МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СЛОЕВ ИЗ ПЕНОПЛАСТА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОБЪЕМА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Утверждены зам.директора Союздорнии
канд.техн.наук Б.С.Марышевым

Одобрены Главным техническим
управлением Минтрансстроя
(письмо №37-03-07/3-14 доп.
от 16 марта 1986г.)

МОСКВА 1988

gost.e-ecolog.ru

УДК 625.731.9:691.175.632-405.8(083.131)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СЛОЕВ ИЗ ПЕНОПЛАСТА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОБЪЕМА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ. - Союздорнии. М., 1988.

Изложены рекомендации по обеспечению прочности и морозоустойчивости дорожной одежды с цементобетонным покрытием при устройстве рабочего слоя земляного полотна из грунтов повышенной влажности.

Приведены конструкции дорожной одежды с теплоизолирующим слоем из пенопласта на дренирующей прослойке из геотекстильных материалов и земляного полотна из грунтов повышенной влажности.

Табл. 1, рис. 1.

© Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт, 1988

УДК 625.731.9:691.175.632-405.8 (083.131)

Предисловие

Основными проблемами дорожного строительства являются уменьшение материалоемкости дорожных одежд и снижение объема земляных работ. Один из путей решения этих проблем – переход к нетрадиционным (специальным) методам регулирования водно-теплового режима земляного полотна в районах с сезонным промерзанием грунтов.

Указанные методы регулирования водно-теплового режима приведены в главах СНиП 2.05.02-85 и СНиП 3.06.03-85. Они подробно изложены в "Методических рекомендациях по расчету водно-теплового режима для разработки оптимальной конструкции земляного полотна автомобильных дорог" (Союздорнии. М., 1983) и в "Методических рекомендациях по проектированию оптимальных конструкций земляного полотна автомобильных дорог на основе методов регулирования водно-теплового режима" (Союздорнии. М., 1983).

Специальные методы регулирования водно-теплового режима земляного полотна позволяют уменьшить толщину морозозащитного слоя или полностью исключить этот слой из конструкции дорожной одежды и снизить высоту насыпи до величины, при которой обеспечивается снегонезаносимость дороги.

Однако в упомянутой технической документации не рассматриваются грунты повышенной влажности. Вместе с тем объем земляных работ можно было бы существенно снизить в случае применения местных грунтов повышенной влажности для возведения рабочего слоя земляного полотна. Исследования последних лет пока-

зали, что это осуществимо при устройстве теплоизолирующего слоя из пенопласта совместно с геотекстилем в основании дорожной одежды с цементобетонным покрытием. Такие слои были построены на экспериментальных участках на дороге Омск-Новосибирск, участок Убинское-Чулым. Устройство теплоизолирующих слоев из пенопласта совместно с геотекстилем позволило снизить высоту насыпи по сравнению с традиционной на 0,9 м, уменьшить толщину морозозащитного слоя из привозного кондиционного песка на 0,3 м и использовать грунты повышенной влажности для возведения рабочего слоя земляного полотна.

С помощью теплоизоляции можно уменьшить глубину промерзания земляного полотна и тем самым ограничить пучение допустимыми пределами или полностью предотвратить промерзание грунта повышенной влажности и исключить его морозное пучение. В свою очередь уменьшение или исключение морозного пучения ограничивает или полностью устраняет разуплотнение грунтов в процессе эксплуатации дороги. Снижение глубины промерзания уменьшает также неравномерность морозного пучения, в результате чего лучше сохраняется ровность покрытия.

С помощью дренирующей прослойки из геотекстиля можно отвести воду из-под основания теплоизолирующего слоя из пенопласта, уменьшить неравномерное пучение и осадку грунта, повысив тем самым прочность дорожной одежды.

Принимая во внимание, что в указанной технической документации изложены основные положения по проектированию теплоизолирующего слоя из пенопласта и дренирующих прослоек из геотекстиля, в настоящих Методических рекомендациях рассматриваются только те вопросы, которые относятся к особенностям обеспечения прочности и морозоустойчивости дорожной одежды при устройстве рабочего слоя земляного полотна из грунтов повышенной влажности.

Исследования показали, что прочность и морозоустойчивость дорожной одежды на земляном полотне из грунтов повышенной влажности обеспечиваются при выполнении следующих условий.

Первое условие заключается в том, чтобы суммарная величина пучения грунтов насыпи и нижележащих глинистых грунтов с ненарушенной структурой не превышала допустимых значений поднятия покрытия. Второе условие заключается в том, чтобы суммарная величина осадки грунтов весной после их оттаивания и усадки в летний период не превышала допустимых значений опускания покрытия. Третье условие заключается в том, чтобы динамические значения прочностных и деформационных характеристик грунтов, устанавливаемых с учетом длительности нахождения грунта в переувлажненном состоянии, были не менее значений, при которых обеспечивается прочность дорожной одежды.

Исследования с помощью прибора "клинового" типа показали, что угол внутреннего трения глинистых грунтов с числом пластичности более 7 практически не зависит от того, какие нагрузки на него воздействуют: динамические или статические. В то же время сцепление грунта при динамическом воздействии транспорта существенно ниже, чем при соответствующем статическом. На основании этих исследований разработаны расчетные зависимости, приведенные в настоящих Методических рекомендациях, которые позволяют определять сцепление грунта (суглинка легкого и глины пылеватой) при динамической нагрузке в зависимости от суммарного количества проходов расчетного автомобиля, влажности грунта и продолжительности периода с различными значениями этой влажности.

Расчеты на прочность дорожной одежды, проведенные в соответствии с "Инструкцией по проектированию жестких дорожных одежд" ВСН 197-83 Минтрансстроя (М., 1983) с использованием указанных зависимостей,

показали, что можно применять грунты повышенной влажности и с более низкой плотностью в случае устройства теплоизолирующих слоев из пенопласта совместно с геотекстилем на участках дорог с цементобетонными покрытиями.

Применение специальных методов регулирования водно-теплового режима земляного полотна позволяет уменьшить объем земляных работ и объем привозных грунтов. В результате этого можно сократить потребное количество транспорта для перевозки грунта, снизить трудозатраты, сэкономить топливно-энергетические ресурсы, ускорить темпы строительства. Уменьшение стоимости строительства составит 30-50 тыс.руб. на 1 км дороги.

Настоящие Методические рекомендации следует рассматривать как техническую документацию для опытного проектирования автомобильных дорог при использовании грунтов повышенной влажности в пределах рабочего слоя земляного полотна.

Методические рекомендации разработаны Союздорнии (В.И.Рувинский, Е.А.Петрушин, А.Е.Кобранов, Л.М.Крыжановская) совместно с Омским филиалом Союздорнии (И.Б.Старцев, А.С.Пилипенко, Б.К.Порошин, Е.Л.Ефремова) и Союздорпроектом (В.Д.Браславский, А.В.Лукьянов).

Общее редактирование выполнено канд.техн.наук В.И.Рувинским.

Все замечания и пожелания по работе просьба направлять по адресу: 143900, Московская обл., г.Балашиха-6, Союздорнии.

1. Общие положения

1.1. Настоящими "Методическими рекомендациями по применению теплоизолирующих слоев из пенопласта для снижения объема земляных работ" следует руководствоваться при использовании грунтов повышенной влажности в пределах рабочего слоя земляного полотна автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями, проходящих в насыпи высотой не более 1,5 м или в выемке, в районах с сезонным промерзанием.

1.2. В районах, где имеются сложности с обеспечением грунтами, следует предусматривать в качестве одного из вариантов разработку конструкций с теплоизолирующим слоем из пенопласта совместно с геотекстилем с целью снизить высоту насыпи на участках с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями, уменьшить толщину морозозащитного слоя из привозных песков и использовать местные глинистые грунты повышенной влажности в пределах рабочего слоя земляного полотна.

При оценке вариантов дорожных конструкций в качестве основного критерия необходимо принимать минимальные за срок сравнения приведенные затраты на строительство и эксплуатацию дороги и транспортные расходы.

1.3. Разработку дорожной конструкции необходимо вести в такой последовательности:

установить высоту насыпи или глубину выемки по условиям рельефа местности, застройки территории, ценности сельскохозяйственных земель, а также по условиям обеспечения снегонезаносимости дороги, безопасности движения и вписывания дороги в ландшафт;

назначить в первом приближении конструкцию дорожной одежды и земляного полотна согласно разд.2 настоящих Методических рекомендаций;

определить ожидаемые в процессе эксплуатации дороги плотность, влажность, пучение и осадку грунтов (расчет этих величин проводят согласно разд.3 настоящих Методических рекомендаций);

уточнить конструкцию дорожной одежды из условия обеспечения допустимого поднятия покрытия в зимний период и допустимого ее опускания весной и летом;

по расчетным значениям влажности грунтов установить прочностные и деформационные характеристики согласно разд.4 настоящих Методических рекомендаций и с их учетом уточнить по Инструкции ВСН 197-83 конструкцию дорожной одежды по прочности.

1.4. Теплоизолирующие слои из пенопласта необходимо проектировать так, чтобы обеспечить выполнение следующих требований:

пучение грунтов земляного полотна не должно превышать на дорогах с монолитными цементобетонными покрытиями 3 см, со сборными - 4 см;

осадка грунтов после их оттаивания и усадки в летний период не должна превышать 4,5 и 5,5 см на дорогах соответственно с монолитными и со сборными цементобетонными покрытиями;

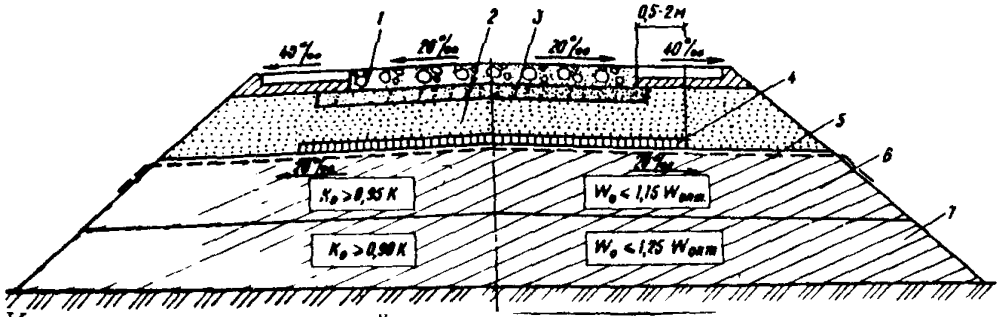
динамические прочностные и деформационные характеристики грунтов, устанавливаемые с учетом длительности нахождения грунта в переувлажненном состоянии, должны обеспечить прочность дорожной одежды.

1.5. При сооружении земляного полотна необходимо достичь следующих минимальных значений коэффициентов уплотнения глинистых грунтов: верхнего слоя земляного полотна толщиной не менее 0,5 м - 0,95, нижележащих слоев - 0,9 от максимальной плотности по методу стандартного уплотнения.

Для верхнего слоя земляного полотна толщиной не менее 0,5 м допускается применять глинистые грунты с влажностью, превышающей оптимальную не более чем в 1,15 раза, для нижних слоев - с влажностью, превышающей оптимальную не более чем в 1,25 раза.

2. Конструкции дорожной одежды и земляного полотна

2.1. При проектировании теплоизолирующего слоя, являющегося нижним слоем оснований дорожной одежды, ширину его следует назначать такой, чтобы она превышала ширину проезжей части на 0,5-2 м, в целях изоляции последней от действия холода со стороны обочин (см.рисунок). При возможности пучения грунта на обочинах больше допустимого теплоизолирующий слой должен перекрывать всю обочину.



Конструкции дорожной одежды и земляного полотна при использовании грунтов повышенной влажности в пределах рабочего слоя: 1 - цементобетонное покрытие толщиной 20-24 см; 2 - слой песка (25-30 см), укрепленный в верхней части цементом (3); 4 - теплоизолирующий слой из пенопласта (5-10 см); 5 - прослойка из геотекстильного материала (0,15-0,30 см); 6 - верхний слой (50 см) земляного полотна; 7 - нижний слой земляного полотна

Ввиду того, что теплоизоляционные материалы изменяют температурный режим покрытия и могут вы-

звать гололедицу на проезжей части, место расположения теплоизолирующего слоя следует выбирать так, чтобы обеспечить идентичный режим дорожных одежд с теплоизолирующими слоями и без них. Теплоизолирующие слои из пенопласта разрешается располагать на глубине не менее 0,5 м от поверхности покрытия: в этом случае частота образования гололедицы на участке с теплоизолирующим слоем не превышает 10% по сравнению с участком, имеющим традиционную конструкцию дорожной одежды.

Толщину слоя пенопласта следует назначать исходя из необходимости сохранения грунта в нижней части земляного полотна с коэффициентом уплотнения менее 0,95 и в зоне капиллярной каймы над горизонтом грунтовых вод или верховодки - в непромороженном состоянии.

2.2. Для отвода воды из-под теплоизолирующего слоя и уменьшения неравномерности пучения и осадки грунта следует укладывать пенопласт на прослойку из геотекстиля. Такую прослойку следует устраивать на всю ширину земляного полотна с выпуском на откосы насыпи или в подкюветный дренаж в выемках.

Толщина дренирующей прослойки из геотекстиля должна быть достаточной, чтобы отводилась вода, поступающая в основание дорожной одежды от атмосферных осадков, выпадающих на поверхность проезжей части и обочин, и отжимаемая из грунта при его осадке после оттаивания и под действием динамической нагрузки. Расчет толщины прослойки следует проводить согласно "Методическим рекомендациям по проектированию оптимальных конструкций земляного полотна автомобильных дорог на основе методов регулирования водно-теплового режима".

2.3. Для устройства теплоизолирующих слоев рекомендуется применять полистирольные пенопласты ПС-4-60, стайрофоум и другие пенопласты, удовлетво-

ряющие следующим требованиям: напряжение сжатия при 10%-ной деформации - не менее 0,25 МПа, предел прочность при изгибе - не менее 0,5 МПа, водопоглощение по объему-не более 1,5%, коэффициент теплопроводности - не более 0,05 Вт/(м·К).

Для устройства дренирующей прослойки следует использовать бидим, дорнит и другие геотекстильные материалы с коэффициентом фильтрации не менее 20 м/сут (с учетом заиления) и минимальной толщиной 1,5 мм под нагрузкой 200 кПа.

2.4. Полотнища геотекстильного материала следует укладывать на спланированное и уплотненное земляное полотно. Необходимо обеспечить поперечный уклон дренирующей прослойки не менее 20%о. Полотнище материала скрепляют скобами при ширине нахлеста 0,1 м.

Пенопласт следует укладывать на прослойку из геотекстиля, обеспечивая равномерное опирание плит на поверхность земляного полотна. При необходимости следует выравнивать поверхность земляного полотна песком.

При двухъ-, трехъярусном теплоизолирующем слое швы нижележащего ряда плит необходимо перекрывать вышележащими плитами. Края теплоизолирующего слоя закрепляют кольями. Слой песка над плитами пенопласта должен отсыпаться на толщину не менее 0,25 м в плотном теле по способу "от себя". При переходе к участкам дорог без теплоизолирующего слоя необходимо постепенно уменьшать толщину плит пенопласта на протяжении не менее 10 м. При отсутствии пенопласта разной толщины следует укладывать плиты в шахматном порядке с окнами без плит.

2.5. Для устройства дополнительного слоя дорожной одежды над теплоизолирующим слоем из пенопласта допускается использовать местные слабопучинистые песчаные грунты с коэффициентом фильтрации не менее 0,2 м/сут и с содержанием пыли и глины не более 10%.

3. Расчет значений плотности, влажности, пучения и осадки грунтов

3.1. Расчет значений плотности, влажности, пучения и осадки грунтов следует проводить согласно "Методическим рекомендациям по расчету водно-теплового режима для разработки оптимальной конструкции земляного полотна автомобильных дорог" (Союздорнии. М., 1983).

Для прогноза необходимы следующие исходные данные: местоположение дороги (область, район, пункт); тип увлажнения рабочего слоя земляного полотна, расчетный уровень залегания грунтовых вод и верховодки; конструкция дорожной одежды (материалы, толщина и плотность слоев); грунтовый разрез земляного полотна и естественного основания (характеристика грунта по дорожной классификации и толщина слоев из этих грунтов) до глубины 2 м от верха покрытия и ниже-до горизонта грунтовых вод или верховодки; влажность грунта в карьере; максимальная плотность грунта по данным пробного уплотнения при влажности, равной влажности грунта в карьере; плотность грунтов естественного основания по данным изысканий в конце осени.

При отсутствии данных пробного уплотнения грунтов земляного полотна можно принимать значения их плотности согласно рисунку, приведенному в настоящих Методических рекомендациях.

При отсутствии данных полевых испытаний грунтов естественного основания допускается принимать значения плотности скелета грунта равными 0,9 максимальной плотности для песков, супеси и пылеватых суглин-

ков и 0,95 максимальной плотности по методу стан - дартного уплотнения для непылеватых суглинков и глин. Влажность грунтов естественного основания допускается принимать равной капиллярной влагоемкости, в пределах залегания грунтовых вод или верховодки - полной влагоемкости.

3.2. Расчет следует начинать с установления толщины теплоизолирующего слоя из пенопласта, при которой глубина промерзания грунта равна 0,5 м от низа дорожной одежды. При этом термическое сопротивление дорожной одежды $R_{од}$ ((м^{2}К)/Вт) с теплоизолирующим слоем из пенопласта рекомендуется определять по формуле

$$R_{од} = \frac{h_{од(экв)}}{\lambda_{экв}} + \frac{1}{\alpha} ,$$

где $$h_{од(экв)} = \sum_{i=1}^{i=n_{од}} \Delta h_{од(i)} \sqrt{\frac{\lambda_{экв}}{\lambda_{од(i)}}} ;$$

$$\lambda_{экв} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n_{од}} \Delta h_{од(i)}}{\sum_{i=1}^{i=n_{од}} \frac{\Delta h_{од(i)}}{\lambda_{од(i)}}} ;$$

α - коэффициент теплообмена на поверхности дорожной одежды, Вт/(м^2·К);

$n_{од}$ - количество конструктивных слоев дорожной одежды;

$\Delta h_{од(i)}$ - толщина отдельного слоя дорожной одежды, м;

$\lambda_{од(i)}$ - коэффициент теплопроводности отдельного слоя дорожной одежды, Вт/(м·К);

3.3. Плотность и влажность грунтов, их пучение и осадку предлагается рассчитывать в такой последовательности:

определяют температурное поле земляного полотна в зимний период и по данным его расчета устанавливают градиенты незамерзшей пленочной воды на глубине промерзания ($J_{нз(0)}$) и среднюю скорость промерзания грунта ($v_{пр}$, м/с);

определяют расход пленочной воды ($\bar{Q}_{p(0)}$, м^3/с), поступающей в мерзлый слой из талого грунта с влажностью выше оптимальной:

$$\bar{Q}_{p(0)} = 0{,}92\, K_{пуч}\, J_{нз(0)}\, f(p)\, \bar{\omega}_{гр},$$

где $K_{пуч}$ – коэффициент пучения грунта, м/с;

$f(p)$ – функция влияния давления от веса дорожной одежды и мерзлых слоев грунта на интенсивность пучения грунта;

$\bar{\omega}_{гр}$ – площадь поперечного сечения грунта, м^2; $\bar{\omega}_{гр} = 1$ м^2;

вычисляют расход собственно капиллярной воды в талом грунте на границе мерзлого слоя ($Q_{p(A,z)}$, м^3/с):

$$Q_{p(A,z)} = \frac{(W_0 - W_{опт})(\rho_{ск(0)}\bar{\omega}_{гр})}{4\rho_в}\left[K'_{w(n)}\left(\frac{q'_{к(n)}}{(\vartheta_{ск}+U')\rho_в g} - \frac{\vartheta_{ск}}{\vartheta_{ск}+U'}\right) + \right.$$

$$\left. + \ldots + K^{IV}_{w(n)}\left(\frac{q^{IV}_{к(n)}}{(\vartheta_{ск}+U^{IV})\rho_в g} - \frac{\vartheta_{ск}}{\vartheta_{ск}+U^{IV}}\right)\right], \qquad (1)$$

где $U' = \sum_{i=0}^{i=n-1} \Delta\vartheta_i \left(\frac{4K'_{w(n)}}{\xi'_i K'_{w(i)} + \ldots + \xi^{IV}_i K^{IV}_{w(i)}}\right) - \sum_{i=0}^{i=n-1} \Delta\vartheta_i$;

$$U^{IV} = \sum_{i=0}^{i=n-1} \Delta\vartheta_i \left(\frac{4K^{IV}_{w(n)}}{\xi'_i K'_{w(i)} + \ldots + \xi^{IV}_i K^{IV}_{w(i)}}\right) - \sum_{i=0}^{i=n-1} \Delta\vartheta_i;$$

W_0 – влажность грунта, из которого будет возводиться земляное полотно, доли единицы;

$\rho_{ск(0)}$ – плотность скелета грунта земляного полотна при строительстве дороги, кг/м^3;

$\rho_в$ – плотность воды, кг/м^3;

$K'_{w(n)}, K^{IV}_{w(n)}$ – коэффициенты просачивания воды в капиллярах соответственно 1 и 1У групп n-го слоя грунта, м/с;

$q'_{к(n)}, q^{IV}_{к(n)}$ – удельные движущие силы менисков воды в капиллярах соответственно 1 и 1У групп n-го слоя грунта, Па;

$З_{ск}$ – расстояние от горизонта грунтовых вод (верховодки) до середины промерзшего слоя грунта, м;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

i – индекс слоя грунта;

n – количество слоев грунта между горизонтом грунтовых вод (верховодки) и границей промерзания на рассматриваемый момент времени;

$\Delta З_i$ – толщина слоя грунта, м;

$K'_{w(i)}, K^{IV}_{w(i)}$ – коэффициенты просачивания воды в капиллярах соответственно 1 и 1У групп i-го слоя грунта, м/с;

ξ'_i, ξ^{IV}_i – коэффициенты, характеризующие степень заполнения водой капилляров 1 и 1У групп грунта (при просачивании воды на всю толщину слоя грунта $\xi_i = 1$, в остальных случаях $\xi_i = 0$);

вычисляют расход капиллярно-подвешенной воды в талом грунте на границе мерзлого слоя ($Q_{р(А,z)}$, м^3/с):

$$Q_{р(А,z)} = \frac{(W_0 - W_{опт})\,\rho_{ск(0)}\,\bar{\omega}_{гр}}{4\rho_в}\left[K'_{w(n)}\left(\frac{\tilde{q}'_{к(n)}}{З_{кп}\rho_в g} - 1\right) + \right.$$

$$+ K''_{w(n)}\left(\frac{\bar{q}''_{к(n)}}{\delta_{кп}\rho_в g} - 1\right) + K'''_{w(n)}\left(\frac{\bar{q}'''_{к(n)}}{\delta_{кп}\rho_в g} - 1\right)\Bigg], \qquad (2)$$

где

$$\bar{q}'_к = q'_к - q_{min};\ \bar{q}''_к = q''_к - q_{min};\ \bar{q}'''_к = q'''_к - q_{min};\ q_{min} = q^{IV}_к;$$

$\delta_{кп}$ – среднее расстояние, на которое перемещается капиллярно-подвешенная вода, м; $\delta_{кп}$ принимают равным половине толщины промерзшего слоя грунта.

При 1-м и 2-м типах увлажнения рабочего слоя земляного полотна расчет $Q_{p(A,z)}$ проводят по формуле (2), при 3-м типе – по формулам (1) и (2), принимая в качестве расчетной наибольшую величину расхода воды;

определяют влажность грунта W'_0 (доли единицы) под границей промерзания после оттока воды из талого грунта в мерзлый слой (значение W'_0 должно быть не менее $W_{0пт}$):

$$W'_0 = W_0 - \frac{(Q_{p(0)} - Q_{p(A,z)})\rho_в}{\rho_{ск(0)}\, V_{пр}\, \bar{\omega}_{гр}};$$

вычисляют усадку грунта при промерзании:

$$e_{усад} = 1 - \frac{1 + \alpha_{усад} W'_0}{1 + \alpha_{усад} W_0};$$

$$h_{ус(п)} = 10^2 \Delta \delta_i e_{усад},$$

где $e_{усад}$ – относительное значение усадки грунта при промерзании, доли единицы;

$\alpha_{усад}$ – коэффициент линейной усадки грунта;

$h_{ус(м)}$ – усадка грунта в пределах мерзлого слоя земляного полотна, см;

устанавливают плотность скелета грунта ($\rho'_{ск(0)}$, кг/м^3) под границей промерзания после оттока воды из талого грунта в мерзлый слой:

$$\rho'_{ск(0)} = \rho_{ск(0)} / (1 - e_{усад}) \ ;$$

вычисляют критическую влажность грунта ($W_{кр}$, доли единицы), при которой воздухоемкость мерзлого грунта равна нулю:

$$W_{кр} = \frac{0{,}92\,\rho_в}{\rho'_{ск(0)}} - \frac{0{,}92\,\rho_в}{\rho_{гр}} + 0{,}08\,W_{нз} \ ,$$

где $\rho_{гр}$ – плотность частиц грунта, кг/м^3;

$W_{нз}$ – количество незамерзшей воды, доли единицы;

определяют средний расход пленочной воды ($\bar{Q}_{р(0)ср}$, м^3/с), поступающей из талого грунта в мерзлый слой:

$$\bar{Q}_{р(0)ср} = \bar{Q}_{р(0)} \quad \text{при} \quad W'_0 > W_{опт} \ ;$$

$$\bar{Q}_{р(0)ср} = Q_{р(A,z)} + \frac{(W_0 - W_{опт})\,\rho_{ск(0)}\,\bar{\omega}_{гр}\,\upsilon_{пр}}{\rho_в} \quad \text{при} \quad W'_0 = W_{опт} \ ;$$

вычисляют влажность грунта в мерзлом слое земляного полотна под дорожной одеждой ($W_м$, доли единицы):

$$W_м = W_0 + \frac{\bar{Q}_{р(0)}\ \rho_в}{\rho'_{ск(0)}\ \upsilon_{пр}\bar{\omega}_{гр}} \ ;$$

рассчитывают пучение мерзлого слоя грунта в результате миграционного льдонакопления ($h_{пуч(0)}$, см):

$$h_{пуч(0)} = 1{,}09 \cdot 10^2 \Delta \vartheta_i \left[\frac{\bar{Q}_{р(0)ср}}{v_{пр} \bar{w}_{гр}} - \frac{(W_{кр} - W_0') \rho'_{ск(0)}}{\rho_в} \right];$$

определяют пучение грунта ($h_{пуч}$, см):

$$h_{пуч} = h_{пуч(0)} - h_{ус(м)} - h_{ус(т)},$$

где $h_{ус(т)}$ – усадка грунта в зимний период в пределах талого слоя земляного полотна, см.

При промерзании многослойной грунтовой толщи $h_{пуч(0)}$ и $h_{ус(м)}$ определяют для каждого слоя и суммируют. Усадка грунта в зимний период в пределах талого слоя земляного полотна сравнительно невелика, и ею можно пренебречь в запас прочности земляного полотна;

вычисляют осадку оттаявших грунтов весной в зависимости от их разновидности, плотности перед промерзанием, размера пучения и нагрузки на слой земляного полотна;

вычисляют усадку грунтов, принимая их влажность в летний период равной оптимальной при 1-м и 2-м типах увлажнения рабочего слоя земляного полотна и равной капиллярной влагоемкости при 3-м типе увлажнения.

3.4. При величине пучения более допустимого поднятия покрытия в зимний период следует увеличить толщину теплоизолирующего слоя из пенопласта или изменить конструкцию дорожной одежды и земляного полотна и повторить расчет. То же необходимо сделать, если суммарное значение осадки и усадки грунтов превышает допустимое опускание покрытия весной и летом.

4. Учет влияния повторных нагрузок на сдвигоустойчивость глинистых грунтов

4.1. При оценке сдвигоустойчивости глинистых грунтов рекомендуется определять их сцепление по следующим формулам:

$$C_{wN} = C_w^{cm} - \xi_1 \lg N \quad \text{при} \quad N \leq 10^4;$$

$$C_{wN} = \bar{C}_{wN} - \xi_2 (\lg N - 4) \quad \text{при} \quad N > 10^4,$$

где $C_{wN}, \bar{C}_{wN}$ – расчетное сцепление грунта в условиях динамического воздействия нагрузки от транспорта соответственно при ожидаемом количестве проходов автомобиля и при $N = 10^4$, МПа;

C_w^{cm} – статическая расчетная величина сцепления грунта, МПа;

ξ_1, ξ_2 – коэффициенты, характеризующие интенсивность снижения сцепления грунта соответственно при $N \leq 10^4$ и $N > 10^4$;

N – суммарное количество проходов расчетного автомобиля по одной полосе проезжей части за расчетный период;

$$N = N_{пр}\, t\, T_{кр};$$

$N_{пр}$ – перспективная интенсивность движения расчетных автомобилей на проектируемой автомобильной дороге, авт./сут;

t – продолжительность расчетного периода влияния нагрузки от транспорта, сут;

$T_{кр}$ – срок службы автомобильной дороги между капитальными ремонтами, годы.

4.2. Сдвигоустойчивость глинистых грунтов требуется устанавливать для двух периодов влияния нагрузки от транспорта:

1) при $W = W_{расч}$, $t = t_в$,

где $W_{расч}$ – влажность грунта в весенний период расчетного года;

$t_в$ – продолжительность весны, сут.

Величину $W_{расч}$ можно принять равной $W_м$;

2) при $W = W_0$, $t = (T - T_{зим})\, T_{кр}$,

где T – продолжительность года, сут (T =365 сут);

$T_{зим}$ – продолжительность зимы, сут.

Величину C_{wN} определяют отдельно для каждого периода влияния нагрузки от транспорта.

В расчет вводят наименьшее значение C_{wN}.

4.3. При ориентировочной оценке сдвигоустойчивости глинистых грунтов допускается включать в расчет значения сцепления по таблице в зависимости от отношения W/W_L, где W_L – влажность грунта на границе текучести.

Грунт	$\frac{W}{W_L}$	E, МПа	φ, град	C_w^{cm}, МПа	ξ_1	ξ_2	C_{wN}, МПа, при N		
							10^4	10^5	10^7
Суглинок легкий	0,60	60	18	0,102	0,0105	0,0026	0,060	0,057	0,052
	0,65	42	10	0,084	0,0090	0,0022	0,048	0,046	0,041
	0,70	34	6	0,064	0,0075	0,0018	0,034	0,032	0,029
	0,75	28	4	0,045	0,0060	0,0014	0,021	0,020	0,017
	0,80	24	3	0,028	0,0045	0,0010	0,010	0,009	0,007
Глина пылеватая	0,50	45	9	0,098	0,0100	0,0012	0,058	0,057	0,054
	0,55	38	6	0,083	0,0091	0,0011	0,047	0,046	0,043
	0,60	30	4	0,067	0,0081	0,0010	0,035	0,034	0,032
	0,65	25	0	0,053	0,0072	0,0009	0,024	0,023	0,021
	0,70	19	0	0,038	0,0063	0,0008	0,013	0,012	0,010

gost.e-ecolog.ru