

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ  
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
(СОЮЗДОРНИИ)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

**ПО УКРЕПЛЕНИЮ МЕСТНЫХ ГРУНТОВ  
ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА  
НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ**

*Одобрены Главтранспроектom*

**Москва - 1977**

УДК 625.731.2:624.138.232.1

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УКРЕПЛЕНИЮ  
МЕСТНЫХ ГРУНТОВ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМЛЯНОГО  
ПОЛОТНА НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ. Союздор-  
нии. 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.

## 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 "Латавтодор-мост", 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, Союздорнии.

## 1. 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<sup>2</sup>. 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<sup>2</sup>, независимо от расчетной влажности грунта.

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

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  $0,1 W_T$ . (Если основание из асфальтобетона укладывают на укрепленный слой грунта земляного полотна, то расчетная влажность последнего может быть уменьшена на  $0,15 W_T$ ).

1.7. Правила производства работ и требования техники безопасности при укреплении грунта аналогичны изложенным в СН 25-74, ВСН 166-70, СНиП III-A. 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		
		$E_y = 400$		
		$E_{расч} = 1000$	1500	2500
Супесь пылева- тая, суглинки, глины (при $0,60 W_T$ $E_y =$ $= 800 \text{ кгс/см}^2$ )	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 $0,60 W_T$ $E_y = 450 \text{ кгс/см}^2$ )	0,60	-	-	-
	0,65	-	-	-
	0,70	5	5	5
	0,75	5	5	5
	0,80	10	10	8
Песок пылева- тый (при $0,60 W_T$ $E_y = 500 \text{ кгс/см}^2$ )	0,85	15	12	10
	0,70	-	-	-
	0,80	-	-	-
	0,90	10	10	10

Примечания: 1. При чрезмерно пучинистых 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<sup>2</sup>

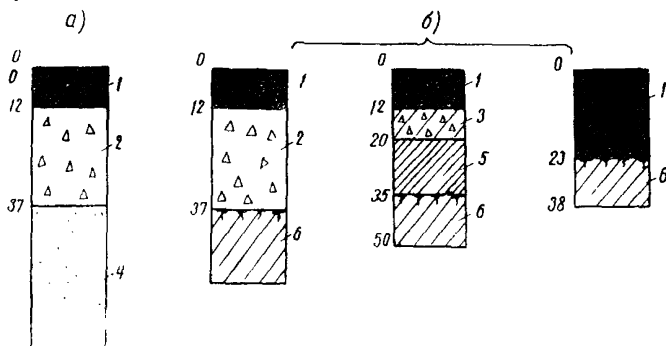
$E_y = 600$			$E_y = 800$		
1000	1500	2500	1000	1500	2500
-	-	-	10	8	5
10	8	5	15	12	8
15	12	8	30	20	17
20	15	12	40	30	20
30	20	15	55	40	25
35	25	20	60	50	30
45	35	25	70	60	40
5	5	5	10	10	8
12	18	5	18	10	10
17	12	8	25	18	12
20	14	10	30	21	15
23	20	12	35	27	18
35	27	20	52	40	30
-	-	-	10	10	10
10	10	10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

тах (тяжелая пылевзвешная супесь, легкий пылеватый су-

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

2.2. Модуль упругости грунта земляного полотна рекомендуется принимать равным 800 или 600 кгс/см<sup>2</sup> для дорог I-II категорий, 800 или 400 кгс/см<sup>2</sup> - 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.)

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 (I 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-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 48-72.

### 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 лучинистых 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  $\text{CaO} + \text{MgO}$  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,  $\text{кгс/см}^2$ .

Таблица 2

Грунт	Расчетное значение модуля упругости, кгс/см <sup>2</sup>	Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии $R_{сж}$ , кгс/см <sup>2</sup> , 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	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 золюгрунтов - 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, кгс/см <sup>2</sup>	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 <sub>0</sub>	Количество вяжущего, %	
		известки, золы уноса (свободные СаО+МgО)	цемент 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 известки или активных зол уноса  $\mathcal{D}$  устанавливают в зависимости от требуемого (см.табл.4) количества СаО+МgО по формуле

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

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

$B$  - содержание в известки или золе уноса свободных СаО+МgО, %;

$K$  - коэффициент; для известки  $K = 1$ , 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 комплексе 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	Пучи- нистость грунта	Тип мест- ности по характеру увлажне- ния грунта (см.табл.13 СН 449-72)	Среднее значе- ние относи- тельного мо- розного пуче- ния $\lambda_{\text{м}}$ , %, при глубине промерзания 1,5 м	Группа грунта по сте- пени пучи- нистости
Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05мм до 2%	Непучи- нистый	2-3	Менее 1 <sup>хх</sup> )	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 <sup>хх</sup> )	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%	Слабо- пучи- нистый	2-3	1-2 <sup>хх</sup> )	II

Песок мелкий с содержанием частиц мельче 0,05мм до 15%, супесь легкая и легкая крупная	То же	1	1-2 <sup>xx)</sup>	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, суглинок легкий и тяжелый, глины	Пучинистый	2-3	4-7	IV
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый	То же	1	4-7	IV
Песок пылеватый, супесь пылеватая, суглинок тяжелый пылеватый	Очень пучинистый	2-3	7-10	V
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый	Чрезмерно пучинистый	2-3	10-15 и более	VI

х)  $K_a = \frac{\Delta h}{\Delta H} \cdot 100$ , где  $\Delta h$  и  $\Delta H$  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 набу- хания, %	Группа грунта по набухаемости при влажности $0,5 W_0$
Менее 2-4	Ненабухающие
5-10	Набухающие
Более 10	Сильно набухающие



**Методика определения максимальной стандартной плотности и оптимальной влажности укрепленного грунта \*)**

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 \*\*), либо расчетным путем.

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

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

$$W_{o\ см} = W_o + a, \quad (1)$$

---

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

\*\*) Для зологрунтов можно пользоваться методом стандартного уплотнения.

где  $\alpha$  — поправочный коэффициент, принимаемый по табл. 1 данного приложения.

Таблица 1

Значение коэффициента  $\alpha$

Грунт	Коэффициент $\alpha$ 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  $\rho_{ск\ max\ см}$  берут навеску грунта (2 кг) 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  $\rho_{max\ см}$ . Влажность смеси в приборе следует определять ускоренным способом (высушивая ее инфракрасными лучами, в вакуум-термостате и т.п.). После измерения влажности определяют  $\rho_{ск\ max\ см}$ .

Максимальную стандартную плотность смеси грунта с неорганическими вяжущими определяют по формуле

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

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 зола 10-30%
Пески, супеси	1,00
Легкие суглинки	0,97
Тяжелые суглинки, глины	1,00