_u = 0,3 R_{сж} ,$$

где $R_{сж}$ - предел прочности при сжатии, kgs/cm^2 .

Таблица 2

Грунт	Расчетное значение модуля упругости, кгс/см ²	Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии $R_{c,s}$, кгс/см ² , не менее	Коэффициент морозостойкости (при -5°C 10 циклов), не менее	Влажность образца, %, после испытания на замораживание-оттаивание
Пески и супеси (непылеватые)	2500	7-10	0,65	Не более 4
Пылеватые пески и супеси, легкие суглинки		10-15	0,60	Сверх оптимальной влажности
Пылеватые и тяжелые суглинки, глины		15-20	0,65	То же
Пески, супеси и легкие суглинки	1500	5-10	0,60	"
Пылеватые и тяжелые суглинки, глины		10-15	0,60	"
Пески, супеси и легкие суглинки		5-7	0,60	"
Пылеватые тяжелые суглинки, глины	1000	7-10	0,60	"

Примечание. Показатели физико-механических свойств цементогрунтов даны после 28 суток твердения, для известково-зологрунтов - после 90 суток твердения.

Для ускоренного подбора составов смесей допускаются испытания образцов 7-суточного (цементогрунты) и 30-суточного (укрепленные известью и золами грунты) твердения. Тогда $R_{сж} = 1,3 R_{сж7(30)}$.

3.5. Особенно важно обеспечить необходимый коэффициент морозостойкости. Допускается снижение предела прочности укрепленных грунтов по сравнению с приведенными в табл. 2 при обеспечении требуемого коэффициента морозостойкости.

3.6. Расход вяжущего (табл. 3) определяют путем лабораторного подбора состава смеси по методике, изложенной в СН 25-74 и в приложении 3 настоящих "Методических рекомендаций".

Таблица 3

Грунт	Расчетный модуль упругости, kgc/cm^2	Расход вяжущих материалов, % массы грунта		
		цемент	известь	зола уноса
Пески и супеси непылеватые		3-4	-	15-20
Пески и супеси пылеватые, легкие суглинки	2500	4-6	5-7	15-20
Пылеватые и тяжелые суглинки, глины		5-8	6-12	15-25
Пески и супеси непылеватые		2-3	-	12-15
Пески и супеси пылеватые, легкие суглинки	1500-1000	3-5	4-6	10-15
Пылеватые и тяжелые суглинки, глины		4-6	5-10	10-20

3.7. В тех случаях, когда при производстве работ предусмотрено укрепление переувлажненных грунтов,

требуется вводить дополнительное количество вяжущих (табл. 4).

Таблица 4

Грунт	W/W_o	Количество вяжущего, %		Цементарка марки "300"
		извести, золы уноса (свободные $\text{CaO} + \text{MgO}$)		
Пылеватые пески и супеси	1,4	0,5		1,5
	1,6	1,0		1,5
	1,8	2,0		2,5
Суглинки легкие	1,2	—		0,5
	1,4	0,5		1,5
	1,6	1,5		3,0
Суглинки пылеватые и тяжелые	1,2	0,5		1,0
	1,4	1,5		3,0
	1,6	3,0		5,0
Глины	1,2	1,5		3,0
	1,4	2,5		5,0

3.8. Количество товарной негашеной извести или активных зол уноса \mathcal{D} устанавливают в зависимости от требуемого (см.табл.4) количества $\text{CaO} + \text{MgO}$ по формуле

$$\mathcal{D} = \frac{A}{K \cdot B} \cdot 100\%,$$

где A - требуемое количество $\text{CaO} + \text{MgO}$ (см.табл.4), %;

B - содержание в извести или золе уноса свободных $\text{CaO} + \text{MgO}$, %;

K - коэффициент; для извести $K = 1$, для зол уноса $K = 1,2+1,5$ (большие значения - для сланцевых зол).

3.9. При использовании цементов низких марок рекомендуемое количество их (см.табл.3) должно быть увеличено: марки "200" в 1,1 раза, марки "100" - в 1,2 раза, марки "50" - в 1,4 раза.

3.10. Технология работ по укреплению верхнего слоя земляного полотна аналогична технологии устройства морозозащитных слоев и оснований из укрепленных грунтов (СН 25-74), в том числе и из переувлажненных грунтов (ВСН 166-70).

При укреплении верхнего слоя грунта земляного полотна предпочтение следует отдавать однопроходным грунтосмесительным машинам или дорожным фрезам, работающим в комплекте с самоходными катками на пневматических шинах.

3.11. Контроль производства работ осуществляют в соответствии с СН 25-74 и ВСН 55-89.

Классификация грунтов по степени их пучинистости при замерзании

Грунты	Пучинистость грунта	Тип местности по характеру увлажнения грунта (см.табл.13 СН 449-72)	Среднее значение относительного морозного пучения $K_d(x)$, %, при глубине промерзания 1,5 м	Группа грунта по степени пучинистости
Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05мм до 2%	Непучинистый	2-3	Менее 1 ^{xx)}	1
Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05мм до 15%, песок мелкий с содержанием частиц мельче 0,05мм до 2%	То же	1	Менее 1 ^{xx)}	1
Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05мм до 15%, песок мелкий с содержанием частиц мельче 0,05мм до 2%	Слабопучинистый	2-3	1-2 ^{xx)}	II

Песок мелкий с содержанием частиц мельче 0,05мм до 15%, супесь легкая и легкая крупная	То же	1	1-2 ^{xx)}	II
Песок мелкий с содержанием частиц мельче 0,05мм до 15%, супесь легкая крупная	"	2-3	2-4	III
Песок пылеватый, супесь пылеватая, суглинок легкий, тяжелый, тяжелый пылеватый, глины	"	1	2-4	III
Супесь легкая, суглинки легкий и тяжелый, глины	Пучинистый	2-3	4-7	1У
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый	То же	1	4-7	1У
Песок пылеватый, супесь пылеватые, суглинок тяжелый пылеватый	Очень пучинистый	2-3	7-10	У
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый	Чрезмерно пучинистый	2-3	10-15 и более	У1

x) $K_p = \frac{\Delta h}{\Delta H} \cdot 100$, где Δh и ΔH соответственно величина пучения промерзающего слоя грунта и его толщина.

xx) Величина относительного пучения щебенистых, гравелистых, дресвяных песков при содержании более 15% частиц размером мельче 0,05мм ориентировочно может быть принята как для пылеватого песка, но должна быть проверена в лаборатории.

Приложение 2

**Классификация грунтов по набухаемости
при увлажнении**

Деформация набухания, %	Группа грунта по набухаемости при влажности 0,5 W_o
Менее 2-4	Ненабухающие
5-10	Набухающие
Более 10	Сильно набухающие

Приложение 3

Методика определения максимальной стандартной плотности и оптимальной влажности укрепленного грунта^{х)}

Исследования показали, что результаты испытаний смесей в приборе стандартного уплотнения зависят как от вводимых неорганических вяжущих, так и от дисперсности грунта, его минералогического и химического состава. Из вяжущих наибольшее влияние оказывают цементы. Так, при обработке цементом суглинков процесс твердения смеси начинается практически с момента ее увлажнения, что и вносит определенные искажения в результаты испытаний.

Для получения сопоставимых данных рекомендуется пользоваться ускоренной методикой.

Максимальную стандартную плотность определяют либо однократным уплотнением смеси в приборе стандартного уплотнения при оптимальной ее влажности через определенный промежуток времени (например, через 2 ч) после увлажнения^{хх)}, либо расчетным путем.

В основу расчета максимальной стандартной плотности и оптимальной влажности укрепленного грунта положены параметры стандартного уплотнения исходного грунта ($\gamma_{ck \max}$ и W_o), установленные в большом приборе Союздорнии.

Оптимальную влажность смеси грунта с вяжущим W_{ocm} устанавливают по формуле

$$W_{ocm} = W_o + a, \quad (1)$$

^{x)} Разработана при участии инженеров А.С. Ереминой и В.И. Каравшаковой (Ленинградский филиал Союздорнии).

^{хх)} Для зологрунтов можно пользоваться методом стандартного уплотнения.

где α – поправочный коэффициент, принимаемый по табл. 1 данного приложения.

Таблица 1

Значение коэффициента α

Грунт	Коэффициент α для смесей	
	с цементом	со сланцевой золой уноса
Пески	-1,0	1,0
Супеси, легкие суглинки	1,5	2,0
Тяжелые суглинки, глины	3,0	1,5

Для определения максимальной стандартной плотности смеси $\gamma_{ск\ max\ см}$ берут навеску грунта (2кг) и добавляют требуемое количество вяжущего. Увлажняют смесь водой в количестве, установленном по формуле (1), с учетом гигроскопической влажности грунта, тщательно перемешивают в течение 0,5 ч и выдерживают во влажной среде 1,5 ч. Затем производят однократное уплотнение в большом приборе стандартного уплотнения (75–120 ударов гири). Полученную в приборе плотность принимают за $\gamma_{ск\ max\ см}$. Влажность смеси в приборе следует определять ускоренным способом (высушивая ее инфракрасными лучами, в вакуум-термостате и т.п.). После измерения влажности определяют $\gamma_{ск\ max\ см}$.

Максимальную стандартную плотность смеси грунта с неорганическими вяжущими определяют по формуле

$$\gamma_{ск\ max\ см} = \gamma_{ск\ max} \cdot K_r , \quad (2)$$

где K_r – поправочный коэффициент, принимаемый по таблицам 2 и 3 данного приложения.

Таблица 2

Значения коэффициента K_r для смеси грунта с цементом

Грунт	Число пластичности	K_r
Песок	Менее 1	1,02
Супесь легкая	1-4	1,00
Супесь тяжелая	5-7	0,98
Суглинок легкий	8-10	0,96
Суглинок средний	11-13	0,94
Суглинок тяжелый	14-17	0,92
Глина	Более 17	0,90

Таблица 3

Значение коэффициента K_r для смеси грунта со сланцевой золой уноса

Грунт	K_r при содержании золы 10-30%
Пески, супеси	1,00
Легкие суглинки	0,97
Тяжелые суглинки, глины	1,00