

**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»  
«СОЮЗДОРНИИ»**

**Отчёт**

по теме: «Анализ грунта и подбор составов укрепленных смесей для основания и покрытия дорожной одежды автомобильной дороги в дачном поселке Усады, деревня Авдотьино (Ступинский район)».

Зав. лабораторией укрепления  
грунтов, к.т.н.

С.Г.Фурсов

Балашиха, 2009г

## **Введение**

Настоящая работа: «Анализ грунта и подбор составов укрепленных смесей для основания и покрытия дорожной одежды» выполнена для объекта: автомобильная дорога в дачном поселке Усады, деревня Авдотьино (Ступинский район).

Подбор составов укрепленных грунтов выполнен для условий обеспечения надлежащего водоотвода в период строительства и эксплуатации объекта, в том числе с устройством кюветов для подъездных дорог и открытых площадок (см. приложение 1).

## **1. Физико-механические показатели грунтов, подлежащих укреплению.**

В лабораторию укрепления грунтов ОАО «Союздорнии» для исследования пригодности укрепления минеральными вяжущими и стабилизаторами заказчиком была доставлена проба грунта из тела земляного полотна.

Для подбора составов укрепленных грунтов первоначально были определены зерновой состав, число пластичности, естественная влажность и оптимальная влажность, соответственно, по ГОСТ 12536... «Грунты. Метод лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава», ГОСТ 5180... «Грунты. Метод лабораторного определения физических характеристик» и ГОСТ 22733... «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности».

### **1.1. Определение естественной влажности и типа грунта.**

Результаты исследования грунта приведены в таблице 1.

**Таблица 1**

№/№	Основные показатели	Величина показателя
1	Естественная влажность, %	13,58
2	Влажность на границе раскатывания, %	25,49
3	Влажность на границе текучести, %	32,58
4	Число пластичности	7,09
5	Содержание песчаных частиц (размером 2-0,05 мм), %	37
Заключение по ГОСТ 25100-95		Суглинок лёгкий пылеватый

## 1.2. Результаты определения оптимальной влажности и максимальной плотности грунта.

Максимальная плотность скелета грунта -  $1,70 \text{ г/см}^3$  достигнута при оптимальной влажности 16%. Кривая зависимости плотности грунта от его влажности представлена на рис.1.

*Кривая зависимости плотности от влажности*

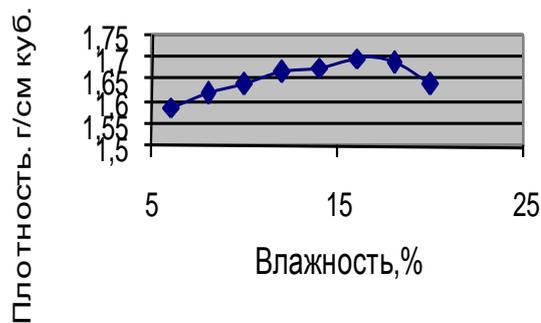


Рис.1

## 2. Методика подбора составов укрепленных грунтов.

Подбор составов и испытание образцов из укрепленных грунтов осуществляли в соответствии с ГОСТ 23558-94 «Смеси щебёночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия». Среднеарифметическое значение показателя свойств укрепленных грунтов вычисляли по трем параллельным образцам, при этом расхождение между результатами испытаний отдельных образцов не превышало 10%.

Результаты испытаний, выходящие за пределы вышеотмеченных пределов, браковали.

Для подбора составов укрепленных грунтов использовали цемент Щуровский марки М400, пыль уноса Щуровского цементного завода - КАРБОЛЦЕМ, стабилизатор глинистых грунтов корпорации Enviroseal - LBS.

### 2.1. Подобранные составы укрепленных грунтов.

В лаборатории исследованы различные составы укрепленных грунтов, как для условий переувлажнения грунтов, так и в диапазоне допустимых (с точки зрения возможности уплотнения по СНиП 3.06.03-85) влажностей. Результаты испытаний грунтов, укрепленных минеральными вяжущими и стабилизатором представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Физико-механические показатели укрепленных грунтов

№ n/ n	Шифр смеси	Состав смеси, % массы	28 суток твердения	
			После капиллярного водонасыщения	
			Предел прочности при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	Предел прочности при сжатии после 10циклов замораживания – оттаивания при – 20 <sup>0</sup> С, кг/см <sup>2</sup>
1	АВ-1	Грунт №1 – 100 Цемент М400 -4 LBS - 0.01	17,20	14,93
2	АВ-2	Грунт №1 – 100 Цемент -8 LBS – 0.01	24,36	22,57

3	AB-3	Грунт №2 – 100 Цемент -4 LBS – 0.01	15,05	10,45
4	AB-4	Грунт №2 - 100 Цемент - 8 LBS – 0.01	26,44	21,13
5	AB-5	Грунт №1 - 100	0.62	
6	AB-6	Грунт №1 – 100 Стабилизатор LBS-0.01	9.32	
7	AB-7	Грунт №2– 100 Стабилизатор LBS-0.01	4.45	
8	AB-8	Грунт №2 –100 Известь негашеная-2 Стабилизатор LBS-0.01	8,20	
9	AB-9	Грунт №3 - 100 Стабилизатор LBS-0.01 КАРБОЛЦЕМ	11.8	

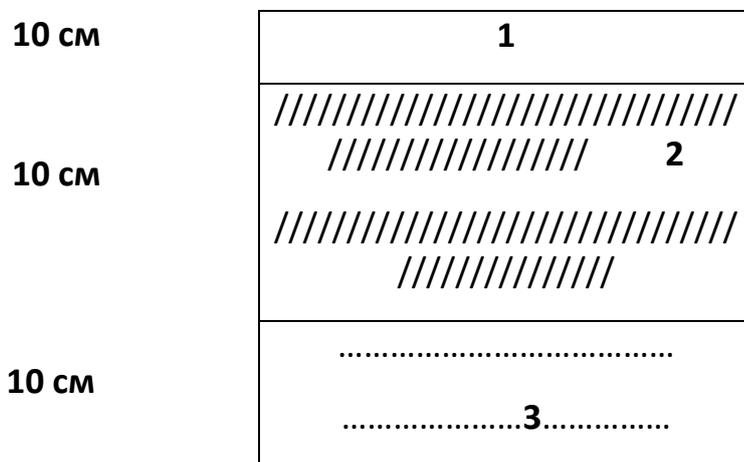
Требования ГОСТ 23558...

не менее 10

не менее 7,5

**Заключение:** Введение добавки стабилизатора значительно повышает прочность грунта (см. смеси 5-7), однако этого недостаточно, чтобы использовать материал в покрытии дорожной одежды. Введение в смесь цемента повышает прочность, водо- и морозостойкость укрепленных грунтов, а добавка щебня, кроме того, обеспечивает надлежащую износостойкость покрытия. В связи с вышеотмеченным, для нижнего слоя основания рекомендован грунт, обработанный только стабилизатором, для верхнего слоя основания – грунт, обработанный стабилизатором совместно с цементом, для покрытия рекомендован укрепленный грунт с введением 50% щебня. Схема конструкции дорожной одежды и толщины конструктивных слоев дорожной одежды из грунтов, укрепленных цементом и стабилизатором LBS приведены на рис.2.

**Рис.2. Схема конструкции дорожной одежды**



1- покрытие, 2- верхний слой основания, 3-нижний слой основания.

Покрытие – грунт+50% щебень фр.5-20 мм, укрепленный 8% цемента +0.01% LBS. Щебень может быть втоплен в слой укрепленного грунта после 3-4 проходов катка по одному следу слоя, или уложен по методу заклинку (Ваш вариант).

Верхний слой основания – грунт, укрепленный 4% цемента +0.01% LBS.

Нижний слой основания – грунт, обработанный 0.01% LBS.

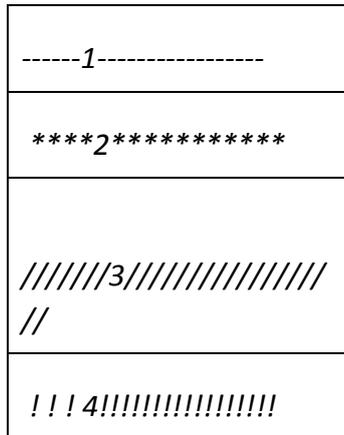
Технология устройства дорожной одежды с покрытием из укрепленного грунта с добавкой щебня приведена в приложении №2.

Судить о качестве цементной пыли по результатам прочности укрепленных грунтов в неводонасыщенном состоянии (0.6-1.2 МПа) неправомерно. Для рекомендаций использования добавки для укрепленных грунтов необходимы данные по водо- и морозостойкости материала в 28 суточном возрасте, которые будут получены позднее.

При наличии только санитарно-эпидемиологического заключения, без результатов химического анализа и марки вяжущего можно лишь предполагать, что КАРОЛЦЕМ – пыль уноса при производстве цемента на стадии обжига. В пыль уноса, по всей вероятности, попадают, в основном, соединения кальция, в том числе, в виде извести. Такой материал, эффективен для укрепления глинистых грунтов, однако материалы получаемые на их основе характеризуются, как правило, низкой водо- и морозостойкостью.



**Технология устройства земляного полотна и дорожной одежды.**



1- Покрытие; 2- Основание; 3- Рабочий слой земляного полотна; 4- тело земляного полотна.

Тело земляного полотна и рабочий слой земляного полотна – представлены естественным грунтом ненарушенной структуры, в связи с чем ниже представлены только технологические операции устройства основания и покрытия дорожной одежды.

Технология устройства конструктивных слоев земляного полотна и основания дорожной одежды включает следующие операции:

**А. Нижний слой основания.**

1. Грунт нижнего слоя основания (совместно со слоем будущего рабочего слоя основания и покрытия измельчают в соответствии со СНиП 3.06.03-85 (после размельчения содержание в грунте частиц размером более 5 мм должно составлять не свыше 25% массы, в том числе размером более 10 мм – не свыше 10%). При необходимости грунт следует подсушить (до влажности 0.8-1.0 W<sub>опт.</sub>) путем его рыхления фрезой. Подсушенный грунт планируют автогрейдером с приданием поперечного профиля конструктивного элемента.

2. В подсушенный грунт вводят раствор стабилизатора LBS. Количество раствора стабилизатора (W<sub>раст.</sub>), в % от массы грунта, рассчитывают по формуле:

$$W_{раст.} = W_{опт.} (1.15 W_{опт.}) - W_{ест.}, \text{ где}$$

W<sub>опт.</sub> – оптимальная влажность грунта (суглинка) = 16%;

W<sub>ест</sub>. – естественная влажность грунта на момент его обработки раствором стабилизатора;

W<sub>раст</sub>. – количество раствора стабилизатора, необходимого для достижения влажности грунта в пределах оптимальной (допустимой по СНиП 3.06.03-85 - не более 1.15 W<sub>опт</sub>).

Раствор стабилизатора готовят в емкости поливо-моечной машины (цистерне) путем введения в воду стабилизатора LBS в количестве 0.01% от массы обрабатываемого грунта. Для слоя грунта толщиной 40 см расход стабилизатора составит 36 г/м<sup>2</sup>.

3. Грунт с введенным раствором стабилизатора перемешивают фрезой с захватом смежной полосы на ширину 15-20 см. Количество проходов фрезы назначают из условия обеспечения однородности смеси при перемешивании.

Примечания: А. В случае выпадения обильных осадков работы по устройству рабочего слоя земляного полотна следует прекратить и возобновить их после подсушивания грунта.

Б. При подсушивании грунта с помощью введения добавок извести или цемента стабилизатор LBS не используется и технологические пункты 2-3 исключаются.

В. При внесении извести в грунт (рис.2) персонал, распределяющий ее должен работать в очках и респираторе.



Рис.2. Внесение (распределение) извести в грунт.

#### **Б. Верхний слой основания дорожной одежды.**

1. Распределяют расчетное количество цемента на укрепляемый слой основания и покрытия (общей толщиной 16см) и перемешивают фрезой до однородного состояния. При перемешивании смеси фреза должна захватывать ранее приготовленную (смежную) полосу на 15-20 см. с обеспечением однородности смеси.
2. Обработанный грунт профилируют с приданием проектного поперечного уклона автогрейдером.

Примечание: В случае выпадения обильных осадков работы по устройству основания дорожной одежды следует прекратить (закрыв обработанный материал полиэтиленовой пленкой) и возобновить их после подсушивания грунта.

#### **В. Покрытие дорожной одежды.**

Покрытие дорожной одежды с применением щебня фр.5-20 мм (5-40мм) устраивают путем внесения в поверхностный слой основания (толщиной 6см) 50% щебня и 4% цемента от объема укрепляемого грунта и перемешивания

смеси с последующим профилированием и уплотнением, или методом втапливания распределенного щебня (толщиной в одну щебенку) после 4-5 проходов катка по одному следу основания, в данном случае толщину слоя покрытия назначают 10см с расходом цемента – 8%. При необходимости в смесь вводят воду (раствор стабилизатора из расчета 0.005% LBS – от объема грунта) для достижения оптимальной влажности.

**Уплотнение обработанного грунта (рабочего слоя земляного полотна, основания и покрытия) с помощью катков необходимо производить следующим образом:**

1. Каток комбинированного действия (BW151AC-4) должен выполнить 6-7 проходов по одному следу в статическом режиме (без включения вибрации) вальцом вперед. Скорость катка – 2-3 км/час. Уплотнение слоя следует производить от краёв к середине с перекрытием каждого следа при последующем проходе катка на 30-40см.

Последующие 2 прохода каток BW151AC-4 комбинированного действия производит в вибрационном режиме с частотой 45 гц и минимальной амплитудой, на скорости 4-6 км/час. При образовании неисправимых дефектов (нарушение сплошности, расслоение по толщине и т.п.) вибрацию следует отключить.

Процесс уплотнения должен завершить каток BW 216 D-4 (или BW 219 ДН-4) за 4 прохода в статическом режиме на скорости 4-6 км/час.

*Примечание:* При уплотнении конструктивных слоев из укрепленного грунта только катками BW 216 D-4 (или BW 219 ДН-4) начало уплотнения смеси смещается по времени от момента введения вяжущего - ближе к началу схватывания цемента ( $\approx 40$  мин), уточняется пробным укатыванием.

С целью исключить образование волны на конструктивном слое каждый последующий след катка в направлении уплотнения должен быть смещен относительно предыдущего на величину, равную примерно диаметру вальца или пневмоколес.

Количество проходов катков по одному следу и режимы уплотнения уточняются после пробного уплотнения слоя основания.

2. Окончанием уплотнения обработанного грунта следует считать отсутствие следа вальца после прохода тяжёлого катка по уложенному конструктивному слою, отсутствие волны перед вальцом.

3. Вальцы и пневмоколёса катков в процессе уплотнения обработанного грунта не должны смачиваться водой.

4. Каток не должен останавливаться в процессе уплотнения на полосе укрепленного конструктивного слоя. Очищать вальцы и колёса катков следует за пределами полосы укатки.

5. Вибраторы на катке следует включать и выключать только в движении. В противном случае на поверхности уплотняемого слоя остаются следы от вальца.

6. В процессе уплотнения катки должны двигаться параллельно продольной оси конструктивного слоя.

7. Оптимальную длину сменной захватки при устройстве конструктивного слоя из укрепленного грунта определяют с учётом конкретных условий строительства (готового фронта работ, возможностей ресайклера по обработке грунта вяжущим и пр.).

### **Уход за свежеложенным слоем основания (покрытия) из укрепленного грунта.**

1. Уход за свежеложенным слоем основания (покрытия) из укрепленного грунта осуществляют до момента открытия движения (7 суток после устройства слоя).

2. Уход за готовым свежеложенным слоем основания из укрепленного грунта производят с помощью плёнкообразующих материалов. Например, с помощью материала типа ВПС-Д (на основе водной дисперсии парафинов), или материала типа ВПМ (на основе водной дисперсии латексов), или битумной эмульсии класса ЭБА-1 (ЭБК-1) по ГОСТ 52128-2003. Эффективно использование защитной полимерной пропитки LAS – 320 корпорации Enviroseal, которая обеспечивает не только защиту, а также повышение прочности основания.

3. Допускается уход за свежеложенным слоем из укрепленного грунта осуществлять с помощью увлажняемого слоя песка (толщиной не менее 5 см), или многослойной мешковины (например, пятислойной), или слоя влагоёмкого материала типа «Дорнит» и пр.

4. Плёнкообразующий материал (например, битумную эмульсию) следует наносить на поверхность свежеложенного основания из укрепленного грунта после окончания уплотнения слоя сменной захватки.

5. Плёнкообразующий материал распределяется равномерно, без пропусков автогудронатором или вручную с использованием средств малой механизации.

### **Контроль качества обработанных грунтов.**

1. Качество обработанных грунтов должно контролироваться лабораторией изготовителя в соответствии с ГОСТ 23558-94.

2. Входной контроль грунта, цемента, КАРБОЦЕМа и воды осуществляется лабораторией перед началом строительства, а также при изменении качества используемых материалов, но не реже одного раза в квартал.

Для грунта определяют зерновой состав (по ГОСТ 12536...), число пластичности и естественную влажность (по ГОСТ 5180...), оптимальную влажность и максимальную плотность (по ГОСТ 22733...).

При изменениях зернового состава, числа пластичности и оптимальной влажности (отклонение от проектных показателей утвержденного состава более 10%) производят корректировку состава укрепленного грунта.

Для цемента определяют сроки схватывания (по ГОСТ 310.3-76) и марку (активность) по ГОСТ 310.4-81. Цемент должен отвечать требованиям ГОСТ 10178-85.

Для приготовления обработанного грунта следует использовать цемент одной марки, с одного завода.

Вода для увлажнения смеси и приготовления солевого раствора должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732-79.

3. Подбор состава обработанного грунта осуществляют следующим образом:

- определяют оптимальную влажность грунта ( $W^1$ ) по ГОСТ 22733-02. Оптимальную влажность обработанного грунта ( $W_{\text{опт.}}$ ) при этом рассчитывают по формуле:

$$W_{\text{опт.}} = W^1 (1 + 0,01Ц),$$

где Ц – содержание цемента в смеси, %.

Допускается определение оптимальной влажности непосредственно обработанного грунта по ГОСТ 22733-02.

- оптимальную дозировку цемента в обработанном грунте определяют путём подбора состава. С этой целью готовят 3-4 пробные смеси, отличающиеся по содержанию вяжущего на 1-3% (ориентировочный расход вяжущего (4-8%) принимают по таблице 11 Пособия по строительству покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов из грунтов, укрепленных вяжущими материалами);

- из смесей уплотнением на приборе стандартного уплотнения по ГОСТ 22733-02 или в цилиндрических формах ( $d = 50,1$  м) статической нагрузкой ( $\sim 20$  МПа), обеспечивающей ту же плотность при оптимальной влажности, что и не на приборе стандартного уплотнения формируют образцы, которые по истечении 28 суток в водонасыщенном состоянии испытывают на прочность при сжатии и морозостойкость. Степень водонасыщения и количество циклов замораживания-оттаивания образцов назначают по табл. 40 СНиП 2.05.02-85.

- за расчетное содержание компонентов смеси принимают то, которое обеспечивает требуемые показатели свойств укрепленного грунта в соответствии с проектом и ГОСТ 23558-94;

- производят расчет производственного состава смеси с учетом естественной влажности грунта на месте производства работ, точности дозирования компонентов и однородности смеси на выходе. Состав обработанного грунта должен быть утверждён организацией изготовителя и согласован Заказчиком.

4. Контроль качества на месте устройства слоя основания из укрепленного грунта производят в соответствии с действующими нормами СНиП 3.06.03-85.

4.1. При устройстве основания (покрытия) следует контролировать:

- не реже одного раза в смену качество смеси путём определения прочности образцов на сжатие (по ГОСТ 23558-94);

- не реже, чем через 200 м влажность обработанного грунта перед уплотнением и плотность (коэффициент уплотнения) материала в уплотнённом слое в трёх точках на поперечнике (по оси и на расстоянии 0,5 м от кромки слоя) по ГОСТ 5180-84.

Коэффициент уплотнения укрепленного грунта в слое основания определяют как отношение плотности высушенного образца укрепленного грунта, взятого из уплотнённого слоя, к плотности скелета смеси грунта с вяжущим, уплотнённой по ГОСТ 22733-02 при оптимальной влажности.

- постоянное соблюдение требований по уходу.

4.2. При операционном контроле качества по устройству основания из укрепленного грунта (дополнительно к п. 5.9) следует контролировать не реже чем через каждые 100 м:

- высотные отметки;

- ширину;

- толщину слоя неуплотнённого материала по его оси;

- поперечный уклон;

- ровность (просвет под 3-х метровой рейкой на расстоянии 0,75-1 м от каждой кромки основания в пяти контрольных точках, расположенных на расстоянии 0,5 м от концов рейки и друг от друга).

5. Оценку качества основания из укрепленного грунта (приёмочный контроль) следует осуществлять по СНиП 3.06.03-85 по следующим параметрам:

- высотные отметки по оси;

- ширина и толщина слоя. Толщина слоя оценивается по толщине кромки основания и отобранных кернов;

- поперечные уклоны;

- ровность (просвет под рейкой длиной 3 м).

К акту приёмки (приёмочного контроля) прикладывают паспорт качества выпущенной смеси, включающий в себя следующие показатели:

- состав смеси;
- марку по прочности на сжатие;
- марку по прочности на растяжение при изгибе;
- морозостойкость;
- содержание естественных радионуклидов.

Зав. лабораторией укрепления грунтов

С.Г.Фурсов

Ст. научный сотрудник  
лаборатории укрепления грунтов

Н.В. Желанова

- состав смеси;
- марку по прочности на сжатие;
- марку по прочности на растяжение при изгибе;
- морозостойкость;
- содержание естественных радионуклидов.

- Зав. лабораторией укрепления грунтов



С.Г.Фурсов

Ст. научный сотрудник  
лаборатории укрепления грунтов



Н.В. Желанова

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»  
«СОЮЗДОРНИИ»

Отчёт

по теме: «Анализ грунта и подбор составов укрепленных смесей для основания и покрытия дорожной одежды автомобильной дороги в дачном поселке Усады, деревня Авдотьино (Ступинский район)»

Зав. лабораторией укрепления

грунтов, к.т.н.



С.Г.Фурсов

Балашиха, 2009г