ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

УКАЗАНИЯ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ В ДОРОЖНОМ И АЭРОДРОМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

СН 25-58

МОСКВА — 1958

gost.e-ecolog.ru

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

УКАЗАНИЯ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ В ДОРОЖНОМ И АЭРОДРОМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

СН 25-58

Утверждены
Государственным комитетом Совета Министров СССР
по делам строительства
30 мая 1958 г.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ, АРХИТЕКТУРЕ
И СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ
Москва — 1958

«Указания по применению в дорожном и аэродромном строительстве грунтов, укрепленных вяжущими материалами» составлены на основе обобщения многолетнего производственного опыта по строительству и эксплуатации автомобильных дорог и аэродромов в различных грунтовых и климатических условиях с применением грунтов, укрепленных вяжущими материалами.

При составлении указаний были использованы также результаты многочисленных исследований в области укрепления грунтов, проведенных научно-исследовательскими и учебными институтами.

Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства	Строительные нормы **Указания** по применению в дорожном и аэродромном строительстве грунтов, укрепленных вяжущими материалами	СН 25-58

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Настоящие указания распространяются на проектирование и строительство новых и реконструируемых автомобильных дорог общей сети СССР, аэродромов, городских улиц, проездов и площадей, а также автомобильных дорог промышленных предприятий.

2. Указания содержат требования, предъявляемые к конструктивным элементам дорожных и аэродромных одежд, устраиваемых из грунтов, укрепляемых органическими (битумом и дегтем) и неорганическими (цементом и известью) вяжущими материалами.

3. Укреплением грунтов называется комплекс технологических и строительных мероприятий, в результате проведения которых грунты приобретают необратимую и устойчивую связность, механическую прочность и погодоустойчивость (морозоустойчивость и водоустойчивость).

4. Укрепление грунтов осуществляется на основе всестороннего учета свойств состава грунтов и вяжущих материалов и включает в себя обязательное выполнение следующих технологических операций:

а) тонкое размельчение грунта;

б) точное дозирование и равномерное перемешивание с грунтом вяжущих материалов;

Внесены Главдорстроем СССР и Министерством обороны СССР	Утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 30 мая 1958 г.	Срок введения 1 ноября 1958 г.

в) оптимальное и равномерное увлажнение смеси грунта с вяжущими материалами;

г) уплотнение смеси до требуемой плотности;

д) обеспечение надлежащего влажностного и температурного режима при твердении цементно-грунтовой или известково-грунтовой смеси.

5. Укрепление грунтов применяется при строительстве дорог и аэродромов в III—V климатических зонах, установленных НиТУ 128-55. Во II зоне укреплению могут подвергаться лишь легкосуглинистые, супесчаные и другие крупнозернистые грунты.

6. Работы по укреплению грунтов в зависимости от местных условий и наличия оборудования могут производиться методами смешения на месте, в передвижных или стационарных установках.

7. Выбор вяжущих материалов и методов укрепления грунтов обосновывается сопоставительными технико-экономическими расчетами равнопрочных конструкций.

II. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

8. При проектировании конструктивных элементов дорожных и аэродромных одежд следует руководствоваться указаниями табл. 1.

9. Назначение и расчет отдельных конструктивных слоев из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, или дорожных одежд в целом производятся в соответствии с «Инструкцией по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа».

10. Расчет толщины аэродромных покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, а также оснований под капитальные покрытия аэродромов производится согласно методу расчета нежестких одежд (приложение 1).

11. Конструктивные слои из грунтов, укрепленных цементами, вследствие их хрупкости и истираемости должны применяться главным образом при устройстве оснований. Применение цементо-грунта в качестве покрытий допускается лишь с обязательной поверхностной обработкой.

12. Грунты, укрепленные органическими вяжущими материалами, вследствие их большей эластичности и лучшей сопротивляемости истиранию по сравнению с цементогрунтами, рекомендуется применять преимущественно в качестве покрытий с обязательной поверхностной обработкой.

Таблица 1

Конструктивные элементы дорожных и аэродромных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими материалами

Наименование сооружений	Конструктивные элементы из грунтов, укрепленных вяжущими материалами	Вяжущие материалы, рекомендуемые для укрепления грунтов
1. Дорожное строительство		
Автомобильные дороги с капитальными типами покрытий	Основания, подстилающие слои, обочины	Портланд-цементы, известь, жидкие битумы и дегти
То же, с облегченными и переходными типами покрытий	Покрытия, основания, подстилающие слои, обочины	То же
То же, с переходными типами покрытий	Покрытия	»
Городские улицы, проезды, площади, парковые дорожки, тротуары и др.	Покрытия, основания, подстилающие слои	Портланд-цементы, известь, жидкие битумы
2. Аэродромное строительство		
Взлетно-посадочные полосы (ВПП), рулежные дорожки (РД) и места стоянки (МС) с покрытиями капитального типа	Основания	Портланд-цемент
Внутриаэродромные дороги, открытые площадки для стоянки спецавтотранспорта и ремонтных работ, полы гаражей и сооружений ТЭЦ и другие сооружения на постоянных аэродромах	Основания и покрытия	Портланд-цемент, жидкий битум и деготь
ВПП, РД и МС на постоянных аэродромах, расположенных в IV и V климатических зонах	Покрытия (с поверхностной обработкой)	Жидкий битум, деготь
ВПП, РД, МС, внутриаэродромные дороги, площадки и другие сооружения на полевых аэродромах	Основания и покрытия	Портланд-цемент, жидкий битум и деготь

III. УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

1. Конструктивные требования

13. Основания и покрытия из укрепленных битумом или дегтем грунтов следует применять во II—V климатических зонах.

14. Грунты, укрепленные битумом или дегтем, должны применяться при устройстве:

а) покрытий на дорогах при средней интенсивности движения до 500 автомобилей в сутки при непременном условии устройства на них слоя износа путем двойной поверхностной обработки вязким битумом с засыпкой щебнем или гравием;

б) нижних, подстилающих слоев дорожной (аэродромной) одежды при строительстве капитальных покрытий всех типов, включая цементно-бетонные, при условии отсутствия необходимости в проведении осушительно-дренажных мероприятий;

в) оснований капитальных покрытий из асфальтобетона или усовершенствованных покрытий из черного щебня или гравия при условии добавления к грунту каменных материалов и длительного (не менее года) использования основания в качестве покрытия для дополнительного уплотнения движением;

г) оснований облегченных покрытий, устраиваемых способом пропитки, смешения на дороге или из предварительно обработанного жидким битумом щебня и гравия.

15. Дорожные покрытия из обработанного битумом или дегтем грунта устраивают серповидного, полукорытного или корытного профиля.

Серповидный или полукорытный профиль рекомендуется применять при несвязных грунтах земляного полотна, а корытный—при связных грунтах в III, IV, V климатических зонах; во II зоне полукорытный профиль желательно применять и при связных грунтах.

Основные элементы поперечных профилей должны отвечать требованиям НиТУ 128-55.

При устройстве аэродромных покрытий поперечные профили должны приниматься в соответствии с рис. 1.

16. При временном использовании оснований из укрепленных битумом грунтов в качестве покрытий на них должна быть сделана поверхностная обработка. При использо-

вании оснований в качестве покрытий менее одного года поверхностная обработка может быть произведена жидким битумом или дегтем с засыпкой гравийным материалом или крупнозернистым песком. При более длительном использовании оснований в качестве покрытий поверхностная обработка должна производиться вязким битумом с засыпкой щебнем или гравием.

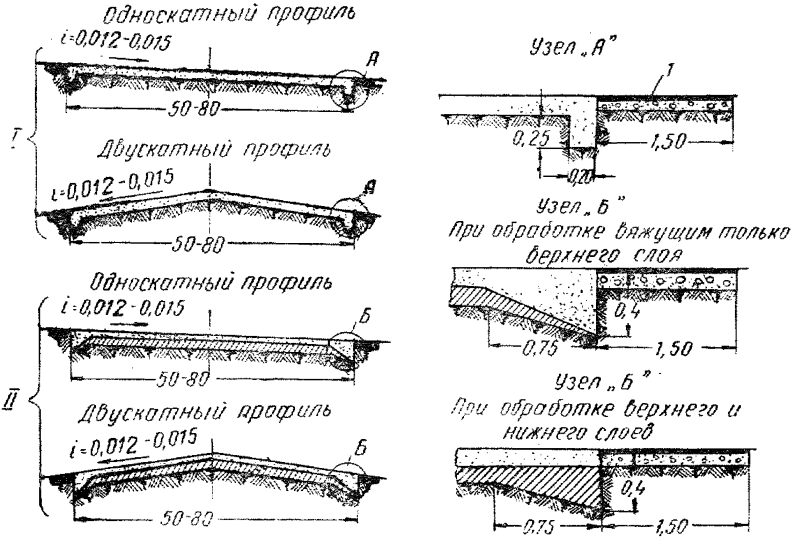

Рис. 1. Поперечные профили черных аэродромных покрытий

I — однослойные покрытия из естественных грунтов или минеральных материалов, обработанных черными вяжущими; *II* — двуслойные покрытия; верхний слой—из естественного грунта или минеральных материалов, обработанных черными вяжущими: нижний слой—из минеральных материалов, обработанных или не обработанных черными вяжущими материалами: *1* — при неблагоприятных грунтовых условиях устраивается грунто-гравийная отмостка толщиной 5—10 *см* с поверхностной обработкой вяжущим материалом

17. Поверхностная обработка дорожных покрытий из укрепленного грунта производится вязким битумом после 10—15-дневного уплотнения покрытий движением или искусственного уплотнения с исправлением всех обнаруженных в этот период дефектов и должна быть закончена за 2—3 недели до наступления осенних дождей. Поверхностную обработку жидким битумом для устройства защитного слоя рекомендуется производить также после уплотнения движением построенного покрытия и исправления дефектов.

Поверхностная обработка аэродромных покрытий должна производиться сразу после окончания укатки. При этом для поверхностной россыпи, как правило, применяются каменные высевки крупностью до 5 *мм*.

18. Основания и покрытия из укрепленного грунта в зависимости от проектной толщины устраиваются в один или несколько слоев, исходя из условий обеспечения их тщательного уплотнения. При этом толщина каждого слоя не должна превышать 12 *см* в плотном теле. При устройстве многослойных оснований во избежание появления прослоек необработанного грунта, что часто наблюдается при производстве смешения грейдерами, толщину отдельных слоев основания (верхних) рекомендуется назначать в пределах 8—10 *см*.

19. Многослойные покрытия и основания из укрепленного битумом грунта могут применяться в районах, где количество осадков менее 2 *мм* на календарный день строительного сезона со среднесуточной температурой +10° и выше.

Во всех случаях устройства оснований из укрепленного битумом или дегтем грунта объем работ должен быть увязан с продолжительностью строительного сезона.

20. При устройстве покрытий на основаниях из укрепленного грунта должны быть приняты меры по обеспечению водонепроницаемости покрытий. На всех покрытиях, кроме мелкозернистого или песчаного асфальтового бетона, а также цементобетона должна быть сделана поверхностная обработка.

2. Требования к материалам

Грунты

21. Для устройства покрытий и оснований из грунтов, укрепленных жидкими битумами и дегтями, могут быть использованы естественные грунты с числом пластичности не более 17, разнообразные по своему генезису и по химико-минералогическому составу, за исключением некоторых видов засоленных грунтов (табл. 2).

Для устройства дорожных покрытий и оснований во II климатической зоне могут быть использованы супесчаные грунты с числом пластичности 3—7 и легкие суглинки с числом пластичности не более 12.

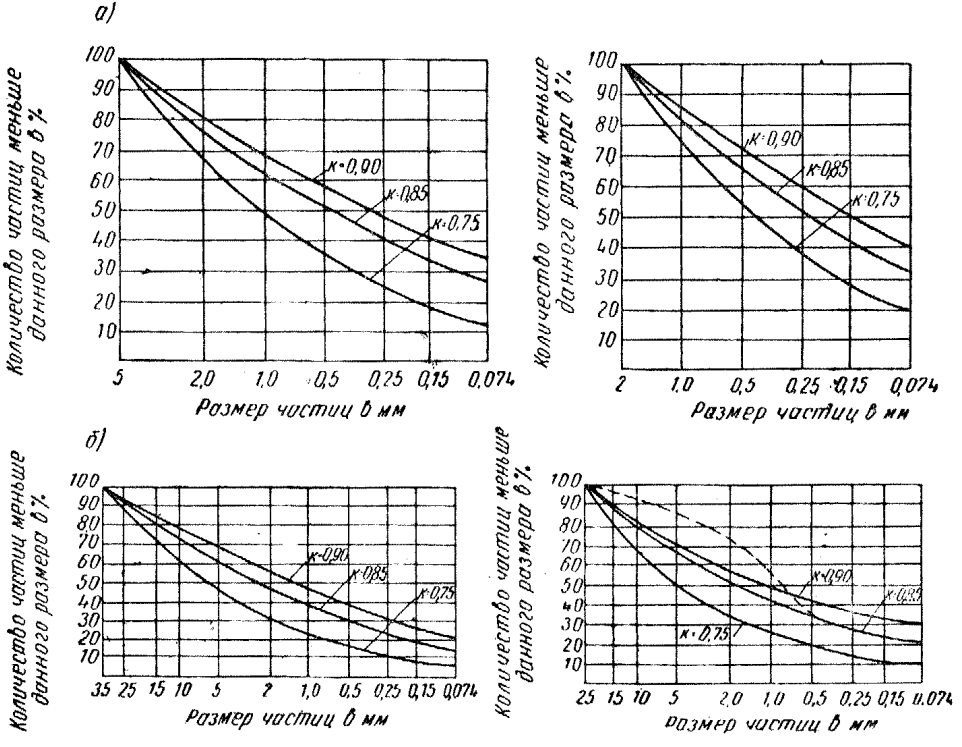

Рис. 2. Кривые гранулометрического состава грунтовых, грунто-гравийных и грунто-щебеночных смесей, укрепляемых вяжущими материалами

а — грунтовые смеси: *б* — грунто-гравийные и грунто-щебеночные смеси

Таблица 2

Оценка пригодности грунтов для укрепления комплексными добавками и органическими вяжущими материалами

Наименование грунтов	Число пластичности естественных грунтов	Климатические зоны			
		II	II	III, IV, V	III, IV, V
		укрепление органическими вяжущими материалами	укрепление комплексными добавками[1]	укрепление органическими вяжущими материалами	укрепление комплексными добавками[1]
Пески и супеси[4] . .	<3	Не пригодны	Не пригодны	Не пригодны	Не пригодны
То же, улучшенные гранулометрическими добавками	—	Пригодны	Пригодны	Пригодны	Пригодны
Супеси, близкие к оптимальному гранулометрическому составу, пылеватые грунты, легкие суглинки	3—12	»	»	»	»
Суглинки тяжелые и суглинки тяжелые пылеватые	12—17	Не пригодны	»	»	»
То же, улучшенные гранулометрическими добавками	—	Пригодны	»	»	»
Глины легкие бескарбонатные	17—25	Не пригодны	Не пригодны	Не пригодны	»
То же, улучшенные гранулометрическими добавками	—	»	Пригодны	Пригодны	»
Глины легкие карбонатные	17—25	»	»	Не пригодны	»
То же, улучшенные гранулометрическими добавками	—	»	»	Пригодны	»
Грунты засоленные: солончаки и солончаковатые грунты при содержании легкорастворимых солей > 1%, в том числе: Na_2SO_4 + + $MgSO_4$ > 0,25%, Na_2CO_3+$NaHCO_3$>0,1%	3—17*	—	—	Не пригодны	»[3]

Продолжение

Наименование грунтов	Число пластичности естественных грунтов	Климатические зоны			
		II	II	III, IV, V	III, IV, V
		укрепление органическими вяжущими материалами	укрепление комплексными добавками[1]	укрепление органическими вяжущими материалами	укрепление комплексными добавками[1]
То же, улучшенные гранулометрическими добавками	—	—	—	Пригодны[2]	*
Грунты засоленные: солончаки и солончаковатые грунты при содержании легкорастворимых солей > 1%, в том числе: Na_2SO_4 + + $MgSO_4$ > 0,25%, Na_2CO_3+$NaHCO_3$>0,1%	17—25	—	—	Не пригодны	Не пригодны
То же, улучшенные гранулометрическими добавками	—	—	—	Пригодны[2]	Пригодны[3]
Грунты засоленные: солонцы и солонцеватые грунты при содержании поглощенного натрия > 20%, емкости поглощения и содержании легкорастворимых солей > 1% и Na_2CO_3 + + $NaHCO_3$ > 0,05% . .	3—12	—	—	Не пригодны	*

[1] Комплексные добавки извести и органических вяжущих материалов; хлористого кальция и органических вяжущих материалов; хлористого кальция и жидкого битума с введением омыленного древесного пека; извести или хлористого кальция и жидкого битума с введением каменноугольных, торфяных или древесных дегтей.

* Гранулометрические добавки следует вносить в солончаки и солончаковатые грунты в том случае, когда число пластичности указанных грунтов > 12.

[2] Пригодны, если при внесении гранулометрических добавок количество легкорастворимых солей не превышает допускаемых норм.

[3] Пригодны при укреплении грунтов хлористым кальцием и органическими вяжущими материалами, хлористым кальцием и жидким битумом с добавкой омыленного древесного пека или дегтей. Пригодность засоленных грунтов, содержащих легкорастворимых солей <1%, в том числе Na_2SO_4+$MgSO_4$<0,25% и Na_2CO_3+$NaHCO_3$<0,1%, а поглощенного натрия<20%, такая же, как и грунтов незасоленных, одинаковых по гранулометрическому составу.

[4] Пригодны для устройства подстилающих слоев, — см. п. 27.

22. Для устройства дорожных покрытий и оснований во II климатической зоне могут быть также использованы тяжелые суглинки и карбонатные глины с числом пластичности менее 25, а в засушливых районах—засоленные грунты при условии укрепления всех указанных грунтов комплексными методами, которые включают применение жидких битумов или дегтей с добавками извести или хлористого кальция или поверхностно-активных веществ.

23. Оценка пригодности грунтов для устройства из них покрытий и оснований в различных климатических условиях производится по табл. 2.

24. Наиболее пригодны для устройства покрытий и оснований супесчаные грунты и грунты оптимального гранулометрического состава, характеризующиеся кривыми, изображенными на рис. 2. Эти грунты являются наилучшими по удобообрабатываемости и не требуют введения гранулометрических добавок.

25. Грунты песчаные и супесчаные с числом пластичности менее 3 в силу их недостаточной связности после обработки органическими вяжущими материалами можно применять только для устройства подстилающих слоев. Основания и покрытия из этих грунтов можно устраивать только после предварительного введения в них добавок пылеватых и пылевато-суглинистых грунтов.

26. Для обработки суглинистых и глинистых грунтов с числом пластичности более 12 требуется повышенный расход битума или дегтя. Эти грунты после закрепления менее водоустойчивы, чем обработанные супесчаные грунты. Применение указанных грунтов более эффективно при предварительном улучшении их скелетными добавками в количестве 20—50% с целью получения гранулометрического состава грунта, близкого к оптимальному.

В районах, в которых укрепленные грунты находятся в условиях недостаточного увлажнения (IV, V и частично III дорожно-климатические зоны), суглинистые и тяжелосуглинистые грунты с числом пластичности менее 17 могут применяться и без внесения гранулометрических добавок. Глинистые грунты с числом пластичности более 17 следует улучшать гранулометрическими добавками.

27. Солонцы и солонцеватые грунты с числом пластичности более 12, содержащие поглощенного натрия более 20% от емкости поглощения, не рекомендуется использовать для обработки органическими вяжущими материала-

ми путем улучшения их песчаными добавками, так как указанные грунты, вследствие большой плотности и сцементированности значительно труднее поддаются разрыхлению, чем незасоленные грунты.

Солонцеватые грунты, содержащие поглощенного натрия менее 20% от емкости поглощения, можно улучшать песчаными добавками в том случае, если число пластичности этих грунтов не превышает 17.

28. В качестве добавок рекомендуется применять крупнозернистый песок, гравий, щебень, шлак, дресву, ракушку, опоку и т. д. Наибольшая величина частиц скелетных материалов должна быть: при устройстве покрытий — 25 *мм*, оснований — 40—50 *мм*.

29. Из суглинистых и глинистых разновидностей грунтов наиболее пригодными для укрепления битумами и дегтями являются карбонатные грунты в силу приобретения ими после укрепления битумом или дегтем более высокой водоустойчивости по сравнению с некарбонатными грунтами. При возможности выбора грунтов во всех случаях нужно отдавать предпочтение карбонатным разновидностям.

30. При комплексных методах укрепления суглинистых и глинистых грунтов следует наиболее широко применять добавку извести в сочетании с органическими вяжущими материалами, особенно в условиях II климатической зоны.

Применение извести и битума позволяет производить обработку грунтов с повышенной влажностью (на 2—3% выше максимальной молекулярной влагоемкости) и снизить расход органического вяжущего материала.

Жидкие битумы и дегти

31. Для укрепления грунтов следует применять жидкие нефтяные битумы, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 1972-52, жидкие каменноугольные дегти, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 4641-49, а также торфяные дегти, удовлетворяющие требованиям, приведенным в приложении 2.

32. Жидкие нефтяные битумы могут быть как заводского приготовления, так и составленными на месте производства работ путем разжижения твердых битумов марок I, II, III.

Для получения жидких битумов класса А следует применять в качестве разжижителя лигроино-керосиновые фракции нефти, а класса Б — нефть, мазут, тяжелые крекинг-остатки и другие тяжелые разжижители.

В качестве жидких битумов могут быть также использованы тяжелые высокосмолистые нефти, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 1972-52. Каменноугольные дегти могут применяться как сырые, так и составленные на месте производства работ из пека, антраценового масла или из пека и сырого дегтя. Составленные дегти могут быть приготовлены из низкотемпературных пека или дегтя и масла.

33. Выбор марки жидкого битума или дегтя производится в зависимости от гранулометрического состава грунта, климатических условий района и погодных условий в период производства работ.

В районах с большой продолжительностью строительного сезона (более 120 дней) и средним количеством осадков на календарный день в сезоне менее 2 *мм* допускается применять жидкие битумы классов А и Б и каменноугольные дегти. В районах с продолжительностью строительного сезона 80—120 дней, а также в районах со средним количеством осадков на календарный день в сезоне от 2 до 3 *мм* следует применять для обработки грунтов жидкие битумы класса А и каменноугольные дегти.

34. По условиям удобообрабатываемости грунтов при смешении грейдерами или другими простейшими механизмами следует применять для обработки песчаных и супесчаных грунтов более вязкие битумы или дегти марок А-IV или Б-IV, Д-III, а для обработки суглинистых грунтов менее вязкие битумы и дегти марок А-III, Б-III, Д-II.

При смешении грунтов передвижными смесителями для обработки песчаных и супесчаных грунтов следует применять вяжущие марок А-V, Б-V и Д-IV, а для обработки суглинистых грунтов — марок А-IV, Б-IV и Д-III.

35. На дорогах, проходящих через населенные пункты, не разрешается применять для поверхностной обработки каменноугольные дегти.

Укрепленные грунты, грунто-щебеночные и грунто-гравийные смеси

36. Укрепленные грунты и смеси с оптимальным количеством жидкого битума или дегтя, приготовленные в лаборатории при проектировании составов смесей при оптималь-

ной влажности или взятые из готового основания и покрытия в виде вырубок, должны удовлетворять требованиям, указанным в табл. 3 и 4.

3. Проектирование состава смесей

37. Состав смеси проектируется с учетом ее назначения, а также свойств и стоимости применяемых материалов. При этом определяются наиболее рациональные технико-экономические соотношения битума или дегтя и минеральных материалов в смеси.

38. Проектирование включает:

а) выбор метода укрепления грунта с учетом климатических условий района и свойств местных грунтов, являющегося наиболее выгодным в технико-экономическом отношении;

б) выбор и определение наилучшего соотношения минеральных составляющих с целью получения оптимального гранулометрического состава, характеризующегося кривыми, изображенными на рис. 2;

в) определение оптимальной влажности смесей;

г) определение оптимального содержания жидкого битума или дегтя в смеси;

д) определение оптимального количества химических добавок;

е) определение физико-механических показателей смеси запроектированного состава и установление соответствия этих показателей требованиям к укрепленному грунту, указанным в табл. 3 и 4.

39. Подбор состава смесей и их испытания выполняются в лаборатории в соответствии с требованиями, изложенными в приложении 3.

40. Ориентировочный расход битумов и дегтей при укреплении грунтов указаны в табл. 5.

Необходимо учитывать, что расход (по весу) нефтяных битумов примерно на 10—20% меньше, чем каменноугольных дегтей, имеющих больший удельный вес.

Кроме оценки качества смесей по физико-механическим свойствам, качество готовых смесей контролируется по содержанию в них агрегатов крупнее 5 *мм*, количество которых в смеси должно быть не более 15% от объема смеси.

Таблица 3

Требования к укрепленным грунтам

Физико-механические свойства грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами и комплексными добавками	Показатели свойств	
	для нижних слоев оснований[1]	для верхних слоев оснований и покрытий
Объемный вес[2] в *г/см*³	Не менее 1,95	Не менее 1,95
Коэффициент уплотнения[3]	0,95	0,95
Полное водонасыщение под вакуумом в % (по объему)	Не определяется	Не более 15
Набухание в %	То же	6
Капиллярное водонасыщение под вакуумом в % (по объему)	3	Не определяется
Глубина погружения конуса в водонасыщенный образец в *мм* . . .	Не более 10	Не более 8
Прочность при сжатии образцов водонасыщенных под вакуумом при 20° в *кг/см*²	Не определяется	Не менее 3
Дополнительно рекомендуется: модуль деформации укрепленного грунта в водонасыщенном состоянии в *кг/см*²	То же	Не менее 300

[1] Показатели свойств даны для нижних слоев оснований под асфальтобетонные и облегченные покрытия и для оснований под цементно-бетонные покрытия.

При стадийном строительстве автомобильных дорог и необходимости пропуска движения по нижнему слою основания требования к последнему должны быть те же, что и к покрытиям.

[2] Объемный вес для супесчаных грунтов должен быть не менее 2,1.

[3] Коэффициент уплотнения определяется только при оценке качества готового основания или покрытия.

Таблица 4

Требования к укрепленным грунто-гравийным и грунто-щебеночным смесям

Физико-механические свойства грунто-гравийных и грунто-щебеночных смесей, укрепленных органическими вяжущими материалами	Показатели свойств
Объемный вес в *г/см*³	Не менее 2,1
Коэффициент уплотнения	0,95
Водонасыщение под вакуумом в % (по объему)	Не более 8

Продолжение

Физико-механические свойства грунто-гравийных и грунто-щебеночных смесей, укрепленных органическими вяжущими материалами	Показатели свойств
Набухание в %	Не более 4
Прочность при сжатии сухих образцов в *кг/см²*:	
при 22°	Не менее 8
„ 50°	„ „ 5
Прочность при сжатии водонасыщенных под вакуумом образцов при 20° в *кг/см²*	„ „ 5

Таблица 5

Расход вяжущих материалов (ориентировочный)

Наименование грунтов	Оптимальная влажность в % от веса грунта	Оптимальное количество жидкого битума (безводного) в % от веса минеральной смеси	Оптимальное количество жидкого каменноугольного дегтя (безводного) в % от веса минеральной смеси	Оптимальное количество химических добавок в % от веса минеральной смеси		Оптимальное количество добавок дегтей и пека в % от веса битума
				извести (из расчета на CaO)	хлористого кальция (из расчета безводного)	
Супеси с числом пластичности 3—7 . . .	4—7	5—8	6—9	—	—	—
Суглинки с числом пластичности:						
7—17	6—10	5—12	6—14	3—4	1—1,5	10—15
17—25	10—15	8—15	10—18	4—5	1,5—2	10—20
Грунто-гравийные и грунто-щебеночные смеси	3—5	4—7	5—7	2—3	—	—

Примечание. Под оптимальной влажностью понимается влажность, обеспечивающая наилучшее уплотнение и формирование слоев. Для пылеватых разновидностей грунтов оптимальная влажность находится в тех же пределах, что и для грунтов непылеватых. Оптимальное количество жидкого битума или дегтя для пылеватых разновидностей грунтов на 1,5—2% больше, чем для непылеватых.

4. Технология устройства оснований и покрытий

Подготовка грунтового основания

41. Земляное полотно автомобильных дорог и грунтовое основание покрытия на аэродромах должны отвечать требованиям действующих норм и технических условий.

Коэффициент уплотнения грунтового основания или земляного полотна должен быть перед укладкой смеси не ниже 0,95.

Поверхность грунтового основания должна быть ровной, так как от этого зависит ровность поверхности искусственного основания или покрытия, а также расход смеси.

42. Во время укладки и уплотнения смеси влажность грунтового основания или земляного полотна не должна превышать оптимальную. Укладка смеси на переувлажненный грунт не допускается.

Подготовка грунта для смешения

43. Для устройства оснований и покрытий из укрепленного грунта в зависимости от способа производства работ может быть использован грунт как земляного полотна, так и из резерва.

44. При применении дорожных фрез, прицепных и самоходных смесительных машин работы могут производиться как с устройством в земляном полотне корыта, так и без последнего. При производстве работ в корыте необходимо принимать меры:

а) против осыпания грунта обочин в корыто и попадания его в смесь;

б) по дополнительному уплотнению смеси у стенок корыта, где уплотнение не достигает расчетного значения, а уплотнение движением по прилегающим к обочинам полосам (при наличии стенок корыта) затруднительно;

в) по отводу воды при выпадении осадков, так как скопление воды влечет повышенное увлажнение грунта основания и смеси.

При устройстве оснований и покрытий без корыта необходимо периодически доставлять грунт для присыпки обочин до уровня основания или покрытия.

45. При заготовке грунта производятся его разрыхление и размельчение до требуемого агрегатного состава (количество агрегатов (комков) более 5 *мм* не должно превышать 15% от общего объема грунта.

Заготовку грунта производят исходя из потребной толщины слоя с учетом коэффициента уплотнения смеси.

Коэффициент уплотнения грунтов, обрабатываемых битумом или дегтем, принимают 1,4—1,6.

46. Разрыхление и размельчение грунта производят грейдерами или специальными фрезами типа Д-272 и др., боронами (дисковыми или пружинными) или культиваторами.

Количество проходов механизмов для размельчения зависит от плотности и влажности грунта. На легких грунтах требуется произвести до двух проходов, а на тяжелых — 6. Размельчение связных грунтов (суглинистых) рекомендуется производить при влажности грунта, близкой к величине его максимальной молекулярной влагоемкости, ориентировочное значение которой указано в табл. 6.

Таблица 6

Величины максимальной молекулярной влагоемкости связных грунтов

Наименование грунтов	Число пластичности	Максимальная молекулярная влагоемкость в %
Легкие суглинки	7–12	10—12
Тяжелые	12—17	12—18
Глина	17—25	18—22

47. При недостаточной влажности суглинистых грунтов перед размельчением следует их увлажнить до максимальной молекулярной влагоемкости.

48. При улучшении гранулометрического состава грунта добавками последние завозят и равномерно распределяют по ширине обрабатываемой полосы, после чего производят одновременное размельчение грунта и перемешивание его с добавками.

Размельчение и перемешивание связных грунтов (суглинистых и глинистых) с добавками производят при влажности грунтов, близкой к величине максимальной молекулярной влагоемкости.

49. При необходимости улучшения грунта химическими добавками последние вводятся в предварительно разрыхленный и размельченный грунт.

50. При добавке извести последняя вводится в грунт в виде пушонки (свежепогашенной) или молотой кипелки.

Россыпь извести по ширине обрабатываемой полосы производится распределителем цемента или другими машинами, применяемыми в сельском хозяйстве для распределения удобрений. Смешение грунта с известью осуществляется фрезой, а при отсутствии последней — автогрейдерами.

Смешение грунтов с известью-пушонкой или молотой кипелкой должно производиться при влажности грунта не ниже величины его максимальной молекулярной влагоемкости.

При применении негашеной извести влажность обработанного грунта может быть на 2—3% больше величины молекулярной влагоемкости, так как негашеная известь поглощает воду, содержащуюся в грунте, и устраняет необходимость просушки грунта перед обработкой его вяжущим.

51. Хлористый кальций или другие соли вводят в грунт в виде растворов. Для обеспечения реакции между вводимыми солями и грунтом влажность грунта во время смешения должна быть на 2—3% больше максимальной молекулярной влагоемкости грунта.

Разлив хлористого кальция на слой обрабатываемого грунта производят поливо-моечными машинами (ПМ-8 или ПМ-6) или гудронатором равномерно по слою обрабатываемого материала из расчета 2,5 $л/м^2$ за один прием.

Перемешивание грунта с водными растворами неорганических солей производят автогрейдером (2—3 прохода по одному месту) или фрезами с последующим частичным просушиванием грунта и размельчением его фрезой.

52. Грунт, подготовленный для обработки вяжущим, в случае необходимости собирается в продольный валик. Ширина валика зависит от применяемых механизмов для смешения грунта с вяжущим.

При применении для смешения смесителя Д-370 ширина валика не должна превышать ширину шнека погрузчика смесителя.

Перед обработкой вяжущим объем подготовленного грунта проверяют путем замера объема валика или же взрыхленного слоя.

Подготовка и разлив вяжущих материалов

53. При наличии жидких битумов заводского приготовления, а также сырых дегтей требуемой вязкости подготовка их на базе сводится к подогреву до необходимой рабочей температуры.

Рабочие температуры битумов и дегтей различных марок приведены в табл. 7. Нагревание битумов и дегтей выше указанных температур не допускается.

Таблица 7

Рабочие температуры нагрева битумов и дегтей

Наименование вяжущих	Температура нагрева в град.		
	50—60	60—80	80—100
Битумы нефтяные	А-II Б-II А-III Б-III	А-IV Б-IV — —	А-V Б-V — —
Дегти каменноугольные . . .	Д-II	Д-III	Д-IV

При наличии твердых битумов марок I, II, III производится их разжижение до необходимой вязкости.

54. Соотношение твердого битума и разжижителя для получения жидкого битума необходимой марки устанавливается в каждом отдельном случае лабораторией. Приготовление жидких битумов из твердых битумов производится следующим образом: твердый битум разогревают в котле до требуемой температуры с одновременным перемешиванием, после чего добавляют разжижитель при постоянном перемешивании. Когда жидкий битум подготовлен, в лаборатории определяют его вязкость.

При применении легких разжижителей смешение с ними твердого битума производят при температуре 80—100°. При этом битум должен быть предварительно обезвожен и все топки при добавке разжижителя должны быть погашены. При применении тяжелых разжижителей твердые битумы должны быть обезвоженными, а их смешение производится при температуре до 120°.

55. Составленный деготь приготовляют из пека и каменноугольного масла или сырого дегтя. Соотношение пека и масла или сырого дегтя устанавливается лабораторией. Пек дозируется по весу, масло или сырой деготь — по объему с учетом удельного веса. Пек загружают в котел и подогревают до температуры 150° при постоянном перемешивании до полного расплавления. После этого подогрев прекращают и добавляют в пек масло или сырой деготь с тщательным перемешиванием. В лаборатории устанавливают вязкость составленного дегтя.

Приготовление битума с добавкой омыленного древесного пека производится в соответствии с указаниями, изложенными в приложении 4. При применении битума с добавкой дегтя приготовление битума производится путем смешения его с предварительно обезвоженным дегтем при температуре 60—70°.

56. Распределение вяжущего производится в зависимости от типа смесительных машин или непосредственно в процессе перемешивания (при применении смесителя Д-370 или фрезы типа Д-272), или при смешении автогрейдерами путем предварительного разлива с помощью гудронаторов или цистерн, специально оборудованных распределителями. Во всех случаях требуется обеспечить равномерное распределение вяжущего.

При смешении грейдерами и фрезами для обеспечения равномерного распределения вяжущего гудронатором и облегчения процесса перемешивания разлив вяжущего необходимо производить в несколько приемов, число которых назначается с учетом общего расхода битума или дегтя. При первом разливе норму расхода битума или дегтя назначают наибольшую — 4—6 *л/м*^{2}; при окончательном разливе должно расходоваться не более 1,5—2,5 *л/м*^{2}.

Смешение грунта с вяжущим

57. Обработка грунта вяжущим в дорожном строительстве может производиться непосредственно на дороге, на ее обрезе или на специально подготовленных площадках. При строительстве аэродромов смешение производится, как правило, на месте устройства покрытия или основания.

58. Для смешения грунта с вяжущим в качестве смесительных машин и механизмов используются: прицепные, навесные, самоходные фрезы, самоходные и прицепные смесительные машины, автогрейдеры и грейдеры, смесительные установки передвижного и стационарного типов.

59. Смешение грунта с вяжущим автогрейдерами или фрезами должно производиться в сухую погоду при температуре воздуха и грунта не ниже +15°. Работа при более низких температурах и при дожде не разрешается.

В районах с частыми осадками обработка грунта вяжущими и смешением на месте затруднена вследствие частых перерывов в работе, повышенной влажности и сравнительно низкой температуры грунта. Поэтому наиболее целесообразным в этих случаях является приготовление смеси на базах в стационарных смесителях.

На базах при применении смесительных машин порционного действия с принудительным перемешиванием и с введением вяжущего, подогретого до 80°, смешение может производиться при температуре грунта и воздуха не ниже +5°.

Обработанные грунты предварительной заготовки могут храниться в штабелях на базах или на обрезе дороги. При этом существенного изменения свойств смесей не происходит.

Применение предварительно заготовленного обработанного грунта позволяет расширить строительный сезон и обеспечить непрерывность работ в периоды выпадения осадков и пониженных температур, когда смешение на месте практически невозможно.

60. При заготовке обработанного грунта на базах (карьерах) целесообразно использовать грунты оптимального состава или производить улучшение грунта добавками песка, гравия или щебня.

При смешении грунта с вяжущим при помощи автогрейдеров, грейдеров или фрез после каждого разлива вяжущего производят перемешивание (2—3 прохода механизмов) и перемещение грунта. После последнего разлива вяжущего производят окончательное перемешивание грунта путем поочередного перемещения его от оси к обочинам или от одной обочины к другой и обратно.

Нож грейдера при перемешивании устанавливают с таким расчетом, чтобы ширина захвата была в пределах 1,5—2 *м*. Острие ножа устанавливают параллельно основанию.

61. Максимальная толщина слоя грунта в рыхлом теле при перемешивании грунта с вяжущим автогрейдером или грейдером не должна превышать 15—18 *см*.

Смеситель Д-370 за один проход обеспечивает приготовление слоя смеси толщиной 12 *см* в рыхлом теле при ширине полосы 7 *м*.

62. Перемешивание размельченного грунта с вяжущим должно производиться при влажности грунта, меньшей величины его молекулярной влагоемкости.

После выпадения осадков необходимо обеспечить достаточное просыхание грунта основания и смеси (до требуемой влажности). Невыполнение этих условий приводит, как правило, к преждевременному разрушению слоев из обработанного грунта и неудовлетворительной службе конструкции в целом.

63. Готовую смесь разравнивают равномерным по толщине слоем с приданием проектного поперечного уклона. Профилирование готовой смеси производят автогрейдером, окончательную отделку спрофилированной поверхности — утюгом или специальными приспособлениями.

Уплотнение смесей

64. После окончания планировки готовой смеси производят уплотнение катками отдельно каждого слоя покрытия или основания.

Для уплотнения обработанных грунтов используются катки легкого и среднего веса. В начале укатки должны быть применены легкие катки весом 5—6 *т* (4—6 проходов по одному месту), а затем укатку производят катками весом 10 *т*.

Наиболее эффективное уплотнение достигается катками на пневматических шинах. При их применении не образуется разрывов в уплотняемом слое и достигается более равномерное уплотнение слоя при большей его толщине, чем при применении катков с гладкими металлическими вальцами.

При применении для уплотнения моторных катков с гладкими металлическими вальцами максимальная толщина уплотняемого слоя не должна превышать 10 *см*. При использовании катков на пневматических шинах толщина уплотняемого слоя может быть увеличена до 12—15 *см*.

65. Уплотнение смесей должно производиться при оптимальной влажности (см. табл. 5). Для обеспечения требуемого уплотнения сухую смесь необходимо перед укаткой увлажнить до оптимальной влажности.

При уплотнении укрепленного грунта с влажностью выше оптимальной необходимое уплотнение не достигается. На поверхности образуются волны, мелкие трещины, развивающиеся при высыхании смеси. Поэтому переувлажненная смесь перед планировкой и уплотнением должна быть просушена.

66. Уплотнение слоев из укрепленного грунта производится по параллельной схеме, начиная от обочин, с постепенным смещением полос укатки к оси. При проходе по смежной полосе укатки перекрытие катком следа предыдущей полосы должно быть не менее 20—25 *см*.

К началу укатки слоя со стороны обочин должны быть созданы достаточно устойчивые упоры из грунта или грунтовой смеси.

67. Необходимо обеспечить особо тщательную укатку краев покрытия, так как слабые кромки подвержены разрушению от воздействия воды и колес. По крайним полосам необходимо увеличить число проходов катка на 20—25%.

Уплотнение слоев из укрепленного грунта на дорогах может быть произведено колесами автомобилей при сравнительно большой интенсивности движения и отсутствии тяжелых автомобилей. При этом необходимо регулирование движения для обеспечения его равномерности.

Для окончательного уплотнения оснований и покрытий из укрепленных грунтов после их укатки катками рекомендуется на 15—20 дней открывать по ним движение автомобилей, однако не допуская в это время образования на них деформаций.

68. После уплотнения готовой смеси, используемой в качестве покрытия, производится одиночная или двойная поверхностная обработка, назначаемая в зависимости от интенсивности движения.

5. Технический контроль

69. Технический контроль при устройстве покрытий и оснований из грунтов, укрепленных битумами или дегтями, методом смешения на месте заключается в проверке качества применяемых материалов (грунта, битума или дегтя), соблюдения требуемого технологического режима работ и качества готового покрытия или основания.

70. Контроль за качеством применяемых грунтов предусматривает:

а) определение гранулометрического состава;

б) определение числа пластичности.

В случае предполагаемого засоления грунта производится определение количества содержащихся в нем легкорастворимых солей и их состава, а также содержание поглощенного натрия. При определении пригодности грунта для устройства покрытий или оснований следует пробы грунта отбирать в резерве, а при контроле качества грунта в процессе производства работ — в резерве (во время заготовки) или из валика. На каждые 200—300 $м^3$ грунта отбирают среднюю пробу для анализа.

71. Контроль за качеством применяемого битума или дегтя предусматривает:

а) проверку соответствия их свойств требованиям ГОСТов, указанным в пп. 31 и 32;

б) определение содержания в битуме или дегте свободной воды;

в) измерение температуры битума или дегтя при приготовлении и разливе.

При приготовлении разжиженного битума в лаборатории предварительно определяют необходимое для получения заданной марки соотношение битума и разжижителя, а при приготовлении составленного дегтя — пека и каменноугольного масла или сырого дегтя (смолы).

Подбор состава компонентов производят по кривым изменения вязкости.

Для построения кривых изменения вязкости приготовляют ряд составов с различными соотношениями битума и разжижителя или пека и разжижителя и определяют их вязкость. На графике по оси абсцисс откладывают процент разжижителя в смеси, а на оси ординат — соответствующую вязкость. Полученные точки соединяют и по пределам величины вязкости для различных марок определяют необходимое соотношение битума или пека и разжижителя.

Определение свойств битума или дегтя заводского приготовления производят один раз для каждой партии полученного вяжущего, а для составленного битума или дегтя — для каждого подобранного состава. Кроме этого, из каждого готового котла битума или дегтя должна быть взята проба на вязкость.

В процессе приготовления битума или дегтя измерение температуры производят термопарой или термометром. В последнем случае пробу отбирают специальным черпаком на длинной ручке, в котором и измеряют температуру. Готовый битум или деготь должен иметь температуру в пределах, указанных в табл. 7.

72. Контроль за соблюдением требуемого технологического режима предусматривает определение:

а) постоянства объема заготовленного для обработки грунта;

б) влажности грунта и смеси;

в) правильности дозирования битума или дегтя и равномерности их разлива;

г) постоянства объема готовой смеси;

д) равномерности и правильности распределения смеси и соблюдения заданной толщины в неуплотненном состоянии;

е) правильности ведения укатки.

Постоянство объема грунта или смеси проверяется шаблоном через каждые 100—200 *пог. м.*

Проверку влажности заготовленного грунта производят с целью доведения его влажности до оптимальной. При влажности, недостаточной для разрыхления связных грунтов, устанавливают объем дополнительного количества воды. Обработку несвязных грунтов (супесчаных и пылеватых) можно производить и при недостатке влаги в грунте, но при этом влажность грунта должна быть также определена для установления количества воды, которую нужно разлить при укатке смеси. Если влажность грунта выше оптимальной, необходимо до начала обработки просушить его дополнительным перемешиванием.

Равномерность разлива битума или дегтя и число разливов контролируют по журналу разлива.

73. Контроль за качеством устройства покрытия или основания предусматривает определение качества готовой смеси и готового покрытия или основания.

Оценка качества готовой смеси производится путем проверки:

а) качества укрепленных битумом или дегтем грунтов по внешним признакам (цвет, равномерность перемешивания, однородность, наличие недостатка или избытка битума или дегтя и т. п.);

б) соответствия физико-механических свойств смесей техническим требованиям, указанным в табл. 3 и 4.

Для определения качества смеси отбирают пробы из готовой смеси не менее одной на каждые 0,5 *км* дороги или на каждые 200—250 $м^3$ смеси.

При оценке качества смеси по внешним признакам необходимо руководствоваться следующими признаками.

Хорошо перемешанная смесь при оптимальном количестве битума или дегтя и воды не должна содержать необработанных минеральных частиц, отдельных комков грунта и сгустков битума или дегтя. Хорошая смесь с жидким битумом имеет темно-коричневый цвет, а с дегтем — почти черный цвет; только самые крупные частицы имеют более светлую окраску.

Смесь с недостатком жидкого битума или дегтя, если она не мокрая, имеет серый или светло-коричневый цвет. Крупные частицы в ней кажутся не обработанными битумом или дегтем; при сжимании смеси рукой комка не получается.

Смесь с избытком жидкого битума или дегтя имеет жирный вид, является избыточно черной и блестящей, пачкает руки, трудно перемешивается и легко комкуется.

Если при проверке выявляется, что заготовленная смесь неоднородна по качеству (имеются места с избытком и с недостатком битума или дегтя), устройство покрытия или основания из нее не допускается.

Исправить неоднородную смесь можно путем отбора из валика части сухой смеси и перемещения ее в валик на участок, где смесь имеет избыток битума или дегтя; одновременно часть смеси с избытком битума или дегтя следует перевезти и добавить к сухой смеси. В последующем производится дополнительное перемешивание смеси. Явно недоброкачественную смесь из валика удаляют и заменяют ее смесью требуемого качества из резервного валика.

74. Определение физико-механических свойств смесей производится лабораторными методами, изложенными в приложении 3. Оценку качества готового покрытия или основания производят на основании определений:

а) соответствия поперечного профиля проектному, ровности и толщины слоя уплотненного покрытия или основания;

б) степени уплотнения покрытия или основания;

в) соответствия физико-механических свойств образцов (вырубок), взятых из покрытия или основания, техническим требованиям, указанным в табл. 3 и 4.

Ровность уплотненного покрытия или основания проверяют 3-*м* рейкой. Просвет между рейкой и уплотненной поверхностью не должен превышать 10 *мм* для дорог и 5 *мм* — для аэродромов.

Толщина покрытия или основания должна быть проверена после уплотнения катком.

Степень уплотнения покрытия или основания проверяют по величине объемного веса вырубленного образца. Объемный вес вырубки после уплотнения катками должен быть не менее 0,9 объемного веса образца, переформованного при оптимальной влажности под нагрузкой 300 *кг/см*^{2} для укрепленного грунта и 400 *кг/см*^{2} для укрепленной грунтощебеночной и грунто-гравийной смесей.

Под действием проезда транспорта и в зависимости от числа проходящих машин плотность покрытия спустя 2—4 недели после открытия по нему движения должна достигать 0,95 плотности переформованного образца.

Плотность покрытия и его толщину проверяют пробными вскрытиями при приемке не менее чем один раз на каждый километр дороги или на каждые 5000 $м^2$ на аэродромах.

Проверку ширины и уклонов покрытия при приемке производят на каждом пикете (100 *пог. м*).

IV. УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

1. Общие и конструктивные требования

75. Конструктивные слои из грунтов, укрепленных цементом, при строительстве и реконструкции дорог и аэродромов следует применять для устройства :

1) оснований или подстилающих слоев одежд с асфальтобетонными или цементно-бетонными покрытиями;

2) подстилающих слоев, оснований и покрытий одежд облегченного типа;

3) оснований и покрытий на проездах, площадях, тротуарах, парковых дорожках и др.

76. В дорожном строительстве для устройства подстилающих слоев, оснований и покрытий, помимо портланд-цемента, допускается применять известь.

77. Цементно-грунтовые основания и покрытия проектируются в соответствии с общими требованиями, указанными в пп. 8—12.

Дозировка вяжущих материалов и гранулометрических добавок (в случае необходимости применения последних) и получаемая прочность грунтов, укрепленных вяжущими материалами, устанавливаются на основании лабораторных исследований в соответствии с методами и требованиями, изложенными в приложении 5.

78. При предварительных подсчетах потребного количества цемента или извести для укрепления грунтов следует принимать ориентировочные нормы расхода вяжущих материалов, указанные в табл. 8.

79. При проектировании равнопрочных цементно-грунтовых оснований и покрытий взамен каменных или гравийных необходимо руководствоваться требованиями действующей «Инструкции по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа».

Таблица 8

Нормы расхода цемента или извести (ориентировочные) в *кг/м*³

Наименование укрепляемых грунтов	Для покрытий	Для оснований
Грунты оптимального состава, не содержащие гумуса	175—200	125—175
Тяжелые супеси и легкие суглинки с малым содержанием гумуса (<1%), а также мелкозернистые однородные пески	200—225	150—175
Пылеватые, тяжелосуглинистые грунты с малым содержанием гумуса	225—250	175—225
Черноземные почвы	225—275	200—250

Цементо-грунт, применяемый на автомобильных дорогах для устройства подстилающего слоя, должен иметь модуль деформации не менее 400 *кг/см*²; для устройства оснований или покрытий — не менее 900 *кг/см*².

Примеры рекомендуемых конструкций дорожных одежд с цементно-грунтовыми или известково-грунтовыми основаниями приведены на рис. 3.

80. Цементно-грунтовое основание или покрытие может устраиваться в один или два слоя, в зависимости от требований к его прочности. При этом необходимо учитывать, что толщина каждого слоя должна быть не менее 8 *см* и не более 20 *см* в плотном теле.

81. Земляное полотно и грунтовое основание дорожных и аэродромных одежд из укрепленных грунтов должны удовлетворять действующим техническим требованиям.

Грунты, не пригодные или мало пригодные для укрепления цементом (см. пп. 80 и 81), следует укладывать в нижние слои насыпи и применять для устройства обочин.

82. Особенности грунтов, принятый метод работ, тип конструкций, качество вяжущих материалов и т. п. должны быть учтены в плане организации работ.

2. Требования к материалам

Грунты

83. Для укрепления цементом или известью пригодны песчаные, супесчаные, суглинистые, пылеватые грунты и глины различных генетических типов.

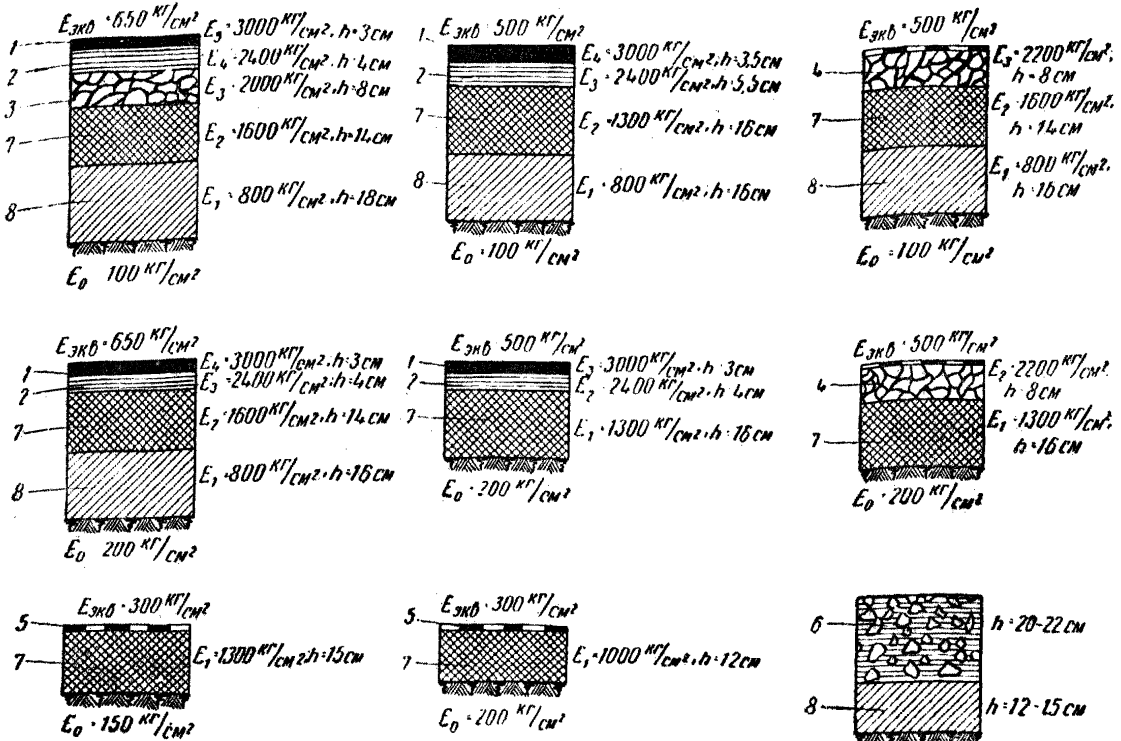

Рис. 3. Примерные схемы конструкций дорожных одежд с цементно-грунтовыми основаниями

1 — асфальтобетонное покрытие (верхний слой); *2* — асфальтобетонное покрытие (нижний слой); *3* — черный щебень или пропитка; *4* — черный щебень с поверхностной обработкой; *5* — двойная поверхностная обработка; *6* — цементно-бетонное покрытие; *7—8* — цементно-грунтовое покрытие или основание

Тяжелосуглинистые грунты, подвергаемые укреплению в естественном виде, должны иметь:

а) влажность границы текучести не более 45%;

б) число пластичности не более 17;

в) содержание частиц менее 0,002 *мм* не более 30%.

Глины с числом пластичности от 17 до 27, содержащие не больше 45% частиц менее 0,002 *мм,* могут укрепляться добавками цемента или извести лишь в случае применения комплексных методов укрепления с внесением гранулометрических (песчаных или гравийных) добавок или с применением химических веществ, способствующих уменьшению гидрофильности глинистых частиц и размельчению крупных агрегатов.

Жирные глины с числом пластичности более 27 и влажностью границы текучести более 55% укреплять цементом или известью не рекомендуется.

Чистые одномерные пески рекомендуется укреплять цементом или известью после предварительного введения в них добавок пылеватых, суглинистых или глинистых грунтов.

Примечание. Укрепление песчаных грунтов без введения добавок пылевато-глинистых частиц допускается при повышенном расходе цемента.

84. Наибольшая прочность и погодоустойчивость при наименьшем расходе цемента достигаются при обработке грунта оптимального гранулометрического состава.

Искусственное улучшение состава грунта до оптимального добавлением песчаных или связных грунтов должно осуществляться только при технико-экономической целесообразности проведения этих мероприятий.

В качестве гранулометрических добавок допускается применять мелкозернистые и пылеватые пески, однако следует отдавать предпочтение крупнозернистым пескам и особенно песчано-гравийным или песчано-щебеночным материалам.

При укреплении цементом или известью рекомендуется применять грунты следующих генетических типов:

а) покровные глины, суглинки и супеси;

б) лессы и лессовидные суглинки;

в) моренные глины, суглинки и супеси;

г) дерново-подзолистые и серые лесные грунты;

д) черноземы всех видов, в особенности их карбонатные разности;

е) каштановые почвы и сероземы;

ж) солонцеватые почвы, солонцы и некоторые виды солончаков.

При укреплении грунтов цементами предпочтение отдается карбонатным грунтам, которые приобретают после укрепления более высокую прочность по сравнению с некарбонатными.

Грунты гумусовых горизонтов дерново-подзолистых и полуболотных почв укреплять цементом или известью не рекомендуется. При проведении земляных работ эти грунты следует отсыпать в нижние слои насыпей.

Не рекомендуется укреплять цементом или известью черноземы, содержащие более 10% по весу гумусовых веществ, а также грунты, содержащие более 10% гипса.

Нижние безгумусовые горизонты дерново-подзолистых и полуболотных грунтов, имеющих кислую реакцию (pH ниже 5), допускается укреплять цементом после предварительной нейтрализации добавкой извести.

85. Укрепление цементом или известью засоленных грунтов различных гранулометрических разновидностей, содержащих в своем составе легкорастворимые соли, допускается производить: при хлоридном и сульфатно-хлоридном засолении, когда содержание солей не превышает 5% (от веса грунта), при сульфатном и хлоридно-сульфатном засолении — 3%. При строительстве аэродромов содержание легкорастворимых солей в грунтах не должно превышать 1%.

При большем содержании солей вопрос о допустимости укрепления грунтов цементом на аэродромах решается после проведения специальных лабораторных исследований.

Если укрепляемые грунты содержат легкорастворимые сульфаты в количестве не более 5%, то рекомендуется нейтрализовать их вредное действие на цемент путем введения 1—2% извести-пушонки или 1% хлористого кальция.

Цементы и известь

86. Цементы, применяемые для укрепления грунтов, должны удовлетворять требованиям ГОСТ 970—41.

При укладке цементо-грунта в основание и в покрытие следует применять нормальные или алитовые портланд-цементы марки не ниже 400.

При укладке цементо-грунта в подстилающий слой, а также в IV и V климатических зонах, где совместное

действие мороза и воды исключено, допускается применять цементы более низких марок (200—150), в том числе и шлаковые портланд-цементы.

Для аэродромов во всех случаях применяется портланд-цемент марки не ниже 400.

Потеря при прокаливании для цементов, применяемых при укреплении грунтов, не должна превышать 2%.

87. В южных районах с коротким зимним периодом (IV и V климатические зоны) на автомобильных дорогах IV и V категорий для устройства подстилающего слоя, а также на местных дорогах с небольшим движением, кроме цементов указанных выше видов и марок, после предварительной лабораторной проверки могут также применяться цементы:

а) гипсошлаковые марки 200 и выше, отвечающие требованиям ГОСТ 2543-44;

б) известково-шлаковые марки 100 и выше, отвечающие требованиям ГОСТ 2544-44;

в) пуццолановые марки 200 и выше, отвечающие требованиям ГОСТ 970—41.

При укреплении грунтов в целях повышения механической прочности цементо-грунта и уменьшения расхода цемента желательно применять тонкомолотые портланд-цементы с большой удельной поверхностью, в том числе пластифицированные портланд-цементы.

88. При укреплении грунтов известью должна применяться известь I или II сорта, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 1174-51. При этом известь может быть как гашеной (в виде пушонки), так и негашеной (в виде молотой извести-кипелки). Применение извести для укрепления грунтов допускается в период не позже 30 дней после гашения или помола.

При активности молотой кипелки менее 70% применение ее для укрепления грунта становится нецелесообразным, так как эффект от введения такой кипелки ниже, чем при добавке пушонки.

Молотая негашеная известь, применяемая для укрепления грунта, должна отвечать ГОСТ 5803-51. Марка извести по прочности должна быть не менее 25.

89. В целях уменьшения испарения влаги из цементо-грунта (при жарком и сухом климате), повышения его морозоустойчивости, а также для ускорения процессов твердения цемента рекомендуется добавлять в смесь хлористый кальций в количестве от 0,5 до 1% от веса смеси.

Хлористый кальций в виде раствора вводится в грунт в процессе увлажнения цементо-грунтовой смеси до оптимальной влажности.

90. Вода, применяемая для цементо-грунта, должна иметь водородный показатель pH не менее 4, не содержать сульфатов более 5 *г/л* (в пересчете на SO_4) и не иметь примесей гумусовых веществ. Вода, употребляемая для питья, пригодна для работ без предварительного анализа.

Укрепленные грунты и смеси

91. Прочность цементно-грунтовых образцов, приготовляемых в лаборатории, после 28-суточного твердения во влажных условиях должна удовлетворять требованиям, приведенным в табл. 9.

Таблица 9

Показатели прочности и водоустойчивости грунтов, укрепленных цементом или известью

Наименование испытаний	Класс прочности		
	I	II	III
Модуль деформации водонасыщенных образцов в *кг/см²*	Не менее 1 500	Не менее 1 000	Не менее 400
Предел прочности при сжатии для водонасыщенных образцов в *кг/см²*	Не менее 40	Не менее 20	Не менее 10
Влагоемкость после пятикратного цикла водонасыщения — высушивания или замораживания — оттаивания (по весу)	Не более 2% сверх оптимальной влажности	Не более 4% сверх оптимальной влажности	Не испытывается
Потери в весе после пятикратного или большего количества циклов замораживания — оттаивания или водонасыщения — высушивания в %	Не более 2; образцы не должны давать трещин		То же
Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов после прохождения циклов на водонасыщение — высушивание или замораживание — оттаивание в *кг/см²*	Не менее 30	Не менее 15	Не менее 3

Продолжение

Наименование испытаний	Класс прочности		
	I	II	III
Плотность уплотненной смеси (объемный вес скелета) в % от максимальной плотности, определяемой по методу стандартного уплотнения	Не менее 98	Не менее 98	Не менее 95
Влажность смеси при перемешивании и уплотнении	Не должна отклоняться от оптимальной более чем на ±2 %		
Содержание цемента в цементо-грунте после его перемешивания и уплотнения (по данным химических анализов)	Не должно отклоняться от установленной в лаборатории дозировки более чем на ±1,5 %		
Степень размельчения грунтовых агрегатов, определяемая по ситовому анализу: содержание комков крупнее 5 *мм* в % (по весу)	Не более 15%	Не более 15%	Не более 20%

Примечания. 1. Для аэродромных покрытий должен приниматься I класс прочности и для оснований—II класс прочности.

2. Для дорожных оснований при капитальных типах покрытий принимается I класс прочности, а для оснований с облегченными типами покрытий I или II класс прочности, в зависимости от интенсивности движения и климатической зоны.

3. Технология устройства оснований и покрытий

92. При укреплении грунта цементом или известью необходимо соблюдать следующие требования:

а) введение цемента или извести должно производиться в количестве, предусмотренном проектом, с равномерным распределением и перемешиванием вяжущего материала с грунтом;

б) в течение перемешивания, уплотнения и последующего твердения должна поддерживаться оптимальная влажность смеси;

в) готовая смесь должна уплотняться до требуемой плотности.

Количество добавляемого цемента или извести, оптимальную влажность смеси и необходимую плотность устанавливают в соответствии с указаниями, изложенными в приложении 5.

93. Цементно-грунтовые основания и покрытия устраивают преимущественно методом смешения на месте. При выполнении работ необходимо учитывать сроки схватывания цемента. Не должно допускаться подсыхание или переувлажнение смеси во время работ.

94. Все технологические операции по приготовлению и укладке смеси должны выполняться в течение одного рабочего дня.

Начатый цикл операций после внесения цемента в грунт не может быть приостановлен, так как это ведет к порче цемента. Поэтому длина участков, намечаемых к обработке в течение одного рабочего дня, должна соответствовать реальным производственным возможностям (с учетом наличного оборудования, рабочей силы, вяжущих материалов, грунтовых и погодных условий).

95. Работа по укреплению грунтов цементом включает ряд последовательных взаимосвязанных операций, дополняющих одна другую, которые должны выполняться в следующем порядке:

1) разрыхление и размельчение грунта;
2) дозировка и распределение цемента;
3) перемешивание цемента с размельченным грунтом;
4) увлажнение и перемешивание влажной цементно-грунтовой смеси;
5) профилирование цементно-грунтовой смеси;
6) уплотнение готовой смеси моторными или пневморезиновыми катками;
7) устройство покрытия или поверхностной обработки.

96. Необходимое размельчение грунта достигается тремя—пятью проходами по одному месту фрезы типа Д-396 или Д-272 по всей ширине обрабатываемой полосы.

Содержание комков грунта размером более 5 *мм* не должно превышать 15% от общего объема грунта.

97. При устройстве оснований или покрытий заготовленный на обочинах грунт, подлежащий укреплению, перемещается автогрейдерами в предварительно спланированное и укатанное корыто.

На участках высоких насыпей и выемок грунт, подлежащий укреплению, завозится скреперами или автомобилями на готовое земляное полотно.

98. Если проектом предусматривается улучшение грунта добавками песка или суглинка, то эта операция производится одновременно с рыхлением и перемешиванием грунта.

Рыхление и размельчение сухих глинистых и суглинистых грунтов облегчается при искусственном увлажнении их до влажности на 4—5% меньше оптимальной для данного грунта.

99. После разрыхления грунта и перемешивания его с гранулометрическими добавками (если это предусмотрено проектом) необходимо проверить фактическую влажность грунта полевым методом.

В случае, если влажность грунта превышает оптимальную более чем на 2%, необходимо продолжать перемешивание и размельчение грунта фрезой с целью его подсушивания.

В случае, если влажность грунта меньше оптимальной, слой грунта, подлежащий укреплению, необходимо спрофилировать и начинать распределение цемента.

100. Россыпь цемента производится специальными распределителями — дозировщиками цемента.

После россыпи цемента производится его смешение с грунтом на полную толщину слоя до получения однородной массы.

Перемешивание осуществляется за 2—4 прохода по одному месту фрезы типа Д-272, за один проход грунтосмесительной машины типа Д-391, а также другими грунтосмесительными машинами.

101. После перемешивания грунта с цементом определяют влажность смеси полевым методом и устанавливают путем расчета недостающее количество воды, которое должно быть дополнительно внесено в смесь до оптимальной влажности.

Величину оптимальной влажности данного грунта предварительно определяют в лаборатории.

Оптимальная влажность грунтов, необходимая для максимального их уплотнения и обеспечения нормального гидролиза цемента, зависит от генезиса и гранулометрического состава грунта.

Средние значения оптимальной влажности различных грунтов характеризуются следующими величинами: крупносупесчаных грунтов — 7—12% от веса цементо-грунта; мелкосупесчаных — 9—15%; суглинистых и пылеватых — 14—

20%; тяжелосуглинистых и глинистых грунтов и черноземов — 18% и более.

102. Разлив воды производится равномерно по всей ширине слоя предварительно распланированной цементно-грунтовой смеси. Для этой цели используют поливочные машины ПМ-8 и автоцистерны Д-351, количество которых назначается из расчета, чтобы весь участок был полит и перемешан в течение 2—3 час.

Введение хлористого кальция, в случае необходимости, в количестве 0,5—1% от веса смеси для повышения прочности цементо-грунта производится одновременно с увлажнением смеси ($CaCl_2$ вводится в виде раствора).

103. Перемешивание увлажненной смеси цементо-грунта на всю глубину слоя производится сразу после разлива воды и продолжается до получения однородной по влажности цементно-грунтовой смеси.

После перемешивания увлажненной смеси фрезой необходимо проверять однородность и степень увлажнения смеси.

Пробы для определения влажности отбираются по поперечникам через каждые 50—100 *пог. м* обрабатываемой полосы.

104. После окончания перемешивания влажной смеси и проверки однородности увлажнения производят ее планирование и уплотнение.

Поскольку схватывание цемента наступает через 3—6 час. после увлажнения смеси, необходимо, чтобы последняя была своевременно уплотнена до требуемой плотности. Все работы по приготовлению цементно-грунтовой смеси должны быть закончены с таким расчетом, чтобы укатка ее началась не позже, чем через 2—4 часа с момента увлажнения цементно-грунтовой смеси.

105. Уплотнение производят моторными катками вначале легкого веса (Д-83), а затем более тяжелыми (Д-265). Наиболее эффективное уплотнение цементо-грунта достигается при применении самоходных пневморезиновых катков типа Д-365 или прицепных пневморезиновых катков типа Д-236. При укатке цементо-грунта необходимо регулировать движение катков по ширине уплотняемой полосы, обращая особое внимание на уплотнение краев основания или покрытия.

При укатке моторными катками с гладкими вальцами дополнительный разлив воды влечет за собой нарушение ровности поверхности при последующих проходах катка,

так как верхний увлажненный слой цементо-грунта всегда будет прилипать к вальцам. В этом случае укатку следует производить после впитывания влаги на достаточную глубину.

При укатке пневморезиновыми катками или груженными автомобилями разлив воды способствует получению прочного и ровного основания.

106. Лучшее качество работ с большой производительностью обеспечивается при производстве работ комплектом машин, включающим однопроходную грунтосмесительную машину, силоцементовозы и самоходные пневморезиновые катки.

107. Уплотнение контролируют определением объемного веса цементо-грунта. Пробы берут из укатываемого слоя не реже чем через каждые 100 *пог. м.*

Уплотнение считается законченным, если достигнутая плотность составляет не менее 98% от плотности, установленной в полевой лаборатории методом стандартного уплотнения.

Определение плотности может производиться полевым методом при помощи влагомера-плотномера системы Ковалева.

108. В целях обеспечения благоприятных условий твердения цементо-грунта после его уплотнения производят россыпь песка слоем 5—7 *см* с поливкой водой 2—4 раза в день в течение двух недель. Вместо засыпки песком и поливки цементно-грунтового слоя допускается покрытие последнего защитными пленками, предохраняющими цементо-грунт от высыхания (битумные эмульсии, разжиженные битумы и др.).

В период твердения цементно-грунтового слоя движение по нему не допускается.

109. К моменту окончания работ по устройству цементно-грунтового основания или покрытия обочины подсыпают до проектных отметок и уплотняют до максимальной плотности при оптимальной влажности.

110. Перечисленные выше операции технологического процесса относятся к устройству цементно-грунтового основания в один слой.

При необходимости постройки цементно-грунтового основания в два слоя весь технологический процесс повторяется для каждого слоя в той же последовательности.

111. В местах, где затруднено применение метода смешения на месте, а также при малых расстояниях перевозки

материалов целесообразно осуществлять приготовление цементно-грунтовой смеси в стационарных установках с использованием смесителей с принудительным перемешиванием.

В этом случае улучшается качество смеси и возрастает точность дозировки цемента и воды, что повышает прочность укрепленного грунта в среднем на 20% по отношению к соответствующей прочности, достигнутой при методе смешения на месте. Для этой цели также может быть применена передвижная грунтосмесительная установка типа Д-370.

После окончания укатки, если проектом предусмотрено устройство асфальтобетонного или другого покрытия, укладка его производится при суглинистых и глинистых грунтах не ранее чем через 1 сутки после уплотнения цементно-грунтового слоя, а при песчаных и супесчаных грунтах — не ранее 7 суток.

112. Технический контроль в процессе производства работ за степенью размельчения грунта, перемешиванием его с цементом, точностью дозировки цемента и воды, плотностью готового слоя осуществляется в соответствии с указаниями, изложенными в приложении 5.

113. При устройстве цементно-грунтового основания в два слоя в нижний слой вводится меньшее количество добавок цемента (в среднем 6—8%), а в верхний слой — больше (12—14%).

114. Для придания большей водостойкости и водонепроницаемости верхнему слою цементо-грунта, а также в целях снижения количества добавляемого цемента в цементогрунт целесообразно дополнительно вводить небольшое количество битумной или дегтевой эмульсии, которая придает обрабатываемому грунту повышенную водоустойчивость. Количество добавляемого битума составляет 2—4% от веса грунта.

Битумные или дегтевые добавки вводят в грунт после его размельчения и перемешивания с цементом в виде сильно разбавленной эмульсии. Для этого битумную пасту или эмульсию разбавляют водой до жидкой консистенции, обеспечивающей возможность равномерного распределения эмульсии по обрабатываемому цементо-грунту.

Цементо-грунт обрабатывают эмульсией из расчета увлажнения его до оптимальной влажности, после чего уплотняют смесь до заданной плотности.

115. При укреплении цементом кислых грунтов (подзолистых или серых лесных почв), а также выщелоченных черно-

земов рекомендуется на основании предварительных лабораторных испытаний добавлять в грунт гашеную известь в виде пушонки в количестве 1—2% от веса грунта. Вводимая в грунт известь обеспечивает более благоприятные условия для гидролиза и твердения цемента. Известь должна быть равномерно распределена в грунте до внесения цемента.

Распределение цемента и перемешивание его с грунтом выполняют на следующий день после введения извести. При увлажнении цементо-грунта до оптимальной влажности в воду добавляют хлористый кальций в количестве 0,4—0,6% от веса грунта, что ускоряет сроки твердения цемента и способствует повышению прочности цементо-грунта.

116. Работы по укреплению грунтов известью производятся так же, как и при укреплении цементом.

Для разрыхления, размельчения, перемешивания, разлива воды и укатки применяют те же дорожные машины, что и для укрепления грунтов цементом. При укреплении грунтов известью надлежит учитывать, что вследствие более медленного схватывания извести по сравнению с портланд-цементом уплотнение готовой известково-грунтовой смеси допускается производить в более продолжительные сроки, чем при укреплении грунтов цементом.

117. Известь можно вводить в обрабатываемый грунт как гашеную (пушонку), так и негашеную (молотую кипелку). Россыпь пушонки следует производить распределителями. После россыпи пушонки в сухом виде и равномерного ее перемешивания с грунтом производят увлажнение смеси до установленной оптимальной влажности. Смесь уплотняют до заданной плотности изложенным выше способом (пп. 104—107).

При укреплении грунтов молотой кипелкой увлажненную известково-грунтовую смесь в целях завершения процесса гашения молотой извести следует уплотнять не ранее чем через 4—5 час. после ее увлажнения.

118. Для обеспечения гашения молотой извести в грунтовые смеси требуется вводить дополнительное количество воды (сверх оптимальной влажности смеси), ориентировочно равное весу извести, вводимой в грунт.

При работе с негашеной известью ввиду вредности известковой пыли должны строго соблюдаться требования по технике безопасности, предусмотренные действующими инструкциями.

119. Погодоустойчивость и морозоустойчивость известково-грунтовых оснований и покрытий могут быть повышены

применением комплексного метода обработки с введением в грунт, помимо извести, также битумной пасты или эмульсии или же добавки 0,5—1% хлористого кальция, которые вводятся вместе с водой при увлажнении смеси до оптимальной влажности.

4. Технический контроль

120. Для обеспечения надлежащего качества работ при укреплении грунтов цементами и осуществления технического контроля на строительной площадке организуется полевая грунтовая лаборатория.

В задачу этой лаборатории входит:

а) определение влажности грунта и цементо-грунта при перемешивании и уплотнении готовой смеси прибором системы Ковалева или весовым методом;

б) определение плотности (объемного веса) после уплотнения цементно-грунтового слоя влагомером-плотномером Ковалева или весовым методом;

в) определение степени размельчения грунта путем рассева средних проб на ситах с отверстиями 5 *мм*;

г) выборочные контрольные определения точности дозировки цемента, однородности увлажнения и перемешивания путем изготовления образцов цементо-грунта из средних проб, взятых с места производства работ после россыпи цемента, увлажнения и перемешивания грунта с цементом[1];

д) выборочные контрольные определения нарастания прочности уложенного цементо-грунта с помощью ударника ДорНИИ, производимые сразу по окончании укатки, а также через 1, 3 и 7 суток;

е) выборочный отбор средних проб грунта, цемента и цементо-грунта для определения в центральной лаборатории содержания цемента в цементо-грунте (см. приложение 5).

121. При выполнении контрольных испытаний фиксируются время и место взятия проб, качество проведенных работ, а также осуществляется контроль за правильностью дозировок цемента и учитывается его качество.

Для оценки качества проведенных работ и сопоставления производственных показателей с лабораторными надлежит руководствоваться требованиями, указанными в табл. 9.

[1] Одновременно с этими же пробами грунта готовятся образцы с добавкой цемента и воды в лабораторных условиях. Обе партии образцов в дальнейшем подвергают циклу испытаний по методике, установленной для цементо-грунта (см. приложение 5).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

РАСЧЕТ ЦЕМЕНТНО-ГРУНТОВЫХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ ИЗ ГРУНТОВ И ГРУНТО-ГРАВИЙНЫХ СМЕСЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

1. Цементно-грунтовые покрытия рассчитывают методом предельных деформаций по формуле

$$H = \frac{D}{n} \operatorname{tg} \frac{90^\circ}{\frac{a}{b} - \frac{1}{n^{3,5}+1}}, \qquad (1)$$

где H — толщина однослойного покрытия в *см*;

$$b = \frac{\alpha\, pK_3}{CE_0};$$

P — эксплуатационное удельное давление на покрытия в *кг/см*^{2};

K_3 — коэффициент запаса прочности покрытия, равный:
для концевых участков ВПП, РД и МС—1,5;
для средней части ВПП — 1,3;
для покрытий полевых аэродромов 1,1—1,3;

C — коэффициент влияния второго пневматика при спаренных колесах самолета; для одиночных пневматиков C=1; для спаренных пневматиков C=0,7—0,8;

a — коэффициент, зависящий от качества материала; для грунто-цемента в среднем a=0,03;

$$n = \sqrt[2,5]{\frac{E_1}{E_0}};$$

α — коэффициент перехода к деформации при разрушении покрытия (табл. 10);

E_1, E_0 — модули деформации цементо-грунта и подстилающего грунта в *кг/см*^{2};

D — диаметр круга, эквивалентного площади соприкосновения одного пневматика с покрытием, в *см*;

$$D = 1{,}13\sqrt{\frac{C_к}{p}} = 1{,}13\sqrt{F},$$

где $C_к$ — нагрузка на один пневматик опоры самолета в *кг*;
F — площадь следа одного пневматика в $см^2$.;

Таблица 10

Расчетные значения коэффициента α

Расчетный диаметр следа пневматика D в *см*	Коэффициент α
25	1,8
25—30	1,6
30—35	1,5
35—45	1,4
45	1,3

2. Расчетные значения модуля деформации цементо-грунта в формуле (1) принимаются по табл. 11.

Таблица 11

Расчетные значения модуля деформации цементо-грунта (при укреплении грунтов цементом марки 400)

Наименование обработанных грунтов	Модуль деформации цементо-грунта E в $кг/см^2$ в зависимости от ориентировочных добавок цемента (в % от веса грунта)					
	6	8	10	12	15	20
Грунты оптимального гранулометрического состава . . .	600	900	1 200	1 400	—	—
	1 400	2 400	3 800	5 400	8 000	15 000
Грунты мелкосупесчаные, тяжелосуглинистые и черноземы	500	700	1 000	1 200	1 300	—
	600	1 200	2 000	3 000	5 000	9 500
Грунты пылеватые и пылевато-суглинистые подзолистого типа	400	600	800	900	1 200	—
	300	600	1 100	1 800	3 500	8 000

Примечания. 1. При применении для укрепления грунта цемента марки 300 расчетные значения модуля деформации понижаются на 25%.

2. В числителе приведены значения модуля деформации цементо-грунта при перемешивании грунта и цемента фрезами или грейдерами.

В знаменателе приведены значения модуля деформации цементо-грунта при выполнении работ специальной машиной типа Д-282, обеспечивающей более высокое качество перемешивания смеси и более точную дозировку цемента и воды.

3. Расчетные значения модулей деформации подстилающих грунтов следует определять на основании полевых испытаний грунтов. В исключительных случаях, при отсутствии материалов полевых испытаний, расчетные значения модулей деформации грунтов принимают по таблицам. Расчетное значение модуля деформации подстилающего грунта при полевом определении принимают соответствующим относительной деформации, равной 0,004—0,01.

4. Расчет цементно-грунтовых оснований под асфальтобетонные, черные и другие нежесткие покрытия не является самостоятельной задачей, а проводится одновременно с расчетом всей конструкции покрытий, состоящей из двух разных слоев. В этом случае расчет производят в следующем порядке:

1) определяют толщину цементно-грунтового слоя по формуле (1) в предположении, что покрытие является цементно-грунтовым однослойным (H');

2) по конструктивным соображениям назначают толщину верхнего слоя покрытия h_2 (асфальтобетона и др.);

3) находят толщину слоя цементо-грунта $h_{экв}$, эквивалентного верхнему слою покрытия, по формуле

$$h_{экв} = h_2 \sqrt[2,5]{\frac{E_2}{E_1}},$$

где h_2 — толщина верхнего заменяющего слоя покрытия в *см*;
E_2 — его модуль деформации в *кг/см*^{2};
E_1 — модуль деформации цементо-грунта в *кг/см*^{2};

4) производят замену слоев, вычисляя толщину цементно-грунтового основания h_1 по формуле

$$h_1 = H' - h_{экв}.$$

5. Прочность цементно-грунтового основания цементно-бетонного покрытия учитывается введением дополнительного коэффициента к расчетному модулю деформации грунта E_0.

Коэффициент определяется по графику (рис. 4), полученному экспериментальным путем для оснований из цементо-грунта, приготовленного на суглинистом лессовидном грунте при расходе цемента 250 *кг/м*^{3} марки 400 или 15% от веса грунта. Модуль деформации этого цементо-грунта $E = 5\,000$ *кг/см*^{2}.

При других значениях модуля деформации цементо-грунта определение указанного коэффициента выполняют в следующей последовательности:

1) по конструктивным и технико-экономическим соображениям назначают толщину цементно-грунтового основания (не менее 12 *см*) и количество вводимого в грунт цемента (в%);

2) по табл. 11 устанавливают модуль деформации принимаемого для строительства цементо-грунта;

3) определяют эквивалентную толщину слоя цементо-грунта $h_{экв}$, по формуле

$$h_{экв} = h_1 \sqrt[2,5]{\frac{E_1}{E}},$$

где h_1 — толщина принятого цементно-грунтового основания в *см*;

E_1 — его модуль деформации в *кг/см²*;

E — модуль деформации цементо-грунта, для которого составлен график рис. 4, равный 5 000 *кг/см²*.

4) по графику (рис. 4) определяют коэффициент K_5 в зависимости от полученного значения $h_{экв}$.

6. Значение коэффициента, характеризующего пониженную несущую способность угловых участков плит по отношению к центру, принимается равным 1,2.

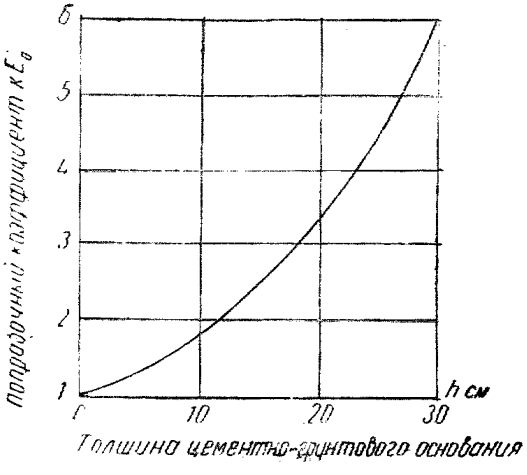

Рис. 4. График зависимости поправочного коэффициента K_5 (к расчетному модулю деформации грунта E_0) от толщины цементно-грунтового основания

7. Покрытия из грунто-гравийных (грунто-щебеночных) смесей и грунтов, обработанных органическими вяжущими материалами, рассчитываются также методом предельных деформаций по формуле (1).

Расчетные значения модулей деформации конструктивных слоев покрытий, построенных обработкой органическими вяжущими материалами, принимаются по табличным данным, изложенным в действующей «Инструкции по расчету одежд нежесткого типа».

8. Значение коэффициента a в формуле следует принимать для материалов: с модулем деформации 600 *кг/см²* — равным 0,07, с модулем деформации $\leqslant$ 1 000 *кг/см²* — равным 0,065 и для более прочных материалов равным 0,06.

Пример расчета цементно-грунтового покрытия

9. Следует определить толщину цементно-грунтового покрытия на концевом участке полевого аэродрома. Местный мелкосупесчаный грунт закрепляется 15% цемента марки 400. Модуль деформации подстилающего грунта $E_0 = 150$ *кг/см²*.

Удельное давление пневматика $p = 7$ *кг/см²*. Площадь контакта пневматика с покрытием характеризуется $D = 19{,}5$ *см*.

По табл. 11 $E_1 = 5\,000$ *кг/см²*. Коэффициент a=0,3.

$$b = \frac{1{,}8 \cdot 7 \cdot 1{,}5}{1 \cdot 1{,}5} = 0{,}126;$$

$$n = \sqrt[2{,}5]{\frac{5\,000}{150}} = 4{,}06;$$

$$n^{3{,}5} = 4{,}06^{3{,}5} = 135;$$

$$H = \frac{19{,}5}{4{,}06}\,\mathrm{tg}\,\frac{90}{\frac{0{,}03}{0{,}126} - \frac{1}{135} + 1} = 4{,}80\mathrm{tg}73°60'' =$$

$$= 4{,}8 \cdot 3{,}27 = 15{,}7\ см.$$

Принимаем $H = 16$ *см*.

Пример расчета грунто-гравийного покрытия, устроенного с обработкой битумом

10. Следует определить толщину грунто-гравийного покрытия, устроенного в два слоя. Верхний слой покрытия на толщину 8 *см* обрабатывается битумом по способу холодного смешения.

Расчетные данные

1. Расчетный самолет с нагрузкой на колесо 2 100 *кг*. Удельное давление на покрытие $p = 7$ *кг/см²*.

2. Диаметр круга, эквивалентного следу пневматика самолета, $D = 19{,}5$ *см*.

3. Модуль деформации подстилающего грунта $E_0 = 125$ *кг/см²*.

4. Модуль деформации верхнего слоя — грунто-гравия, обработанного битумом, $E_2 = 1\,300$ *кг/см²*, нижнего слоя грунто-гравия — $E_1 = 700$ *кг/см²*.

5. Коэффициент запаса прочности покрытия $K_3 = 1{,}3$.

Расчет

1. Определяем параметры:

$$n = \sqrt[2{,}5]{\frac{E_1}{E_0}} = \sqrt[2{,}5]{\frac{700}{125}} = 1{,}99;\ n^{3{,}5} = 1{,}99^{3{,}5} = 11{,}2;$$

$$\frac{1}{11{,}2} = 0{,}09;\ b = \frac{apK_3}{CE_0} = \frac{1{,}8 \cdot 7 \cdot 1{,}3}{1 \cdot 125} = 0{,}131.$$

2. Определяем толщину однослойной конструкции:

$$H_1 = \frac{19{,}5}{1{,}99}\,\mathrm{tg}\,\frac{90}{\frac{0{,}065}{0{,}131} - 0{,}09 + 1}\ 9{,}8\mathrm{tg}64°18' = 9{,}8 \cdot 2{,}08 =$$

$$= 20{,}4\ см.$$

3. Определяем эквивалентную толщину верхнего слоя покрытия:

$$h_{экв} = h_2 \sqrt[2,5]{\frac{E_2}{E_1}} = 8 \sqrt[2,5]{\frac{1\,300}{700}} = 8 \cdot 1{,}282 = 10{,}2\,см.$$

Тогда толщина нижнего слоя h_1 составит

$$h_1 = H' - h_{экв} = 20{,}4 - 10{,}2 = 10{,}2см.$$

Принимаем $h_1 = 10$ *см*.

4. Общая толщина покрытия на ВПП составит

$$H = h_1 + h_2 = 10 + 8 = 18см.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ТОРФЯНЫЕ ДЕГТИ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

Наименование показателей физико-химических свойств	Показатели
Удельный вес при 20°	Не более 1,03 – 1,05
Вязкость C_{60}^{5} в сек.	< 15
Фракционный состав по весу—перегоняется в %:	
до 170°	< 3
„ 270°	< 35
„ 300°	< 40
Содержание фенолов по объему в %	До 20
„ парафина по весу в %	„ 10
„ воды в %	10—15

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА СМЕСЕЙ С ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ И МЕТОДЫ ИХ ИСПЫТАНИЙ

Определение оптимального количества воды и жидкого битума или дегтя в смеси

1. Приготовляют несколько пробных смесей из грунта естественного или улучшенного известью или другими химическими или минеральными добавками с разным количеством битума или дегтя, близкого к расходу битума или дегтя, указанного в табл. 5 настоящих указаний.

Смеси должны отличаться одна от другой по содержанию жидкого битума или дегтя на 0,5—1%. Всего смесей с различным содержанием жидкого битума или дегтя должно быть составлено не менее 3—4.

2. Приготовление смесей из супесчаных и пылеватых грунтов (с числом пластичности менее 7), а также грунто-гравийных и грунто-

щебеночных смесей производят путем обработки их органическими вяжущими материалами в воздушно-сухом состоянии. Перед уплотнением смеси увлажняют до оптимальной влажности Для приготовления смеси из суглинистых грунтов (с числом пластичности более 7) последние перед обработкой органическими вяжущими материалами увлажняются до оптимальной влажности.

Для установления оптимальной влажности воду добавляют в каждую смесь или грунт в двух разных количествах, соответствующих оптимальным пределам (минимуму и максимуму), указанным в табл. 5 настоящих указаний.

3. Из каждой смеси приготовляют образцы для грунтов под нагрузкой 300 *кг/см*^{2}, а для грунто-гравийных и грунто-щебеночных смесей — 400 *кг/см*^{2} (по 3 образца) и испытывают их на водонасыщение, набухание, глубину погружения конуса и прочность при сжатии. Каждое определение производят с тремя параллельными.

По минимальным величинам водонасыщения, набухания, глубины погружения конуса (для грунтов) и прочности при сжатии устанавливают оптимальное содержание в смеси жидкого битума или дегтя и воды. Из смеси, содержащей оптимальное количество вяжущего и воды, приготовляют образцы и определяют физико-механические показатели в соответствии с техническими требованиями на укрепленные грунты и смеси, приведенные в табл. 3 и 4 настоящих указаний.

Лабораторные методы испытания материалов

4. Лабораторные испытания производятся:

а) для определения свойств исходных материалов — грунта, вяжущего, минеральных добавок и др. — при проектировании состава смесей и при контроле качества материалов в процессе производства работ;

б) для определения свойств укрепленных грунтов или смесей — при проектировании состава смесей и при оценке качества смешения в процессе производства работ;

в) для определения свойств готового покрытия или основания из укрепленных грунтов или смесей — при оценке их качества.

Лабораторные испытания готовых образцов производят при трех параллельных определениях.

5. При определении свойств исходных материалов и смесей необходимо строго придерживаться принятых методов испытаний и производить требуемые определения на образцах, приготовленных в лаборатории или отобранных для контроля на месте производства работ.

Отбор проб и подготовка их к испытанию

6. Отбор проб исходных материалов производится в соответствии с действующими правилами приемки строительных материалов и работ.

Отбор проб грунтов для приготовления смесей производит дежурный лаборант в присутствии производителя работ или десятника. Вес средней пробы должен быть 3—5 *кг*. Для приготовления грунто-гравийных и грунто-щебеночных смесей отбирают пробы до 10 *кг*.

Отбор пробы для контроля готового покрытия или основания должен производиться без нарушения структуры уплотненной смеси. Пробу из покрытий берут путем высверливания образца требуемых размеров или вырубания образца размером 25×25 *см*. Также возможен отбор пробы при помощи грунтоноса.

Определение свойств материалов

Грунты

7. Для грунтов должны быть определены следующие свойства:
а) гранулометрический состав;
б) число пластичности;
в) максимальная молекулярная влагоемкость;
г) оптимальная влажность;
д) химический состав водных вытяжек (для засоленных грунтов), содержание карбонатов и гипса.

Ориентировочная величина оптимальной влажности указана в табл. 5 настоящих указаний. Для установления количества воды, которое необходимо добавить в грунт для обеспечения оптимальной влажности, должна быть определена естественная влажность грунта методом высушивания. Величину оптимальной влажности находят путем подбора при проектировании состава смеси с учетом естественной влажности грунта.

Жидкие битумы и дегти

8. Для установления пригодности жидких битумов и дегтей должны быть определены свойства их в соответствии с требованиями технических условий на эти материалы (согласно ГОСТ 1972-52 и 4641-49).

Испытания битумов производятся в соответствии с ГОСТ 2400-51 (методы испытаний), для дегтей — в соответствии с ГОСТ 4641-49, а для торфяных дегтей — в соответствии с техническими условиями, приведенными в приложении 2 настоящих указаний.

Кроме того, в процессе производства работ определяют содержание свободной воды в вяжущем и вносят поправку на потребное для обработки грунта или смесей количество вяжущего.

Битумо-грунтовые и дегте-грунтовые смеси

9. Для оценки качества смеси с подобранным оптимальным количеством битума или дегтя и воды при проектировании и контроле качества готовой смеси, а также для оценки качества готового покрытия или основания определяют свойства, указанные в табл. 12.

Приготовление смесей при проектировании их состава

10. Грунт, предварительно размельченный и высушенный при комнатной температуре, просеивают через сито с размером отверстий 2 *мм* и определяют его влажность. Из просеянного грунта готовят смеси с оптимальным количеством битума или дегтя и воды, установленным ранее.

Для приготовления одной смеси из грунта берут пробу весом в 1 *кг*, а из грунто-гравийных и грунто-щебеночных смесей —3—6 *кг*. Битум вводится в грунт, нагретый до 60°. Перемешивание грунта или смеси с вяжущим производят при температуре не выше 30° при непродолжительном подогревании. Увлажнение до оптимальной влажности производят для грунтов супесчаных и пылеватых (с числом пластичности менее 7) перед уплотнением готовой смеси. Грунты суглинистые с числом пластичности более 7 увлажняются до оптимальной влажности, перед смешением с битумом.

Таблица 12

Испытания смесей

	Лабораторные испытания при проектировании составов смесей	Лабораторные испытания при контроле качества готовой смеси	Лабораторные испытания при оценке качества готового покрытия или основания	
			испытания непереформованных образцов	испытание переформованных образцов
Для верхних слоев оснований и покрытий	Объемный вес Полное водонасыщение Набухание Глубина погружения[1] конуса водонасыщенных образцов Прочность при сжатии в *кг/см²* водонасыщенных образцов при 20° Модуль деформации водонасыщенных образцов[2]	Полное водонасыщение Набухание Глубина погружения[1] конуса водонасыщенных образцов Количество агрегатов крупнее 5 *мм*	Объемный вес Полное водонасыщение Набухание Глубина погружения[1] конуса водонасыщенных образцов Модуль деформации водонасыщенных образцов	Объемный вес Прочность при сжатии в *кг/см²* водонасыщенных образцов при 20°
Для нижних слоев оснований и оснований под цементно-бетонные покрытия	Объемный вес Капиллярное водонасыщение Глубина погружения конуса водонасыщенных образцов	Капиллярное водонасыщение Глубина погружения конуса водонасыщенных образцов	Объемный вес Капиллярное водонасыщение Глубина погружения конуса водонасыщенных образцов	Объемный вес

[1] При подборе и контроле грунто-гравийных и грунто-щебеночных смесей глубина погружения конуса не определяется.

[2] Определение модуля деформации не является обязательным испытанием.

11. В смеси, взятой из покрытия или основания, также определяют естественную влажность (высушиванием в термостате при температуре 80°), и влажность смеси перед прессованием доводится до оптимальной.

При приготовлении смесей из грунтов, улучшенных химическими добавками, смесь приготовляют следующим образом: добавки вводят в грунт до обработки его битумом или дегтем.

Известь вводят в грунт в виде пушонки или кипелки. После тщательного перемешивания грунта с известью его увлажняют до максимальной молекулярной влагоемкости.

Хлористый кальций или другие соли вводят в грунт в виде водных растворов, при этом влажность грунта должна быть не ниже влажности границы раскатывания.

Обработанные таким образом грунты выдерживают во влажном состоянии в течение суток, затем подсушивают в термостате при температуре 60—80° до оптимальной влажности (см. табл. 5). Обработку битумом или дегтем грунтов улучшенных химическими добавками производят способом, изложенным выше.

Приготовление образцов

12. Для определения свойств смесей готовят образцы в цилиндрических формах (рис. 5), размеры которых указаны в табл. 13.

Формы представляют собой полые стальные цилиндры с толщиной стенки 8—12 *мм*, со свободно двигающимися вкладышами, обеспечивающими двустороннее равномерное уплотнение.

При приготовлении образцов вначале готовят пробный образец, вес которого рассчитывают исходя из требуемого объемного веса образца по формуле

$$P = V\gamma,$$

где P — вес образца в *г*;

V — объем образца в *см*^{3};

γ — требуемый объемный вес в *г*/*см*^{3}.

Если высота образца не равна диаметру, вес образца уточняют согласно формуле

$$P = P_0 \frac{h}{h_0},$$

где P — требуемый вес в *г*;

P_0 — вес пробного образца в *г*;

h — требуемая высота образца в *мм*;

h_0 — высота пробного образца в *мм*.

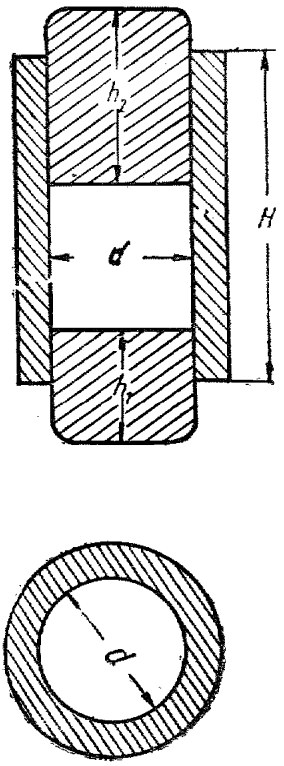

Рис. 5. Цилиндрическая форма для приготовления образцов

Таблица 13

Размеры образцов из смесей для лабораторных испытаний

Назначение образцов	Размеры форм						Площадь образца в $см^2$	Ориентировочное количество смеси на 1 образец
	№ п/п	d	H	h_1	h_2	δ		
А. Грунты								
Для определения объемного веса, водонасыщения, набухания, глубины погружения конуса, прочности при сжатии	1	50,5	130	40	80	10	20	200—230
Б. Грунто-гравийные и грунто-щебеночные смеси								
Для определения объемного веса, водонасыщения, набухания, прочности при сжатии:								
мелкозернистые . .	2	71,4	170	50	80	12	40	
среднезернистые и крупнозернистые .	3	101	180	50	90	12	80	

Примечание. Определение модуля деформации образцов из грунтобитумных смесей производят в форме для крупнозернистых смесей.

Смесь насыпают через металлическую воронку в форму в три приема. Каждую часть равномерно распределяют шпателем или ножом, слегка прижимают вкладышем и уплотняют на гидравлическом прессе при двустороннем уплотнении: для грунтовых смесей — 300 *кг/см²* и грунто-гравийных или грунто-щебеночных смесей — 400 *кг/см²*. Образец выдерживают в течение 3 мин. под нагрузкой на прессе, затем нагрузку снимают и образец вынимают из формы. Готовые образцы нумеруют и выдерживают в условиях влажного хранения при температуре 20—22° в течение 24 час., после чего испытывают согласно требованиям табл. 3 и 4.

Методы испытаний образцов из битумо-грунтовых и дегте-грунтовых смесей и вырубок из покрытия и основания

Определение объемного веса и коэффициента уплотнения

13. Размеры образцов, изготовляемых для определения объемного веса, принимаются в зависимости от гранулометрического состава минеральных материалов согласно табл. 13. Образцы взвешивают на воз-

духе и в воде. Взвешивание образца в воде должно производиться как можно быстрее, чтобы вода не попадала в поры образца.

Объемный вес вычисляют по формуле

$$\gamma = \frac{P_1}{P_1 - P_2} \text{ г/см}^3,$$

где P_1 — вес образца на воздухе в *г*;
P_2 — вес образца в воде в *г*.

Объемный вес вырубок из покрытия или основания определяют с предварительным парафинированием образца или с отбором образцов грунтоносом. Часть вырубки с ровными сторонами взвешивают на воздухе, затем погружают в расплавленный парафин при температуре 60—65°. При этом следят, чтобы в слое парафина и между этим слоем и поверхностью образца не было пузырьков воздуха. После парафинирования образец выдерживают 30—60 мин. на воздухе и взвешивают на воздухе и в воде. Объемный вес образца вырубки вычисляют по формуле.

$$\gamma = \frac{P_1}{P_2 - P_3 - e},$$

где P_1 — вес образца на воздухе до парафинирования в *г*;
P_2 — вес запарафинированного образца на воздухе в *г*;
P_3 — вес запарафинированного образца в воде в *г*;
e — объем парафина в $см^3$;

$$e = \frac{P_2 - P_1}{0{,}93},$$

где 0,93 — объемный вес парафина (рекомендуется проверять).

При хорошем состоянии вырубки (плотном, монолитном сложении) парафинирование при определении объемного веса производить не обязательно.

Объемный вес вырубки, взятой грунтоносом, определяют взвешиванием грунтоноса с образцом и пустого грунтоноса на воздухе и в воде.

Объемный вес вырубки в этом случае вычисляют по формуле

$$\gamma = \frac{P_1 - P_2}{(P_1 - P_2) - (P_1' - P_2')},$$

где P_1 — вес вырубки с грунтоносом на воздухе в *г*;
P_2 — вес грунтоноса на воздухе, в *г*;
P_1' — вес вырубки с грунтоносом в воде, в *г*;
P_2' — вес грунтоноса в воде в *г*.

14. Коэффициент уплотнения определяют как отношение объемного веса вырубки с ненарушенной структурой к объемному весу образцов переформованных при оптимальной влажности (грунтовых — под нагрузкой 300 *кг/см*^{2}, грунто-гравийных и грунто-щебеночных — под нагрузкой 400 *кг/см*^{2}).

В соответствии с этим необходимо определять влажность смеси, из которой переформовываются образцы, и либо подсушивать ее до оптимальной влажности, либо увлажнять

Определение полного водонасыщения и набухания

15. Образцы, взвешенные на воздухе и в воде, помещают на сетку в сосуде с водой при температуре 20°. Уровень воды в сосуде должен быть на 1—2 *см* выше образцов. Образцы насыщаются водой под вакуумом при остаточном давлении 10 *мм* рт. ст. в течение 2 час., а затем в течение 1 часа — при нормальном давлении.

После этого образцы вынимают из воды, обтирают и взвешивают на воздухе и в воде.

Водонасыщение по объему вычисляют по формуле

$$W = \frac{P_3 - P_1}{P_1 - P_2} 100\%,$$

где W — водонасыщение от первоначального объема в %;
P_3 — вес насыщенного водой образца на воздухе в *г*;
P_1 — вес сухого образца на воздухе в *г*;
P_2 — вес сухого образца в воде в *г*.

Величину набухания вычисляют по формуле.

$$A = \frac{(P_3 - P_4) - (P_1 - P_2)}{P_1 - P_2} 100\%,$$

где A — набухание от первоначального объема образца в %;
P_4 — вес насыщенного образца в воде в *г*.
Остальные обозначения прежние.

Водонасыщение и набухание вырубок с ненарушенной структурой производится аналогичным способом (на образцах без форм).

Определение капиллярного водонасыщения

16. Образцы, взвешенные на воздухе, помещают на сетку в сосуде с водой при температуре 20°. Вода в сосуде должна быть на уровне 3 *мм* от низа образцов. В таком состоянии образцы выдерживаются под вакуумом при остаточном давлении 10 *мм* рт. ст. в течение 7 час., а затем в течение 1 часа при нормальном давлении.

После этого образцы вынимают из воды, обтирают и взвешивают на воздухе.

Величину капиллярного водонасыщения вычисляют по формуле

$$V_к = \frac{P_2 - P_1}{P_1} 100,$$

где $V_к$ — капиллярное водонасыщение от веса в %;
P_2 — вес капиллярно насыщенного образца в *г*;
P_1 — вес сухого образца в *г*.

Определение глубины погружения конуса

17. Глубину погружения конуса определяют на образцах, водонасыщенных по методике, изложенной выше. Разрешается для указанного испытания использовать образцы, на которых определялись водонасы-

щение и набухание. Водонасыщенный образец обертывают фильтровальной бумагой и плотно вдвигают в металлический разъемный цилиндр, диаметр которого на 0,5—1 *мм* больше диаметра образца. Образец помещают на столик прибора Вика, в котором игла заменена штампом-конусом (рис. 6).

Стержень прибора опускают до соприкосновения острия конуса с поверхностью образца, закрепляют в таком положении и по измерительной шкале делают отсчет с точностью до 0,1 *мм*, отмечая начальную точку соприкосновения конуса с поверхностью образца. Затем на верхнюю площадку прибора ставят гирю весом 5 *кг* и отпускают винт, зажимающий стержень прибора. При этом конус погружается в образец. Через 20 мин. стержень зажимают винтом и производят второй отсчет.

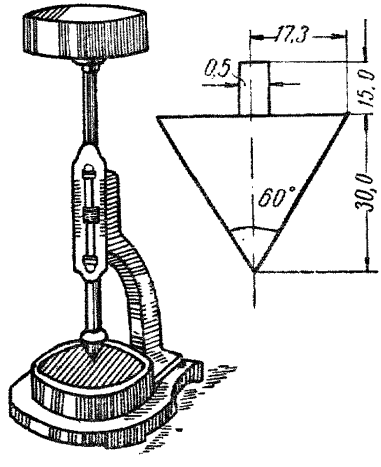

Рис. 6. Прибор для определения глубины погружения конуса

Разница между отсчетами равна величине погружения конуса в миллиметрах. Определение глубины погружения конуса в вырубках с ненарушенной структурой из основания или покрытия производится на образцах с размером сторон 10—12 *см* (величина водонасыщения и набухания определяется на других образцах — меньших размеров). Водонасыщенный образец вырубки помещают в сито, на дне которого положена фильтровальная бумага и насыпан слой мокрого песка толщиной 1—2 *см*. Пространство между образцом и стенками сита плотно заполняют влажным песком в уровень с поверхностью образца. В таком виде образец помещают на столик прибора Вика и определяют глубину погружения конуса.

Определение прочности при сжатии

18. Определение прочности образцов при сжатии для грунто-гравийных и грунто-щебеночных материалов производят в сухом и водонасыщенном состоянии, а для грунтов — только в водонасыщенном состоянии.

Сухие образцы перед испытанием на прочность выдерживают не менее 2 час. на воздухе при температуре 20 и 50°.

Для этой цели используют два сосуда, вставляющихся один в другой. Пространство между стенками сосудов заполняют водой соответствующей температуры. Образцы на подставке устанавливают во внутреннем сосуде, где должна поддерживаться соответствующая температура.

Водонасыщенные образцы испытывают на прочность после определения водонасыщения и набухания под вакуумом согласно методике, изложенной в п. 15 настоящего приложения.

Испытания производят с помощью гидравлического пресса с равномерной подачей поршня, равной 3 *мм/мин*.

Пресс должен быть оборудован манометром, позволяющим производить отсчет нагрузок с точностью до 10 *кг*.

Определение модуля деформации

19. Модуль деформации определяют для оценки качества готового основания или покрытия. Определение производят на непереформованных и на переформованных образцах.

Образец, приготовленный из смеси с подобранным оптимальным количеством вяжущего и воды размером 10×10 *см* или вырезанный из вырубки в ненарушенном состоянии, водонасыщают по методике, изложенной в п. 15 настоящего приложения.

Водонасыщенный образец обертывают фильтровальной бумагой и плотно вдвигают в металлический цилиндр, диаметр которого на 0,5—1 *мм* больше диаметра образца. Образец в цилиндре помещают на столик рычажного пресса, по центру образца устанавливают круглый штамп диаметром 2,5 *см*.

Поверхность образца должна быть ровной, и штамп должен плотно прилегать к ней, что достигается подъемом столика. Рычаг пресса должен занимать горизонтальное положение.

Для измерения величины деформации устанавливают индикатор, фиксируют по нему контакт штампа с поверхностью образца и прикладывают нагрузку.

Нагрузку осуществляют ступенями. При этом величину ступени нагрузки назначают в зависимости от прочности материала от 0,2 до 1 *кг/см*^{2}. Каждая следующая нагрузка прикладывается после затухания деформации от действия предыдущей. Принимают, что деформация практически прекратилась, если прирост осадки составляет менее 0,01 *мм* за 10 мин.

Величину деформации от каждой ступени нагрузки отмечают по индикатору и вычисляют модуль деформации испытуемого материала по формуле

$$E = \frac{p_1}{\lambda},$$

где E — модуль деформации;

$p_1 = \frac{P}{F}$ — удельная нагрузка на единицу площади образца в *кг/см*^{2};

P — общая нагрузка на образец в *кг*;

F — площадь штампа в *см*^{2};

$\lambda = \frac{l}{D}$ — относительная деформация;

l — абсолютная деформация, измеряемая величиной осадки штампа под данной нагрузкой, в *см*;

D — диаметр штампа в *см*.

Вдавливание штампа производят до относительной деформации, равной 0,05.

В качестве характеристики прочности материала принимается модуль деформации при относительной деформации, равной 0,04.

При испытании запись ведут по следующей форме.

№ п.п	Время приложения нагрузки	Общая нагрузка в *кг*	Удельная нагрузка в *кг/см²*	Показание индикатора перед приложением нагрузки	Показание индикатора после затухания деформации от данной нагрузки	Абсолютная деформация	Относительная деформация	Модуль деформации	Примечание

Определение содержания агрегатов крупнее 5 *мм* в битумо-грунтовой и дегте-грунтовой смеси

20. Из готовой смеси, укладываемой в основание или покрытие, отбирают пробу весом 2 *кг* и просеивают ее через сито с отверстиями размером 5 *мм*. Остаток на сите взвешивают и вычисляют процентное содержание в смеси агрегатов крупнее 5 *мм* (по весу).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ПРИГОТОВЛЕНИЕ БИТУМА С ДОБАВКОЙ ОМЫЛЕННОГО ДРЕВЕСНОГО ПЕКА

Добавка в битум древесного пека (газогенераторного или сухой перегонки) производится в количестве 1,5% от веса обрабатываемого грунта.

Количество пека, добавляемого к битуму, зависит, таким образом, от оптимального количества битума, необходимого для обработки грунта. Если оптимальное количество битума в битумо-грунтовой смеси составляет 7%, то к нему добавляют 21% сухого пека от веса битума (на 100 *кг* битума 21 *кг* пека), если оптимальное количество битума 8%, то пека требуется 18,7%, при 9% битума — 16,6% пека и т. д.

Прежде чем добавить пек к битуму, его необходимо омылить. Для омыления древесного пека используется щелочь.

(водный раствор концентрации 10%) из расчета 1,5 *л* раствора щелочи на 1 *кг* сухого древесного пека.

Для лучшего омыления пек измельчают в порошок с крупностью частиц 1—2 *мм*, затем заливают раствором щелочи и подогревают до температуры 70—80° (не допуская перегрева) при постоянном перемешивании до получения однородной массы. Омыленный пек сразу

после приготовления смешивают с разогретым до 70—80° жидким битумом. Добавление омыленного пека к битуму производят постепенно, с перемешиванием во избежание вспенивания битума.

Требуемое для обработки грунта количество битума с добавкой омыленного древесного пека должно соответствовать подобранному оптимальному количеству битума с превышением на 0,5% за счет содержащейся в смеси битума с пеком воды.

Приготовление смеси битума с омыленным пеком производят на базе в котле с мешалкой принудительного перемешивания.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА СМЕСЕЙ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ, И МЕТОДЫ ИХ ИСПЫТАНИЙ

1. Общие требования

1. Устойчивость и прочность цементно-грунтовых или известково-грунтовых оснований и покрытий зависят от правильности лабораторного подбора цементно-грунтовых или известково-грунтовых смесей и от качества производства работ.

2. Обязательными лабораторными определениями при подборе смесей и испытаниях укрепленных грунтов являются:

а) определение физических и механических свойств цемента или извести и установление минералогического состава цемента, удельной поверхности и потери при прокаливании;

б) определение гранулометрического и микроагрегатного состава грунтов, числа пластичности, оптимальной влажности, при которой должно производиться уплотнение укрепленного грунта, и максимальной плотности, которую должен иметь цементо-грунт в плотном теле;

в) определение количества добавок цемента или извести, обеспечивающих необходимую механическую прочность, водоустойчивость и морозоустойчивость цементо-грунта.

3. Помимо общей характеристики свойств грунтов, указанной в п. 2, для каждого типа грунта дополнительно определяют содержание гумуса, карбонатов, гипса, легкорастворимых солей и кислотность. В отдельных случаях определяют также состав обменных катионов и обменную способность грунтов.

4. Дозировку цемента или извести устанавливают опытным путем с учетом требований прочности, водоустойчивости и морозоустойчивости, которые предъявляются к укрепленному грунту (см. табл. 9 настоящих указаний).

Для характеристики водоустойчивости цементо-грунта или грунта, укрепленного известью, производят испытания на пятикратное или в случае надобности на большее количество циклов водонасыщения — высушивания.

Для характеристики морозоустойчивости производят испытание на пятикратное или большее количество циклов замораживания — оттаивания.

5. При проектировании состава смесей в целях уменьшения расхода вяжущих материалов определяют целесообразность улучшения грунтов гранулометрическими добавками или применения комплексных методов укрепления грунтов.

2. Определение оптимальной влажности и максимальной плотности грунта

6. Определение оптимальной влажности и максимальной плотности грунта производят на малом приборе ДорНИИ для стандартного уплотнения, в котором объем пробы грунта составляет 100 *см*³.

Среднюю пробу воздушно-сухого грунта весом не менее 1 *кг* помещают в хорошо закрывающийся широкий сосуд. Взятую навеску грунта увлажняют до влажности на 6—8% меньшей границы раскатывания и тщательно перемешивают. Перед началом опыта для контроля берется проба на влажность. Для определения зависимости между влажностью грунта и плотностью, достигаемой при уплотнении, применяют специальный прибор (рис. 7), который состоит из подставки *1* с двумя закрепляющими винтами *2*, разъемного цилиндра *3* объемом 100 *см*³, направляющего насадного цилиндра *4*, плунжера *5*, передающего ударную нагрузку; гири *6* весом 2,5 *кг*, направляющего стержня *7* и рукоятки *8*.

7. Увлажненный грунт всыпают в разъемный цилиндр *3*, который перед этим должен быть смазан керосином, вставлен в подставку *1* и зажат винтами. После этого на разъемный цилиндр надевают насадный цилиндр *4* и насыпают грунт до верхнего края формы. В форму вставляют плунжер *5* с направляющим стержнем и уплотняют грунт, заключенный в форму, ударами гири *5*, падающей с высоты 30 *см*. Число ударов должно быть при супесчаных грунтах 30, а при суглинистых и глинистых грунтах — 40.

После уплотнения грунта плунжер и насадный цилиндр осторожно снимают и тщательно срезают поверхность грунтового образца до уровня краев разъемного цилиндра. Цилиндр разбирают и вынимают из него образец грунта, который взвешивают с точностью до 0,1 *г*. Опыт проделывают несколько раз с увеличением каждый раз влажности грунта на 2%. При каждой новой дозировке воды берут контрольную пробу на влажность грунта. Опыты по определению объемного веса продолжают до тех пор, пока не начнет проявляться устойчивое уменьшение объемного веса грунта при возрастании влажности.

8. Объемный вес скелета грунта вычисляют по формуле

$$\gamma_{ск} = \frac{\gamma_{вл}}{1 + \frac{W}{100}},$$

где $\gamma_{ск}$ — объемный вес скелета грунта в *г/см*³;
W — влажность пробы грунта в %;
$\gamma_{вл}$ — объемный вес влажного грунта в *г/см*³.

Результаты опытов изображают графически, откладывая по оси ординат объемные веса сухого грунта, а по оси абсцисс — влажность

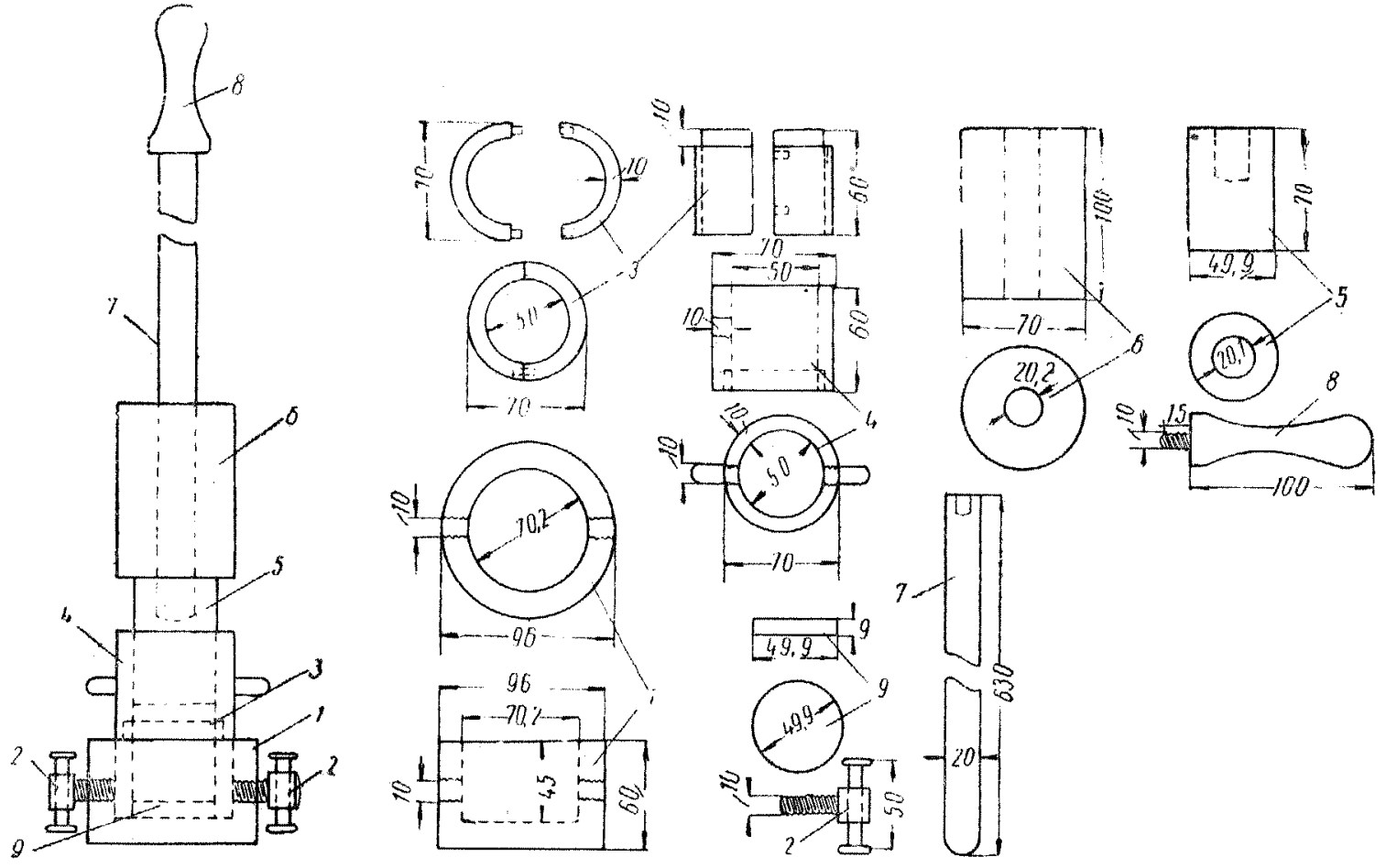

Рис. 7. Прибор для подбора грунтовых смесей и приготовления образцов

1 — подставка прибора; *2* — закрепляющий винт; *3* — разъемный цилиндр для загрузки образца; *4* — направляющий насадный цилиндр; *5* — плунжер, передающий ударную нагрузку; *6* — гиря весом 2,5 *кг*; *7* — направляющий стержень; *8* — рукоятка; *9* — пластина для вставки в разъемный цилиндр

в процентах по весу. Наивысшая точка кривой характеризует оптимальную влажность и соответствующую ей максимальную плотность для данного грунта (рис. 8).

9. Установив оптимальную влажность и максимальную плотность для естественного грунта, повторяют это же определение для смеси грунта с принятой для укрепления грунта оптимальной добавкой цемента или извести. При назначении добавок цемента или извести в смеси руководствуются гранулометрическим составом и пластичностью грунта. Определение оптимальной влажности и максимальной плотности для цементно-грунтовых смесей является обязательным, так как эти характеристики впоследствии используются при техническом контроле производства работ.

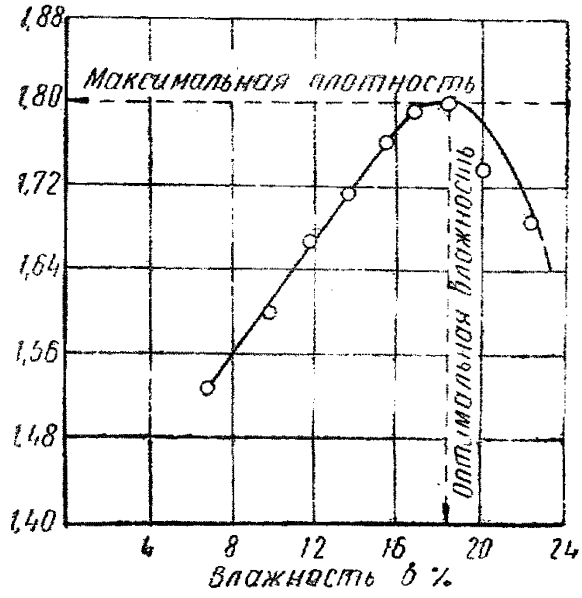

Рис. 8. Кривая определения оптимальной влажности и максимальной плотности

3. Приготовление образцов и методы их физико-механических испытаний

10. Образцы для испытаний на водонасыщение — высушивание, замораживание — оттаивание, для определения модуля деформации или прочности при сжатии приготовляют в приборе, изображенном на рис. 7. Трамбование производится со строгим соблюдением оптимальной влажности, установленной ранее для этого грунта. Смесь готовится в количестве 2 *кг*, причем потребное количество цемента или извести и грунта рассчитывается в весовых процентах на сухую смесь, например: 6, 8, 10, 12 или 14%.

В стационарных условиях работы трамбование образцов производят на лабораторном копре. Для этой цели цементно-грунтовую смесь, помещенную в разъемный цилиндр *3*, вместе с насадным цилиндром *4* помещают в форму для изготовления образцов $7 \times 7 \times 7$ *см*. Форму закрепляют на лабораторном копре и затем уплотняют цементно-грунтовую смесь ударами гири, падающей с высоты 30 *см*.

Приготовление образцов производят также и прессованием в жестких металлических формах с двусторонними вкладышами. При этом статическая нагрузка и время ее приложения должны быть таковы, чтобы плотность изготовленного образца была бы равной максимальной плотности, достигаемой при оптимальной влажности по методу стандартного уплотнения.

11. Образцы, предназначенные к испытаниям, помещают для твердения цемента в камеру влажного хранения, ставят на сетку в эксикатор с водой или же кладут во влажные опилки.

После этого образцы подвергают испытаниям по описанной ниже методике.

4. Определение модуля деформации

12. Для сравнительной оценки механической прочности отдельных смесей из укрепленных грунтов, характеризующей устойчивость их в дорожной одежде, рекомендуется производить определение модуля деформации.

Модуль деформации вычисляют по величине относительной деформации при вдавливании в грунт штампа. Для определения используют начальный участок кривой, в пределах которого эта зависимость близка к прямой линии, причем в расчет принимают как упругие, так и остаточные деформации. Образец при испытании должен быть помещен в металлическую жесткую форму, что дает возможность не учитывать при подсчетах влияние бокового распора образца.

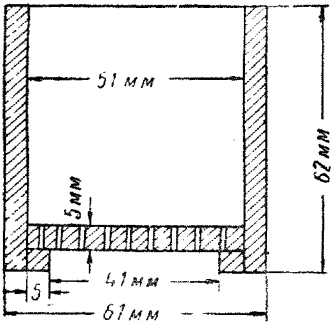

Рис. 9. Цилиндр для определения модуля деформации

13. Рекомендуется следующая методика определения модуля деформации цементно-грунтовых и известково-грунтовых смесей.

Образец цементо-грунта, приготовленный при оптимальной влажности в малом приборе для стандартного уплотнения, после 7-суточного твердения во влажной камере, а для грунта, укрепленного известью, после 28-суточного твердения, высушивают до постоянного веса. Сухой образец обертывают фильтровальной бумагой в один — два слоя и плотно вдвигают в латунный цилиндр, диаметр которого должен быть на 0,5—1 *мм* больше диаметра образца. На дне цилиндра укладывают дырчатую пластинку, которая упирается на небольшие выступы в нижней части цилиндра (рис. 9). Пластинку покрывают двумя слоями фильтровальной бумаги.

Для ускорения испытания образец в течение 6—12 час. насыщают водой капиллярно, после чего помещают на 1 час под вакуум для полного водонасыщения.

Для равномерного распределения влажности образец после насыщения под вакуумом оставляют на 3—4 часа под водой. Насыщение под вакуумом может быть заменено насыщением образца под водой в течение 7 суток.

Примечание. Модуль деформации цементо-грунта определяют на образце высотой и диаметром 10 *см*, приготовленном в большом приборе для стандартного уплотнения, или из вырубок, взятых непосредственно с дороги. Площадь штампа в этих случаях берется равной 5 *см*^{2}. Вырубку помещают в жесткую форму и зазоры заливают цементным раствором.

Для определения модуля деформации на образцах диаметром 5 *см* цилиндр с образцом помещают на подъемный столик рычажного пресса и по центру образца устанавливают круглый штамп площадью 1 *см*^{2}. Рычаг пресса предварительно приводят в горизонтальное положение.

Контакта штампа с образцом достигают подъемом столика, после чего устанавливают индикаторы для измерения величины деформации.

Начало контакта штампа с грунтом фиксируют по колебанию стрелок индикаторов и к рычагу пресса прикладывают первую ступень нагрузки.

Нагрузку осуществляют ступенями: каждую новую ступень нагрузки прикладывают по затуханию деформации от действия предыдущей, считая, что деформация прекратилась, если прирост осадки составляет менее одного деления индикатора за 3 мин. Это показание индикатора принимается за конечное для данной ступени нагрузки.

14. Модуль деформации испытуемого образца выражается в *кг/см²* и подсчитывают по формуле

$$E = \frac{p_1}{\lambda},$$

где $p_1 = \frac{P}{F}$ — удельная статическая нагрузка в *кг/см²*;

P — общая статическая нагрузка на образец в *кг*;

F — площадь штампа в *см²*;

$\lambda = \frac{l}{D}$ — относительная деформация;

l — абсолютная деформация (сумма упругой и остаточной деформаций), измеряемая осадкой штампа, в *см*;

D — диаметр штампа в *см*.

Модуль деформации вычисляют как среднее из результатов трех параллельных определений для относительной деформации, равной 0,01; 0,02 и 0,03 (соответственно каждому классу прочности).

5. Определение механической прочности при сжатии

15. Для характеристики прочности цементо-грунта дополнительно определяют предел прочности при сжатии.

Для этой цели 3 образца, прошедших циклы водонасыщения — высушивания или замораживания — оттаивания, или же образцы, не подвергавшиеся этим испытаниям, в течение одних суток насыщают водой до полной влагоемкости, после чего производят определение предела прочности образцов при сжатии. После разрушения образцов берется средняя проба (с контрольным определением) и определяется влажность путем высушивания пробы до постоянного веса при 105°.

6. Испытание на водонасыщение — высушивание, замораживание — оттаивание и влагоемкость

16. Три образца, приготовленных из цементно-грунтовой смеси указанным выше способом, после 28-суточного срока твердения во влажной среде высушивают до постоянного веса при 50—60°, взвешивают и постепенно насыщают водой. Через 5—6 час. образцы вынимают из

воды и снова высушивают при 50—60° до постоянного веса. Затем образцы снова погружают в воду. Таких циклов водонасыщения — высушивания производят 5, после чего по весу сухого образца до испытания и весу того же образца после пятого цикла водонасыщения — высушивания вычисляют потерю в весе в процентах от веса сухого образца перед испытанием.

В орошаемых районах, в местах с близким уровнем грунтовых вод, количество циклов водонасыщения — высушивания должно быть увеличено до 10—15. Наоборот, в районе с засушливым климатом и глубоким залеганием грунтовых вод можно ограничиться тремя циклами.

17. При подборе смеси цементо-грунта, проектируемого для строительства оснований и покрытий на засоленных грунтах в условиях засушливого климата (V дорожно-климатическая зона), необходимым испытанием (взамен водонасыщения — высушивания) является проведение циклов насыщения — высушивания в 5%-ном солевом растворе по методике, принятой для водонасыщения — высушивания (п. 16). Солевой раствор по качественному составу солей должен примерно соответствовать водной вытяжке из грунта.

Требования к образцам, прошедшим это испытание, такие же, как и при водонасыщении — высушивании.

18. Устойчивые смеси будут характеризовать те образцы, которые после переменных циклов указанного испытания имеют потери в весе не более 2%, не имеют трещин и имеют прочность при сжатии в водонасыщенном состоянии не менее требуемой (см. табл. 9).

Если образцы имеют потери в весе более 2%, дают трещины или прочность их после циклов ниже требуемой, необходимо увеличить дозировку цемента и повторить эти испытания.

19. В тех случаях, когда устройство цементно-грунтового основания предполагается в районах с длительным зимним периодом, где возможно совместное действие воды и мороза, производят дополнительное испытание на пятикратное или 15—25-кратное замораживание—оттаивание. Для этой цели 3 образца стандартного приготовления после 28-суточного срока твердения во влажной камере высушивают до постоянного веса, взвешивают, насыщают водой и выдерживают в холодильной камере при —20° в течение 4 час.

Замерзшие образцы погружают для оттаивания в воду комнатной температуры.

После оттаивания циклы замораживания — оттаивания повторяют 5 или большее количество раз. После последнего цикла образцы высушивают и снова взвешивают для определения потерь в весе.

20. Образцы, не дающие трещин и имеющие небольшую потерю в весе, подвергают испытанию на прочность при сжатии после суточного их водонасыщения. Для оценки их качества следует руководствоваться показателями, установленными в табл. 8 настоящих указаний.

21. В качестве дополнительной характеристики, дающей представление о водоустойчивости и морозоустойчивости укрепленного грунта, производят определение полной влагоемкости.

Для этой цели 2 образца подвергают попеременному циклу замораживания — оттаивания (5—10 или 15 раз), после чего выдерживают их в воде в течение одних суток, взвешивают во влажном состоянии и высушивают до постоянного веса. Зная вес влажного образца и вес

сухого образца, подсчитывают количество поглощенной им влаги в процентах по весу.

Образцы, у которых полная влагоемкость не превышает оптимальной влажности, принятой при изготовлении образцов, более чем на 2%, характеризуют устойчивые смеси, которые, как правило, выдерживают испытание на водонасыщение — высушивание и замораживание — оттаивание.

7. Оценка лабораторных испытаний

22. Величина необходимой добавки цемента, извести и других компонентов смеси, а также оптимальная влажность и плотность смеси при ее укладке устанавливаются по результатам лабораторных испытаний в последовательности, изложенной выше, в пп. 6—21 приложения 5, в соответствии с показателями, приведенными в табл. 8.

В зависимости от достигнутой грунтом степени прочности и других показателей грунты, укрепленные цементом или известью, разделяют на три класса прочности.

8. Определение содержания цемента в цементно-грунтовой смеси

23. В целях контроля точности дозировки цемента и определения равномерности распределения вяжущего в смеси обработанного грунта производятся путем отбора проб грунта цемента и цементо-грунта.

При этом некоторые составные части грунта *I* и цемента *II* растворяются в растворе соляной кислоты. Если навеска каждого из них первоначально известна, то легко определить по расчету содержание грунта и цемента в цементно-грунтовой смеси *III*.

Эти испытания эффективны только тогда, когда грунт содержит небольшое количество карбонатов $CaCO_3$, которые реагируют с кислотой.

Необходимое оборудование

1. Весы технические с точностью до 0,01 *г*.
2. Бюретка на 50×0,1 *мл*
3. Пипетка (или дополнительная бюретка) на 25 *мл*.
4. Шесть лабораторных стаканов емкостью 400 *мл*.
5. Стеклянный мерный стакан.

Необходимые реактивы

1. Соляная кислота 3 N (примерно 10%).
2. Едкий натр 2 N.
3. Синий бром-тимоловый индикатор.
4. Дистиллированная вода.

Порядок определения

24. На месте производства работ тщательно отбираются средние пробы грунта *I*, цемента *II* и цементо-грунта *III* через каждые 50—100 *пог. м*. Каждая из указанных средних проб весом около 50 *г* просеивается через сито 1 *мм*. После высушивания на воздухе из каждой пробы путем квартования отбираются средние навески 25—30 *г*, которые после тщательного растирания просеиваются через сито 0,25 *мм*. Из этих проб после высушивания их в термостате при 105° до постоянного веса тщательно отбираются для анализа навески весом по 5 *г* для грунта *I* и цементо-грунта *III* и по 1 *г* для цемента *II*.

Имея средние пробы сухих навесок грунта, цемента и цементо-грунта, определяют в каждой из них сумму растворимых веществ путем растворения в соляной кислоте.

Во избежание повторения описания порядка определения растворимых веществ в пробах грунта, цемента и цементо-грунта ниже приводится описание определения только для пробы цементо-грунта.

Сухую навеску цементо-грунта *III* в количестве 5 *г* отвешивают и пересыпают в лабораторный стакан. Затем в этот стакан добавляют 25 *мл* 3 N HCl и в течение 5 мин. взбалтывают.

Далее добавляют примерно 100 *мл* дистиллированной воды, перемешивают и прибавляют 10—15 капель 1%-ного раствора синего бромтимолового индикатора. Этот индикатор имеет желтовато-оранжевый цвет в кислой среде и синий цвет — в щелочной.

Титрование остатка соляной кислоты проводят 2 N раствором NaOH до тех пор, пока цвет навески в растворе изменится от желтого до сине-зеленого после добавления нескольких капель. Если цвет индикатора маскируется грунтовой суспензией, необходимо либо давать отстаиваться суспензии после каждого прибавления NaOH, либо применять лакмус для синего бром-тимолового индикатора. Количество NaOH, пошедшего на титрование, точно фиксируется.

Расчет

25. Для нейтрализации 25 *мл* 3 N HCl необходимо 37,5 *мл* 2 N NaOH. Если *T мл* NaOH пошло на титрование 5 *г* цементо-грунта, то, следовательно, оставшееся количество (37,5 — *T*) *мл* NaOH израсходовано на нейтрализацию кислоты, не вошедшей в реакцию с цементо-грунтом. Предположим, что это равно *X мл*, $X = 37{,}5 - T$. Допустим, что *V мл* и *Z мл* NaOH соответственно пошло на титрование 5 *г* грунта и 1 *г* чистого цемента.

Если *C* — содержание цемента в процентах по весу в навеске цементо-грунта, то в этом случае

$$X = V\frac{100}{100+C} + 5Z\frac{C}{100+C},$$

откуда

$$C = \frac{100\,(X-V)}{5Z-X}\ \%.$$

Например:

$$X = (37{,}5 - 31{,}95)\ мл = 5{,}55\ мл;$$

$$V = (37{,}5 - 37{,}4)\ мл = 0{,}1 мл;$$

$$Z = (37{,}5 - 26{,}45)\ мл = 11{,}05 мл.$$

Откуда содержание цемента в цементо-грунте в процентах по весу

$$C = \frac{100\,(5{,}55 - 0{,}1)}{5\,(11{,}05 - 5{,}55)} = 10{,}9\%.$$

Примечание. Если цементо-грунт имеет возраст 7 или более дней, то величина C должна быть увеличена на коэффициент, равный 1,04. В этом случае цементо-грунт, как правило, очень прочен, поэтому комочки его предварительно перед испытанием тонко растираются в ступке.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
I. Общие положения	3
II. Область применения	4
III. Укрепление грунтов органическими вяжущими материалами	6
1. Конструктивные требования	—
2. Требования к материалам	8
3. Проектирование состава смесей	15
4. Технология устройства оснований и покрытий	18
5. Технический контроль	25
IV. Укрепление грунтов неорганическими вяжущими материалами	29
1. Общие и конструктивные требования	—
2. Требования к материалам	30
3. Технология устройства оснований и покрытий	36
4. Технический контроль	43
Приложение 1. Расчет цементно-грунтовых аэродромных покрытий и оснований и покрытий из грунтов и грунто-гравийных смесей, обработанных органическими вяжущими материалами	44
Приложение 2. Технические условия на торфяные дегти для укрепления грунтов	49
Приложение 3. Проектирование состава смесей с органическими вяжущими материалами и методы их испытаний	—
Приложение 4. Приготовление битума с добавкой омыленного древесного пека	59
Приложение 5. Проектирование состава смесей грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими материалами, и методы их испытаний	60

Государственный комитет Совета Министров СССР
по делам строительства

УКАЗАНИЯ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ В ДОРОЖНОМ И АЭРОДРОМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

СН 25-58

* * *

Госстройиздат
Москва, Третьяковский проезд, д. 1

* * *

Редактор издательства *В. В. ПЕТРОВА*
Технический редактор *Н. К. БОРОВНЕВ*

Сдано в набор 21/VIII-1958 г. Подписано к печати 19/XI-1958 г.
Т-10359 Бумага 84×108$^{1}/_{32}$=1,12 бум. л.—3,69 усл. печ. л. (4,4 уч.-изд. л.)
Тираж 5 000 экз. Изд. № VI-4169. Зак. № 1775 Цена 2 р. 20 к.

Типография № 1 Государственного издательства литературы
по строительству, архитектуре и строительным материалам,
г. Владимир

gost.e-ecolog.ru