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

gost.e-ecolog.ru

УДК 625.731.2:624.138.232.1

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УКРЕПЛЕНИЮ МЕСТНЫХ ГРУНТОВ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ. Союздорнии. 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.

© Союздорнии, 1977г.

УДК 625.731.2:624.138.232.1

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 "Севзападдорстрой" 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.Полтарауховой (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, Союздорнии.

I. Общие положения

1.1. Настоящие "Методические рекомендации" дополняют и развивают "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 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/см^2, независимо от расчетной влажности грунта.

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

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 $W_т$. (Если основание из асфальтобетона укладывают на укрепленный слой грунта земляного полотна, то расчетная влажность последнего может быть уменьшена на 0,15 $W_т$).

1.7. Правила производства работ и требования техники безопасности при укреплении грунта аналогичны изложенным в СН 25-74, ВСН 166-70, 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 земляного полотна	Расчетная влажность, $W/W_т$	Расчетная толщина укреплен модулях		
		E_y = 400		
		$E_{расч}$ = 1000	1500	2500
Супесь пылеватая, суглинки, глины (при 0,60 $W_т$ E_y = = 600 кгс/см^2)	0,60	–	–	–
	0,65	–	–	–
	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 $W_т$ E_y = 450 кгс/см^2)	0,60	–	–	–
	0,65	–	–	–
	0,70	5	5	5
	0,75	5	5	5
	0,80	10	10	8
	0,85	15	12	10
Песок пылеватый (при 0,60 $W_т$ E_y = 500 кгс/см^2)	0,70	–	–	–
	0,80	–	–	–
	0,90	10	10	10

Примечания: 1. При чрезмерно лучинистых грун глинок) h_y следует увеличить на 10–15%.

2. При устройстве морозозащитного слоя или ниж риалов h_y следует уменьшить на 15–20%, а при ус ных) материалов – на 20–30%.

Таблица 1

ных верхних слоев земляного полотна h_y, см, при упругости, кгс/см^2

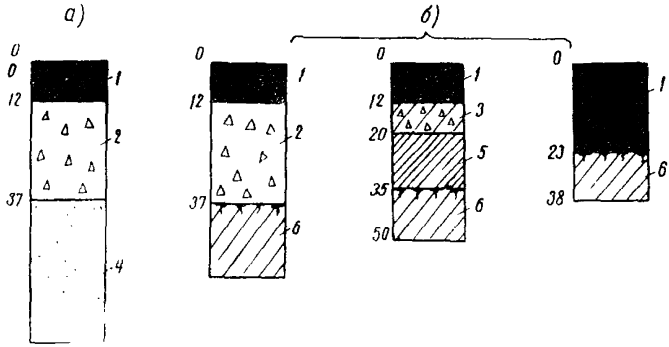
E_y = 600			E_y = 800		
1000	1500	2500	1000	1500	2500
–	–	–	10	8	5
10	8	5	15	12	8
15	12	8	30	20	17
20	15	12	40	30	20
30	20	15	55	40	25
35	25	20	60	50	30
45	35	25	70	60	40
5	5	5	10	10	8
12	18	5	18	10	10
17	12	8	25	18	12
20	14	10	30	21	15
23	20	12	35	27	18
35	27	20	52	40	30
–	–	–	10	10	10
10	10	10	15	10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

тах (тяжелая пылевзтая супесь, легкий пылеватый су-

него слоя основания из укрепленных (плотных) мате-
тройстве всей дорожной одежды из укрепленных (плот-

2.2. Модуль упругости грунта земляного полотна рекомендуется принимать равным 800 или 600 кгс/см^2 для дорог I–II категорий, 600 или 400 кгс/см^2 – для дорог III–1У 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.)

а–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 (1 класс прочности)	1,0
Песок	2,0
Гравийно-песчаная смесь	1,8
Щебень	1,3
Цементогрунт (II и III класс), известе- и битумогрунт	1,5–1,8
Асфальтобетон (III–1У 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 цементы не ниже марки "50", известь не ниже III сорта и активные золы уноса с содержанием свободных $CaO+MgO$ не менее 7%.

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

3.4. Предел прочности на растяжение при изгибе $R_и$ определяют по формуле

$$R_и = 0{,}3\,R_{сж},$$

где $R_{сж}$ – предел прочности при сжатии, кгс/см^2.

Таблица 2

Грунт	Расчетное значение модуля упругости, кгс/см^2	Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии $R_{сж}$, кгс/см^2, не менее	Коэффициент морозостойкости (при -5°С 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	1000	5-7	0,60	"
Пылеватые тяжелые суглинки, глины		7-10	0,60	"

Примечание. Показатели физико-механических свойств цементогрунтов даны после 28 суток твердения, для известе- и 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 $R_{сж} = 1,3\,R_{сж\,7(30)}$.

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, кгс/см^2	Расход вяжущих материалов, % массы грунта		
		цемент	известь	зола уноса
Пески и супеси непылеватые	2500	3–4	–	15–20
Пески и супеси пылеватые, легкие суглинки		4–6	5–7	15–20
Пылеватые и тяжелые суглинки, глины		5–8	6–12	15–25
Пески и супеси непылеватые	1500–1000	2–3	–	12–15
Пески и супеси пылеватые, легкие суглинки		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_0	Количество вяжущего, %	
		извести, золы уноса (свободные $CaO+MgO$)	цемента марки "300"
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 $CaO+MgO$ по формуле

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

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

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

K - коэффициент; для извести $K = 1$, для зол уноса $K = 1,2 \div 1,5$ (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 55-69.

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 (ε_{fx}), %, 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	IУ
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый	То же	1	4-7	IУ
Песок пылеватый, супеси 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) $K_п = \frac{\Delta h}{\Delta H} \cdot 100$, 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_0
Менее 2–4	Ненабухающие
5–10	Набухающие
Более 10	Сильно набухающие

Приложение 3

Методика определения максимальной стандартной плотности и оптимальной влажности укрепленного грунта [x]

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 [xx], либо расчетным путем.

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

Оптимальную влажность смеси грунта с вяжущим $W_{o\,см}$ устанавливают по формуле

$$W_{o\,см} = W_o + a \,, \qquad (1)$$

---

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

xx) Для зологрунтов можно пользоваться методом стандартного уплотнения.

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

Таблица 1

Значение коэффициента a

Грунт	Коэффициент a 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 $\gamma_{max\ см}$. 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

$$\gamma_{ск\ max\ см} = \gamma_{ск\ max} \cdot K_г , \qquad (2)$$

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

Таблица 2

Значения коэффициента $K_г$ для смеси грунта с цементом

Грунт	Число пластичности	$K_г$
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 $K_г$ для смеси грунта со сланцевой золой уноса

Грунт	$K_г$ при содержании золы 10–30%
Пески, супеси	1,00
Легкие суглинки	0,97
Тяжелые суглинки, глины	1,00

gost.e-ecolog.ru