МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА СССР
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

ПОСОБИЕ

ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ,

К СНиП 3.06.03-85 И СНиП 3.06.06-88

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

ПОСОБИЕ

ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ,

К СНиП 3.06.03-85 И СНиП 3.06.06-88

Москва 1990

УДК 625.731.2:624.138.23(083.75)

ПОСОБИЕ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ, К СНиП 3.06.03-85 И СНиП 3.06.06-88. Союздорнии. М., 1990.

Разработано в соответствии с требованиями СНиП 1.01.01-82 "Система нормативных документов в строительстве. Основные положения" в целях детализации отдельных положений СНиП 3.06.03-85 и СНиП 3.06.06-88, относящихся к строительству покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов из грунтов, укрепленных вяжущими.

Содержит справочные и вспомогательные материалы, необходимые при строительстве указанных конструктивных слоев дорожных и аэродромных одежд, а также рекомендации, детализирующие требования к укрепленным грунтам и конкретизирующие области их применения.

Изложены современные методы укрепления грунтов для дорожного и аэродромного строительства и даны подробные указания о способах и средствах выполнения требований соответствующих разделов СНиП 3.06.03-85 и СНиП 3.06.06-88.

Табл. 57, рис. 14.

© Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт, 1990.

УДК 625.731.2:624.138.23(083.75)

Предисловие

Настоящее Пособие к СНиП 3.06.03-85 "Организация, производство и приемка работ. Сооружения транспорта. Автомобильные дороги" и СНиП 3.06.06-88 "Организация, производство и приемка работ. Сооружения транспорта. Аэродромы" разработано в соответствии с требованиями СНиП 1.01.01-82 "Система нормативных документов в строительстве. Основные положения в целях детализации отдельных положений СНиП 3.06.03-85 и СНиП 3.06.06-88, относящихся к строительству покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов из грунтов, укрепленных вяжущими материалами. Пособие содержит справочный и вспомогательный материалы, необходимые при строительстве указанных конструктивных слоев дорожных и аэродромных одежд.

В целях использования настоящего Пособия не только при строительстве, но и при проектировании дорожных одежд с конструктивными слоями из укрепленных грунтов в него включены рекомендации, детализирующие требования к укрепленным грунтам и конкретизирующие области их применения, предусмотренные соответствующими пунктами СНиП 2.05.02-85 "Автомобильные дороги. Нормы проектирования".

При составлении Пособия учтены результаты научно-исследовательских и опытно-экспериментальных работ и производственный опыт в области укрепления грунтов, накопленный в последние годы.

Укреплением грунтов следует называть качественное изменение первоначальных свойств естественных или искусственных грунтов различного состава и генезиса и преобразование их в монолитный, прочный и морозоустойчивый конструктивный слой дорожной или аэродромной одежды.

Такое изменение достигается путем внесения в грунт оптимальных добавок вяжущих материалов и других веществ и последовательного выполнения установленных технологических операций с использованием грунтосмесительных и других машин.

Влажность верхней части земляного полотна под основанием и морозозащитным слоем, устроенными из укрепленного грунта, меньше, чем под щебеночным основанием на дренирующем песчаном слое. В результате этого, а также благодаря хорошей распределяющей способности конструктивных слоев из укрепленных грунтов ровность покрытий на таких слоях обычно выше, чем на щебеночных или гравийных основаниях.

Укрепление грунтов представляет собой наиболее радикальный и эффективный путь обеспечения экономии материальных ресурсов, повышения производительности труда, резкого уменьшения объема перевозок дорожно-строительных материалов.

Только учет всех особенностей укрепляемых местных грунтов, материалов и применяемых для укрепления вяжущих и других веществ, обязательное использование высокопроизводительных машин, обеспечивающих высокое качество выполнения всего комплекса технологических операций при производстве работ, а также строгое соблюдение производственной и трудовой дисциплины позволяют реализовать все технико-экономические преимущества применения различных методов укрепления грунтов.

При применении любых методов укрепления грунтов всегда целесообразно укреплять те же грунты, из которых сооружено земляное полотно, или применять для укрепления отходы производства либо малопрочные каменные материалы при небольшой дальности их возки автомобильным транспортом, отдавая предпочтение наиболее дешевым местным материалам.

Методы укрепления грунтов, сочетающие внесение добавок двух вяжущих материалов разного состава и свойств или одного вяжущего и поверхностно-активного и активного веществ получили название комплексных методов.

Комплексно укрепленные грунты имеют высокие прочность и морозостойкость и применяются в различных конструктивных слоях дорожных и аэродромных одежд в любых природно-климатических условиях.

В настоящем Пособии детально излагаются современные методы укрепления грунтов для дорожного и аэродромного строительства и даются подробные указания о способах и средствах выполнения требований соответствующих разделов СНиП 3.06.03-85 и СНиП 3.06.06-88.

В составлении Пособия участвовали д-р геол.-минер. наук В.М.Безрук, кандидаты технических наук Т.М.Луканина, Ю.Л.Мотылев, П.П.Петрович, Ю.Н.Питецкий, В.С.Цветков (отв.исполнитель), инженеры И.Н.Глуховцев, В.П.Муквич, З.И.Рубцова, И.П.Степанова (Союздорнии), д-р техн.наук М.Б.Корсунский, кандидаты технических наук Ю.М.Васильев, М. Г. Мельникова, А.О.Салль, инж.В.П.Агафонцева (Ленинградский филиал Союздорнии), кандидаты технических наук Б.В.Белоусов, В.М.Бескровный, А.С.Дудкин, И.Б.Старцев, инженеры Н.С.Дежина, А.А.Лыткин (Омский филиал Союздорнии), кандидаты технических наук Б.А.Асматулаев (Казахский филиал Союздорнии), Ю.В.Бутлицкий, З.И.Негуляева (Среднеазиатский филиал Союздорнии), И.П.Гаркавенко, Н.Ф.Сасько, инж. В.П.Любацкий (Госдорнии Миндорстроя УССР), кандидаты технических наук В.М.Ольховиков (Гипродорнии Минавтодора РСФСР), В.С.Прокопец (СибАДИ).

1. Материалы

Грунты

1.1. Для устройства дорожных и аэродромных оснований и покрытий из укрепленных грунтов применяют осадочные несцементированные крупнообломочные и песчаные грунты, супеси всех разновидностей, а при укреплении методом смешения на дороге – и легкие суглинки, подвергаемые при необходимости предварительному рыхлению. Возможность укрепления тяжелых суглинков и глин зависит от наличия средств механизации, которые могут обеспечить размельчение этих грунтов, равномерное распределение в них вяжущих материалов.

Кроме естественных грунтов, соответствующих классификации ГОСТ 25100-82, следует максимально использовать искусственные грунты – отходы либо побочные продукты производства в соответствии с упомянутым ГОСТом. Разрешается также применять песчано-гравийные, песчано-щебеночные, песчано-гравийно-щебеночные смеси и пески, отвечающие требованиям ГОСТ 23735-79 и ГОСТ 8736-85.

1.2. При определении пригодности грунтов для укрепления вяжущими необходимо учитывать требования, предъявляемые к грунтам по зерновому (гранулометрическому) составу, происхождению (генезису), степени засоленности, содержанию органического вещества (гумуса), значению водородного показателя среды (pH), влажности, а также требования и ограничения, приведенные в настоящем разделе.

1.3. Зерновой (гранулометрический) состав крупнообломочных грунтов (щебенистых и дресвяных), укрепляемых вяжущими материалами как в естественном ви-

де, так и в смесях подобранного состава, должен соответствовать требованиям п.6.3 СНиП 3.06.03-85, пп.1.4-1.6 настоящего Пособия и предельным кривым зернового состава, приведенным на рис.1.

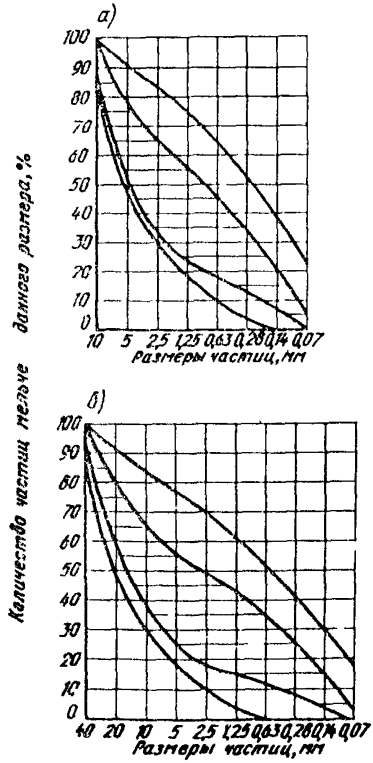

Рис.1. Кривые зернового состава крупнообломочных грунтов, пригодных для укрепления вяжущими, при максимальной крупности частиц 10 мм (а), 20 мм (б) и 40 мм (в). Заштрихована область оптимальных составов

1.4. С целью снизить расход вяжущих, повысить плотность и улучшить физико-механические свойства укрепленных грунтов следует подбирать смеси крупнообломочных грунтов оптимального состава. Зерновой состав минеральной части таких смесей должен укладываться в заштрихованную область графиков (см.рис.1, а, б, в).

1.5. Допускается применять смеси состава, близкого к оптимальному, если отклонение в содержании отдельных фракций от требуемого составляет не более 10% при соблюдении норм содержания наиболее крупных и мелких зерен. Возможно также укрепление вяжущими крупнообломочных грунтов прерывистого зернового состава, если содержание отдельных фракций в них не выходит за пределы кривых, приведенных на рис.1.

1.6. При подборе состава искусственных смесей крупнообломочных грунтов следует применять щебень из природного камня, щебень шлаковый, щебень из гравия и гравий, отвечающие требованиям ГОСТ 8267-82, ГОСТ 3344-83, ГОСТ 10260-82, ГОСТ 8268-82.

При этом марка щебня по дробимости и износу должна быть для щебня из природного камня и шлакового щебня не менее 30 МПа, для щебня из гравия и гравия - не менее Др 24. Марка по морозостойкости всех видов щебня и гравия должна соответствовать требованиям табл.35-37 СНиП 2.05.02-85.

1.7. Допускается укреплять вяжущими малопрочные щебеночные и гравийные материалы, прочность которых менее 30 МПа, при максимальной крупности зерен не более 20 мм.

1.8. Крупнообломочные грунты оптимального или близкого к оптимальному зернового состава, неоднородные пески (гравелистые, крупные, средней крупности), супеси с числом пластичности более 3 (преимущественно супеси легкие крупные, легкие пылеватые), а также легкие суглинки наиболее пригодны для укрепления вяжущими и не требуют введения гранулометрических добавок.

1.9. Крупнообломочные грунты неоптимального состава, однородные пески и супеси с числом пластичности менее 3 целесообразно укреплять вяжущими после улучшения их зернового состава добавками дисперсных

материалов: зол уноса, золошлаковых смесей, тонкодисперсных шлаков, цементной пыли, отходов дробления камня, молотых известняков, опок и др., а также легких суглинков. Количество добавок дисперсных материалов составляет 10-30% массы грунта и уточняется при лабораторном подборе состава смесей.

1.10. При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается укрепление вышеперечисленных грунтов цементом без введения добавок дисперсных и других веществ, а также цементом и битумными эмульсиями (или жидкими нефтяными битумами).

При укреплении этих грунтов сланцевыми битумами, битумными эмульсиями и каменноугольными вяжущими (дегтями, смолами) в грунты вводится только добавка извести.

1.11. Мелкие пески (дюнные, барханные и др.) укрепляются цементом без указанных выше веществ или других гранулометрических добавок в том случае, когда земляное полотно также возводится из песчаных грунтов.

1.12. Для укрепления известью пригодны, кроме перечисленных грунтов, также крупнообломочные грунты оптимального зернового состава, песчано-гравийные, песчано-щебеночные, песчано-гравийно-щебеночные смеси. При этом содержание пылевато-глинистых частиц не ограничивается.

1,13. Песчаные и супесчаные грунты с числом пластичности менее 3 рекомендуется укреплять известью после введения в них добавок суглинистых грунтов или зол уноса и др. в соответствии с указаниями п. 1.9.

1.14. Супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие и легкие пылеватые с числом пластичности до 12 допускается укреплять вяжущими без внесения гранулометрических добавок. Указанные грунты следует укреплять органическими вяжущими (кроме карбамидоформальдегидных смол) с добавкой извести или других

активных и поверхностно-активных вещество в соответствии с п.6.21 СНиП 3.06.03-85 и п. 1.5 Пособия. Введение указанных добавок при укреплении грунтов, предназначенных для строительства дорог во II дорожно-климатической зоне, обязательно, в III-У - целесообразно. При укреплении этих грунтов сланцевыми битумами, битумными эмульсиями, каменноугольными вяжущими следует вводить известь.

Не разрешается укреплять указанные грунты двумя вяжущими: анионными эмульсиями (жилкими нефтяными битумами) и цементом.

1.15. Глинистые грунты с числом пластичности более 12 до введения в грунт вяжущих материалов необходимо размельчить до требуемой по СНиП 3.06.03-85 степени размельчения. Относительная влажность глинистых грунтов при этом должна составлять 0,3 - 0,4 влажности на границе текучести.

1.16. До укрепления вяжущими следует обязательно улучшить зерновой и химико-минералогический состав указанных грунтов добавками дисперсных и различных химических веществ.

1.17. Глинистые грунты, укрепляемые портландцементом или шлакопортландцементом, должны иметь влажность грунта на границе текучести не более 55%; укреплению известью или известково-шлаковым цементом можно подвергать глинистые грунты с числом пластичности не менее 5.

1.18. Суглинки и глины с числом пластичности более 12 допускается укреплять гранулированными и дисперсными металлургическими шлаками после предварительного улучшения их свойств добавками извести и цементной пыли 1 и II сортов в количестве 2-5% массы грунта.

1.19. Для укрепления битумными эмульсиями пригодны суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые с числом пластичности не более 15.

Суглинки с числом пластичности более 15 следует укреплять битумными эмульсиями после введения в грунт гранулометрических добавок (песков гравелистых, крупных, средней крупности или отходов камнедробления) и извести. Количество этих добавок назначают в пределах 25-50% массы улучшаемого грунта.

Укрепление тяжелых суглинков жидкими нефтяными битумами во II и III дорожно-климатических зонах должно производиться с введением в грунт вышеуказанных добавок, а также извести и поверхностно-активных веществ, а в IУ и У дорожно-климатических зонах и при использовании в качестве вяжущих сланцевых битумов и дегтей - только с гранулометрическими добавками или с добавкой извести.

1.20. Глины песчанистые и пылеватые с числом пластичности от 17 до 20 укрепляют вяжущими аналогично пп.1.15-1.19 и согласно нижеприведенным рекомендациям.

1.21. Для укрепления таких грунтов надлежит применять или одну известь, или известь с добавками, которые следует вводить, если необходимо обеспечить бóльшую прочность и водостойкость известкованного грунта. В качестве таких добавок надлежит использовать хлористый кальций, жидкое стекло, каустическую соду, сернокислый натрий.

1.22. При укреплении глин жидкими нефтяными битумами в грунт вводят гранулометрические добавки, известь и ПАВ, а при укреплении сланцевыми битумами и каменноугольными вяжущими - только гранулометрические добавки и известь.

Укрепление глин битумными эмульсиями не допускается.

1.23. Для укрепления вяжущими применяют грунты следующих генетических типов: покровные глины, суглинки и супеси, лессы и лессовидные суглинки; моренные глины, суглинки и супеси, дерново-подзолистые и

серые лесные почвы; черноземы всех видов, особенно их карбонатные разновидности; каштановые почвы и сероземы; солонцеватые почвы, солонцы и некоторые виды солончаков.

Для обработки вяжущими предпочтение следует отдавать карбонатным грунтам, которые приобретают после укрепления более высокую прочность по сравнению с некарбонатными разновидностями.

1.24. Карбонатные разновидности глинистых грунтов (суглинки, глины) в III дорожно-климатической зоне надлежит укреплять портландцементом, шлакопортландцементом или органическими вяжущими (за исключением карбамидоформальдегидных смол) после введения добавок песка, гравия или отходов камнедробления с крупностью частиц до 25 мм.

Некарбонатные суглинки и глины допускается укреплять указанными вяжущими только совместно с известью. При укреплении цементом в грунт дополнительно вводят различные легкорастворимые соли, например кальций хлористый, железо хлорное, железо сернокислое и др.

1.25. Гумусовые горизонты дерново-подзолистых и полуболотных почв укреплять цементом не разрешается.

Нижние безгумусовые горизонты дерново-подзолистых и полуболотных почв, имеющих кислую реакцию (pH<5,5), допускается укреплять цементом после их предварительной нейтрализации добавками извести, каустической соды (NaOH) или других щелочных соединений.

Не разрешается укреплять портландцементом, шлакопортландцементом или золами уноса гумусовые горизонты черноземов, содержащих более 2% массы гумусовых веществ для условий II дорожно-климатической зоны и 4% - III-У. При этом значение pH грунтов при укреплении цементом должно быть не менее 7, золой уноса - не менее 4.

При укреплении грунтов гранулированными и дисперсными металлургическими шлаками содержание гумуса должно быть не более 1% массы грунта, величина pH - не менее 5,5.

В грунтах, укрепляемых пылью уноса цементных заводов, не должно содержаться гумуса; величина pH должна быть не менее 7.

1.26. Грунты, характеризующиеся кислой реакцией среды (pH < 7), что отрицательно сказывается на гидратации цемента, можно укреплять цементом при условии предварительной нейтрализации таких грунтов добавками извести, каустической соды или других щелочных соединений.

1.27. Укреплять портландцементом засоленные грунты различного зернового состава допускается при содержании в них солей не более 4% массы грунта при хлоридном, сульфатно-хлоридном и хлоридно-сульфатном засолении.

При сульфатном засолении содержание солей не должно превышать 2% для грунтов, используемых в основаниях автомобильных дорог и 1% - в основаниях под аэродромные покрытия.

Засоленные грунты, содержащие 4-6% солей (за исключением случаев сульфатного засоления), допускается укреплять портландцементом совместно с добавками извести или хлористого кальция, хлорного и сернокислого железа.

1.28. Грунты, укрепляемые портландцементом и шлакопортландцементом, не должны содержать более 10% примесей гипса при использовании их во II-III дорожно-климатических зонах и более 20% - в IУ-У.

1.29. Требования к засоленным грунтам при укреплении их известью или известково-шлаковым цементом аналогичны требованиям, указанным в п.1.27 настоящего Пособия.

При этом известково-шлаковый цемент, применяемый для укрепления тяжелых суглинков и глин, должен содержать известь в пределах 15-25% массы цемента.

1.30. Допускается укреплять золами уноса засоленные грунты при содержании в них солей не более 3% при сульфатном засолении и не более 5% - при хлоридном; значение pH должно быть не менее 4.

1.31. Содержание легкорастворимых солей в укрепляемых гранулированными и дисперсными металлургическими шлаками засоленных грунтах не должно превышать 4% массы грунта.

1.32. При укреплении засоленных грунтов пылью уноса цементных заводов суммарное содержание водорастворимых солей в пылецементогрунтовой смеси допускается не более 10% массы вяжущего, а гипса - не более 5% массы смеси.

1.33. Укрепление засоленных грунтов нефтяными жидкими битумами и каменноугольными вяжущими допускается в тех случаях, если содержание в грунте легкорастворимых солей не превышает 1% массы грунта, в том числе солей Na_2SO_4 и $MgSO_4$ - менее 0,25%, Na_2CO_3 и $NaHCO_3$ - менее 0,1%, а суммарное содержание поглощенного натрия - менее 20% емкости поглощения грунта.

1.34. Засоленные грунты с числом пластичности менее 17 при содержании в них легкорастворимых солей до 5% (в том числе не более 2,5% сернокислых и углекислых солей натрия) необходимо укреплять жидкими битумами только при добавлении извести и ПАВ или после введения в грунт гранулометрических добавок в количестве, при котором суммарное содержание легкорастворимых солей не будет превышать допустимых норм.

1.35. Засоленные грунты, содержащие поглощенный натрий в количестве более 20% емкости поглощения грунта, необходимо укреплять жидкими битумами толь-

ко совместно с добавками активных и поверхностно-активных веществ; при этом число пластичности грунтов после введения гранулометрических добавок не должно превышать 17.

1.36. Применение битумных эмульсий для укрепления засоленных грунтов не допускается.

1.37. Для укрепления карбамидоформальдегидными смолами применяют грунты несцементированные крупнообломочные оптимального и неоптимального зернового состава, пески, в том числе однородные, супеси и суглинки с числом пластичности не более 17 и pH водной вытяжки не более 7.

1.38. Наиболее пригодными грунтами, которые имеют после укрепления даже небольшими добавками смол высокие показатели физико-механических свойств, для применения во всех дорожно-климатических зонах являются крупнообломочные и супесчаные грунты, близкие к оптимальному зерновому составу, пылеватые пески, а также грунты, характеризующиеся кислой реакцией среды (pH<7).

1.39. При укреплении карбамидоформальдегидными смолами грунтов другого зернового состава (см.п.1.9) производят с добавлением только дисперсных материалов и отвердителей.

1.40. Разрешается укреплять смолами гумусовые и нижние безгумусовые горизонты дерново-подзолистых и полуболотных почв.

1.41. Для комплексного укрепления смолами совместно с анионными медленнораспадающимися эмульсиями класса ЭБА-3 или сырой нефтью, либо с добавкой лигносульфоната технического (ЛСТ) не следует применять грунты с числом пластичности более 12, а также грунты, содержащие легкорастворимые соли или более 3% карбонатов.

1.42. При применении карбамидоформальдегидных смол действительны дополнительные требования и ог-

раничения к грунтам, изложенные в пп. 1.11, 1.14, 1.16 и 1.39.

Отходы промышленности, используемые в качестве укрепляемых материалов

1.43. При устройстве конструктивных слоев дорожных одежд и аэродромных покрытий из укрепленных грунтов и материалов используют также искусственные грунты - отходы или побочные продукты производства:

золошлаковые смеси тепловых электростанций (ГОСТ 25592-83), получаемые после сжигания каменного или бурого угля, горючих сланцев либо торфа;

шлаки гранулированные доменные и электротермофосфорные (ГОСТ 3476-74), дисперсные металлургические (электросталеплавильные, феррохромовые и отвальные доменные) - отходы черной металлургии;

фосфоритные "хвосты" - отход фосфоритного производства;

горелые породы угольных шахт;

"хвосты" - отходы угольной промышленности, получаемые в результате обогащения углей на обогатительных фабриках;

отходы камнедробления, в том числе известняковые отходы добычи горючих сланцев.

1.44. При применении в качестве укрепляемых материалов отходов или побочных продуктов производства должны соблюдаться требования, предъявляемые к естественным грунтам (см. пп.1.1-1.42 и СНиП 3.06.03-85). Кроме того, отходы производства не должны содержать частиц крупнее 25 мм.

1.45. Для укрепления естественных и искусственных грунтов применяют следующие основные вяжущие материалы:

портландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент (ГОСТ 10178-85), известково-шлаковый цемент, а также другие виды цементов;

известь молотую негашеную, известь гидратную, известь гидрофобизированную 1-го и 2-го сортов (ГОСТ 9179-77);

битумы нефтяные дорожные жидкие (ГОСТ 11955-82);

битумы сланцевые жидкие (РСТ ЭССР 82-83);

нефти высокосмолистые (ТУ 39-01-07-526-79);

эмульсии дорожные битумные (ГОСТ 18659-81);

битумные пасты ("Технические указания по приготовлению и применению дорожных эмульсий" ВСН 115-75 (М., 1976));

дегти каменноугольные дорожные (ГОСТ 4641-80, ТУ 14-6-161-78);

каменноугольные смолы (ОСТ 14-62-80);

карбамидоформальдегидные смолы (ГОСТ 14231-88, ТУ 6-05-211-1377-84).

1.46. К вышеперечисленным материалам предъявляются следующие дополнительные требования и ограничения.

1.47. В целях повышения механической прочности цементогрунта и уменьшения расхода вяжущего следует применять тонкомолотые цементы с большой удельной поверхностью, в том числе пластифицированные и гидрофобные.

Потеря массы при прокаливании цементов не должна превышать 2%, содержание свободной извести в нем не нормируется.

1.48. Для устройства цементогрунтовых однослойных оснований и покрытий дорог во II и III дорожно-климатических зонах надлежит применять портландцемент марок не ниже 400 для грунта покрытий и не ниже 300 – оснований, отвечающих требованиям ГОСТ 10178-85.

Для устройства нижнего слоя оснований дорожных одежд во II-У дорожно-климатических зонах, а также однослойных оснований и покрытий дорог в 1У и У дорожно-климатических зонах надлежит, как правило, применять грунты с портландцементом, шлакопортландцементом и пуццолановым портландцементом марки не ниже 200. Для устройства нижних слоев оснований дорожных одежд на дорогах III категории, а также покрытий на дорогах местного значения 1У категории с интенсивностью движения до 400 авт/сут и дорогах У категории при строительстве их в 1У-У дорожно-климатических зонах допускается применять магнезиальные портландцементы, шлаковые магнезиальные и другие цементы марки 300 и ниже, а также известково-шлаковый, известково-пуццолановый, известково-глинистый и известково-зольный цементы.

1.49. Для устройства цементогрунтовых оснований и покрытий на аэродромах класса А-Г во II-У дорожно-климатических зонах надлежит применять, как правило, портландцементы марки не ниже 400; на аэродромах классов Д, Е и сельскохозяйственной авиации в 1У-У дорожно-климатических зонах допускается применять известково-шлаковый, известково-пуццолановый, известково-глинистый и известково-зольный цементы.

1.50. Для укрепления грунтов должны применяться преимущественно битумы нефтяные дорожные жидкие марок 40/70 и 70/130 с вязкостью при C^{5}_{60} не более 100 с следующих классов: СГ (среднегустеющие), МГ (медленногустеющие) и МГО (медленногустеющие остаточные).

1.51. В исключительных случаях жидкие битумы классов МГ и СГ могут быть приготовлены на АБЗ разжижением вязких битумов марок БНД 40/60 или БНД 60/90 жидкими нефтепродуктами определенного фракционного состава, регламентируемого ГОСТ 11955-82, и добавлением ПАВ для обеспечения сцепления с поверхностью грунтов и других минеральных материалов.

В качестве разжижителей для получения битумов класса СГ может быть использован керосин (ОСТ 38 01408-86), а для битумов класса МГ - топливо дизельное летнее (Л), зимнее (З) и арктическое (А) по ГОСТ 305-82.

Фракционный состав нефтепродуктов, применяемых в качестве разжижителей, приведен в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	Значение показателя для битумов	
	СГ	МГ
Температура начала кипения, °С, не ниже	145	-
Температура, °С, не выше, при которой перегоняется нефтепродуктов:		
50%	215	280
96%	300	360

Соотношение битума и разжижителей, а также оптимальное количество ПАВ устанавливают предварительно в лаборатории.

Вязкость разжиженных битумов C^{5}_{60} должна соответствовать вязкости требуемых марок жидких битумов.

1.52. Для укрепления грунтов допускается применять жидкие сланцевые битумы марок С-12/20, С-20/35, С-35/70, С-70/130 (с вязкостью C^{5}_{60} не более 100 с).

Качество таких битумов должно отвечать требованиям РСТ ЭССР 82-83 на битумы сланцевые дорожные жидкие и вязкие.

1.53. Битумы нефтяные дорожные жидкие используют преимущественно в III-У дорожно-климатических зонах, битумы сланцевые жидкие - во II.

1.54. Взамен жидких битумов допускается применять высокосмолистые нефти (ТУ 39-01-07-526-79) с вязкостью по стандартному вискозиметру $С^{5}_{60}$ не менее 7 с, содержанием фракций, выкипающих при температуре до 360°С, - до 35% (по объему).

1.55. Для укрепления грунтов, применяемых во II-У дорожно-климатических зонах, следует использовать эмульсии дорожные битумные анионные прямого типа медленнораспадающиеся (класса ЭБА-3), приготовленные на нефтяных битумах разной вязкости и соответствующие ГОСТ 18659-81.

Допускается применение эмульсий класса ЭБА-3, приготовленных с использованием нефтяных гудронов (ТУ 38-101582-75) или госсиполовой смолы (ОСТ 18-114-73).

1.56. Виды эмульгаторов для приготовления анионных медленнораспадающихся эмульсий класса ЭБА-3 приведены в табл. 2.

Допускается также применять эмульсию на эмульгаторе - лигносульфонате техническом (ЛСТ) при условии соответствия получаемых свойств вяжущего существующим нормативным требованиям. Содержание битума должно составлять 50-60%.

При выборе эмульгатора для приготовления битумных эмульсий надлежит руководствоваться следующими положениями:

эмульсии на нефтяных сульфокислотах применяются для укрепления всех видов грунтов во II-У дорожно-климатических зонах;

Таблица 2

Эмульгатор	Количество вещества, вводимого	
	в воду, % массы воды	в битум, % массы битума
Смола древесная омыленная (СДО)	6-8	-
Талловый пек (ТП)	-	15-20
Едкий натр	0,8	-
Контакт Петрова (сульфиты)	2,4-2,6	-
Едкий натр	См.примечание	-
Госсиполовая смола	6-8	3-5
Едкий натр	См.примечание	-
Второй жировой гудрон	-	6-8
Триполифосфат натрия	2	-
Жировая масса	2,0-2,5	-
Едкий натр	0,6-0,7	-
Клей талловый пековый плавленый	2,8-3,0	-
Едкий натр	0,3	-

Примечание. Количество едкого натра A рассчитывают по формуле

$$A = \frac{a\,b\,0{,}714}{10000} + C, \qquad (1)$$

где a – число омыления эмульгатора, мг·КОН на 1 г, определяемое по ГОСТ 21749-76; b – количество эмульгатора в расчете на сухое вещество, %; 0,714 – коэффициент пересчета молекулярной массы от $NaOH$ к KOH; C – избыток $NaOH$ в водном растворе эмульгатора,%; C =0,4 – для госсиполовой смолы (хлопкового гудрона); C =0,1-0,12 – для остальных эмульгаторов.

эмульсии на госсиполовой смоле, втором жировом гудроне, ЛСТ применяются преимущественно в III-У дорожно-климатических зонах, а также во II дорожно-климатической зоне при температуре воздуха не ниже 15°С;

для укрепления супесей и суглинков, применяемых в IУ и У дорожно-климатических зонах, с влажностью 0,2-0,3 влажности на границе текучести, а также барханных песков следует использовать битумные эмульсии, приготовленные на эмульгаторах: контакте Петрова (сульфиты) и госсиполовой смоле (хлопковом гудроне).

1.57. Применяемые для укрепления грунтов битумные эмульсии класса ЭБА-3 должны содержать 35-55% битума (массы эмульсии). Эмульсиями с меньшим содержанием битума следует укреплять супесчаные и суглинистые грунты, с бо́льшим содержанием битума - крупнообломочные и песчаные грунты.

Для укрепления крупнообломочных грунтов, песков всех видов и разновидностей, супесчаных грунтов при температуре воздуха не ниже 15°С рекомендуется использовать эмульсии дорожные битумные с добавками активных веществ (извести, цемента, золы уноса и др.).

1.58. Вышеперечисленные грунты, укрепленные битумными пастами, приготовленными на твердых эмульгаторах, следует применять в III-У дорожно-климатических зонах. Свойства битумных паст должны удовлетворять требованиям ВСН 115-75.

В зависимости от применяемого эмульгатора составы битумных паст следует принимать в соответствии с данными табл. 3.

1.59. Битумные пасты, приготовленные с использованием в качестве эмульгатора извести, применяют для укрепления всех видов грунтов в III-У дорожно-климатических зонах.

1.60. Для укрепления грунтов в III-IУ дорожно-климатических зонах допускается применять следующие каменноугольные вяжущие:

дегти каменноугольные дорожные (ГОСТ 4641-80);

смолы каменноугольные КМС-1 - КМС-4 сырые (прил.1), отогнанные и препарированные (прил.2);

Таблица 3

Состав битумных паст	Количество вещества, % массы пасты
Известь молотая кипелка	8-12
Вода	42-33
Битум	50-55
Известь пушонка	15-20
Вода	40-30
Битум	45-50
Фильтрпрессная грязь	25-30
Вода	35-20
Битум	40-50

смолы улавливания тяжелые СТУ-2, СТУ-3 (прил.3).

При использовании перечисленных вяжущих вязкостью C_{30}^{5} =15 с требуется обязательное введение в грунт активных добавок (извести, цемента).

1.61. Для укрепления грунтов согласно требованиям пп.1.38-1.43 следует применять карбамидоформальдегидные смолы марок КФЖ и КФ-МС по ГОСТ 14231-88 и ТУ 6-05-211-1377-84.

Указанные смолы применяют с добавками отвердителей типа аммония хлористого (NH_4Cl), железа хлорного и др. (табл.10), а также эмульсиями дорожными битумными (так называемое смолобитумное вяжущее), высокосмолистыми нефтями либо лигносульфонатами техническими (ОСТ 13-183-83).

Отходы производства, используемые в качестве вяжущих материалов или компонентов вяжущих

1.62. В качестве вяжущих или их компонентов применяются следующие неорганические отходы и побочные продукты производства:

гранулированные доменные, электротермофосфорные и дисперсные металлургические шлаки по ГОСТ 3476-74;

золы уноса сухого отбора;

золошлаковые смеси гидроудаления по ГОСТ 25592-83;

пыль уноса цементных заводов;

нефелиновый шлам по ТУ 48-0114-19-84 и бокситовый шлам по ТУ 48-2853-3/0-84; размер схватившихся агрегатов не должен превышать 40 мм, а содержание зерен 20-40 мм - не более 25%. $R_{сж}$ образов, уплотненных под нагрузкой 15 МПа и влажности 23-26%, после 90 сут твердения должны быть не менее 2,5 МПа;

гипсошламовое и портландцементное вяжущее.

1.63. Гранулированные доменные шлаки (табл. 4, 5) применяют в качестве медленнотвердеющих вяжущих с добавками активаторов твердения.

Таблица 4

Вид гранулированного доменного шлака	Удельная поверхность, $см^2/г$, не менее	Содержание частиц мельче 0,28 мм, %, не менее
Недробленый	200	-
Дробленый	800	30
Молотый	3200	100

Примечание. Срок хранения гранулированных доменных шлаков - не более 1 года.

Без добавок активаторов твердения допускается применять недробленые гранулированные доменные шлаки 1-го сорта, дробленые - 1-го и 2-го сортов, молотые 1-3-го сортов.

1.64. К дисперсным металлургическим шлакам относятся электросталеплавильные, феррохромовые и отвальные доменные шлаки, содержащие не менее 70% частиц мельче 1 мм (см. табл. 6). Применяют их в каче-

стве вяжущих материалов с добавками активаторов твердения.

Без активаторов твердения допускается использовать металлургические шлаки 1-го и 2-го сортов.

Таблица 5

Вид шлака	Сорт шлака	Коэффициент качества K	Гидравлическая активность шлака R, МПа			Степень насыщения H
			молотого	дробленого	недробленого	
Доменный	1	1,65-2,25	>40	>20	>10	-
гранулированный	2	1,45-1,65	20-40	10-20	5-10	-
	3	1,25-1,45	20	10	5	-
Дисперсный	1	-	-	>10	-	0,70-1,00
металлургический	2	-	-	5-10	-	0,55-0,70
	3	-	-	5	-	0,55

Примечание. Методика расчета показателей для гранулированных доменных шлаков приведена в прил.4, для дисперсных металлургических - в прил.5 настоящего Пособия.

1.65. Золы уноса от сжигания каменных и бурых углей, торфа или горючих сланцев, применяемых в качестве самостоятельных вяжущих или в сочетании с добавками активаторов твердения, должны удовлетворять требованиям табл.6.

1.66. Пыль уноса цементных заводов (цементная пыль) - это мелкодисперсный отход производства портландцементного клинкера. В качестве вяжущего рекомендуется цементная пыль 1-го и 2-го сортов (табл.7), а также 2-го и 3-го сортов с активными добавками.

1.67. Нефелиновый и бокситовый шламы, применяемые в качестве медленнотвердеющих вяжущих, должны содержать не менее 40% двухкальциевого силиката. Характеристика шламов приведена в табл.8.

Таблица 6

Применение золы уноса	Содержание свободной окиси кальция, %, не менее	Удельная поверхность, $см^2/г$, не менее	Содержание сернистых и сернокислых соединений, %, не более[x)]	П.п.п., %, не более
Самостоятельное медленно-твердеющее вяжущее	8	3000	6	5
Компонент смешанного вяжущего:				
с цементом или цементной пылью	8	3000	3	10
с известью	–	3000	–	10

x) В пересчете на SO_3.

Примечания: 1. Использование золы уноса в сочетании с цементом предусматривает применение портландцемента или шлакопортландцемента марки не ниже 300.

2. Химический анализ золы уноса проводят по ГОСТ 5382-73, потери при прокаливании определяют по ГОСТ 11022-75, удельную поверхность – по ГОСТ 310.2-76.

Таблица 7

Сорт пыли уноса	Показатель активности[x)]		Коэффициент агрессивности α
	химической Н	гидравлической R, МПа	
1	>0,25	>10	>1,00
2	0,125-0,25	5-10	1,00-1,25
3	<0,125	<5	1,25-1,50

x) Методика определения приведена в прил.7.

Таблица 8

Показатель	Значение показателя для шлама	
	нефелинового	бокситового
Размер частиц, мм, не более	5	5
Модуль крупности	1,2–1,7	1,1–3,0
Насыпная плотность, кг/м^3	900–1100	1000–1300
Коэффициент теплопроводности, Вт	0,55–0,65	0,57–0,67
Предел прочности при сжатии образцов, МПа:		
после уплотнения под нагрузкой 15 МПа	1,0–1,2	0,7–1,0
в возрасте 90 сут	4,0–6,0	3,0–5,0
в возрасте 360 сут	9,0–10,0	7,0–8,0
Предел прочности на растяжение при изгибе образцов, МПа:		
в возрасте 90 сут	1,6–2,4	1,2–2,0
в возрасте 360 сут	2,6–3,0	2,1–2,6

1.68. Гипсошламовое и портландцементошламовое вяжущие для укрепления грунтов получают путем совместного помола высушенного нефелинового шлама и активатора твердения. Температура нагрева шлама при сушке не должна превышать 150°С.

В качестве активаторов твердения в составе вяжущих используют: гипсовый камень по ГОСТ 4013-82 при расходе 5–10% массы гипсошламового вяжущего, портландцемент или шлакопортландцемент либо портландцементный клинкер при расходе 10–20% массы портландцементошламового вяжущего.

Марка вяжущего должна быть не ниже 100, пределы прочности образцов на растяжение при изгибе и при сжатии в возрасте 28 сут соответственно 3 и 10 МПа.

Тонкость помола вяжущих должна обеспечивать про-

хождение сквозь сито с сеткой № 008 не менее 85% массы вяжущего.

Образцы из вяжущих должны равномерно изменять объем при кипячении в воде.

Время начала схватывания вяжущих не нормируется. Конец схватывания должен наступать не позднее чем через 10 ч после начала затворения.

Испытания вяжущих выполняют согласно ГОСТ 310.1-76, ГОСТ 310.2-76, ГОСТ 310.3-76 и ГОСТ 310.4-81.

1.69. Производство вяжущих целесообразно организовывать на предприятиях по выпуску глинозема, используя имеющееся высокопроизводительное сушильное и помольное оборудование.

Активные и поверхностно-активные вещества

1.70. Перечень активных и поверхностно-активных веществ, применяемых в качестве добавок при укреплении грунтов неорганическими вяжущими, а также требования к ним приведены в табл.9.

1.71. Кроме веществ, указанных в табл.9, в качестве активных добавок при укреплении грунтов неорганическими вяжущими применяют портландцемент, известь, золы уноса сухого отбора, гранулированные доменные шлаки, дисперсные металлургические шлаки, нефелиновый и бокситовый шламы, а также цементную пыль 1-го и 2-го сортов (см.табл.7) с гидравлическим показателем активности (R) не менее 7,5 МПа.

1.72. Золы уноса, золошлаковые смеси, горелая порода и другие отходы промышленности, применяемые в качестве гранулометрических добавок, должны соответствовать требованиям пп.1.43-1.44.

1.73. Органические вяжущие (жидкий битум, битумные эмульсии, каменноугольные вяжущие, сырая нефть

Таблица 9

Назначение добавки	Добавка (условное обозначение)	Нормативный документ
Повышение водо- и морозостойкости грунтов, укрепленных цементом	Лигносульфонаты технические (ЛСТ)	ОСТ 13-183-83 Минбумпрома СССР
	Кислый гудрон, нейтрализованный аммиаком (ГНД)	ТУ 38-3016-78 Миннефтехимпрома СССР
	Кислый гудрон, нейтрализованный едким натром (ВНГ)	ТУ 38-401-221-78 Миннефтехимпрома СССР
	Подмыльный щелок (ПЩ)	ТУ 18-780-78 Минпищепрома РСФСР
	Кубовый остаток производства синтетических жирных кислот (КОСЖК)	ОСТ 38-01182-80
	Синтетическая поверхностно-активная добавка (СПД)	ТУ 38-101253-77 Миннефтехимпрома СССР
	Жидкость гидрофобизирующая (ГЖ 136-41)	ГОСТ 10834-76
	Глицериновый гудрон (ПГ)	ТУ 18-2/49-83
	Алкилсульфатная паста (АСП)	ТУ 38-17-55-80 Миннефтехимпрома СССР
	Этилсиликонат натрия (ГКЖ-10)	ТУ 6-02-696-76 Минхимпрома СССР
	Госсиполовая смола (хлопковый гудрон)	ОСТ 18-114-73

Продолжение табл. 9

Назначение добавки	Добавка (условное обозначение)	Нормативный документ
Повышение деформативности, прочности и морозостойкости грунтов, укрепленных цементом	Дивинилстирольный латекс (СКС-65ГП)	ГОСТ 10564-75
	Пипериленстирольный латекс (СКПС-50) марки Б	ТУ 38-403139-81 Миннефтехимпрома СССР
Ускорение процессов твердения, повышение прочности, водо- и морозостойкости грунтов (в том числе кислых, гумусированных, засоленных, переувлажненных), укрепленных цементом или известью	Хлорид кальция	ГОСТ 450-77
	Сульфат железа	ГОСТ 4148-78
	Сульфат натрия	ГОСТ 6318-77, ТУ 38-10742-84 Миннефтехимпрома СССР
	Едкий натр (каустическая сода)	ГОСТ 2263-79
	Углекислый натрий	ГОСТ 83-79
	Двууглекислый натрий	ГОСТ 4201-79
	Силикат натрия (жидкое стекло)	ТУ 6-09-01-686-86
	Сернокислый аммоний	ГОСТ 3768-78

Ускорение процессов твердения грунтов, укрепленных медленнотвердеющими вяжущими из отходов промышленности	Силикат натрия или калия (жидкое стекло)	ТУ 6-09-01-686-86
	Хлорид кальция (ХК)	ГОСТ 450-77
	Нитрат кальция (НК)	ГОСТ 4142-77
	Хлорид натрия (ХН)	ГОСТ 13830-84
	Подмыльный щелок (ПЩ)	ТУ 18-780-78 Минпищепрома РСФСР
Противоморозные добавки при укреплении грунтов цементом	Хлорид кальция (ХК)	ГОСТ 450-77
	Хлорид натрия (ХН)	ГОСТ 13830-84
	Нитрат кальция (НК)	ТУ 603-637-79 Минхимпрома СССР
	Нитрит-нитрат-хлорид кальция (ННХК)	ТУ 6-18-194-76 Минхимпрома СССР
	Лигносульфонаты технические (ЛСТ)	ОСТ 13-183-83 Минбумпрома СССР
	Черный сульфатный щелок (ЧСЩ)	ВТУ УС Братскгэсстроя Минэнерго СССР

и др.), используемые в качестве добавок при укреплении грунтов цементом, известью, золами уноса и другими неорганическими вяжущими, должны удовлетворять требованиям, приведенным в пп.1.45–1.61.

1.74. При укреплении грунтов органическими вяжущими применяют активные добавки (активаторы) или поверхностно-активные вещества в следующих целях:

улучшить физико-химические свойства грунта;

повысить сцепление органического вяжущего с поверхностью грунта;

ускорить формирование укрепленного материала.

К активаторам относятся портландцемент, шлако-портландцемент, известь, зола уноса сухого отбора, золошлаковые смеси гидроудаления и др.

1.75. Зола уноса сухого отбора, удовлетворяющая требованиям табл.6, может применяться в качестве самостоятельного вяжущего, а также как компонент смешанного вяжущего. В последнем случае она вводится в грунт совместно с известью.

1.76. Золы уноса или золошлаковые смеси, получаемые при сжигании бурого или каменного угля и удаляемые из золоулавливающих установок гидравлическим способом (гидроудаление), допускается применять при укреплении цементом песчаных и супесчаных грунтов, а также крупнообломочных грунтов неоптимального зернового состава в качестве добавки для заполнения пор грунта.

Золы уноса и золошлаковые смеси, применяемые в указанных целях, должны содержать частиц мельче 0,071 мм более 60%, а частиц крупнее 2 мм – не более 5%. Потери при прокаливании таких зол уноса и золошлаковых смесей должны составлять не более 10%.

1.77. Молотые известняк и опока, используемые в качестве добавки при укреплении грунтов, должны содержать не менее 70% частиц размером 0,071 мм.

1.78. В качестве добавок активных веществ при укреплении грунтов сланцевыми битумами, битумными эмульсиями, каменноугольными дегтями следует применять известь. В дополнение к п.1.45 допускается использовать известь 3-го сорта или известковую пыль с содержанием активных $CaO+MgO$ не менее 40%, а также молотый известняк или молотую опоку в смеси с известью.

При применении каменноугольных вяжущих (дегтей и смол) в качестве активных добавок рекомендуются также полимеризованный амин жирного ряда, двухромовокислый калий, фосфатсодержащий компонент, сера, горелая порода.

1.79. При укреплении грунтов нефтяными жидкими битумами применяют катион- и анионактивные ПАВ.

1.80. Катионактивные вещества способствуют улучшению сцепления нефтяного битума с укрепленными кислыми крупнообломочными и песчаными грунтами и супесями, по зерновому составу близкими к оптимальному. Применяют такие грунты во II и III дорожно-климатических зонах.

1.81. Анионактивные вещества применяют для улучшения сцепления нефтяного битума с укрепленными тяжелыми суглинками во II и III дорожно-климатических зонах, глинами и засоленными суглинками и глинами в III-У дорожно-климатических зонах. Анионактивные вещества следует вводить в грунт совместно с известью, но возможно и с низкомарочными цементами.

Перечень и назначение поверхностно-активных веществ, а также требования к ним приведены в табл.10. Кроме перечисленных, допускается применять другие ПАВ после соответствующей проверки эффективности их действия (разд.2 Пособия).

1.82. При укреплении грунтов карбамидоформальдегидными смолами в качестве отвердителей смолы раз-

Таблица 10

Назначение добавки	Добавка (условное обозначение)	Нормативный документ
Активизация поверхности минеральных частиц грунтов и материалов и обеспечение сцепления с ней битума; замедление старения битума; повышение показателей физико-механических свойств укрепленных грунтов и др.	Смола госсиполовая (хлопковый гудрон)	ОСТ 18-114-73
	Гудрон жировой	ОСТ 18-114-73
	Синтетические жирные кислоты (СЖК) C_{17}-C_{20}	ГОСТ 23239-78
	Кубовый остаток СЖК (КОСЖК)	ОСТ 38-01182-80
	Окисленный петролатум	ТУ 38-301-96-83
	Смола каменноугольная	ОСТ 14-62-80 с изменением №1
	БП-3	ТУ 38УССР201-170-78
Отвердители при укреплении грунтов карбамидоформальдегидными смолами	Аммоний хлористый	ГОСТ 2210-73
	Хлорид железа	ГОСТ 4147-74
	Сульфат железа	ГОСТ 4148-78

Примечание. Рекомендуемые дозировки добавок приведены в разд.2 настоящего Пособия.

решается применять вещества, которые снижают pH смолы от 7-9 до 3-5, например неорганические и органические кислоты (соляная, щавелевая, фосфорная и др.) и их соли и т.п.

2. Подбор составов смесей и методы лабораторных испытаний

Подбор составов смесей и испытание образцов из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими

2.1. При подборе составов смесей грунта с неорганическими вяжущими материалами следует определить оптимальную дозировку основного вяжущего и установить необходимость введения ПАВ и гранулометрических добавок в зависимости от вида грунта, его физико-химических свойств. При этом должны быть обеспечены требуемые показатели физико-механических свойств укрепленных грунтов.

2.2. Подбор составов смесей включает следующие этапы:

отбор проб материалов и установление соответствия их свойств требованиям соответствующих ГОСТов, СНиПов и ТУ; определение оптимального содержания воды в смеси и расчет максимальной плотности образцов;

определение необходимого количества вяжущего и добавок путем приготовления трех-шести пробных составов смесей и лабораторных образцов из них;

определение физико-механических показателей образцов грунта после 28 и 90 сут хранения во влажных условиях (в зависимости от вида применяемого вяжущего) согласно методикам, приведенным в пп.2.9-2.35;

сопоставление полученных показателей физико-механических свойств образцов с требованиями табл.35 и

Таблица 11

Грунты	Ориентировочный расход минеральных вяжущих материалов, % (кг/м³)		
	Портландцемент, шлакопортландцемент	Известь	Известково-шлаковый цемент
Крупнообломочные несцементированные (гравийные, дресвяные, шебеночные); грунтогравийные и грунтошебеночные смеси, близкие к оптимальному составу; пески гравелистые, крупные и средние (неоднородные)	4-8 (80-180) / 3-6 (60-120)	3-6 (60-120) / 3-4 (60-80)	-
Крупнообломочные несцементированные; грунтошебеночные смеси неоптимального состава; пески гравелистые, крупные, средние, мелкие (однородные), пылеватые	6-12 (100-210) / 4-8 (70-140)	-	-
Крупнообломочные несцементированные; грунтогравийные и грунтошебеночные смеси; пески крупные неоптимального состава с добавкой 15-20% немолотого нефелинового или бокситового шлама	6-8 (100-180) / 4-6 (80-120)	-	-
Пески средние и мелкие, в том числе однородные; супеси легкие крупные и пылеватые с числом пластичности не более 5 с добавкой 15-20% молотого нефелинового или бокситового шлама	4-6 (80-110) / 3-4 (60-80)	-	-

Супеси, близкие к оптимальному составу, легкие крупные, легкие и тяжелые пылеватые; суглинки	8-12 (160-240) / 4-7 (80-140)	6-8 (100-140) / 4-6 (70-100)	-
Пески и супеси с числом пластичности менее 3 с добавкой 15-25% золы уноса или золошлаковой смеси	4-7 (80-140) / 3-4 (60-80)	2-4 (35-80) / 2-3 (35-60)	-
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	11-14 (200-250) / 8-12 (150-220)	7-8 (120-150) / 5-6 (80-100)	12-15 (220-270) / 8-10 (140-180)
Глины песчанистые, пылеватые с числом пластичности не более 22	13-15 (230-270) / 10-12 (180-220)	8-10 (140-170) / 6-8 (100-140)	12-16 (220-300) / 8-11 (140-200)
Золошлаковые смеси гидроудаления	5-7 (100-140) / 4-6 (80-120)	8-10 (150-200) / 7-9 (140-180)	10-12 (200-240) / 8-10 (160-200)
Шлаки черной и цветной металлургии, фосфорные и др.	5-8 (110-180) / 4-7 (90-160)	8-10 (180-220) / 7-9 (160-200)	8-12 (180-260) / 8-10 (180-220)
"Хвосты" - твердые отходы различных видов промышленности различного зернового состава	5-9 (110-190) / 4-8 (90-170)	-	-

Примечания: 1. Над чертой - при устройстве верхнего слоя основания или покрытия, под чертой - нижнего слоя основания.

2. Бокситовый шлам применяют в качестве добавки при содержании в нем двухкальциевого силиката (белита) не менее 40%.

3. Показатели свойств укрепленных материалов должны соответствовать табл. 35 СНиП 2.05.02-85. При этом для получения укрепленных материалов 1 класса прочности следует принимать максимальные дозировки вяжущих, III класса - минимальные.

36 СНиП 2.05.02-85 и выбор оптимальной смеси, удовлетворяющей этим требованиям.

2.3. Для подбора составов смесей и проведения лабораторных испытаний должны быть отобраны пробы грунтов в соответствии с ГОСТ 12071-84.В результате экспериментов необходимо определить:

зерновой состав в соответствии с ГОСТ 12536-79;

границы и число пластичности глинистых грунтов согласно ГОСТ 5180-84, а также содержание песчаных частиц;

оптимальную влажность и максимальную плотность грунта в соответствии с ГОСТ 22733-77 и пп.2.7-2.9;

водородный показатель pH;

содержание легкорастворимых солей по ГОСТ 25100-82 для засоленных грунтов;

содержание гумуса для грунтов с органическими примесями.

2.4. Выбор неорганического вяжущего и добавки следует производить в зависимости от свойств и состава укрепляемых грунтов, а также условий работы укрепленных грунтов в основаниях и покрытиях дорог и аэродромов согласно требованиям, изложенным в разд.1 и СНиП 2.05.02-85.

2.5. При подборе составов смесей из грунтов, укрепленных портландцементом, известью, известково-шлаковым цементом, ориентировочные значения дозировок вяжущих и добавок принимают по табл.11, 12; дозировки вяжущих из отходов промышленности и добавок к ним - по табл.13-16. При использовании органических добавок (см.табл.14) расход шлакового вяжущего снижается на 20-40% массы шлака.

Показатели свойств укрепленных материалов должны соответствовать приведенным в табл. 35 СНиП 2.05.02-85. При этом для получения укрепленных материалов I класса прочности следует принимать максимальные дозировки вяжущих, III класса - минимальные (см.табл.13).

Таблица 12

Вид добавки	Добавка	Ориентировочная дозировка, %, рекомендуемая при укреплении грунтов			
		для повышения водо- и морозостойкости	кислых негумусированных	гумусированных кислых и нейтральных	засоленных
Активные и гранулометрические добавки из неорганических вяжущих или отходов промышленности	Известь (молотая негашеная, гидратная или гидрофобизированная)	0,5-2,0 / 1,5-4,0	0,3-1,0 / 1,0-4,0	0,5-1,5 / 1,5-4,0	0,3-1,0 / 1,0-4,0
	Зола уноса сухого отбора как активная добавка или зола и золошлаковые смеси гидроудаления как гранулометрическая добавка	20-25 / -	15-25 / 10-20	15-20 / -	15-25 / -
	Дисперсные металлургические шлаки	1,0-3,0 / 2,0-4,0	10-15 / 2,0-4,0	1,0-3,0 / 2,0-4,0	-
	Шламы нефелиновые и бокситовые (молотые или немолотые)	20-30 / 20-35	20-30 / 10-20	20-30 / 10-20	-
	Гранулированный доменный молотый шлак	20-25 / -	-	-	-
Органические добавки	Высокосмолистая нефть или жидкий битум	1,0-3,0 / 2,0-3,0	1,0-3,0 / -	1,0-3,0 / 2,0-4,0	1,0-3,0 / -
	Эмульгированный вязкий битум или нефтяной гудрон	3,0-5,0 / -	-	-	-

Продолжение табл. 12

Вид добавки	Добавка	Ориентировочная дозировка, %, рекомендуемая при укреплении грунтов			
		для повышения водо- и морозостойкости	кислых негумусированных	гумусированных кислых и нейтральных	засоленных
Химические добавки	Хлорид кальция	0,3-1,0 / 0,5-2,0	0,3-1,0 / –	0,5-1,0 / 1,0-2,0	0,3-1,0 / 0,5-1,5
	Сульфат натрия	0,5-1,0 / 1,0-2,0	–	–	0,3-1,0 / 1,0-2,0
	Жидкое стекло (или жидкое стекло+хлорид кальция)	0,5-1,0 / 1,0-2,0	–	–	0,3-1,0 / 1,0-2,0
	Едкий натр, углекислый натрий или двууглекислый натрий	–	– / 1,0-2,0	–	– / 0,5-1,5
Добавки поверхностно-активных веществ	ЛСТ	1,0-1,5 / 1,5-2,0	–	–	–
	ЛСТ+хлорид кальция	0,5-0,5 / 1,0-1,0	–	–	–
	ГНД	1,0-2,0 / 1,5-2,0	–	–	–
	ВНГ	1,5-2,0 / 1,5-2,0	–	–	–

Добавки поверхностно-активных веществ				
ГКЖ-10 (или ГКЖ-11)	0,2-1,0 / 0,5-1,0	–	–	–
ПГ	0,05-0,2 / 0,05-0,2	–	–	–
ПЩ	0,5-1,0 / 1,0-2,0	0,5-1,0 / 1,0-2,0	0,5-1,0 / 1,0-2,0	–
ГЖ 136-41	0,5-1,0 / 0,8-1,0	–	–	–
АСП	0,05-0,2 / –	–	–	–
Госсиполовая смола (хлопковый гудрон)	2,0-4,0 / –	–	–	–
КОСЖК	3,0 / –	–	–	–
СПД	0,02-0,05 / 0,02-0,50	–	–	–
СКС-65ГП	1,0-1,5 / 2,0-3,0	–	–	–
СКПС-50	1,0-1,5 / 2,0-3,0	–	–	–

Продолжение табл. 12

Вид добавки	Добавка	Ориентировочная дозировка, %, рекомендуемая при укреплении грунтов			
		для повышения водо- и морозостойкости	кислых негумусированных	гумусированных кислых и нейтральных	засоленных
Химические добавки	Хлорид кальция	0,5-2,0 / 2,0-4,0	0,3-1,0 / 1,0-3,0	0,5-1,0 / 1,0-3,0	- / 1,0-3,0
	Сульфат натрия, сульфат аммония или сульфат железа	0,5-1,5 / 1,5-3,0	-	1,0-2,0 / 1,0-3,0	0,5-1,0 / 1,0-3,0

Примечания: 1. Над чертой приведены дозировки добавок для укрепления песков и супесей, под чертой - суглинков и глин.

2. Дозировки добавок неорганических вяжущих и промышленных отходов, органических веществ, а также химические добавки даны в процентах массы сухой смеси, добавки поверхностно-активных веществ (кроме латексов) - в процентах массы цемента, дозировки латексов (СКС-65ГП и СКПС-50) - в процентах массы смеси.

3. При подборе составов смесей из крупнообломочных грунтов ориентировочные значения дозировок добавок принимают как для песков.

4. При укреплении крупнообломочных и песчаных грунтов применяют немолотые шламы, супесей и суглинков - молотые.

Таблица I3

Грунты	Ориентировочная дозировка вяжущих из отходов промышленности, % массы смеси												
	Гранулированный шлак			Дисперсный металлургический шлак			Зола уноса сухого отбора	Вяжущее на основе зол уноса и золошлаковых смесей	Пыль уноса цементных заводов		Нефелиновый и бокситовый шламы	Гипсошламовое вяжущее	Портландцементно-шламовое вяжущее
	молотый	дробленый	недробленый	электросталеплавильный	отвальный доменный	ферросиликомарганцевый			I-го сорта	2-го сорта			
Крупнообломочные несцементированные, близкие к оптимальному зерновому составу; пески гравелистые, крупные и средние разнозернистые	7-13 5-7	I5-25 I0-I5	25-30 I5-25	6-II 4-7	I5-25 I0-I5	25-35 20-25	20-25 I5-20	I5-2I -	35-55 25-35	45-65 35-45	20-30 I5-25	8-I2 5-9	7-II 5-7
Крупнообломочные несцементированные неоптимального зернового состава; однородные крупные, средние и мелкие пески	I0-I5 7-9	25-30 I5-20	30-45 25-35	II-I5 7-9	20-35 I5-20	35-45 25-30	20-25 I5-20	I8-24 -	45-65 35-45	55-75 45-55	20-30 I5-25	9-I5 6-9	8-I3 5-8
Пески мелкие пылеватые; супеси с числом пластичности менее 3	8-I6 5-8	I5-30 I2-I5	30-40 25-30	6-I6 4-6	20-40 I5-20	25-46 20-25	20-35 I5-25	25-30 20-25	30-50 20-30	40-60 30-40	- 20-30	I2-I6 7-9	9-I4 6-8
Супеси легкие крупные, легкие и пылеватые	I0-I8 7-I0	20-35 I5-20	35-45 25-35	8-I8 5-6	20-40 I5-20	25-45 20-25	20-35 I5-25	30-35 25-30	30-50 20-30	40-60 30-40	-	I2-I6 7-9	9-I4 6-8
Супеси тяжелые пылеватые; суглинки легкие и легкие пылеватые	I2-20 9-I2	25-40 20-25	35-50 30-35	I0-20 7-I0	20-45 I5-20	25-40 20-25	I5-25 I5-20	30-35 25-30	25-45 I5-25	35-55 25-35	-	I4-20 9-I3	II-I9 8-II
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	I4-22 II-I4	30-40 20-30	45-55 30-45	I2-22 I0-I2	25-45 I5-25	25-45 20-25	-	-	25-45 I5-25	35-55 25-35	-	- I9-20	- 9-I6
Глины песчанистые и пылеватые с числом пластичности менее 20	I6-24 I3-I6	30-50 25-30	45-60 35-50	I6-24 I2-I6	30-50 25-35	30-50 25-30	-	-	30-50 20-30	40-60 30-40	-	-	- I4-I9

Примечания: I. Над чертой - дозировка вяжущих для верхних слоев оснований, под чертой - для нижних.

2. Дозировки отвального доменного шлака даны из расчета на мелкодисперсную фракцию.

3. Дозировки нефелинового и бокситового шламов, а также гипсошламового и портландцементно-шламового вяжущих даны для условий II-III дорожно-климатических зон; при применении таких вяжущих в IУ-У дорожно-климатических зонах дозировки снижают на I-3%.

Вяжущее	Рекомендуемая дозировка щих % массы			
	Портландцемент, шлакопортландцемент	Известь строительная на 100% CaO	Цементная пыль 1-го сорта	Цементная пыль 2-го сорта
Гранулированный доменный шлак:				
молотый	3	4	10	15
дробленый	6	6	20	30
недробленый	9	8	30	45
Дисперсный металлургический шлак:				
электросталеплавильный	3	4	–	–
доменный отвальный	6	6	20	30
феррохромовый	9	8	30	45
Гранулированный электротермофосфорный шлак молотый	12–18	5–7	9	11

Примечания: 1. Над чертой – дозировки жидкого менноугольной смолы, сырой высокосмолистой нефти, ного гудрона.

2. Дозировки цемента даны в расчете на марку 400. табличные значения дозировок соответственно снижают

3. Шлаки, активированные цементом или цементной рованные известью или содосульфатным плавом,-

4. Добавки подмыльного щелока и солей вводят в

Таблица 14

добавок активаторов твердения и органических вяжу-

вяжущего			% массы смеси		
Жидкое стекло калиевое	Подмыльный щелок	Содо-сульфатный плав	Хлористый кальций	Азотнокислый кальций	Органические добавки
3	5-7	5-7	1	-	1-3 / 3-4
5	-	-	2	-	-
7	-	-	3	-	-
3	-	-	-	1	1-3 / 3-4
5	-	-	-	-	1-3 / 3-4
7	-	-	3	-	1-3 / 3-4
-	-	9-14	-	-	1-3 / 3-4

битума, дорожных каменноугольных дегтей, сырой каподчертой - эмульгированного вязкого битума, нефтя

При повышении или снижении марки цемента на 100 или повышают на 20%.

пылью, допускается хранить не более 1 года, активине более 3 мес.

смесь с водой затворения.

Таблица 15

Рекомендуемый состав вяжущих на основе зол уноса и золошлаковых смесей, %					Дозировка добавки, % массы вяжущего	
Зола уноса сухого отбора	Золошлаковая смесь гидроудаления	Известь на 100% CaO	Цемент	Цементная пыль	Подмыльный щелок	Хлорид натрия или хлорид кальция
90	–	10	–	–	–	–
92	–	8	–	–	5	–
90	–	10	–	–	–	3
90-92	–	–	8-10	–	–	–
58-60	–	–	–	40-42	–	–
–	88-90	10-12	–	–	–	–
–	90-92	8-10	–	–	8	–
–	88-90	10-12	–	–	–	3
–	88-90	–	10-12	–	–	–
–	48-50	–	–	50-52	–	–

Примечания: 1. Добавки подмыльного щелока и хлористых солей следует вводить в смесь с водой затворения; при этом общее количество солей, вводимых в смесь, не должно превышать 1,5% массы сухой смеси.

2. Вяжущее, приготовленное на основе зол сухого отбора, хранят в складах аналогично цементу. Срок хранения при активации цементом или цементной пылью – не более 1 года, известью – до 3 мес.

3. Вяжущее, приготовленное на основе золошлаковых смесей гидроудаления, следует хранить навалом под навесом. Срок хранения при активации известью или цементной пылью – не более 5 сут, цементом – до 1 сут.

4. При укреплении песков и супесей активными золами уноса допускается применять добавки эмульгированного вязкого битума или нефтяного гудрона в количестве 3-4% массы смеси. При этом расход золы составляет 10-15% массы смеси.

Таблица 16

Сорт пыли уноса цементных заводов	Дозировка добавки, % массы цементной пыли			
	Портландцемент марки 400	Жидкое стекло	Молотый гранулированный доменный шлак	
			1-го сорта	2-го сорта
2	12,5	3	15	25
3	25,0	6	20	30

Примечание. При повышении или снижении марки цемента на 100 табличные значения следует соответственно снизить или повысить на 20%.

2.6. Физико-механические свойства неорганических вяжущих и добавок следует принимать в основном по паспортным данным. При хранении цемента более 3 мес необходимо повторно произвести лабораторные испытания и определить его физико-механические свойства.

Показатели, характеризующие свойства зол уноса, следует устанавливать при подборе состава смеси.

2.7. Оптимальную влажность и максимальную плотность грунтов и материалов определяют в соответствии с ГОСТ 22733-77. Для грунтов, содержащих не более 10% частиц крупнее 5 мм, допускается определять оптимальную влажность и максимальную плотность на малом приборе стандартного уплотнения (рис. 2), состоящего из подставки с двумя закрепляющими винтами; разъемного цилиндра вместимостью 0,1 л; направляющей цилиндрической насадки; плунжера, передающего ударную нагрузку, при массой 2,5 кг, направляющего стержня, рукоятки и вкладыша. Перед началом опыта цилиндр и насадку смазывают керосином.

Для определения максимальной плотности скелета грунта (плотности сухого грунта) γ_{max} и оптимальной влажности $W_{опт}$ [x] отбирают среднюю пробу воздушно-

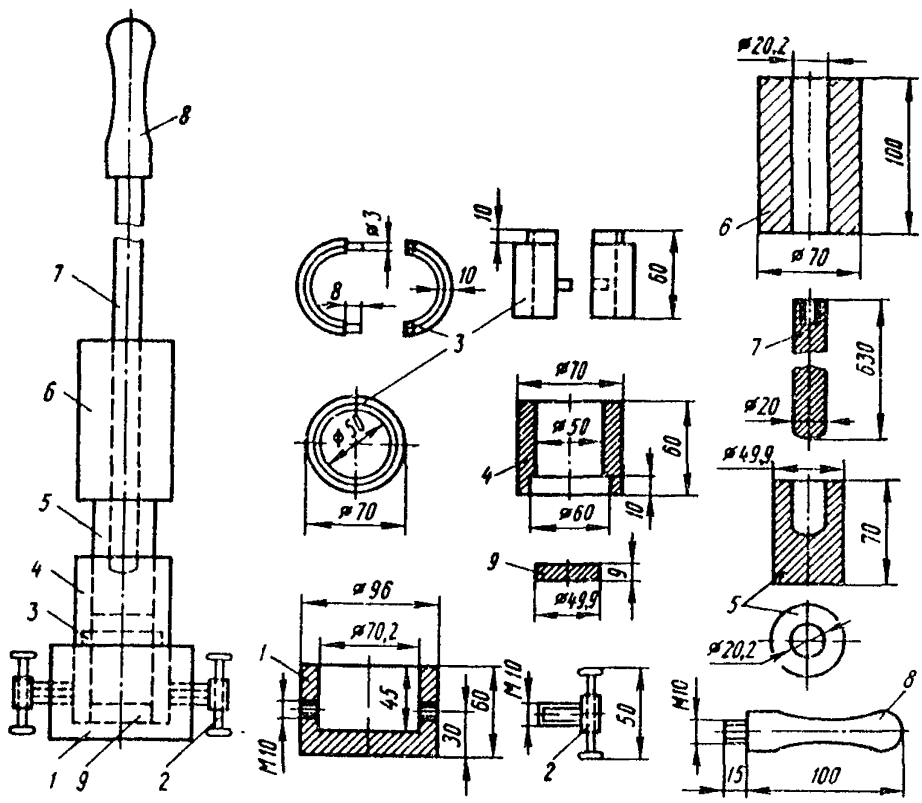

Рис. 2. Схема малого прибора стандартного уплотнения: 1 – подставка; 2 – закрепляющие винты; 3 – разъемный цилиндр; 4 – направляющий насадный цилиндр; 5 – плунжер, передающий ударную нагрузку; 6 – гиря массой 2,5 кг; 7 – направляющий стержень; 8 – рулетка; 9 – пластина для подставки в разъемный цилиндр

---

x) Здесь и далее термины и обозначения физических величин приняты в соответствии с ГОСТ 22733-77. В скобках даны наименования этих величин, рекомендованные "Перечнем единиц физических величин, подлежащих применению в строительстве" СН 528-80.

сухого грунта, измельченного и просеянного через сито с отверстиями 5 мм, массой около 1,5 кг и помещают в хорошо закрывающийся широкий сосуд.

Наименьшая влажность в начале первого опыта уплотнения должна несколько превышать влажность грунта в воздушно-сухом состоянии, поэтому взятую пробу грунта увлажняют (2-4% воды массы грунта) и тщательно перемешивают.

2.8. От увлажненного грунта отбирают навеску массой 250-260 г и непосредственно перед уплотнением определяют ее влажность; грунт всыпают в разъемный цилиндр, предварительно закрепленный на подставке с насадкой; в форму вставляют плунжер с направляющим стержнем и грунт, заключенный в форму, уплотняют ударами гири, падающей с высоты 30 см. Количество ударов должно быть таким, чтобы для данного грунта результаты определения γ_{max} и $W_{опт}$ не отличались от результатов, полученных по методике ГОСТ 22733-77 (ориентировочно не менее 20 ударов).

После уплотнения пробы грунта плунжер и насадку осторожно снимают и тщательно срезают ножом излишки грунта заподлицо с краями разъемного цилиндра. Цилиндр вынимают, взвешивают вместе с образцом грунта с точностью до 0,1 г и за вычетом массы цилиндра определяют массу образца грунта.

Плотность влажного образца грунта (плотность грунта) γ (г/см^3) рассчитывают по формуле

$$\gamma = \frac{m_1 - m_2}{V}, \qquad (1)$$

где m_1 — общая масса цилиндра с уплотненным грунтом, г;

m_2 — масса пустого цилиндра, г;

V — объем цилиндра, равный 100 см^3.

Опыт с уплотнением повторяют несколько раз, увеличивая влажность грунта на 2% до тех пор, пока масса образца грунта не начнет уменьшаться.

Плотность скелета грунта (плотность сухого грунта) $\gamma_{ск}$ вычисляют по формуле

$$\gamma_{ск} = \frac{\gamma}{1 + 0{,}01W}, \qquad (2)$$

где W – влажность пробы грунта, %.

Результаты опытов наносят на график, откладывая по оси абсцисс значения влажности пробы грунта, по оси ординат – соответствующие значения плотности скелета грунта $\gamma_{ск}$. Наивысшая точка получающейся кривой соответствует оптимальной влажности $W_{опт}$ (абсцисса) и максимальной плотности скелета γ_{max} (ордината) уплотняемого грунта (рис.3).

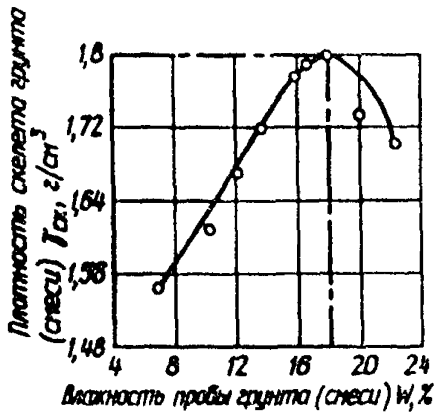

Рис.3. Кривая определения оптимальной влажности и максимальной плотности грунтов и смесей грунтов с минеральными вяжущими: ---- -максимальная плотность, – –·– - оптимальная влажность

Для одноразмерных песков обычно не получают кривую с четко выраженным максимумом. Для таких грунтов определяют оптимальную влажность и максимальную плотность на смесях с оптимальным количеством вяжущих (цемента, золы уноса). В этом случае опти –

мальная влажность составляет, как правило, не менее 10–12% (табл. 17).

Таблица 17

Грунты	Оптимальная влажность грунта
Крупнообломочные:	
щебенистые	3–5
дресвяные	5–7
Пески:	
гравелистые	4–6
крупные	6–8
средней крупности	7–9
мелкие пылеватые, мелкие однородные ($J_п$ =1,7)	8–10
Супеси ($J_п$ =1÷7)	8–10 / 0,6–0,65
Суглинки:	
легкие ($J_п$ =7÷12)	12–14 / 0,55–0,6
тяжелые ($J_п$ =12÷17)	16–18 / 0,55–0,6
Глины ($J_п \leq 20$)	18–22 / 0,45–0,6

Примечание. Над чертой – в процентах массы грунта, под чертой – в долях влажности на границе текучести.

2.9. Для приготовления смесей грунты предварительно высушивают до воздушно-сухого состояния. Крупнообломочные грунты просеивают через сито с отверстиями 40–25 мм, песчаные и глинистые (предварительно размельченные) – через сито с отверстиями 5 мм.

Влажность грунта определяют путем высушивания навесок грунта в термостате до постоянной массы при температуре 105–110°С.

В случаях, когда проектом предусмотрено улучшение зернового состава грунта, вносят соответствующие добавки (песок, гравий, щебень, отходы камнедробления, золы уноса и др.). Смешение грунта с этими добавками производят без увлажнения.

2.10. При приготовлении смеси грунта с цементом, известью, известково-шлаковым цементом или золой уноса в грунт вносят вяжущее, смесь перемешивают и доувлажняют (с учетом содержащейся в грунте влаги) до оптимальной влажности[x)].

При добавке молотой негашеной или гидрофобной негашеной извести, а также золы уноса сухого отбора смесь увлажняют до влажности, на 2-3% превышающей оптимальную, выдерживают до изготовления образцов в закрытом сосуде в течение 10-12 ч.

2.11. При приготовлении смеси грунта с цементом, известью, известково-шлаковым цементом или золой уноса с добавками электролитов или жидкого стекла в грунт вносят вяжущее, смесь перемешивают и доувлажняют до оптимальной влажности. Добавки электролитов ($CaCl_2$, Na_2SO_4, $NaHSO_3$, Na_2SO_3, $NaOH$ и др.) или жидкого стекла вносят в виде раствора. Количество воды в растворе учитывается в общем объеме влаги, вносимой в смесь.

2.12. При приготовлении смеси грунта с цементом и добавками сырой нефти или жидкого битума последние нагревают до требуемой температуры; смесь перемешивают, добавляют цемент, а затем доувлажняют до оптимальной влажности, уменьшая оптимальное количество воды на количество органических добавок (эти добавки учитывают как жидкую фазу).

2.13. При приготовлении смеси грунта с цементом (или известью) и золой уноса в грунт вначале вносят

---

x) Методику определения оптимальной влажности и максимальной плотности скелета смесей грунтов с минеральными вяжущими принимают в соответствии с прил.7 или пп.2.7-2.9.

золу уноса, перемешивают ее с грунтом, затем добавляют цемент (или известь) и вновь перемешивают. Далее смесь доувлажняют до оптимальной влажности и перемешивают в лабораторной лопастной мешалке в течение 4-6 мин.

2.14. Оптимальную дозировку вяжущих веществ определяют путем подбора состава смеси грунта с вяжущим. С этой целью готовят 3-4 пробные смеси, отличающиеся по содержанию вяжущего на 1-3%. Масса каждой смеси из глинистых и песчаных грунтов составляет примерно 2-3 кг, из крупнообломочных с наибольшей крупностью зерен 25 мм - 10-12 кг, а при наибольшей крупности зерен 40 мм - 25-30 кг.

Из этих смесей уплотнением в стальных полых цилиндрических формах с двумя вкладышами изготовля - ют по шесть образцов каждого вида смеси диаметром и высотой 5; 10 и 15 см. Размеры форм и образцов назначают по табл.18 в зависимости от зернового состава грунтов.

Таблица 18

Грунты	Размер формы, мм		Размер образца-цилиндра, мм	
	диаметр	высота	диаметр	высота
Крупнообломочные при наибольшей крупности зерен:				
25 мм	100,1	180,0	100	100
40 мм	150,5	150,5	150	150
Песчаные и глинистые при наибольшей крупности зерен и глинисто-пылеватых агрегатов мельче 5 мм	50,1	130,0	50	50

Примечание. Формы диаметром 150 мм имеют съемные кольца-насадки высотой 50 мм и плунжер.

Внутреннюю поверхность формы и вкладыши перед загрузкой смеси смазывают керосином или машинным маслом. Нижний вкладыш должен выступать из формы на 1,5-2 см для обеспечения двустороннего уплотнения смеси.

Смесь через воронку насыпают в форму. Для равномерного распределения смеси ее штыкуют ножом или шпателем, затем вставляют в форму верхний вкладыш. Форму со смесью ставят на нижнюю плиту пресса и уплотняют.

2.15. Нагрузку уплотнения образцов из смесей глинистых и песчаных грунтов с вяжущими подбирают с таким расчетом, чтобы плотность образцов была максимальной, достигаемой при оптимальной влажности на приборе стандартного уплотнения. Ориентировочно нагрузка уплотнения составляет 10-15 МПа. Плотность готовых образцов не должна отличаться от максимальной, определенной по методу стандартного уплотнения, более чем на $\pm 2\%$.

Влажность смеси при ее уплотнении не должна отличаться от установленной оптимальной более чем на $\pm 2\%$.

Требуемую массу m образца определяют по формуле

$$m = V \gamma_{max\,см}(1+0{,}01)\, W_{опт\,см}, \qquad (3)$$

где V – объем образца, $см^3$;

$\gamma_{max\,см}$ – максимальная плотность скелета смеси, $г/см^3$;

$W_{опт.см}$ – оптимальная влажность смеси, %.

Время выдерживания смеси под нагрузкой – 3 мин. При выдавливании образца для удобства используют специальную подставку (рис.4).

2.16. Образцы из смеси грунта с вяжущим уплотняют также трамбованием на приборе стандартного уп-

лотнения при строгом соблюдении оптимальной влажности и максимальной плотности для смеси выбранного состава. Число ударов гири при уплотнении смеси такое же, как при уплотнении грунтов.

В стационарных условиях образцы трамбуют на лабораторном копре с механическим приводом. Для этой цели смесь грунта с вяжущим помещают в разъемный цилиндр от прибора стандартного уплотнения и форму в собранном виде (за исключением гири и направляющего стержня) закрепляют на столике копра. Смесь уплотняют ударами гири, падающей с высоты 30 см.

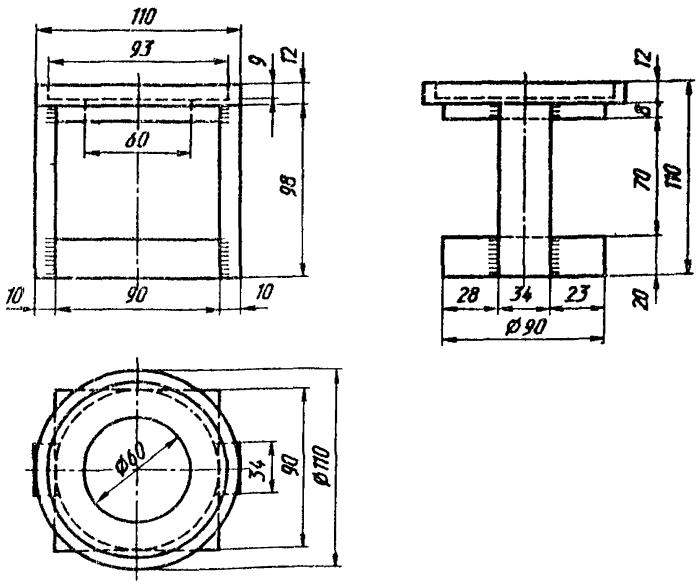

Рис. 4. Подставка для выдавливания образцов-цилиндров (размеры даны в миллиметрах)

2.17. Образцы-балочки готовят прессованием в стальных формах с двухсторонними вкладышами (рис. 5 и 6).

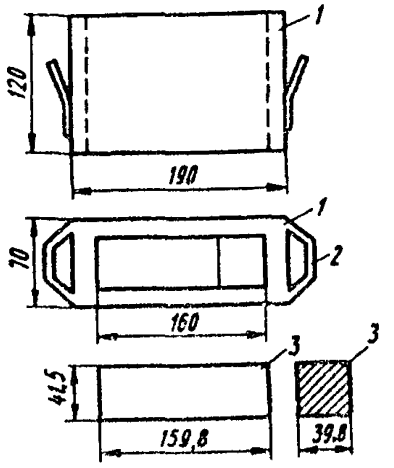

Рис.5. Форма для изготовления образцов-балочек: 1 - корпус; 2 - ручка; 3 - вкладыш

При уплотнении смеси должно быть обеспечено двухстороннее приложение нагрузки за счет свободного перемещения вкладышей навстречу друг другу. Размеры образцов-балочек для разных грунтов приведены в табл.19.

Максимальная крупность частиц при изготовлении образцов-балочек из обломочных грунтов должна быть не более 25 мм; допускается замена более крупных фракций 25-50 мм равным количеством фракций 10-25 мм.

Стенки формы и вкладыши перед укладкой смеси смазывают керосином или машинным маслом. Вкладыш должен выступать из формы на 1-1,5 см для обеспечения двухстороннего уплотнения. Смесь разравнивают, придавливают шпателем, после чего укладывают верхний вкладыш. Форму со смесью ставят на нижнюю плиту пресса и уплотняют.

Таблица 19

Грунты	Размеры образца-балочки, мм		
	длина	ширина	высота
Глинистые и песчаные	160	40	40
Крупнообломочные	400	100	100

2.18. Нагрузку уплотнения образцов-балочек подбирают с таким расчетом, чтобы плотность образца была максимальной, достигаемой при оптимальной влажности на приборе стандартного уплотнения. Ориентировочно она составляет 10-15 МПа, время выдерживания образца - 3 мин.

Требуемую массу образца вычисляют по формуле (3). На рис.7 приведена специальная подставка, с помощью которой образец выдавливают из формы.

2.19. Изготовленные образцы хранят в ванне с гидравлическим затвором, либо в эксикаторах над водой, либо во влажном песке. Рекомендуется предварительно образцы завернуть в кальку и смазать парафином.

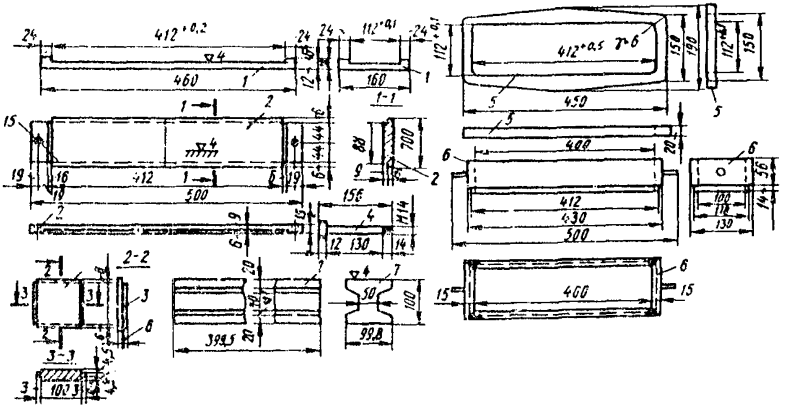

Рис.6. Детали пресс-формы для крупнообломочных смесей: 1 - днище; 2 - продольные стенки; 3 - поперечные стенки; 4 - стягивающие болты; 5 - рамка жесткости; 6 - насадка; 7 - плунжер

Образцы из грунтов, укрепленных портландцементом или шлакопортландцементом, хранят 28 сут[x)] и затем

[x)] Допускается применение ускоренного метода определения предела прочности образцов из цементогрунтов (прил.8).

определяют требуемые показатели физико-механических свойств.

Для получения ориентировочных значений предела прочности при сжатии в более ранние сроки твердения образцы испытывают после 7 сут хранения; при этом показатели прочности должны составлять не менее 60% значений, указанных в табл. 35 СНиП 2.05.02-85.

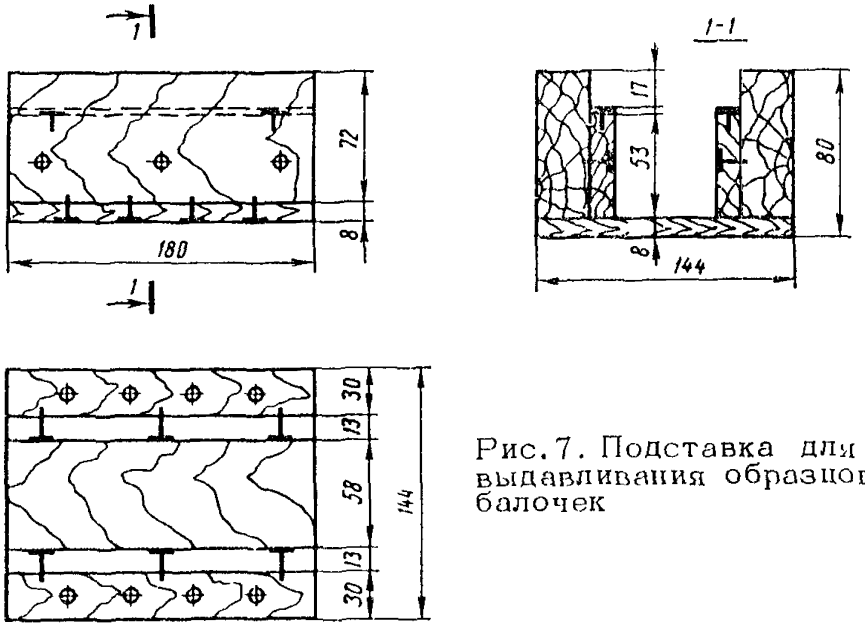

Рис. 7. Подставка для выдавливания образцов-балочек

Образцы из грунтов, укрепленных медленнотвердеющими вяжущими, например золой уноса, известково-зольным цементом, известково-шлаковым цементом или известью, белитовым шламом и вяжущими из него, хранят 90 сут. Для получения ориентировочных значений предела прочности при сжатии образцы хранят 28 сут. Полученные величины должны составлять не менее 50% значений, указанных в табл. 35 СНиП 2.05.02-85, а при использовании феррохромовых и отвальных до-

менных шлаков – не менее 10 и 30% соответственно[x].

2.20. Предел прочности на растяжение при изгибе и при сжатии определяют на образцах, подвергнутых полному или капиллярному водонасыщению.

2.21. Полное водонасыщение образцов высотой и диаметром 5 см производят в спокойной воде в течение 2 сут, а образцов больших размеров – в течение 3 сут, причем в обоих случаях в первые сутки образцы погружают в воду на 1/3 высоты, а в последующие – полностью. Для предотвращения высыхания образцов, погруженных в воду на 1/3 высоты, насыщение производят в ванне с гидравлическим затвором.

2.22. Капиллярное водонасыщение образцов производят через слой влажного песка. В металлический или стеклянный сосуд наливают воду до уровня, указанного на рис. 8, поддерживая его постоянным с помощью уровнемера.

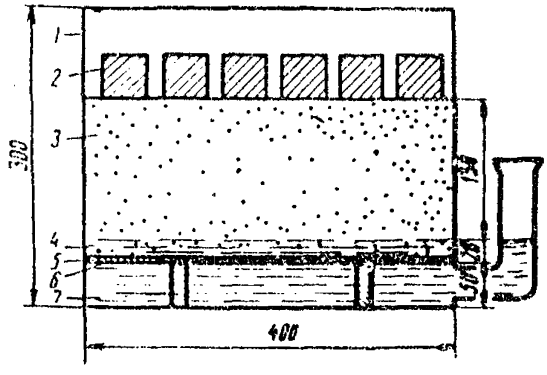

Рис. 8. Приспособление для капиллярного водонасыщения образцов: 1 – сосуд; 2 – образцы; 3 – капиллярно-увлажненный песок; 4 – водонасыщенный песок; 5 – фильтровальная бумага; 6 – металлическая сетка; 7 – подставка

В сосуд укладывают металлическую сетку или устанавливают емкость с сетчатым дном, которое закрывают фильтровальной бумагой. На фильтровальную бу-

---

[x] Допускается использовать методику ускоренного определения свойств шлакогрунтов (прил. 9).

магу насыпают слой мелкого одноразмерного песка толщиной 15 см и через сутки после его насыщения ставят образцы. Образцы капиллярно насыщают в течение 3 сут. Для предотвращения высыхания сосуд с образцами помещают в ванну с гидравлическим затвором.

2.23. Предел прочности при сжатии в зависимости от размера образца определяют на гидравлических или механических прессах мощностью 0,5-5 и 10-20 т. Пресс должен быть снабжен силоизмерителем любого типа, позволяющим определять прочность при сжатии с погрешностью ±2%.

Скорость нагружения при холостом ходе пресса должна составлять 3 мм/мин. Проверку скорости перед испытаниями производят с помощью индикаторов часового типа. Указанная выше скорость соответствует 300 делениям индикатора с ценой деления 0,01 мм за 1 мин.

2.24. Образцы высотой и диаметром 5; 10 и 15 см устанавливают в центре нижней плиты пресса так, чтобы зазор между образцом и верхней плитой составлял 2-3 мм. При скорости подъема нижней плиты пресса 3 мм/мин производят нагружение образца.

С целью обеспечить равномерное распределение напряжений при небольших перекосах из-за непараллельности оснований образца рекомендуется использовать шарнирное устройство (рис. 9), которое устанавливают на верхнюю грань образца.

2.25. Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ вычисляют с точностью ±0,05 МПа по формуле

$$R_{сж} = \frac{P}{F} 10^{-2}, \qquad (4)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;

F – первоначальная площадь поперечного сечения образца, см^2;

10^{-2} – коэффициент пересчета в МПа.

За результат определения принимают среднее арифметическое значение испытания трех образцов. Расхождение между данными испытаний отдельных образцов не должно превышать 15% среднего арифметического значения.

2.26. Предел прочности при сжатии допускается определять на половинках образцов-балочек, остающихся после расчета прочности на растяжение при изгибе. Половинку каждой балочки помещают между двумя стальными пластинками размером 40х62,5 мм, которые укладывают на боковые грани, прилегавшие во время изготовления образца к продольным стенкам формы. Образец вместе с пластинками ставят на плиту пресса и испытывают согласно пп.2.23-2.25.

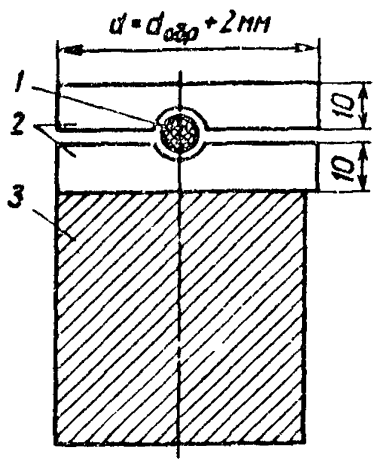

Рис.9. Схема шарнирного устройства: 1 - шарик стальной диаметром 6-8 мм; 2 - металлические пластинки диаметром d; 3 - образец укрепленного грунта диаметром $d_{обр}$

2.27. Предел прочности на растяжение при изгибе определяют на образцах-балочках. Испытания проводят на прессах мощностью 0,5-5 и 10-20 т (см. п. 2.23), оборудованных дополнительно специальными столами или траверсами, несущими на себе цилиндрические опоры для балочек; при этом одна из опор должна быть подвижной (качающийся шарнир). Радиус закругления опорных поверхностей должен быть в пределах 10-15мм.

Перед испытанием образцы полностью насыщают водой согласно п.2.21.

2.28. После испытания образец извлекают из воды, вытирают мягкой тканью (фильтровальной бумагой) и помещают на две опоры, расстояние между которыми

составляет 14 см для балочек размером 4х4х16 см и 30 см – балочек размером 10х10х40 см. Образец устанавливают на опоры той гранью, которая при уплотнении была вертикальной. Поверхность образца должна плотно прилегать к опорам по всей ширине. После установки образца зазор между образцом и подкладкой под верхнюю плиту пресса должен составлять 4–6 мм. Образец нагружают по середине пролета по всей ширине через подкладку под верхнюю плиту пресса (рис.10).

2.29. Предел прочности на растяжение при изгибе $R_{изг}$ вычисляют с точностью ±0,05 МПа по формуле

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2} 10^{-2}, \qquad (5)$$

где l – расстояние между опорами, см;

b, h – соответственно ширина и высота балочки, см.

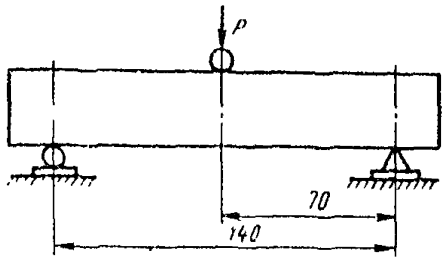

Рис.10. Схема испытания образцов-балочек на изгиб

За результат определения принимают среднее арифметическое значение испытания трех образцов. Расхождение между результатами отдельных испытаний и средним арифметическим не должно превышать 15%.

2.30. Ориентировочные значения предела прочности на растяжение при изгибе можно получить по результатам испытания образцов-цилиндров на растяжение при раскалывании.

Предел прочности на растяжение при раскалывании определяется на образцах диаметром и высотой 5 см при содержании частиц не крупнее 5 мм и 10 см – при содержании частиц не крупнее 25 мм. Образцы должны

быть полностью насыщены водой и твердеть в течение 28 сут во влажных условиях.

2.31. Испытание образцов производят в соответствии с п.2.23. Верхняя плита пресса должна быть установлена на сферическом шарнире, позволяющем свободно поворачивать ее в любом направлении.

2.32. Образец устанавливают на прессе так, чтобы направление сжимающей силы совпадало с диаметральной плоскостью образца (рис.11), а ось образца проходила через центр шарнира плиты пресса. Для удобства и большей точности испытания рекомендуется изготовить специальное приспособление (шаблон).

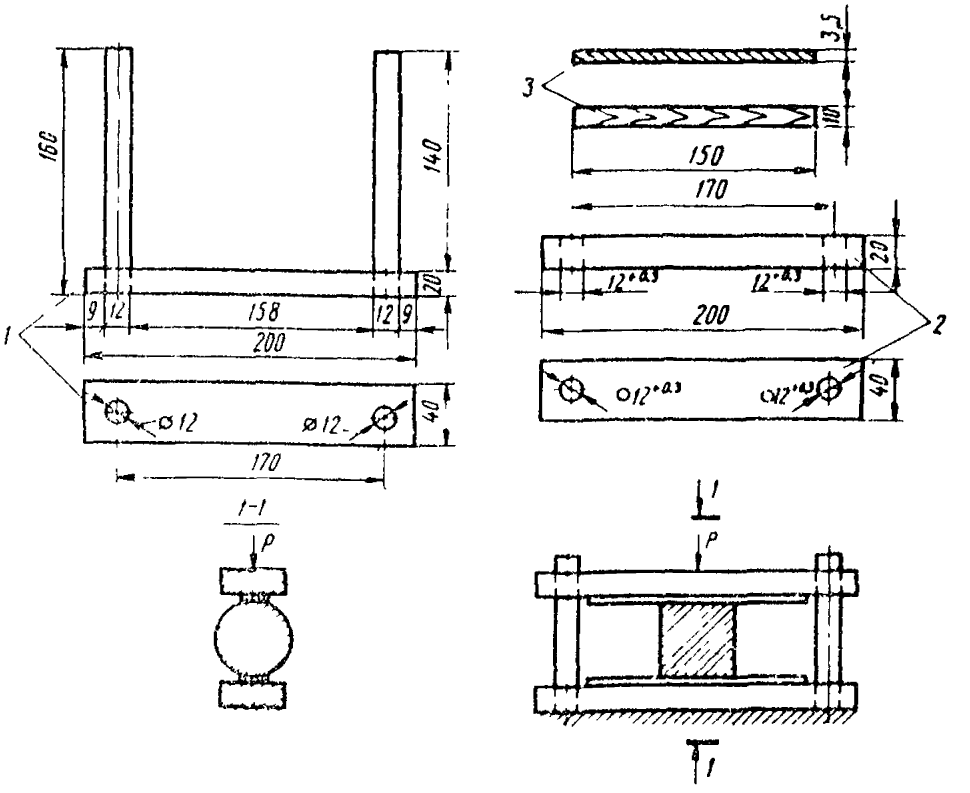

Рис.11. Схема испытаний образцов-цилиндров на раскол: 1 – нижняя плита с направляющими штангами; 2 – верхняя съемная плита; 3 – прокладка

Для равномерного распределения нагрузки между плитами пресса и образцом помещают прокладки из трехслойной фанеры или пластика. Длина прокладок должна быть не менее длины образца, а ширина составлять 0,2 диаметра образца.

Образец помещают в шаблон и устанавливают на нижнюю плиту пресса так, чтобы зазор между верхней плитой шаблона и верхней плитой пресса составлял 4–6 мм. Скорость приложения нагрузки – 3 мм/мин.

2.33. Предел прочности на растяжение при раскол $R_р$ вычисляют с точностью $\pm$0,05 МПа по формуле

$$R_р = \frac{2P}{\pi D \ell} 10^{-2}, \qquad (6)$$

где D – диаметр образца, см;

$\frac{2}{\pi}$ – коэффициент, характеризующий распределение нагрузки по контакту с образцом.

За результат определения принимают среднее арифметическое значение испытания трех образцов.

Расхождение между результатами испытаний отдельных образцов и среднеарифметическим не должно превышать 15%.

Предел прочности на растяжение при изгибе вычисляют по формуле

$$R_{изг} = 2R_р. \qquad (7)$$

2.34. Испытание на морозостойкость производят на трех параллельных образцах после их 28- или 90-суточного твердения в условиях полного или капиллярного водонасыщения.

Метод водонасыщения, количество циклов замораживания-оттаивания и температуру замораживания назначают в соответствии с требованиями табл. 40 СНиП 2.05.02-85 в зависимости от дорожно-климатиче-

ской зоны и типа покрытия, а также местоположения конструктивного слоя из укрепленного грунта в дорожной одежде.

Каждый цикл замораживания--оттаивания включает следующие операции: замораживание образца в морозильной камере в течение 4 ч, погружение его на 4 ч в воду комнатной температуры (при полном водонасыщении) или во влажный песок (при капиллярном).

После проведения требуемого количества циклов испытаний определяют предел прочности при сжатии $R_{сж}^{мрз}$ оттаявших образцов и их влажность.

2.35. Морозостойкость оценивают коэффициентом морозостойкости $K_{мрз}$, представляющим собой отношение предела прочности при сжатии образцов после определенного количества циклов замораживания-оттаивания к этому же показателю водонасыщенных (полностью или капиллярно) образцов до испытания ($R_{сж}^{мрз}/R_{сж}^{28}$ или $R_{сж}^{мрз}/R_{сж}^{90}$).

Подбор составов смесей и испытание образцов из грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами

2.36. При подборе составов смесей грунтов с органическими вяжущими материалами следует соблюдать требования пп.2.1-2.3 с учетом особенностей, изложенных ниже.

2.37. Выбор органического вяжущего и добавок зависит от состава и свойств укрепляемых грунтов, а также условий их работы в дорожной и аэродромной одежде и производится в соответствии с требованиями, изложенными в разд.1 Пособия и в табл. 36-37 СНиП 2.05.02-85.

2.38. Ориентировочно дозировка основного вяжущего материала может быть принята по табл.20, активных и

Таблица 20

Грунты	Ориентировочный расход		
	жидкого нефтяного, сланцевого битумов; нефтяного гудрона	битумной эмульсии (по содержанию битума)	каменноугольного вяжущего
Крупнообломочные несцементированные, близкие к оптимальному составу; пески гравелистые крупные и средней крупности (разнозернистые); супеси, близкие к оптимальному зерновому составу	3-5 / 66-110	3-5 / 66-110	3-5 / 66-110
Крупнообломочные несцементированные неоптимального состава; пески гравелистые крупные, средней крупности и однородные мелкие; супеси пылеватые с $J_п < 3$	4-6 / 88-130	4-6 / 88-130	4-6 / 88-130
Супеси легкие, пылеватые, тяжелые пылеватые; суглинки легкие и легкие пылеватые	5-8 / 110-180	5-7 / 110-160	5-8 / 110-180
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые; глины песчанистые и пылеватые с $J_п \leq 22$	8-10 / 180-220	6-7 / 130-160	7-12 / 150-260

Примечания: 1. Над чертой – в процентах массы смеси, под чертой – в кг/м^3.

2. Расход вяжущих для суглинков и глин принимают максимальный.

3. При укреплении песков мелких однородных применение жидких битумов допускается только в сочетании с добавками катионактивных ПАВ (табл. 22), применение каменноугольных вяжущих не допускается.

4. Расход нефти в качестве вяжущего аналогичен дозировке жидкого битума.

поверхностно-активных веществ - соответственно по табл.21 и 22, гранулометрических добавок - согласно п.1.9. При этом для получения материала 1 класса прочности принимают максимальные дозировки вяжущих и добавок, III класса - минимальные.

Расход вяжущих и добавок уточняют при лабораторном подборе состава смесей и определении показателей физико-механических свойств образцов из укрепленных грунтов.

2.39. Перед подбором составов смесей следует проверить свойства укрепляемых грунтов и отходов промышленности в соответствии с указаниями пп.1.44 и 2.3.

2.40. При укреплении тяжелых суглинков и глин в IУ и У дорожно-климатических зонах для облегчения процесса размельчения грунтов и повышения однородности смесей грунта с органическим вяжущим следует применять в качестве добавок неионогенные, поверхностно-активные и другие вещества. Перечень добавок и ориентировочный расход их (% массы грунта) даны в п.6.4 СНиП 3.06.03-85.

Определение оптимального количества неионогенных ПАВ производится в соответствии с п.2.53.

Неионогенные ПАВ вводят в указанные грунты совместно с гранулометрическими добавками.

2.41. При укреплении грунтов органическими вяжущими материалами оптимальную влажность и максимальную плотность грунта при лабораторных испытаниях определяют методом подбора, а не методом стандартного уплотнения, как при укреплении грунтов неорганическими вяжущими.

Следует различать "влажность грунта при смешении его с органическими вяжущими" и "оптимальную влажность смеси при уплотнении" (табл.23).

Влажность грунта при смешении - это та наименьшая влажность, при которой органическое вяжущее рав-

Таблица 21

Грунты	Ориентировочный расход активной добавки при укреплении грунтов нефтяными жидкими битумами, нефтяными гудронами, каменноугольными вяжущими					
	извести	цемента	золы уноса сухого отбора и электросталеплавильных шлаков	золы уноса и золошлаковых смесей гидроудаления	нефелинового или бокситового шлама, феррохромовых и отвальных доменных шлаков	молотых известняка и опоки
Крупнообломочные несцементированные, близкие к оптимальному зерновому составу; пески гравелистые, крупные и средней крупности (разнозернистые); супеси, близкие к оптимальному составу	1,5-2 / 33-44	2-4 / 44-88	3-5 / 66-100	-	15-20 / 330-440	-
Крупнообломочные несцементированные неоптимального зернового состава; пески гравелистые крупные, средней крупности, мелкие однородные; супеси легкие крупные с $J_п < 3$	1,5-3 / 33-66	3-4 / 66-88	10-20 / 220-440	15-30 / 330-660	15-25 / 330-550	15-30 / 330-660

Супеси легкие, пылеватые и тяжелые пылеватые; суглинки легкие и легкие пылеватые с $J_п$ = =3÷12	3-5 66-110	3-6 66-132	15-20 330-440	10-20 220-440	15-25 330-550	10-20 220-440
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые; глины песчанистые и пылеватые с $J_п \leqslant 20$	4-5 88-110	4-7 88-154	15-30 330-660	-	20-25 440-550	-

Примечания: 1. Над чертой - расход добавок в % массы смеси, под чертой - в кг/м^3.

2. При устройстве нижних слоев оснований расход зол уноса сухого отбора и шламов уменьшают в среднем на 5% массы смеси.

3. При использовании в качестве добавок зол уноса и золошлаковых смесей гидроудаления или опоки в сочетании с добавкой извести расход последней составляет 2-8% массы смеси.

Таблица 22

ПАВ	Рекомендуемый предел концентрации ПАВ, %, при введении		Температура ПАВ, °С	Температура битума при введении ПАВ, °С	
	в битум	на минеральный материал		СГ	МГ, МГО
Катионактивная БП-3	0,5-1,0	0,05-0,15	80-90	70-100	100
Смола госсиполовая (хлопковый гудрон)	3,0-7,0	0,2-0,3	50-70	70-100	70-100
Гудрон жировой	3,0-7,0	0,2-0,3	50-70	70-100	70-100
СЖК $C_{17}-C_{20}$	3,0-7,0	0,2-0,3	50-70	70-100	70-100
Кубовый остаток СЖК	3,0-7,0	0,2-0,3	50-70	70-100	70-100
Окисленный петролатум	3,0-7,0	0,2-0,3	50-70	70-100	70-100
Смола каменноугольная	10-12	1-3	50-100	70-100	70-100

Примечания: 1. Допускается применять взамен нефтяного битума нефтяной гудрон с вязкостью C^{5}_{60} не более 100 с.

2. Разрешается применение других катионактивных веществ при условии получения положительного эффекта.

номерно распределяется в грунте; смесь не содержит сгустков вяжущего и после высыхания имеет равномерную темно-серую или темно-коричневую окраску.

Необходимую влажность грунта при смешении определяют методом подбора (по визуальной оценке качества смеси). Для этого несколько навесок по 200 г грунта с активными добавками (например, извести) либо без добавки увлажняют водой в количестве, близком к указанному в табл.23.

Затем проводят визуальную оценку качества смеси по цвету и равномерности распределения органического вяжущего в смеси.

Под оптимальной влажностью при уплотнении смеси понимают ту влажность, при которой предел прочности при сжатии образцов в водонасыщенном состоянии имеет наибольшее значение, а набухание наименьшее; при этом значения их должны соответствовать данным табл.37 СНиП 2.05.02-85.

2.42. Свойства органических вяжущих проверяют на их соответствие требованиям ГОСТов и технических условий на эти материалы (см.прил.1-3). Если они не отвечают указанным требованиям, то необходимо провести испытания укрепленных этими вяжущими грунтов и дать технико-экономическое обоснование целесообразности их применения.

2.43. Для жидких битумов, каменноугольных вяжущих (дегтей и смол) дополнительно устанавливают содержание в них воды по методу Дина-Старка согласно требованиям на методы количественного определения содержания воды в нефтепродуктах.

2.44. Свойства карбамидоформальдегидных смол определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 14231-78 и ТУ 6-05-211-1377-84.

2.45. Свойства активных добавок определяют:

извести - по ГОСТ 9179-77 с учетом пп.1.45 и 1.78;

цемента - по ГОСТ 10178-85 и ГОСТ 22266-76;

Таблица 23

Грунты	Влажность смеси грунта, жидких битумов и каменноугольных вяжущих, %		Влажность смеси грунта, битумной эмульсии с добавкой извести, %	
	при смешении с активными добавками	оптимальная при уплотнении	при смешении	оптимальная при уплотнении
Крупнообломочные несцементированные, близкие к оптимальному зерновому составу; пески гравелистые крупные и средней крупности (разноразмерные)	2-3	2-4	2-4	3-8
Крупнообломочные несцементированные неоптимального зернового состава; пески гравелистые, крупные, средней крупности (одноразмерные)	3-4	3-5	2-4	5-10
Пески мелкие, мелкие одноразмерные и пылеватые	4-5	5-6	4-6	8-12
Супеси легкие крупные, легкие, пылеватые оптимального зернового состава	$\frac{3-6}{0,2-0,3}$	4-5	$\frac{5-7}{0,3-0,4}$	8-14
Супеси тяжелые пылеватые; суглинки легкие и легкие пылеватые	$\frac{5-7}{0,2-0,3}$	5-8	$\frac{6-9}{0,3-0,4}$	10-16
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	$\frac{10-12}{0,3-0,4}$	7-9	$\frac{9-12}{0,35-0,4}$	12-18

Глины песчанистые и пылеватые с числом пластичности не более 20	$\frac{12-15}{0,3-0,4}$	9-12	-	-

Примечания: 1. Под чертой - в долях влажности на границе текучести грунта; минимальные значения даны для легких разновидностей грунтов, максимальные - для тяжелых.

2. Влажность грунтов при смешении их с жидкими битумами или каменноугольными вяжущими должна быть на 15-20% ниже указанных в таблице.

3. Значения оптимальной влажности смесей при уплотнении грунтов, укрепленных жидкими битумами или каменноугольными вяжущими соответствуют оптимальной влажности грунтов за вычетом количества вводимого органического вяжущего.

4. При укреплении грунтов битумными эмульсиями значения оптимальной влажности смесей при уплотнении следует уменьшать на количество воды, вводимой с эмульсией.

зол уноса сухого отбора с содержанием свободного оксида кальция (CaO) более 8% – согласно табл.6 Пособия.

В золах уноса гидроудаления, золошлаковых смесях, молотом известняке и других материалах определяется содержание частиц мельче 0,071 и крупнее 2мм путем просеивания пробы (без промывки водой) массой 50 г через сита с отверстиями 0,071 и 2 мм.

Нефелиновые и бокситовые шламы, применяемые в качестве активных добавок, должны удовлетворять требованиям п.1.67.

Дисперсные металлургические шлаки должны отвечать требованиям к материалам 1-го и 2-го сортов (см.табл.5).

2.46. При укреплении грунтов каменноугольными вяжущими в качестве активных добавок рекомендуются также полимеризованный амин жирного ряда; двухромовокислый калий; фосфатсодержащие компоненты – суперфосфаты простой и двойной гранулированный (ГОСТ 16306-80); сера элементарная (ГОСТ 127-76); горелая порода тонкого помола с удельной поверхностью 3000-6000 $см^2/г$, содержанием углистых примесей не более 5% (табл.24) и модулем качества ($М_к$) более 3:

$$М_к = \frac{Al_2O_3 + Fe_2O_3 + CaO + MgO}{SiO_2 + Ti O_2 + п.п.п.}, \qquad (8)$$

где п.п.п. – потери при прокаливании.

2.47. Свойства поверхностно-активных веществ должны отвечать требованиям соответствующих ГОСТов и ТУ. Кроме того, рекомендуется учитывать следующее.

ПАВ разных классов (см.табл.22) используют только при укреплении грунтов жидкими (разжиженными) нефтяными битумами.

Таблица 24

Содержание компонента в горелой породе							
цемента или извести	дегтя, КМС или СТУ	амина	двухромовокислого калия	серы	суперфосфата	хлористого кальция	каменноугольной золы уноса
7-8 20-22	2-4 6-11	0,2-0,3 0,5-0,8	-	-	-	-	-
5-8 14-23	2-3 6-9	-	-	0,5-2,0 1,3-5,0	-	-	-
5-7 14-20	2-5 6-14	-	-	-	-	0,5-1,0 1,3-3,9	17-26 47-74
7-8 20-23	3-4 6-11	-	0,3-0,4 0,8-1,0	-	-	-	20-24 56-68
5-8 14-23	0,5-3 1,5-9	-	-	-	0,5-1,5 1,3-4,0	-	-

Примечание. Над чертой - расход вяжущих и добавок в % массы смеси, под чертой - в кг/м^2; толщина слоя 0,15 м.

Для улучшения сцепления жидких битумов с минеральными материалами кислых и основных пород предпочтение следует отдавать катионактивным ПАВ.

Положительного эффекта от применения ПАВ можно достичь лишь в случае их использования в оптимальных количествах (см.табл.22). Превышение оптимума ПАВ может привести к отрицательным результатам.

Критерием оценки оптимального количества ПАВ служат показатели физико-механических свойств битумогрунтов и их соответствие существующим требованиям (табл.37 СНиП 2.05.02.85).

При этом за эталон принимают битумогрунт без добавок ПАВ.

2.48. В ПАВ, являющихся органическими продуктами или отходами производства, определяют дополнительно содержание воды по методу Дина-Старка (см. п.2.43).

2.49. Подбор состава смесей грунтов с органическими вяжущими при их проектировании следует производить с учетом следующих дополнительных требований.

2.50. Количество добавок активных веществ (см. табл.21), кроме извести и зол уноса сухого отбора с содержанием CaO более 8% , а также гранулометрических добавок к смесям вяжущих с крупнообломочными, песчаными грунтами (за исключением мелких песков) и легкими супесями неоптимального зернового состава устанавливают путем подбора оптимального зернового состава в соответствии с рис.1.

2.51. Количество добавок активных веществ к смесям битума с мелкими песками следует устанавливать на основании определения показателей физико-механических свойств образцов, приготовленных из 3-4 составов смесей, содержащих разное количество битума и добавок в пределах, указанных соответственно в табл.20 и 21.

За оптимальное количество добавок и вяжущих принимают то минимальное их количество, при котором показатели физико-механических свойств образцов из укрепленного грунта соответствуют данным табл.37 СНиП 2.05.02-85.

Уплотнение образцов из смесей производят при оптимальной влажности, определяемой в соответствии с табл. 23.

2.52. Содержание добавок активных или катионактивных веществ, а также активных совместно с анионактивными веществами к смесям вяжущих с крупнообломочными, песчаными грунтами и супесями оптимального зернового состава, а также пылеватыми и тяжелыми пылеватыми супесями, суглинками и глинами с числом пластичности не более 20 рекомендуется устанавливать путем определения показателей физико-механических свойств образцов из них.

Оптимальное количество добавок и вяжущих устанавливают согласно требованиям п.2.51.

2.53. Количество добавок неионогенных веществ к смесям вяжущих с тяжелыми суглинками и глинами (см. п.2.40) рассчитывают на основании определения пределов прочности при сжатии образцов, приготовленных из смесей с разным количеством добавок в пределах, указанных в табл. 2 СНиП 3.06.03-85; при этом влажность грунта должна составлять 0,5-0,6 влажности на границе текучести.

За оптимальное принимают то содержание веществ, при котором предел прочности при сжатии образцов из смеси с добавками будет наименьшим, позволяющим достигать требуемую степень размельчения грунта с минимальными трудозатратами.

Оптимальное количество вяжущего устанавливают на основании исследования физико-механических свойств образцов, приготовленных из смесей, содержащих оптимальное количество неионогенного вещества, 20-30% гранулометрических добавок и различное количество би

тума в пределах, указанных в табл.20. Образцы должны уплотняться при оптимальной влажности согласно данным табл.23.

2.54. При приготовлении смесей с органическими вяжущими содержание грунта с добавками активных веществ (извести, зол уноса, цемента и др.) принимают за 100%, дозировку вяжущего, водорастворимых ПАВ и воды назначают сверх 100%. Расход водонерастворимых ПАВ рассчитывают в процентах массы органического вяжущего.

2.55. Приготовление смесей из крупнообломочных грунтов, песков, супесей легких и пылеватых с добавками органических вяжущих (жидких битумов, каменноугольных дегтей и смол), активных или поверхностно-активных веществ производят следующим образом.

Грунты в воздушно-сухом состоянии перемешивают вручную без увлажнения с добавкой извести или других активных веществ (см.табл.21), после чего вводят битум или каменноугольные вяжущие (деготь, смолы), предварительно нагретые до температуры, указанной в табл.22. Смесь грунта с вяжущим снова перемешивают вначале вручную, а затем в лабораторной мешалке до получения равномерной по цвету смеси. При перемешивании смесь разрешается подогревать до температуры не более 30°С. Далее смесь увлажняют до оптимальной влажности при уплотнении (см.табл.23) и вновь перемешивают в мешалке в течение 1-2 мин.

При использовании в качестве добавки негашеной извести грунт увлажняют после перемешивания с известью до влажности, указанной в табл.23.

Грунт с добавкой негашеной извести выдерживают в эксикаторе над водой или в камере влажного хранения в течение 12-24 ч, смешивают с жидким битумом или каменноугольными вяжущими и затем определяют влажность. Если ее значение меньше оптимального при уплотнении, то смесь доувлажняют. После всех опера-

ний смесь снова перемешивают в мешалке в течение 1-2 мин.

2.56. Смеси без добавок активных веществ или с добавкой в битум катионактивных веществ приготавливают следующим образом: перемешивают воздушно-сухой грунт с вяжущим, затем смесь доувлажняют до оптимальной влажности уплотнения и снова перемешивают.

Катионактивные вещества вводят в битум до смешения его с грунтом. Температура поверхностно-активных веществ при введении в битум должна соответствовать указанной в табл. 22.

2.57. Для определения оптимального количества вяжущего и оптимальной влажности смеси при уплотнении приготавливают 10-12 составов смесей с добавкой минимального и максимального количества воды (см. табл. 23) и 3-4 состава с дозировками вяжущего в пределах, указанных в табл. 20 и отличающихся на 0,5-1% массы грунта.

Уплотненные образцы после выдерживания их в условиях, указанных в табл. 25, испытывают на прочность при сжатии в водонасыщенном состоянии и определяют величину набухания.

За оптимальное количество вяжущего и воды принимают то количество, при котором предел прочности при сжатии образцов в водонасыщенном состоянии наибольший, а набухание - наименьшее; при этом их значения должны соответствовать требованиям табл. 37 СНиП 2.05.02-85.

2.58. При приготовлении смесей с битумными эмульсиями и добавкой извести в грунт вводят известь, перемешивают вручную, а затем смесь увлажняют.

Требуемую влажность грунта (см. табл. 23) определяют методом подбора (по визуальной оценке качества смеси) при смешении грунта с битумной эмульсией 50%-ной концентрации.

Несколько навесок по 200 г грунта с добавкой из-

Таблица 25

Грунты, укрепленные вяжущим	Режим хранения	Время выдерживания образцов, сут
Глинистые, обработанные жидким битумом с добавками и без добавок активных и поверхностно-активных веществ	Влажный	7
Крупнообломочные, песчаные и супесчаные, обработанные жидким битумом с добавками и без них или битумной эмульсией с добавкой извести	Воздушный	7
Суглинки, обработанные битумной эмульсией с добавкой извести	То же	7
Грунты, обработанные битумной эмульсией или жидким битумом, совместно с цементом	Влажный	28
Грунты, обработанные карбамидоформальдегидными смолами	То же	28
Грунты, обработанные карбамидоформальдегидной смолой совместно с добавкой:		
битумной эмульсии (смолобитумного вяжущего)	-"-	28
сырой нефти	-"-	28
лигносульфоната технического	-"-	28

вести (или без добавки) увлажняют различным количеством воды и смешивают с битумной эмульсией, количество которой принимают для всех навесок одинако -

вым в соответствии с табл. 20, вначале вручную, а затем в мешалке до однородного состояния.

Подогрев смеси при перемешивании не допускается.

При использовании в качестве добавки негашеной извести выполняют указания п. 2.55.

2.59. Для определения оптимального количества битумной эмульсии и оптимальной влажности смеси при уплотнении приготавливают смеси, содержащие две дозировки извести по табл. 21 и четыре-пять дозировок битумной эмульсии по табл. 20, отличающихся по содержанию эмульгированного битума на 0,5-1%. Влажность приготовленной смеси (с учетом влажности грунта при смешении с битумной эмульсией и воды, содержащейся в эмульсии) должна находиться в пределах ориентировочных значений оптимальной влажности смеси при уплотнении (см. табл. 23).

Образцы, уплотненные согласно п. 2.74 и выдержанные в режиме, указанном в табл. 25, испытывают, определяют плотность скелета смеси, предел прочности при сжатии после водонасыщения и набухания.

Оптимальное количество битумной эмульсии (по содержанию битума) и оптимальную влажность смеси при уплотнении (за исключением мелких песков) устанавливают по максимальному значению плотности скелета смеси, наименьшему набуханию и наибольшему пределу прочности при сжатии испытанных образцов.

Полученные значения предела прочности при сжатии и набухания должны удовлетворять требованиям табл. 37 СНиП 2.05.02-85.

Для мелких песков, обработанных известью и битумной эмульсией, оптимальное количество вяжущего и воды устанавливают по наибольшему пределу прочности при сжатии водонасыщенных образцов и наименьшему набуханию.

2.60. При приготовлении смесей из супесей тяжелых пылеватых, суглинков и глин с числом пластично-

сти более 20 с органическими вяжущими и добавками активных веществ и ПАВ следует руководствоваться указаниями пп.1.45-1.61 и 2.53-2.59.

2.61. При комплексном укреплении грунтов органическими и неорганическими вяжущими материалами улучшаются не только физико-механические свойства (прочность при сжатии и на растяжение при изгибе, водо- и морозостойкость), но и деформативная устойчивость и долговечность укрепленного материала. При определенных дозировках цемента или извести (табл.26) комплексно укрепленный грунт по своим свойствам превосходит не только битумо- или дегтегрунт, но также цементо- и известегрунт.

2.62. Смеси из грунтов, укрепленных двумя вяжущими (битумной эмульсией и цементом или жидким битумом и цементом), готовят следующим образом.

Воздушно-сухой грунт перемешивают с цементом и увлажняют. Содержание воды принимают в соответствии с данными табл.23 (оптимальная влажность при уплотнении смесей) с учетом содержащейся в битумной эмульсии. Дозировку цемента принимают по табл.25. В смесь добавляют битумную эмульсию или жидкий битум и перемешивают до получения однородной по цвету массы в лабораторных мешалках без подогрева.

2.63. За оптимальную принимают влажность, при которой плотность скелета смеси для образцов, уплотненных под нагрузкой 15 МПа, максимальная.

Для одноразмерных песков, не имеющих ясно выраженного максимума на кривой зависимости плотности скелета грунта (плотности сухого грунта) от влажности, оптимальную влажность устанавливают путем приготовления нескольких составов смесей из грунта с битумным вяжущим и добавкой цемента, количество которого близко к оптимальной норме (см.табл.26), и от 5 до 10% воды. Из смесей формуют образцы на прессе под нагрузкой 15 МПа. Образцы выдерживают

Таблица 26

Грунты	Ориентировочный расход			Оптимальная влажность смеси при уплотнении, %
	битумной эмульсии, жидкого нефтяного битума, нефти	цемента		
		I класса	II класса	
Крупнообломочные несцементированные, близкие к оптимальному составу; пески гравелистые крупные и средней крупности (разноразмерные); супеси, близкие к оптимальному составу	4-5 / 88-110	4-7 / 88-160	3-5 / 66-110	5-8
Крупнообломочные несцементированные; пески гравелистые неоптимального состава	4-5 / 88-110	6-9 / 130-200	5-7 / 110-160	5-10
Пески крупные, средние, мелкие одноразмерные, пылеватые; супеси легкие крупные, легкие и тяжелые пылеватые неоптимального состава	5-6 / 110-130	-	7-10 / 160-220	6-14

Примечание. Над чертой - расход вяжущего в % массы смеси, в знаменателе - в кг/м^3.

во влажных условиях в течение 28 сут и испытывают на прочность при сжатии. За оптимальную влажность принимают содержание воды в смеси, соответствующее максимальному значению предела прочности при сжатии образцов из укрепленного грунта. При использовании в качестве вяжущего битумной эмульсии с добавкой цемента установленное оптимальное содержание воды следует уменьшить на ее количество, имеющееся в битумной эмульсии, а при использовании жидкого битума - на количество жидкого битума.

2.64. Для определения оптимального расхода битумного вяжущего (битумной эмульсии или жидкого битума) и цемента приготавливают 4-6 составов смесей в зависимости от зернового состава грунта с двумя дозировками битумного вяжущего (см.табл.20) и 2-3 состава смеси с дозировками цемента, отличающимися на 1-2% от значений, рекомендуемых табл.26. Масса смеси может приниматься в пределах от 3 до 30 кг.

Из каждого состава готовят по 12-16 образцов, выдерживают их в требуемом режиме (см.табл.25) и определяют физико-механические свойства, указанные в табл.36 СНиП 2.05.02-85. За оптимальное содержание битумного вяжущего и цемента принимают их минимальные количества, при которых обеспечиваются требования табл.36 СНиП 2.05.02-85.

2.65. При комплексном укреплении грунтов каменноугольными дегтями или смолами совместно с цементом или известью подбор составов смесей осуществляют согласно пп.2.61-2.63; при этом различают гидрофобизированный цементо-, известегрунт либо комплексно укрепленный грунт.

Гидрофобизированный цементо- или известегрунт приготавливают из смеси грунта, каменноугольных вяжущих и цемента или извести. При этом цемента или извести содержится в смеси соответственно на 20-30% меньше, чем в цементо- или известегрунте I и II клас-

сов прочности по табл. 35 СНиП 2.05.02-85; 3-6% массы грунта каменноугольного вяжущего и 6-14% - цемента или извести (табл. 27).

Комплексно укрепленный грунт приготавливают из смеси грунта с 3-8% цемента (или извести) и 3-9% каменноугольного вяжущего.

Расход извести $И_1$ указан из расчета на содержание активных $CaO + MgO$; перерасчет на товарную известь с учетом ее активности $а$ производят по формуле

$$И = \frac{И_1 \cdot 100}{а} . \qquad (9)$$

К каменноугольным вяжущим относятся каменноугольные дегти, каменноугольные смолы и смолы тяжелые улавливания (СТУ).

2.66. При укреплении грунтов карбамидоформальдегидными смолами необходимо руководствоваться следующим:

в укрепляемый грунт активные и поверхностно-активные вещества (см. табл. 21 и 22) вводить не требуется;

разрешается укреплять смолами пески всех разновидностей, в том числе одноразмерные, без улучшения их зернового состава;

глинистые грунты (суглинки тяжелые, тяжелые пылеватые и глины в числом пластичности не более 20) допускается укреплять смолами только после введения в них гранулометрических добавок в виде отсевов камнедробления, песков крупных, золошлаковых смесей и др. При этом по условиям отверждения смолы, требующей кислой среды (pH < 7), не разрешается применять карбонатные материалы (молотый известняк, известняковые отходы и др.), имеющие pH > 7.

2.67. Карбамидоформальдегидные смолы используют

Таблица 27

Грунты	Добавка вяжущего для получения гидрофобизированного цементо (извесге)-грунта		комплексно укрепленного грунта	
	Цемент (известь)	Каменноугольное вяжущее	Цемент (известь)	Каменноугольное вяжущее
Крупнообломочные (гравийные, дресвяные, щебеночные); грунтогравийные и грунтощебеночные смеси	6-7 / 9-12	4-5 / 12-14	3-4 / 9-12	4-5 / 12-14
Пески всех разновидностей и супеси с $J_п < 3$	6-8 / 17-22	3-4 / 9-12	4-5 / 12-14	3-7 / 8-20
Супеси с $J_п = 3 \div 7$	6-8 / 17-22	2-3,5 / 6-10,5	3-5 / 9-14	4-6 / 12-17
Суглинки легкие и легкие пылеватые	7-9 / 20-25	3-5 / 9-14	4-6 / 12-17	5-7 / 14-20
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	8-11 / 23-32	3-5 / 9-14	5-7 / 14-20	6-8 / 17-23
Глины песчанистые и пылеватые	11-14 / 32-34	4-6 / 12-17	6-8 / 17-23	7-9 / 20-25

Примечания: 1. Над чертой - расход вяжущих в % массы смеси, под чертой - в кг/м^3; толщина слоя 0,15 м.

2. При укреплении крупнообломочных, песчаных грунтов и супесей с числом пластичности менее 3 известь и СТУ не рекомендуются.

для укрепления грунтов с обязательным добавлением кислых отвердителей (см.п.1.61).

Применяемая для увлажнения грунтов вода должна быть пресной и иметь нейтральную реакцию (pH $\leqslant$ 7).

Карбамидоформальдегидные смолы марок КФЖ могут храниться при температуре 5-25°С не более 2 мес, смолы марки КФ-МС - 12 мес. Применение смол в условиях более длительного хранения возможно, если при этом они отвечают требованиям ГОСТ 14231-78.

Грунт со смолой перемешивают без нагрева минерального и вяжущих материалов.

2.68. Введение в грунт отвердителя производят двумя способами: раздельно или совместно со смолой в зависимости от влажности грунта, температуры воздуха и наличия средств механизации.

Количество отвердителя (% массы сухого остатка смолы) устанавливают на основании лабораторных исследований в каждом конкретном случае. Оптимальным считается то количество отвердителя, которое обеспечивает схватывание смеси укрепленного грунта не ранее чем через 5-6 ч с момента смешения и не позднее 1 сут.

2.69. Для улучшения структурно-механических свойств смологрунтов (деформативной устойчивости, износо- и трещиностойкости) смолы применяют совместно с органическими вяжущими типа нефтяных битумов или нефтяных гудронов в эмульгированном виде (эмульсии класса ЭБА-3 анионные, прямого типа, медленно-распадающиеся). В этом случае получают так называемое смолобитумное вяжущее, которое готовят путем смешения смолы и эмульсии без подогрева.

Взамен эмульгированного битума (гудрона) допускается применять сырую нефть.

2.70. При проектировании составов смесей грунтов со смолой или смолобитумным вяжущим должны определяться минимальный расход вяжущего (см.табл.27)

и оптимальное количество отвердителя, при которых показатели физико-механических свойств укрепленного грунта удовлетворяют данным табл.35 (для смолы) и 36 (для смолобитумного вяжущего) СНиП 2.05.02-85.

2.71. Перед подбором состава смесей следует определить зерновой состав, оптимальную влажность и максимальную плотность грунтов, а также содержание битума в битумной эмульсии, содержание сухих веществ в карбамидных смолах и свойства последних: вязкость, время отверждения, жизнеспособность и смешиваемость с водой по ГОСТ 14231-78 и ТУ 6-05-211-1377-84.

2.72. Ориентировочный расход смолы (смолобитумного вяжущего, % массы сухой смеси) и оптимальная влажность смеси при уплотнении приведены в табл.28.

Количество отвердителя аммония хлористого составляет 10-20% массы вяжущего (см.табл.27), железа хлорного - 1,5-2% и уточняется при подборе состава смеси.

Для получения укрепленных грунтов (за исключением мелких одноразмерных песков и суглинков) 1 класса прочности следует принимать максимальные, а II класса - минимальные из указанного в табл.28 расхода вяжущего.

При укреплении мелких песков и суглинков независимо от содержания вяжущего показатели их физико-механических свойств соответствуют II классу прочности.

2.73. Для уменьшения дозировки смолы в качестве добавки к ней может быть использован лигносульфонат технический (ЛСТ) в виде водного раствора 50%-ной концентрации (см.табл.28).

Приготовление смесей грунта с карбамидоформальдегидной смолой и добавкой ЛСТ осуществляется следующим образом: грунт перемешивают со смолой, вводят раствор ЛСТ с добавкой отвердителя и смесь вновь перемешивают. В случае необходимости произво-

Таблица 28

Грунты	Ориентировочный расход					Оптимальная влажность смеси при уплотнении, %
	смолы	смолобитумного вяжущего		смолы с добавкой ЛСТ		
		Смола	Нефть или эмульсия	Смола	ЛСТ	
Крупнообломочные несцементированные; пески гравелистые крупные, средние и мелкие, в том числе и одноразмерные	4-6 / 88-130	4-6 / 88-130	2-4	2-4	1,2-3	6-10
Супеси оптимального состава; супеси легкие, пылеватые и тяжелые пылеватые; суглинки легкие и легкие пылеватые	6-8 / 130-180	6-10 / 180-224	2-4	3-5,5	2-4	10-15
Суглинки тяжелые	8-10 / 180-224	Не рекомендуются				15-17

Примечания: 1. Над чертой - расход вяжущего в % массы смеси, под чертой - в кг/м^3.

2. Бо́льшие дозировки смолы рекомендуются для суглинистых грунтов.

дят доувлажнение смеси до оптимальной влажности грунта (за вычетом количества вводимых смолы и ЛСТ).

2.74. Изготовление образцов из смесей грунтов с органическими вяжущими материалами производят в цилиндрических стальных формах.

Смеси из грунтов, укрепляемых жидкими битумами, каменно-угольными вяжущими (дегтями, смолами), битумными эмульсиями с добавками и без добавок активных и поверхностно-активных веществ, уплотняют под нагрузкой 30 МПа.

Смеси из грунтов, укрепляемых битумной эмульсией или жидким битумом совместно с цементом или совместно с карбамидоформальдегидной смолой, уплотняют под нагрузкой 15 МПа в течение 3 мин.

Такой же режим уплотнения применяют для смесей из грунтов, укрепляемых либо только карбамидофор - мальдегидными смолами, либо в сочетании с добавкой сырой нефти или ЛСТ.

2.75. Образцы до испытания выдерживают в определенных условиях. Режим хранения и время выдерживания сформованных образцов в зависимости от вида грунта и применяемого вяжущего должны соответствовать данным табл. 25.

При влажном хранении образцы рекомендуется предварительно завернуть в кальку, покрыть слоем парафина, а затем поместить или в ванну с гидравлическим затвором, или во влажный песок, или во влажные опилки.

2.76. Полное водонасыщение образцов производят в соответствии с указаниями п.2.21.

За величину полного водонасыщения принимают количество воды, поглощенной образцом, выраженное в процентах первоначального объема образца. Объем образца определяют путем гидростатического взвешивания.

Водонасыщение $W_п$ вычисляют по формуле

$$W_п = \frac{P_3 - P_1}{P_1 - P_2} 100, \qquad (10)$$

где P_1 и P_2 – масса образца до водонасыщения соответственно на воздухе и в воде, г;

P_3 – масса образца на воздухе после водонасыщения, г.

2.77. Капиллярное водонасыщение $W_{кап}$ образцов для условий 1У и У дорожно-климатических зон производят согласно указаниям п.2.22, а его величину рассчитывают по формуле (10).

2.78. Влажность смесей и образцов из них находят по методу Дина-Старка. Допускается определять влажность путем высушивания пробы в термостате до постоянной массы. При этом для смесей и образцов с жидким битумом класса СГ или каменноугольными вяжущими температура высушивания пробы должна быть не выше 60-80°С; для смесей и образцов с жидким битумом классов МГ, МГО, битумными эмульсиями, карбамидоформальдегидной смолой, смолобитумным вяжущим и др. – не выше 100-105°С.

Для ускорения высушивания проб рекомендуется использовать приборы типа СЭШ-3 и др. для ускоренного определения влажности.

2.79. Величину набухания образцов определяют по приращению объема образца после полного насыщения его водой, выраженному в процентах по отношению к его первоначальному объему.

Для определения величины набухания до насыщения образцов водой и после него производят их взвешивание на воздухе и в воде.

Величину набухания образца A после водонасыщения определяют по формуле

$$A = \frac{[(P_3 - P_4) - (P_1 - P_2)]}{P_1 - P_2} 100, \qquad (11)$$

где P_4 – масса водонасыщенного образца в воде, г.

2.80. Плотность влажного образца (или керна) из укрепленного грунта (плотность смеси) $\gamma_{см}$ рассчитывают по формуле

$$\gamma_{см} = \frac{m}{V}, \qquad (12)$$

где m – масса образца, г;

V – объем образца, $см^3$, определяемый как разница между массой образца на воздухе и в воде.

Образец взвешивают на воздухе, затем погружают в расплавленный парафин при температуре 60-65°С. При этом необходимо, 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.

Среднюю плотность (обьемную массу) образца в этом случае вычисляют по формуле

$$\gamma_{см} = \frac{P_5}{(P_6 - P_7) - (P_6 - P_5)/\gamma_п}, \qquad (13)$$

где P_5 – масса образца на воздухе до парафинирования, г;

P_6 и P_7 – масса запарафинированного образца соответственно на воздухе и в воде, г;

$\gamma_п$ – плотность парафина, г/$см^3$; $\gamma_п$=0,93 г/$см^3$.

Парафинирование плотных монолитных образцов, влажность которых после взвешивания в воде не изменяется, при определении объема образца производить необязательно. Однако взвешивание образца в воде в этом случае производят как можно быстрее. Плотность влажного образца из укрепленного грунта (плотность смеси) при таком способе определяют по формуле

$$\gamma_{см} = \frac{P_1}{P_1 - P_2}. \qquad (14)$$

Для вычисления плотности скелета образцов из грунта $\gamma_{ск.см}$, укрепленного органическим вяжущим с добавками и без добавок, кроме плотности влажного образца, определяют его фактическую влажность в соответствии с п.2.78. Плотность скелета образца из смеси грунта с органическим вяжущим (плотность скелета смеси) вычисляют по формуле

$$\gamma_{ск\,см} = \frac{\gamma_{ск}}{1+0{,}01(W_{см}+Б)}, \qquad (15)$$

где $W_{см}$ – фактическая влажность образца при испытании, %;

Б – количество введенного в смесь органического вяжущего (жидкого битума, нефти, дегтя, эмульгированного битума, карбамидоформальдегидной смолы), %.

2.81. Предел прочности при сжатии образцов определяют в соответствии с пп.2.23–2.24.

Испытанию подвергают образцы-цилиндры после их твердения в сроки, указанные в табл.25, при температуре 20 и 50°С при влажности твердения, а также водонасыщенные (см.п.2.21).

Образцы, испытываемые при влажности твердения, выдерживают в течение 2 ч при температуре испытания. Выдерживание образцов при температуре 50°С производят в термостате в полихлорвиниловых мешочках. Для поддержания постоянной влажности ставят чашку с водой. Выдерживание образцов при температуре 20°С производят в лаборатории с соблюдением режима хранения, указанного в табл.25. Допускается отклонение от заданной температуры на ±1°С. В том случае, когда температура воздуха в помещении, где находятся образцы перед испытанием, отличается от указанных пределов, образцы помещают в водяной термостат. В качестве простейшего термостата используют два металлических или стеклянных сосуда, которые вставляют один в другой. Пространство между сосудами заполняют водой с темпетарурой 20±1°С.

Образцы устанавливают во внутренний сосуд и плотно закрывают крышкой.

После определения величины набухания водонасыщенные образцы испытывают на прочность при сжатии. Предел прочности при сжатии вычисляют согласно п.2.25, а на растяжение при изгибе (или на растяжение при расколе) - пп.2.27-2.33.

2.82. Образцы из всех видов смесей испытывают на морозостойкость в возрасте 28 сут в соответствии с указаниями п.2.34.

Подбор составов смесей при укреплении переувлажненных грунтов

2.83. В грунты с влажностью выше значений, приведенных в табл.17 (при укреплении неорганическими вяжущими) и в п.2.41 (при укреплении органическими вяжущими), требуется вводить осушающие добавки: известь молотую негашеную или гидрофобизированную, а также золу уноса сухого отбора, содержащую не менее 8% свободного оксида кальция, удовлетворяющие требованиям пп.1.45 и 1.65. Дозировки указанных добавок даны в табл.4 СНиП 3.06.03-85.

Кроме того, при укреплении переувлажненных песков, супесей и суглинков могут быть использованы молотые шламы (нефелиновый или бокситовый), вводимые в количестве 15-25% массы смеси.

2.84. При лабораторном подборе составов в переувлажненный грунт вводят осушающую добавку, смесь перемешивают и выдерживают не менее 10-12 ч; затем добавляют основное вяжущее и, если требуется, активные и поверхностно-активные вещества; образцы формуют и испытывают в соответствии с вышеизложенной методикой.

2.85. Допускается укреплять переувлажненные грунты повышенными по сравнению с приведенными в табл.11 дозировками портландцемента. Дополнительный

расход вяжущего марки не менее 300, требуемый для связывания избыточной воды, назначают по табл. 29.

Таблица 29

Грунт	Содержание портландцемента, %, при влажности грунта, относительные единицы оптимальной	
	1,2	1,4
Пылеватые пески и супеси	-	1,5
Суглинки легкие	0,5	1,5
Суглинки тяжелые	1,0	3,0
Глины песчанистые и пылеватые	3,0	5,0

Примечание. При применении цемента низших марок дозировку вяжущего увеличивают в 1,2-1,3 раза.

Подбор составов смесей при укреплении грунтов при пониженных положительных и отрицательных температурах

2.86. При пониженных температурах воздуха (от 5 до минус 10°С) допускается устраивать основания автомобильных дорог II-У категорий и аэродромов классов Б-Е и сельскохозяйственной авиации; при этом земляное полотно должно быть возведено при положительных температурах воздуха.

2.87. При температурах воздуха от 0 до 5°С допускается укреплять крупнообломочные, песчаные и глинистые грунты; при температурах от 0 до минус 10°С - крупнообломочные грунты и пески гравелистые, крупные, средней крупности, мелкие и пылеватые.

2.88. В качестве вяжущих материалов применяют портландцемент марки не ниже 400, отходы промышленности и вяжущие на их основе.

В 1У-У дорожно-климатических зонах при устройстве оснований под усовершенствованные облегченные или переходные типы покрытия из тяжелых суглинков

или глин допускается использовать шлакопортландце - мент или известь.

2.89. При температурах воздуха от 0 до 5°С в грунты, укрепляемые портландцементом, следует вводить ускорители твердения (хлорид кальция) в количестве 1,5-2% массы вяжущего.

При отрицательных температурах в грунт необходимо добавлять вещества, понижающие температуру замерзания жидкой фазы смесей.

Ориентировочные значения дозировок противоморозных добавок, применяемых при укреплении грунтов цементом, приведены в табл. 30.

Таблица 30

Противоморозная добавка	Дозировка противоморозной добавки, % массы цемента, при укреплении	
	крупнообломочных грунтов; песков гравелистых, крупных и средней крупности	песков мелких и мелких пылеватых
ХК	3,0...8,0	4,0...10,0
ХН	4,0	5,0
ХК+ХН	1,5+3,5...3,0+7,0	1,5+3,5...3,0+7,0
ХК+ЛСТ	3,0+0,5...8,0+0,8	4,0+0,5...10,0+0,8
ХК+ЧСЩ	3,0+0,1...8,0+0,2	4,0+0,1...10,0+0,2
НК	3,0...8,0	4,0...10,0
НК+ЛСТ	3,0+0,5...8,0+0,8	4,0+0,5...10,0+0,8
ННХК	3,0...8,0	3,0...10,0
ННХК+ЛСТ	3,0+0,5...8,0+0,8	3,0+0,5...10,0+0,8

Примечания: 1. Меньшую дозировку принимают для температур от 0 до минус 5°С, бо́льшую - от минус 5 до минус 10°С.

2. Добавка ХН применяется только при температурах от 0 до минус 5°С.

При укреплении грунтов вяжущими из отходов промышленности требуемые дозировки противоморозных добавок рассчитывают с учетом концентрации солей в

жидкой фазе смеси, соответствующих значениям, приведенным в табл.31.

Таблица 31

Расчетная отрицательная температура, °С	Концентрация солей, %, в жидкой фазе добавки		
	ХК	ХН	ХК+ХН
0-5	5	5	2+3
5-7	7	-	3+4
7-10	10	-	3+7

Примечание. За расчетную принимают минимальную среднесуточную температуру воздуха в период приготовления смеси, укладки и твердения укрепленного грунта.

2.90. При расчете концентрации рабочего раствора противоморозных добавок следует исходить из оптимальной влажности смеси в нормальных условиях с учетом естественной влажности укрепляемого материала (в том числе воды в замерзшем состоянии).

2.91. Для приготовления сухих смесей применяют крупнообломочные грунты, удовлетворяющие требованиям п.6.3 СНиП 3.06.03-85; пески гравелистые, крупные, средней крупности, мелкие и мелкие пылеватые, в том числе однородные, удовлетворяющие требованиям пп.1.1-1.42 и имеющие естественную влажность не более 4%.

2.92. При проектировании и подборе составов смесей следует определить оптимальное содержание в смеси воды, цемента, других добавок. При устройстве основания из сухой смеси при положительной температуре следует также определить расход добавок поверхностно-активных и других веществ.

2.93. Подбор состава сухих смесей надлежит осуществлять в следующем порядке:

рассчитывают активность цемента;

определяют зерновой состав укрепляемого грунта и модуль крупности для песков;

выбирают три-четыре дозировки цемента;

определяют оптимальную влажность и максимальную плотность смеси;

устанавливают режим уплотнения смеси при изготовлении образцов цементогрунта в лаборатории, обеспечивающий плотность материала, ожидаемую при строительстве;

готовят образцы, которые хранят и испытывают в установленные сроки;

определяют соответствие показателей физико-механических свойств образцов предъявляемым требованиям и выбирают минимальные дозировки цемента и добавок, обеспечивающие это соответствие.

2.94. Тип песчаного грунта и степень его неоднородности определяются по ГОСТ 25100-82.

Дозировки цемента марки 400 при подборе составов сухих смесей следует выбирать в соответствии с табл.32. При снижении или увеличении активности цемента на 5 МПа следует соответственно увеличить или снизить дозировку цемента на 1%.

2.95. При использовании для устройства оснований сухой цементогрунтовой смеси, хранившейся в штабеле при отрицательной температуре, и последующей укладки в основание при положительной температуре для повышения прочности, водо- и морозостойкости укрепленного грунта и снижения расхода цемента в смесь вместе с водой следует вводить одну из нижеперечисленных добавок: лигносульфонат технический (ЛСТ) - 0,5-1%; гудрон нейтрализованный (ГНД) - 1-2%; кремнийорганические жидкости (ГКЖ) - 0,2-1%; подмыльный щелок (ПЩ) - 0,2-0,5% массы цемента; сырую нефть - 1-3% массы смеси.

2.96. Оптимальную влажность и максимальную плотность цементогрунтовой смеси надлежит определять в соответствии с п.2.10.

Таблица 32

Укрепляемые грунты	Ориентировочный расход цемента, %, для цементогрунта классов прочности		
	I	II	III
Крупнообломочные и пески гравелистые, крупные	6-10	5-8	4-6
Пески:			
средней крупности	11-9	9-7	6-5
мелкие неоднородные	12-10	10-8	8-6
мелкие однородные	16-12	14-10	12-8
пылеватые	12-10	10-8	8-6

Примечание. Бóльшие значения содержания цемента соответствуют песку с меньшим модулем крупности.

Режим уплотнения смеси при изготовлении образцов укрепленного грунта (число ударов груза малого прибора стандартного уплотнения или величину уплотняющей нагрузки гидравлического пресса) следует устанавливать, используя полученные значения максимальной плотности смеси и данные табл.33. При этом число ударов груза или уплотняющую нагрузку необходимо подбирать таким образом, чтобы обеспечить при изготовлении образцов плотность, соответствующую указанному значению коэффициента уплотнения для данного вида укрепляемого грунта.

2.97. Изготовление, хранение и испытание образцов укрепленного грунта следует производить в соответствии с указаниями пп.2.1-2.35.

Пример. Требуется установить режим уплотнения образцов смеси, состоящей из песка мелкого с 12% цемента, имеющей максимальную плотность $\gamma_{max\,см}$ = =1,80 г/см^3 при влажности $W_{опт}$ =9,5%. Сухая смесь предназначена для укладки в основание зимой. По

табл. 33 находим значения коэффициента уплотнения $K_у$ = =0,95. Определяем требуемую плотность смеси для изготовления образцов, используя значения $\gamma_{max\ см}$ = = $K_у \gamma_{тр\ ск}$ =1,80·0,95=1,71 г/см^3. Подбираем число ударов падающего груза на приборе стандартного уплотнения, обеспечивающее $\gamma_{тр\ ск}$ =1,71 г/см^3. Число ударов равно 13. При этом числе ударов из смеси с влажностью 9,5% готовим образцы укрепленного грунта для испытаний.

Таблица 33

Укрепляемые грунты	Значение коэффициента уплотнения $K_у$ цементогрунтовой смеси[x])	
	сухой в зимнее время	оптимальной влажности (из штабеля) в весеннее время
Крупнообломочные и пески гравелистые, крупные	0,98–1,00	0,98–1,00
Пески:		
средней крупности	0,96–0,97	0,97–0,98
мелкие неоднородные	0,95–0,96	0,96–0,97
мелкие однородные	0,94–0,95	0,95–0,96
пылеватые	0,94	0,95

x) По данным натурных наблюдений при уплотнении на дороге пневмокатками за 12–18 проходов по одному следу.

Примечание. Бо́льшие значения коэффициента уплотнения соответствуют пескам с бо́льшим модулем крупности.

Подбор составов смесей при укреплении грунтов при повышенных температурах (в условиях жаркого климата)

2.98. При проектировании составов смесей для условий У дорожно-климатической зоны следует учитывать климатические факторы (повышенные температуры, стабильный водно-тепловой режим земляного полотна) и грунтовые особенности (значительное распространение барханных песков и лессовых грунтов с высоким содержанием карбонатов).

2.99. При подборе составов смесей из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими, следует руководствоваться указаниями пп.2.1-2.35, органическими вяжущими - пп.2.36-2.82 и нижеследующими положениями.

2.100. При укреплении крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтов портландцементом, известью, известково-шлаковым вяжущим ориентировочные дозировки веществ принимают по табл.11.

2.101. Дозировки вяжущих из отходов промышленности и добавок, применяемых для укрепления крупнообломочных и песчаных грунтов и отвечающих требованиям разд.1, приведены в табл.34.

2.102. Содержание неорганических вяжущих и добавок, рекомендуемых для укрепления глинистых грунтов с различной степенью засоленности, приведены в табл.35.

Допускается применение для приготовления смесей минерализованной и морской воды с общим содержанием солей до 30 тыс.мг/л (в том числе содержание SO_4^{2-} не должно превышать 5 тыс.мг/л).

2.103. При подборе составов смесей госсиполовую смолу, жидкие битумы и нефть вводят в грунт, пере -

мешивают, затем добавляют неорганические вяжущие (цемент или золы уноса и др.) и воду. Госсиполовую смолу и жидкие битумы предварительно нагревают до температуры 60-80°С.

2.104. Укрепленные материалы должны удовлетворять требованиям табл.36 СНиП 2.05.02-85 для II-III классов прочности.

2.105. При укреплении грунтов органическими вяжущими применяют жидкие битумы, битумные эмульсии, поверхностно-активные и активные вещества (госсиполовую смолу, портландцемент марки не ниже 300, известь, цементную пыль).

2.106. При подборе составов смесей из укрепленного барханного песка ориентировочные дозировки битумной эмульсии и жидких битумов для защитных слоев принимают по табл.20 и 22, битумной эмульсии, в том числе в сочетании с цементом, жидких битумов для слоев оснований - по табл.20-22, битумной эмульсии в сочетании с цементом - по табл.26.

Допускается использование средне- и медленнораспадающихся битумных эмульсий с рабочей концентрацией соответственно 30-40 и 30-50%.

2.107. При укреплении глинистых грунтов (с числом пластичности до 17) применяют вяжущие и добавки, указанные в табл.36.

2.108. При приготовлении смесей госсиполовую смолу предварительно нагревают до 60-80°С, а затем вводят в битум.

2.109. Методика испытания образцов соответствует изложенной в пп.2.36-2.82.

2.110. Укрепленные материалы должны удовлетворять требованиям табл.36 и 37 СНиП 2.05.02-85.

Таблица 34

Грунты	Дозировка вяжущего и добавки, % массы смеси, при укреплении грунта				
	цементной пылью			золой уноса	
	Цементная пыль	Портландцемент	Госсиполовая смола	Зола уноса	Госсиполовая смола
Крупнообломочные с зерновым составом, близким к оптимальному	10-15	-	-	10-17	-
	⩾10	4-6	-	7-12	1-2
Пески гравелистые, крупные, средней крупности и мелкие неоднородные	⩾10	-	2-3	-	-
Пески мелкие однородные (барханные)	15-20	-	-	15-20	-
	⩾10	6-10	-	10-15	2-3
	10-15	-	2-3	-	-

Примечание. Дозировки госсиполовой смолы приведены в процентах массы вяжущего.

Таблица 35

Вид грунта по степени засоленности	Суммарное содержание легкорастворимых солей, %	Содержание $Na_2SO_4 + MgSO_4$, %, не более	Дозировка вяжущего и добавки, % массы смеси, при укреплении грунта						
			портландцементом				цементной пылью		
			Портландцемент	Известь в пересчете на активные $CaO + MgO$	Цементная пыль или зола уноса сухого отбора	Жидкий битум или нефть	Цементная пыль	Зола уноса сухого отбора	Жидкий битум или нефть
Незасоленный или слабозасоленный	<0,5	–	4-10	–	–	–	10-15	–	–
			4-6	2-3	–	–	7-12	⩾5	–
			2-4	–	5-7	–	7-12	–	⩾3
			⩾4	–	–	⩾3	–	–	–
Среднезасоленный	0,5-2	0,5	6-10	–	–	–	15-20	–	–
			6-8	2-3	–	–	12-17	⩾5	–
			2-6	–	5-12	–	12-17	–	⩾3
			6-8	–	–	⩾3	–	–	–
Сильнозасоленный	2-5	1,0	8-10	–	–	–	20-25	–	–

			8-10	2-3	–	–	17-20	⩾5	–
			2-8	–	5-17	–	17-20	–	⩾3
			8-10	–	–	⩾3	–	–	–
Избыточнозасолен-	5-6	3,5	10-12	–	–	–	⩾25	–	–
ный			⩾10	2-3	–	–	⩾20	⩾5	–
			2-10	–	5-20	–	⩾20	–	⩾3
			⩾10	–	–	⩾3	–	–	–

Примечания: 1. Допускается укреплять связные грунты с числом пластичности не более 17 при сульфатном, хлоридно-сульфатном и содовом засолении. Содержание гипса – не более 20%.

2. При укреплении грунтов портландцементом в сочетании с цементной пылью или золой уноса меньшим дозировкам цемента соответствуют большие дозировки добавок.

Таблица 36

Вид грунта по степени засоленности	Суммарное содержание легкорастворимых солей, %	Содержание $Na_2SO_4+MgSO_4$, %, не более	Дозировка вяжущего и добавки, % массы смеси			
			жидкого битума класса МГ	цемента или извести (в пересчете на активные $CaO+MgO$)	цементной пыли, не менее	госсиполовой смолы
Незасоленный, слабозасоленный и среднезасоленный	0,5-2	0,5	6-8	2-3	-	-
			6-8	-	10	-
			6-8	-	-	5
			6-8	-	-	-
			4-6	2-3	-	3-5
			4-6	2-3	-	-
			4-6	-	10	5
			4-6	-	10	-
Сильнозасоленный и избыточнозасоленный	2-6	3,5	8-10	2-3	-	-
			8-10	-	10	-
			⩾10	-	-	⩾5
			⩾10	-	-	-
			⩾8	2-3	-	⩾5
			⩾8	2-3	-	-
			⩾8	-	10	⩾5
			⩾8	-	10	-

Примечания: 1. Дозировка госсиполовой смолы дана в процентах массы битума.

2. При применении жидких битумов класса СГ расход битума снижается на 25%.

3. Основные принципы конструирования дорожных и аэродромных одежд с конструктивными слоями из укрепленных грунтов

3.1. Дорожные одежды с конструктивными слоями из укрепленных материалов (особенно в районах с неблагоприятными природными и гидрогеологическими условиями) имеют существенные преимущества по сравнению с дорожными одеждами из зернистых материалов:

более длительное сохранение ровности покрытия, особенно при интенсивном морозном пучении грунта земляного полотна;

значительное улучшение водно-теплового режима земляного полотна за счет малой водопроницаемости, что резко сокращает количество воды, поступающей в грунт земляного полотна сверху и являющейся основным источником переувлажнения грунта. Так, расчетная влажность грунта земляного полотна на участках с дорожной одеждой из укрепленных грунтов на $(0,05 \div 0,30)W_т$ (влажность на границе текучести) меньше, чем на участках с дорожной одеждой из зернистых материалов;

уменьшение на 20-50% общей толщины дорожной одежды;

снижение на 15-45% потребности в дефицитных минеральных материалах и в 1,5-3 раза в автотранспорте;

сокращение трудозатрат в 1,5-2 раза и удешевление строительства 1 км дорожной одежды на 5-22 тыс.руб.

3.2. Конструктивные слои дорожных одежд из укрепленных грунтов назначают и рассчитывают согласно СНиП 2.05.02-85, "Инструкции по проектированию до-

рожных одежд нежесткого типа" ВСН 46-83 (М.: Транспорт, 1985) и "Инструкции по проектированию жестких дорожных одежд" ВСН 197-83 (Союздорнии. М., 1983).

Расчетные характеристики укрепленных грунтов и материалов приведены в прил. 10 настоящего Пособия.

3.3. Конструирование слоев из укрепленных грунтов, заключающееся в выборе составов смесей и размещении таких слоев в дорожной конструкции, должно обеспечить:

надежную работу в межремонтные сроки при расчетной интенсивности движения и сохранение требуемой прочности конструкции и ровности покрытия;

технологичность устройства конструктивных слоев и индустриализацию дорожно-строительных процессов;

минимальную трудоемкость устройства конструктивного слоя;

минимальные материалоемкость и стоимость конструктивного слоя.

3.4. Для устройства оснований, являющихся основным несущим конструктивным слоем дорожной одежды, и особенно их верхних слоев, целесообразно применять укрепленные грунты с достаточной деформационной способностью, исключающие образование значительных температурно-усадочных трещин и обеспечивающие требуемую прочность основания.

3.5. При применении цементогрунтов (или других укрепленных материалов, аналогичных им по свойствам) в основании целесообразно устраивать покрытие из материалов, характеризующихся наибольшей пластичностью, допустимой по условиям движения в районе строительства. К числу таких материалов для покрытия относятся асфальтобетонные смеси (преимущественно на битумах с вязкостью $С^{5}_{60}$ 130-200 с), литой асфальтобетон, пористые асфальтобетоны (в южных районах), черный щебень и др.

3.6. Толщину покрытия облегченных дорожных одежд с основаниями из укрепленных цементом материалов, уложенного из черного щебня способами заклинки, пропитки, смешения на дороге, двойной поверхностной обработки, назначают исходя из конструктивных соображений либо на основе опыта строительства в данных условиях.

3.7. В покрытиях и несущих слоях основания из связных и мелкозернистых грунтов, укрепленных жидким битумом, под действием автомобильных нагрузок возникают, как правило, сдвиговые деформации. Такие материалы следует применять в покрытиях низшего типа, для которых исправление профиля в процессе эксплуатации дороги возможно после поверхностной вскирковки материала. Недопустимо использовать эти материалы в верхних слоях оснований, а также в покрытиях переходного типа при перспективном переводе его в основание после укладки усовершенствованного покрытия на второй стадии строительства.

3.8. Грунты, укрепленные неорганическими вяжущими типа портландцемента, характеризуются высокой прочностью, водо- и морозостойкостью, но вместе с тем склонны к трещинообразованию, что снижает прочность покрытия.

Такие материалы следует преимущественно применять в нижних слоях основания и дополнительных слоях дорожных одежд. При устройстве верхнего слоя основания на дорогах I-II категорий из цементогрунтов 1 класса прочности (см.табл.35 СНиП 2.05.02-85) толщина асфальтобетонного покрытия не должна быть менее 14-16 см. На дороге III категории верхний слой основания может быть устроен из цементогрунта I-II классов прочности при толщине асфальтобетонного покрытия не менее 6-10 см.

3.9. Грунты, укрепленные активными золами уноса, гранулированными шлаками с добавками цемента, ха-

рактеризуются достаточно высокой трещиностойкостью и могут применяться в верхних слоях оснований при толщине покрытия из асфальтобетона 10-12 см на дорогах I-II категорий и 6-8 см - III категории. Такие же материалы применяют на дорогах III-IУ категорий для устройства покрытий со слоями износа и дополнительных слоев дорожной одежды.

3.10. Грунты, укрепленные известью и подобными ей вяжущими, в южных районах можно укладывать в нижние слои оснований и дополнительные слои на дорогах I-III категорий и в основания дорог IУ-У категорий. В северных условиях такие материалы допускается применять только в нижних слоях оснований и дополнительных слоях с проведением мероприятий по обеспечению их морозостойкости.

3.11. Грунты, укрепленные комплексными вяжущими, допускается применять в основаниях дорог всех категорий и покрытиях дорог IУ-У категорий. Они имеют наиболее высокие расчетные прочностные и деформационные характеристики, высокие работоспособность в процессе длительной эксплуатации дорог и трещиностойкость. Минимальная толщина слоя асфальтобетона на таком основании на 20-30% меньше, чем на основании из цементогрунта.

3.12. Морозозащитные слои следует укладывать из укрепленных грунтов с коэффициентом теплопроводности более 0,6 Вт/(м·К). Материалы с более низким коэффициентом относятся к группе теплоизоляционных и предназначены для устройства теплоизолирующих слоев, существенным образом снижающих глубину промерзания грунта.

3.13. При расчете морозозащитного слоя принимают условие, что он выполнен из песка. Если же его устраивают из монолитного материала (грунта, укрепленного неорганическим или комплексным вяжущим), то его толщину принимают на 30-50% меньше.

3.14. Для устройства морозозащитного слоя применяют любые грунты (из группы грунтов, пригодных для укрепления) и вяжущие, в том числе комплексные. Составы смесей, рекомендуемые для устройства морозозащитных слоев, приведены в прил. 11, деформационные, прочностные и теплофизические характеристики – в прил. 12 и 13 настоящего Пособия. Укрепленные материалы должны отвечать требованиям III класса по прочности и морозостойкости (см. табл. 35 СНиП 2.05.02-85). В отдельных случаях допускается применять укрепленный материал II класса по прочности (при пучинистых исходных материалах, на участках со значительно пучинистыми грунтами земляного полотна, на участках земляного полотна с неблагоприятными гидрогеологическими условиями и т.д.).

Схемы дорожных и аэродромных одежд с конструктивными слоями из укрепленных грунтов

3.15. Принципы конструирования дорожных одежд с использованием укрепленных материалов, многолетний производственный опыт эксплуатации таких дорожных одежд позволяют рекомендовать основные схемы конструкций дорожных одежд (рис. 12).

3.16. Наиболее полно изложенным принципам конструирования дорожных одежд соответствуют конструкции, все слои которых выполнены из укрепленных материалов, включая при необходимости и верхний слой земляного полотна.

В конкретных случаях могут быть разработаны конструкции дорожных одежд, отличные от приведенных на рис. 12.

3.17. В I–III дорожно-климатических зонах не рекомендуется над слоями основания из укрепленных грун-

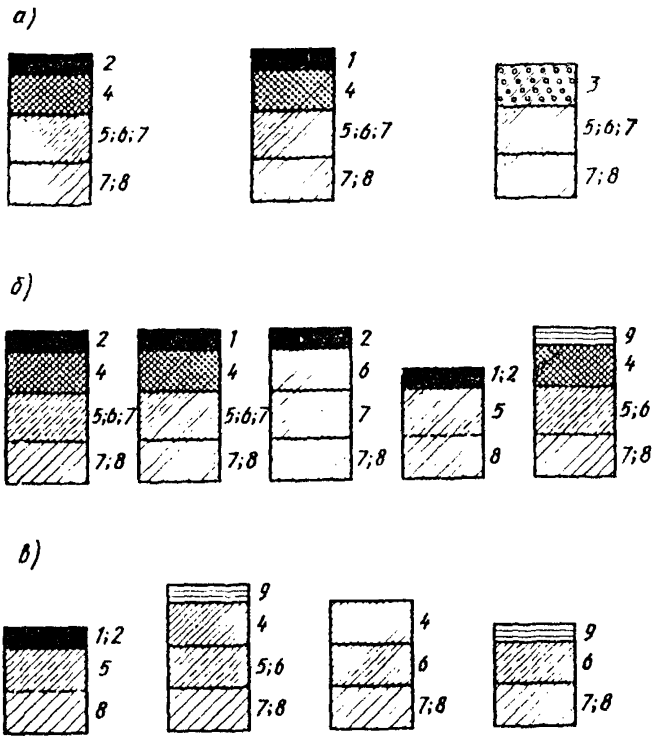

Рис. 12. Рекомендуемые конструкции дорожных одежд со слоями из укрепленных грунтов для дорог I и II (а); III (б); IУ и У (в) категорий: 1 и 2 – одно- и двухслойное асфальтобетонное покрытие; 3 – цементобетонное покрытие; 4 – черный щебень; 5 – основание из цементогрунта 1 класса прочности; 6 – основание из грунта, укрепленного карбамидоформальдегидной смолой или комплексными методами, 1 класса прочности и повышенной деформативности; 7 – основание из грунтов, укрепленных цементом, карбамидоформальдегидной смолой и комплексными методами, II класса прочности; 8 – морозозащитный слой из укрепленного грунта II–III классов прочности; 9 – двойная поверхностная обработка

тов располагать слои значительной толщины из неукрепленных зернистых материалов, аккумулирующих воду, поступающую сверху.

4. Основные принципы организации работ при укреплении грунтов

4.1. Организация работ по устройству слоев дорожной одежды из укрепленных грунтов должна обеспечивать минимальную стоимость работ, качественное выполнение их в установленные сроки.

4.2. Устройство слоев дорожной одежды из укрепленных грунтов должно осуществляться на основе разработанных и утвержденных проектов организации строительства (ПОС) и проектов производства работ (ППР) в соответствии с "Инструкцией по составлению и разработке проектов организации строительства и проектов производства работ" СН 47-74 (М.: Стройиздат, 1975).

4.3. Проект организации строительства составляет проектная организация, согласовывая основные положения со строительной организацией-генеральным подрядчиком, предусматривая принципиальные решения по организации строительства объекта в целом и участков, выделенных в отдельный титул.

ПОС определяет сроки устройства слоев из укрепленных грунтов по всему объекту и отдельным его участкам; рациональную конструкцию дорожной одежды с указанием источников получения материалов, технологии производства работ, средств механизации, объемов и сметной стоимости работ; потребности в материально-технических ресурсах; численность рабочих и инженерно-технических работников, их расстановку и взаимодействие в процессе строительства; средства связи

и управления, а также меры по охране окружающей среды.

4.4. Проект производства работ (ППР) разрабатывает дорожно-строительная организация на каждый год строительства.

В ППР уточняются и детализируются решения, принятые в ПОС. Изменения вносятся только в том случае, если это ведет к снижению стоимости работ, сокращению сроков строительства, повышению производительности и качества строительства, и согласуются с проектной организацией и организацией, утвердившей ПОС.

В ППР уточняются методы производства работ; комплектуются отряды машин с учетом имеющейся в строительной организации техники; детально распределяются трудовые и материальные ресурсы; осуществляются привязка типовых и разработка новых технологических карт; составляются схемы операционного контроля; уточняются меры по защите окружающей среды и охране труда.

4.5. Устройство слоев дорожной одежды из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, должно выполняться специализированными подразделениями дорожно-строительных организаций (участки, отряды, бригады); работы по укреплению грунтов - специализированными механизированными колоннами.

Подразделения оснащаются средствами механизации, оборудованием для ремонта и обслуживания машин, передвижными лабораториями.

4.6. Количество отрядов и темпы работ необходимо устанавливать в зависимости от объема строительства и сроков его выполнения с обеспечением равномерности и непрерывности укладки всех конструктивных слоев дорожной одежды.

4.7. При выборе средств механизации следует учитывать физико-механические свойства грунтов, вяжу -

щих материалов и полученных смесей. Рекомендации по комплектации механизированных подразделений и выбору машин в зависимости от объемов работ и условий строительства приведены в прил. 14–19 настоящего Пособия.

Организация и обустройство баз снабжения материалами

4.8. Состав и тип производственной базы по укреплению грунтов выбираются исходя из общей и сменной потребности в материалах в соответствии с проектно-сметной документацией. При этом учитывается расход материалов на устройство временных и вспомогательных сооружений и коммуникаций.

4.9. Место расположения и мощность базы определяется на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом категории объекта, объемов строительства, сроков ввода, темпа производства работ, возможной перебазировки, дальности транспортирования материалов, наличия источников газо-, водо- и энергоснабжения.

4.10. Следует различать три типа производственных баз: прирельсовые базы для приема, хранения и выдачи материалов; прирельсовые и приобъектные смесительные установки.

4.11. Прирельсовые базы должны включать:

склады песчаных грунтов, песчано-гравийных смесей и подобных материалов, оснащенные приемными устройствами для разгрузки железнодорожных вагонов и укладки материалов в штабели, машинами и устройствами для подачи материалов в расходные бункеры смесительных установок и транспортные средства, а также устройствами для подогрева материалов в зимнее время;

склады порошкообразных и жидких вяжущих и добавок, имеющие приемные устройства, разгрузчики вагонов, оборудование для транспортирования материалов на склады и от них в расходные бункеры установок и автотранспортные средства;

вспомогательные отделения – электро- или трансформаторные подстанции, парокотельные и компрессорные установки, устройства газо-, водоснабжения и канализации, служебные и жилые помещения.

4.12. Прирельсовые смесительные установки следует размещать на территории прирельсовой базы рядом с ЦБЗ или АБЗ и оборудовать смесительными установками типа ДС-50А или ДС-50Б с расходными бункерами, резервуарами, дозаторами, узлами выдачи готовой смеси в автомобильный транспорт.

4.13. Приобъектные смесительные установки следует располагать вблизи мест укладки смеси, преимущественно в карьерах с местными материалами. Они должны включать мобильное смесительное оборудование, мобильные склады вяжущих, воды и добавок, передвижные компрессорные установки и электростанции.

4.14. Способы приемки, складирования и транспортирования материалов и применяемое оборудование должны исключать возможность нанесения ущерба окружающей среде и здоровью работающих.

Основные принципы технологии производства работ

4.15. Технология производства работ определяется категорией объекта строительства, дорожно-климатической зоной, типом грунта, видом вяжущего и добавок, а также имеющимися средствами механизации.

4.16. Технология производства работ, при которой в качестве ведущей машины используется смесительная установка, включает:

профилирование слоя, на который производится укладка смеси;

приготовление смеси грунта с вяжущими и транспортирование ее к месту укладки;

распределение, укладку и предварительное уплотнение смеси;

окончательное уплотнение смеси;

чистовое профилирование слоя основания;

уход за устроенным основанием.

4.17. Технология производства работ однопроходной грунтосмесительной машиной включает:

профилирование обрабатываемого слоя;

измельчение связных грунтов;

дозирование и распределение вяжущих материалов;

перемешивание грунта с вяжущими и водой с одновременным профилированием слоя;

уплотнение смеси;

чистовое профилирование слоя основания;

уход за устроенным слоем основания.

4.18. Технология производства работ дорожной фрезой включает операции, перечисленные выше; отличие состоит в том, что после операции перемешивания следует дополнительно выполнять профилирование смеси.

4.19. Способ производства работ с помощью смесительной установки следует применять при устройстве оснований из несвязных грунтов, так как установки ДС-50А и ДС-50Б предназначены для обработки грунтов с числом пластичности до 3.

4.20. Установку ДС-50Б рекомендуется использовать при скоростном строительстве оснований аэродромов классов А и Б, а также автомобильных дорог I и II категорий; в исключительных случаях возможно применение установки ДС-50А.

4.21. При скоростном строительстве слоев дорожной одежды из укрепленных грунтов профилирование следует выполнять профилировщиками, оснащенными автома-

тическими системами управления курса движения и положением рабочих органов, что обеспечивает ровность в пределах ±5 мм. Распределение и укладку смесей, приготовленных в установках, следует осуществлять укладчиками с вибробрусом, также оснащенными автоматическими системами управления.

4.22. При темпах строительства автомобильных дорог III и IУ категорий и внутрихозяйственных более 12 км в год следует использовать комплект машин ДС-150.

4.23. При строительстве внутрихозяйственных автомобильных дорог следует применять однопроходные машины и дорожные фрезы и лишь в исключительных случаях грунтосмесительные установки, располагая их на притрассовых базах или в притрассовых карьерах.

4.24. При выборе технологии производства работ следует учитывать достигаемые показатели качества

Таблица 37

Грунтосмесительная машина	Пределы варьирования показателей для грунтов			
	крупнообломочных	песчаных и легких супесчаных, $J_p < 3$	супесей, легких суглинков, $3 < J_p < 10$	суглинков, глин, $J_p > 10$
Дорожная фреза	–	0,83–1,18	0,8–1,2	0,75–1,25
Однопроходная машина ДС-152	0,92–1,08	0,90–1,08	0,87–1,15	–
Карьерная установка:				
ДС-50А	0,92–1,08[x)]	0,90–1,08	–	–
ДС-50Б	0,94–1,06	0,94–1,06	–	–

x) Для песчано-гравийных смесей.

(пределы прочности при сжатии и на растяжение при изгибе, коэффициент морозостойкости) и диапазон варьирования показателей в зависимости от применяемого оборудования (табл.37). Указанное в таблице оборудование рекомендуется применять для обработки грунтов тех видов, для которых даны пределы варьирования показателей. За единицу значения каждого показателя принимается значение, полученное в лаборатории по методике, указанной в разд.2.

Организация и комплектование механизированных отрядов машин с ведущей машиной – мобильной смесительной установкой, монтируемой на базе или в карьере

4.25. Территория, на которой располагается мобильная смесительная установка, должна иметь подъездные пути, инженерные коммуникации, водоотвод, ограждение и освещение для работы в темное время суток и при плохой видимости.

4.26. Покрытие на открытых площадках для хранения грунта и на основных проездах следует устраивать из цементо- или асфальтобетона. Движение автомобилей организуется по кольцевой схеме без пересечения путей движения.

4.27. Современные мобильные смесительные установки представляют собой комплект оборудования, включающий:

агрегат питания грунта с дозатором грунта;

подающий транспортер;

агрегат дозирования и хранения порошкообразных вяжущих и добавок;

смеситель непрерывного действия с бункером готовой смеси;

кабину управления.

Комплект оборудования может работать в автоматическом и дистанционном режимах управления.

4.28. Вместимость складов грунта и вяжущих назначается в зависимости от производительности установки и сменного темпа строительства (табл.38).

Таблица 38

Производительность установки, т/ч	Вместимость складов для хранения	
	грунта, тыс. м^3	цемента, тыс.т
100-120	25-40	1,5-1,8
200-240	50-70	2,5-3,0

4.29. В состав отряда машин включаются фронтальный погрузчик или бульдозер для подачи грунта в агрегат питания установки, автоцементовозы (автозоловозы) для подвозки порошкообразных вяжущих, поливомоечные машины для увлажнения смеси, автомобили-самосвалы для транспортирования готовой смеси на место укладки, укладчик (профилировщик, автогрейдер), катки для уплотнения смеси и автогудронатор для нанесения пленкообразующих материалов при уходе за основанием.

Организация и комплектование механизированных отрядов машин для производства работ смешением на дороге с ведущей машиной - дорожной фрезой

4.30. Величина сменной захватки должна соответствовать производительности дорожной фрезы с учетом типа грунта:

при обработке песчаных грунтов, супесей и легких суглинков - 120-150 м:

при обработке тяжелых суглинков - 90-100 м.

4.31. Обрабатываемый слой грунта должен быть спрофилирован и уплотнен до 0,85-0,9 максимальной плотности.

4.32. В состав отряда машин включают дорожную фрезу, цементовоз-распределитель, автогрейдер, поливомоечную машину, автогудронатор, каток.

Организация и комплектование механизированных отрядов машин для производства работ смешением на дороге с ведущей машиной - однопроходной грунтосмесительной установкой

4.33. Величина сменной захватки должна соответствовать производительности однопроходной грунтосмесительной машины:

при обработке песчаных грунтов и супесей - 500-600 м;

при обработке суглинков и глин - 350-400 м.

4.34. Однопроходную грунтосмесительную машину типа ДС-152 следует использовать в составе комплекта машин ДС-150. Годовой темп строительства таким комплектом должен составлять не менее 12 км и осуществляться дорожно-строительными организациями с объемом строительно-монтажных работ не менее 1,5 млн.руб. в год.

4.35. Для создания и сохранения ритмичности работы комплекта ДС-150 строительство оснований следует вести, как правило, на следующий год после возведения земляного полотна и искусственных сооружений.

Строительство крупных искусственных сооружений

(мостов, путепроводов) должно быть завершено к началу укладки оснований, а малых водопропускных труб на 70-90%.

4.36. Транспортировку цемента для укрепления грунта рационально производить цементовозами от прирельсового базисного склада вместимостью не менее 15 тыс.т к расходным приобъектным складам вместимостью 75-100 т.

Базисный склад цемента рационально располагать на производственной базе (вместе с ЦБЗ, АБЗ и складами других материалов) или вблизи станции подвоза цемента (по железной дороге или водным путем).

Расходные склады цемента мобильного типа рационально располагать вдоль трассы на расстоянии, определяемом с учетом затрат на монтаж и перебазировку цистерн. Транспортировку цемента к месту строительства производят цементовозами - распределителями ДС-72. При совместной работе грунтосмесительной машины ДС-152(162) и распределителя цемента ДС-72 следует согласовать ширину обработки путем заглушки дозатора для обеспечения ширины обработки 1,8 м при ширине обработки ДС-152(162) - 3,5 м. При этом работа распределителей цемента производится уступом с перекрытием полосы обработки на 5-7 см.

4.37. Транспортировку воды рационально производить поливомоечными машинами из промежуточных расходных цистерн или водоемов. Расстояние между цистернами определяется расчетом исходя из затрат на монтаж и перебазировку цистерн.

4.38. Учитывая высокую техническую производительность комплектов машин ДС-150, их работу следует организовывать, как правило, в одну рабочую смену продолжительностью 10 ч.

4.39. Толщина укрепляемого слоя (в плотном теле) при перемешивании грунта с вяжущим за один проход грунтосмесительной машины ДС-152 следующая: обло-

мочных грунтов (щебень, гравий, песчано-гравийные смеси и т.п.) - 25-35 см, песка - 22-25 см, супеси - 18-22 см.

4.40. В состав комплекта машин рекомендуется включать профилировщик ДС-151, грунтосмеситель ДС-152, распределитель цемента ДС-72, каток самоходный типа ДУ-52, каток самоходный типа ДУ-55, автогудронатор типа ДС-39Б, передвижной склад цемента СБ-74, автоцементовозы типа ТЦ-10, автополивозаправщик, поливомоечные машины, трейлер, автогрейдер типа ДЗ-122-1.

5. Технология работ, средства механизации и оборудование для приготовления смесей из крупнообломочных, песчаных и легких супесчаных грунтов в грунтосмесительных установках. Распределение и уплотнение смесей. Уход за поверхностью уложенного слоя

Укрепление крупнообломочных, песчаных и легких супесчаных грунтов цементом

5.1. Для приготовления смесей из крупнообломочных, песчаных и легких супесчаных грунтов и отходов промышленности, укрепленных цементом и другими минеральными вяжущими, следует применять грунтосмесительные установки непрерывного действия принудительного перемешивания типа ДС-50А и ДС-50Б[x]), а

x) При использовании для укрепления грунтов грубодисперсных вяжущих и добавок (немолотых металлургических шлаков, белитовых шламов) установки типа ДС-50А, ДС-50Б необходимо оборудовать дополнительным бункером, дозатором и транспортером для подачи вяжущего или добавки в смеситель.

также бетоносмесительные установки цикличного (типа СБ-5, СБ-93) и непрерывного (типа СБ-37, СБ-75, СБ-78) действия принудительного перемешивания. Для приготовления смесей на основе песчаных и крупнообломочных грунтов, содержащих не менее 20-30% частиц крупнее 5 мм, допускается использовать гравитационные бетоносмесители цикличного (типа СБ-103) и непрерывного (типа СБ-109) действия.

5.2. Площадки (карьеры) для приготовления смесей в установках должны располагаться в местах залегания пригодных для укрепления грунтов из расчета обеспечения оптимальной дальности возки готовой смеси к месту укладки. Для этого следует предусматривать периодическое перебазирование смесительных установок вдоль трассы строящейся дороги, а также производить доставку и складирование грунтов в штабели на заранее выбранные площадки для последующей их обработки вяжущими при допускаемых температурных условиях производства работ.

5.3. Из крупнообломочных грунтов, укрепляемых вяжущими материалами, в грунто- или бетоносмесительных установках принудительного перемешивания предварительно должны быть отсеяны частицы крупнее 40 мм.

При применении смесительных установок гравитационного типа или грунтосмесительной установки типа ДС-50Б допускается использование крупнообломочных грунтов с частицами до 70 мм.

5.4. Затворение смесей производится путем введения в смеситель воды или водных растворов химических веществ, расход которых устанавливается с учетом естественной влажности укрепляемых грунтов. Общее содержание воды должно соответствовать оптимальной влажности смеси.

5.5. Водные растворы химических веществ готовятся в узлах приготовления добавок при смесительных

установках. Растворение добавок производится в специальных емкостях, оснащенных при необходимости системами перемешивания сжатым воздухом и теплоподогрева. Количество растворяемой в воде химической добавки должно назначаться из расчета получения рабочего раствора заданной концентрации (плотности).

5.6. Для замедления процесса схватывания цементогрунтов при температуре выше 10°С, а также повышения их плотности, прочности и морозостойкости в цементогрунтовые смеси следует вводить добавки пластифицирующих веществ типа ЛСТ или других аналогичных добавок. Расход добавок устанавливается в соответствии с табл. 12.

Для ускорения твердения в цементогрунтовые смеси следует вводить добавки хлоридных, сульфатных и других солей (см. табл. 13).

5.7. С целью уменьшить пустотность (пористость) в смеси на основе крупнообломочных и песчаных грунтов вводят активные и инертные минеральные добавки-золы уноса и золошлаковые смеси, молотые шлаки и известняки, дробленые пески и другие мелкодисперсные заполнители.

Дозирование минеральной добавки производится дозаторами для порошкообразных или сыпучих материалов; количество добавки устанавливается при подборе состава смеси.

5.8. Содержание воды (или растворов), добавляемой в смеситель при приготовлении смеси, определяется с учетом естественной влажности грунта по формуле

$$P_в = \frac{P}{1+\frac{W}{100}}\left(\frac{W_{опт}-W}{100}\right), \qquad (16)$$

где $P_в$ – количество воды, добавляемой в смесь, т;

P – масса грунта, подлежащего увлажнению, т;

W – естественная влажность грунта, % массы;

$W_{опт}$ – оптимальная влажность смеси, % массы.

5.9. Процесс приготовления смеси в установке включает параллельное выполнение нескольких операций, в том числе:

дозирование компонентов (грунтов, вяжущих материалов, воды, водных растворов химических добавок) и минеральных добавок;

подачу отдозированных материалов в смеситель;

перемешивание компонентов;

погрузку смесей в транспортные средства.

5.10. Технологический разрыв во времени между приготовлением и уплотнением цементогрунтовой смеси ограничивается сроком начала схватывания смеси, продолжительность которого должна быть не более 3 ч для цементогрунтов с добавками солей и без добавок и не более 8 ч - для цементогрунтов, обработанных пластифицирующими добавками.

5.11. В сухую и теплую погоду (температура воздуха выше 20°С) влажность приготавливаемой смеси должна быть на 2-3% выше оптимальной. В смесь следует вводить ЛСТ в количестве 1-2% массы цемента или другую аналогичную добавку, а уплотнение смеси заканчивать не позднее 5 ч с момента ее приготовления.

5.12. Смеси из укрепленных грунтов транспортируют автомобилями-самосвалами или другими автотранспортными средствами, обеспечивающими разгрузку смеси на подготовленный нижний слой или в бункер укладчика или профилировщика.

5.13. Разравнивание и профилирование смесей, приготовленных в установке, производится преимущественно укладочно-профилирующими машинами:

на всю ширину слоя - рабочими органами профилировщика на гусеничном ходу типа ДС-97 (ДС-108) или рельсового профилировщика типа ДС-502Б;

на половину устраиваемой полосы - рабочими органами профилировщика ДС-151 или укладчика бункерного типа ДС-8 или ДС-54.

При строительстве оснований автомобильных дорог III-У категории из укрепленных грунтов допускается производить разравнивание и профилирование смесей автогрейдерами, преимущественно оснащенными автоматическими системами управления "Профиль 30".

5.14. Для повышения плотности и ровности предварительное (начальное) уплотнение уложенных слоев следует осуществлять плоскостными виброорганами навесного типа (виброплитами или вибробрусьями) к укладочно-профилирующим машинам в однопроходном режиме. Рабочая скорость перемещения укладочно-профилирующих машин при разравнивании, профилировании и предварительном уплотнении смесей должна быть не более 1-2 м/мин.

5.15. Окончательное уплотнение производится самоходными катками на пневматических шинах с гладким протектором типа ДУ-29, ДУ-31А или ДУ-55 за 8-10 проходов или вибропневмокатками типа ДУ-52 за 4-6 проходов по одному следу. Каждый последующий проход катка должен перекрывать полосу предыдущего не менее чем на 20 см.

5.16. Допускается укатка слоев самоходными катками на пневматических шинах с рельефным протектором без предварительного уплотнения за 14-16 проходов или вибрационными катками за 6-8 проходов по одному следу. При необходимости после уплотнения следует производить чистовое профилирование слоя рабочими органами профилировщика или автогрейдером (см.п.5.13).

5.17. Уход за уложенным слоем из крупнообломочных, песчаных и легких супесчаных грунтов, укрепленных цементом, производится в соответствии с п.6.17 СНиП 3.06.03-85

Укрепление крупнообломочных, песчаных и легких супесчаных грунтов медленнотвердеющими вяжущими, в том числе с добавками цемента или извести и других активаторов

5.18. Порядок технологических операций при смешении в установке крупнообломочных, песчаных и легких супесчаных грунтов с медленнотвердеющими вяжущими – золой уноса от сжигания различных видов твердого топлива, белитовым шламом, гранулированным шлаком (недробленым, дробленым или молотым) и т.п., в том числе с добавкой порошкообразных или жидких (в виде водных растворов) активаторов, соответствует указанному в п.5.9. При этом введение в смесь порошкообразных вяжущих и активаторов твердения осуществляют дозатором для порошкообразных материалов. При использовании для укрепления грунтов грубодисперсных вяжущих, например немолотых металлургических шлаков, белитового шлама, установки типа ДС-50А, ДС-50Б необходимо дополнительно оборудовать бункером, дозатором и транспортером для подачи вяжущего в смеситель.

5.19. Активация смесей из крупнообломочных, песчаных и супесчаных грунтов, укрепленных золой уноса в сочетании с минеральными добавками (цементом, известью, гипсом и др.), производится путем введения водных растворов солей – хлоридных, сульфатных и т.п. При этом концентрацию раствора и его количество следует назначать с учетом получения смеси оптимальной влажности.

5.20. При достаточном техническом обосновании допускается предварительная активация медленнотвердеющих вяжущих путем помола или обработки порошкообразными или сыпучими активирующими добавками.

5.21. Продолжительность технологического разрыва между приготовлением и уплотнением грунтов, укрепленных медленнотвердеющими вяжущими (золами уноса, молотыми доменными или фосфорными шлаками и др.), в том числе с добавками растворимых и нерастворимых активаторов (различных солей, цемента, извести, фосфогипса, клинкерной пыли и т.п.), определяется временем нейтрализации увеличивающихся в объеме новообразований, началом и концом схватывания вяжущего в смеси, дозировкой вяжущего и добавки и составляет 0,3-0,5 сут в зависимости от свойств конкретной смеси.

5.22. Укрепление грунтов белитовым (нефелиновым или бокситовым) шламом производится в установках принудительного перемешивания, оборудованных дозатором сыпучих материалов. Продолжительность транспортирования готовой смеси не регламентируется. Допускаемый технологический разрыв между приготовлением и уплотнением смеси - не более 43 ч.

5.23. Белитовый шлам хранят в штабелях на открытых площадках. Перед использованием шлам испытывают на активность.

5.24. Порядок приготовления смесей в установке из грунтов, укрепленных вяжущими на основе молотых шлаков, зол уноса или белитовых шламов, соответствует изложенному в п.5.9.

Укрепление грунтов жидкими битумами, каменноугольными вяжущими, битумными эмульсиями

5.25. При приготовлении смесей из крупнообломочных, песчаных, супесчаных грунтов и отходов промышленности с жидкими битумами, каменноугольными дегтями (смолами) и битумными эмульсиями в грунтосмесительных установках непрерывного и цикличного дей-

ствия принудительного перемешивания следует соблюдать требования пп.5.1-5.3 и 5.7. Не допускается использовать для этой цели гравитационные бетоносмесители цикличного и непрерывного действия.

5.26. Перед смешением грунтов с органическими вяжущими необходимо учитывать следующее: не разрешается применять для укрепления грунтов обводненные жидкие битумы. При обезвоживании жидких битумов для предотвращения вспенивания их в котлах в процессе выпаривания воды следует использовать противопенные химические препараты типа СКТН-1 (полисилоксановый каучук и др.) из расчета 2-3 капли на 10 т битума. При этом котлы заполняют не более чем на 75-80% их вместимости.

5.27. При необходимости введения в жидкие битумы катионактивных ПАВ битумы готовят на АБЗ по трехступенчатому циклу: после разогрева и выпаривания воды битум перекачивают в свободные котлы, где объединяют с ПАВ, затем снова перекачивают в расходные котлы и нагревают до рабочей температуры.

Температура нагрева жидких битумов класса СГ (без ПАВ или с добавкой) - 80-90°С, класса МГ - 60-70°С. Разрешается выдерживать жидкие битумы при указанных температурах не более 12 ч.

Требуемая вязкость (C^5_{60}) жидких битумов перед обработкой грунтов не должна превышать 100 с.

5.28. При отсутствии жидких битумов промышленного производства в исключительных случаях они могут быть приготовлены на АБЗ смешением вязких битумов марок БНД 40/60 или БНД 60/90 с разжижителями. При этом для получения битумов класса СГ в качестве разжижителя следует использовать керосин для технических целей по ОСТ 38.01 408-86, а для получения жидких битумов класса МГ - топливо дизельное летнее (Л) и зимнее (З), а также топливо дизельное арктическое (А) по ГОСТ 305-82.

Для обеспечения сцепления разжиженных битумов с поверхностью минеральных материалов в битумы добавляют ПАВ.

Соотношение вязкого битума и разжижителя, а также оптимальное количество ПАВ устанавливают предварительно в лаборатории. Ориентировочные концентрации разжижителя для получения жидких битумов разных марок приведены в табл. 39.

Таблица 39

Требуемая марка битума	Марка исходного битума	Содержание разжижителя, % массы исходного битума	
		керосина технического	дизельного топлива З, Л, А
СГ 70/130	БНД 40/60	16-20	-
	БНД 60/90	14-17	-
СГ 40/70	БНД 40/60	18-22	-
	БНД 60/90	15-16	-
МГ 70/130	БНД 40/60	-	19-25
	БНД 60/90	-	16-20
МГ 40/70	БНД 40/60	-	21-25
	БНД 60/90	-	18-22

5.29. Рекомендуемые вязкость каменноугольных вяжущих при укреплении грунтов и предельные температуры их нагрева приведены в табл. 40.

Продолжительность нагрева каменноугольных вяжущих при максимальной рабочей температуре не должна превышать 4 ч. Дегти и смолы с вязкостью $С^{5}_{30}$ менее 15 с, а также битумные эмульсии применяют для укрепления грунтов без подогрева.

5.30. Минеральные материалы (грунты, отходы промышленности) перед обработкой органическими вяжущими не высушивают и не нагревают.

Таблица 40

Вязкость вяжущего, с	Температура нагрева вяжущего, °С, при смешении	
	в установке	на дороге
$С^{5}_{30}$:		
5-25	-	25-50
25-70	-	35-60
$С^{10}_{30}$:		
5-20	-	45-70
20-50	60-80	-
50-120	70-90	-

5.31. При использовании грунтосмесительной установки для приготовления смеси из крупнообломочных, песчаных, супесчаных грунтов и отходов промышленности с жидким битумом, битумной эмульсией, каменноугольным дегтем и активными добавками в количестве не более 20% массы грунта вяжущие вещества, добавки (кроме негашеной извести) и воду следует вводить в грунт одновременно в полном объеме и перемешивать до однородного состояния. При этом добавки ПАВ следует дозировать через дозаторы цемента и сыпучих веществ смесительной установки.

Тщательно перемешанная смесь характеризуется равномерным распределением всех ее компонентов и полным обволакиванием поверхности частиц грунта органическим вяжущим.

Продолжительность перемешивания определяется качеством смеси пробных замесов.

5.32. При приготовлении смесей, которые содержат, кроме органического вяжущего, более 20% (массы грунта) активных веществ, разрешается часть добавки вносить в грунт распределителем цемента, остальную - через дозаторы цемента или сыпучих веществ.

При использовании грубодисперсных активных добавок следует руководствоваться указаниями п.5.18.

5.33. При использовании в качестве активной добавки молотой негашеной или гидрофобной извести ее необходимо распределить по грунту в карьере с помощью распределителя цемента и перемешать дорожной фрезой за один проход. Последующую обработку грунта органическим вяжущим в смесительной установке допускается производить через 12 ч после внесения извести, но не позднее чем через 24 ч.

Влажность грунта перед внесением негашеной извести должна быть больше указанной в табл.23 на количество добавляемой извести.

5.34. При комплексном укреплении грунтов битумной эмульсией или жидким битумом либо каменноугольными вяжущими в сочетании с цементом, золами уноса и другими неорганическими вяжущими или отходами промышленности в мешалку грунтосмесителя на поступающий по транспортеру минеральный материал (грунт и др.) вначале подается органическое вяжущее, затем цемент либо зола уноса и т.д., а потом вода.

5.35. Увлажнять смеси следует до оптимальной влажности при уплотнении согласно данным табл. 23. При этом содержание воды необходимо уменьшить на количество добавляемой эмульсии или битума (дегтя).

5.36. Содержание битума в битумной эмульсии для укрепления грунта с влажностью, близкой к данным табл.23 или большей, должно составлять 50-55%, а грунтов с меньшей влажностью - 35-45%.

5.37. При приготовлении смеси песчаного грунта с жидким битумом или дегтем с добавками суглинков последние необходимо предварительно размельчить в карьере фрезой за 2-3 прохода по одному следу; при этом влажность суглинков должна составлять 0,3-0,4 влажности на границе текучести грунта. После размельчения суглинок и песчаный грунт одновременно за-

гружают в смеситель и перемешивают с вяжущим до однородного состояния.

5.38. Транспортирование и укладку готовой смеси в основание или покрытие дороги или аэродрома, ее разравнивание и профилирование следует производить согласно пп.5.12-5.13.

5.39. Уплотнение грунтов, обработанных жидкими битумами или дегтями с различными добавками, должно быть закончено не позднее 3 сут после укладки смеси при условии, чтобы в ней сохранилась оптимальная для максимального уплотнения смеси влажность.

5.40. Уплотнение смеси грунтов с битумной эмульсией и известью либо битумной эмульсией или жидким битумом (каменноугольными вяжущими) совместно с цементом следует начинать не позднее чем через 2 ч после окончания перемешивания компонентов в смесителе. При температурах воздуха ниже 15°С разрыв между окончанием перемешивания смеси и началом ее уплотнения допускается не более 4 ч.

Уплотнение грунтов, обработанных битумной эмульсией с добавкой извести, а также битумной эмульсией или жидким битумом (дегтем, смолами) совместно с цементом, должно быть закончено не позднее чем через 1 сут после укладки смеси. Если уплотнение грунта производилось при влажных погодных условиях и температуре воздуха ниже 15°С, то допускается произвести повторное уплотнение не позднее 2 сут после первого для грунтов, обработанных битумной эмульсией совместно с цементом, и не позднее 4 сут для грунтов, укрепленных битумной эмульсией с добавкой извести.

5.41. За уплотненным слоем грунта, укрепленного битумной эмульсией или жидким битумом (каменноугольными вяжущими) совместно с цементом при температуре воздуха выше 12°С и отсутствии осадков, не-

обходимо осуществлять уход в соответствии с п.6.17 СНиП 3.06.03-85.

Укрепление грунтов карбамидоформальдегидными смолами

5.42. При укреплении крупнообломочных, песчаных и супесчаных грунтов жидкой карбамидоформальдегидной смолой смешение следует производить в смесителях с принудительным перемешиванием без подогрева вяжущего и минерального материала. Для приготовления смесей на основе песчаных и крупнообломочных грунтов (см. п.5.1) разрешается использовать гравитационные бетоносмесители цикличного действия.

Смолу следует применять обязательно с добавкой отвердителя, например аммония хлористого, железа хлорного и др. При смешении грунт, смолу и отвердитель вводят в смеситель одновременно.

При использовании порошкообразных отвердителей смолы (аммония хлористого, щавелевой кислоты и др.) допускается предварительное (до подачи в смеситель) смешение грунта с отвердителем. Последний подается из дозатора на слой грунта, находящегося на транспортере.

5.43. По транспортеру грунт, частично перемешанный с отвердителем, поступает в смеситель, где перемешивается со смолой, подаваемой водяным (или битумным) насосом (вязкость смолы по ВЗ-4 составляет 15-20 с). Готовая смесь поступает в бункер, откуда выгружается в автосамосвалы.

5.44. По окончании работы последовательно отключают насос подачи смолы, дозатор отвердителя и питатель грунта; опускают вниз заслонку смесителя; выключают электродвигатель смесителя и закрывают затвор бункера.

При этом необходимо тщательно промыть водой систему подачи смолы и готовой смеси в смесителе, поскольку смесь смолы с отвердителем отверждается необратимо.

Не разрешается применение открытого огня или нагрев смолы, так как она является термореактивным полимером и способна отверждаться (необратимо) под воздействием высокой температуры даже без введения отвердителя. В этом принципиальное отличие смолы от битумных и каменноугольных вяжущих материалов.

5.45. Все технологические операции по приготовлению, раскладке и уплотнению смесей при укреплении грунтов карбамидоформальдегидной смолой должны быть закончены в течение одной смены. При укреплении крупнообломочных и песчаных грунтов разрыв между окончанием смешения и началом уплотнения должен быть не более 4 ч.

5.46. Смесь смологрунта следует уплотнять катками на пневматических шинах, из песчаных и крупнообломочных грунтов - вибрационными катками или вибробрусьями. Число проходов катков назначают по результатам пробного уплотнения.

5.47. Уход за уложенным слоем из смологрунта следует осуществлять в соответствии с п.6.17 СНиП 3.06.03-85.

5.48. Движение транспортных средств по слою грунта, укрепленного смолой, допускается в соответствии с требованиями п.6.18 СНиП 3.06.03-85.

5.49. Для улучшения структурно-механических свойств смологрунта (снижение хрупкости и повышения его деформационной способности) в смолу добавляют эмульгированный битум или нефтяной гудрон либо сырую нефть или ЛСТ.

Работы со смолобитумным вяжущим выполняют в соответствии с указаниями п.6.27 СНиП 3.03.03-85.

5.50. Технология устройства морозозащитных и теплоизолирующих слоев из смесей, приготовленных в грун-

тосмесительных установках, аналогична технологии устройства оснований.

6. Технология работ, средства механизации и оборудование для приготовления смесей на дороге. Профилирование и уплотнение смесей. Уход за поверхностью уложенного слоя

Укрепление песков, супесей и суглинков цементом

6.1. Приготовление смесей с использованием одноироходных (типа ДС-152) или многопроходных (типа фрезы ДС-74) грунтосмесительных машин производится на дороге, специальной площадке или карьере.

Укрепляемые грунты следует заранее вывезти на подготовленное земляное полотно или площадку, спланировать и прикатать до плотности 0,85-0,9 стандартной. Тяжелые суглинки, имеющие повышенную (сверх оптимальной) влажность, следует перед обработкой вяжущими материалами осушить путем периодического рыхления (перелопачивания) или введения сухих минеральных материалов. По зерновому составу укрепляемые грунты должны удовлетворять требованиям пп.1.4-1.6 настоящего Пособия.

6.2. Для предохранения укрепляемого глинистого грунта от переувлажнения поперечный уклон земляного полотна должен быть не менее 5-7%. Перед обработкой грунта вяжущим излишек грунта по ширине проезжей части следует срезать профилировщиками (типа ДС-97, ДС-108, ДС-151) или автогрейдерами, отгружая его в транспортные средства или перемещая на обочину с приданием земляному полотну требуемого поперечного профиля.

6.3. До распределения вяжущего по слою укрепляемого глинистого грунта с числом пластичности до 17 последний должен быть размельчен фрезой за 3-4 прохода по одной полосе в соответствии с требованиями п.6.4 СНиП 3.06.03-85. Чтобы облегчить размельчение, необходимо произвести предварительное рыхление (вспашку) плотных слоев глинистых грунтов, используя дорожную или сельскохозяйственную технику (автогрейдеры, рыхлители, плужные агрегаты и т.п.).

6.4. Дозирование порошкообразных вяжущих (цемента, извести, золы уноса, молотых доменных шлаков и др.) следует осуществлять распределителем цемента типа ДС-72 по ширине укрепляемого слоя. Сыпучие вяжущие материалы (гранулированный или отвальный шлак, белитовые шламы, золошлаковые смеси гидроудаления и др.) необходимо вывозить на укрепляемую полосу автосамосвалами и равномерно распределять по ширине профилировщиком или автогрейдером. Перед обработкой вяжущим песчаные грунты при температуре воздуха более 20°С увлажняются с помощью поливомоечных машин до влажности, близкой к оптимальной.

6.5. Перемешивание грунтов с минеральными порошкообразными и сыпучими вяжущими материалами производится по однопроходной или многопроходной схеме:

за один проход по одной полосе - грунтосмесительной машиной типа ДС-152;

за два-три прохода - дорожной фрезой типа ДС-74 или профилировщиком ДС-97 (ДС-108).

6.6. Смешение грунта с вяжущим материалом грунтосмесительной машиной типа ДС-152 происходит одновременно с обработкой смеси водой или водными растворами активаторов через дозировочное устройство грунтосмесителя, а также профилированием и уплотнением слоя навесными рабочими органами машины.

6.7. Рабочая скорость однопроходной грунтосмесительной машины при смешении грунтов, имеющих чис-

ло пластичности не более 12, с порошкообразными вяжущими должна быть 1-4 м/мин.

6.8. При смешении грунта с неорганическими вяжущими материалами с использованием многопроходных машин (дорожных фрез) следует одновременно вводить в смесь воду или растворы химических веществ через дозировочное устройство фрезы.

Допускается доувлажнять смеси поливомоечными машинами, после чего необходимо осуществлять повторное перемешивание слоя за 1-2 прохода фрезы или профилировщика с поступательной скоростью перемещения 5-8 м/мин.

6.9. Вслед за перемешиванием следует осуществить профилирование слоя профилировщиком или автогрейдером с учетом запаса на окончательное уплотнение слоя в пределах 1,2-1,3 от проектной толщины слоя.

6.10. Окончательное уплотнение уложенных слоев производится самоходными катками в соответствии с пп.5.14 и 5.15.

6.11. При необходимости следует производить чистовое профилирование слоя рабочими органами профилировщика или автогрейдером не позднее чем через 1 сут после окончательного уплотнения слоя.

6.12. После окончания уплотнения и чистового профилирования цементного слоя можно сразу устраивать покрытие. Устройство покрытия в более поздние сроки осуществляется через 7-10 сут после укладки основания, прочность которого должна составлять не менее 50% проектной.

6.13. Уход за покрытием, уложенным с применением однопроходных или многопроходных грунтосмесительных машин, производится в соответствии с п. 6.17 СНиП 3.06.03-85.

Укрепление грунтов золой уноса и другими медленнотвердеющими вяжущими

6.14. Выполняемые операции по укреплению грунтов цементом в сочетании с неактивной золой уноса аналогичны приведенным в пп.6.1-6.12 настоящего Пособия и п.6.10 СНиП 3.06.03-85.

Распределение золы уноса по слою укрепляемого грунта производится распределителем цемента типа ДС-72. Продолжительность технологического разрыва во времени между введением в грунт золы и цемента не регламентируется.

6.15. При укреплении грунтов известью или активной золой уноса, применяемых в качестве самостоятельного вяжущего, следует предусмотреть введение в смесь повышенного количества воды или водного раствора активатора, чтобы получить смесь с влажностью $(1,1 \div 1,2)W_0$ (где W_0 - оптимальная влажность смеси). Время технологического разрыва во времени между приготовлением и уплотнением известе- или зологрунтов следует назначать в соответствии с п.6.16 СНиП 3.06.03-85.

6.16. Технология производства работ по укреплению грунтов молотым гранулированным или отвальным доменным шлаком с использованием в качестве ведущей машины дорожной фрезы или однопроходной грунтосмесительной машины аналогична изложенной в пп.6.4-6.7 настоящего Пособия.

6.17. При использовании в качестве вяжущего дробленого или недробленого гранулированного доменного шлака количество проходов фрезы по одной полосе следует увеличить до 4-8 в целях активизации шлаковых гранул путем частичного дробления.

6.18. Работы по устройству конструктивных слоев

из грунтов, укрепленных отвальным доменным шлаком в виде смеси шлакового щебня с мелкодисперсной фракцией, выполняются однопроходными грунтосмеситель - ными машинами (типа ДС-152), профилировщиками (типа ДС-97, ДС-108) или автогрейдером. При отсутствии в шлаке зерен крупнее 5 мм смешение можно производить дорожной фрезой.

6.19. Технология укрепления грунтов белитовым (нефелиновым или бокситовым) шламом соответствует изложенной в пп.6.3, 6.5, 6.7 и 6.8.

Укрепление переувлажненных грунтов

6.20. Перед осушением и укреплением слоя переувлажненного, преимущественно глинистого, грунта необходимо определить степень переувлажнения и толщину переувлажненного слоя, а затем рассчитать количество вносимого вяжущего для осушения (см. табл. 4 СНиП 3.06.03-85 и пп.2.83-2.85 Пособия) и последующего укрепления грунта (см.табл.11 Пособия). Влажность укрепляемого грунта не должна превышать значений, приведенных в табл.3 СНиП 3.06.03-85.

6.21. Работы по осушению слоя переувлажненного грунта следует производить в соответствии с п.6.20 СНиП 3.06.03-85 с использованием преимущественно многопроходной дорожной или сельскохозяйственной техники (автогрейдеров, бульдозеров, рыхлителей, плужных агрегатов и т.д.). Осушающие вещества (комовую, дробленую или молотую известь, золы уноса, молотые шлаки, гипс, цемент и др.) доставляют к месту производства работ автосамосвалами, цементо- и золовозами, распределителями цемента и другими аналогичными машинами и равномерно распределяют по площади осушаемого слоя.

6.22. После осушения производится укрепление слоя вяжущими материалами в соответствии с пп.6.1-6.5 настоящего Пособия.

Укрепление грунтов при пониженных (5-0°С) положительных температурах

6.23. Для повышения качества цементогрунтовых слоев, устраиваемых при пониженных положительных температурах (5-0°С), следует обрабатывать смеси на стадии приготовления растворами хлористых солей ($CaCl_2$, $NaCl$, KCl и др.) в количестве 1-2% массы смеси. Растворы вводят дозирующими устройствами фрезы или грунтосмесительной машины, а также поливомоечными машинами.

Укрепление грунтов органическими вяжущими

6.24. Все компоненты смеси при укреплении крупнообломочных и песчаных грунтов органическими вяжущими (жидкими битумами, каменноугольными вяжущими, битумными эмульсиями) с добавками активных веществ в количестве, не превышающем 15% массы грунта, или органическими вяжущими совместно с цементом следует одновременно подавать в дозаторы одноходной грунтосмесительной машины и перемешивать до однородного состояния. Если при этом естественная влажность грунта ниже оптимальной, то перед проходом грунтосмесительной машины грунт необходимо доувлажнить.

Сыпучие добавки следует подавать в дозаторы одноходной грунтосмесительной машины в аэрированном виде.

При содержании активных веществ, превышающем 15% массы грунта, или при использовании грубодиспер-

сных активных либо гранулометрических добавок последние заблаговременно распределяют по слою укрепляемого грунта.

Молотую негашеную или гидрофобную известь следует вводить в грунт согласно требованиям п. 5.33.

Карбамидоформальдегидную смолу и отвердитель добавляют в грунт одновременно с помощью грунтосмесительной машины.

При обработке крупнообломочных и песчаных грунтов дорожной фрезой органические вяжущие следует вводить в грунт через распределительное устройство фрезы в полной норме за первый проход фрезы. Если влажность при этом меньше значений, указанных в табл. 23, то грунт предварительно доувлажняют с помощью поливомоечной машины.

Перемешивание смеси с жидким битумом или каменноугольным дегтем следует производить за 2-4 прохода фрезы по одному следу, а с битумной эмульсией - двумя фрезами одновременно за один проход каждой фрезы по одному следу.

При использовании в качестве добавки молотой негашеной или гидрофобной извести влажность грунта должна соответствовать требованиям п.5.33.

6.25. Обработка дорожной фрезой грунтов, укрепляемых битумной эмульсией совместно с цементом или жидким битумом совместно с цементом, должна осуществляться в такой технологической последовательности

вносят в грунт органическое вяжущее через дозировочное устройство фрезы за один проход;

перемешивают грунт с вяжущим за 1-2 прохода;

вносят в смесь грунта с органическим вяжущим цемент распределителем цемента за один проход;

перемешивают смесь за 1-4 прохода;

увлажняют смесь до оптимальной влажности и перемешивают за один проход;

профилируют смесь автогрейдером и уплотняют катками.

6.26. При укреплении грунтов каменноугольными вяжущими совместно с цементом (или известью) и активными добавками последние вводят в смесь после основного вяжущего. Если добавки водорастворимые, то их вводят вместе с водой затворения поливомоечными машинами.

Серу, как и цемент (или известь), перед внесением каменноугольного вяжущего добавляют с помощью распределителя цемента.

Амин вводят в каменноугольное вяжущее при температуре 60°С, а затем распределяют по грунту автогудронатором. Дозирование амина (0,5–1 л на 1 м^2) можно производить автогудронатором до введения каменноугольного вяжущего.

6.27. При использовании фрезы карбамидоформальдегидную смолу и отвердитель вводят в грунт таким образом: если отвердитель порошкообразный, то вначале добавляют его, а затем после перемешивания смолу; если отвердитель жидкий, то наоборот.

6.28. Укрепление супесей, легких и тяжелых суглинков и глин органическими вяжущими с добавками молотой негашеной или гидрофобной извести, а также извести-пушонки с использованием однопроходной грунтосмесительной машины должно производиться в такой технологической последовательности:

вносят добавку извести в грунт с помощью распределителя цемента на всю ширину слоя;

перемешивают грунт с известью дорожной фрезой за один проход фрезы по одному следу, при этом влажность грунта должна соответствовать данным табл. 23 и требованиям п.5.33;

уплотняют грунт катками до 0,85–0,90 оптимальной плотности;

обрабатывают грунт по истечении не менее 12 и не более 24 ч органическим вяжущим с помощью однопроходной грунтосмесительной машины, при этом перед обработкой вяжущим и подачей в мешалку машины грунт размельчается.

6.29. При использовании в качестве ведущей машины дорожной фрезы перемешивание грунта с органическим вяжущим должно производиться не ранее 12 и не позднее 24 ч после внесения в грунт извести за 3–5 проходов фрезы по одному следу.

6.30. Для улучшения размельчения тяжелых суглинков и глин с влажностью менее $0,3\,W_т$ при производстве работ в сухую погоду при температуре воздуха выше 20°С в грунт следует добавлять поверхностно-активные вещества.

При обработке указанных грунтов жидким битумом необходимо добавлять также песок, который следует распределить по грунту автогрейдером перед размельчением грунта и введением добавок ПАВ.

Добавки ПАВ вводят в грунт в виде водного раствора через дозировочное устройство фрезы и перемешивают с грунтом за один проход фрезы по одному следу, после чего грунт профилируют и прикатывают.

Не позднее чем через сутки смесь грунта с песком и добавками ПАВ обрабатывают жидким битумом с помощью грунтосмесительной машины.

При использовании в качестве ведущей машины дорожной фрезы грунт с песком и ПАВ перемешивают за два прохода фрезы по одному следу, смесь профилируют и прикатывают. Обработку смеси жидким битумом с помощью дорожной фрезы производят за 2–4 прохода.

Уплотняют смесь согласно требованиям пп.5.14–5.16.

6.31. После уплотнения слоя грунта, укрепленного битумной эмульсией с добавкой извести, открывать движение или производить устройство последующего конструктивного слоя или поверхностную обработку допуска-

ется через 10 сут после формирования слоя при температуре воздуха выше 15°С и отсутствии осадков.

6.32. Технология устройства морозозащитных и теплоизолирующих слоев при приготовлении смесей на дороге аналогична технологии устройства оснований.

7. Устройство оснований дорожных одежд из сухих цементогрунтовых смесей

Подготовительные работы

7.1. Для обеспечения бесперебойной работы по приготовлению сухих цементогрунтовых смесей и устройству из них оснований следует в период подготовительных работ создать запасы грунта в буртах или в подготовленных к зимней разработке карьерах в расчете на весь объем зимних работ и запасы цемента не менее двухмесячной потребности.

7.2. Работы по осушению переувлажненных грунтов до требуемой влажности (не более 3-4%) надлежит выполнять при положительной температуре: грунт вынимается из карьера и укладывается в штабель для дренажа, отжатия воды и высушивания в естественных условиях. Для интенсификации осушения верхний (осушенный) слой грунта снимают бульдозером и перемещают в другой штабель для последующего использования в зимний период.

7.3. Твердомерзлые грунты перед использованием для приготовления сухих смесей рыхлят в карьере взрывным или механическим (рыхлители, землеройно-фрезерные машины) способом с одновременным вымораживанием влаги. Для ускорения вымораживания разрыхленный грунт следует многократно перемешать бульдозером или перелопачивать экскаватором.

7.4. Площадки для складирования сухой цементо-грунтовой смеси в штабели должны располагаться на открытой местности, обеспечиваться водоотводом, освобождаться от растительности, выравниваться при необходимости досыпкой грунта, уплотняться. С наступлением зимнего периода следует обеспечить периодическую расчистку площадок от снега для ускорения промерзания грунта. Перед складированием сухой смеси в штабель грунт площадки должен быть промерзлым на глубину не менее 1 м.

7.5. В целях обеспечения бесперебойной и производительной работы машин и механизмов в зимних условиях следует заблаговременно провести инструктаж и обучение обслуживающего персонала правилам зимней эксплуатации и обслуживания машин и подготовить к работе в зимних условиях системы топливоподачи, охлаждения, смазки и гидравлического управления машин, аккумуляторные батареи.

7.6. При подготовке карьерных грунтосмесительных установок к работе в зимних условиях следует оборудовать бункер-накопитель козырьком, а ленточный транспортер - защитным кожухом для предохранения от атмосферных осадков; обеспечить местный электрообогрев всех электровоздушных клапанов; установить угол наклона ленточного транспортера не более 20° во избежание сползания компонентов сухой смеси (грунта и цемента) с транспортерной ленты; установить вибраторы на стенке бункера-накопителя и электронагревательные устройства для предохранения стенок бункера-накопителя от примерзания к нему грунта при температурах воздуха ниже минус 20°С; обеспечить отопление кабины оператора.

7.7. Дорожные фрезы, работающие в зимних условиях, должны иметь запасные лопатки для оперативной замены их в процессе строительства.

Приготовление сухих цементогрунтовых смесей

7.8. Перед приготовлением сухих цементогрунтовых смесей в грунтосмесительных установках следует принять меры против примерзания грунта к металличес - ким поверхностям смесительной установки и к транспортерной ленте.

7.9. При смешении с цементом талого грунта либо сыпучемерзлого в смеси с талым при температурах воздуха ниже минус 20°С следует ежесменно перед началом работы установки, а при необходимости и во время ее работы, обрабатывать внутреннюю поверхность стенок бункера-накопителя дизельным топливом, мазутом, отработанным маслом или сырой нефтью, а поверхность транспортерной ленты - 20-28%-ным раствором хлористого кальция. При этом подачу грунта в бункер-накопитель следует отрегулировать так, чтобы в нем поддерживался минимальный объем грунта; при необходимости следует включать вибратор, установленный у разгрузочной части бункера.

При смешении сыпучемерзлого грунта с цементом при отрицательных температурах, включая температуры ниже минус 20°С, и талого грунта при температурах выше минус 20°С, как правило, не требуется принятия мер против примерзания грунта.

7.10. Для более равномерного распределения цемента в массе сыпучемерзлого грунта шиберную заслонку в смесителе надлежит устанавливать так, чтобы обеспечить однородность смеси на выходе из смесителя.

7.11. Приготовление сухой цементогрунтовой смеси на дороге с помощью дорожных фрез необходимо выполнять в следующем порядке: вывозка грунта на земляное полотно в объеме, необходимом для устройства основания на сменной захватке; распределение грунта на

ширину основания автогрейдером; дозировка и распределение цемента с помощью распределителя или цементовоза-распределителя; перемешивание грунта с цементом фрезой за два прохода по одному следу со скоростью 0,3-0,4 км/ч.

Во избежание поломок лопаток фрезы толщину слоя грунта при распределении следует задавать такой, чтобы оставить на границе с земляным полотном слой необработанного грунта толщиной 3-5 см.

Как исключение, допускается распределять вручную цемент, затаренный в мешки, которые раскладывают по поверхности грунта из расчета обеспечения требуемого содержания цемента в смеси. Цемент растаривают и распределяют по слою грунта, перемешивая фрезой за три прохода по одному следу.

При наличии в приготовленной смеси комков мерзлого леска следует произвести дополнительные проходы фрезы.

7.12. При использовании для приготовления сухой цементогрунтовой смеси дорожной фрезы на специально подготовленной площадке при карьере количество грунта, вывозимого или перемещаемого из забоя на площадку, следует устанавливать из расчета, чтобы все операции по вывозке грунта, приготовлению и складированию готовой смеси в штабель были выполнены за одну рабочую смену. Распределение грунта по поверхности площадки, дозирование, распределение цемента и перемешивание его с грунтом надлежит выполнять согласно указаниям пп. 4.15-4.24.

Складирование и хранение сухих цементогрунтовых смесей

7.13. Сухие смеси следует складировать и хранить в течение зимнего сезона в штабелях объемом 3,5 -

4 тыс.м^3 и высотой не более 2 м, располагаемых на месте приготовления смеси или вдоль трассы строящейся дороги. Штабель должен быть ориентирован продольной осью в направлении господствующих ветров для уменьшения накопления снега у его основания.

7.14. Готовую смесь из-под грунтосмесительной установки надлежит вывозить в штабель автомобилями-самосвалами, а приготовленную дорожной фрезой на площадке при карьере перемещать в штабель бульдозером. Наращивание штабеля по высоте следует производить бульдозером.

7.15. Чтобы в период хранения температура смеси в основании штабеля не превышала 0°С, следует в условиях II-III дорожно-климатических зон при необходимости укладывать в основание штабеля металлические, керамические, пластмассовые или асбоцементные трубы диаметром 0,2-0,4 м либо деревянные короба сечением 0,2х0,2-0,4х0,4 м на расстоянии друг от друга, равном 1,5 глубины сезонного промерзания грунта в районе строительства.

7.16. Объем заготавливаемой сухой смеси для ее укладки в основание при положительных температурах в начале теплого периода необходимо определять, учитывая имеющийся задел готового земляного полотна к началу летнего строительного сезона и производительность отряда дорожно-строительных машин по укладке смеси в основание из расчета, что вся сухая смесь должна быть выработана из штабеля и уложена в основание в срок не более 1 мес.

Укладка сухих цементогрунтовых смесей в основание

7.17. Работы по укладке в основание сухой цементогрунтовой смеси в зимнее время необходимо выполнять в следующем порядке.

Сухая смесь из-под грунтосмесительной установки или из штабеля вывозится на подготовленное земляное полотно, распределяется по ширине основания автогрейдером слоем проектной толщины с запасом на уплотнение и планируется. Коэффициент запаса на уплотнение, учитываемый при вывозке и распределении смеси, надлежит принимать ориентировочно равным 1,30-1,35 и уточнять по результатам пробного уплотнения в начале производства работ.

Смесь следует уплотнять катками на пневматических шинах массой не менее 12 т за 12-18 проходов либо виброкатками массой не менее 6 т за 6-10 проходов. Количество проходов уточняется при пробном уплотнении.

Плотность основания из сухой смеси после уплотнения, характеризуемая коэффициентом уплотнения, должна быть не ниже приведенной в табл. 41.

Таблица 41

Укрепляемые грунты	Коэффициент уплотнения сухой смеси, не менее
Крупнообломочные; пески гравелистые, крупные и средней крупности	0,98
Пески:	
мелкие неоднородные	0,96
мелкие однородные	0,95
очень мелкие однородные	0,94
пылеватые	0,94

7.18 Длину участка основания из сухой смеси следует назначать в зависимости от имеющихся дорожно-строительных машин и транспортных средств из расчета, чтобы все операции по вывозке смеси на дорогу, ее распределению и уплотнению были выполнены в течение одной рабочей смены.

7.19. Сухую цементогрунтовую смесь, приготовленную зимой на дороге с помощью дорожных фрез или однопроходных грунтосмесительных машин, следует планировать и уплотнять в соответствии с указаниями и требованиями п.7.17. Все работы должны быть выполнены в течение одной рабочей смены.

7.20. Укладка в основание сухой цементогрунтовой смеси, приготовленной зимой и хранившейся в штабеле, должна производиться при температурах воздуха не ниже 5°С в следующем порядке.

Сухая смесь из штабеля вывозится на подготовленное земляное полотно, распределяется на ширину основания и планируется с помощью профилировщика с одновременным увлажнением смеси до оптимальной влажности и введением, если это необходимо, добавок поверхностно-активных и других веществ. С этой целью профилировщик должен быть дополнительно оборудован системой подачи воды из поливомоечной машины, передвигающейся по обочине. Коэффициент запаса на уплотнение смеси, учитываемый при вывозке и распределении смеси, следует принимать в пределах 1,35-1,40 и уточнять в ходе работ. Количество воды для увлажнения сухой смеси основания следует определять по формуле (16).

Увлажненную смесь уплотняют в соответствии с указаниями пп.5.14-5.16. Плотность основания, характеризуемая коэффициентом уплотнения, должна быть не ниже приведенной в табл.42.

Длину участка основания из сухой смеси необходимо устанавливать исходя из имеющихся дорожно-строительных машин и транспортных средств с учетом требований п.6.16 СНиП 3.06.03-85.

7.21. За устроенным слоем основания надлежит осуществлять уход в соответствии с п.6.17 СНиП 3.06.03-85.

7.22. Допускается использовать для распределения сухой смеси распределитель дорожно-строительных ма-

териалов или автогрейдер. В этом случае смесь после распределения следует увлажнить до оптимальной влажности с помощью поливомоечной машины (с введением или без введения добавок), перемешать дорожной фрезой за один проход, спланировать автогрейдером, уплотнить и осуществить уход за основанием.

Таблица 42

Укрепляемые грунты	Коэффициент уплотнения сухой смеси, не менее
Крупнообломочные; пески гравелистые крупные и средней крупности	0,98
Пески:	
мелкие неоднородные	0,97
мелкие однородные	0,96
очень мелкие однородные	0,95
пылеватые	0,95

8. Полевые методы контроля за качеством производства работ по укреплению грунтов вяжущими материалами

8.1. Степень размельчения глинистых грунтов определяют на отобранных и просеянных через сита с отверстиями 10 и 5 мм средних пробах массой 2-3 кг. Влажность грунта не должна превышать 0,4 влажности грунта на границе текучести $W_т$. При большей влажности среднюю пробу грунта предварительно размельчают и подсушивают на воздухе.

Остаток грунта на ситах взвешивают и определяют их процентное содержание к массе пробы. Содержание комков П соответствующего размера вычисляют по формуле

$$П = \frac{q_2}{q_1} \cdot 100, \qquad (17)$$

где q_1 – масса пробы, г;

q_2 – масса остатка на сите, г.

Степень размельчения глинистых грунтов должна соответствовать требованиям п.6.4 СНиП 3.06.03-85.

8.2. Влажность грунтов, смесей грунтов с вяжущими и вырубок определяют:

в термостате высушиванием средней пробы до постоянной массы при температуре 105°С;

влагомером-плотномером системы Ковалева;

с помощью радиоизотопных приборов ВПГР-1, УР-70, РВПП-1 в соответствии с требованиями ГОСТ 24181-80;

высушиванием средней пробы при сжигании денатурированного спирта по следующей методике: в фарфоровую чашку насыпают навеску 30-50 г глинистых и песчаных грунтов и 100-200 г крупнообломочных грунтов (для последних определение производят на частицах мельче 10 мм); пробу вместе с чашкой взвешивают, смачивают денатурированным спиртом и поджигают; затем чашку с пробой охлаждают и взвешивают. Эту операцию повторяют до тех пор, пока разница между последующими взвешиваниями не будет превышать 0,1 г, после чего определяют влажность грунта. Суммарную влажность (для всех частиц) крупнообломочных грунтов определяют по формуле

$$W = W_1 (1 - a) + W_2, \qquad (18)$$

где W_1 – влажность частиц мельче 10 мм, %;

a – содержание крупных включений размером более 10 мм, доли единицы;

W_2 – ориентировочная влажность частиц крупнее 10 мм, % (табл.43);

Таблица 43

Породы	Ориентировочное значение влажности, % массы, крупнообломочного грунта с содержанием частиц крупнее 10 мм, доли единицы							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Изверженные	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Осадочные	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,5	4,1	4,7
Смешанные	0,5	0,9	1,4	1,9	2,4	2,8	3,3	3,8

карбидным влагомером ВП-2 по следующей методике: навеску грунта или смеси из песчаных и глинистых грунтов массой 30 г и крупнообломочных грунтов массой 70 г помещают внутрь прибора (влажность крупнообломочного грунта определяют на частицах мельче 10 мм), после чего в прибор насыпают молотый карбид кальция. Плотно завернув крышку прибора, энергично встряхивают его, чтобы реагент перемешался с материалом. После этого необходимо проверить герметичность прибора, для чего ко всем его соединениям подносят горящую спичку и следят, чтобы при этом не было вспышек. Смесь перемешивают с карбидом кальция, встряхивая прибор в течение 2 мин. Отсчет давления по манометру производят через 5 мин после начала смешения, если его показания менее 3 кгс/см^2 и через 10 мин при показаниях манометра более 3 кгс/см^2. Измерение считается оконченным, если показания манометра стабильны. Суммарную влажность (для всех фракций) крупнообломочных грунтов определяют по формуле (18);

универсальным цифровым прибором ВСКМ-12.

8.3. Для ускоренного определения прочности при сжатии образцов из смесей, содержащих частицы размером не более 5 мм, производят отбор проб массой около 2 кг, которые помещают в сосуд с плотно за-

крывающейся крышкой для сохранения влажности и не позднее чем через 1,5 ч доставляют в лабораторию.

Из смеси быстро готовят три образца размером 5х5 см на приборе стандартного уплотнения или прессованием и вставляют в металлические кольца, закрывающиеся торцевыми крышками (рис. 13). Крышки, снабженные резиновыми прокладками, должны плотно прижиматься струбциной к торцевым поверхностям кольца

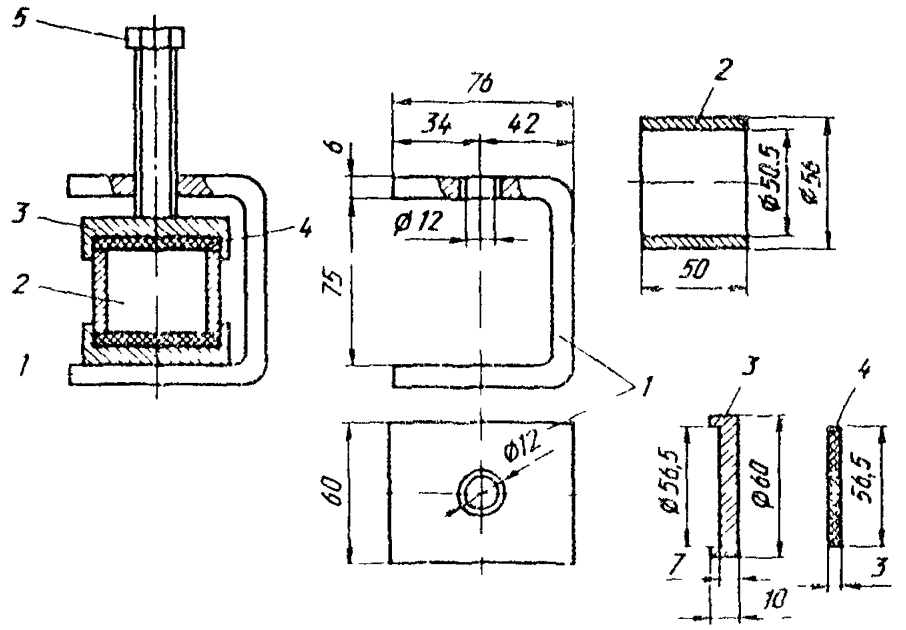

Рис. 13. Обойма для прогрева цементогрунтовых образцов: 1 – струбцина; 2 – кольцо; 3 – крышка; 4 – резиновая прокладка; 5 – болт

для предотвращения испарения влаги. Затем обоймы с образцами помещают в термостат и выдерживают в течение 5 ч при температуре 100°С. После этого обоймы с образцами вынимают из термостата и выдерживают в течение 1 ч при комнатной температуре, удаляют из обойм образцы и определяют их предел прочности при сжатии (без водонасыщения) по методике, изложенной в пп. 2.23-2.26.

Результат определения умножают на коэффициент 0,8 и получают прочность, соответствующую прочности образцов после 7 сут твердения во влажных условиях и испытанных в водонасыщенном состоянии.

Качество смеси устанавливают путем сравнения величин прочности при сжатии образцов, определенной ускоренным способом, и образцов 7-суточного возраста из эталонной смеси, приготовленной в лаборатории. При этом прочность эталонных образцов должна быть не ниже 60% значений прочности, указанных в табл.35 СНиП 2.05.02-85. Отклонения прочности образцов из смеси, приготовленной в производственных условиях, от прочности лабораторных образцов, не должны превышать величин, указанных в п.6.40 СНиП 3.06.03-85.

Для смесей из грунтов, содержащих частицы крупнее 5 мм, прочность при сжатии определяют на водонасыщенных образцах после 7 сут твердения их во влажных условиях и сравнивают ее с прочностью при сжатии эталонных образцов. Оценку качества смеси производят так же, как указано выше для грунтов, содержащих частицы размером не более 5 мм.

Методика ускоренного определения предела прочности при сжатии цементогрунтовых образцов, разработанная Ленинградским филиалом Союздорнии, приведена в прил.9 настоящего Пособия.

8.4. Плотность укрепленного грунта определяют:

влагомером-плотномером системы Ковалева;

с помощью режущих колец;

гидростатическим взвешиванием вырубок по методике, приведенной в п.2.80;

обмером и взвешиванием вырубок правильной формы;

методом лунок для крупнообломочных грунтов и гравелистых песков;

с помощью радиоизотопных приборов РПГ-2 (ВПГР-1).

Одновременно во взятых пробах определяют влажность по методике, указанной в п.8.2.

Плотность скелета укрепленного грунта (плотность скелета смеси) вычисляют по формуле (3).

Степень уплотнения слоя укрепленного грунта оценивают величиной коэффициента уплотнения К, который определяют по формуле

$$K = \frac{\gamma_{ск.см}}{\gamma_{max\ см}}, \qquad (19)$$

где $\gamma_{ск.см}$ – фактическая плотность скелета образца или вырубки из уплотненного слоя, г/см^3;

$\gamma_{max\ см}$ – максимальная плотность скелета образца укрепленного грунта, полученная в лаборатории по ГОСТ 22733-77, г/см^3.

Образцы (вырубки), взятые из покрытия и полученные в лаборатории, должны быть высушены до постоянной массы.

8.5. Влажность грунтов и степень их размельчения при укреплении грунтов органическими вяжущими материалами определяют в соответствии с указаниями пп.8.1 и 8.2, а влажность смеси – согласно п. 2.78. Содержание воды в битумах и дегтях устанавливают методом Дина-Старка, их вязкость – стандартным вискозиметром в соответствии с ТУ 38.110210-86.

8.6. Содержание битума с эмульгатором в битумных эмульсиях рассчитывают по следующей методике.

В предварительно взвешенную вместе со стеклянной палочкой фарфоровую чашку диаметром не менее 12,5 см наливают 50-75 г эмульсии и нагревают ее на песчаной бане или на закрытой электрической плитке в течение 1,5-2 ч до полного удаления пузырьков воды с поверхности битума. Во избежание разбрызгивания при выпаривании эмульсию периодически перемешивают. Температура нагрева битумных эмульсий не должна превышать 130°С. После охлаждения поверхность остатка в чашке должна стать зеркальной. Охлажденную

чашку со стеклянной палочкой и остатком снова взвешивают и определяют содержание битума Б (% массы) с погрешностью 0,1% по формуле

$$Б = \frac{q_3 - q_1}{q_2 - q_1} 100, \qquad (20)$$

где q_1 – масса чашки с палочкой, г;

q_2 – масса чашки с палочкой и эмульсией, г;

q_3 – масса чашки с палочкой и остатком после выпаривания воды из эмульсии, г.

Максимальное расхождение между результатами определений по двум параллельным пробам не должно превышать 0,5%.

8.7. Условную вязкость эмульсии устанавливают на вискозиметре для нефтяных битумов ТУ 38.110210-86 при температуре эмульсии 20±2°С.

За условную вязкость, выраженную в секундах, принимают время истечения 50 мл эмульсии. Результатом является среднее арифметическое значение данных двух параллельных определений.

8.8 Стабильность эмульсии в процессе приготовления смесей проверяют по окрашиванию водной вытяжки из смеси. Пробу смеси массой 20-100 г взбалтывают в цилиндре или колбе с водой объемом 60-300 см³. Если эмульсия в процессе смешения с грунтом не распалась, вода окрашивается в светло-коричневый цвет.

8.9. Однородность смеси крупнообломочных и песчаных грунтов, обработанных органическими вяжущими материалами, определяют визуально по ее окраске. При оптимальной дозировке вяжущего и равномерном его распределении смесь с жидким битумом имеет коричневый цвет, с битумной эмульсией – темно-серый или коричневый, а с дегтем – темно-коричневый или почти черный. В смеси не должно содержаться необработанных минеральных частиц, сгустков и комочков вяжуще-

го. Равномерность окраски смесей с битумной эмульсией оценивают после высушивания пробы при комнатной температуре до влажности не более 2-3%.

Однородность смесей из супесей, суглинков и глин, обработанных жидким битумом, определяют по содержанию глинисто-пылеватых комков. В исходном грунте и в готовой смеси устанавливают процентное содержание комков крупнее 5 мм. Для этого среднюю пробу грунта и среднюю пробу смеси массой по 1 кг просеивают через сито с отверстиями 5 мм не менее 3 раз. Содержание комков крупнее 5 мм вычисляют по формуле (17), а затем рассчитывают разность между ними в смеси и грунте. Минимальное значение разности соответствует наибольшей степени однородности. Величина разности между содержанием комков крупнее 5 мм в смеси и грунте не должна превышать 8-12%.

8.10. При контроле за качеством производства работ допускается уплотнять образцы из смеси грунта с битумной эмульсией или жидким битумом совместно с добавкой цемента, а также битумной эмульсией с карбамидной смолой в приборе стандартного уплотнения до плотности скелета, получаемой при прессовании образцов под нагрузкой 15 МПа.

Образцы из смесей испытывают на прочность при сжатии в водонасыщенном состоянии после выдерживания их в установленном режиме (см.табл.24) в течение времени, указанного в табл. 36, 37 СНиП 2.05.02-85 при проектировании составов смесей и в табл.44 Пособия - при контроле за качеством производства работ.

Оценку качества смеси производят путем сравнения прочности образцов из смеси, приготовленной в производственных условиях, с прочностью эталонных образцов. Отклонения в показателях не должны быть более величин, указанных в п.6.40 СНиП 3.06.03-85.

8.11. Плотность влажного образца из укрепленных

песчаных и глинистых грунтов устанавливают путем отбора образцов (кернов) с помощью режущих колец, для крупнообломочных и гравелистых песков - методом лунки.

Таблица 44

Материал укрепления грунта	Время выдерживания образцов, сут	Прочность при сжатии водонасыщенных образцов, МПа, по классам прочности		
		I	II	III
Битумная эмульсия или жидкий битум совместно с цементом	7	3,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5
Битумная эмульсия совместно с карбамидной смолой (смолобитумным вяжущим)	3	2,0-1,2	1,2-0,7	0,7-0,3

Примечание. При укреплении грунтов жидким битумом или дегтем, в том числе с добавками активных веществ или ПАВ, требуемая прочность после 2 сут выдерживания составляет 0,3-0,4 МПа; битумной эмульсией с добавкой извести после 3 сут - не менее 0,3 МПа.

Влажность пробы W определяют согласно п. 2.78.

Фактическую плотность скелета образца, отобранного из уплотненного грунта, рассчитывают по формуле (2).

Степень уплотнения слоя укрепленного грунта оценивают величиной коэффициента уплотнения.

Коэффициент уплотнения для грунтов, укрепленных органическими вяжущими, следует определять в соответствии с требованиями п.6.41 СНиП 3.06.03-85 и по формуле (19) настоящего Пособия.

Приложение 1

Смолы каменноугольные сырые (ОСТ 14-62-80)

Характеристика смол каменноугольных сырых приведена ниже.

Плотность при 20°С, кг/м^3, не более	1200
Содержание воды, %, не более	4,0
Содержание веществ, нерастворимых в толуоле, %, не более	9,0
Зольность, %, не более	0,2
Содержание нафталина, %, не более	10,0
Вязкость условная при 80°С, градусы Энглера	2,5–4,2

Смолы каменноугольные препарированные (ТУ 14-6-161-78)

Показатель	Норма для марок				Метод анализа
	СД-5	СД-4	СД-3	СД-2	
Вязкость C_{50}^{10}, с	120-200	50-120	20-50	5-20	ГОСТ 11503-74
Содержание воды, %, не более	1	1	1	1	ГОСТ 2477-65
Массовая доля веществ, не растворимых в толуоле, %, не более	20	20	18	16	ГОСТ 7847-73
Перегоняемый зерновой состав, % массы, не более, при температуре:					ГОСТ 4641-80
до 170°С	1,5	1,5	1,5	2	
до 270°С	15	15	15	18	
до 300°С	23	23	23	28	
Температура размягчения остатка после отбора фракций до 300°С, не более	65	65	60	55	ГОСТ 11506-73
Массовая доля фенолов, %, не более	1,5	2,0	2,0	2,5	ГОСТ 4641-80
Массовая доля нафталина, %, не более	5	5	6	7	ГОСТ 4641-80

Приложение 3

Смолы тяжелые улавливания (ТУ 14-6-131-82)

Показатель	Норма для марок		Метод анализа
	СТУ-3	СТУ-2	
Вязкость условная C_{30}^{10}, с	20–70	5–20	ГОСТ 11503-74
Массовая доля воды, %, не более	5	5	ГОСТ 2477-65, п.4.2 ТУ
Перегоняемый фракционный состав, % массы, не более, при температуре:			ГОСТ 4641-80
до 170°С	1,5	1,5	
до 270°С	20	20	
до 300°С	30	30	
Температура размягчения остатка после отбора фракций, °С, не более	120	120	ГОСТ 11506-73
Массовая доля нафталина, %, не более	7	9	ОСТ 1462-80 п.4.3 ТУ
pH водной вытяжки, не менее	6	6	П.4.4 ТУ
Массовая доля веществ, растворимых в воде, %, не более	8	8	П.4.5 ТУ

Примечание. Допустимый срок хранения смол в открытых емкостях – не более 3 мес, в закрытых – не более 6 мес.

Приложение 4

Расчет показателей качества гранулированных доменных шлаков

1. Оценку гидравлических свойств гранулированных доменных шлаков производят в соответствии с требованиями ГОСТ 3476-74 при помощи коэффициента качества (К), который определяется по формулам:

при содержании MgO до 10%

$$K = \frac{CaO + Al_2O_3 + MgO}{SiO_2 + TiO_2};$$

при содержании MgO более 10%

$$K = \frac{CaO + Al_2O_3 + 10}{SiO_2 + TiO_2 + (MgO - 10)},$$

где CaO, MgO, Al_2O_3 и т.д. – содержание в шлаке указанных окислов, %.

2. Под гидравлической активностью R шлаковых вяжущих понимают предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов высотой и диаметром 50 мм, сформованных на гидравлическом прессе под нагрузкой 15 МПа и при оптимальной влажности, твердевших в стандартных условиях до расчетного срока твердения (прил.9 настоящего Пособия).

3. Гидравлическая активность R может быть рассчитана по формуле

$$R = R_{max}\,(K - K_o),$$

где R_{max} – максимальная гидравлическая активность шлаков; R_{max} =50 МПа – для молотых шлаков, R_{max} =25 МПа – для дробленых; R_{max} = =10 МПа – для недробленых;

K_o – коэффициент качества шлака, не проявляющего в обычных условиях твердения гидравлической активности; K_o =1,25.

Расчет показателей качества дисперсных металлургических шлаков

1. Степень насыщения (Н) дисперсных металлургических шлаков активными минералами рассчитывают по данным химического состава по формулам:

для электросталеплавильных и феррохромовых шлаков

$$H = \frac{CaO_{общ} - (0{,}55Al_2O_3 + 0{,}93MgO + 0{,}7MnO + 0{,}35Fe_2O_3)}{1{,}87\,SiO_2};$$

для отвальных доменных шлаков

$$H = \frac{CaO_{общ} - (0{,}55Al_2O_3 + 0{,}93MgO + 0{,}7MnO + 0{,}35Fe_2O_3)}{1{,}87[SiO_{2общ} - (0{,}59Al_2O_3 + 0{,}67MgO)]}.$$

2. Гидравлическая активность дисперсных металлургических шлаков определяется по формуле

$$R = R_{max} H^{2{,}73},$$

где R_{max} – марочная прочность белитового цемента по ГОСТ 10178-85; R_{max} =30 МПа.

Приложение 6

Расчет показателей качества пыли уноса цементных заводов

1. Химический показатель активности пыли уноса H определяется по формуле

$$H = \frac{CaO_{общ} - 1{,}22\,п.п.п. - 0{,}7\,(SO_3 - 0{,}85\,R_2O)}{2{,}8\,SiO_2 + 1{,}65\,Al_2O_3 + 0{,}7\,Fe_2O_3},$$

где R_2O – содержание водорастворимых щелочных соединений, % массы;

$SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO_{общ}$ – содержание соответствующих окислов, % массы;

SO_3 – содержание чистого ангидрита, % массы.

2. Гидравлический показатель активности R определяется по формуле

$$R = R_{ср} H,$$

где H – химический показатель активности;

$R_{ср}$ – средняя (по стране) марочная прочность цемента, $R_{ср}$ =40 МПа.

3. Коэффициент агрессивности α определяется по формуле

$$\alpha = \frac{R_2O}{CaO_{своб}}.$$

Химический анализ цементной пыли производят по ГОСТ 5382-73, потери при прокаливании определяют по ГОСТ 11022-75.

Приложение 7

Методика ускоренного определения оптимальной влажности и максимальной плотности смеси грунта с цементом

Для определения максимальной плотности ($\gamma_{ск}$) и оптимальной влажности ($W_{опт}$) отбирают среднюю пробу воздушно-сухого грунта, измельченного и просеянного через сито с отверстиями 5 мм, и тщательно перемешивают с заданным количеством цемента.

Наименьшая влажность в начале первого опыта уплотнения должна несколько превышать влажность смеси в воздушно-сухом состоянии, поэтому взятую пробу цементогрунтовой смеси в воздушно-сухом состоянии смачивают водой (4-6% массы цементогрунта) и тщательно перемешивают.

От увлажненной смеси отбирают навеску 250-260г. Грунт всыпают в разъемный цилиндр малого прибора стандартного уплотнения Союздорнии, предварительно вставленный в подставку с насадкой и зажатый винтами.

В форму вставляют плунжер с направляющим стержнем и смесь, заключенную в форму, уплотняют 20 ударами гири, падающей с высоты 30 см.

После уплотнения пробы цементогрунтовой смеси плунжер и насадку осторожно снимают и тщательно срезают ножом излишки цементогрунта заподлицо с краями разъемного цилиндра. Разъемный цилиндр, извлекаемый из прибора, взвешивают вместе с образцом материала с точностью до $\pm 0,1$ г и за вычетом массы цилиндра определяют чистую массу образца.

Контрольную пробу на влажность берут из середины разрушенного образца после каждого взвешивания.

Опыт с уплотнением повторяют несколько раз, увеличивая влажность грунта на 2% до тех пор, пока масса уплотненного цементогрунта не начнет уменьшаться.

Плотность сухого цемента вычисляют по формуле

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

где $\gamma_{вл}$ – плотность влажного цементогрунта, г/см^3;
W – влажность пробы, % массы сухого цементогрунта.

Результаты опытов наносят на график, откладывая по оси ординат значения плотности сухого цементогрунта ($\gamma_{ск}$), а по оси абсцисс – влажности проб цементогрунта (W).

Абсцисса наивысшей точки полученной кривой соответствует максимальной влажности цементогрунта, полученной удалением воды при температуре 105°С (W'), а ордината – максимальной плотности цементогрунта ($\gamma_{ск}$).

Оптимальную влажность цементогрунтовой смеси вычисляют по формуле

$$W_{опт} = W'(1 + КЦ),$$

где $W_{опт}$ – оптимальная влажность цементогрунта, %;
Ц – содержание цемента в смеси, %;
К – поправочный коэффициент на гидратацию цемента; К =0,01 для цемента активностью 300-500.

Приложение 8

Методика ускоренного определения предела прочности при сжатии образцов, приготовленных из смеси грунта с цементом

Метод предназначается для ускоренного определения предела прочности при сжатии образцов размером $d = h = 5 \times 5$ см из смеси грунта, не содержащего частиц крупнее 5 мм, с цементом.

Для испытания образцов требуются дополнительные формы для пропаривания (см.рисунок).

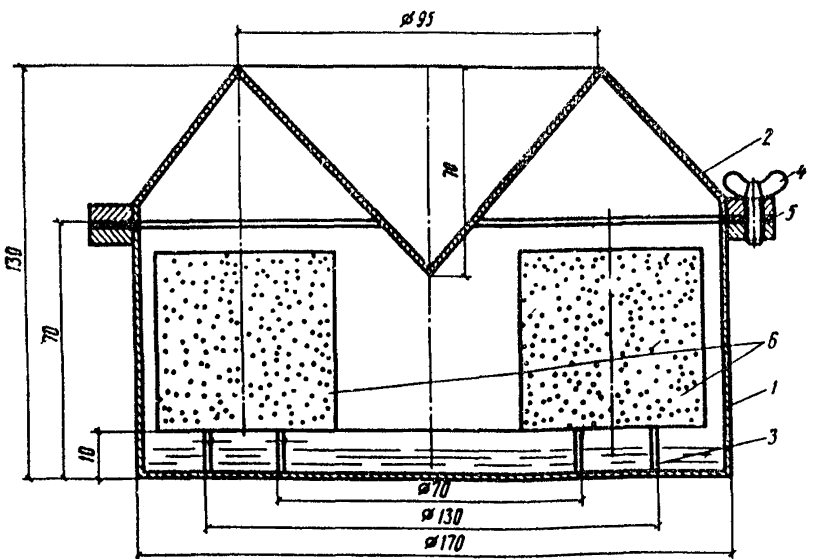

Схема формы для ускоренного испытания цементогрунтов: 1 – цилиндрический сосуд; 2 – крышка; 3 – опорные цилиндрические кольца с прорезями; 4 – болт; 5 – резиновая прокладка; 6 – образцы

Образцы приготавливают по методике, изложенной в пп.2.1-2.35 Пособия, хранят 1 сут, а затем устанавливают в специальные формы (см.рисунок) и подвергают тепловлажностной обработке в сушильном шкафу типа ШС-3.

Режим твердения образцов при тепловлажностной обработке следующий:

подъем температуры до 65°С в течение 0,5 ч;

выдерживание 3-3,5 ч при температуре 65°С;

медленное охлаждение образцов в формах в сушильном шкафу, отключенном от электросети, 15-17 ч.

Режим пропаривания должен регулироваться автоматически.

Определение предела прочности при сжатии (без водонасыщения) проводят в соответствии с указаниями пп.2.23 и 2.24 Пособия.

Полученное значение прочности умножают на коэффициент К, представленный в таблице для соответствующих исходного грунта и расхода цемента, и получают прочность, соответствующую прочности образцов 28-суточного твердения.

Форма для ускоренного испытания (см.рисунок) состоит из двух основных частей: цилиндрического сосуда (1), сваренного из листовой нержавеющей стали толщиной 1 мм, и крышки (2), выполненной в виде двойного конуса, для отвода конденсата от образцов. Крышка соединена с сосудом болтами и уплотнена резиновой прокладкой. Два опорных концентрических кольца (3), укрепленных на дне формы и имеющих прорези для равномерного распределения воды, выполняют роль подставки для образцов.

Перед установкой образцов в формы наливают 40-50 г воды. Пять образцов устанавливают на опорные кольца и герметично закрытую форму помещают в сушильный шкаф типа ШС-3 для термовлажностной обработки по принятому режиму.

Грунт	Количество цемента, % массы грунта	Коэффициент К
Песок:		
средней крупности	4–14	5,0
одноразмерный мелкий	4–14	2,5
пылеватый	4–14	1,6
Супесь:		
легкая	4–14	1,4
пылеватая	4–14	1,1
Суглинок:		
легкий пылеватый	4–14	1,2–1,0
тяжелый пылеватый	4–14	1,0
Известняковые отходы добычи горючих сланцев фракции 0–5 мм	7–11	1,6

Методика ускоренного определения свойств шлакогрунтов

Гранулированные и дисперсные металлургические шлаки относятся к классу медленнотвердеющих минеральных вяжущих, отличающихся от обычных расчетным сроком твердения.

Под расчетным сроком твердения подразумевается интервал времени, за который реализуется основной потенциал прочности структуры твердеющего материала (см.таблицу).

Шлак	Номер группы	Расчетный срок твердения, сут
Молотый гранулированный доменный и электросталеплавильный	1	90
Отвальный доменный, дробленый гранулированный доменный	2	360
Недробленый гранулированный доменный и феррохромовый	3	720

Ускоренная методика определения физико-механических свойств шлакогрунтов включает добавление в смесь ускорителя твердения - портландцемента марки 400 в количестве $Ц_ц$ (% массы шлака):

$$Ц_ц = 3n, \qquad (1),$$

где n - группа медленнотвердеющего вяжущего.

В дальнейшем образцы выдерживают 28 сут в стандартных условиях и после двухсуточного водонасыщения испытывают. Полученные данные сопоставляют со значениями, указанными в табл.35 СНиП 2.05.02-85, определяя класс прочности шлакогрунта.

Приложение **10**

Расчетные характеристики материалов и грунтов, укрепленных вяжущими

№ п/п	Материалы	Модуль упругости E, МПа	Предел прочности на растяжение при изгибе R, МПа
1	Крупнообломочные грунты и гравийно-песчаные смеси оптимального или близких к оптимальному составов, укрепленные комплексными вяжущими:		
	I класс прочности	900–700	0,55–0,45
	II класс прочности	650–500	0,42–0,35
	III класс прочности	450–300	0,32–0,25
2	То же, укрепленные цементом:		
	I класс прочности	800–550	0,46–0,34
	II класс прочности	530–350	0,33–0,25
	III класс прочности	320–280	0,22–0,20
3	То же, укрепленные активной золой уноса или гранулированным шлаком, белитовым шламом. известью, фосфатными вяжущими и другими композиционными вяжущими из них с добавками или без добавок ПАВ, дегтем и т.п.:		
	I класс прочности	700–530	0,40–0,32
	II класс прочности	500–330	0,31–0,22
	III класс прочности	300–250	0,20–0,18

Продолжение прил. 10

№ п/п	Материалы	Модуль упругости E, МПа	Предел прочности на растяжение при изгибе R, МПа
4	Крупнообломочные грунты и гравийно-песчаные смеси оптимального или близкие к оптимальному составов, укрепленные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	350-250	0,35-0,30
5	Крупнообломочные грунты и гравийно-песчаные смеси неоптимального состава, пески (кроме мелких, пылеватых и одноразмерных), супесь легкая крупная, щебень малопрочных пород и отходы камнедробления, укрепленные комплексными вяжущими.		
	I класс прочности	800-650	0,50-0,42
	II класс прочности	600-450	0,40-0,32
	III класс прочности	420-280	0,31-0,24
6	То же, укрепленные цементом:		
	I класс прочности	700-500	0,40-0,30
	II класс прочности	480-330	0,28-0,22
	III класс прочности	300-250	0,19-0,18
7	То же, укрепленные вяжущими, указанными под номером 3:		
	II класс прочности	450-300	0,25-0,17
	III класс прочности	280-200	0,16-0,12
8	То же, укрепленные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	300-200	0,30-0,25

№ п/п	Материалы	Модуль упругости E, МПа	Предел прочности на растяжение при изгибе R, МПа
9	Пески мелкие и пылеваты, супесь легкая и пылеватая, укрепленные комплексными вяжущими:		
	1 класс прочности	750-600	0,47-0,40
	II класс прочности	550-400	0 37-0,30
	III класс прочности	380-250	0,28-0,22
10	То же, укрепленные цементом:		
	1 класс прочности	650-480	0,35-0,26
	II класс прочности	450-300	0,25-0,18
	III класс прочности	260-220	0,16-0,13
11	То же, укрепленные вяжущими, указанными под номером 3:		
	II класс прочности	430-280	0,22-0,11
	III класс прочности	230-180	0,08-0,07
12	То же, укрепленные вязкими битумами или эмульсиями на вязких битумах	300-220	0,25-0,20
13	Побочные продукты промышленности, укрепленные комплексными вяжущими:		
	1 класс прочности	700-550	0,45-0,37
	II класс прочности	530-350	0,36-0,28
	III класс прочности	320-200	0,26-0,12
14	То же, укрепленные цементом:		
	1 класс прочности	600-420	0,30-0,22
	II класс прочности	400-250	0,20-0,14
	III класс прочности	220-180	0,12-0,09

№ п/п	Материалы	Модуль упругости E, МПа	Предел прочности на растяжение при изгибе R, МПа
15	То же, укрепленные вяжущими, указанными под номером 3:		
	II класс прочности	350-220	0,15-0,09
	III класс прочности	200-130	0,08-0,06
16	То же, укрепленные вязкими битумами или эмульсиями на вязких битумах	250-180	0,20-0,15
17	Супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие, укрепленные комплексными вяжущими:		
	1 класс прочности	600-500	0,40-0,35
	II класс прочности	450-300	0,32-0,25
	III класс прочности	280-150	0,24-0,10
18	То же, укрепленные минеральными вяжущими - цементом, золой уноса или гранулированным шлаком:		
	1 класс прочности	500-350	0,22-0,16
	II класс прочности	350-230	0,16-0,12
	III класс прочности	200-120	0,09-0,07
19	То же, укрепленные вяжущими, указанными под номером 3		
	II класс прочности	300-200	0,12-0,08
	III класс прочности	180-100	0,06-0,05

Продолжение прил. 10

№ п/п	Материалы	Модуль упругости E, МПа	Предел прочности на растяжение при изгибе R, МПа
20	То же, укрепленные эмульсиями на вязких битумах	250–180	0,17–0,10
21	Суглинки тяжелые пылеватые, глины песчанистые и пылеватые, укрепленные минеральными и комплексными вяжущими:		
	II класс прочности	330–200	0,12–0,08
	III класс прочности	180–80	0,06–0,05

Примечания: 1. Под комплексными вяжущими понимаются: цемент+вязкий битум или эмульсии на вязком нефтяном битуме (гудроне); цемент+полимерное вяжущее; цемент (известь)+активные золы уноса или гранулированные шлаки и т.п.

2. Бо́льшие значения расчетных характеристик принимают: при использовании более качественных материалов и активных вяжущих, укреплении материалов и грунтов неорганическими вяжущими в III–V дорожно-климатических зонах, укреплении вязким битумом или битумной эмульсией на вязком битуме в I–II дорожно-климатических зонах.

3. Составы смесей и классы прочности подбирают ся в соответствии с ГОСТ 23558-79, разд. 2 настоящего Пособия и табл. 35–37 СНиП 2.05.02-85.

4. Супеси непылеватые, укрепляемые жидким битумом или битумными эмульсиями, имеют модуль упругости $E = 150 \div 200$ МПа, угол внутреннего трения $\varphi = 25 \div 35^{\circ}$ и сцепление $C = 0{,}02 \div 0{,}035$ МПа; супеси и суглинки тяжелые пылеватые – соответственно $E = 80 \div 150$ МПа $\varphi = 15 \div 25^{\circ}$, $C = 0{,}02 \div 0{,}35$ МПа. При этом бо́льшие значения даны при применении битумных эмульсий и приготовлении смесей в установке.

Приложение 11

Ориентировочные составы смесей для устройства морозозащитных слоев в I-III дорожно-климатических зонах

Номер состава	Состав смеси	Эквивалентная толщина слоя, см	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
1	Пески, укрепленные 5-8% портландцемента	24-25	1,4 -1,6
2	То же, 5-7% портландцемента с добавками ЛСТ, смолы, очищенного сульфатного мыла (ОСМ), гидрофобной кремнийорганической жидкости (0,5-1%) или жидкого и вязкого битумов, нефтяного гудрона (2-4%), либо промышленного гудрона ПГ (0,05-0,2%)	22-24	1,15-1,4
3	То же, укрепленные только золой уноса сухого отбора (15-20%) или с добавкой портландцемента (4-6%)	21-22	1,05-1,15
4	То же, укрепленные гранулированным доменным шлаком (15-20%) с добавкой портландцемента (3-4%)	17-19	0,7-0,95
5	То же, укрепленные гранулированным доменным шлаком (15-20%) в сочетании с	16-17	0,6-0,75

Продолжение прил.11

Номер состава	Состав смеси	Эквивалентная толщина слоя, см	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
	портландцементом (3-4%) и жидким или вязким битумом, либо гудроном (2-4%)		
6	Супеси или суглинки, укрепленные портландцементом (6-10%)	21-24	1,05-1,5
7	То же, укрепленные портландцементом (6-10%) в сочетании с ПАВ: ОСМ-2, ГКЖ, ЛСТ (0,5-1%) или ПГ (0,05-0,2%)	20-21	0,95-1,15
8	Золошлаковые смеси от сжигания бурого и каменного углей или торфа, укрепленные только портландцементом (4-6%) или известью (6-7%), либо в сочетании с жидким или вязким битумом или нефтяным гудроном (2%)	13-17	0,45-0,7
9	Шлаковый щебень, укрепленный портландцементом (4-6%)	18-20	0,8-1,0
10	Гранулированный доменный шлак, укрепленный портландцементом (4-6%)	17-19	0,7-0,95

Примечание. Составы № 5 и 8 могут быть применены также в качестве теплоизоляционных материалов.

Приложение 12

Расчетные значения деформационных и прочностных характеристик теплоизоляционных материалов

Теплоизоляционный материал	Модуль упругости E, МПа	Предел прочности на растяжение при изгибе R, МПа
Цементогрунт с перлитом	130	0,2
То же, с полистиролом (гранулы полистирола 3–2%, песок 97–98%, цемент 7–6%)	300	0,2
То же, с керамзитом (песок 75%, керамзит 25%, цемент 6%)	300	0,3
Битумоцементогрунт с перлитом (перлитовый щебень 25–20%, песок 75–80%, цемент 4–6%, битум 12–10% массы песка, перлита и цемента)	200–300	0,2–0,3
Цементогрунт с аглопоритом (супесь или песок 70–80%, аглопорит 30–20%, цемент 6%)	250–350	0,25–0,35
Золошлаковые смеси, укрепленные цементом	150	0,4
Грунт, укрепленный золой уноса	200	0,4
Грунт, укрепленный цементом совместно с битумной эмульсией	–	0,6

Приложение 13

Теплофизические характеристики укрепленных грунтов и материалов

Материал	Плотность, кг/м^3	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·К)	Удельная теплоемкость $\varepsilon_{уд} \cdot 10^{-3}$, Дж/(кг·К)	Эквивалент по гравийному щебню $\varepsilon_{\iota} = \sqrt{\lambda_{щ}/\lambda_{\iota}}$
Супесь, укрепленная 10% битумной эмульсии	1700-1900	1,45	0,90	1,13
Песок разноразмерный, укрепленный 6-10% цемента	2100	1,86	0,90	1,00
Песок мелкий одноразмерный, укрепленный 10% цемента	2100	1,62	0,95	1,07
Цементогрунт с керамзитом (песок 75%, керамзит 25%, цемент 6%)	1500-1600	0,58-0,70	0,90-0,95	1,79-1,63
Цементогрунт с полистиролом (песок 97-98%, полистирол 3-2%, цемент 7-6%)	1300-1500	0,41-0,58	1,25	2,14-1,79

Битумоцементогрунт с перлитом (перлитовый щебень 25-20%, песок 75-80%, цемент 6-4%, битум 12-10%)	1400	0,52-0,58	1,35	1,89
Цементогрунт с аглопоритом (супесь или песок 70-80%, аглопорит 30-20%, цемент 6%)	1700-1800	0,64-0,75	1,0-1,1	1,71-1,57
Суглинок, укрепленный 6-12% цемента	1750-1900	1,45	0,85	1,13
Суглинок, укрепленный 2-6% цемента и 6-2% извести	1800-1900	1,33	0,85	1,18
Супесь, укрепленная 8-10% цемента	1700-1900	1,51	0,90	1,11
Каменноугольная золошлаковая смесь, укрепленная 6-8% цемента	1600	0,70	1,42	1,63
Малопрочные известняки, укрепленные известью	2000	1,16	1,10	1,27

Выбор средств механизации для устройства оснований и покрытий из грунтов и гравийно-песчаных смесей, укрепленных вяжущими

Вид работы	Тип машины и транспортных средств	Типоразмеры машин при годовом объеме строительства, км		
		до 20	20–50	50–100
Устройство оснований и покрытий из укрепленных грунтов и гравийно-песчаных смесей, приготовленных на дорожном полотне				
Подвозка грунтов	Автомобиль-самосвал грузоподъемностью, т	3,5–5	7–12	7–12
Распределение грунтов	Автогрейдер с автоматической системой	Средний	Тяжелый	–
	Самоходный распределитель производительностью, т/ч	100–200	200–300	300–400
Подвозка к месту работ жидкого вяжущего	Автобитумовоз грузоподъемностью, т	7	9	9–15
Подвозка к месту работ порошкообразного вяжущего	Автоцементовоз с пневматической разгрузкой грузоподъемностью, т	8–10	8–10	10–13,5

Подвозка к месту работ воды, водосолевых растворов, добавок	Автоцистерна или поливомоечная машина грузоподъемностью, т	6	6	6
Профилирование слоя основания	Автогрейдер с автоматической системой	Средний	Тяжелый	-
	Профилировщик с шириной обработки, м	3,5	3,5-8,5	8,5
Дозирование и распределение порошкообразных вяжущих	Распределитель цемента грузоподъемностью, т	6-10	6-10	6-10
Размельчение грунта, дозирование жидких вяжущих или воды, перемешивание грунта с вяжущими и предварительное уплотнение	Дорожная фреза с шириной обработки, м	24-35	3,5	-
	Однорядная грунтосмесительная машина с шириной обработки, м	3,5	3,5-9,6	9,6
Уплотнение слоя основания или покрытия	Каток полуприцепной или самоходный пневмоколесный массой, т	16-20	16-20	16-25
Уход за уложенным слоем основания или покрытия	Автогудронатор грузоподъемностью, т	3,5	3,5	3,5

Продолжение прил. 14

Вид работы	Тип машины и транспортных средств	Типоразмеры машин при годовом объеме строительства, км		
		до 20	20-50	50-100
Устройство оснований и покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими, при приготовлении смеси в установках				
Разработка грунта в карьере и подача его к грунтосмесительной установке	Бульдозер на тракторе класса тяги, т	5-10	5-10	5-10
	Фронтальный пневмоколесный погрузчик грузоподъемностью, т	2	2	2
Подвозка к месту работ порошкообразных вяжущих	Автоцементовоз с пневматической разгрузкой грузоподъемностью, т	8-10	10-13,5	10-13,5
Подвозка к месту работ жидких вяжущих	Автобитумовоз грузоподъемностью, т	7	9	9-15
Подвозка к месту работ воды, водосолевых добавок	Автоцистерна или поливомоечная машина грузоподъемностью, т	6	6	6
Приготовление смеси грунта или других материалов с вяжущими и добавками	Мобильная грунтосмесительная установка производительностью, т/ч	50-100	100-200	200-300
	Расходный склад для вяжущих вместимостью, т	150	200	200

Вывозка готовой смеси на дорогу к месту укладки	Автомобиль-самосвал грузоподъемностью, т	5-7	7-12	7-12
Укладка готовой смеси в конструктивный слой основания или покрытия	Автогрейдер с автоматической системой	Средний	Тяжелый	-
	Самоходный укладчик дорожно-строительных материалов производительностью, т/ч	100-200	200-300	300-400
	Профилировщик с шириной обработки, м	3,5	3,5-8,5	8,5
Уплотнение слоя основания или покрытия	Каток прицепной или самоходный пневмоколесный массой, т	16-20	16-20	16-25
Чистовое профилирование слоя основания или покрытия	Автогрейдер, с автоматической системой	Средний	Тяжелый	-
	Профилировщик с шириной обработки, м	3,5	3,5-8,5	8,5
Уход за уложенным слоем при обработке его минеральными вяжущими	Автогудронатор грузоподъемностью, т	3,5	3,5	3,5

Технологическая схема № 1 устройства основания толщиной 20см из песчаного грунта, укрепленного цементом, с использованием установки ДС-50А

Технологическая последовательность рабочих процессов	Количество материалов на 1 км при ширине основания 8 м	Производительность машины в смену	Количество машин в отряде
Подача грунта в агрегат питания установки фронтальным погрузчиком ТО-18А	2900 т	800 т	1
Подвозка цемента (10% массы) автоцементовозами ТЦ-10 на среднее расстояние 50 км	290 т	30 т	4
Подвозка воды (5% массы) поливомоечными машинами ПМ-130Б на среднее расстояние 5 км	145 т	30 т	2
Приготовление смеси в установке ДС-50А	3335 т	800 т	1
Подвозка готовой смеси к месту укладки на среднее расстояние 10 км автосамосвалами МАЗ-503Б	3335 т	80 т	10
Профилирование земляного полотна перед укладкой смеси профилировщиком ДС-108	8000 м^2	38000 м^2	1

Продолжение прил. 15

Технологическая последовательность рабочих процессов	Количество материалов на 1 км при ширине основания 8 м	Производительность машины в смену	Количество машин в отряде
Предварительное распределение смеси автогрейдером ДЗ-122	3335 т	1600 т	1
Окончательное распределение смеси с предварительным уплотнением профилировщиком ДС-108	3335 т	3200 т	1
Окончательное уплотнение смеси самоходным катком на пневматических шинах ДУ-55 или комбинированного действия ДУ-52 за 6-8 проходов по одному следу	1600 $м^3$	1200 $м^3$	2
Чистовое профилирование основания профилировщиком ДС-108	8000 $м^2$	38000 $м^2$	1
Уход за основанием распределением пленкообразующих материалов распределителем ДС-105	8000 $м^2$	3400 $м^2$	1

Технологическая схема №2 устройства основания толщиной 20см из песчаного грунта, укрепленного цементом с добавкой золы уноса, с использованием установки ДС-50Б

Технологическая последовательность рабочих процессов	Потребность в материалах на 1 км при ширине основания 9,6 м	Производительность машины в смену	Количество машин в отряде
Подача грунта в агрегат питания установки фронтальным погрузчиком ТО-30 и бульдозером Д3-110 класса тяги 10	3200 т	800 т	2
Подвозка цемента (5% массы) автоцементовозами ТЦ-10 на среднее расстояние 50 км	160 т	30 т	6
Подвозка золы уноса (15% массы) автоцементовозами ТЦ-10 на среднее расстояние 25 км	480 т	40 т	6
Подвозка воды (6% массы) поливомоечными машинами ПМ-130Б на среднее расстояние 5 км	190 т	30 т	3
Приготовление смеси в установке ДС-50Б	4030 т	1600 т	1

Продолжение прил. 16

Технологическая последовательность рабочих процессов	Потребность в материалах на 1 км при ширине основания 9,6 м	Производительность машины в смену	Количество машин в отряде
Подвозка готовой смеси к месту укладки на среднее расстояние 10 км автосамосвалами МАЗ-503Б	4300 т	80 т	20
Профилирование земляного полотна перед укладкой смеси профилировщиком ДС-108	9600 м^2	38000 м^2	1
Предварительное распределение смеси автогрейдером ДЗ-122	4030 т	1600 т	1
Окончательное распределение смеси с предварительным уплотнением профилировщиком ДС-108	4030 т	3200 т	1
Окончательное уплотнение смеси комбинированными катками ДУ-52 или катками на пневматических шинах ДУ-55 за 6-8 проходов по одному следу	1920 м^3	1200 м^3	2
Чистовое профилирование основания профилировщиком ДС-108	9600 м^2	38000 м^2	1
Уход за основанием распределением пленкообразующих материалов распределителем ДС-105	9600 м^2	3400 м^2	1

Технологическая схема №3 устройства основания толщиной 20см из суглинистого грунта, укрепленного цементом с добавками извести и ПАВ, с использованием фрезы ДС-74А

Технологическая последовательность рабочих процессов	Количество материалов на 1 км при ширине основания 7 м	Производительность машины в смену	Количество машин в отряде
Профилирование обрабатываемого слоя грунта автогрейдером ДЗ-98А или ДЗ-140	7000 м^2	1500 м^2	1
Подвозка и распределение извести (3% массы) цементовозами-распределителями ДС-72 на среднее расстояние 5 км	45 т	60 т	1
Измельчение и перемешивание извести с грунтом фрезой ДС-74А за 2-3 прохода по одному следу	2900 т	550 т	1
Профилирование смеси автогрейдером ДЗ-98А или ДЗ-140	7000 м^2	1500 м^2	1
Подвозка воды с ПАВ (6% массы) поливомоечными машинами ПМ-130Б на среднее расстояние 5 км	85 т	30 т	1

Продолжение прил. 17

Технологическая последовательность рабочих процессов	Количество материалов на 1 км при ширине основания 7 м	Производительность машины в смену	Количество машин в отряде
Перемешивание грунта с добавками фрезой ДС-74А за 1-2 прохода по одному следу	3000 т	1100 т	1
Профилирование смеси автогрейдером ДЗ-98А или ДЗ-140	7000 $м^2$	1500 $м^2$	1
Подвозка цемента (12% массы) автоцементовозами ТЦ-10 на среднее расстояние 50 км	170 т	30 т	1
Распределение цемента цементовозами-распределителями ДС-72	170 т	60 т	1
Перемешивание грунта с цементом за 2-3 прохода по одному следу фрезой ДС-74А	3150 т	550 т	1
Профилирование смеси автогрейдером ДЗ-98А или ДЗ-140	7000 $м^2$	1500 $м^2$	1
Уплотнение смеси катками на пневматических шинах ДУ-55 или комбинированного действия ДУ-52 за 10-14 проходов по одному следу	1400 $м^3$	1200 $м^3$	1

Продолжение прил. 17

Технологическая последовательность рабочих процессов	Количество материалов на 1 км при ширине основания 7 м	Производительность машины в смену	Количество машин в отряде
Профилирование слоя основания автогрейдером ДЗ-98А или ДЗ-140	7000 м^2	1500 м^2	1
Уход за слоем основания розливом битумной эмульсии автогудронатором ДС-39Б	7000 м^2	5500 м^2	1

Технологическая схема №4 устройства основания толщиной 20см из супесчаного грунта, укрепленного цементом, с использованием однопроходной грунтосмесительной машины ДС-152

Технологическая последовательность рабочих процессов	Потребность в материалах на 1 км при ширине основания 7 м	Производительность машины в смену	Количество машин в отряде
Профилирование обрабатываемого слоя грунта профилировщиком ДС-151	7000 $м^2$	7000 $м^2$	1
Подвозка цемента (12% массы) автоцементовозами ТЦ-10 на среднее расстояние 50 км	170 т	30 т	6
Распределение цемента цементовозами-распределителями ДС-72	170 т	60 т	2
Подвозка воды (6% массы) поливомоечными машинами ПМ-130Б на среднее расстояние 5 км	85 т	30 т	3
Перемешивание и предварительное уплотнение смеси однопроходной			

Продолжение прил.18

Технологическая последовательность рабочих процессов	Потребность в материалах на 1 км при ширине основания 7 м	Производительность машины в смену	Количество машин в отряде
грунтосмесительной машиной ДС-152	3100 т	1600 т	1
Окончательное уплотнение смеси катками на пневматических шинах ДУ-55 или комбинированного действия за 6-8 проходов по одному следу	1400 м^3	1200 м^3	2
Чистовое профилирование основания профилировщиком ДС-151	7000 м^2	7000 м^2	1
Уход за основанием розливом битумной эмульсии автогудронатором ДС-39Б	7000 м^2	5500 м^2	1

Приложение 19

Технологическая схема №5 устройства основания толщиной 20см из песчаного грунта, укрепленного цементом, с использованием профилировщика ДС-108

Технологическая последовательность рабочих процессов	Потребность в материалах на 1 км при ширине основания 8,5 м	Производительность машины в смену	Количество машин в отряде
Профилирование обрабатываемого слоя грунта профилировщиком ДС-108	8500 м^2	38000 м^2	1
Подвозка цемента (12% массы) автоцементовозами ТЦ-10 на среднее расстояние 50 км	410 т	30 т	4
Распределение цемента цементовозами-распределителями ДС-72	410 т	60 т	2
Перемешивание грунта с цементом за два прохода профилировщиком ДС-108	3800 т	2280 т	1
Подвозка воды (6% массы) поливомоечными машинами ПМ-130Б на среднее расстояние 5 км	205 т	30 т	2

Технологическая последовательность рабочих процессов	Потребность в материалах на 1 км при ширине основания 8,5 м	Производительность машины в смену	Количество машин в отряде
Перемешивание смеси с водой за 1-2 прохода профилировщиком ДС-108	4000 т	2400 т	1
Уплотнение смеси катками на пневматических шинах ДУ-55 и катками комбинированного действия ДУ-52 за 10-14 проходов по одному следу	2000 $м^3$	1200 $м^3$	2
Чистовое профилирование основания профилировщиком ДС-108	8500 $м^2$	38000 $м^2$	1
Уход за основанием розливом пленкообразующих материалов распределителем ДС-105	8500 $м^2$	3400 $м^2$	1

Содержание

Предисловие 3
1. Материалы 6
Грунты 6
Отходы промышленности, используемые в качестве укрепляемых материалов 16
Вяжущие материалы 17
Отходы производства, используемые в качестве вяжущих материалов или компонентов вяжущих 23
Активные и поверхностно-активные вещества 28
2. Подбор составов смесей и методы лабораторных испытаний 35
Подбор составов смесей и испытание образцов из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими 35
Подбор составов смесей и испытание образцов из грунтов, укрепленных органическими вяжущими 35
Подбор составов смесей при укреплении переувлажненных грунтов 94
Подбор составов смесей при укреплении грунтов при пониженных положительных и отрицательных температурах 95
Подбор составов смесей при укреплении грунтов при повышенных температурах (в условиях жаркого климата) 101
3. Основные принципы конструирования дорожных и аэродромных одежд с конструктивными слоями из укрепленных грунтов 107
Схемы дорожных и аэродромных одежд с конструктивными слоями из укрепленных грунтов 111

4. Основные принципы организации работ при укреплении грунтов 113

Организация и обустройство баз снабжения материалами 115

Основные принципы технологии производства работ 116

Организация и комплектование механизированных отрядов машин с ведущей машиной – мобильной смесительной установкой, монтируемой на базе или в карьере 119

Организация и комплектование механизированных отрядов машин для производства работ смешением на дороге с ведущей машиной – дорожной фрезой 120

Организация и комплектование механизированных отрядов машин для производства работ смешением на дороге с ведущей машиной – однопроходной грунтосмесительной установкой 121

5. Технология работ, средства механизации и оборудование для приготовления смесей из крупнообломочных, песчаных и легких супесчаных грунтов в грунтосмесительных установках. Распределение и уплотнение смесей. Уход за поверхностью уложенного слоя 123

Укрепление крупнообломочных, песчаных и легких супесчаных грунтов цементом 123

Укрепление крупнообломочных, песчаных и легких супесчаных грунтов медленнотвердеющими вяжущими, в том числе с добавками цемента или извести и других активаторов 128

Укрепление грунтов жидкими битумами, каменноугольными вяжущими, битумными эмульсиями 129

Укрепление грунтов карбамидоформальдегидными смолами 135

6. Технология работ, средства механизации и оборудование для приготовления смесей на дороге. Профилирование и уплотнение смесей. Уход за поверхностью уложенного слоя 137

Укрепление песков, супесей и суглинков цементом 137
Укрепление грунтов золой уноса и другими медленнотвердеющими вяжущими 140
Укрепление переувлажненных грунтов . . . 141
Укрепление грунтов при пониженных (5-0°С) положительных температурах 142
Укрепление грунтов органическими вяжущими 142
7. Устройство оснований дорожных одежд из сухих цементогрунтовых смесей 146

Подготовительные работы 146
Приготовление сухих цементогрунтовых смесей 148
Складирование и хранение сухих цементогрунтовых смесей 149
Укладка сухих цементогрунтовых смесей в основание 150
8. Полевые методы контроля за качеством производства работ по укреплению грунтов вяжущими материалами 153

Приложения:
1. Смолы каменноугольные сырые (ОСТ 14-62-80) 162
2. Смолы каменноугольные препарированные (ТУ 14-6-161-78) 163
3. Смолы тяжелые улавливания (ТУ 14-6-131-82) 164
4. Расчет показателей качества гранулированных доменных шлаков 165

5. Расчет показателей качества дисперсных металлургических шлаков 166
6. Расчет показателей качества пыли уноса цементных заводов 167
7. Методика ускоренного определения оптимальной влажности и максимальной плотности смеси грунта с цементом 168
8. Методика ускоренного определения предела прочности при сжатии образцов, приготовленных из смеси грунта с цементом 170
9. Методика ускоренного определения свойств шлакогрунтов 173
10. Расчетные характеристики материалов и грунтов, укрепленных вяжущими 174
11. Ориентировочные составы смесей для устройства морозозащитных слоев в I-III дорожно-климатических зонах 179
12. Расчетные значения деформационных и прочностных характеристик теплоизоляционных материалов 181
13. Теплофизические характеристики укрепленных грунтов и материалов 182
14. Выбор средств механизации для устройства оснований и покрытий из грунтов и гравийно-песчаных смесей, укрепленных вяжущими 184
15. Технологическая схема №1 устройства основания толщиной 20 см из песчаного грунта, укрепленного цементом, с использованием установки ДС-50А 188
16. Технологическая схема № 2 устройства основания толщиной 20 см из песчаного грунта, укрепленного цементом с добавкой золы уноса, с использованием установки ДС-50Б 190
17. Технологическая схема № 3 устройства основания толщиной 20 см из суглинистого грунта, укрепленного цементом с добавками извести и ПАВ, с использованием фрезы ДС-74А 192

18. Технологическая схема № 4 устройства основания толщиной 20 см из супесчаного грунта, укрепленного цементом, с использованием однопроходной грунтосмесительной машины ДС-152 195
19. Технологическая схема № 5 устройства основания толщиной 20 см из песчаного грунта, укрепленного цементом, с использованием профилировщика ДС-108 197

ПОСОБИЕ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ К СНиП 3.06.03-85 И СНиП 3.06.06-88

Редактор Ж.П.Иноземцева
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор Л.В.Крылова

Подписано к печати 22.05.90. Формат 60x84/16.
Печать офсетная. Бумага офсетная № 1. 9,0 уч.-изд.л.
11,7 печ.л. Тираж 500. Заказ 85-0. Цена 1 руб. 80 коп.

Участок оперативной печати Союздорнии
143900, Московская обл., г.Балашиха-6, ш.Энтузиастов,79

gost.e-ecolog.ru