МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

# ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ПРОМОРОЖЕННЫХ ОСНОВАНИЯХ В ЗАБОЛОЧЕННЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Москва 1975

gost.e-ecolog.ru

Министерство транспортного строительства

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

## ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ПРОМОРОЖЕННЫХ ОСНОВАНИЯХ В ЗАБОЛОЧЕННЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

*Одобрены Главдорстроем Минтрансстроя*

Москва 1975

УДК 625.711.83

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ПРОМОРОЖЕННЫХ ОСНОВАНИЯХ В ЗАБОЛОЧЕННЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ. М., Союздорнии, 1975

Предложены конструкции земляного полотна автомобильных дорог III–У, III–п и IУ–п категорий на болотах I и II типов, предусматривающие использование торфяных грунтов в мерзлом состоянии в качестве несущего основания. Определены условия рационального применения этих конструкций.

Даны методы расчета термической и деформационной устойчивости и конструирования автомобильных дорог на промороженных основаниях, приведены расчетные физико-механические показатели минеральных грунтов и торфов нарушенного и ненарушенного сложения.

Содержатся рекомендации по организации и технологии строительства автомобильных дорог на промороженных основаниях при прохождении болот I и II типов.

Табл.15, рис.16.

© СОЮЗДОРНИИ, 1975 г.

УДК 625.711.83

## Предисловие

"Методические рекомендации по проектированию и строительству автомобильных дорог на промороженных основаниях в заболоченных районах Западной Сибири разработаны Омским филиалом Союздорнии с участием треста "Тюмендорстрой" на основе изучения физико-механических свойств торфов, теоретических исследований, материалов наблюдений за опытными участками дорог с капитальным типом покрытия, обобщения и анализа опыта строительства и эксплуатации временных дорог на промороженных основаниях.

Настоящие "Методические рекомендации" предназначены для производственной проверки и внедрения при проектировании и строительстве автомобильных дорог III-У, III-п и 1У-п категорий с капитальными из сборных железобетонных плит, переходными и низшими типами покрытий на территории севера Западной Сибири и в других районах, где среднегодовые температуры воздуха ниже $0^{o}$С. Рекомендации по устройству автомобильных дорог на промороженных основаниях с усовершенствованными монолитными типами покрытий предназначены для опытной проверки.

"Методические рекомендации" составили кандидаты технических наук Н.Ф.Савко и Н.М.Тупицын с участием инженеров Б.Ф.Илясова (трест "Тюмендорстрой") и В.И.Бессонова. Лабораторные работы по определению свойств торфов, установлению их расчетных показателей выполнили канд.с.-х.наук Н.М.Голяков, инженеры М.И.Шалыгин и Л.Н.Чеканова.

Замечания и предложения по настоящим "Методическим рекомендациям" просьба направлять по адресу: 143900, Московская обл., Балашиха-6, Союздорнии или 644080,Омск,проспект Мира,3,Омский филиал Союздорнии.

## I.Общие положения

1.1. Настоящие "Методические рекомендации" предназначены для руководства при проектировании и сооружении земляного полотна вновь строящихся автомобильных дорог III-У категории и подъездных дорог промышленных предприятий III-п и 1У-п категорий на болотах 1-II типов в северной части Западной Сибири, где среднегодовые температуры воздуха ниже 0°С.

"Методические рекомендации" могут быть использованы также при проектировании и строительстве дорог на болотах в других районах с суровым климатом (север Европейской части, Восточная Сибирь) с установлением на местах расчетных температур поверхности земляного полотна и дорожных покрытий, уточнением физико-механических свойств торфов и минеральных грунтов в соответствии с природно-климатическими особенностями района строительства.

1.2. Климат северной части Западной Сибири характеризуется: суровой и продолжительной зимой; сравнительно коротким, но теплым летом; короткими переходными сезонами (весна и осень); поздними весенними и ранними осенними заморозками; резким колебанием температур в течение года, месяца и даже суток; сравнительно высоким количеством выпадающих осадков. Выраженная широтная зональность в климате, почвенном и растительном покровах позволяет разделить территорию Западной Сибири, где среднегодовые температуры воздуха ниже 0°С, на три зоны - тундру, лесотундру и тайгу.

Основные расчетные характеристики климата по зонам, используемые при проектировании и строительстве дорог на промороженных основаниях, приведены в табл.1.

1.3. При проектировании земляного полотна дорог на промороженных основаниях необходимо учитывать об -

Таблица 1

| Район строительства (пункты) | Средняя годовая температура воздуха, °С | Переход температуры воздуха через 0°С осенью | Переход температуры воздуха через 0°С весной | Дата установления устойчивого снегового покрова | Продолжительность теплого периода года $\tau$, час | Средняя за период $\tau$ температура поверхности $t_a$, 0°С земляного полотна | цементобетонного покрытия | асфальтобетонного покрытия |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Тундра | | | | | | |
| Новый Порт | -8,8 | 3.X | 6.VI | 14.X | 2900 | 7,8 | 9,1 | 9,8 |
| Тазовское | -9,3 | 1.X | 31.V | 10.X | 2900 | 8,4 | 10,4 | 10,8 |
| Ныда | -7,8 | 4.X | 31.V | 16.X | 3050 | 8,4 | 10,2 | 10,4 |
| | | Лесотундра | | | | | | |
| Салехард | -6,4 | 5.X | 21.V | 16.X | 3240 | 8,8 | 10,6 | 11,2 |
| Полуй | -6,3 | 6.X | 21.V | 13.X | 3240 | 9 4 | 10.6 | 11,7 |
| Надым | -6,6 | 5.X | 21.V | 14.X | 3240 | 9,6 | 10,9 | 11,7 |
| Уренгой | -7,8 | 3.X | 26.V | 12.X | 3120 | 9,5 | 11,0 | 11,5 |
| Питляр | -5,6 | 6.X | 18.V | 14.X | 3360 | 9,0 | 11,0 | 13,0 |
| | | Тайга | | | | | | |
| Тарко-Сале | -6,7 | 2.X | 21.V | 12.X | 3260 | 9,8 | 11,5 | 12,0 |
| Толька | -6,1 | 5.X | 14.V | 14.X | 3540 | 10,6 | 11,7 | 12,4 |
| Ларьяк | -3,3 | 11.X | 27.IV | 22.X | 3890 | 11,9 | 12,6 | 13,4 |

Продолжение табл.1

| Пункты | Средняя годовая температура воздуха, °С | Переход температуры воздуха через 0°С | | Дата установления устойчивого снегового покрова | Продолжительность теплого периода $\tau_2$, час | Средняя за период $\tau$ температура поверхности $t_п$, °С | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | осенью | весной | | | земляного полотна | цементобетонного покрытия | асфальтобетонного покрытия |
| Нижневартовск | -3,0 | 10.X | 25.IУ | 20.X | 4030 | 10,6 | 12,4 | 13,0 |
| Сургут | -3,1 | 12.X | 28.IУ | 23.X | 3910 | 10,2 | 12,6 | 14,5 |
| Самарово | -1,4 | 13.X | 17.IУ | 24.X | 4270 | 10,5 | 12,7 | 13,4 |
| Ермаково | -3,6 | 10.X | 28.IУ | 18.X | 3950 | 11,4 | 12,2 | 13,0 |
| Игрим | -3,1 | 10.X | 26.IУ | 21.X | - | - | - | - |
| Березово | -3,8 | 9.X | 3.У | 19.X | 3810 | 9,8 | 11,8 | - |
| Казым | -3,8 | 9.X | 29.IУ | 21.X | 3900 | 10,3 | 11,7 | 12,3 |
| Нумто | -5,3 | 8.X | 16.У | 12.X | 3550 | 9,7 | 12,0 | 12,2 |
| Колдинское (Октябрьское) | -1,0 | 10.X | 27.IУ | 23.X | 4010 | 10,2 | 11,8 | 12,4 |

щие требования, предъявляемые к земляному полотну СНиП II-Д.5-72 и СН 449-72, и обеспечивать термическую и деформационную устойчивость мерзлой части основания в теплый период года.

Не рекомендуется проектировать дороги на промороженных основаниях на участках топей выклинивания и проточных топей с циркулирующими потоками теплых болотных вод, где образуются тепловые потоки снизу $f \geqslant 2{,}5$ ккал/м$^2$·час·град.

Величину тепловых потоков определяют по формуле

$$f = \lambda_т \frac{t_2 - t_1}{\ell}, \qquad (1)$$

где $\lambda_т$ – коэффициент теплопроводности торфяной залежи, $\lambda \simeq 0{,}45$ ккал/м·час·град.;

$t_1$ и $t_2$ – замеренные при изысканиях в конце летнего периода температуры торфяной залежи соответственно на глубине 1,0-1,2 м и 1,6-1,8 м, °С;

$\ell$ – расстояние между точками замера температур, м.

На участках, где величина тепловых потоков снизу более 2,5 ккал/м$^2$·час·град., следует проектировать "плавающие" насыпи.

1.4. Земляное полотно на промороженных основаниях проектируют на основе детальных инженерно-геологических изысканий с необходимыми полевыми и лабораторными испытаниями торфов и минеральных грунтов.

Значения расчетных характеристик торфов устанавливают с учетом возможности их работы под нагрузкой от насыпи в условиях незавершившейся консолидации в соответствии с "Методическими указаниями по проектированию земляного полотна на слабых грунтах" (М., Оргтрансстрой, 1968).

Ориентировочные значения расчетных показателей характерных торфов Западной Сибири и методы их определения приведены в приложении 1.

1.5. В местах пересечения автомобильной дороги с подземными коммуникациями (нефте-, газопровод, водопровод, теплофикационный трубопровод) и на участках сооружения водопропускных труб земляное полотно следует проектировать с расчетом на полное или частичное выторфовывание.

1.6. Метод строительства на промороженных основаниях предусматривает ведение работ широким фронтом в зимний и летний периоды года. Основной объем работ выполняют в зимний период: промораживают торфяную залежь болота, намораживают торфяную плиту и отсыпают нижнюю часть насыпи из минеральных грунтов на высоту не менее 0,6 м. Выполнение указанных мероприятий позволяет создать благоприятные условия для пропуска технологического транспорта и завершения работ по досыпке земляного полотна до проектных отметок и устройству дорожной одежды в летний период.

Сооружение на отдельных участках дороги земляного полотна на промороженных основаниях и "плавающих" насыпей позволяет строительной организации обеспечить ведение работ на болотах высокими темпами с равномерным и максимальным использованием дорожно-строительной техники в течение года.

## 2 Проектирование

2.1. Земляное полотно, сооружаемое на промороженных болотных грунтах, следует проектировать на болотах I и II типов для дорог с покрытием из сборных железобетонных плит, с переходными и низшими типами покрытий.

При проектировании дорог с покрытием из сборных железобетонных плит целесообразно предусматривать стадийное строительство дорожной одежды. На первом этапе строительства - до завершения осадок торфяного

основания – устраивают основание дорожной одежды, укладывают плиты покрытия. На втором этапе – после завершения осадки земляного полотна – производят разборку плит покрытия, выравнивают основание дорожной одежды, укладывают ранее снятые плиты, сваривают и омоноличивают швы покрытия.

2.2. При разработке проектов на строительство опытных участков дорог с усовершенствованными монолитными типами покрытия необходимо предусматривать мероприятия, обеспечивающие завершение осадки земляного полотна к началу работ по сооружению дорожной одежды (устройство временной пригрузки, обкатка насыпи тяжеловесной нагрузкой), или намечать сроки устройства дорожной одежды после завершения осадки основания.

2.3. Конструкция дорог на промороженных основаниях включает в себя следующие элементы: торфяное основание, состоящее из талого и промороженного слоев торфяной залежи; намороженную плиту из торфа в нижней части земляного полотна; земляное полотно из минеральных грунтов; дорожную одежду; боковые теплоизолирующие призмы из торфа; боковые водоотводные канавы или резервы.

Промороженный слой торфяной залежи и намороженная торфяная плита обеспечивают прочность и устойчивость конструкции в целом, исключают возникновение недопустимых упругих деформаций земляного полотна при минимальной толщине слоя из минерального грунта.

Намороженная торфяная плита рассредотачивает нагрузки на слабый талый слой торфяной залежи, что снижает величину осадки. Кроме того, устройство в нижней части насыпи намороженной плиты из торфа позволяет сократить объем привозных минеральных грунтов и вывести минеральную часть насыпи из зоны постоянного подтопления болотными и поверхностными водами.

2.4. Земляное полотно дорог на промороженных основаниях следует проектировать с учетом типа болот

применительно к поперечным профилям, приведенным на рис.1.

Насыпи на болотах I типа проектируют применительно к поперечному профилю типа 1, а на болотах II типа – применительно к поперечному профилю типа II. Если в верхней части торфяной залежи болот I и II типов имеются слои, не обладающие несущей способностью (жидкие образования, сапропель), насыпь проектируют применительно к поперечному профилю типа III, предусматривая удаление слабых слоев зимой и замену их торфом устойчивой консистенции.

На участках распространения вечномерзлых грунтов, представленных мерзлыми торфяниками, насыпи проектируют применительно к поперечному профилю типа 1У.

2.5. Верхнюю (минеральную) часть земляного полотна отсыпают из непылеватых песчаных или глинистых грунтов. Нижнюю часть насыпи (намораживаемая плита) устраивают из торфа боковых резервов или из сосредоточенных карьеров, используя слабо- и среднеразложившийся торф устойчивой консистенции.

Целесообразно использовать торф, который в естественных условиях залегания отвечает следующим требованиям:

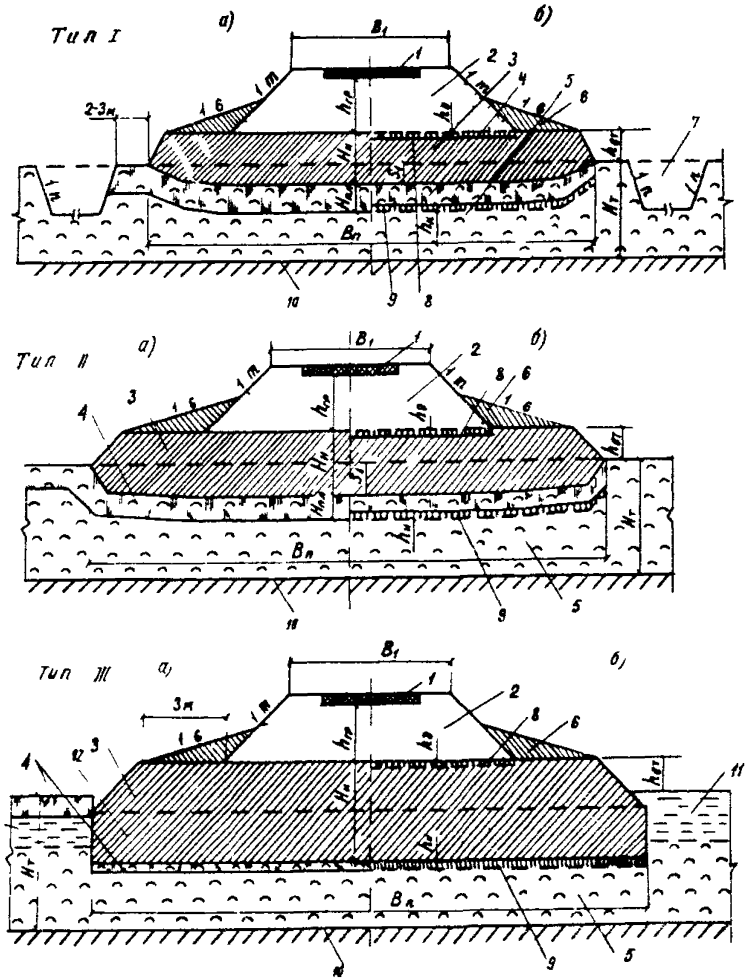
степень разложения не более 40%;

пористость менее 90%.

2.6. Ширину земляного полотна устанавливают в зависимости от категории дороги с расчетом обеспечения конструктивных размеров после полной осадки насыпи.

Крутизну откосов верхней (минеральной) части земляного полотна назначают равной 1:1,5 при отсыпке из глин или суглинков, а при отсыпке из мелких песков и супесей – в пределах от 1:1,5 до 1:2.

2.7. Резервы закладывают на болотах I типа с обеих сторон земляного полотна (см.рис.1, тип 1). Ширина и глубина резервов определяется потребностью в торфе для устройства нижней части насыпи (намораживаемой плиты) с учетом уплотнения торфа в насыпи.



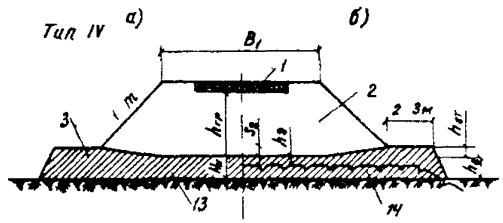




Рис.1. Поперечные профили дорог на промороженных основаниях:
а–состояние конструкции на конец холодного периода года, б–то же, на конец теплого периода 1–дорожная одежда, 2–минеральная часть земляного полотна, 3–намороженная торфяная плита, 4–промороженный слой торфяной залежи, 5–талый слой торфяной залежи, 6–боковые теплоизолирующие призмы из торфа, 7–боковой резерв (водоотводная канава), 8–талая торфяная прослойка за счет оттаивания сверху; 9–то же, за счет оттаивания снизу; 10–минеральное дно болота; 11–выдавливаемые торфяные отложения или вода, 12–послойно намороженная плита из торфа устойчивой консистенции взамен жидких образований, 13–поверхность вечномерзлых торфяников, 14–верхняя граница мерзлых грунтов после постройки дороги

Крутизну откосов резервов устанавливают в зависимости от плотности торфяной залежи в пределах от 1:0,5 до 1:1.

2.8. Конструктивные размеры земляного полотна дорог на промороженных основаниях назначают с учетом климатических условий района строительства, типа болота и мощности торфяной залежи, уровня длительно стоящих поверхностных вод на болоте, физико-механических свойств торфа, вида и физико-механических свойств минеральных грунтов, конструкции дорожной одежды.

При конструировании дорог на промороженных основаниях определяют:

а) высоту верхней (минеральной) и нижней (торфяной) частей насыпи;

б) деформационную устойчивость конструкции и величину осадки;

в) упругие деформации дорожной конструкции;

г) требуемое время промерзания торфяной залежи на заданную глубину;

д) снегозаносимость дороги.

Методы расчета указанных параметров изложены в пп.2.9-2.19.

Пример расчета конструкции дороги на промороженном основании приведен в приложении 2.

2.9. Высоту верхней (минеральной)части насыпи по оси дороги устанавливают по теплотехническому расчету с учетом обеспечения необходимого возвышения низа дорожной одежды над поверхностью талой прослойки торфа согласно СН 449-72 и расчета на прочность согласно п.2.10.

Теплотехнический расчет рекомендуется выполнять в такой последовательности:

а) определяют для принятой конструкции дорожной одежды и вида грунта земляного полотна расчетные значения коэффициентов теплопроводности $\lambda_T$ и объемную теплоемкость $C_T$ материалов в талом состоянии согласно приложению 1;

б) устанавливают по табл.1 расчетные значения климатических характеристик района строительства – продолжительность теплого периода года $\tau$ и среднюю за этот период температуру поверхности покрытия $t_п$;

в) вычисляют значения величин

$$S = \lambda_т \left( \frac{1}{\alpha} + \sum_1^n \frac{h_п}{\lambda_п} \right) \text{ м};$$
$$M = \frac{1}{S} \text{ м}^{-1}; \qquad (2)$$
$$K_т = \frac{4 \lambda_т \tau (t_п - T)}{Q_0 + 0{,}5 C_т t_п} \text{ м}^2/\text{час},$$

где $\lambda_т$ – коэффициент теплопроводности грунта земляного полотна в талом состоянии ккал/м.час.град;

$\alpha$ – коэффициент теплообмена, $\alpha \simeq 20$ккал/м$^2$.час;

$h_п$ и $\lambda_п$ – соответственно толщина (м) и коэффициент теплопроводности (ккал/м.час. град.) конструктивных слоев дорожной одежды;

$C_т$ – объемная теплоемкость грунта земляного полотна в талом состоянии, ккал/м$^3$.град.;

$T$ – температура льдообразования, принимаемая для песков от –0,4° до –0,6°С, для легких супесей от –0,2° до –0,6°С, для легких пылеватых супесей от –0,3° до –0,5°С, для тяжелых пылеватых супесей от –0,9° до –1,4°С, для пылеватых глин и тяжелых суглинков от –1,2° до –2°С;

$Q_0$ – расход тепла на плавление льда в единице объема грунта, ккал/м$^3$, который определяют по формуле

$$Q_0 = 80 \gamma_{ск} \left( \frac{W - W_{нз}}{100} \right), \qquad (3)$$

где $\gamma_{ск}$ и $W$ – соответственно объемный вес скелета (кг/м$^3$) и влажность (%) грунта земляного полотна; величины $\gamma_{ск}$ и $W$ принимают согласно приложению 1;

$W_{нз}$ – среднее содержание незамерзшей воды в грунте,%; ориентировочно величину $W_{нз}$ принимают равной: 0 – для песков, 7% – для супесей, 10% – для суглинков и 15% – для глин;

г) зная $\mu$ и $K_г$, определяют по графикам (рис.2) величину протаивания $h$ и вычисляют высоту минеральной части насыпи по оси дороги $h_{гр}$:

$$h_{гр} = h - mh_д , \qquad (4)$$

где $m$ – коэффициент эквивалентного приведения (по условиям оттаивания) величины $h_д$ к грунту земляного полотна; величину $m$ принимают равной: 3,9 – для песков; 4,0 – для супесей; 4,1 – для суглинков легких; 4,2 – для суглинков тяжелых и глин;

$h_д$ – допустимая глубина оттаивания наморожен – нои торфяной плиты сверху в период эксплуатации дороги, м; величину $h_д$ устанавливают с учетом категории дороги:

| категория дороги | III,III–п | 1У,1У–п | У |
|---|---|---|---|
| величина $h_д$,м | 0,25–0,30 | 0,35–0,40 | 0,45–0,50 |

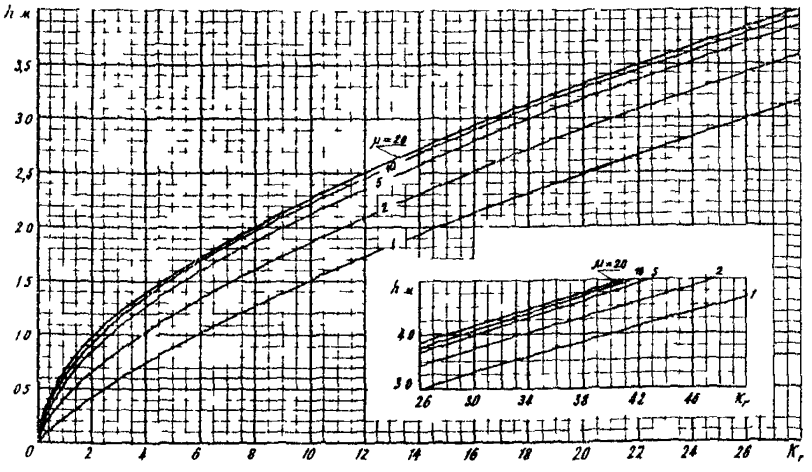



Рис.2. Графики для определения глубины протаивания земляного полотна

Бо́льшие значения $h_д$ принимают для песчаных грунтов, меньшие – для глинистых.

Величина $h_{гр}$, установленная теплотехническим расчетом, должна удовлетворять требованиям СН 449-72 по возвышению низа дорожной одежды над поверхностью талой прослойки торфа и условиям прочности.

2.10. Условие, при котором прочность дорожной конструкции обеспечивается, выражается неравенством

$$E_э \geq E_{тр} , \qquad (5)$$

где $E_э$ и $E_{тр}$ – соответственно эквивалентный и требуемый модули упругости конструкции, кгс/см$^2$.

Эквивалентный модуль упругости конструкции рассчитывают по формуле

$$E_э = \frac{4}{\pi} E_{общ} \cdot A , \qquad (6)$$

где $E_{общ}$ общий модуль упругости многослойной системы без учета мерзлого основания: дорожная одежда – грунт земляного полотна – талая прослойка торфяной плиты. Величина $E_{общ}$ определяется известными методами: для нежестких одежд – согласно ВСН 46-72, для жестких – используя "Практическую методику расчета жестких дорожных покрытий с учетом повторности воздействия нагрузок" (МАДИ, "Высшая школа", 1970);

$A$ – коэффициент учета влияния мерзлого торфяного основания, определяемый по графику (рис.3) в зависимости от отношения $R / h_{об}$, где $R$ – радиус круга, равновеликого площади контакта сдвоенного колеса расчетного автомобиля, см; $h_{об}$ – общая толщина многослойной системы: дорожная одежда + грунт земляного полотна + талая прослойка торфяной плиты.

Если условие (6) не удовлетворяется, следует увеличить высоту $h_{гр}$ (уменьшить допустимую глубину оттаивания торфяной плиты $h_{д}$ ) или предусмотреть усиление дорожной одежды.

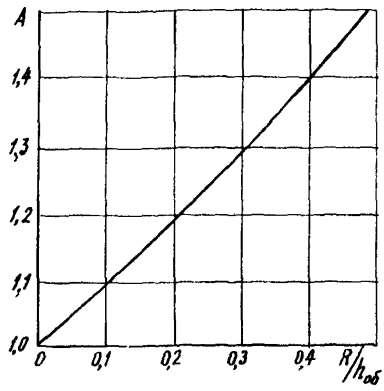



Рис.3. График для определения коэффициента $A$

2.11. При проектировании дорог со сборными покрытиями (плиты ПАГ-Х1У на основании из гравийно-песчаной смеси толщиной 20 см) минимальную высоту минеральной части насыпи по оси дороги можно назначать ориентировочно по табл.2.

2.12. Конструктивные параметры мерзлого торфяного основания (ширину и толщину промораживаемого слоя болота и намораживаемой торфяной плиты) определяют, исходя из условий:

$$H_{н} \geq S_{1} + S_{2} + h_{вт} \quad ; \qquad (7)$$

$$H_{д} \leq H_{пл} + H_{н} - h_{д} - h_{н} , \qquad (8)$$

где $H_{н}$ – толщина намораживаемой плиты из торфа, м;

$S_{1}$ – осадка талого слоя торфяной залежи под действием веса дорожной конструкции и подвижной нагрузки, м; подвижную нагрузку рекомендуется учитывать в том случае, когда высота минеральной части насыпи менее 1,0 м;

$S_{2}$ – осадка намороженного слоя торфа при максимальном оттаивании его в период строительства;

Таблица 2

| Район строительства (пункты) | Высота минеральной части насыпи по оси дороги, м, с учетом категорий дороги и вида грунта земляного полотна | | | |
|---|---|---|---|---|
| | III, III-п | | IУ, IУ-п | |
| | пески мелкие | супеси легкие | пески мелкие | супеси легкие |
| Ныда | 0,75 | 0,85 | 0,60 | 0,60 |
| Салехард | 0,85 | 0,90 | 0,60 | 0,60 |
| Надым | 0,90 | 1,05 | 0,60 | 0,65 |
| Уренгой | 0,80 | 0,95 | 0,60 | 0,60 |
| Лобчинские, Сургут | 1,40 | 1,50 | 1,00 | 1,10 |
| Ларьяк, Горшково | 1,30 | 1,40 | 0,95 | 1,00 |
| Ханты-Мансийск | 1,45 | 1,55 | 1,10 | 1,15 |
| Нумто | 1,10 | 1,20 | 0,70 | 0,80 |
| Октябрьское | 1,30 | 1,40 | 0,90 | 1,00 |
| Казым | 1,30 | 1,40 | 0,90 | 1,00 |
| Березово | 1,20 | 1,30 | 0,85 | 0,95 |
| Саранпауль | 1,20 | 1,25 | 0,80 | 0,90 |
| Сосьвинская | 1,30 | 1,35 | 0,90 | 1,00 |
| Няксимволь | 1,60 | 1,50 | 1,00 | 1,15 |

Таблица 3

| Типы дорожных покрытий | Величина $H_д$, м при сопротивлении сдвигу $c_y$ кгс/см$^2$, верхнего слоя торфяной залежи (по крыльчатке) | | |
|---|---|---|---|
| | $c_y \geq 0,1$ | $c_y = 0,05 \div 0,1$ | $c_y < 0,05$ |
| Капитальные (цементобетонное сборное и асфальтобетонное) | 1,00 | 1,15 | 1,30 |
| Усовершенствованные облегченные | 0,75 | 0,90 | 1,00 |
| Переходные и низшие | 0,55 | 0,60 | 0,70 |

$h_{в_т}$ – требуемое возвышение намораживаемой торфяной плиты над поверхностью болота, принимаемое равным 0,3–0,4 м;

$H_д$ – минимальная толщина мерзлого основания из условия обеспечения деформационной устойчивости дорожной конструкции, м;

$H_{пл}$ – толщина промороженного слоя торфяной залежи, м;

$h_н$ – величина оттаивания мерзлого основания снизу, которую определяют согласно приложению 3; для большинства торфяных залежей Западной Сибири (за исключением проточных топей, топей выклинивания и т.п.) $h_н \simeq 0{,}1$ м.

Величины $H_{пл}$, $S_1$ и $S_2$ определяют согласно пп.2.13–2.17. Величину $H_д$ принимают по табл.3 в зависимости от типа дорожной одежды и механических свойств верхнего промораживаемого слоя торфяной залежи.

Толщину намораживаемой плиты из торфа для конструкции типа 1У (см.рис.1) принимают $H_н \geq h_в + h_{в_т}$, где $h_в$ – уровень длительно стоящих (более 20 суток) поверхностных вод.

2.13. Для повышения общей устойчивости дорожной конструкции на болотах, снижения осадок и уменьшения объема работ по намораживанию торфяной плиты целесообразно верхний слой торфяной залежи промораживать на возможно большую глубину.

Минимальную толщину верхнего промораживаемого слоя торфяной залежи $H_{пл}$, обеспечивающую безопасное ведение строительных работ в зимний период, назначают с учетом механических свойств торфяной залежи по табл.4.

Таблица 4

| Сопротивление сдвигу верхнего слоя торфяной залежи $C_y$, кгс/см$^2$ | $> 0{,}1$ | 0,05–0,1 | $<0{,}05$ |
|---|---|---|---|
| Минимальная величина $H_{пл}$, м | 0,40 | 0,45 | 0,50 |

2.14. Глубину промерзания за время $\tau$ (в часах) или время, в течение которого торфяная залежь промерзнет на величину $H_{пл}$, прогнозируют по формуле

$$\tau = \frac{80\omega + C_{об} t_г}{2\lambda_{тм} t_в} \left( H_{пл}^2 + 2H_{пл} \cdot S \right), \quad (9)$$

где $\omega$ – содержание льда в мерзлом торфе, кг/м$^3$; величину $\omega$ устанавливают по графику (рис.4) в зависимости от влажности торфяной залежи $W$;

$C_{об}$ – объемная теплоемкость торфа в талом состоянии, ккал/м$^3$.град.; величину $C_{об}$ определяют согласно приложению 1;

$t_г$ – температура торфяной залежи на глубине 3,0–3,5 м (глубина нулевых амплитуд для торфа), °С; величину $t_г$ устанавливают в результате разовых замеров в любое время года;

$\lambda_{тм}$ – коэффициент теплопроводности торфа в мерзлом состоянии, ккал/м.час.град.; величину $\lambda_{тм}$ устанавливают согласно приложению 1;

$t_в$ – средняя за период промораживания $\tau$ (час) температура воздуха, °С; величину $t_в$ устанавливают по данным метеорологических станций;

$S$ – толщина слоя торфа, термическое сопротивление которого равно термическому сопротивлению слоя мерзлого торфа толщиной $h_{ос}$, при которой начинают расчистку болота от снега и промораживание торфяной залежи, и сопротивлению теплоотдачи с поверхности:

$$S = \lambda_{тм} \left( \frac{1}{\alpha} + \frac{h_{ос}}{\lambda_{тм}} \right) \text{ м}. \quad (10)$$

Время промерзания $\tau$ торфяной залежи болот 1 типа при $h_{ос}$ = 0,15 м ориентировочно устанавливают по графику на рис.5.

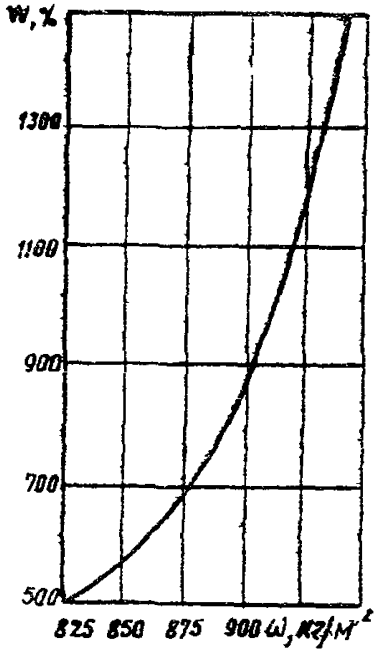



Рис.4. График для определения содержания льда в мерзлом торфе

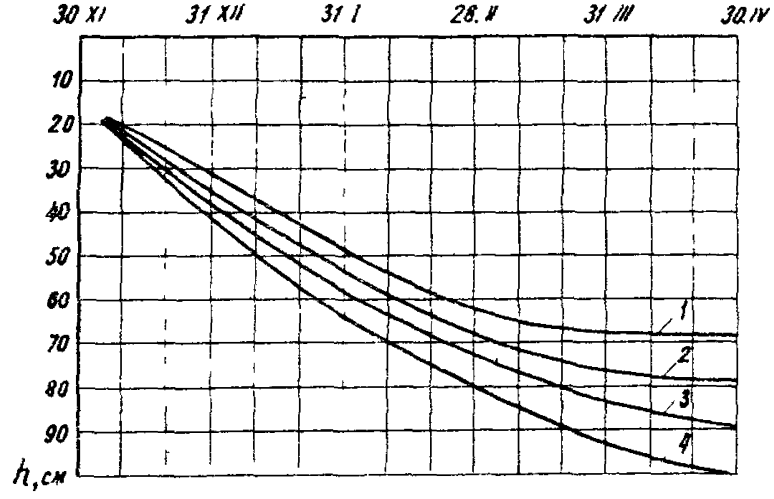



Рис.5. Ход промерзания торфяных залежей в районе Шаима (1), Сургута (2), Сале - харда (3) и Тазовского (4)

2.15. Ширину мерзлой торфяной плиты основания $B_п$ определяют по формуле

$$B_п = K\sqrt[4]{\frac{E H_т^3}{12(1-\mu_0^2)\gamma}}, \qquad (11)$$

где $K$ – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,5 – при строительстве на болотах I типа и 2,0 – при строительстве на болотах II типа;

$E$ – модуль упругости мерзлого торфа при температуре 0°С, тс/м$^2$; величину модуля упругости назначают согласно приложению I;

$\mu_0$ – коэффициент Пуассона мерзлого торфа, $\mu_0 \approx 0{,}34$;

$\gamma$ – объемный вес торфа, $\gamma \simeq 1$ т/м$^3$.

2.16. Осадку талого слоя торфяной залежи $S_1$ с учетом распределяющего действия мерзлого торфяного основания определяют по формуле

$$S_1 = \frac{n \cdot p \cdot B_п}{E_{ср}}, \qquad (12)$$

где $n$ – коэффициент, зависящий от местоположения точки, осадка которой определяется, и от площади мерзлого основания и его жесткости; коэффициент $n$ определяют по графику (рис.6) в зависимости от относительной толщины слоя торфа $\xi \frac{H_т - H_{пл}}{0{,}5B_п}$; где $H_т$ – мощность торфяной залежи, м;

$p$ – удельная нагрузка на торфяную залежь, кгс/см$^2$;

$E_{ср}$ – осредненный модуль деформации сжимаемых (талых) слоев торфяной залежи, кгс/см$^2$, определяемый по формуле

$$E_{ср} = \frac{H_т}{\sum \frac{H_i}{E_i}}, \qquad (13)$$

где $H_i$ и $E_i$ – мощность (см) и модуль деформации (кгс/см$^2$) отдельных слоев торфяной залежи; величины $E_i$ устанавливают согласно приложению 1.

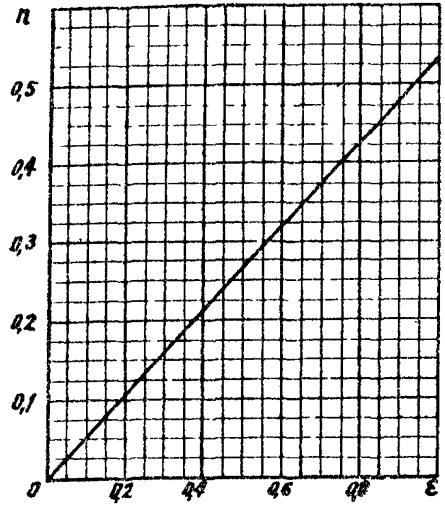



Рис.6. График для определения коэффициента $n$ в зависимости от $\varepsilon = \frac{H_т - H_{пл}}{0{,}5\,B_п}$

Удельную нагрузку на торфяную залежь определяют в первом приближении по формуле

$$p = \frac{\sum_1^n b_i h_i \gamma_i + 0{,}5(B_1 + B_2) h_{гр} \gamma_{гр} + B_п \gamma_т \left(h_{вт} + \sum_1^n a_i H_i\right)}{10000\, B_п}, \quad (14)$$

где $b_i$, $h_i$ и $\gamma_i$ – соответственно ширина (м), толщина (м) и объемный вес (кг/м$^3$) слоев дорожной одежды;

$B_1$ и $B_2$ – ширина земляного полотна соответственно поверху и понизу, м;

$\gamma_{гр}$ – объемный вес грунта земляного полотна, кг/м$^3$;

$\gamma_т$ – объемный вес торфа, $\gamma_т \simeq 1000$ кг/м$^3$;

$a_i$ – относительная осадка слоев торфяной залежи, ориентировочно принимаемая в зависимости от механических свойств торфа: $a_i$ = 0,3 – для плотных торфов болот I типа при $\tau_{сд} > 0{,}1$ кгс/см$^2$; $a_i$ = 0,3÷0,4 – при $\tau_{сд}$ = 0,1÷0,05 кгс/см$^2$ и $a_i$ = 0,45 – для болот II типа при $\tau_{сд} < 0{,}05$ кгс/см$^2$.

2.17. Осадку намораживаемой торфяной плиты $S_2$ при максимальной величине ее оттаивания определяют по формуле

$$S_2 = 0{,}4\ h_o\ , \qquad (15)$$

где $h_o$ – глубина оттаивания намораживаемой торфяной плиты в период строительства земляного полотна; если досыпку земляного полотна до проектных отметок выполняют в течение всего теплого периода, то $h_o$ = 0,55÷0,60 м.

2.18. Назначенные по теплотехническому расчету и расчету на деформационную устойчивость размеры дорожной конструкции проверяют по упругим деформациям и на снегонезаносимость.

Недопустимые по величине упругие деформации дорожной конструкции не образуются, если соблюдено условие

$$h'_{гр} + H_{п} + H_{пл} \geq H_{уп}\ , \qquad (16)$$

где $h'_{гр}$ – высота минеральной части насыпи по бровке, м;

$H_{уп}$ – высота насыпи, при которой исключаются недопустимые по величине упругие деформации; величину $H_{уп}$ определяют по табл.5, в зависимости от типа дорожной одежды.

2.19. Дороги на промороженных основаниях должны быть снегонезаносимыми, так как накопление снеговых отложений на полотне может существенно изменить тепловой режим конструкции.

Таблица 5

| Начальная мощность сжимаемого слоя $H_г$, м | Величина $H_{уп}$, м, при типе дорожной одежды | | |
|---|---|---|---|
| | капитальном | усовершенствованном облегченном | переходном |
| 2 | 2,5 | 2 | 1,5 |
| 4 | 3,0 | 2 | 2,0 |

В проектах рекомендуется предусматривать:

а) уположение откосов земляного полотна;

б) возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова (при расчетной вероятности превышения 5%) не менее 0,5 м;

г) применение снегозащитных устройств.

## 3.Строительство

### Общая часть

3.1. Дороги на промороженных основаниях строят по утвержденным проектам на основе предварительно разработанных проектов производства работ.

Своеобразный характер конструкции дороги на промороженном основании предъявляет специфические требования к методам ее сооружения, отличающегося от условий обычного строительства тем, что основной объем работ по сооружению земляного полотна выполняют в зимний период, т.е. за промежуток времени от установления устойчивых отрицательных температур воздуха осенью до перехода температур воздуха через 0°С весной. Этот промежуток времени определяют на основании "Справочника по климату СССР" или по данным табл.1.

3.2. Технологическая последовательность рабочих процессов при строительстве дорог на промороженных основаниях следующая:

а) восстановление трассы на местности с оформлением полосы отвода земель по проекту;

б) подготовительные работы;

в) намораживание торфяной плиты и устройство боковых теплоизолирующих призм из торфа;

г) отсыпка земляного полотна из минеральных грунтов;

д) устройство дорожной одежды.

Технологический процесс строительства дорог можно разделить на четыре этапа. На первом этапе (осенне-зимний период) выполняют подготовительные работы, намораживают торфяную плиту; на втором (предвесенний период) - отсыпают земляное полотно из минеральных грунтов на часть высоты и устраивают теплоизолирующие призмы из торфа. На третьем этапе (летний период) досыпают земляное полотно из минеральных грунтов до проектных отметок. Четвертый этап - устраивают дорожную одежду (может быть отдален по времени от первых трех этапов см.пп.2.1 и 2.2).

3.3. Успех в строительстве дорог на промороженных основаниях и эффективность дальнейшей их эксплуатации зависят от полноты использования естественного холода при выполнении работ первого этапа строительства и своевременной отсыпки земляного полотна. В связи с этим следует уделять большое внимание организации работ по сооружению дорог и обязательно составлять проект производства работ.

В проекте организации производства работ указывают сроки начала и окончания того или иного вида работ, рассчитывают потребность в рабочих, машинах и механизмах. При составлении проекта организации работ сроки начала и окончания работ устанавливают обычно ориентировочно, используя среднемноголетние метеоданные. В процессе строительства сроки корректируют с учетом климатических особенностей конкретного зимнего периода.

3.4. При организации строительства дорог на промо-

роженных основаниях особое внимание следует уделять подготовительным мероприятиям, которые выполняются, как правило, до наступления зимнего периода;

а) изучению микроландшафтов болот по трассе;

б) изысканию грунтовых и торфяных карьров и подготовке их для работ зимой (утепление, отвод воды, подготовка подъездов и т.п.);

в) устройству приспособлений для расчистки снега, подготовке передвижных утепленных помещений для рабочих;

г) подготовке парка автомобилей и дорожных машин для работы в зимних условиях;

д) изучению инженерно-техническими работниками проекта организации работ.

*Подготовительные работы*

3.5. Комплекс подготовительных работ, осуществляемых в плановом порядке для быстрейшего промораживания болот по трассе дороги, включает:

а) проминку поверхности болот;

б) очистку дорожной полосы от снега, мохового покрова, древесной и кустарниковой растительности;

в) систематическую очистку полосы от выпадающего снега в течение периода промораживания торфяного основания.

3.6. К проминке поверхности болот I типа приступают осенью, сразу после наступления холодов и выпадения снега. Уплотнение рыхлого снега и мохового очеса позволяет резко ускорить промерзание болот. Проминку болот осуществляют круговыми проходами по рабочей захватке гусеничных машин типа ГАЗ-47, ГТТ, Т-100 МБ и др. Первый проход делают по оси дороги, а второй и третий – по краям промораживаемой полосы болота (рис.7). Последующие проходы осуществляют от краев к оси дороги, смещаясь за каждый проход на ширину гусеницы.

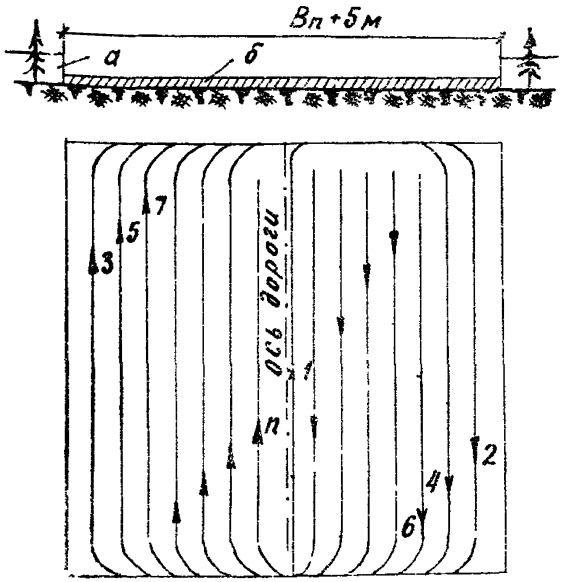



Рис.7. Схема движения гусеничных машин при промнике болот на ширину дорожной полосы:
1,2,3... *п* -последовательность проходов; а-целинный снежный покров; б-уплотненный снег с валежником

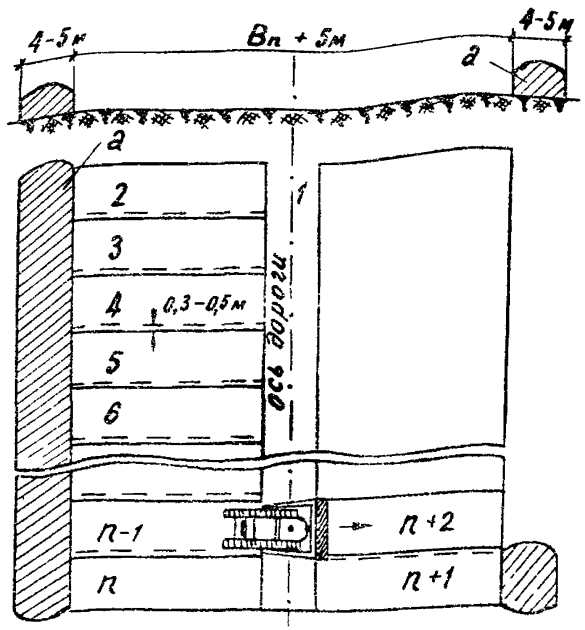



Рис.8. Схема расчистки дорожной полосы от снега и древесной растительности:
1,2,3... *п* -последовательность проходов бульдозера; а -вал снега и валежника

На болотах II типа проминку поверхности не производят.

3.7. Расчистку дорожной полосы от снега, мохового покрова, древесной и кустарниковой растительности производят бульдозерами на базе тракторов Т-100МБ на ширину ($B_п$ +5 м). Сначала прокладывают пионерную траншею по оси дороги, а затем расчищают поперечными проходами бульдозера в обе стороны от оси дороги (рис.8), перемещая снег и валежник за границы промораживаемой полосы, где укладывают его в продольный вал шириной 4–5 м. Полоса болота, покрытая снежным валом, зимой промерзает незначительно и впоследствии используется под траншеи при разработке торфа для намораживания плиты на болотах I типа.

Время начала проведения расчистки полосы дороги от снега определяется несущей способностью промерзшего слоя болота:

| | | | |
|---|---|---|---|
| полный вес гусеничного бульдозера, т . . . | 10 | 15 | 25 |
| минимальная толщина промерзшего слоя болот I типа, см . . . . . | 20 | 24 | 30 |
| то же болот II типа, см. . . . . | 24 | 35 | 48 |

3.8. После расчистки полосы дороги производят оконтуривание мочажин и озерков-блюдец с тем, чтобы их впоследствии заполнить торфом устойчивой консистенции (см.п.3.12).

Продолжительность промерзания болота на заданную глубину определяют расчетом согласно п.2.14.

3.9. Для контроля за ходом промерзания торфяного основания ежедекадно устанавливают бурением толщину мерзлого слоя через каждые 100 м на болотах I типа и 50 м – на болотах II типа по трассе дороги в трех точках (ось, лево и право 10 м от оси).

Для устройства лунок в мерзлой торфяной залежи могут быть использованы ручные ледобуры, мотобуры или бензопилы "Дружба".

3.10. После обильных снегопадов или метелей, когда толщина снегового покрова на промораживаемой полосе

превышает 10 см, производят повторные расчистки с помощью бульдозеров, автогрейдеров или прицепных грейдеров, сдвигая снег от оси дороги в обе стороны к обочинам за несколько продольных проходов по ширине дороги.

3.11. Усредненные данные потребности машин для выполнения комплекса подготовительных работ на 1 км дороги приведены в табл.6.

Таблица 6

| Наименование работ | Единица измерения | Количество единиц измерения | Производительность, ед.изм. в смену | Потребность машин на 1 км дороги, маш.-смен |
|---|---|---|---|---|
| Проминка полосы дороги шириной 30 м гусеничным тягачом типа ГТТ | км прохода | 30 | 40 | 0,75 |
| Расчистка дорожной полосы шириной 30м от снега, древесной растительности и мохового очеса бульдозером на тракторе Т-100МБ | 1000м$^2$ | 30 | 3,7 | 8,1 |
| Периодическая очистка дорожной полосы шириной 30 м от снега автогрейдером Д-144; принято 4 расчистки за период промораживания торфяного основания | 1000м$^2$ | 120 | 44 | 2,7 |

*Устройство торфяной плиты в нижней части*

3.12. До устройства торфяной плиты все мочажины и озерки-блюдца на промораживаемой полосе необходимо расклиновать, вынуть торф неустойчивой консистенции, заменив его торфом устойчивой консистенции. Клиновку и разработку мочажин производят экскаваторами-драглайнами; вынутый торф перемещают бульдозерами за пределы намораживаемой полосы. Торф для заполнения мочажин доставляют к месту укладки автомобилем-самосвалом, а перемещают его в мочажины и уплотняют бульдозерами.

После заполнения мочажин и озерков торфом устойчивой консистенции его промораживают.

3.13. К устройству торфяной плиты приступают после промерзания торфяного основания на заданную глубину. Торфяную плиту намораживают сверху слоями по 0,4-0,5 м в плотном теле. Плита толщиной до 0,6м может быть отсыпана сразу на полную высоту.

3.14. При строительстве на болотах I типа плиту намораживают обычно в два слоя, разрабатывая торф из двухсторонних боковых резервов. В начале разрабатывают один боковой резерв, предварительно удалив бульдозерами вал снега и валежника с поверхности резерва на длину требуемого фронта работ. Полосу второго резерва оставляют под снегом.

Разработку торфа в резерве производят экскаваторами-драглайнами с предварительным рыхлением промерзшего слоя торфа клин-молотами. При этом экскаватор движется вдоль бровки траншеи и разрабатывает ее за один проход, заготавливая и перемещая в вал такое количество торфа, которого хватило бы на устройство одного слоя на всю ширину плиты.

3.15. Заготовленный из боковых резервов и уложен-

ный в вал торф выдерживают в течение 2-3 суток, что позволяет значительно снизить влажность торфа за счет оттока воды. Затем приступают к разравниванию вала, перемещая торф бульдозером в насыпь под углом к оси дороги.

Торф, уложенный в насыпь на всю ширину плиты, разравнивают бульдозером и уплотняют гусеницами трактора Т-100МБ за 5-6 проходов по одному следу при средней скорости движения трактора 2-2,5 км/час. Объемный вес скелета торфа после уплотнения должен быть не менее 0,16 г/см$^3$.

3.16. К устройству второго слоя плиты приступают после полного промерзания первого. Наблюдения показали, что скорость промерзания торфа составляет в среднем 4-5 см/сутки при температуре воздуха минус 10-12°С.

Второй слой плиты устраивают в той же технологической последовательности, что и первый (рис.9)

3.17. После устройства торфяной плиты (уплотнения второго слоя) и промерзания ее сверху на 10-15 см дополнительно уплотняют торфяную насыпь катками на пневматических шинах весом 20-25 т за 2-3 прохода по каждому следу и окончательно планируют торфяную плиту бульдозерами.

Усредненные данные потребности в машинах для устройства 1 км торфяной плиты на болотах 1 типа приведены в табл.7.

3.18. При устройстве торфяной плиты на болотах II типа торф заготавливают в карьерах, закладываемых на болотах 1 типа, и транспортируют на дорогу автомобилями-самосвалами.

Подвозимый на дорогу автомобилями-самосвалами торф разгружают равномерно на всю ширину намораживаемой плиты, разравнивают бульдозером и уплотняют торф гусеницами трактора (см.п.3.15). Устройство второго и последующих слоев плиты производят после промораживания предыдущих (рис.10).

Таблица 7

| Наименование работ | Машины | Потребность в машинах, маш.-смен, на 1 км при общей толщине торфяной плиты, м | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 |
| 1.Разработка и перемещение вала из снега и валежника бульдозерами при расчистке поверхности боковых резервов шириной 6-8 м; дальность перемещения снега до 10 м | Бульдозеры | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 |
| 2.Рыхление мерзлого слоя торфа толщиной до 5 м клин-бабой по площади боковых резервов; уборка разрыхленного торфа бульдозером с перемещением его за пределы резервов до 10 м | Экскаватор-драглайн | 22,0 | 22,0 | 25,0 | 25,0 |
| | Бульдозеры | 3,5 | 3,5 | 4,0 | 4,0 |
| 3.Разработка торфа в боковых резервах в отвал экскаватором-драглайном емкостью ковша 0,8 м³; ширина плиты из торфа принята 24 м | Экскаватор-драглайн | 31,0 | 42,0 | 52,5 | 63,0 |
| 4.Разравнивание торфяного вала бульдозерами с перемещением торфа в тело насыпи на расстояние до 10-15 м | Бульдозеры | 21,5 | 28,5 | 35,5 | 43,0 |
| 5.Послойное уплотнение торфяной плиты трактором за 5-6 проходов по одному следу | Трактор Т-100МБ | 4,3 | 8,6 | 8,6 | 8,6 |
| 6.Доуплотнение торфяной плиты катком за 2-3 прохода; планировка плиты бульдозером | Каток<br>Трактор<br>Бульдозер на Т-100 | 1,6<br>1,6<br>5,7 | 1,6<br>1,6<br>5,7 | 1,6<br>1,6<br>5,7 | 1,6<br>1,6<br>5,7 |

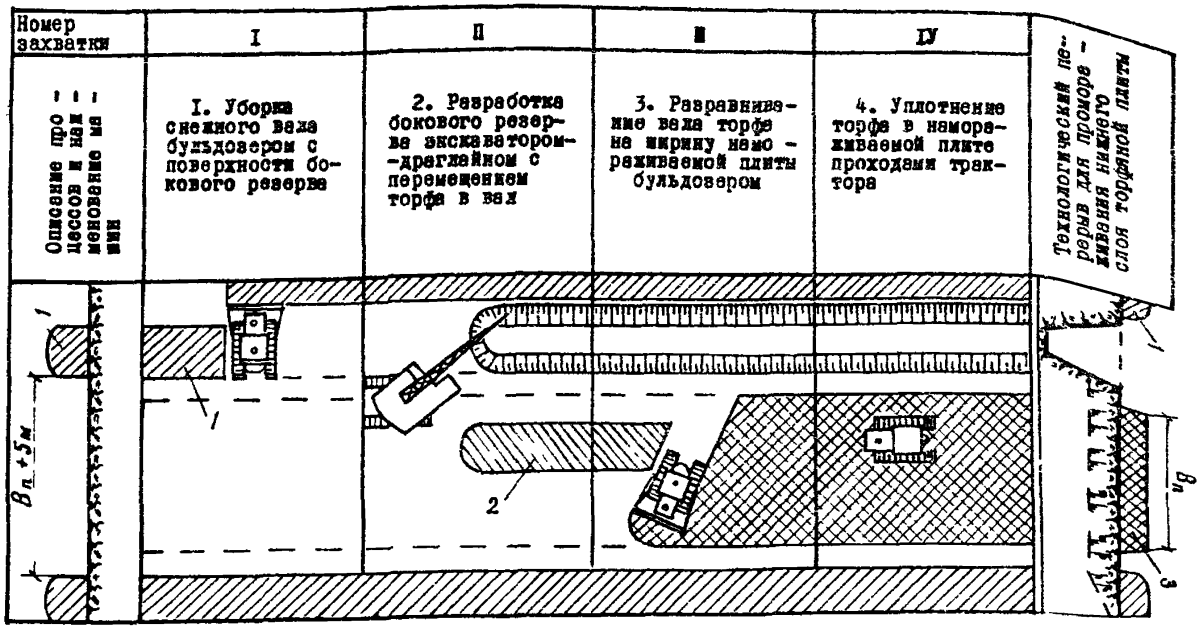



Рис.9. Технологическая схема устройства торфяной плиты в нижней части земляного полотна на болотах 1 типа:
1-валы снега и валежника; 2-вал торфа; 3-нижний слой намораживаемой торфяной плиты

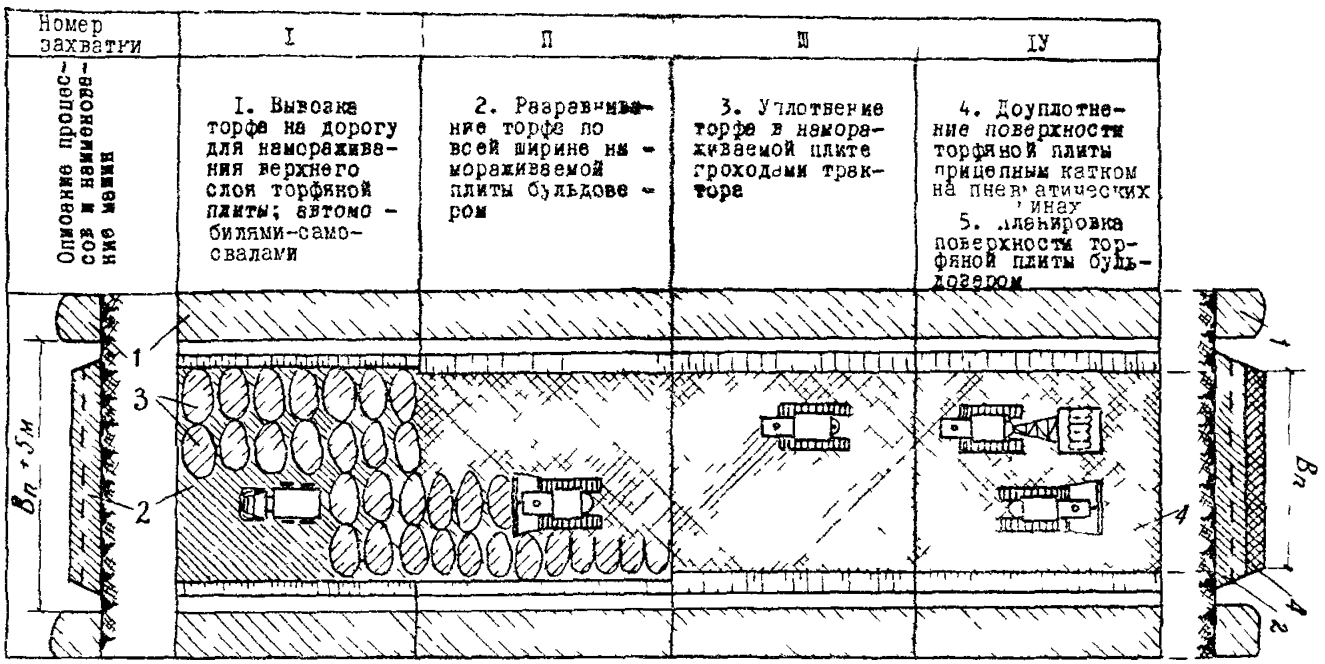



Рис.10. Технологическая схема устройства торфяной плиты в нижней части земляного полотна на болотах II типа.

1–валы снега и валежника; 2–нижние слои торфяной плиты; 3–вывезенный на дорогу торф; 4–верхний слой торфяной плиты

Таблица 8

| Наименование работ | Машины | Потребность в машинах, маш-смен, на 1 км при общей толщине торфяной плиты, м | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| 1. Разработка торфа в карьере экскаватором-драглайном с ковшом емкостью 0,8 м³; погрузка автомобилями-самосвалами | Экскаватор-драглайн | 58,0 | 72,5 | 87,5 | 100,0 |
| 2. Транспортировка торфа автомобилями-самосвалами на дорогу | Самосвалы в зависимости от дальности возки торфа | | | | |
| 3. Разравнивание торфа бульдозерами на Т-100МБ при устройстве плиты (слоями не более 0,5 м) | Бульдозеры | 18,8 | 23,5 | 28,0 | 32,8 |
| 4. Послойное уплотнение торфяной плиты трактором за 5-6 проходов по одному следу | Тракторы | 4,6 | 9,2 | 13,8 | 13,8 |
| 5. Доуплотнение торфяной плиты катком на пневматических шинах за 2-3 прохода и планировка поверхности плиты бульдозером | Каток | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| | Трактор | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| | Бульдозер с трактором | 5,7 | 5,7 | 5,7 | 5,7 |

Усредненные данные потребности в машинах для устройства 1 км торфяной плиты на болотах II типа приведены в табл.8.

3.19. Боковые резервы на болотах I типа разделывают под боковые водоотводные канавы. Для ускорения хода осадок торфяных залежей целесообразно в весенний период вдоль намороженной торфяной плиты с двух сторон на болоте II типа сделать пропил мерзлого слоя торфа баровой машиной.

*Отсыпка земляного полотна*

3.20. К отсыпке земляного полотна приступают после промерзания торфяной плиты на всю толщину. Земляное полотно отсыпают обычными способами, применяемыми при возведении насыпей из грунтов сосредоточенных резервов, с соблюдением требований к строительству земляного полотна в зимних условиях.

3.21. Для отсыпки земляного полотна следует применять преимущественно грунты, имеющие оптимальную влажность или близкую к ней. Допускается укладывать в насыпь грунты при влажности выше оптимальной, но коэффициенты "переувлажнения" грунтов не должны превышать норм, предусмотренных СН 449-72.

3.22. Земляные работы в зимних условиях производят узким фронтом и непрерывно.

При сооружении земляного полотна из глинистых грунтов в зимний период все технологические операции (начиная от разработки грунта и кончая его уплотнением) должны быть выполнены за период, в течение которого температура грунта снизилась не ниже, чем до 0,5°С. При этом длина захватки земляных работ не должна превышать величин, указанных в табл.9.

3.23. После отсыпки нижней части насыпи из минеральных грунтов на высоту 0,6-0,8 м приступают к устройству боковых теплоизолирующих призм из торфа. На

Таблица 9

| Температура воздуха, °С | Длина захватки, м |
|---|---|
| Выше -10 | 150 |
| От -10 до -20 | 100 |
| Ниже -20 | 50 |

болотах I типа торф разрабатывают из боковых резервов, а на болотах II типа - транспортируют автомобилями-самосвалами. Разравнивают и уплотняют торф бульдозерами, придавая поперечный уклон боковым призмам 1:8.

3.24. Земляное полотно отсыпают, послойно уплотняя, сразу до проектных отметок или на высоту 0,6 - 0,7 м в целях создания задела на летний период. Досыпку минеральной части насыпи до проектных отметок осуществляют в летний период, не допуская оттаивания намораживаемой плиты сверх допустимой величины: 0,55-0,60 м.

3.25. При производстве земляных работ осуществляют контроль за влажностью и плотностью грунтов, влажностью, плотностью и объемным весом скелета торфа в резервах, карьерах и в теле насыпи, за протаиванием намороженной плиты, устойчивостью конструкции и протеканием осадок. Для этого надлежит устанавливать соответствующие марки и реперы, производить контрольное бурение и испытание грунта и торфа на прочность.

3.26. Карьеры для разработки грунта в зимний период приготовляют заранее. При этом обеспечивают водоотвод, поверхность карьеров покрывают слоем торфа или другого теплоизоляционного материала во избежание промерзания. Выбирают, как правило, песчаные карьеры.

Зимой при разработке карьеров необходимо предусматривать:

круглосуточную работу экскаваторов во избежание промерзания забоя;

одновременную работу не менее двух экскаваторов, чтобы в случае поломки одного из них забой не был заморожен;

организацию пункта обогрева, дежурство передвижной мастерской, освещение карьера прожекторными установками,

работу автомобилей-самосвалов по графику во избежание простоев;

разработку карьера с наветренной стороны господствующих в зимний период ветров.

3.27. Разработку карьеров торфа в зимний период рекомендуется производить по схеме рис.11. При этом для движения экскаваторов по болоту устраивают промороженные полосы путем расчистки снегового покрова.

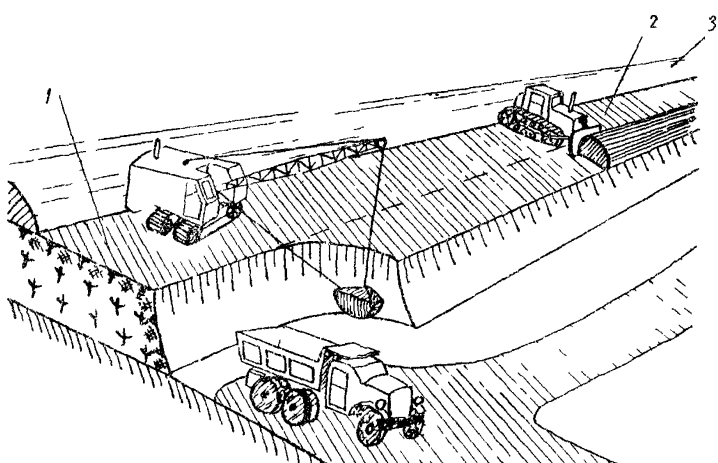



Рис.11. Схема разработки торфяного карьера.
1-промороженная полоса для перемещения экскаватора, 2-подготовка площади карьера для разработки торфа; 3-снег

Подъезды к забою устраивают из уплотненного или оледневшего снега при температуре воздуха ниже минус 10°С или подсыпают грунтом при температуре воздуха выше минус 10°С.

3.28. Для вывозки грунта из карьеров рекомендуется широко использовать зимние автомобильные дороги, прокладываемые по промерзшим болотам и ледяному покрову рек и озер.

Технология строительства зимних дорог включает:

расчистку трассы от снега на ширину не менее 25м;

устройство выравнивающего слоя из песчаного или супесчаного грунта с поливкой его водой;

заливку ям, углублений, трещин и т.п. при прокладке трассы по ледяному покрову рек и озер.

3.29. При сооружении дорог на промороженных основаниях необходимо соблюдать правила техники безопасности производства работ, предусмотренные соответствующими инструкциями.

Особое внимание следует уделять технике безопасности при производстве подготовительных работ на болотах, прокладке автозимников, разработке карьеров в зимний период, устройстве промороженных полос для движения экскаваторов и т.п. В этих случаях необходимо систематически следить за несущей способностью и грузоподъемностью ледяного покрова и промерзающих болот.

3.30. При эксплуатации автомобильных дорог на промороженных основаниях необходимо создавать благоприятные условия для интенсивного промерзания конструкции и накопления холода в ней. Для этого следует систематически расчищать проезжую часть и обочины, и периодически (2-3 раза за зимний период), откосы от снега.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

*Приложение 1*

**Расчётные значения теплофизических, деформационных и прочностных характеристик грунтов и торфа**

*Определение теплофизических характеристик грунтов и торфа*

При расчете глубин промерзания-протаивания используют осредненные значения теплофизических характеристик грунтов согласно рис.1, определяя коэффициент водонасыщения грунтов по формуле

$$G = \frac{W \gamma \gamma_z}{[\gamma_z (1 + W) - \gamma] \gamma_в}, \qquad (1)$$

где $W$ – суммарная влажность грунта, в долях единицы;

$\gamma$ – объемный вес грунта, г/см$^3$;

$\gamma_z$ – удельный вес грунта, г/см$^3$, принимаемый по табл.1;

$\gamma_в$ – объемный вес воды, $\gamma_в = 1$ г/см$^3$.

Таблица 1

| Грунт | Удельный вес $\gamma_z$, г/см$^3$ |
|---|---|
| Песок | 2,66 |
| Супесь | 2,70 |
| Суглинок | 2,71 |
| Глина | 2,74 |
| Торф | 1,52 |

При выполнении расчетов на стадии составления технического проекта значения $W$ и $\gamma$ грунтов земляного полотна для рассматриваемого региона принима-

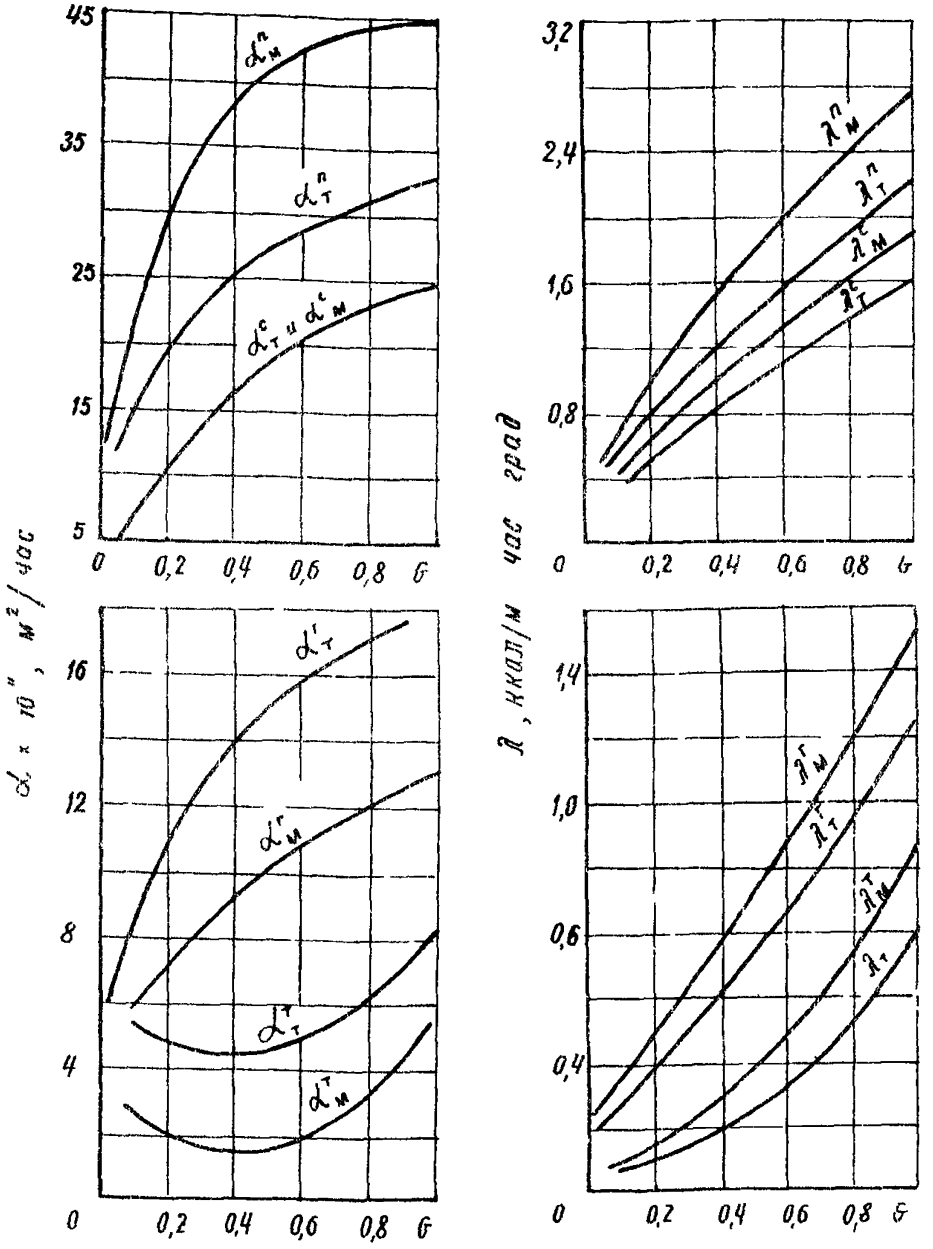



Рис.1. Графики для определения коэффициентов темпера - туро ( $\alpha$ )- и теплопроводности ( $\lambda$ ) грунтов. Индек - сы вверху означают: П-пески, С -супеси, Г -суглинки и глины, Т -торфы. Индексы внизу: Т -талые, М -мерзлые. Средние значения объемной теплоемкости грунтов определяют по формуле $C_{об} = \frac{\lambda}{\alpha}$

ют ориентировочно по табл.2, а на стадии рабочего проектирования – лабораторным путем в приборе стандартного уплотнения.

Таблица 2

| Грунт земляного полотна | Средние значения суммарной влажности ( W ), объемного веса ( $\gamma$ ) и объемного веса скелета ( $\gamma_{ск}$ ) грунта земляного полотна | | |
|---|---|---|---|
| | W,% | $\gamma$, г/см$^3$ | $\gamma_{ск}$, г/см$^3$ |
| Песок | 10 | 1,80 | 1,63 |
| Супесь легкая | 17 | 2,05 | 1,75 |
| Суглинок легкий пылеватый | 18 | 2,00 | 1,69 |
| Суглинок тяжелый пылеватый | 20 | 1,95 | 1,63 |
| Глина | 22 | 1,90 | 1,56 |
| Торф в намороженном слое после осадок при оттаивании | 350–400 | 1,00 | 0,16–0,18 |

Расчетные значения теплофизических характеристик материалов для устройства дорожной одежды и теплоизоляционных материалов с учетом их состояния в конструкции принимают по табл.3 и 4.

*Определение прочностных и деформационных характеристик грунтов и торфа*

Расчетные значения прочностных и деформационных характеристик минеральных грунтов в талом состоянии, а также дорожно-строительных материалов определяют согласно "Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа" ВСН 46–72.

Основными деформационными и прочностными характеристиками талого и мерзлого торфа, которые используются при проектировании и расчете дорог на промороженных основаниях, являются: модули деформации и

Таблица 3

| Материал | Объемный вес, $\gamma$ кг/м$^3$ | Влажность (по весу), % | Коэффициент теплопроводности талого ($\lambda_т$) и мерзлого ($\lambda_м$) материала, ккал/м.час.град | | Коэффициент температуропроводности талого ($\alpha_т$) и мерзлого ($\alpha_м$) материала, м$^2$/час | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $\lambda_т$ | $\lambda_м$ | $\alpha_т$ | $\alpha_м$ |
| Железобетон | 2500 | 2–5 | 2,0 | 2,2 | 0,0040 | 0,0045 |
| Цементобетон | 2200 | 3–6 | 1,7–1,8 | 1,9–2,0 | 0,0034 | 0,0040 |
| Асфальтобетон | 2100-2200 | 3–5 | 1,0–1,4[x)] | 1,2–1,6[x)] | 0,0015 | 0,0017 |
| Щебень | 2000 | 10 | 2,5 | 2,9 | 0,0045 | 0,0055 |
| Гравий | 2000 | 3–5 | 1,2 | 1,4 | 0,0022 | 0,0025 |
| То же | 2000 | 7–10 | 1,7 | 2,1 | 0,0030 | 0,0040 |

x) Для асфальтобетона меньшие значения $\lambda$ принимают при песчаном заполнителе, большие – при заполнителе из щебня.

Таблица 4

| Теплоизоляционный материал | Объемный вес, кг/м3 | Влажность (по весу), % | Коэффициент теплопроводности в талом ($\lambda_т$) и мерзлом ($\lambda_м$) состояниях, ккал/м.час.град. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | $\lambda_т$ | $\lambda_м$ |
| Торф нарушенной структуры, уплотненный | 1000 | 80–90 | 0,45 | 0,60–0,80 |
| Древесные опилки | 250 | До 20 | 0,08–0,10 | 0,12–0,15 |
| Отходы влажной древесины (щепа, сучья, ветки) в уплотненном состоянии | 300–400 | 40–50 | 0,20–0,25 | 0,30 |
| Древесина свежей рубки | 800–850 | 50 | 0,30 | 0,40 |
| Снег свежевыпавший | 150–200 | – | – | 0,10 |
| Снег перемешанный | 300–350 | – | – | 0,20–0,30 |

упругости талого торфа нарушенной и ненарушенной структуры, модуль упругости мерзлого торфа, коэффициент Пуассона, сцепление и угол внутреннего трения.

Расчетные значения модулей деформации торфа нарушенной и ненарушенной структуры определяют по формуле

$$E_t = \frac{E_0}{T^n}, \qquad (2)$$

где $E_t$ – модуль деформации, кгс/см$^2$, на расчетный промежуток времени $T$;

$T$ – расчетный промежуток времени (время достижения условной стабилизации) принимают ориентировочно в зависимости от глубины болота, по табл.5;

Таблица 5

| Глубина болота, м | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|
| $T$, сутки | 440 | 540 | 730 | 900 | 1050 |

$E_0$ – модуль, соответствующий осадке за одни сутки, кгс/см$^2$;

$n$ – коэффициент, учитывающий интенсивность накопления деформации во времени.

Для торфов, характерных для условий Среднего Приобья, значения $E_0$ и $n$ можно рассчитывать по формулам:

$$E_0 = 154\ \gamma_{ск}^2 + 0{,}16\ ; \qquad (3)$$

$$n = 0{,}079 - \frac{0{,}003}{\gamma_{ск}}, \qquad (4)$$

где $\gamma_{ск}$ – объемный вес скелета торфа, г/см$^3$, определяемый лабораторным путем при изысканиях или по формуле

$$\gamma_{ск} = \frac{25{,}4}{W\ 0{,}808}, \qquad (5)$$

где $W$ – влажность торфа, %.

Модули упругости талых верховых торфов болот I типа ненарушенной и нарушенной структуры определяют по графику (рис.2) в зависимости от объемного веса скелета торфа $\gamma_{ск}$ .

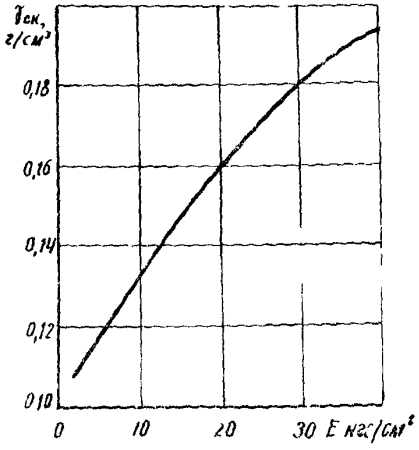



Рис.2. Зависимость модуля упругости верхового торфа от его плотности

Модуль упругости мерзлой торфяной залежи $E$, кгс/см$^2$ рекомендуется определять по формуле

$$E = 2{,}5 \cdot 10^4 K (1+0{,}04\, t_т), \qquad (6)$$

где $K$ – коэффициент упрочнения мерзлого торфа по сравнению с чистым льдом, $K = 1+0{,}125\, q_{ск}$, где $q_{ск}$ – содержание абсолютно сухого скелета торфа в процентах от общего веса торфа (табл.6);

Таблица 6

| Объемная влажность торфа, % | 96 | 94 | 92 | 90 | 88 | 86 | 84 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Содержание абсолютно сухого скелета торфа от общего веса $q_{ск}$ % | 4 | 6 | 8 | 9,4 | 11,6 | 13,7 | 16 |
| $K = 1+0{,}125\, q_{ск}$ | 1,50 | 1,75 | 2,00 | 2,18 | 3,45 | 2,70 | 3 |

$t_т$ – абсолютное значение средней температуры мерзлого слоя торфа, °С; при определении расчетных значений $E$ принимают $t_т$ =0°С.

Значения коэффициента бокового расширения (Пуассона) при нагрузках на торф до 1 кгс/см$^2$ рекомендуется принимать:

для талых торфов ненарушенного строения – 0,1;

для талых торфов нарушенного строения – 0,2.

Величины угла внутреннего трения ($\varphi$, град.) и сцепления ($C$, кгс/см$^2$) верховых торфов в талом состоянии могут быть определены по формулам:

$$\varphi = 250\ (\gamma_{ск} - 0{,}05); \qquad (7)$$

$$C = 1{,}48\ (\gamma_{ск} - 0{,}05). \qquad (8)$$

При нарушении структуры верховых торфов величина угла внутреннего трения практически не изменяется, а сцепление снижается, примерно, на 30%.

*Приложение 2*

## Пример расчета конструкций дороги на промороженном основании

Требуется запроектировать в районе г.Нижневартовска автомобильную дорогу IУ категории на промороженном торфяном основании ( $E_{гр}$ =1800 кгс/см$^2$, $p$ = 6 кгс/см$^2$ и $D$ = 33 см). Конструкция дорожной одежды: покрытие из сборных железобетонных плит ПАГ-Х1У ( $h_1$ = 0,14 м), основание из песчано-гравийной смеси толщиной 0,2 м. Для отсыпки земляного полотна используется супесь легкая ( $W$ =17%, $\gamma$=2050кг/м$^3$, $\gamma_{ск}$ = 1750 кг/м$^3$ $E$ =400 кгс/см$^2$.

Дорога проходит через болото I типа,мощность торфа в залежи $H_т$ = 3 м, торф верховой. Влажность торфа в залежи 900%, $\gamma_{сн}$ = 0,1 г/см$^3$. Сопротивление торфа сдвигу $C_у$ = 0,11 кгс/см$^2$.

Дорога проходит в местности со слабой метелевой деятельностью.

При проектировании дороги на промороженном основании согласно п.2.8. "Методических рекомендаций" необходимо установить:

а) высоту верхней (минеральной) и нижней (торфяной) части земляного полотна;

б) деформационную устойчивость конструкций и величину осадки;

в ) упругие деформации конструкции.

### *Порядок расчета*

1. Расчет высоты минеральной части насыпи выполняют в последовательности, изложенной в п.2.9 настоящих "Методических рекомендаций":

а) для принятой конструкции дорожной одежды и вида грунта насыпи назначают расчетные значения тепло-

физических характеристик материалов согласно прило - жению 1:

железобетонные плиты - $\lambda$ =2,0ккал/м.час.град;

гравийно/песчаная смесь - $\lambda$ =1,2ккал/м.час.град.;

супесь легкая в талом состоянии-$\lambda$ =1,4ккал/м.час.град, $C_T$ = 635 ккал/м$^3$.град;

б) по данным метеорологической станции устанавливают (см.табл.1 настоящих "Методических рекоменда - ций"):

продолжительность теплого периода года $\mathcal{T}$ =4030час;

среднюю за теплый период температуру поверхности бетонного покрытия $t_п$ = 12,4°С;

в) вычисляют по формуле (2) настоящих "Методи - ческих рекомендаций" значения величин:

$$S = 1,4\left(\frac{1}{20} + \frac{0,14}{2,00} + \frac{0,20}{1,20}\right) = 0,402;$$

$$M = \frac{1}{S} = \frac{1}{0,402} = 2,5;$$

$$K_r = \frac{4 \cdot 1,4 \cdot 4030 (12,4+0,5)}{1400+0,5 \cdot 635 \cdot 12,4} = 16,2;$$

г) по графику (рис.2) настоящих "Методических ре- комендаций" находят величину $h$ = 2,51 м и по фор - муле (4) определяют высоту верхней (минераль н о й ) части насыпи:

$$h_{гр} = 2,51 - 4,0 \cdot 0,35 = 1,11 \text{ м}.$$

2. Величину $h_{гр}$ , установленную теплотехническим расчетом, проверяют по условию прочности (см.п.2.10).

Эквивалентный модуль упругости дорожной конструк- ции рассчитывают по формуле (6), предварительно ус - тановив общий модуль многослойной системы без учета мерзлого основания (см.схему), используя "Практиче - скую методику расчета жестких дорожных покрытий с учетом повторности воздействия нагрузок" ( М А Д И "Высшая школа", 1970).

Общий модуль упругости определяют по формуле

$$E_{общ} = 0{,}91\, E_{ос} \frac{h_1}{R} \sqrt[3]{\frac{E_3}{E_{ос}}},$$

где $E_{ос}$ – модуль упругости основания дорожной одежды, определяемый по специальным номограммам, приведенным в указанной методике, для нашего случая при $h_{гр} = 1{,}11$ м, $E_{ос} = 120$ кгс/см$^2$.

Тогда $$E_{общ} = 0{,}91 \cdot 120 \frac{14}{16{,}5} \sqrt[3]{\frac{350000}{120}} = 1330 \text{ кгс/см}^2.$$

При $\frac{R}{h_{об}} = \frac{16{,}5}{180} = 0{,}09$ по графику (рис.3) находят величину $A = 1{,}10$ и по формуле (6) устанавливают $E_3 = \frac{4}{3{,}14} \cdot 1330 \cdot 1{,}10 = 1860$ кгс/см$^2$, что выше требуемого модуля $E_{гр} = 1800$ кгс/см$^2$, т.е. условие (5) удовлетворяется.

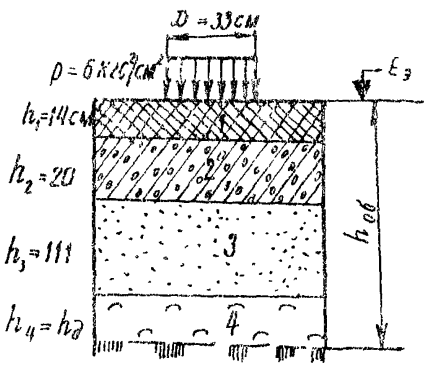



Схема дорожной конструкции для определения $E_{общ}$
1–железобетонная плита, $E_1 = 350000$ кгс/см$^2$; 2–гравийно-песчаная смесь, $E_2 = 1500$ кгс/см$^2$; 3–супесь легкая, $E_3 = 400$ кгс/см$^2$; 4– талая прослойка торфяной плиты; $E_4 = 40$ кгс/см$^2$

3. Расчет нижней (торфяной) части насыпи выполняют по пп.2.12-2.17:

а) определяют, согласно приложению 1, модуль деформации торфа в залежи ( $\gamma_{ск} = 0{,}1$ г/см$^3$) и модуль упругости торфа в намороженной торфяной плите ( $\gamma_{ск} = 0{,}16$ г/см$^3$):

$$E_{ср} = \frac{1{,}7}{540^{0{,}079}} = 1{,}05 \text{ кгс/см}^2;$$

$$E = 2{,}5 \cdot 10^4 \cdot 3 = 75000 \text{ кгс/см}^2 = 750000 \text{ тс/м}^2;$$

б) по формуле (11) определяют ширину мерзлой торфяной плиты, приняв по табл.2 $H_д = 1{,}0$ м:

$$B_п = 1{,}5 \sqrt[4]{\frac{750000 \cdot 1^3}{12(1-0{,}34^2) \cdot 1}} = 24 \text{ м};$$

в) по формуле (14) определяют удельную нагрузку на торфяную залежь:

$$p = \frac{6 \cdot 0{,}14 \cdot 2500 + 6 \cdot 0{,}2 \cdot 2000 + 0{,}5(10+15) \cdot 1{,}45 \cdot 2050 + 24x}{10000 \cdot 24}$$

$$\frac{x1000(0{,}4+0{,}3 \cdot 3{,}0)}{} = 0{,}30 \text{ кгс/см}^2,$$

а затем по формуле (12) вычисляют величину осадки талого слоя торфа

$$S_1 = \frac{0{,}11 \cdot 0{,}30 \cdot 24}{1{,}05} = 0{,}75 \text{ м};$$

г) по формуле (15) определяют величину осадки

$$S_2 = 0{,}4 \cdot 0{,}6 = 0{,}24 \text{ м};$$

д) исходя из условия (7), определяют высоту нижней (торфяной) части насыпи

$$H_н = 0{,}75+0{,}24+0{,}3 = 1{,}29 \text{ м}.$$

Толщина намораживаемой плиты из торфа $H_н$ = 1,29 м $>$ $H_д$ , поэтому условие (8) будет удовлетворено и толщину промороженного слоя торфяной залежи принимают по табл.4, исходя из условия обеспечения безопасного ведения работ, $H_{пл}$ = 0,4 м.

4. Согласно условию (16)

$$(1,11+0,14+0,20)+1,29+0,4 > 3,0 \text{ м},$$

поэтому недопустимые по величине упругие деформации дорожной конструкции не будут иметь места.

*Приложение 3*

Расчёт величины оттаивания мёрзлой торфяной плиты снизу

Величину оттаивания намораживаемой торфяной плиты снизу находят по формуле

$$h_н = \alpha_т z , \qquad (1)$$

где $\alpha_т$ – коэффициент температуропроводности торфа в талом состоянии, м²/час; величину $\alpha_т$ определяют согласно приложению 1;

$z$ – параметр, определяемый по графикам (см.рисунок) в зависимости от значений $A = \frac{q}{80 \cdot \omega}$ и $B = \frac{\tau}{\alpha_т}$;

$q$ – тепловой поток из торфяной залежи в пределах дорожного полотна, ккал/м².час;

$\omega$ – содержание льда в мерзлом торфе, кг/м³, которое определяют по графику (см.рис.4) настоящих "Методических рекомендаций".

Время оттаивания $\tau$ (час) определяют по формуле

$$\tau = \tau_л + \tau_{пр} , \qquad (2)$$

где $\tau_л$ – продолжительность теплого периода года, час;

$\tau_{пр}$ – продолжительность периода, в течение которого происходит полное промерзание земляного полотна сверху, час.

Величину $\tau_л$ определяют по данным метеорологических станций или принимают по табл.1 настоящих "Методических рекомендаций". Величину $\tau_{пр}$ рассчитывают по методике, изложенной в п.2.14, при этом теплофизические характеристики принимают согласно приложению 1 для грунта и материалов в мерзлом состоянии.

Тепловой поток $f$ из торфяной залежи в пределах дорожного полотна определяют по формуле

$$f = \lambda_т \frac{t_н}{H - H_{пл} - S_1}, \qquad (3)$$

где $\lambda_т$ – коэффициент теплопроводности торфа в талом состоянии; $\lambda_т$ =0,45ккал/м.час.град.;

$t_н$ – замеренная в период изысканий температура торфяной залежи на глубине $H$, которую принимают не менее 3,5 м (глубина нулевых годовых амплитуд для торфа), °С;

$H_{пл}$ – глубина промораживания торфяной залежи, м;

$S_1$ – осадка торфяной залежи, м.

Для районов Среднего Приобья (Сургут, Нижневартовск) $\tau$ = 6100 час, $f$ = 0,8÷1,0 ккал/м$^2$.час. При

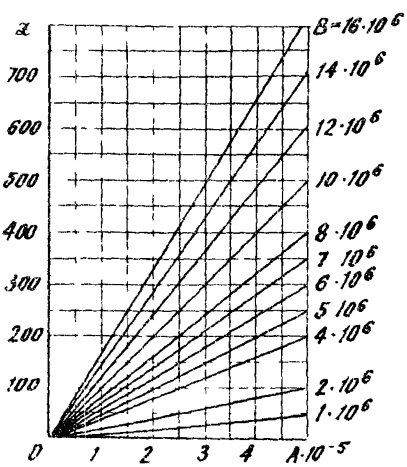



График для определения параметра z

этом глубина оттаивания снизу согласно расчетам по формуле (1) при влажности торфа 600% составит в среднем 0,10 м. С увеличением влажности торфяной залежи величина $h_н$ уменьшается.

## Оглавление


| | Стр. |
|---|---|
| Предисловие . . . . . | 3 |
| 1. Общие положения . . . . . | 4 |
| 2. Проектирование . . . . . | 8 |
| 3. Строительство . . . . . | 24 |
| Приложения: | |
| 1.Расчетные значения теплофизических, деформационных и прочностных характеристик грунтов и торфа . . . . . | 42 |
| 2.Пример расчета конструкции дороги на промороженном основании . . . . . | 50 |
| 3.Расчет величины оттаивания мерзлой торфяной плиты снизу . . . . . | 55 |



Ответственный за выпуск инж. В.Е.Губанов

Редактор О.А.Ильина
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор Ж.П.Иноземцева

Подписано к печати 15/У 1975г. Формат 60x84/16
Л 49926
Заказ 118–5 Тираж 600 2,5 уч.-изд.л. Цена 34 коп.
3,5 печ.л.

Ротапринт Союздорнии


gost.e-ecolog.ru