МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ НЕТКАНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

Москва 1981

gost.e-ecolog.ru

Министерство транспортного строительства

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ НЕТКАНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

Одобрены Минтрансстроем

Москва 1981

УДК 625.731.9:662.998.677

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НЕТКАНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ. Союздорнии. М., 1981.

Разработана система технических требований к нетканым синтетическим материалам (НСМ), предназначенным для использования в дорожном строительстве, включающая показатели физико-механических свойств и методы их определения.

Предложены различные варианты конструктивно-технологического использования НСМ при сооружении земляного полотна постоянных и временных дорог на слабых грунтах. Изложены методы расчета таких конструкций, показаны условия их применения, принципы и цели использования и особенности работы НСМ в насыпях автомобильных дорог.

Даны указания по технологии устройства текстильных прослоек различного назначения. Приведены примеры расчета конструкций с прослойками из НСМ.

Табл.8, рис.15.

© Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт, 1981

УДК 625.731.9:662.998.677

Предисловие

Применение в конструкциях автомобильных дорог прослоек из нетканых синтетических материалов (НСМ) – новое направление в отечественной и зарубежной практике дорожного строительства. Наибольшее развитие это направление получило при сооружении дорог на слабых минеральных грунтах и болотах, прежде всего при освоении обширных территорий Западной Сибири, Нечерноземного Центра и Севера европейской части СССР, где использование НСМ обеспечивает существенное снижение стоимости и повышение темпов строительства, сокращение затрат труда, материалов и объемов транспортных перевозок.

Исследование особенностей работы и возможностей использования прослоек из НСМ в конструкциях дорог на слабых грунтах проводилось в Союздорнии с 1974 по 1980г. и включало разработку конструкций земляного полотна с прослойками, методов их расчета и технологии сооружения, создание НСМ дорожного назначения, разработку методов их испытаний и организацию промышленного выпуска, опытно-экспериментальную проверку и практическое внедрение конструктивно-технологических решений. Исследования проводились совместно с Гипротюменнефтегазом Миннефтегазпрома, его Свердловским филиалом и ВНИИстройполимером Минпромстройматериалов СССР при участии научно-исследовательских и проектных институтов: ВНИИНТМ Минлегпрома, ВНИИМСВ Минлегпищемаша, ЦНИИМЭ Минлесбумпрома СССР, Союздорпроекта; строительных трестов "Нижневартовскдорстрой", "Тюмендорстрой", УС "Москва–Рига" Минтрансстроя, "Нижневартовскнефтеспецстрой" и "Сургутнефтеспецстрой" Миннефтегазпрома, а также предприятий-изготовителей НСМ: Ростокинской фабрики нетканых материалов Союзглавторресурсов, Ирпенского комбината "Прогресс" и объединения "Гомельстройматериалы".

На основе проведенных исследований, изучения зарубежного и отечественного опыта использования НСМ в строительстве, результатов практической проверки предложенных конструкций разработаны настоящие "Методические рекомендации по применению нетканых синтетических материалов при строительстве автомобильных дорог на слабых грунтах". В них отражены виды и свойства НСМ дорожного назначения, конструкции земляного полотна с прослойками из НСМ, приведены методики и примеры расчета, а также технология устройства конструкций с текстильными прослойками. При разработке "Методических рекомендаций" использованы изобретения по авторскому свидетельству № 718523 и по заявке № 2729778/29-33.

"Методические рекомендации" разработали канд. техн. наук А.Г.Полуновский, докт.техн.наук В.Д.Казарновский, инж. Б.П.Брантман (Союздорнии), канд.техн.наук Н.В.Табаков (Гипротюменнефтегаз) при участии кандидатов технических наук С.Н.Вассермана (Гипротюменнефтегаз), Г.Д.Михайлова (Свердловский филиал Гипротюменнефтегаза), С.Д.Федотова (ВНИИстройполимер), инженеров В.М.Костикова (Главзапсибдорстрой), В.Г.Лейтланда (трест "Нижневартовскдорстрой"), А.Е.Мерзликина (Союздорнии), А.И.Олещука (Гипротюменнефтегаз), А.С.Растворцева (УС "Москва-Рига"), В.С.Симоненко (Главтюменнефтегаз), Б.С.Трайкова (Московский текстильный институт).

Замечания по данной работе просьба направлять по адресу: 143900, Московская обл., г.Балашиха-6, Союздорнии.

I. Общие положения

1.1. "Методические рекомендации по применению нетканых синтетических материалов при строительстве автомобильных дорог на слабых грунтах" составлены в развитие СНиП III-40-78 "Автомобильные дороги. Правила производства и приемки работ" и предназначены для применения при проектировании и сооружении автомобильных дорог общей сети, временных автомобильных дорог, подъездных путей и промышленных дорог на участках распространения слабых грунтов - торфов, илов, переувлажненных глинистых грунтов, а также при строительстве дорог специального назначения (нефтепромысловых, лесных, сельскохозяйственных) и возведении гидротехнических, мелиоративных и других сооружений.

1.2. Наряду с конструкциями земляного полотна с применением НСМ, рекомендуемыми для широкого внедрения, и стандартными методами испытаний НСМ, в "Методические рекомендации" включены также конструктивные решения, предлагаемые для широкой опытной проверки, и нестандартные способы оценки физико-механических свойств НСМ.

1.3. В конструкциях автомобильных дорог на слабых грунтах НСМ используют в качестве прослоек, укладываемых в земляное полотно на контакте слоев различных видов грунтов или материалов, а также под покрытиями из сборных железобетонных плит. НСМ работает в конструкции как армирующий, дренирующий и фильтрующий элемент.

1.4. Применение НСМ при строительстве дорог на слабых грунтах позволяет уменьшить расход дренирующих материалов и грунтов; заменить привозные грунты местными; снизить объемы перевозок и транспортные расходы; сократить сроки строительства; повысить эксплуатационную надежность и срок службы дорожных конструкций.

Вопрос о целесообразности и эффективности использования НСМ при строительстве автомобильной дороги необхо-

димо решать на основе технико-экономического сравнения традиционного и предлагаемого вариантов с обязательным учетом сроков строительства, темпов производства работ, транспортных расходов, затрат труда и материалов.

1.5. Нетканые синтетические материалы - водопроницаемые рулонные текстильные полотна различного вида, выработанные из синтетических волокон. В "Методических рекомендациях" рассматриваются как НСМ, выпускаемые специально для дорожного строительства, так и НСМ, имеющие иное назначение, но по своим свойствам отвечающие требованиям настоящих "Методических рекомендаций" и пригодные для использования в дорожном строительстве (приложение 1).

1.6. Укладку прослоек из НСМ следует относить к скрытым работам с оформлением акта на скрытые работы и с обязательной регистрацией при этом качества полотна НСМ, его сплошности, однородности, способа стыковки полотен, паспортных данных НСМ и результатов контрольных испытаний его заказчиком (производителем работ).

При определении норм расхода НСМ следует учитывать, что при укладке полотен на спланированное основание допускается его перерасход в размере 3-5% длины участка и в размере 10% - при укладке на неподготовленное основание. Допустимый перерасход по ширине вследствие нахлеста полотен указан в разд.4 настоящих "Методических рекомендаций".

2. Виды и свойства НСМ

2.1. Технические требования к НСМ, предназначенным для использования в дорожном строительстве, должны предусматривать оценку физико-механических свойств полотен по массе, толщине, однородности, ширине, прочности и деформативности при растяжении, сжимаемости, водопроницаемости, устойчивости к различным воздействиям.

2.2. Масса НСМ m ($г/м^2$) служит показателем материалоемкости и учитывается при назначении длины полотна в рулоне. Массу выражают в виде характеристики, приведенной к 1 $м^2$ полотна, и определяют в соответствии с ГОСТ 15902.1–70 "Полотна нетканые. Методы определения линейных размеров и массы" взвешиванием образца размером 500х500 мм с увеличением полученного результата в 4 раза.

Для сопоставления различных видов НСМ в конструкциях армирующего типа и оценки их материалоемкости и технологичности НСМ может быть использован показатель приведенной массы $m_{пр}$, представляющий собой отношение массы m НСМ к удельному разрывному усилию P_p (прочность полосы шириной 1 см, см. п.2.6 настоящих "Методических рекомендаций"):

$$m_{пр} = \frac{m}{P_p} . \qquad (1)$$

2.3. Толщина НСМ определяет его способность выполнять дренирующие функции, а также удобство транспортирования НСМ (объем рулона). Толщину (мм) определяют на образце размером 50х200 мм, равномерно пригруженном нагрузкой 1Н, как среднее из замеров каждой из четырех сторон образца, с помощью толщиномера, отвечающего требованиям ГОСТ 11358–78 "Толщиномеры индикаторные с ценой деления 0,01 и 0,1 мм. Типы, основные параметры и размеры. Технические требования".

В условиях строительных организаций для замеров толщины пригруженных образцов допускается использовать штангенциркуль.

2.4. Однородность НСМ служит одним из критериев качества и эксплуатационной надежности. Показателем однородности является выраженное в процентах отклонение толщины или массы по площади полотна. Это отклонение не должно превышать 25% в сторону уменьшения от среднего значения. Наличие дыр на полотне недопустимо.

2.5. Ширина полотна НСМ оказывает большое влияние

на технологичность, трудоемкость и экономичность дорожной конструкции с текстильными прослойками. Ширину-расстояние между продольными кромками текстильного полотна-измеряют с точностью до 1 см. При укладке без сшивки продольных стыков допускается применять полотна с необрезанными кромками, ширина которых может колебаться в пределах 50 мм.

2.6. Прочность – основная характеристика НСМ, определяющая способность его выполнять армирующую функцию и сохранять сплошность в процессе строительства и эксплуатации дороги. Прочность определяют согласно ГОСТ 15902.3–79 "Полотна текстильные нетканые. Методы определения прочности" испытанием на разрывной машине образцов шириной 50 мм и длиной 200 мм и выражают величиной удельного разрывного усилия P_p, приходящегося на 1 см ширины образца (Н/см). Образцы испытывают на растяжение вдоль и поперек полотна. Соотношение прочности в продольном $P_p^{пр}$ и поперечном $P_p^{п}$ направлениях характеризует коэффициент изотропности по прочности $И_p$

$$И_p = \frac{P_p^{пр}}{P_p^{п}}.$$

Коэффициент изотропности должен быть равен или менее 1,5.

2.7. Деформативность, как и прочность, определяет армирующий эффект текстильной прослойки и способность ее противостоять местным прорывам.

Деформативность характеризуется относительным удлинением при разрыве или условным модулем деформации.

Относительное удлинение ε измеряется в процессе испытания образца НСМ на растяжение (см. п.2.6 настоящих "Методических рекомендаций") на базе 100 мм и выражается процентным отношением удлинения срединного участка образца длиной при разрыве ℓ_p к первоначальной длине ℓ_o

$$\varepsilon = \frac{\ell_p - \ell_o}{\ell_o} 100.$$

Относительное удлинение измеряют в продольном и поперечном направлениях, причем соотношение этих показателей (изотропность по деформациям U_ε) не должно быть больше 1,5.

Условный модуль деформации E представляет собой отношение прочности к относительному удлинению и определяется в процессе испытания образцов на растяжение

$$E = \frac{P}{\varepsilon} \cdot 100 = \frac{P_p \ell_o}{\ell_p - \ell_o} \cdot 100. \qquad (2)$$

2.8. Сжимаемость НСМ оценивают отношением толщины полотна при нагрузке 0,05 МПа или иной заданной нагрузке к исходной толщине и выражают в процентах. Сжимаемость НСМ необходимо учитывать при оценке дренирующей и теплоизолирующей способности текстильной прослойки. Испытывают на сжимаемость только иглопробивные НСМ толщиной свыше 3 мм.

2.9. Водопроницаемость НСМ оценивается величиной коэффициента фильтрации. Следует различать поперечную и продольную водопроницаемость.

Поперечную водопроницаемость определяют в приборе типа "ПКФ-Союздорнии" по методике, сходной с принятой для песка. Цилиндр прибора заполняют заданным количеством образцов НСМ, диаметр которых на 1-2 мм больше внутреннего диаметра цилиндра. Перед опытом образцы снизу насыщают водой для удаления воздуха.

Продольную водопроницаемость определяют в прямоугольной камере, пропуская воду вдоль пачки из двух - четырех образцов, сжатых давлением 0,1-0,01 МПа. Образцы предварительно насыщают водой, после чего открывают кран расходного бачка и начинают пропускать воду порциями по 30 $см^3$, фиксируя время истечения воды.

Коэффициент поперечной и продольной фильтрации K_ϕ (м/сут) определяют по формуле

$$K_\phi = \frac{864\, Q}{t \pi F T}, \qquad (3)$$

где Q – расход воды, $см^3$;

t – время истечения, с;

J – градиент фильтрации;

F – площадь сечения образцов, $см^2$;

T – температурная поправка, принимаемая в соответствии с методикой испытания грунтов.

2.10. Устойчивость НСМ представляет собой комплексный показатель, выражаемый отношением прочности НСМ, подвергавшегося агрессивным воздействиям (биологическим, химическим, температурным, радиационным), к его исходной прочности.

В связи с отсутствием стандартных методов оценки устойчивости НСМ дорожного назначения допускается сравнительная оценка показателей устойчивости к различным видам агрессивных воздействий по индивидуальным методикам или использование данных, полученных для различных видов синтетических волокон. Устойчивость НСМ из смеси различных волокон следует определять, обязательно учитывая состав смеси.

2.11. Кроме рассмотренных основных показателей физико-механических свойств, НСМ характеризуют специальные показатели в зависимости от особенностей работы прослойки из НСМ в дорожной конструкции: пористость, размеры пор, фильтрационная способность, капиллярное поднятие, сопротивление прокалыванию, угол трения по грунту, выносливость при многократном продавливании и др.

Величины этих показателей и методы их определения при отсутствии стандартных методик назначают для каждого конкретного вида конструкции индивидуально.

2.12. Пористость НСМ, т.е. процентное содержание пор n, определяют по формуле

$$n = 100\left(1 - \frac{m \cdot 10^{-4}}{\rho\, d_p}\right), \qquad (4)$$

где ρ – плотность волокна, $г/см^3$;

d_p – толщина полотна при данной уплотняющей нагрузке, см.

Плотность полипропиленового волокна принимают равной 0,9 г/см^3, полиамидного-1,14 г/см^3, полиэфирного-1,38 г/см^3.

Структуру пористости (размеры пор и их относительное количество) можно приближенно оценить по величине капиллярного поднятия. Для этого в цилиндр диаметром 60 мм помещают пачку круглых образцов материала общей толщиной не менее 80 мм (или не менее высоты капиллярного поднятия). Внутреннюю поверхность цилиндра смазывают вазелином, чтобы избежать капиллярного подтягивания воды вдоль нее. Снизу пачку постоянно смачивают дистиллированной водой со смачивателем ОП-7. Через сутки пачку вынимают и определяют массу воды в каждом i -м образце m_i .

Радиус капилляров r_i рассчитывают по формуле

$$r_i = \frac{K_к}{h_i}, \qquad (5)$$

где $K_к = const = 2{,}65 \cdot 10^{-2}$ см^2;

h_i – расстояние от поверхности воды до верхнего края i -го образца, см.

Площадь капилляров i -го образца S_i устанавливают по выражению

$$S_i = \frac{m_i - m_{i+1}}{h_i \rho_в}, \qquad (6)$$

где $\rho_в$ – плотность воды, $\rho_в = 1$ г/см^3.

По величинам r_i и S_i в процентах от ΣS_i строят кривую распределения пор по радиусам.

2.13. Фильтрационная способность НСМ характеризуется размерами частиц, проникающих сквозь поры материала вместе с суспензией грунта. Фильтрационную способность определяют в приборе, имеющем цилиндрический корпус, разделенный диафрагмой из испытываемого НСМ. Сквозь диафрагму пропускают суспензию испытываемого грунта, в котором в дальнейшем будет работать прослойка.

Напор поддерживают в пределах 0,02–0,1 МПа, стараясь добиться соответствия реальному ожидаемому напору. При оценке фильтрационной способности необходимо принимать во внимание не только количество пропущенных фильтром частиц, но и количество частиц, задержанных на фильтре или внутри него. По этим показателям и по расходу суспензии можно судить об эффективности и долговечности работы фильтра из НСМ.

2.14. Устойчивость НСМ против прокалывания определяют в случае, если текстильная прослойка укладывается на контакте с крупнозернистым материалом (щебнем или гравием) и подвергается в процессе строительства или эксплуатации воздействию значительных нагрузок. Методика испытания следующая: диафрагму прямоугольной формы размером 15х20 см из НСМ помещают между двумя слоями гранитного щебня фракции 20–40 мм в форме и обжимают под прессом давлением, соответствующим расчетному, но не менее 0,1 МПа. После обжатия образец НСМ разрезают на три полоски шириной 5см и испытывают на растяжение. Устойчивость против прокалывания выражается отношением прочности НСМ после испытания к исходной прочности.

2.15. Угол трения НСМ по грунту служит для оценки защемления полотна в грунтовом массиве и может быть использован в расчетах длины заделки армирующих прослоек, а также ширины перекрытия полотен при стыковке внахлестку.

Угол трения НСМ определяется на приборе плоского среза с прямоугольной в плане кареткой, сквозь прорезь в которой полоса НСМ с помощью нагрузочного устройства прибора вытягивается из грунтового образца, внутрь которого она помещена.

Для иглопробивных НСМ, выработанных из штапельных волокон или расплава полимера, угол трения по грунту может быть принят равным углу внутреннего трения грунта, окружающего прослойку из НСМ.

2.16. Выносливость при повторном нагружении оценивают при испытаниях НСМ на многократное продавливание, которое проводят на пульсаторе ПД-5М путем многократного нагружения образца постоянной нагрузкой величиной 100 Н с заданной амплитудой 4 мм, фиксируя стрелу прогиба, по которой судят о нарушении прочности НСМ. Число циклов нагружения N_6, которые выдерживают НСМ, сравнивают с общим количеством циклов, устанавливаемым в зависимости от приведенной расчетной среднесуточной интенсивности движения N и срока службы дороги t. Критерием допустимости использования НСМ в конструкции автомобильной дороги является выполнение условия $N_6 \geqslant 130\,Nt$.

2.17. При выборе и разработке новых видов НСМ для использования в различных вариантах конструкций автомобильных дорог за основу могут быть приняты ориентировочные требуемые показатели свойств НСМ, приведенные в табл.1, которые следует уточнять в зависимости от особенностей конструктивных решений, принятой технологии и условий работы материала в земляном полотне. НСМ, не удовлетворяющие каким-либо требованиям по устойчивости к агрессивным воздействиям, можно укладывать в конструкцию при условии, что будут приняты специальные меры, исключающие данный вид воздействия, или проведена дополнительная обработка материала с целью повысить его устойчивость и срок службы.

2.18. НСМ транспортируют и хранят в условиях, исключающих попадание на них воды, пыли, солнечных лучей, в соответствии с правилами, указанными в технических условиях "Материал нетканый на основе синтетических волокон для дорожного строительства - дорнит" ТУ 21-29-81-79. НСМ поставляют в рулонах. Допускается поставка до 10% рулонов, состоящих из двух полотен, при длине каждого из них не менее 25 м.

В строительной организации партии НСМ должны пройти приемочный контроль в соответствии с правилами, вклю-

Таблица 1

Свойства НСМ	Назначение НСМ				Повышение гидродинамической устойчивости сборных покрытий	Укрепление обочин	Обеспечение временного проезда
	Ускорение консолидации		Обеспечение устойчивости насыпей				
	основания насыпи	тела насыпи	общей (основания и откосов)	эрозионной			
Масса, г, не более	–	–	–	200	500	500	–
Толщина, мм, не менее	4	4	–	–	3,5	–	–
Ширина, м, не менее	1,7	1,7	5	2,5	1,0	2,5	4
Прочность, Н/см, не менее	40	20	70	40	70	70	70
Удлинение при разрыве, %	70–120	70	<50	–	<100	<100	70–120
Условный модуль деформации, Н/см	30–60	30	>150	–	>70	>50	50
Водопроницаемость, м/сут, не менее	100	100	–	–	50	50	50
Устойчивость к агрессивным воздействиям,%	80	80	90	–	95	90	90

ченными в технические условия. Особое внимание следует обращать на сплошность полотна, отсутствие в нем дыр, пропусков при иглопробивке, прочность, деформативность, массу материала.

3. Конструкции земляного полотна с прослойками из НСМ на слабых грунтах

3.1. При строительстве автомобильных дорог на участках залегания слабых грунтов прослойки из НСМ целесообразно укладывать для следующих целей:

ускорение сроков устройства покрытия путем улучшения условий консолидации насыпи;

обеспечение устойчивости оснований и откосов насыпи;

улучшение условий работы слоев из зернистых материалов;

повышение устойчивости оснований из несвязных материалов под швами сборных покрытий;

сооружение временных дорог, подъездов, площадок, обеспечение проезда технологического транспорта.

Прослойка из НСМ в дорожной конструкции выполняет роль:

фильтра, препятствующего перемешиванию слоев несвязных и связных грунтов между собой при динамических воздействиях и задерживающего взвешенные в воде грунтовые частицы;

дрены, способствующей отводу воды из окружающего грунта с малым коэффициентом фильтрации, снижению порового давления и повышению плотности и прочности грунта;

армирующего элемента, перераспределяющего возникающие в грунтовом массиве напряжения и частично воспринимающего растягивающие напряжения.

При проектировании дорожных конструкций с прослойками из НСМ необходимо учитывать, что они одновременно могут выполнять несколько функций. Так, прослойка в основании насыпи может быть применена как технологичес -

кая мера – для улучшения условий проезда построечного транспорта и уплотнения грунта в нижней части насыпи, одновременно выполнять роль дрены, способствующей ускорению осадки слабого грунта в основании насыпи, и армирующего элемента, повышающего устойчивость насыпи.

В случае использования прослойки одновременно для разных целей необходимо, чтобы НСМ удовлетворял всем требованиям по соответствующим показателям.

Применение НСМ для ускорения сроков устройства покрытий

3.2. Сроки консолидации насыпей и устройства покрытий постоянных дорог могут быть ускорены с помощью прослойки из НСМ, предназначенной:

снижать поровое давление в слабом слое путем ускоренного отвода воды из основания;

улучшать условия сброса отжатой из основания воды в поперечном направлении за пределы насыпи;

перераспределять осадку по поперечному сечению насыпи с уменьшением ее по оси;

уменьшать неравномерность осадок основания насыпи, связанную с переменной глубиной болота;

способствовать выводу воды из тела насыпи, сооружаемой из переувлажненного грунта.

Одновременно с этим прослойка из НСМ может улучшать условия отсыпки и уплотнения насыпи (см.п.3.5 настоящих "Методических рекомендаций").

Толщина прослойки из НСМ, используемой в качестве дрены, под расчетной нагрузкой от вышележащих слоев должна быть не меньше 2 мм. В большинстве случаев этому условию удовлетворяют НСМ толщиной в ненагруженном состоянии не менее 3,5–4,0 мм. Толщину НСМ под расчетной нагрузкой устанавливают предварительно путем лабораторных испытаний НСМ на сжимаемость.

Дренирующую прослойку следует укладывать на тщательно спланированную поверхность. При отсыпке слоя поверх

прослойки должны быть приняты меры, исключающие местное обжатие НСМ при укатке насыпи или движении построечного транспорта и резкое уменьшение толщины прослойки, особенно под колеями, что может вызвать нарушение процесса дренирования.

Количество воды Q, которое может отвести прослойка из НСМ, определяют по формуле

$$Q = K_\varphi d J (1 - \lambda_p), \qquad (7)$$

где K_φ – коэффициент фильтрации НСМ в продольном направлении, уплотненного нагрузкой от веса насыпи p;

d – толщина материала в ненагруженном состоянии;

J – гидравлический градиент;

λ_p – относительная осадка материала под действием нагрузки p.

При использовании в роли самостоятельной дрены, устраиваемой в теле насыпи из слабодренирующих грунтов, полотна НСМ укладывают в виде сплошных прослоек, располагаемых в один или несколько рядов по всей ширине насыпи с поперечным уклоном 40 ‰ и выводом краев прослоек на откос.

3.3. При использовании для ускорения осадки основания дренирующие прослойки из НСМ укладывают непосредственно на естественный слабый грунт на ширину подошвы насыпи с запасом по 0,5 м в каждую сторону (рис.1). Полотна сшивают между собой либо укладывают внахлестку с перекрытием соседних полотен на величину

$$\delta = 15 + 0{,}2S, \qquad (8)$$

где S – расчетная осадка, см.

Сварка или склеивание полотен не допускаются.

Конструкцию с дренирующей прослойкой из НСМ рекомендуется применять в случае, если насыпь или ее нижняя часть отсыпаны из грунта с коэффициентом фильтрации менее 1 м/сут.

Прослойка из НСМ в этом случае может также выполнять роль фильтра, предотвращающего заиление песка в нижней части насыпи и обеспечивающего сохранение его фильтрационной способности на протяжении всего периода консолидации.

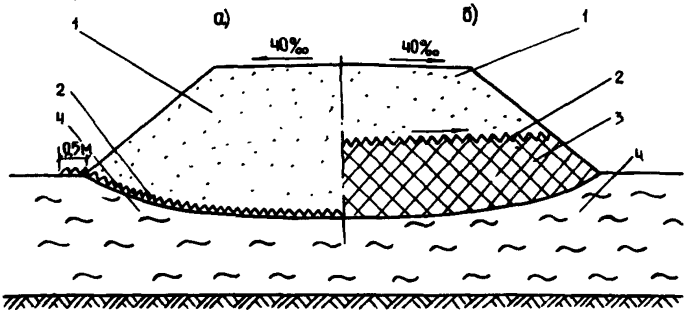


Рис.1. Конструкция насыпи на слабом грунте с прослойкой из НСМ в основании насыпи (а) или над нижней частью насыпи из местного грунта (б): 1–песчаная насыпь; 2–прослойка из НСМ; 3–местный насыпной грунт; 4–слабый грунт

При использовании прослойки из НСМ для ускорения осадки основания расчетную степень консолидации основания U_p, по достижении которой разрешается устраивать покрытие, можно снизить на величину понижающего коэффициента K_y по сравнению с требуемой нормами величиной $U_н$ в соответствии с условием

$$U_p = K_y U_н . \qquad (9)$$

Для дорог не выше III категории, на которых нижняя часть насыпи отсыпана из песчаного грунта с коэффициентом фильтрации менее 1 м/сут, допускается принимать K_y=0,95; для дорог I и II категорий величину K_y определяют специальным расчетом.

3.4. Неравномерность осадки насыпи на болоте может быть снижена в опытном порядке путем снижения величины U_p с помощью полотен, укладываемых в основание на-

сыпи (см.рис.1) с обязательным рабочим натяжением, обеспечивающим ровность полотна по длине участка. Полотна сшивают или склеивают, укладка внахлестку не допускается. Расчетную степень консолидации U_p в этом случае находят по формуле (9), определяя по графику (рис.2) коэффициент K_y в зависимости от продольного уклона подошвы насыпи m_0, равного отношению разницы осадок насыпи к расстоянию между переломами очертания дна болота, и от параметра A:

$$A=\frac{E\,tg\varphi_{cp}}{\ell p},$$

где E – модуль деформации НСМ;

$\varphi_{cp}=\frac{\varphi+\varphi_{cp}}{2}$ – полусумма углов внутреннего трения грунтов над прослойкой из НСМ и под ней;

ℓ – длина участка;

p – давление насыпи.

3.5. Для ускорения осадки и уменьшения ее неравномерности при оттаивании основания насыпи, сооружаемой в зимнее время на промерзшем слое торфа, рекомендуется укладывать в основание НСМ.

В порядке опытного внедрения предлагается конструкция насыпи с устройством по обеим сторонам ее прорезей в промерзшем слое торфа на всю его глубину (рис.3) с прослойками из НСМ, либо проложенными на всю ширину насыпи с перекрытием прорези на три ее ширины, либо уложенными только над прорезями с выводом в каждую сторону от них не менее чем на три ширины прорези (см. рис.3,б).

Осадка насыпи с прорезями начинается сразу после отсыпки и интенсивно протекает в зимнее время. Насыпь в этот период имеет высокую жесткость, что исключает неравномерные осадки.

3.6. В конструкциях насыпей из переувлажненных глинистых грунтов прослойка из НСМ может служить горизонтальным дренирующим элементом, способствующим выводу

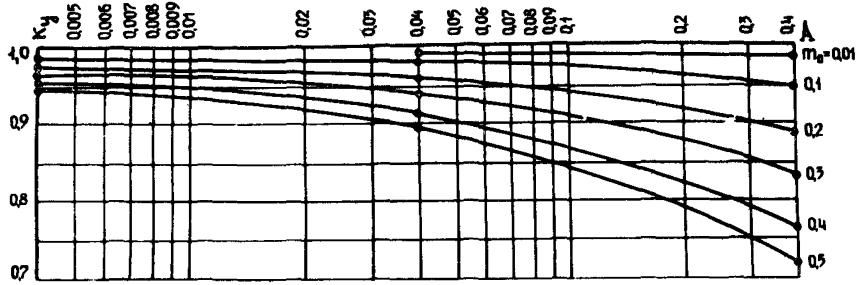


Рис.2. Коэффициент понижения требуемой степени консолидации насыпи K_y путем снижения неравномерности осадки в зависимости от уклона дна болота m_0 и параметра A

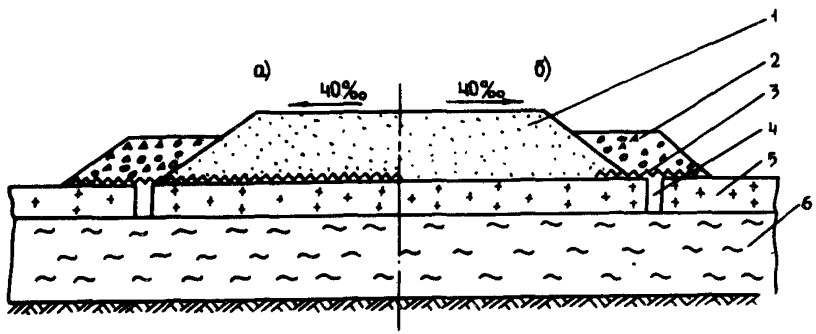


Рис.3. Конструкция насыпи с прорезями, перекрытыми прослойкой из НСМ, проложенной либо на всю ширину насыпи (а), либо над прорезями (б) с выпуском за пределы прорези не менее чем на три ее ширины:
1–насыпь; 2–бермы;
3–прослойка из НСМ;
4–прорезь шириной B;
5–мерзлый торф;
6–талый торф

воды из тела насыпи. В этом случае прослойки из НСМ укладывают как самостоятельно, так и в комбинации с песчаными прослойками (рис.4). В последнем случае НСМ помещают под песчаный слой, где материал играет роль фильтра, исключающего заиление песка и препятствующего перемешиванию песка с глинистым грунтом при отсыпке и уплотнении. При интервале между песчаными слоями по высоте меньше 0,7 м и использовании их для движения целесообразно укладывать дополнительные слои НСМ над каждым песчаным слоем. Минимальная толщина песчаного слоя, не используемого для проезда построечного транспорта, должна быть 15–20 см, а используемого для проезда–25 см (или по расчету как для временной дороги). Прослойки из НСМ устраивают сплошными на всю ширину насыпи с поперечным уклоном 40 ‰ и выводом краев полотен на откос.

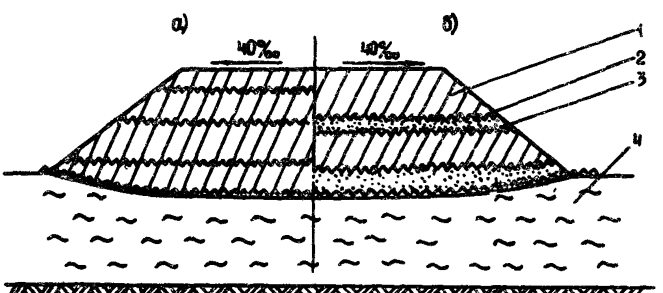


Рис.4. Конструкции насыпей с дренирующими прослойками из НСМ (а) или из песка с фильтром из НСМ (б): 1–глинистый грунт; 2–прослойка из НСМ; 3–песчаная прослойка; 4–слабый грунт

Расстояние между прослойками из НСМ назначают исходя из заданных сроков консолидации насыпи и характе-

ристик водопроницаемости насыпного грунта в соответствии с "Методическими рекомендациями по сооружению земляного полотна автомобильных дорог из грунтов повышенной влажности" (Союздорнии. М.,1980).

Если прослойка должна выполнять дополнительные функции, например гидроизолирующие, то она может быть дополнена полиэтиленовой пленкой, укладываемой непосредственно под прослойкой или над ней.

Повышение устойчивости насыпи путем армирования основания или тела насыпи прослойками из НСМ

3.7. Армирующие прослойки в основании насыпей повышают устойчивость последних за счет увеличения жесткости нижней части насыпи и соответствующего снижения напряжений в основании. Прослойки укладывают в одном или двух уровнях, причем нижнюю прослойку укладывают непосредственно на естественное основание, а вторую на 50-100 см выше. В некоторых случаях обе прослойки объединяют в одну конструкцию – обойму, плотно охватывающую нижний слой насыпи. Различают замкнутую и разомкнутую обоймы (рис.5.). Разомкнутая обойма представляет собой однослойное армирование основания насыпи с усиленной анкеровкой полотен и двойным армированием откосных частей (см.рис.5,б).

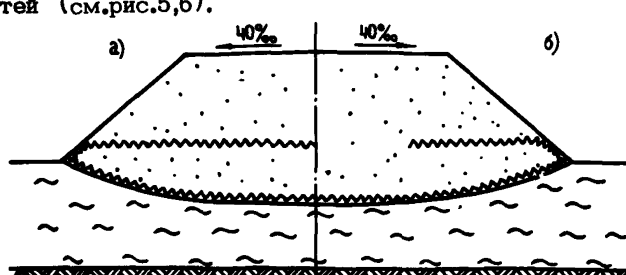


Рис.5. Конструкции насыпи с замкнутой (а) и разомкнутой (б) обоймами из НСМ

Конструкция насыпи с обоймой эффективна при условии тщательного выполнения – высококачественного уплотнения грунта и плотного прилегания НСМ к грунту. При устройстве обоймы необходимо обеспечить равнопрочность полотна в поперечном направлении по всей ширине обоймы, что может быть достигнуто при поперечной раскатке рулонов НСМ с соединением полотен сшивкой или склеиванием.

Открытые торцы обоймы, как и выпущенные на откос свободные края прослоек, во избежание разрушения НСМ от погодно-климатических воздействий должны быть прикрыты растительным грунтом слоем около 10 см, насыпным грунтом или иметь защитное покрытие.

3.8. При возведении на слабом основании высоких насыпей с крутыми откосами, когда возможно нарушение устойчивости откоса по кривой скольжения, частично захватывающей основание, армируют укладываемые в опытном порядке откосные части насыпей. Армирующую функцию могут выполнять прослойки из НСМ в основании (см. п.3.7) или теле насыпи в пределах поверхности скольжения. В этом случае прослойки можно прокладывать как на всю ширину насыпи, так и на часть ее ширины в зоне, с обеих сторон прилегающей к вероятной поверхности скольжения при условии, что ширина прослойки достаточна для надежной анкеровки полотна с запасом 0,5 м в каждую сторону (рис.6). Наружные края прослоек могут быть выпущены на откос, обеспечивая дополнительную защиту его от размыва. С целью улучшить условия защемления НСМ в грунте соседние слои материала можно объединять в замкнутую или разомкнутую обойму.

Армирующий эффект прослойки из НСМ, предназначенной для повышения устойчивости откосов, учитывается увеличением коэффициента запаса устойчивости K_3 путем введения дополнительного удерживающего усилия, возникающего при перерезании прослойки НСМ поверхностью скольжения.

$$K_з = \frac{\Sigma P_у + 100 n P_р}{\Sigma T_{сдв}}, \qquad (10)$$

где $\Sigma P_у$ – удерживающие силы без учета прослойки;

n – количество прослоек, перерезаемых поверхностью скольжения;

$P_р$ – прочность 1 см ширины полосы НСМ;

$\Sigma T_{сдв}$ – сдвигающие силы.

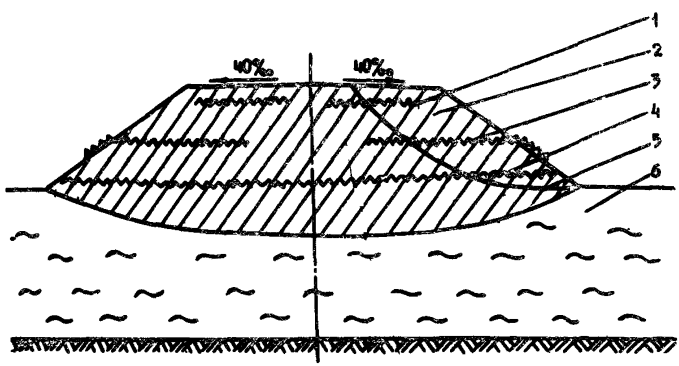


Рис.6. Армирование насыпи прослойками из НСМ: 1–прослойка в зоне сдвига; 2–насыпь; 3–прослойка с вышуском на откос; 4–сплошная прослойка в теле насыпи; 5–поверхность скольжения; 6–слабый грунт

Армирующий эффект прослойки проявляется только при защемлении ее в грунте (при исключении проскальзывания). Для этого полотно должно быть защемлено в грунте на длину $l_з$, определяемую из условия

$$l_з \geq \frac{P_р}{2\rho_н h_н \operatorname{tg}\varphi g}, \qquad (11)$$

где $\rho_н$ – плотность насыпного грунта;

$h_н$ – глубина заложения прослойки от верха насыпи;

φ – угол внутреннего трения насыпного грунта (ориентировочно принимается по табл.6). Если

прослойка уложена на контакте двух видов грунта, то в расчет принимают полусумму их углов внутреннего трения;

g – ускорение свободного падения.

При устройстве армирующих прослоек должны быть обеспечены сплошность и равнопрочность полотна по ширине дороги в пределах защемленной полосы, т.е. не должно быть ослабляющих прослойку стыков полотен.

Улучшение условий работы слоев из зернистых материалов

3.9. При необходимости сооружения насыпей, в которых верхняя часть отсыпана из песка, а нижняя – из торфа (см.рис.1,б) или местного переувлажненного суглинка, при устройстве подстилающих или морозозащитных слоев на переувлажненном глинистом грунте, т.е. в случаях, когда зернистый материал должен быть уложен на грунт с низкой несущей способностью, на границе зернистого слоя с подстилающим грунтом целесообразно устраивать прослойку из НСМ. Прослойка исключает вдавливание зернистого материала в слабый грунт, их взаимное перемешивание и потери песка в процессе отсыпки и уплотнения слоя. Толщина зернистого слоя при укладке НСМ может быть уменьшена на 20–25% при условии, что такое уменьшение допустимо по остальным условиям работы дорожной конструкции (устойчивости к пучению, динамическим воздействиям, снегозаносимости).

Наличие прослойки в основании зернистого слоя положительно сказывается на возможности уплотнения зернистого материала на слабом грунте. При обеспечении режима укатки с увеличением веса катков по мере уплотнения от легких до средних коэффициент уплотнения зернистого материала может быть доведен до 0,92–0,95. Категорически запрещается применять тяжелые катки, что может привести к выпору грунта и разрыву НСМ. Подбор веса катка и режима укатки следует вести методом пробной укатки.

Аналогичную роль выполняет прослойка из НСМ при устройстве на слабом грунте слоев из укрепленных или улучшенных вяжущим материалов в основании дорожной одежды или насыпи (распределяющая плита), уплотнении укрепленных материалов на откосах и обочинах. Прослойка позволяет распределить и уплотнить смесь достаточно однородным слоем, не опасаясь перемешивания с подстилающим грунтом.

3.10. При проектировании дорожных одежд с прослойками из НСМ на слабом основании необходимо учитывать положительное влияние прослойки на работу основания дорожной одежды в процессе эксплуатации дороги. Прослойка предотвращает заиление нижней части зернистого слоя, перемешивание зернистых материалов со слабым грунтом под воздействием динамических нагрузок. При использовании НСМ, обладающих водопроницаемостью, прослойка играет роль дрены и осушает верхнюю зону слабого основания.

Учитывая положительное действие всех перечисленных факторов, при расчете дорожной одежды расчетное значение относительной влажности подстилающего слабого грунта следует уменьшать на 5–10 %.

3.11. Если на сильнозаболоченных территориях переходы через малые водотоки выполняются в виде деревянных труб, ряжей, бревенчатых настилов или фильтрующих насыпей из рваного камня, то на контакте между песчаной насыпью и бревенчатым ограждением или крупнообломочным слоем целесообразно устраивать прослойку из НСМ. Прослойку выполняют из НСМ с устойчивостью против прокалывания не менее 10 % и относительной деформацией при разрыве не менее 40 %.

НСМ укладывают между бревенчатой стенкой или настилом и песчаной засыпкой, чтобы предотвратить вымывание или просыпание песка сквозь щели между бревнами. В фильтрующих насыпях, особенно работающих в напорном режиме, прослойку из НСМ укладывают между верхней

песчаной частью насыпи и нижней ее частью из крупнообломочного фильтрующего материала. При этом должны быть приняты специальные меры по защите НСМ от прорыва острыми кромками камней или бревен. Максимальные размеры щелей или пустот $\ell_п$, см, перекрываемых НСМ, должны быть не больше определяемых по выражению

$$\ell_п = K_п \frac{E_м}{p}, \qquad (12)$$

где $K_п = \text{const} = 30 \cdot 10^{-4}$;

$E_м$ – условный модуль деформации НСМ, Н/см;

p – давление песчаной засыпки на прослойку, МПа.

Применение НСМ для повышения устойчивости оснований из несвязных материалов под швами сборных покрытий

3.12. При двустадийном строительстве дорог с покрытиями из сборных железобетонных плит, укладываемых на основание из несвязных материалов, между плитами покрытия и основанием рекомендуется помещать прослойку из НСМ. В этом случае на дорогах 1У категории допускается не устраивать монтажный слой из пескоцемента и основание из гравийно-песчаной смеси при условии, что будет обеспечена устойчивость конструкции против морозного пучения. Прослойку укладывают только на второй стадии устройства сборного покрытия, т.е. при укладке плит после завершения консолидации насыпи и последующего выравнивания, планировки и уплотнения основания. Отметка верха покрытия остается такой же, как и в случае устройства песчано-гравийного основания, вследствие увеличения толщины песчаного слоя.

Использование указанной конструкции возможно в опытном порядке и на участках с одностадийным устройством покрытия при наличии минеральных грунтов в основании насыпи и уплотнении насыпи до нормативной плотности.

Прослойка из НСМ под сборным покрытием предназна-

чена для того, чтобы исключить нарушения динамической устойчивости переувлажненного песка под воздействием транспортных нагрузок, а также улучшить условия работы песчаного основания в зоне шва, исключив выплески песка из-под плит, уменьшив боковое отжатие песка из зоны шва и предотвратив размыв песчаного основания под швами и кромками покрытия поверхностными водами.

Полосы НСМ укладывают (рис.7) под краями и швами

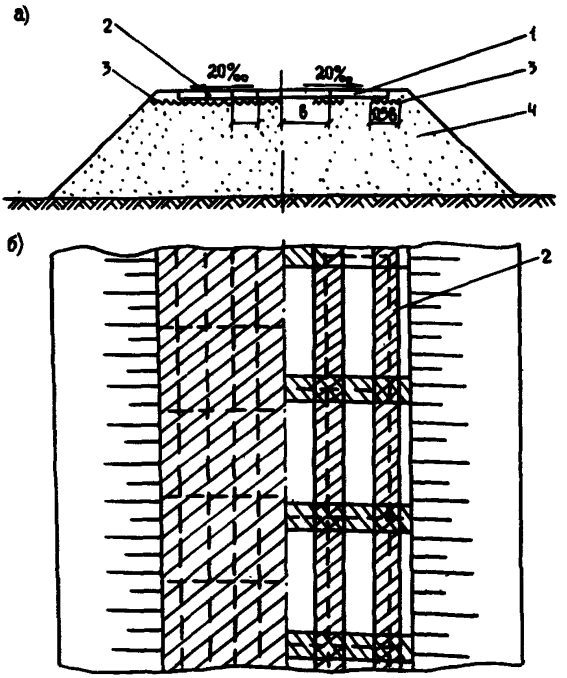


Рис.7. Прослойка из НСМ в основании сборного покрытия в разрезе (а) и плане (б): 1-покрытие из плит шириной более 1,5 м; 2-покрытие из плит шириной менее 1,5 м; 3-прослойка из НСМ; 4-насыпь из песка

покрытия симметрично шву. Ширину полосы принимают не менее половины ширины плиты покрытия. При устройстве покрытия из плит типа ПАГ-14 минимальная ширина полос НСМ должна составлять 1 м. Полосы соединяют внахлестку. Полосы, располагаемые под поперечными стыками плит, выводят под обочинами и выпускают на откос. При устройстве покрытия из плит шириной менее 1,5 м или отсутствии полос НСМ требуемой ширины допускается сплошная укладка НСМ (см.рис.7,а) на всю ширину сборного покрытия с запасом по 0,5 м с каждой стороны.

При необходимости дополнительного усиления краев покрытия, обочин или бровок откосов насыпей, защиты их от размыва поверхностными водами и уменьшения клееобразования на обочинах сплошную прослойку можно устраивать на ширину прикромочной полосы обочины или на всю ширину насыпи поверху, включая обочины, и выводить на откосы под обочиной дороги. Прослойке придается поперечный уклон 20 ‰ , в пределах обочин 40‰ . Обочины укрепляют, укладывая поверх прослойки из НСМ слои песчано-гравийной смеси, гравия, щебня или укрепленного грунта.

Для устройства прослоек под плиты запрещается применять иглопробивные НСМ с фильтрующей способностью свыше 0,1 мм, толщиной менее 3,5 мм без нагрузки и менее 2 мм при нагрузке 0,05 МПа, прочностью и модулем деформации при растяжении менее 70 Н/см и водопроницаемостью в неуплотненном состоянии менее 50 м/сут.

Применение НСМ в конструкциях временных дорог

3.13. НСМ целесообразно использовать при устройстве временных автомобильных дорог, подъездов, площадок, построечных дорог с низшими типами покрытий, а также постоянных дорог с пиком интенсивности в период строительства или в начале эксплуатации, проектируемых как временные дороги. В конструкциях временных дорог на

слабых грунтах НСМ служат в качестве прослойки, укладываемой на границе между насыпным дренирующим (песком, щебнем, песчано-гравийной смесью) и подстилающим грунтом. Применение НСМ способствует улучшению условий движения транспортных средств вследствие снижения колееобразования при заданной толщине насыпного слоя, приводит к снижению толщины слоя зернистых материалов, отказу от применения в основании насыпи хворостяной выстилки, лежневого настила или от укладки сборных покрытий из инвентарных деревянных щитов. Прослойки из НСМ рекомендуется устраивать при строительстве временных дорог на основаниях, сложенных слабыми минеральными, органоминеральными и органическими грунтами (торфами).

Конструкции насыпей с прослойками из НСМ предусматривают их укладку в основание или тело насыпи, а также под насыпь поверх лежневого настила. Соответственно различают три типа конструкции насыпей (рис.8). Тип насыпи назначается в зависимости от строительного типа основания и физико-механических свойств слабого и насыпного грунтов. Минимальную толщину насыпного слоя h_n в конструкциях I–II типа, обеспечивающую проезд транспорта, определяют расчетом, приведенным в пп.3.17–3.22. Ориентировочно толщину насыпного слоя принимают по табл.2.

Указанные в табл.2 толщины рекомендуются для иглопробивных НСМ (типа "дорнит") с условным модулем деформации 50–100 Н/см. Меньшие значения толщин принимают для насыпей из песчано-гравийных смесей оптимального состава, большие – для насыпей из мелких непылеватых песков.

Интенсивность движения условно приводят к расчетной нагрузке Н-10 в соответствии с табл.3.

3.14. На участках болот глубиной до 4 м, сложенных плотным торфом и относящихся к I строительному типу, а также на слабых глинистых и заторфованных грунтах устраивают насыпь I типа (см.рис.8).

Таблица 2

Среднемесячная интенсивность движения в одном направлении, авт./сут	Требуемая толщина насыпи с прослойкой из НСМ, см, обеспечивающая проезд транспорта на основании, сложенном			
	осушенным торфом	маловлажным торфом	глинистым грунтом ($W_e < 0{,}9 W_т$)	заторфованным или глинистым грунтом ($W_e > 0{,}9 W_т$)
Одиночные автомобили	40–60	50–70	25–40	40–60
До 50 x)	50–80	60–90	40–60	50–80
Свыше 50 x)	60–90	70–100	50–80	60–90
Сверхтяжелые нагрузки (разовый проезд)	60–80	60–90	40–60	60–90

x) Общая продолжительность периодов эксплуатации дороги с указанной интенсивностью не должна превышать одного года.

Таблица 3

Марка автомобиля	Коэффициент приведения к нагрузке Н-10	Расчетные характеристики автомобилей		
		Диаметр отпечатка колеса, см	Удельное давление, МПа	Диаметр колеса, см
ЗИЛ-130	0,2	30	0,50	102,5
ЗИЛ-555	0,2	28	0,53	102,5
КрАЗ-256Б	2,0	46	0,55	114,6
Урал-377	1,5	28	0,43	114,6
МАЗ-503А	1,0	30	0,72	114,6
КамАЗ-53202	1,5	26	0,50	102,5

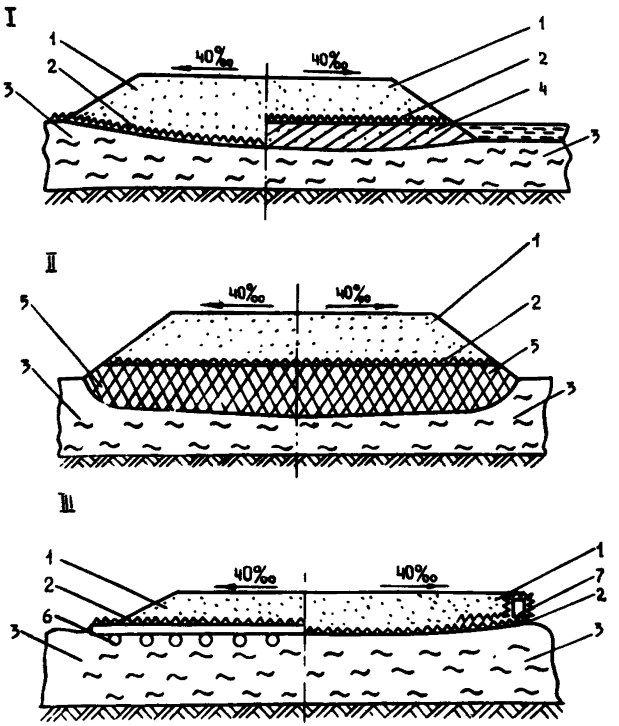


Рис.8. Три типа конструкций насыпей (I,II,III) временных дорог с прослойкой из НСМ: 1–насыпь; 2–прослойка из НСМ; 3–слабый грунт; 4–рабочий слой; 5–нижняя часть насыпи из торфа; 6–лежневый настил; 7–боковые упоры

Применение конструкций I типа на торфяных болотах целесообразно при условии

$$h_n \geqslant S_t + h_б + \Delta h, \qquad (13)$$

где h_n – толщина насыпного слоя по условию проезда;

S_t – осадка подошвы насыпи за период службы дороги t ;

$h_в$ – глубина поверхностных вод на участках подтопления*);

Δh – резервное возвышение бровки насыпи над горизонтом подтопления или над поверхностью земли на неподтопляемых участках, принимаемое равным 0,2 м.

Осадку основания S_t на заданный период времени в случае, когда уровень воды совпадает с поверхностью земли, вычисляют по формуле

$$S_t = \frac{g \rho_н h_п}{U_t \left(\frac{E_c}{H_c} + g \right)}, \qquad (14)$$

где g – ускорение свободного падения;

$\rho_н$ – плотность насыпного грунта;

U_t – степень консолидации основания за время службы дороги t; ориентировочно U_t принимают по табл.4;

E_c – модуль деформации слабого грунта под нагрузкой от веса насыпи; E_c принимают по табл.5;

H_c – расчетная мощность слабого слоя, принимаемая равной фактической, но не более половины ширины насыпи понизу.

Таблица 4

t, мес	1	3	6	12
U_t	0,4	0,5	0,6	0,8

При определении степени консолидации из срока службы дороги исключается время, когда основание находится в промерзшем состоянии. При наличии слоистых оснований осадку основания рассчитывают исходя из средневзвешенного модуля деформации слабой толщи $E_{ср}$, определяемого из выражения

---

*) К подтопляемым относятся участки, на которых в период движения по дороге возможно стояние поверхностных вод свыше 3 сут.

$$E_{ср}=\frac{\sum H_i}{\sum \frac{H_i}{E_i}}, \qquad (15)$$

где H_i – мощность отдельного слоя с модулем деформации E_i.

Целесообразность сооружения насыпи 1 типа толщиной больше $h_п$ следует обосновывать технико-экономическим расчетом.

Таблица 5

Характеристика торфа	Влажность торфа,%	Модуль деформации торфа, МПа, при нагрузке, МПа	
		0,015	0,05
Очень влажный	900–1200	0,09–0,065	0,20–0,18
Средней влажности	600–900	0,12–0,09	0,25–0,20
Маловлажный	300–600	0,18–0,12	0,50–0,25
Осушенный (уплотненный)	< 300	⩾ 0,18	⩾ 0,50

В конструкциях насыпей 1 типа (прежде всего на однопутных дорогах) при использовании прослойки из НСМ с условным модулем деформации свыше 100 Н/см и относительной деформацией при разрыве до 50 % рекомендуется предусматривать боковую анкеровку прослойки и присоединять материал к жестким продольным упорам. В качестве жесткого упора можно использовать круглый лес или специальные элементы (см.рис.8). В насыпях с жесткими упорами необходима равнопрочность конструкции в поперечном направлении, в том числе в стыках полотен и соединении прослоек с упором. Частично работу жестких упоров можно компенсировать повторным заведением концов полотна в тело насыпи по типу разомкнутой обоймы при условии плотного контакта заведенных концов с грунтом.

При устройстве насыпей 1 типа НСМ укладывают непосредственно на слабый грунт, соединяя полотна путем сшивки, сварки, склейки или укладывая их внахлестку. В

последнем случае величина нахлеста принимается по формуле (8), но не менее 20 см для насыпей на основании из минеральных или органоминеральных (заторфованных) грунтов и 30–40 см для насыпей на торфяном основании.

При наличии поверхностных вод или плохом состоянии естественной поверхности земли (пни, колеи, лужи) необходимо отсыпать выравнивающий рабочий слой из местного грунта толщиной 20–30 см, но не менее глубины подтопления, по которому затем укладывают НСМ (см.рис.8, тип 1). Толщину насыпного слоя поверх прослойки из НСМ в этом случае можно снизить по сравнению с приведенной в табл.2 на 30 % толщины рабочего слоя при глубине подтопления до 20 см.

3.15. На болотах преимущественно II типа, а также на участках глубоких болот I типа, сложенных торфами малой или средней влажности, когда не обеспечено условие (13), устраивают насыпи II типа, которые позволяют уменьшить расход песчаных грунтов, приблизить прослойку из НСМ к поверхности проезжей части и ввести тем самым ее в зону действия напряжений от колеса автомобиля. Нижнюю часть насыпи отсыпают из местного торфяного грунта с обязательным его уплотнением (промятием).

В насыпях II типа НСМ помещают на границе между нижней торфяной и верхней минеральной частями насыпи. Полотна НСМ укладывают внахлестку, с величиной перекрытия не менее 0,2 м.

3.16. На болотах II–III типа, заполненных сильносжимаемым слаборазложившимся торфом, и на болотах сплавинного типа устраивают насыпи III типа. Распределение напряжений от временной нагрузки достигается устройством основания из лежневого настила или фашинной (хворостяной) выстилки с засыпкой песчаным грунтом толщиной 0,6–0,7 м. Для повышения эксплуатационной надежности конструкции поверх лежневого настила или выстилки укладывают прослойку из НСМ, исключающую утечку песка сквозь щели в настиле.

Расчет минимальной толщины насыпного слоя, обеспечивающей проезд транспорта h_n

3.17. Толщину насыпи можно рассчитывать исходя из двух принципов: не допускать прогрессирующего развития колей в слабом грунте под насыпным слоем; ограничить образующиеся при движении транспортных средств колеи глубиной, допустимой по условиям движения.

3.18. При расчете по первому принципу исходят из работы прослойки в качестве конструктивного элемента, улучшающего условия контакта насыпного слоя со слабым грунтом. Этот принцип следует применять при расчете конструкций на малосжимаемых минеральных или органоминеральных грунтах в тех случаях, когда образующиеся вследствие уплотнения насыпного слоя и основания колеи не влияют существенно на условия движения и напряженное состояние основания, но есть опасность, что под воздействием повторных нагрузок прочностные характеристики грунта основания могут существенно снизиться и начнется прогрессирующее развитие деформаций колееобразования.

В качестве расчетного критерия в этом случае принимают предельное состояние по сдвигу в слабом грунте под воздействием временной нагрузки, выражаемое условием предельного равновесия в наиболее напряженной точке грунтового массива

$$\frac{1}{2\cos\varphi_c}\left[(\sigma_1-\sigma_3)-(\sigma_1+\sigma_3)\sin\varphi_c\right]\leqslant K_N C_c, \qquad (16)$$

где σ_1 и σ_3 – наибольшее и наименьшее главные напряжения от временной нагрузки под центром штампа;

C_c и φ_c – сцепление и угол внутреннего трения подстилающего грунта (устанавливаются по табл.8);

K_N – коэффициент условий работы.

Наиболее опасной точкой считается точка под центром штампа.

3.19. При расчете по второму принципу реализуется

армирующий эффект прослойки из НСМ, работающей на растяжение при образовании колей. По условию движения глубина колей ограничивается максимально допустимой величиной, составляющей 0,1 диаметра колеса автомобиля. Это колея образуется либо в результате пластических деформаций сдвига под колесом либо вследствие компрессионного уплотнения торфа в колее. Соответственно расчет ведут по двум условиям: по условию возникновения колеи выдавливания, связанному с полной несущей способностью, и по допустимой глубине колеи уплотнения, считая окончательным большее значение $h_п$.

Расчет допустимой глубины колеи выдавливания сводится к проверке условия

$$p_ф \leq p_{кр} + \kappa_р p_т , \qquad (17)$$

где $p_ф$ – нагрузка от колеса и собственного веса насыпи (рис.9);

$p_{кр}$ – критическая нагрузка на основание согласно решениям теории предельного равновесия;

$\kappa_р$ – коэффициент распределения напряжений, определяемый по рис.10;

$p_т$ – часть нагрузки, воспринимаемая прослойкой.

Расчет допустимой глубины колеи уплотнения сводится к проверке условия: осадка вследствие уплотнения слабого грунта под нагрузкой от колеса $S_{расч}$ не превысит допустимой глубины колеи $S_{доп}$, т.е.

$$S_{расч} \leq S_{доп} . \qquad (18)$$

3.20. В расчете по допустимой глубине колеи выдавливания действующую на основание фактическую нагрузку от колеса диаметром $Д_к$ с диаметром отпечатка $Д_о$ и собственного веса насыпи определяют по формуле

$$p_ф = \kappa_р p_о + q , \qquad (19)$$

где $p_о$ – удельное давление от расчетного колеса на поверхности насыпного слоя;

q – нагрузка на прослойку от собственного веса насыпи, ориентировочная высота которой принимается по табл.2;

$q=g\rho_н h_п$ – обозначения см. формулу (14).

Таблица 6

Расчетные характеристики переувлажненных грунтов

$W_{опт}$	Коэффициент консистенции $B=\frac{W_в-W_o}{W_т-W_o}$	Супесь		Суглинок		Глина	
		C_c, МПа	φ_c	C_c, МПа	φ_c	C_c, МПа	φ_c
0,75	0,50	0,010	24	0,025	21	0,040	18
0,90	0,75	0,005	20	0,015	17	0,020	14
1,00	1,00	0,002	18	0,010	13	0,010	8
1,25	1,50	0,000	14	0,005	10	0,005	6
1,50	2,00	0,000	8	0,000	5	0,001	3

Критическую нагрузку на основание $p_{кр}$ определяют по формуле

$$p_{кр}=(M_3 Д_1 \rho_c g+M_2 \rho_н h_н g+M_1 C_c), \qquad (20)$$

где M_1, M_2, M_3 – функции угла внутреннего трения слабого грунта φ_c (рис.11);

$\rho_c; C_c$ – плотность и сцепление слабого грунта;

$Д_1$ – диаметр загруженной площадки на глубине $h_п$;

$$Д_1=Д_o\sqrt{\frac{1}{K_p}}.$$

Часть нагрузки $p_т$, воспринимаемую прослойкой, определяют методом последовательных приближений по формуле

$$p_т^ч=\frac{676\left(\frac{Д_1}{Д_o}\right)^4 S_{gon}^2 f_{cp}^2 q^2 E^2}{Д_o^4}+\frac{264\left(\frac{Д_1}{Д_o}\right)^3 S_{gon} f_{cp} g E^2 p_т}{Д_o^3}, \qquad (21)$$

где $S_{доп}$ – допустимая колея выдавливания; $S_{доп}=0{,}1Д_к$;

$f_{ср}$ – средний коэффициент трения грунтов над прослойкой и под ней;

$$f_{ср}=\operatorname{tg}\frac{\varphi_в+\varphi_н}{2},$$

E – условный модуль деформации НСМ, Н/см (см. п.2.7).

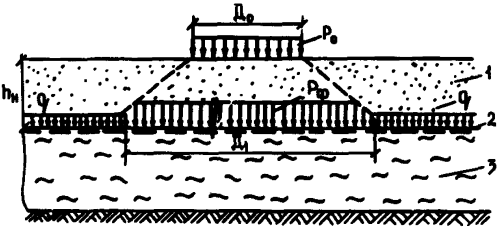


Рис.9. Схема расчета толщины насыпи $h_н$ с прослойкой из НСМ, обеспечивающей допустимую глубину колей по условию движения: 1–насыпь; 2–прослойка из НСМ; 3–слабый грунт

3.21. Глубину колеи уплотнения $S_{расч}$ определяют по формуле

$$S_{расч}=\frac{к_р Д_1 U_к}{E_c}(p_0-p_т), \qquad (22)$$

где E_c – расчетный модуль деформации слабого грунта, принимаемый по данным испытаний на компрессию или по табл.5;

$U_к$ – расчетная степень консолидации, равная 0,8.

При проведении массовых расчетов для заданных характеристик грунтов, НСМ и действующей расчетной нагрузки толщину насыпи $h_п$ целесообразно определять с помощью предварительно построенных графиков зависимостей $p_т=f(h_п;E)$; $p_{кр}=f(h_п;\varphi_c;C_c)$; $h_п=f(W_в;E)$.
Пример построения графиков и определения $h_п$ приведен в приложении 2.

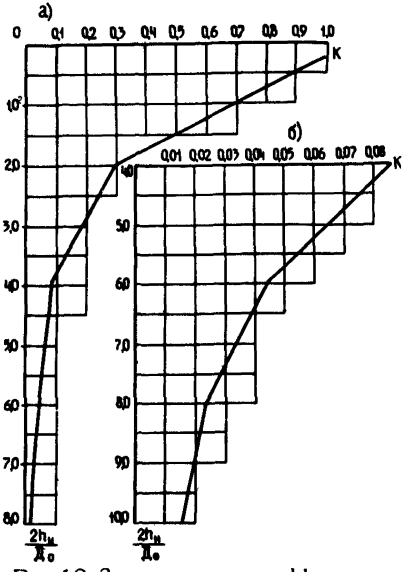


Рис.10. Зависимость коэффициента распределения напряжений K_p от относительной координаты глубины $\frac{2h_н}{d_0}$: а–при изменении относительной глубины от 0 до 8, б–то же, от 4 до 10

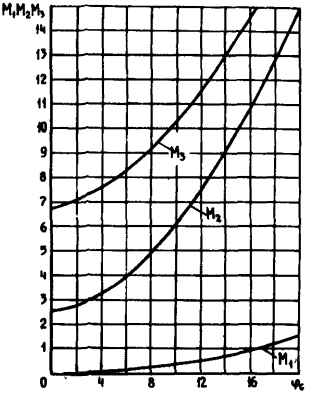


Рис.11. Зависимость коэффициентов M_1, M_2, M_3 от угла внутреннего трения слабого грунта φ_c

3.22. Расчет толщины насыпи по предельному равновесию при сдвиге ведется методом последовательных приближений с определением по графику рис.12 активного напряжения сдвига от временной нагрузки τ_c, поправки на собственный вес $\tau_\beta = g\rho_к h_п \operatorname{tg}\varphi_c$ и последующей оценкой предельного равновесия исходя из условия

$$\tau_c - \tau_\beta \leq K_N C_c . \qquad (23)$$

Исходными данными для расчета служат характеристики действующей или расчетной нагрузки, удельное давление p_o, диаметр отпечатка колеса $Д_o$, приведенная интенсивность движения N (см.табл.3), естественная влажность грунта W_e, предел текучести $W_т$ и определяемые по табл.6 прочностные характеристики слабого грунта C_c и φ_c, а также угол внутреннего трения насыпного грунта $\varphi_н$.

Расчет предусматривает ориентировочное назначение толщины насыпного слоя $h_п$ по табл.2 для данных значений N и $W_{от} = \frac{W_e}{W_т}$. Исходя из принятой величины $h_п$ по графикам рис.12 определяют величины активного напряжения сдвига τ_c умножением τ_c/p_o на p_o и поправку на собственный вес насыпи τ_β, после чего проверяют условие равновесия (23), принимая K_N в зависимости от интенсивности движения N по табл.7.

Таблица 7

Интенсивность движения автомобилей N, авт./сут	Коэффициент K_N
Одиночные	1,0
До 50	0,8
Свыше 50	0,7
Сверхтяжелые нагрузки	1,0

В случае, если условие (23) не выполняется или правая часть превышает левую больше чем на 20 %, расчет следует повторить соответственно с увеличенным или

уменьшенным значением толщины насыпи $h_п$. Расчет считают законченным, если последнее откорректированное

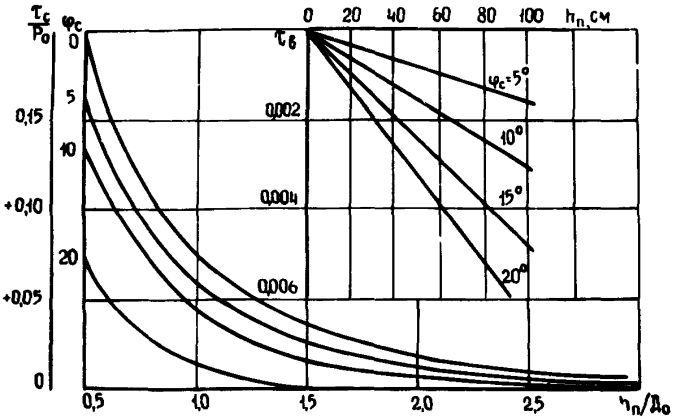


Рис.12. Зависимость относительного активного сдвигающего напряжения τ_c/ρ_o и поправки на собственный вес грунта $\tau_б$ от толщины песчаного слоя $h_п$

значение $h_п$ отличается от предыдущего менее чем на 5 см. При устройстве насыпного слоя из песка или гравия с модулем крупности менее трех толщину насыпи $h_п$ следует увеличить на 30 %. Окончательная величина $h_п$ должна быть не менее минимального значения толщины, принимаемого равным 25 см по конструктивно-технологическим соображениям. Пример расчета приведен в приложении 3.

4. Технология устройства прослоек из НСМ

4.1. Устройству дорожных конструкций с прослойками из НСМ должна предшествовать оценка инженерно-геологических условий строительства, которая для постоянных дорог заключается в корректировке проектных данных на основе фактической обстановки на трассе, а для времен-

ных дорог – в специально ускоренном инженерно-геологическом обследовании портативными полевыми приборами с простейшими лабораторными испытаниями. При этом уточняются характеристики грунтовых карьеров, строительный тип слабого основания, характеристики прочности и сжимаемости, мощность слабого грунта, его вид, показатели состава и состояния.

Взамен лабораторных определений таких показателей при строительстве временных дорог допускается использовать их табличные значения, установленные для региональных условий. Для проведения инженерно-геологических обследований в штате лабораторий строительных организаций целесообразно иметь специальный технический персонал, снабженный комплектом полевых приборов типа установки ПЛГ-1,5 р конструкции Калининского политехнического института.

4.2. Технологический процесс устройства прослоек из НСМ в общем случае включает следующие операции (рис.13):

подготовку основания;

раскатку рулонов НСМ и закрепление полотен на поверхности основания;

стыковку полотен;

приемочный контроль за устройством прослоек и засыпку их грунтом с уплотнением;

устройство частей конструкции, расположенных выше прослойки.

В зависимости от условий производства работ и особенностей конструкции эта технологическая последовательность может несколько изменяться вследствие исключения или добавления отдельных видов подготовительных работ или введения специфических операций по устройству прослоек, например анкеровки полотен, устройства обоймы и т.п.

4.3. Допускается укладывать НСМ на неподготовленное естественное основание (болото, луг, слой свежеотсыпанного грунта) в том случае, если отсутствует опасность

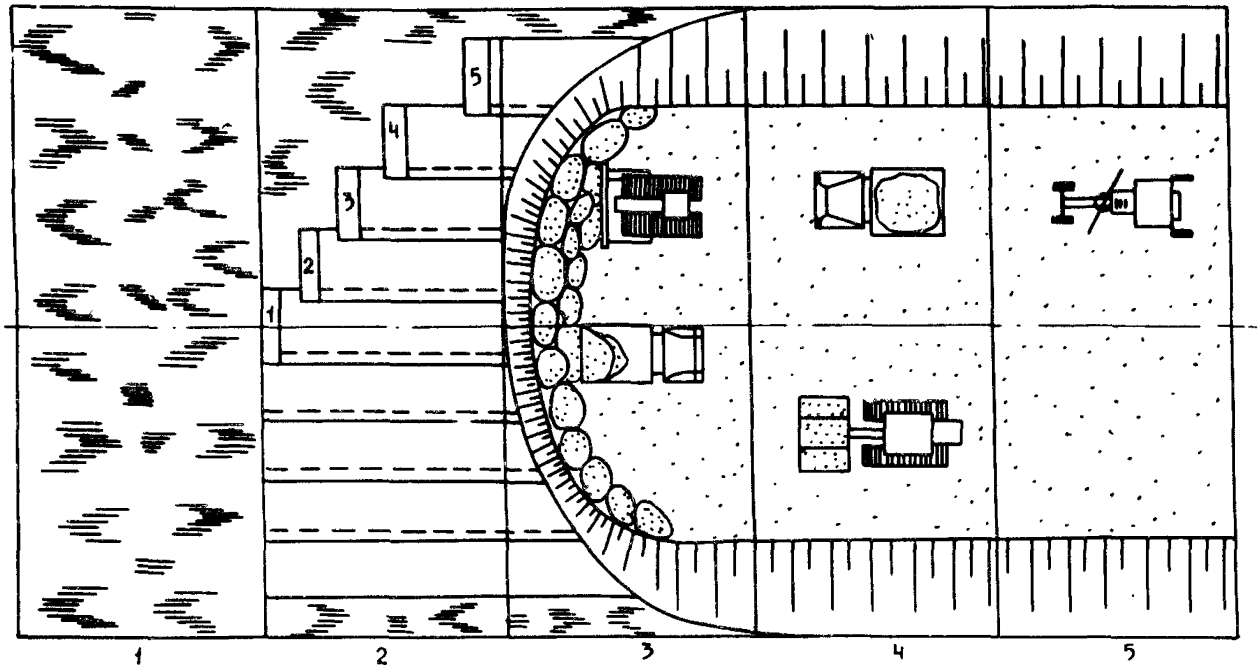


Рис.13. Технологическая схема устройства прослоек из НСМ : 1- подготовительные работы; 2- раскатка рулонов НСМ ; 3 - отсыпка насыпи; 4-уплотнение насыпи ; 5- профилировка насыпи

нарушения сплошности прослойки (пни, колья) или резких осадок (ямы, глубокие колеи) отсыпаемого поверх прослойки грунта. В других случаях укладке полотна должны предшествовать подготовительные работы.

На залесенных участках подготовка основания включает срезку деревьев и кустарников. Кустарник вырубают заподлицо с поверхностью, деревья спиливают на высоте не более 15 см от поверхности. Если эти условия не соблюдаются, то необходимо отсыпать дополнительный защитный слой местного грунта.

Если на месте укладки прослойки имеются глубокие колеи, траншеи или ямы, то необходимо до укладки НСМ засыпать их грунтом и спланировать его автогрейдером или бульдозером.

Если в момент укладки НСМ на участке имеются поверхностные воды глубиной до 20 см, то раскатке НСМ должна предшествовать отсыпка рабочего слоя.

4.4. Рулоны НСМ целесообразно раскатывать в продольном направлении, если нет специальных указаний о раскатке в поперечном направлении. Раскатку ведут вручную звеном из двух-четырех человек в зависимости от условий раскатки и веса рулона, постоянно наблюдая за положением края раскатанного полотна и поправляя рулон при перекосах. По торцам захватки выставляют маячные вешки, соответствующие краям раскатанных полотен. Длину захватки принимают равной 50-60 м, причем в конце смены длину захватки назначают из условия, что все полотно к окончанию рабочего дня должно быть присыпано грунтом.

В конце захватки полотно отрезают от рулона ножом, рулон поворачивают на 180° и следующее полотно раскатывают в обратном направлении с перекрытием предыдущего на величину, назначаемую в зависимости от выбранного типа соединения.

В тяжелых грунтовых условиях, а также при соединении полотен сшивкой полотна целесообразно раскатывать

одно поверх другого, т.е. стопой. Продольные края полотен в стопе соединяют, получая одно полотно, которое и раскладывают на необходимую ширину. При выборе места укладки стопы на дороге необходимо учитывать направление ветра, чтобы раскладывать полотно по ветру.

Раскатанные полотна необходимо закреплять на месте, чтобы их не сдувало ветром. С этой целью края полотен присыпают грунтом или пришпиливают к основанию скобами длиной 150 мм с загнутыми концами по 60–80мм из проволоки диаметром 3–4 мм. Скобы забивают через каждые 1,5–2 м.

Рулоны раскатывают в поперечном направлении, когда трудно обеспечить равнопрочный стык полотен и когда необходима общая равнопрочность прослойки в поперечном направлении, например, на участках с заанкеренными прослойками, обоймой и т.п.

При устройстве обоймы рулоны раскатывают, оставляя с боков запас материала для заведения полотен на верхний слой и смыкания их в верхнем слое обоймы.

4.5. Выбор типа соединения полотен зависит от особенностей конструкции,. вида НСМ, наличия на стройке специального оборудования и средств для соединения полотен.

4.6. Простейшим видом соединения полотен НСМ является соединение внахлестку. Такое соединение возможно во всех случаях, когда не предъявляется специальных требований к равнопрочности прослойки по ширине полотна. В этих случаях укладка внахлестку обеспечивает достаточную надежность стыка и постоянство физико-механических свойств по всей площади прослойки. Для укладки внахлестку не требуются специальные машины и материалы, она наиболее технологична. Недостаток соединения внахлестку-перерасход НСМ, зависящий от ширины перекрытия полотен и их собственной ширины. В отдельных случаях при большом нахлесте и узких полотнах НСМ перерасход может достигать 25–30 %.

4.7. Сшивка полотен – наиболее универсальный метод

соединения. Полотна сшивают капроновыми нитками с помощью портативных электрических швейных машин, предназначенных для зашивки мешков одно- или двухниточным цепным швом. Величина нахлеста при этом составляет 5-7 см. Особое внимание следует обращать на точность раскатки рулона и выдерживание заданного перекрытия в шве, который должен проходить не ближе чем в 30 мм от края полотна. Портативные швейные машинки питаются переменным (от сети или передвижной электростанции) или постоянным током (от батареи аккумуляторов).

Производительность сшивки - до 250 м/ч. Сшивку ведет звено из пяти человек: сшивщик, машинист электростанции и трое подручных.

4.8. Склейка также относится к простым способам соединения полотен. Склейка допускается во всех случаях, когда не играет роли снижение водопроницаемости материала в шве. Применяемые для склеивания составы должны обеспечивать долговечность клеевого стыка и возможность склеивания в условиях неизбежного увлажнения зоны стыка. Для склейки может быть использован полимерный клей или любой вяжущий материал, обеспечивающий быстрое соединение полотен, например разогретый вязкий битум. Клеи и технология их нанесения должны отвечать санитарным и пожарным нормам при работе на открытом воздухе. Технология склейки предусматривает отгибание краев соседних полотен, смазывание их клеем с помощью кисти или форсунки с небольшим углом распыления, быстрое наложение верхнего полотна на нижнее и обжатие (притаптывание) стыка. Склейку необходимо вести при достаточно сухом и жестком основании. Производительность склейки до 100 м/ч при работе звена из трех человек.

4.9. При отсутствии других возможностей соединения полотен допускается применение сварки НСМ, обладающих свариваемостью, в условиях, исключающих увлажнение стыка, на сухих и жестких основаниях и в случаях, когда уменьшение водопроницаемости НСМ в стыке не играет ро-

ли. Сварку ведут с помощью паяльной лампы или ацетиленовой горелки, обращая особое внимание на то, что волокна НСМ должны быть только слегка оплавлены. Прочность сварного стыка следует тщательно контролировать. Величину нахлеста при сварке принимают равной 15 см. Сварку осуществляют, одновременно отгибая и прогревая факелом кромки верхнего и нижнего полотен. Прогретые кромки сразу же накладывают и прижимают друг к другу. Производительность сварки вручную – 50 м/ч при работе звена из трех человек. На мягких основаниях качество сварного шва может быть улучшено с помощью подкладной лыжи. На достаточно плотных и ровных основаниях сварку можно вести с помощью установки, состоящей из рамы на колесном ходу, поддерживающего и направляющего роликов и газовой горелки с баллонами и редуктором.

4.10. Для сокращения расхода НСМ, ускорения работы по стыковке полотен на дороге и снижения трудозатрат на устройство прослоек целесообразно укладывать полотна увеличенной ширины. Увеличить ширину полотен можно путем предварительного их соединения в условиях предприятия-изготовителя или производственной базы строительной организации. Для этого два полотна раскатывают одно по другому, соединяют кромки сшивкой, иглопробивкой или другим способом и вновь свертывают в рулон. В этом случае на месте производства работ предстоит выполнить вдвое меньше стыков, причем иногда можно допустить соединение таких сваренных полотен внахлестку.

Производительность укладки прослоек из НСМ зависит от вида материала, его ширины, способа соединения полотен, погодных и грунтовых условий. При устройстве прослойки из НСМ массой 300 г/м^2 и шириной 4,5 м производительность бригады из четырех человек составляет 10000 м^2 в смену. При устройстве прослойки из полотен массой 500 г/м^2 и шириной 1,7 м на болоте или сильнопереувлажненном глинистом грунте производительность укладки составляет около 2000 м^2 в смену.

4.11. Уложенную готовую прослойку из НСМ в течение рабочего дня необходимо присыпать песком или другим материалом. Засыпку полотен грунтом ведут слоями, толщина которых определяется уплотняющим механизмом, если в проекте нет дополнительных указаний о толщинах слоев по конструктивным соображениям. Минимальная толщина насыпи поверх прослойки составляет 20 см при разовом пропуске транспорта или принимается по табл.2 при регулярном проезде автомобилей.

Засыпку прослойки ведут по схеме "от себя" с помощью бульдозера, погрузчика-планировщика или экскаватора-планировщика. Непосредственный проезд колесных или гусеничных машин по прослойке не разрешается и может быть допущен лишь в исключительных случаях для разового проезда машин с малой скоростью на малосжимаемом основании при условии, что будут приняты меры, обеспечивающие сохранность прослойки. Насыпной слой должен быть тщательно уплотнен, причем при выборе уплотняющего механизма необходимо учитывать несущую способность основания.

Особое внимание следует уделять тщательности уплотнения грунта, помещаемого в обойму из НСМ, по всей ширине насыпи, включая откосную часть. Поверхность грунта после уплотнения перед укладкой верхней части обоймы нужно спланировать, после чего оставшиеся свободными края полотна нижнего слоя заводят на грунт, постоянно контролируя плотность прилегания полотен к грунту. Обойму устраивают на ширину, которая меньше ширины насыпи по средней линии обоймы на 0,5 м. Обойму сверху засыпают слоем грунта на проектную ширину, закрывая обойму с боков и создавая защитный слой на открытых торцах обоймы.

4.12. Перед отсыпкой грунта необходимо проверить качество уложенной прослойки. Для этого производят ее визуальный осмотр и фиксируют сплошность, величину перекрытия, качество стыковки полотен, общую ширину, коли-

чество полотен, а также ориентировочно оценивают качество НСМ. По результатам осмотра составляется акт на скрытые работы, в котором приводятся все отмеченные выше сведения, а также данные о поставщике, виде и характеристиках НСМ, указанные в этикетке к рулону. В случае несоответствия фактических данных приведенным в этикетке устройство прослоек следует приостановить и провести контрольные испытания согласно правилам приемки, указанным в технических условиях.

4.13. При устройстве прослойки из НСМ под слоем укрепленного грунта для того, чтобы обеспечить возможность уплотнения последнего, НСМ укладывают непосредственно на глинистый грунт, тщательно спланированный экскаватором-планировщиком с заданным поперечным уклоном. Рулоны НСМ раскатывают вручную в продольном направлении. Готовую прослойку засыпают укрепленным грунтом по схеме "от себя", распределяя его слоем проектной толщины. Уплотняют слои сначала легкими, а затем средними катками.

4.14. Технология устройства прослоек из НСМ под сборные покрытия предусматривает следующие операции (рис.14):

снятие сборных плит, уложенных на первой стадии строительства;

подсыпку, уплотнение и тщательную планировку песчаного грунта;

разбивку основания под полосы НСМ и плиты и укладку НСМ;

укладку плит покрытия с их частичной заменой, сварку и омоноличивание стыков.

Песчаное основание перед укладкой НСМ должно быть подготовлено в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ровности и степени уплотнения оснований под сборные покрытия.

При укладке прослоек особое внимание следует обращать на то, чтобы смещение краев плит сборного покрытия относительно середины полосы НСМ не превышало 5см.

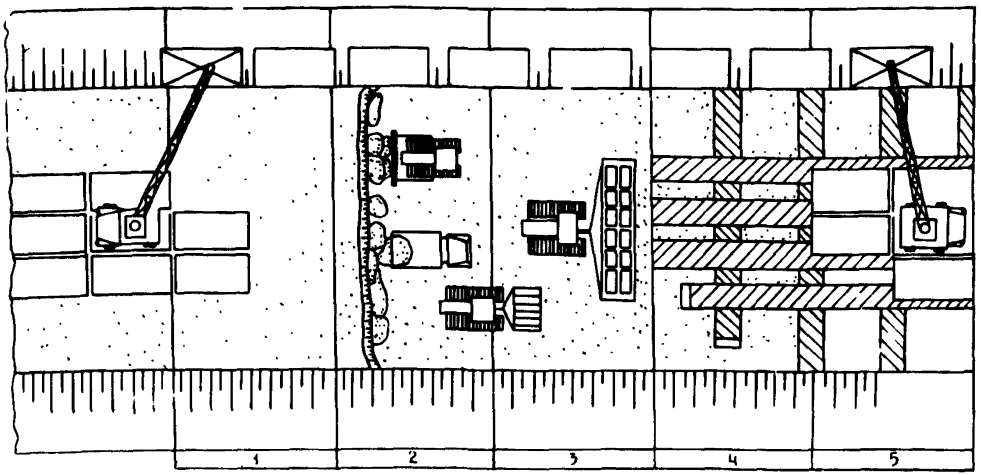


Рис.14. Технологическая схема устройства прослоек из НСМ под сборным покрытием:

1 – снятие сборного покрытия; 2 – досыпка песка; 3 – уплотнение и планировка песчаного слоя; 4 – укладка НСМ; 5 – укладка плит

Для этого необходимо после планировки основания зафиксировать на нем положение одной из кромок покрытия, т.е. положение крайней полосы НСМ, а остальные полосы укладывать по шаблону.

Укладку полос НСМ и плит покрытия следует вести способом "от себя". Во избежание смещения поперечных полос НСМ относительно поперечных швов покрытия укладка НСМ должна опережать укладку плит не более чем на 30 м.

Для предохранения НСМ от прожогов при сварке плит необходимо до сварки присыпать НСМ в шве песком слоем 2 см на ширину сварного шва с запасом по 0,2 м в каждую сторону.

4.15. Технология сооружения в зимнее время конструкции с полосами НСМ над прорезями (см.рис.3) предусматривает следующие операции:

уборку снега на ширину полос НСМ со сдвижкой его на внешнюю сторону дороги;

нарезку прорезей траншеекопателем или роторным экскаватором на глубину мерзлого слоя;

перекрытие прорезей полотнами НСМ с присыпкой их торфяной стружкой;

уборку снега в пределах подошвы насыпи с надвижкой его в виде валов над прорезями;

отсыпку насыпи между снежными валами на проектную высоту с запасом на осадку.

В случае укладки прослойки под насыпью работы начинаются с уборки снега на всю ширину, далее идут нарезка прорезей, укладка полотен НСМ, отсыпка снежных валов и отсыпка насыпи.

Прорези, включая запас в обе стороны, необходимо перекрывать одним полотном путем раскатки рулона в продольном направлении. При отсутствии материала необходимой ширины допускается продольное соединение полотен одним из способов, обеспечивающих равнопрочность соединения с остальным материалом. Соединение полотен НСМ внахлестку не допускается.

4.16. При движении транспорта по участкам с прослойками из НСМ, присыпанными слоем песка, должны быть приняты меры по содержанию участков, своевременному заравниванию колей. Максимальная глубина колеи не должна превышать 10 см. В случае возникновения глубоких колей, связанных с выпорами основания, необходимо увеличить толщину песчаного слоя, не допуская образования так называемых "пузырей" (выходов прослойки на поверхность), которые могут быть прорваны при планировке песчаного слоя или при проезде автомобилей.

При нарушении сплошности прослойки из-за прорыва материала или расхождения стыков полос в этом месте песок следует расчистить до прослойки и на нее помес - тить накладку с запасом не менее 0,5 м в каждую сторону от прорыва. Толщина песчаного слоя на участках, где возникают прорывы, должна быть увеличена.

5. Техника безопасности при работе с НСМ

5.1. При укладке НСМ на слабых грунтах необходимо соблюдать "Правила техники безопасности при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог" (М., "Транспорт", 1969).

5.2. Погрузочно-разгрузочные площадки и склады НСМ оборудуются специальным инвентарем, обеспечивающим безопасность производства работ по погрузке и разгрузке рулонов массой 50-150 кг.

5.3. При укладке НСМ на неподготовленное естественное основание и при наличии на нем ям, глубоких колей и т.д. необходимо эти места предварительно засыпать грунтом или обозначить вешками.

5.4. Раскатку рулонов должна производить бригада не менее чем из трех человек.

5.5. Засыпку уложенного НСМ грунтом следует вести не ближе чем за 20 м от места раскатки рулонов или соединения полотен (в случае, если последняя операция предусмотрена технологией работ).

5.6. При обрезке полотен НСМ ручным инструментом необходимо соблюдать соответствующие правила техники безопасности.

5.7. К работе по соединению полотен НСМ сваркой, сшивкой или склейкой допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и ознакомленные с правилами производства работ.

5.8. При сварке полотен паяльной лампой необходимо соблюдать следующие правила:

пользоваться только исправной паяльной лампой;

проверять наличие на каждую лампу паспорта с указанием результатов заводского гидравлического испытания и допускаемого рабочего давления;

заправлять паяльные лампы горючим и разжигать их следует в специально отведенных местах. При разогреве ламп горючим нельзя допускать его розлива и применения открытого огня.

Во избежание взрыва паяльной лампы запрещается:

повышать давление в резервуаре лампы при накачке воздуха сверх допустимого (согласно паспорту);

заполнять лампу горючим более чем на 3/4 объема резервуара;

подогревать горелку жидкостью из накачиваемой насосом лампы;

заправлять лампу горючим во время ее работы;

отвертывать воздушный винт и наливную пробку, когда лампа горит или еще не остыла.

5.9. При соединении полотен НСМ газосваркой запрещается:

перемещаться рабочему с зажженной горелкой за пределами рабочего места;

при перерывах в работе оставлять пламя горелки непотушенным, а вентили на горелке незакрытыми;

производить работу при загрязненных входных каналах мундштуков во избежание хлопков и обратных ударов;

производить ремонт горелок и другой аппаратуры на рабочем месте. Неисправная аппаратура должна быть сдана для ремонта.

Кромки стыкуемых полотен НСМ следует разогревать только до оплавления, не допуская прожогов.

5.10. Соединение кромок полотен НСМ вяжущим следует проводить с использованием средств индивидуальной защиты (рукавицы, комбинезон, а в отдельных случаях, при работе с синтетическими вяжущими веществами, респиратор).

При склеивании кромок полотен НСМ горячим битумом или смолой необходимо соблюдать следующие правила:

котлы для разогрева битумов и смол устанавливать на специально отведенных площадках;

каждый котел снабжать плотной несгораемой крышкой для защиты от атмосферных осадков и для тушения воспламеняющегося в котле вяжущего.

5.11. К сшивке полотен НСМ электрическими швейными машинками допускается только специально обученный персонал.

Электрическую швейную машинку к источнику тока должен подключать электрик.

Приложение 1

Физико-механические свойства зарубежных и отечественных НСМ

Название НСМ, страна, фирма-производитель	Полимер, способ упрочнения	Масса НСМ, г/м^2	Толщина, мм	Прочность при растяжении, Н/см	Относительное удлинение, %	Водопроницаемость при 100мм в.с., м/сут	Фильтрационная способность
Бидим, Франция, "Рон-Пуленк"	Полиэфир, иглопробивной	210	1,9	160	50/70	250	60-80
		270	2,3	210	50/70	250	60-80
		340	2,8	260	50/70	250	60-80
		550	4,4	440	50/70	250	60-80
Типар, США, "Дюпон"	Полипропилен, термоупрочненный	136	0,46	70	29	180	-
		200	0,60	128	43	90 (Напор 80 мм)	-
Террам, Великобритания, "Ай-Си-Ай"	75% полипропилена + 25 % полиамида, термоупрочненный	70	-	26	-	-	-
		140	-	49	70	-	-
		280	-	94	50	-	-
Колбонд, Дания, "Энка Гланцштофф"	Полиэфир, штапельный, клееный	250	-	140/80	40	-	-
		450	-	270/160	42	-	-

Гейдельбергский холст, тип HV, ФРГ, "Гебрудер Фридрих"	Полиэфир, термоупрочненный	70	0,34	130	40	860	450
		140	0,50	330	45	480	180
		200	0,80	485	50	700	85
		250	0,84	730	50	570	70
Гейдельбергский холст, тип б, ФРГ, "Гебрудер Фридрих"	Полиэфир, плетеный	130	700	700	16	265	200
		185	1000	1000	16	260	150
		325	–	2000	15	260	225
		520	–	2700	16	170	400
Дорнит, СССР	Смесь штапельных синтетических волокон, иглопробивной						
	Ф-1а	600	4	120/100	70/130	150	50–100
	Ф-1б	600	4	100/90	70/130	150	50–100
	Ф-2а	600	4	90/70	80/140	150	50–100
	Ф-2б	600	4	70/50	80/140	150	50–100
НСМ из расплава полимера, СССР	Поликапромид, иглопробивной	500	–	70/100	150/170	–	–

Приложение 2

Пример расчета толщины насыпи с прослойкой из НСМ на болоте

Исходные данные

Временная дорога со сроком службы 12 мес. должна пройти по болоту 1 типа.

Нагрузка. Автомобиль КрАЗ-256Б, удельное давление от колеса p_0 =0,55 МПа, диаметр отпечатка колеса $Д_0$ =46 см, допустимая глубина колеи $S_{доп}$=12 см.

Насыпь. Ширина поверху 9 м, откосы 1:1,5, материал – песок с плотностью $\rho_н$ =1,8 т/м^3, углом внутреннего трения φ =30°.

Основание насыпи. Торф с влажностью $W_б$ =290 %. Модуль деформации торфа при p =0,05 МПа E_c =0,5 МПа (см.табл.5), плотность с учетом взвешивания ρ_c =0; сцепление c_c =0,005 МПа, угол внутреннего трения φ =0°.

Прослойка. НСМ-дорнит с условным модулем деформации E =70 Н/см.

Расчет

По табл.2 принимаем ориентировочно $h_п$ =0,8 м и проверяем выполнение условий (17) и (18).

Нагрузка от веса насыпи по формуле (19) составит

$$q = h_п \rho_н g = 1,8 \cdot 0,8 \cdot 10^{-2} = 0,0144 \text{ (МПа)}.$$

$$0,8 \cdot 1,8 \cdot 10 \frac{Т \cdot М}{С^2 \cdot М^2} = 0,0144 \text{ МПа}.$$

По рис.10 для $\frac{2h_п}{Д_0} = \frac{2 \cdot 0,8}{0,46}$ находим K_p=0,14. Диаметр загруженной площадки $Д_i = Д_0 \sqrt{\frac{1}{K_p}}$ =1,25 м. Средний коэффициент трения прослойки по грунтам насыпи и основания $f_{ср} = \frac{tg\varphi_c + tg\varphi_н}{2}$ =0,29. Величина $\rho_т$ определяется решением

уравнения (21). Обозначив левое слагаемое через "А", а правое через "Б" и задавшись значениями $p_т$ в интервале от 0,02 до 0,25 МПа при $S_{доп}$=12 см, решаем уравнение относительно А и Б и строим график (см.рисунок настоящего приложения). Точка пересечения кривой и прямой соответствует величине $p_т$. Для $h_п$ =0,8 м по этому рисунку $p_т$ =0,11 МПа на уровне основания $p_т$ = =0,11 · 0,14 = 0,0154 МПа. Критическую нагрузку $p_{кр}$ на слабый грунт определяем по формуле (21), для φ_c=0° по рис.11:

M_1=6,60; M_2=2,50; M_3=0.

Отсюда

$$p_{кр}=(2,5 \cdot 1,8 \cdot 0,8 \cdot 10 + 6,60 \cdot 0,5)=0,07 \text{ (МПа)}.$$

Фактическая нагрузка на слабое основание

$$p_ф = p_0 к_р + q = 55 \cdot 0,14 + 1,44 = 0,0914 \text{ (МПа)}.$$

Проверяем условие (17):

$p_{кр} + к_р p_т$ = 0,0154 + 0,07 = 0,0854 МПа < 0,0914 МПа, т.е. условие (17) не выполнено.

Проводим повторный расчет при $h_п$ =0,9 м: $к_р$=0,09, $p_т$ =0,13 МПа; $p_{кр}$=0,075 МПа, $p_ф$ =0,0805 МПа, а $p_{кр}$ + + $p_т к_р$ =0,0906 МПа.

Проверяем условие (17): 0,0906 > 0,0805, т.е. условие (17) выполнено при $h_п$ =0,9 м. Проверяем выполнение условия (18), используя формулу (22):

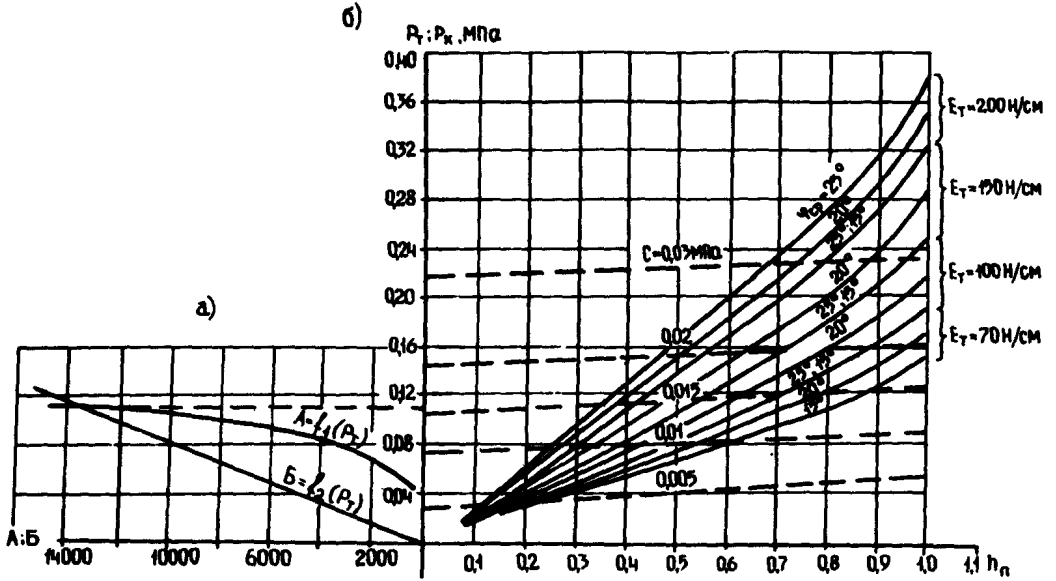
$$S_{расч}=\frac{к_р Д_1 U_к}{E_c}(p_0-p_т) = \frac{0,115 \cdot 154 \cdot 0,6}{0,5}(0,55-0,13)=9 \text{ (см)}.$$

9 см < 12 см, так как $S_{расч} < S_{доп}$, условие (18) выполнено.

Окончательно принимаем $h_п$ =0,9 м.

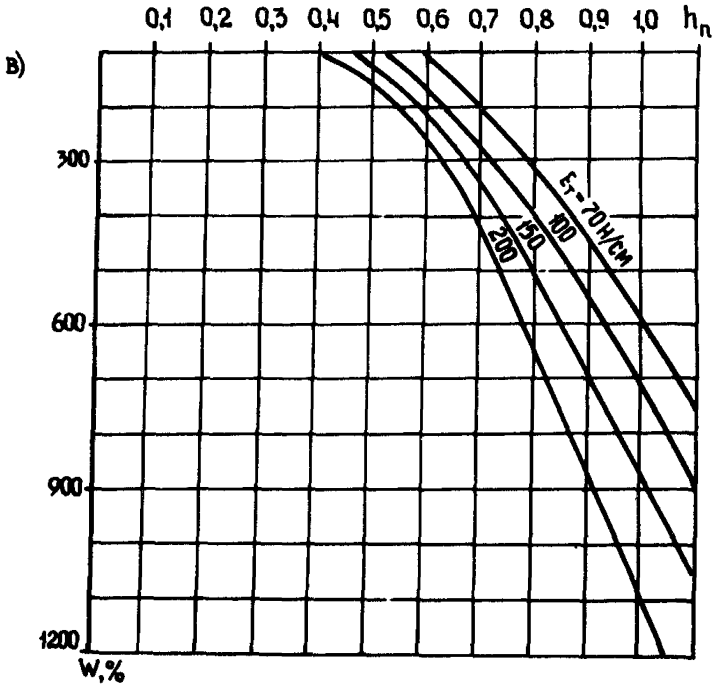
Расчет толщины насыпного слоя может быть выполнен с предварительным построением графиков по рисунку настоящего приложения.

Такие графики построены для расчетного автомобиля



а)
б)
P_T; P_K, МПа
0,40
0,36
0,32
0,28
0,24
0,20
0,16
0,12
0,08
0,04
E_T=200 Н/см
E_T=150 Н/см
E_T=100 Н/см
E_T=70 Н/см
C=0,03 МПа
0,02
0,015
0,01
0,005
φ_{cp}=25°
20°
25°,15°
20°
25°,15°
20°
25°,15°
20°
15°
А=$f_1(P_T)$
Б=$f_2(P_T)$
А:Б
14000
10000
6000
2000
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
1,1
$h_п$

Определение $\rho_т$ в зависимости от значений А и Б (а), $h_п$ с использованием графиков зависимости $\rho_т$ от $h_п$; $\varphi_{ср}$; $E_т$; $\rho_к$ от $h_п$ при ρ_c =2 т/м^3, φ_c = =10°; c =0,005 ÷ 0,3 МПа (б) и $h_п$ от влажности торфа W и условного модуля деформации E (в)



КрАЗ-256Б; c_c =0,005; 0,01; 0,015; 0,020 МПа; ρ_c =2 т/м^3; φ_{cp} =15°; 20°; 25° и условных модулей деформации НСМ E =70; 100; 150; 200 Н/см.

Задавшись толщиной насыпи h_n для данных значений φ_{cp}; E ; c_c , по графикам упомянутого рисунка находим значения $p_т$ и $p_{кр}$. Дальнейший расчет и проверка условий (17) и (18) проводятся так же, как указано выше.

Определение толщины насыпного слоя h_n может быть также выполнено с предварительным построением итогового графика $h_n = f(W_o)$ для конкретных значений φ_{cp} и c_c (см. рисунок настоящего приложения, позиция "в").

Приложение 3

Пример расчета толщины насыпи по предельному равновесию при сдвиге

Исходные данные

Временный подъезд на переувлажненном суглинистом грунте.

Нагрузка – 40 авт/сут (25 автомобилей КрАЗ-256Б и 15 – ЗИЛ-130).

Грунт основания. Суглинок W_e=35 %, $W_т$ =37 %.

Насыпь. Песок крупнозернистый.

Приводим интенсивность движения к расчетной Н-10 (p_o =0,5 МПа, $Д_o$ =30 см) согласно табл.3:

$$25 \cdot 2 + 15 \cdot 0{,}2 = 53 \text{ (авт/сут)}.$$

Определяем $W_{отн} = \frac{W_e}{W_т}$ =0,95 и соответствующее ей значение c_c =0,010 МПа; φ =13°, с учетом K_N =0,7.

c_c =0,010 · 0,7 = 0,007 МПа.

Принимаем толщину насыпного слоя $h_п$ =40 см, $\frac{h_п}{Д_o}$ = $= \frac{40}{30} = 1{,}3$. По графику рис.12 $\frac{\tau_c}{p_o}$ =0,012, $\tau_б$=0,0017 МПа,

τ_c =0,06 МПа. $\tau_c - \tau_б$ =0,006–0,0017=0,0043 МПа < 0,007 МПа.

Следовательно, условие (23) выполнено. В полученном решении имеется запас по напряжениям около 60 %, поэтому целесообразно попытаться уменьшить принятую толщину.

Принимаем $h_п$ =35 см, $\frac{h_п}{Д_o} = \frac{35}{30}$ =1,17.

τ_c =0,02 · 0,5 = 0,010 МПа, $\tau_б$ =0,0015. Проверяем условие (23): 0,0085 > 0,007, т.е. условие не выполнено. Окончательно оставляем $h_п$ =40 см.

Содержание

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие положения	5
2. Виды и свойства НСМ	6
3. Конструкции земляного полотна с прослойками из НСМ на слабых грунтах	15
Применение НСМ для ускорения сроков устройства покрытий	16
Повышение устойчивости насыпи путем армирования основания или тела насыпи прослойками из НСМ	22
Улучшение условий работы слоев из зернистых материалов	25
Применение НСМ для повышения устойчивости оснований из несвязных материалов под швами сборных покрытий	27
Применение НСМ в конструкциях временных дорог	29
Расчет минимальной толщины насыпного слоя, обеспечивающей проезд транспорта $h_п$	36
4. Технология устройства прослоек из НСМ	42
5. Техника безопасности при работе с НСМ	53
Приложение 1. Физико-механические свойства зарубежных и отечественных НСМ	56
Приложение 2. Пример расчета толщины насыпи с прослойкой из НСМ на болоте	58
Приложение 3. Пример расчета толщины насыпи по предельному равновесию при сдвиге	63

Ответственный за выпуск инж. Е.И.Эппель

Редактор Н.В.Теплоухова
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор Л.В.Крылова

Подписано к печати 10/УП 1981г. Формат 60х84/16
Л 69361
Заказ 129-1 Тираж 750 3,0 уч.-изд.л. Цена 45 коп.
3,7 печ.л.

г оперативной полиграфии Союздорнии
143900, Московская обл., г.Балашиха-6, ш.Энтузиастов,79

gost.e-ecolog.ru