МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ВЕДОМСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СООРУЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ ЯТЕЛЬНАЯ - ЯМБУРГ

(Для экспериментального строительства)

ВСН 200 - 85

Минтрансстрой

Издание официальное

Москва 1985

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ВЕДОМСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СООРУЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ ЯГЕЛЬНАЯ - ЯМБУРГ

(Для экспериментального строительства)

ВСН 200 - 85

Минтрансстрой

Издание официальное

Москва 1985

УДК 625.11:624.139 (083.96)

Разработаны ВНИИ транспортного строительства (ЦНИИСом) и Новосибирским филиалом ЦНИИСа (СибЦНИИСом) при участии Ленгипротранса, треста Уралстроймеханизация и ПСМО Трансгидромеханизация.

Авторы: кандидаты техн.наук А.А.Цернант (руководитель работы), Е.П.Орлов, П.Г.Пешков, Ю.А.Попов, П.Ф.Стафеев, Н.Д.Меренков, М.И.Оноцкий, инженеры Е.О.Гадилев, Н.И.Большакова, В.Л.Семенов (ЦНИИС и СибЦНИИС); инженеры Е.А.Бойцов, А.П.Мамзелев (Ленгипротранс); инж. Я.И.Фрейдин (Уралстроймеханизация); инж. В.Ф.Ерастов (ПСМО Трансгидромеханизация).

Внесены ВНИИ транспортного строительства (ЦНИИСом) и Новосибирским филиалом (СибЦНИИСом).

Подготовлены к утверждению Главным техническим управлением Минтрансстроя.

Согласованы:

с Госстроем СССР № ДП-10сп-1 5.03.1985.
с Министерством путей сообщения № А-6627 6.03.1985.
с Министерством газовой промышленности № ПК-409 7.03.1985.

© Всесоюзный ордена Октябрьской Революции научно-исследовательский институт транспортного строительства, 1985

ВВЕДЕНИЕ

Настоящими Нормами устанавливается возможность круглогодичного производства работ и обеспечивается выполнение требований СНиП-39-76 к железным дорогам IУ категории при скоростном строительстве в условиях приполярной и заполярной тундры и арктического побережья.

Специфичность условий строительства в районах заполярной тундры обусловливается крайне неблагоприятным сочетанием малой продолжительности безморозного периода, высокой льдистости и низкой несущей способности при оттаивании покровных пылеватых песков и супесей, дефицита талых и мерзлых грунтов, пригодных для укладки в земляное полотно, отсутствия скальных, гравийно-галечниковых и крупных песчаных грунтов, сильных и длительных метелей и пург и низких температур воздуха в период полярной ночи. При этом необходимо обеспечить в данных условиях высокие темпы и качество строительства в связи с необычной динамикой грузоперевозок, в том числе пассажирских, достигающих максимума в первые два-три года после завершения строительства и имеющих тенденцию к постепенному снижению в последующем.

При составлении норм использованы результаты теоретических и экспериментальных исследований по проблеме 0.55.10, утвержденной ГКНТ, Госпланом и Госстроем СССР, опыт строительства и эксплуатации железных дорог на севере Западной Сибири и материалы инженерно-геологических обследований железнодорожных линий Дудинка - Норильск - Талнах, Салехард - Надым, Кожва - Воркута, Ягельная - Уренгой, Сургут - Уренгой и БАМ, выполненных Ленгипротрансом, Сибгипротрансом, ПНИИСом, ЦНИИСом, СибЦНИИСом и Тындинской мерзлотной станцией в 1970-1984 гг.

Министерство транспортного строительства. Министерство путей сообщения	Ведомственные строительные нормы	ВСН 200-85
	Проектирование и сооружение земляного полотна железнодорожной линии Ягельная - Ямбург	Минтрансстрой
		Для экспериментального строительства

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Требования настоящих Норм распространяются на проектирование и сооружение земляного полотна при строительстве, включая период временной эксплуатации железнодорожной линии Ягельная - Ямбург для обустройства Уренгойского и Ямбургского газоконденсатных месторождений.

Примечание. При проектировании и строительстве объектов в аналогичных условиях заполярной тундры возможность применения настоящих Норм должна быть в каждом конкретном случае обоснована с представлением необходимых материалов и согласована с МПС и Мингазпромом.

1.2. При проектировании земляного полотна должны учитываться требования соответствующих глав строительных, противопожарных, санитарных норм и государственных стандартов, а также требования по рациональному водо- и землепользованию и охране окружающей среды.

1.3. В условиях повышенной снегозаносимости в безлесной тундре необходим комплексный учет влияния снегозаносов на изменение теплового режима грунтовых массивов, на устойчивость земляного полотна при оттаивании мерзлых грунтов и на эксплуатационную надежность пути в зимнее время.

Внесены ВНИИ транспортного строительства	Утверждены Министерством транспортного строительства и Министерством путей сообщения 3 апреля 1985 г. № 126/28-ЦЗ	Срок введения в действие 1 мая 1985г. Срок действия до 1 января 1988 г.

Издание официальное

Не допускается размещать основную площадку земляного полотна в ветровой тени естественных или искусственных препятствий, расположенных на расстоянии ближе 20 м с наветренной и 30 м с подветренной стороны, если высота насыпи менее 3 м.

1.4. Размеры земляного полотна должны назначаться с учетом полной механизации работ по текущему содержанию пути и ремонту земляного полотна вахтовым способом и при соответствующем обосновании могут быть изменены в сторону увеличения на участках пересечения марей, бугров пучения, термокарстовых западин и льдонасыщенных грунтов оснований.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ГРУНТАМ

2.1. Грунты, используемые для сооружения земляного полотна, должны обладать физическими и механическими свойствами, обеспечивающими достаточную прочность основной площадки при самом неблагоприятном режиме увлажнения.

При невозможности обеспечить требуемую прочность основной площадки грунты верхней части земляного полотна в слое толщиной до 1 м от поверхности основной площадки должны быть армированы геотекстилями или закреплены любым доступным способом.

2.2. При отсутствии достаточных запасов грунтов, разрешенных к отсыпке в земляное полотно действующими нормативными документами, допускается разрабатывать и укладывать в земляное полотно мерзлые грунты по специальным технологическим схемам с выборочной разработкой и размещением различных грунтов по различным элементам конструкции земляного полотна и с применением эффективных методов гидротермической и технической мелиорации грунтов, обеспечивающих их оттаивание и уплотнение в процессе строительства.

2.3. По степени пригодности мерзлых песчаных грунтов для сооружения земляного полотна следует различать сыпучемерзлые (с суммарной влажностью 0–3%), сухомерзлые (3–6%), твердомерзлые (6–17(20)%) и льдонасы-

щенные (20–33 (38)%) грунты и льдогрунтовую массу (38–100%) (приложение 1).

2.4. Сыпучемерзлые песчаные грунты пригодны для сооружения земляного полотна без ограничений.

2.5. Сухомерзлые грунты пригодны для сооружения земляного полотна по технологическим схемам с послойным их уплотнением решетчатыми или вибрационными катками и с учетом расчетной осадки доуплотнения при оттаивании (приложение 2).

2.6. Твердомерзлые песчаные грунты допускается укладывать в насыпи, если их содержание в массе талого грунта не превышает 30% по объему в слое сезонного оттаивания и 50% в пределах прогнозируемого вечномерзлого ядра насыпи. При этом должно быть обеспечено тщательное послойное уплотнение грунта, а размер комьев мерзлого грунта должен быть ограничен 2/3 толщины уплотняемого слоя, но не более 0,2 м.

2.7. Использование твердомерзлых песчаных грунтов допускается для сооружения насыпей по двух- и трехэтапным технологическим схемам, включающим заготовку твердомерзлого грунта в бурты, его полное оттаивание и укладку оттаявшего грунта в слое прогнозируемого многолетнего протаивания с уплотнением в талом состоянии в процессе строительства.

2.8. Льдонасыщенные мерзлые грунты и льдогрунтовую массу укладывать в земляное полотно не допускается.

2.9. Льдонасыщенные песчаные грунты можно использовать для заготовки талого грунта в карьерах методом послойного радиационного оттаивания с гидромониторной или гидромониторно-бульдозерной периодической срезкой оттаивающего грунта.

2.10. Заготавливаемый в бурты или в гидроотвалы талый грунт перед его использованием для укладки в земляное полотно должен быть обезвожен до влажности, близкой к оптимальной при стандартном уплотнении.

2.11. Талые грунты, заготовленные летом в штабели, и таликовые зоны естественных карьеров грунта, предназ-

наченные для разработки при отсыпке насыпей в зимнее время, должны быть защищены от переувлажнения осенними осадками, а при влажности более 7% защищены от глубокого промерзания теплоизоляционными покрытиями (полимерными и водовоздушными замерзающими пенами, инвентарными щитами из пенопласта, снегом и т.п.).

2.12. Талые и заблаговременно оттаянные грунты укладывают в земляное полотно в соответствии с требованиями действующих строительных норм (ВСН 186-75, СН 449-72).

3. КОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Основные требования

3.1. Земляное полотно следует проектировать:

с минимальным использованием выемок;

из условий снегонезаносимости;

с обеспечением естественного водоотвода и сохранением мохорастительного покрова, не допуская сооружения насыпей из резервов;

с максимальным использованием разведанных талых и сухомерзлых песчаных грунтов;

с учетом прогнозируемого новообразования мерзлоты в теле и в основании насыпей под основной площадкой;

с применением инженерных способов управления температурным режимом грунтовых массивов;

с применением армирующих и дренирующих прослоек геотекстиля и других способов управления напряженно-деформированным состоянием земляного полотна на участках использования переувлажненных и пылеватых грунтов.

3.2. Индивидуальному проектированию кроме условий, регламентируемых ВСН 61-61, подлежит земляное полотно на участках:

производства земляных работ с использованием твердомерзлых песчаных грунтов;

производства работ способом гидромеханизации;

периодического подтопления и пересечения озер;

интенсивного снегометелевого переноса;

развития термоэрозионного оврагообразования, солифлюкции и бугров пучения.

3.3. В случаях, когда по технико-экономическим соображениям или по условиям устойчивости возведение насыпи из однородного грунта нецелесообразно, применяют выборочное (селективное) размещение различных грунтов по разным элементам конструкции.

Более качественные песчаные, непучинистые и водостойкие грунты размещают в более нагруженных зонах (под основной площадкой) и в наименее благоприятных условиях работы откосных частей или узлов примыканий к искусственным сооружениям. Влагоемкие торфяные и связные грунты применяют в элементах конструкций, предназначенных для регулирования положения верхней границы мерзлоты (ВГМ) в грунтовом массиве.

Конструктивные параметры

3.4. Минимальную высоту насыпей назначают:

на малопросадочных грунтах основания – из условия возвышения основной площадки выше капиллярного поднятия на 0,3–0,5 м;

на сильнопросадочных вечномерзлых грунтах – из условия сохранения естественного положения или повышения верхней границы вечной мерзлоты под насыпью;

на участках повышенной снегозаносимости – из условия возвышения бровки земляного полотна на 0,5 м над снежным покровом по состоянию на март-апрель над наивысшими элементами рельефа (или кустарником), расположенными на расстоянии до 30 м от насыпи;

на участках подтопления – из условия возвышения бровки откоса на 0,5 м над расчетной высотой наката волны на откос.

Минимальная высота насыпей назначается наибольшей из устанавливаемой перечисленными требованиями.

3.5. Ширину насыпей назначают с учетом уширения основной площадки для компенсации осадки основания и насыпи в эксплуатационный период подъемкой пути на балласт.

Уширение основной площадки ΔB определяется по формуле

$$\Delta B = 2 m S_э , \qquad (1)$$

где m – коэффициент крутизны откосов балластной призмы ($m = 1{,}5$);

$S_э$ – осадка основной площадки в эксплуатационный период.

Величина $S_э$ в зависимости от высоты насыпи и глубины протаивания термопросадочных грунтов основания насыпи рассчитывается по формуле

$$S_э = S_н + S_о , \qquad (2)$$

где $S_н$ – осадка тела насыпи;

$S_о$ – осадка основания насыпи.

При отсыпке насыпей из талых и сыпучемерзлых грунтов $S_н$ и $S_о$ в зависимости от высоты насыпи H равны:

при $H \leqslant 2$ м $\quad S_н = 0$; $\quad S_о = (3-H)\cdot\left(1-\frac{\rho_{вст}}{\rho_{эо}}\right)$;

при $2 \leqslant H \leqslant 3$ м $\quad S_н = (H-2)\cdot\left(1-\frac{\rho_{стр}}{\rho_{эн}}\right)$; $\quad S_о = (3-H) \times \left(1-\frac{\rho_{вст}}{\rho_{эо}}\right)$;

при $H > 3$ м $\quad S_н = 1\cdot\left(1-\frac{\rho_{стр}}{\rho_{эн}}\right)$; $\quad S_о = 0$,

где $\rho_{стр}$ и $\rho_{вст}$ – соответственно плотность грунтов тела насыпи и основания в строительный период;

$\rho_{эн}$ и $\rho_{эо}$ – соответственно плотность талых грунтов тела насыпи и основания в эксплуатационный период.

3.6. Крутизна откосов насыпей определяется из условий общей и местной устойчивости земляного полотна с учетом результатов лабораторных исследований грунтов и принимается равной:

1 : 1,5 – при сооружении насыпей из среднезернистых песков;

1 : 1,75 – в верхней части насыпей выше капиллярного поднятия для мелких одноразмерных и пылеватых песков;

1 : 2 – для нижней части насыпей (на высоту капиллярного поднятия) из среднезернистых песков на сырых и мокрых основаниях, представленных малопросадочными грунтами;

1 : 3 – для нижней части насыпей из мелких пылеватых песков на сырых и мокрых сильнопросадочных основаниях и для откосов насыпей высотой 1,5–3,0 м, проектируемых из условия их снегонезаносимости на участках, сложенных льдонасыщенными просадочными грунтами;

1 : 4 – 1 : 7 – для откосов снегонезаносимых выемок.

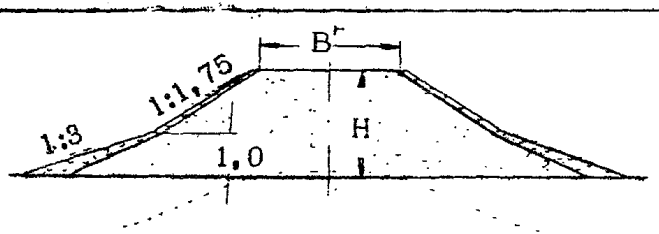
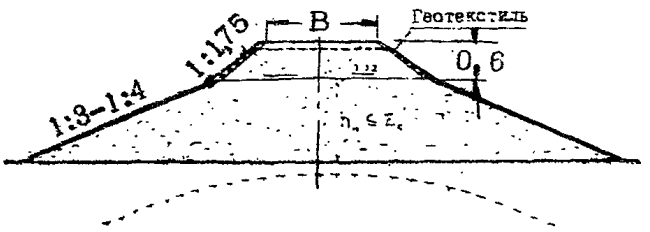
3.7. Минимальная высота берм и материал, из которого они отсыпаются, должны выбираться из условия сохранения естественного положения верхней границы вечной мерзлоты под бермами. При типовом проектировании высота берм из песчаных грунтов не должна быть меньше 1 м (пп. 3 и 4, табл. 1).

3.8. Конструкции насыпей проектируют с учетом управляемого новообразования мерзлоты в теле и основании насыпей на талых и регулирования положения верхней границы вечной мерзлоты в заданных пределах на вечномерзлых грунтах оснований.

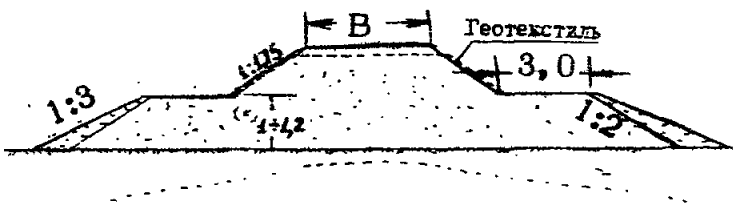
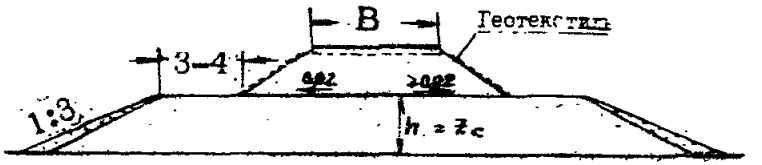
При индивидуальном проектировании расчетное положение верхней границы вечной мерзлоты в грунтовом массиве земляного полотна определяют на основании численного прогноза изменения мерзлотно-грунтовой обстановки в результате строительства с использованием алгоритмов и программ госфонда (ГФАП), с учетом изменения теплобалансовых характеристик поверхностей и отепляющего влияния снеговых отложений на откосах и у подошвы насыпей до термодинамической стабилизации грунтового массива.

Таблица 1

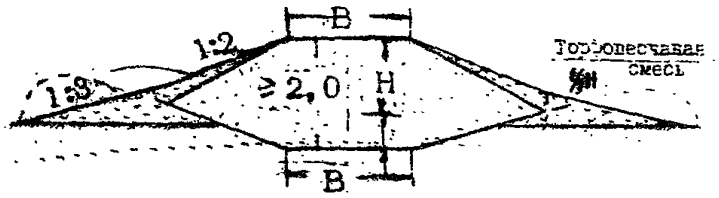
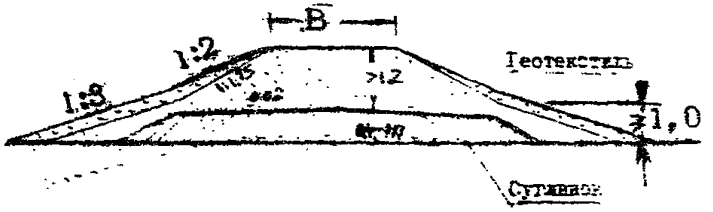
Основные типы конструкций земляного полотна

№ п/п	Тип насыпи	Условия применения
1		Насыпь высотой более 1,5 м из талых, сыпуче- или сухомерзлых песчаных грунтов на вечномерзлых грунтах П категории термопросадочности. $B = 5{,}8 + a + 2mS_э$, где a – уширение на кривых. При $H < 2$ м $S_н = 0$; при $H > 3$ м $S_0 = 0$
2		Насыпь высотой более 1,5 м, сооружаемая по двухэтапной технологии в течение трех сезонов с отсыпкой зимой нижней части из твердомерзлых песчаных грунтов, их полным оттаиванием и уплотнением летом и досыпкой верхней части талым, сыпучемерзлым грунтом на вечномерзлых грунтах Ш категории термопросадочности. $B = 5{,}8 + a + 2mS_э$. При $H > 3$ м $S_0 = 0$; при $H < 2$ м $S_н = 0$. z_c – глубина сезонного протаивания, определяемая по табл. 1 приложения 3

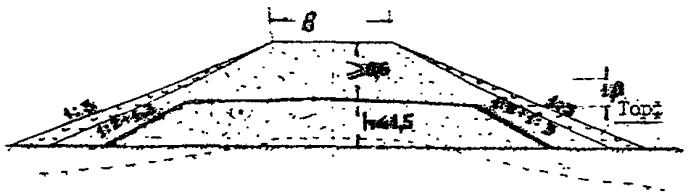
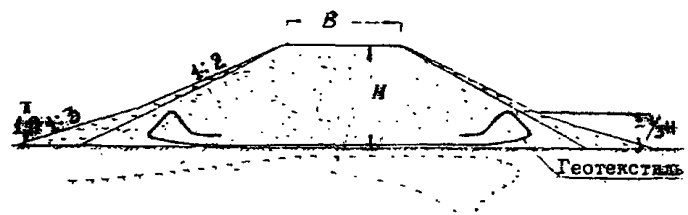
Продолжение табл. 1

№ п/п	Тип насыпи	Условия применения
3		Насыпь высотой более 1,5 м, сооружаемая из талых, сыпуче- или сухомерзлых песчаных грунтов на вечномерзлых грунтах Ш и 1У категорий термопросадочности. $B=5,8+a+2mS_0$. При $H \geq 3,5$ м $S_0=0$; при $H < 2$ м $S_н=0$. Прослойку геотекстиля укладывать при содержании пылеватых фракций более 30%
4		Насыпь высотой более 1,5 м, сооружаемая по двухэтапной технологии в течение трех сезонов с отсыпкой нижней части насыпи из твердомерзлого песчаного грунта с последующей его полной оттайкой и уплотнением летом и досыпкой верхней части насыпи талым, сыпуче- или сухомерзлым грунтом на вечномерзлых грунтах Ш и 1У категорий термопросадочности. $B=5,8+a+2mS_3$. При $H \geq 3,5$ м $S_0=0$; при $H \leq 4$ м $S_0=0$. Прослойку геотекстиля укладывать при содержании пылеватых фракций более 30%

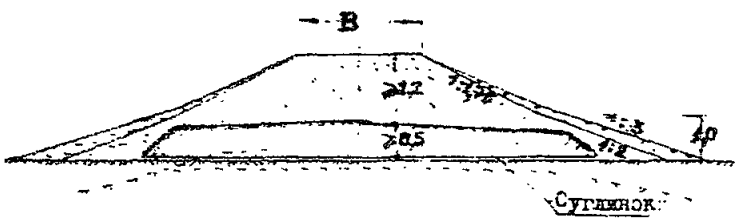
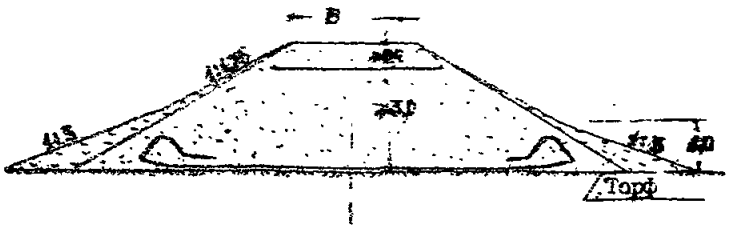
Продолжение табл. 1

№ п/п	Тип насыпи	Условия применения
5		Насыпь высотой 1,5–3,0 м из талых, сыпуче- или сухомерзлых грунтов на бугристых торфяниках. Подоткосные и надоткосные призмы (тепловые диоды) выполнены из торфяного грунта, вырезанного из основания или из привозного торфа и торфогрунтовой смеси. $B=5,8+a+2mS_э$. Осадка основания определяется из условия оттаивания грунта на глубину не более глубины сезонного оттаивания. При $H \geq 3$ м $S_э = 0$
6		Насыпь высотой 1,5–3,0 м из талых, сыпуче- или сухомерзлых грунтов на участках с подземными льдами на глубине более 1,5 м. Тепловой диод из талого суглинка толщиной 0,4–1,0 м отсыпан с уплотнением на выравненное основание и перекрыт сверху полотнищем геотекстиля. Доуплотнение суглинка обеспечено послойной укладкой с уплотнением грунта в верхнюю часть насыпи. $B=5,8+a+2mS_э$. При $H \geq 3,0$ м $S_э=0$

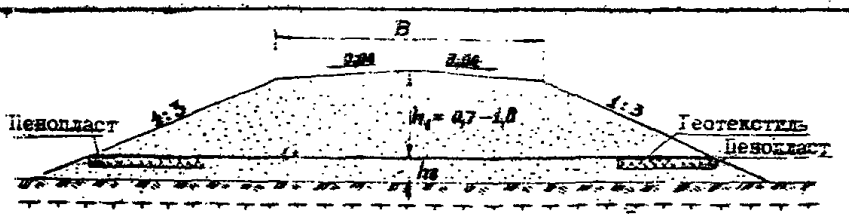
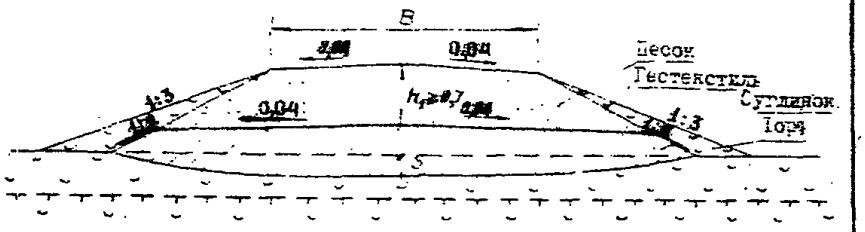
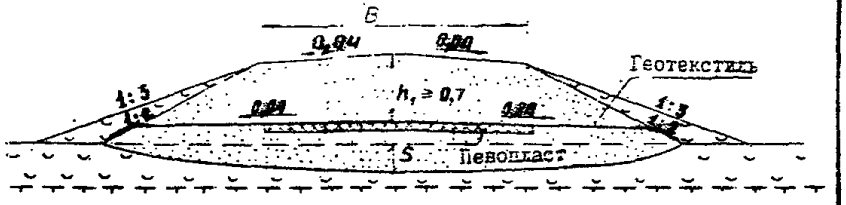
Продолжение табл. 1

№ п/п	Тип насыпи	Условия применения
7		Насыпь высотой более 3 м на грунтах Ш и IУ категорий термопросадочности из талого, сыпуче- или сухомерзлого грунта в верхней и из талого грунта с допустимым содержанием комьев твердомерзлого грунта до 50% в нижней части насыпи, перекрытой сверху полотнищем геотекстиля. $B=5,8+2mS_э+a$. При $H>3,5$ $S_э=0$; $S_н \leq 0,2$ м
8		Насыпь высотой 1,5–3,0 м из талого сыпуче- или сухомерзлого грунта на участках с мозаичной мерзлотно-грунтовой обстановкой с вечномерзлыми грунтами Ш и IУ категорий термопросадочности и таликами со слабыми грунтами. Прослойка геотекстиля в нижней части насыпи. Края прослойки охватывают грунтовые призмы в откосных частях и заанкеривают их в насыпи. $B = 5,8+2mS_э+a$. При $H>3$ м $S_э=0$; при $H<2$ м $S_н = 0$

Продолжение табл. 1

№ п/п	Тип насыпи	Условия применения
9		Насыпь высотой 1,5–3,0 м на участках подземных льдов из талого, сыпуче- или сухомерзлого грунта с тепловым диодом из суглинка в обойме из геотекстиля. Толщина прослойки суглинка 0,5–0,8 м. $B = 5,8 + 2mS_3 + a$. При $H > 3$ $S_0 = 0$; при $H < 2$ $S_H = 0$
10		Насыпь высотой более 3 м из талого, сухо- или сыпучемерзлого грунта на слабых талых (таликовых) участках. Содержание пылеватых фракций в грунте насыпи 30% и более. Насыпь усилена геотекстилем по схеме с образованием упорных призм в обойме из геотекстиля, заанкеренных в теле насыпи. $B = 5,8 + 2mS_3 + a$

Продолжение табл. 1

№ п/п	Тип насыпи	Условия применения
11		Насыпь технологической автодороги на вечномерзлых грунтах I и II категорий термопросадочности с применением геотекстиля. Толщина выравнивающего слоя h_0=0,2 м
12		Насыпь технологической автодороги на вечномерзлых грунтах II и III категорий термопросадочности с использованием геотекстиля и местных глинистых грунтов
13		Насыпь технологической автодороги на вечномерзлых грунтах IУ категории термопросадочности с использованием геотекстиля

Насыпи с устройствами для регулирования верхней границы мерзлоты

3.9. На участках льдонасыщенных грунтов и подземного льда в районах безлесной тундры следует применять конструкции насыпей с устройствами для выравнивания и уменьшения асимметричности верхней границы мерзлоты по сечению грунтового массива земляного полотна:

насыпи с пологими откосами и уширениями в виде берм (см.пп. 1 и 2 табл. 1);

насыпи с многослойными почвенно-грунтовыми профилями, состоящими из чередующихся прослоек влагоемкого грунта (глины, торфогрунтовых смесей) и песка в сезонодеятельном слое (см. пп. 6 и 9 табл. 1);

насыпи с торфяными или торфогрунтовыми откосными призмами переменной толщины (см. пп. 5-7 табл. 1);

насыпи и выемки с прослойками пенопласта в верхней части слоя сезонного протаивания (см. пп. 11 и 13 табл.1)

3.10. На участках сопряжений с искусственными сооружениями, если применением устройств, перечисленных в п. 3.9, не удается обеспечить требуемое положение верхней границы мерзлоты в грунтовом массиве, допускается устройство продуваемых (вентилируемых) полостей индивидуальной проектировки.

Выбор устройств или их комбинаций для управления тепловым режимом грунтовых массивов осуществляется на основе системного анализа и технико-экономических сопоставлений с использованием естественной классификации, приведенной в приложении 4.

Насыпи с прослойками геотекстилей

3.11. В условиях распространения многолетнемерзлых грунтов геотекстили применяют в целях:

повышения несущей способности и уменьшения деформируемости основной площадки, а также слабых и оттаивающих термопросадочных грунтов основания (см. пп.2, 3,4,10 табл. 1);

повышения местной и общей устойчивости насыпей на границах мерзлых и таликовых зон в условиях мозаичной мерзлотно-грунтовой обстановки (см. п.8 табл. 1);

повышения надежности работы прослоек из влагоемких грунтов в конструкциях земляного полотна, рассчитанных на сохранение и новообразование мерзлоты (см. пп. 6 и 9 табл. 1);

повышения устойчивости и равнопрочности узлов сопряжений насыпей с искусственными сооружениями, а также других участков земляного полотна, испытывающих повышенные динамические нагрузки (под стыками, под стрелочными переводами, под переездами);

укрепления откосов, водоотводов и обочин;

повышения долговечности и надежности работы балластной призмы и основной площадки, а также дренажных устройств;

противопучинной защиты земляного полотна;

расширения области целесообразного применения местных пылеватых и связных грунтов;

ускорения обезвоживания штабелей намывного грунта, подготавливаемых к разработке в зимнее время;

ускорения стабилизации слабых и оттаивающих грунтов основания;

повышения темпов строительства и укладки верхнего строения пути в условиях дефицита балластных материалов.

3.12. Армированию и дренированию подлежат только талые и оттаивающие элементы грунтового массива земляного полотна.

3.13. Схемы размещения армирующих полотнищ геотекстилей выбирают по направлению наибольших растягивающих напряжений. На линейно протяженных участках земляного полотна, характеризуемых плоским напряженно-деформированным состоянием, рекомендуется поперечная схема размещения полотнищ без их скрепления друг с другом,но с взаимным перекрытием соседних полотнищ на 0,2 м.

На участках с повышенной деформативностью оснований применяют схемы с защемлением краев полотнищ в мер-

злом грунте или вокруг упорных грунтовых призм (см. пп. 8 и 10 табл. 1).

3.14. При возведении насыпей высотой 1,5–4,0 м на слабых основаниях используют однослойные полотнища геотекстилей с разрывной прочностью не менее 3 МПа, определяемой по схеме испытаний на разрыв защемленной в грунте мембраны (Бидим И-44, Дорнит Ф-2 и т.п.). Требуемые параметры прослоек при сооружении насыпей высотой более 4 м следует определять расчетом с использованием алгоритмов ГФАП (например, П-006591). Кроме того, можно применять поярусное размещение прослоек геотекстилей через 2–4 м по высоте насыпи.

Подтопляемые насыпи

3.15. На участках подтопления насыпи следует отсыпать из песчаных грунтов с содержанием фракций размером менее 0,1 м не более 30% или из талых глинистых грунтов с преобладанием каолинитовых и гидрослюдистых минералов над монтмориллонитовыми.

3.16. В качестве волнозащитных устройств при скоростях продольных течений не более размывающих допускается применять свободные пляжевые откосы с волнообразным продольным профилем, образующимся при свободном растекании гидросмеси при продольно-торцевых схемах намыва, а также с устройством баров с пологими откосами.

При проектировании волнозащитных откосов расчетные параметры волновых воздействий по СНиП 2.06.04-82 допускается определять за расчетный интервал времени, равный времени естественного зарастания пляжевых откосов растительностью, которое для районов ерниковой тундры составляет 10–15 лет, для мохолишайниковой тундры – 25–30 лет, для арктического побережья – 100 лет.

3.17. Для ускорения зарастания пляжевых откосов следует осуществлять работы по их биологическому залужению с известкованием почв и внесением удобрений.

3.18. Ширину регуляционных дамб следует назначать не менее 3 м поверху.

3.19. У водопропускных труб и малых мостов бровка земляного полотна должна возвышаться над расчетным горизонтом с учетом подпора и высоты волны с набегом ее на откос не менее чем на 1 м.

3.20. При высоте подтопления более 2 м следует применять бермы с пологими (1:3 – 1:4) откосами, укрепленными матами из геотекстиля или железобетонными плитами, уложенными по слою геотекстиля. Допускается устройство берм из привозного скального или валунно-галечного грунта.

3.21. Пляжевые откосы намывают по схемам со свободным откосом без планировки и разрушения бульдозерами образующейся при намыве волнообразной поверхности намывного откоса в зоне подтопления.

Водоотводы и укрепление откосов

3.22. Отвод воды должен осуществляться преимущественно за счет естественного поверхностного стока. Устройство водоотводных канав допускается с укреплением их геотекстилем, прикрытым песчано-гравийной смесью или скальным грунтом в комплексе с мероприятиями, предотвращающими возникновение чаш протаивания у подошвы насыпи, и не ближе 8 м к подошве откоса.

3.23. На участках с выраженными термокарстовыми явлениями, особенно на участках залегания подземных льдов, все термокарстовые понижения в полосе 20–30 м в каждую сторону от оси земляного полотна должны засыпаться с уплотнением местным грунтом или торфогрунтовой смесью, устройство водоотводных канав не допускается. Отвод воды осуществляется с помощью водопропускных сооружений.

3.24. Укрепление откосов земляного полотна на неподтопляемых участках следует производить слоем торфогрунтовой смеси толщиной 0,10–0,20 м с применением следующих составов торфогрунтовых смесей по объему в разрыхленном состоянии:

торф 30%, суглинок 70%;

торф 40%, песок 60%.

3.25. Откосы выемок в твердомерзлых грунтах следует покрывать защитным слоем талого, сыпучемерзлого или сухомерзлого песчаного грунта толщиной не менее 0,3 м с последующим закреплением неразвеваемыми покрытиями, торфогрунтовой смесью или полотнищами геотекстиля.

3.26. При вынужденном сооружении земляного полотна в выемках, сложенных льдонасыщенными грунтами, необходимо заменять эти грунты сыпучемерзлыми, сухомерзлыми или талыми песками на толщину прогнозируемого многолетнего протаивания с устройствами для регулирования положения верхней границы вечной мерзлоты под основной площадкой (см.приложение 4).

При этом откосы выемок должны быть уположены до снегонезаносимых (1:5 - 1:7) и защищены от термоэрозионного разрушения при оттаивании слоем талого, сыпучемерзлого или сухомерзлого грунта толщиной не менее 0,2 м с последующим их закреплением.

3.27. Для укрепления откосов и бровок насыпей и выемок, сложенных мелкими пылеватыми песками (или супесями), в районах заполярья следует применять преимущественно полотнища геотекстиля, закрываемые сверху защитным слоем привозного неразвеваемого дренирующего грунта или торфогрунтовой смеси.

Откосы насыпей в районах ерниковой и мохоторфяной тундры следует укреплять преимущественно торфогрунтовыми покрытиями, в том числе с использованием привозного торфа.

3.28. Откосы насыпей на участках пересечения озер или при большой расчетной длине разгона волны (более 0,5 км) следует укреплять скальным грунтом или железобетонными плитами, укладываемыми с взаимным гибким скреплением по слою геотекстиля, выполняющего роль обратного фильтра.

4. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

Технологические схемы

4.1. Технология сооружения земляного полотна в специфических условиях субарктической и арктической тундры должна обеспечивать рациональное использование разведанных местных сезонно-талых, сухомерзлых и твердомерзлых песчаных грунтов и эффективное разделение операций разработки, перемещения, оттаивания и укладки грунта в насыпи по сезонам года, так, чтобы максимально использовать зимний период для транспортных операций, а летний – для оттайки, заготовки и укладки в насыпи талых грунтов и выполнения отделочных работ (табл. 2).

4.2. В условиях дефицита талых и сухомерзлых грунтов технологические схемы сооружения земляного полотна должны быть ориентированы на использование твердомерзлых песчаных грунтов, залегающих преимущественно в сезоннодеятельном слое. Твердомерзлые грунты зимой следует заготавливать в приобъектные бурты, размещаемые рядом с насыпями при двухэтапных схемах строительства в течение трех сезонов или непосредственно на поверхности основания. Летом заготовленный твердомерзлый грунт следует оттаять и уложить в насыпи в талом состоянии с минимальным объемом работ по перемещению грунта.

4.3. В условиях дефицита твердомерзлых грунтов допускается использование льдонасыщенных дренирующих грунтов с предварительной их оттайкой и обезвоживанием в карьерах или в буртах, размещаемых рядом с карьерами.

Разработка грунтов

4.4. Твердомерзлые грунты при температуре их выше минус 0,3°С допускается разрабатывать в летнее время, применяя тяжелые тракторные рыхлители с дисковыми уширителями, имеющие тяговые усилия на крюке не менее $2 \cdot 10^5$Н (20 тс). При температуре грунтов ниже минус 0,3°С их разработку следует вести с предварительным разрыхлением буровзрывным способом.

Таблица 2

Технологические схемы сооружения земляного полотна

№ п/п	Схема	Первый год		Второй год	
		октябрь – май	июнь – сентябрь	октябрь – май	июнь – сентябрь
1	Одноэтапная схема скоростного строительства в зимнее время	Сооружение автозимников. Отсыпка насыпей талыми, сухомерзлыми или сыпучемерзлыми грунтами из отдаленных карьеров или из заблаговременно заготовленных штабелей, сооружение водоотводов	Планировка основной площадки и откосов, сдача насыпи под укладку верхнего строения пути (ВСП). Укрепление откосов	Укладка ВСП. Рабочее движение. Возведение устройств инженерной защиты (снегозащиты, наледезащиты и т.п.)	Временная эксплуатация
2	Одноэтапная схема скоростного строительства в летнее время	Завоз горючесмазочных материалов и организация вахтовых поселков	Заготовка талого и оттаиваемого грунта в карьерах. Отсыпка технологических автодорог. Отсыпка насыпей из талых грунтов с допустимым содержанием комьев твердомерзлого грунта до 30% в верхней оттаивающей части насыпи и до 50% в нижней части в пределах прогнозируемого мерзлого ядра. Планировка насыпей. Сдача под укладку ВСП	Укладка ВСП. Рабочее движение. Укрепление откосов. Возведение устройств инженерной защиты	Рабочее движение. Возведение устройств инженерной защиты. Временная эксплуатация

Продолжение табл. 2

№ п/п	Схема	Первый год		Второй год	
		октябрь – май	июнь – сентябрь	октябрь – май	июнь – сентябрь
3	Двухэтапная схема скоростного строительства в течение двух сезонов	Устройство автозимников. Разработка твердомерзлых грунтов в карьерах и заготовка их в приобъектные бурты в объеме на 20% больше профильного объема насыпи	Послойная радиационная оттайка мерзлого грунта в буртах. Перемещения и послойная укладка с уплотнением талого грунта в насыпь. Планировка. Сдача под укладку ВСП. Укрепление основной площадки	Укладка ВСП. Рабочее движение. Укрепление откосов. Устройство инженерной защиты	Рабочее движение. Устройство инженерной защиты. Временная эксплуатация
4	Двухэтапная схема скоростного строительства в два сезона	Устройство автозимников. Заготовка твердомерзлых грунтов в приобъектные бурты в количестве 60–70% профильных объемов. Водоотводы	Устройство технологических автодорог. Послойное оттаивание мерзлого грунта, перемещение его в насыпь, уплотнение. Досыпка насыпей до проектных очертаний талыми грунтами, разрабатываемыми в карьерах. Планировка.	Укладка ВСП. Рабочее движение. Укрепление откосов. Сооружение инженерной защиты	Рабочее движение. Временная эксплуатация. Сооружение инженерной защиты
5	Двухэтапная схема строительства в течение трех сезонов	Заготовка твердомерзлых грунтов в приобъектные бурты в количестве 60–70% профильного объема	Оттаивание мерзлого грунта в приобъектных буртах и уплотнение оттаявшего грунта. Послойная радиационная оттайка мерзлых грунтов в карьерах и заготовка недостающего объема талого грунта в бурты и штабели в карьерах.	Разработка штабелей заготовленного в карьерах талого грунта и досыпка насыпей до проектного профиля талым грунтом с допустимым содержанием комьев	Укладка ВСП. Рабочее движение. Укрепление откосов. Инженерная защита

Продолжение табл. 2

№ п/п	Схема	Первый год		Второй год	
		октябрь – май	июнь – сентябрь	октябрь – май	июнь – сентябрь
				сухомерзлого или твердомерзлого грунта. Водоотводы. Планировка. Сдача под укладку ВСП	
6	Двухэтапная схема строительства в течение трех сезонов	Подготовительные работы. Доставка оборудования, ГСМ, устройство вахтовых поселков	Послойная разработка оттаивающих мерзлых грунтов и заготовка талых грунтов в бурты и в штабели, в том числе способом гидромеханизации	Устройство автозимников. Разработка штабелей талого грунта и отсыпка насыпей до проектных отметок	Послойная разработка грунта в карьерах. Досыпка насыпей до проектного профиля. Планировка. Укладка ВСП. Укрепление откосов

Бурение взрывных скважин должно осуществляться преимущественно с использованием резцового инструмента со шнекопневматической или шнековой выдачей бурового шлама при максимально возможных для применяемой техники скоростях проходки.

Типы станков, ВВ и схемы взрывания, а также общую технологию ведения буровзрывных работ выбирают в соответствии с "Руководством по производству буровзрывных работ на строительстве БАМ" (М., ЦНИИС, 1981).

4.5. Объемы подготовительных работ по очистке поверхности карьеров от снега, растительности и мохоторфяного покрова, устройству водоотводных и дренажно-осушительных канав, сооружению технологических автодорог должны быть возможно меньшими за счет широкого применения двухэтапных схем отсыпки грунтов в земляное полотно.

4.6. Подготовительные работы по очистке поверхности карьеров и устройству технологических автодорог следует выполнять в зимнее время. Водоотводные канавы для защиты карьеров от обводнения устраивают в весенне-летний период или в начале зимы при глубине промерзания 0,2-1,0 м.

4.7. Радиационное оттаивание и послойную срезку оттаявшего грунта выполняют слоями толщиной не менее 0,1 м при применении бульдозеров типа Д-575 и не менее 0,2 м при применении более тяжелых бульдозеров. Разработку оттаивающего пылеватого грунта следует производить наклонными (с уклоном 0,04-0,06) траншеями глубиной 0,3-0,5 м.

4.8. С поверхности блоков карьера, намеченных к разработке методом послойной срезки, снег и лед необходимо убирать в период наступления положительной температуры воздуха в начале весны, так как мощный снеговой покров может задержать начало оттаивания на 20-40 дней.

4.9. Оттаявший грунт, сдвинутый в бурты, должен быть выдержан в карьере в течение 1-3 суток для его обезвоживания. После обезвоживания до влажности 14-15%

и менее талый грунт может быть использован для отсыпки насыпей или заготовки в штабели, предназначенные для сооружения земляного полотна в зимнее время.

4.10. Штабели грунта, предназначенные для разработки в зимнее время, отсыпают высотой не менее двукратной расчетной глубины сезонного промерзания (см.табл. 2 приложения 3) и защищают от глубокого сезонного промерзания теплоизоляционными покрытиями (полимерными или водовоздушными замерзающими пенами). Толщину теплоизоляции определяют по номограмме (приложение 5).

Мерзлый грунт при глубине промерзания более 0,8 м и при его суммарной влажности более 7% разрабатывают с предварительным рыхлением буровзрывным способом.

4.11. При разработке карьеров с полезными запасами в пределах сезоннодеятельного слоя следует предусматривать их послойную разработку методом радиационной оттайки с июля по сентябрь (см.приложение 2) или разрыхлением буровзрывным способом всего объема грунта, разрабатываемого в период с октября по июнь включительно.

4.12. При разработке карьеров сезоннопромерзающих грунтов (таликов) объемы мерзлого грунта, подлежащие разрыхлению буровзрывным способом, принимают равными 3/4 объема сезоннодеятельного слоя, если не предусмотрены специальные работы по предохранению грунта от глубокого сезонного промерзания.

Применение гидромеханизации

4.13. Гидромеханизация в районах сплошного распространения многолетнемерзлых пород применяется для добычи дефицитного дренирующего грунта из подрусловых или подозерных таликов. Добытый способом гидромеханизации грунт укладывают в штабели, предназначенные для разработки и отсыпки насыпей механическими способами.

При достаточных запасах грунта способом гидромеханизации следует намывать насыпи на подходах к мостам, насыпи под кустовое бурение и строительные площадки.

4.14. При дефиците запасов талого дренирующего грунта применяют технологические схемы с промежуточными карьерами-отстойниками и разветвляющимися гидротранспортными системами, обеспечивающие разработку грунтов из обнаруженных обводненных таликов в пределах экономически целесообразной дальности гидротранспорта (до 10-20 км) и многократное обогащение грунта за счет отмыва мелких фракций при укладке грунта под воду в промежуточные карьеры-отстойники, а также разработку мерзлых грунтов методом послойного радиационного оттаивания и термоэрозионного или гидромониторного смыва оттаявшего грунта в карьеры-отстойники.

4.15. С целью продления сезона работы земснарядов разработку грунтов в мае или октябре ведут из-под льда без устройства открытой майны, обеспечивая продольное перемещение земснарядов за счет вырезки льда, а намыв грунта осуществляют в воду под лед в промежуточные карьеры-отстойники. При необходимости устройства майны ее поверхность должна быть возможно меньшей и защищена от замерзания полимерной пеной или инвентарными поплавками из пенопласта, обработанного гидрофобизатором. Пена в майне должна быть ярко окрашена, а майна - ограждена.

4.16. Намыв штабелей дренирующего грунта осуществляют по схемам с интенсификацией обезвоживания намытого грунта за счет применения лучевых дрен из геотекстилей и вакуумирования через водосборные колодцы и сбросную трубу после их замыва и заделки грунтом, а также за счет "отдыха" карт намыва и их обкатки тракторами (вездеходами).

При намыве грунта по безколодцевым схемам ускорение обезвоживания обеспечивается за счет отсасывания воды из дренажной системы, выполненной из полотнищ геотекстиля, уложенных на неподготовленное (без очистки растительности) основание штабеля. Для отсасывания воды применяют водяные насосы, присоединяемые к дренажной системе через промежуточный герметизированный емкость-накопитель.

4.17. Разработку грунтов из подводных карьеров на шельфе ведут под защитой ледяных, ледогрунтовых или намывных грунтовых дамб земснарядами в северном исполнении, имеющими регистр "О" и оборудованными дополнительной защитой от волн. Все земснаряды должны быть оснащены грунтозаборным оборудованием с мощными удельными воздействиями на грунты.

4.18. При ограниченных запасах талого грунта в разрабатываемых земснарядами таликах следует применять схемы, включающие разработку примыкающего к талику надводного массива вечномерзлого песчаного грунта методом послойной солнечной оттайки с механической, термоэрозионной или гидромониторной срезкой и перемещением в забой земснаряда оттаявшего слоя грунта. По мере разработки надводной части забоя уровень воды в карьере регулируют изменением расхода оборотной воды, сбрасываемой в карьер, а площадь разрабатываемой поверхности мерзлой части карьера назначают из условия накопления в подводном забое к началу следующего сезона запасов талого грунта, достаточных для работы земснаряда в период от весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через $0^{\circ}C$ до середины июня.

Для термоэрозионного или гидромониторного размыва оттаивающего грунта надводной части карьеров земснарядов следует применять оборотную воду, подогретую в промежуточных прудах-отстойниках, используемых в качестве солнечных нагревателей.

Сооружение насыпей

4.19. Укладку грунта в насыпи следует выполнять по технологическим схемам, обеспечивающим его нормативное уплотнение и завершение не менее 2/3 расчетной осадки в период строительства. При этом в условиях дефицита и высокой стоимости балласта насыпи должны отсыпаться с необходимым запасом по высоте на осадки строительного периода.

4.20. Запас по высоте насыпей следует назначать при отсыпке в зимнее время в случаях, если в верхнем сезонноотаивающем слое (2 м) уложены сухомерзлые или талые с примесью мерзлых комьев грунты и если насыпь высотой менее 2 м отсыпана на мерзлые термопросадочные грунты основания. Величина запаса ΔH определяется по формуле

$$\Delta H = H \cdot \left(1 - \frac{\rho'_{стр}}{\rho'_{зн}}\right) + (2 - H)\left(1 - \frac{\rho'_{ест}}{\rho'_{зо}}\right), \quad (3)$$

где $H \leqslant 2$ м – высота насыпи;

$\rho'_{стр}, \rho'_{ест}$ – соответственно плотность грунтов тела насыпи и основания в процессе отсыпки;

$\rho'_{зн}, \rho'_{зо}$ – соответственно плотность грунтов тела насыпи и основания перед началом эксплуатации насыпей.

4.21. Величину относительной осадки при оттаивании в насыпи ориентировочно принимают для сыпучемерзлых грунтов от 1 до 2%, для сухомерзлых – от 3 до 7%.

При заготовке твердомерзлых грунтов в буртах коэффициент разрыхления ориентировочно принимают равным 1,15–1,20.

4.22. При укладке сыпучемерзлых грунтов в насыпи допускается применять те же уплотнительные машины, что и при отсыпке талых грунтов (по ВСН 186-75), а при укладке сухомерзлых грунтов рекомендуется применять тяжелые решетчатые катки и вибрационную уплотнительную технику (катки, площадки).

4.23. При двухэтапных схемах строительства в течение трех сезонов (зима, лето, зима) допускается отсыпка зимой твердомерзлых грунтов в нижнюю часть насыпи с последующим их оттаиванием и уплотнением летом и досыпкой верхней части насыпи из талых, сухомерзлых или сыпучемерзлых грунтов в следующий зимний сезон. Толщина слоя твердомерзлого грунта, отсыпаемого в первый зимний сезон, не должна превышать значений глубин сезонного протаивания (табл. 1 приложения 3).

4.24. Уплотнение оттаявшего грунта нижнего яруса насыпи при двухэтапной схеме ее возведения выполняют с дополнительным перемещением оттаявшего грунта для послойного его уплотнения.

Толщину уплотняемых слоев принимают на основании результатов пробного уплотнения в зависимости от технических характеристик применяемых уплотнительных машин и количества проходок (0,5-1,2 м).

4.25. При двух- и трехэтапных схемах строительства твердомерзлые грунты, предназначенные после оттаивания для укладки в насыпи, следует заготавливать зимой в приобъектные бурты, размещаемые на основании насыпи на расстоянии друг от друга, равном длине оптимального расстояния перемещения грунта (для бульдозеров 80-110 м, для скреперов 300-500 м). Объем твердомерзлого грунта в буртах принимают равным 60-120% от профильного объема насыпи на всем протяжении участка, включая места размещения буртов и разрывы между ними. В разрывах между буртами на участках льдонасыщенных термопросадочных грунтов из твердомерзлого грунта отсыпают защитный слой ("тропу") толщиной 0,6-1,0 м для сохранения в мерзлом состоянии грунтов основания.

4.26. Высота приобъектных буртов твердомерзлого грунта не должна превышать расчетных глубин сезонного протаивания при послойной радиационной разработке твердомерзлого грунта (см.рис.1 приложения 2), определяемых для каждого района в зависимости от льдистости (суммарной влажности) мерзлого грунта и от периодичности срезки оттаивающих слоев.

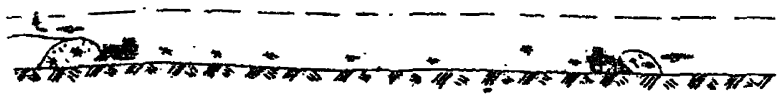
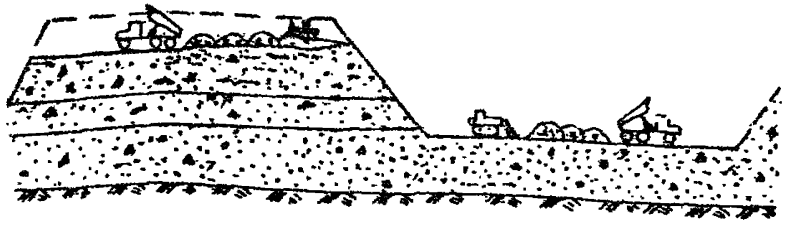
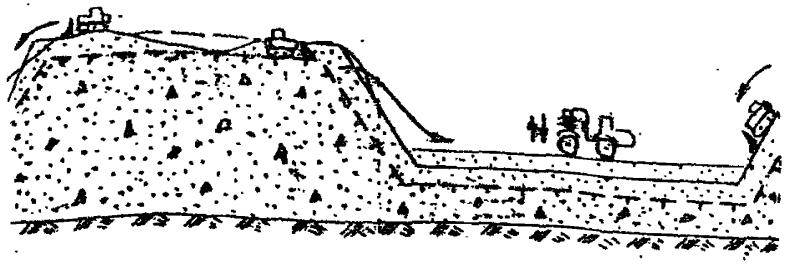
Расчетная толщина слоев срезаемого оттаявшего грунта принимается равной 0,3 м.

4.27. Насыпи сооружают в летнее время путем срезки оттаивающего слоя грунта из приобъектных буртов и его укладки в места разрывов между буртами с послойным уплотнением (табл. 3).

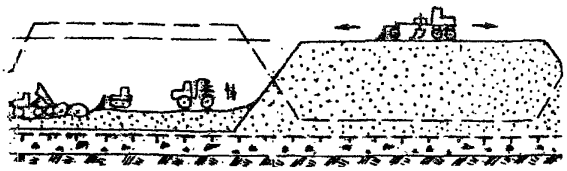
Приобъектные бурты разрабатывают до отметок выше поверхности основания на 0,4-0,5 м.

Таблица 3

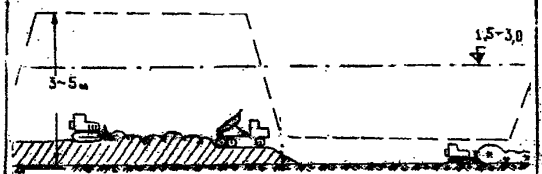
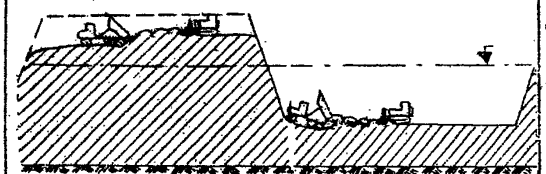
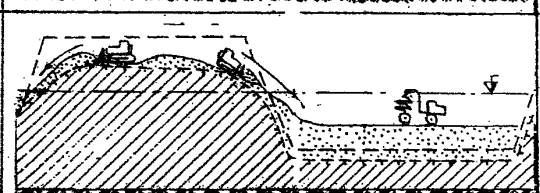
Двухэтапно-ступенчатая схема сооружения земляного полотна из твердомерзлых песчаных грунтов

№ п/п	Первая захватка (нечетная)	Вторая захватка (четная)	Операции, сроки
	Вариант 1 90-110 м (300-500 м)		
1			Расчистка от снега основания насыпи (уплотнение снега при толщине менее 0,05 м). Октябрь - май
2			Отсыпка твердомерзлого песка в насыпь по захваткам: первой - слоем более 2 м (до 4,5 м), второй - слоем более 0,6 м. Октябрь - май
3			Радиационная оттайка, послойная срезка талого грунта; перемещение грунта с первой захватки на вторую; уплотнение талого грунта на второй захватке. Июнь - август

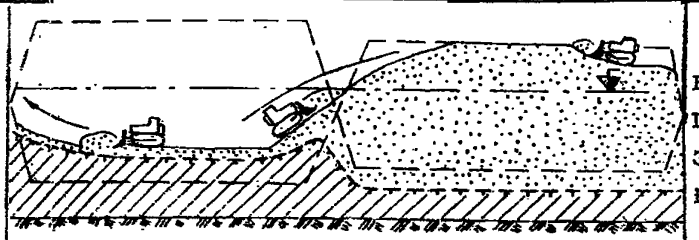
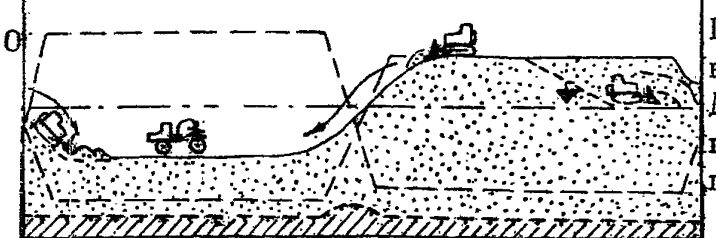
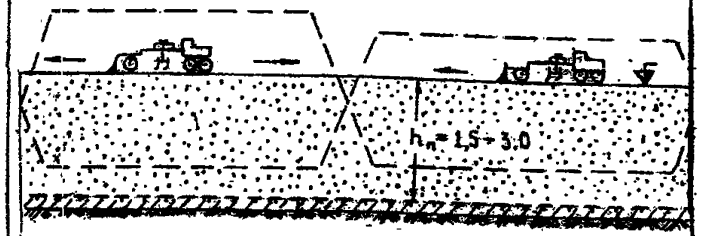
Продолжение табл. 3

№ п/п	Первая захватка (нечетная)	Вторая захватка (четная)	Операции, сроки
4			Отсыпка насыпи на первой захватке талым грунтом из буртов, штабелей (или сыпучемерзлым грунтом в зимнее время); уплотнение, планировка насыпи на второй захватке. Июнь – октябрь
5	Грунт талый или сыпучемерзлый	Талый грунт с первой захватки	Планировка насыпи и нарезка сливной призмы на всем протяжении первой и второй захваток. $H \leqslant Z_т$ ($Z_т$ – расчетная глубина оттаивания). Июнь – октябрь

Продолжение табл. 3

№ п/п	Первая захватка (нечетная)	Вторая захватка (четная)	Операции, сроки
	Вариант 2 90–110 м (300–400 м)		
6			Расчистка основания от снега. Отсыпка "тропы" толщиной не менее 0,6 м на широком фронте. – мерзлый грунт; – талый грунт. Октябрь – май
7			Отсыпка твердомерзлого грунта в насыпи: на первой захватке на высоту 4–5 м, на второй – на толщину 0,6 м и более. Круглогодично
8			Радиационная оттайка твердомерзлого грунта. Послойная срезка оттаявшего грунта; перемещение грунта с первой захватки на вторую, уплотнение. Июнь – сентябрь

Продолжение табл. 3

№ п/п	Первая захватка (нечетная)	Вторая захватка (четная)	Операции, сроки
9			Радиационная оттайка на первой захватке; послойная (по 0,1 м) срезка талого грунта на первой захватке; надвижка запаса талого грунта на отметки выше на вторую захватку. Июнь – октябрь
10			Перемещение запаса талого грунта со второй захватки на первую; уплотнение. Досыпка талым или сыпучемерзлым грунтом насыпи на первой захватке до проектных отметок с уплотнением. Июнь – октябрь, ноябрь – май
11			Планировка насыпи. Нарезка сливной призмы. Укрепление откосов. Июнь – октябрь

Операции оттаивания, срезки талого грунта, перемещения его с первой захватки (бурта) на вторую (разрыв между буртами) и уплотнения повторяют до отсыпки насыпи на второй захватке до проектных отметок и выше. Затем летом или зимой досыпают талым или сухомерзлым (сыпучемерзлым) грунтом до проектных отметок насыпи на первой захватке, используя для этого заготовленный в карьерах летом грунт из буртов, штабелей, талых карьеров или из верхней части насыпи на второй захватке, размещаемой за пределами проектного профиля.

При использовании прицепных скреперов для послойной разработки и перемещения оттаявшего грунта длина и ширина захваток определяются исходя из условия обеспечения разворотов скрепера и полной загрузки скреперного ковша, а работы ведутся на широком фронте, длина которого зависит от скорости оттаивания мерзлого грунта на первых захватках. Для улучшения заполнения ковшей скреперов талым грунтом целесообразно оттаявший грунт послойно срезать бульдозером поперек насыпи (на уширенных захватках), сдвигая его в буртах попеременно к краям захваток, увеличивая толщину талого слоя грунта и улучшая условия его обезвоживания.

4.28. При возведении насыпей высотой менее 3 м в случае размещения грунтов в пределах полосы отвода по двухэтапным схемам на непросадочных при оттаивании основаниях допускается заготовка твердомерзлых грунтов зимой в приобъектные бурты, размещаемые рядом с насыпью. Насыпи при этом отсыпаются летом из талого грунта, перемещаемого из буртов поперек оси насыпи по мере оттаивания бурта. Объем твердомерзлого грунта, заготавливаемый в приобъектные бурты, принимается равным 120% от профильного объема насыпи.

4.29. При возведении насыпей на слабых основаниях в летний период допускается отсыпка "тропы" толщиной 1,0-1,2 м и шириной, равной расчетной ширине насыпи поверху, методом "с головы". В этом случае насыпи отсыпают без запаса по высоте на осадку основания в строительный период.

При возведении насыпей высотой более 3 м в зимнее время методом "с головы" отсыпают "тропу" толщиной 0,7–1,0 м по всей ширине подошвы насыпи с целью сохранения в мерзлом состоянии грунтов основания и ускорения процесса завершения термодинамической стабилизации грунтового массива.

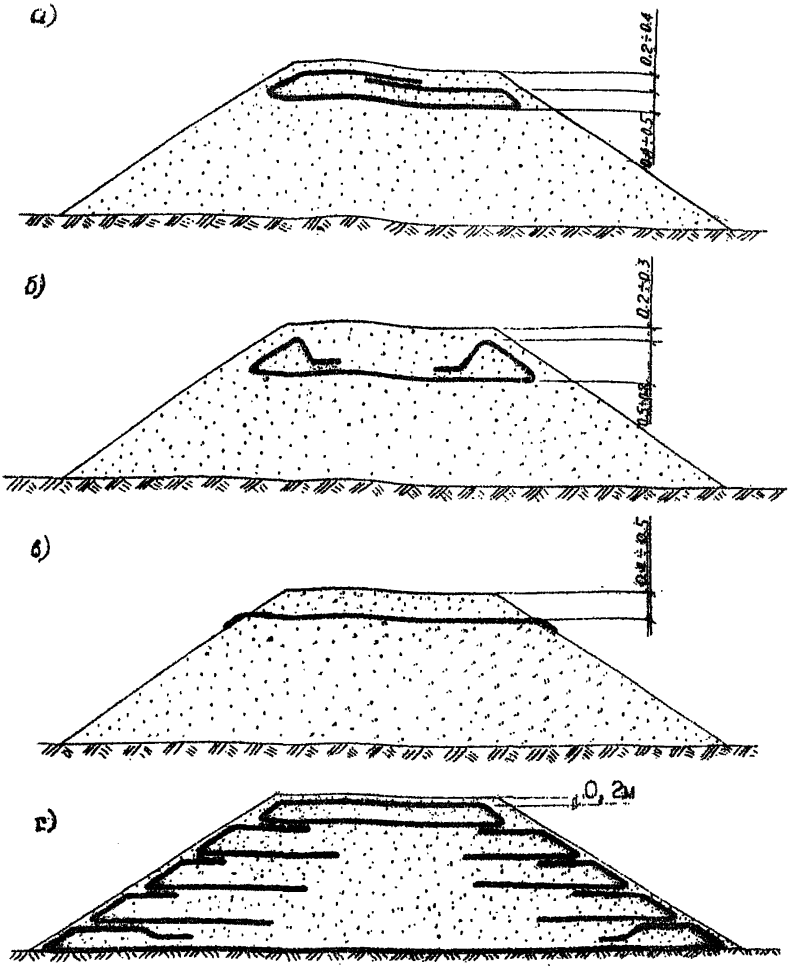
4.30. Засыпку пазух, а также засыпку водопропускных труб и конусов мостовых устоев следует выполнять талым, сыпучемерзлым или сухомерзлым грунтом с уплотнением. Для этого нижний ярус насыпи на подходе к искусственному сооружению зимой отсыпают с запасом по высоте из твердомерзлого грунта, а летом по мере оттаивания грунта (послойно по 10–30 см) оттаявший грунт срезают бульдозером и сдвигают в сторону искусственного сооружения, укладывая и уплотняя его в соответствии с требованиями ВСН 186–75.

Применение искусственных материалов

4.31. Геотекстили, применяемые для армирования и гидротермической мелиорации грунтов подрельсового основания, укладывают в верхней части насыпи (рисунок, а–г), раскатывая полотнища геотекстиля внахлест с взаимным перекрытием на 0,3 м.

Поперечное размещение полотнищ геотекстиля применяют при армировании нижней части насыпи на слабых, деформирующихся талых или оттаивающих основаниях. Продольную раскладку геотекстиля производят при ширине полотнища, равной ширине насыпи поверху, или при использовании геотекстиля в качестве дренирующих и капилляропрерывающих прослоек в насыпи.

4.32. При армировании насыпей по схемам с полузамкнутой или замкнутой обоймами и с заанкеренными упорными грунтовыми призмами в обойме из геотекстиля следует применять инвентарные щиты, обеспечивающие ровность края отсыпаемого внутрь обоймы слоя грунта. Для отсыпки упорных призм следует применять грунт, не содержащий комьев крупнее 0,2 м.



Схемы укрепления верхней части насыпи прослойками геотекстиля:

а,б,в - усиление верхней части насыпи соответственно с обоймой геотекстиля, в обойме только в пределах откосной части и укладкой геотекстиля в один ряд; г - усиление насыпи за счет армирования геотекстилем откосной части грунта

4.33. Укладку геотекстиля в качестве защитной мембраны под балластной призмой или на откосах насыпей из пылеватых песков и в качестве обратного фильтра на откосах подтопляемых насыпей следует выполнять по схемам с размещением полотнищ поперек оси насыпи вниз по откосу и с взаимным их перекрытием на 0,2-0,3 м.

При укреплении подтопляемых откосов плитами под вертикальными швами между плитами укладывают дополнительно полосу геотекстиля шириной 0,5-0,6 м.

4.34. При укреплении подтопляемых откосов, конусов мостов и оголовков водопропускных труб грунтонаполненными матами из геотекстиля под маты следует размещать полотнища геотекстиля, выполняющие роль обратного фильтра. Поверхность мешков или матов из геотекстиля после их укладки на откосы следует покрыть цементным раствором (методом пневмонабрызга) или слоем песчаного грунта толщиной 0,1-0,2 м.

4.35. При использовании геотекстилей в качестве дрен и водопроницаемых мембран между слоями твердомерзлого грунта, укладываемыми в слое многолетнего протаивания насыпи, поверхность грунта должна быть выровнена отвалом бульдозера, а комья мерзлого грунта размером более 0,1 м должны быть удалены с поверхности.

4.36. Укладку листового пенопласта выполняют вручную по выровненной поверхности оснований и с засыпкой грунтом для предохранения от уноса листов ветром. Для засыпки пенопласта используют талые, сыпучемерзлые или сухомерзлые грунты с комьями размером не более 0,2 м.

4.37. Отсыпку слоя грунта над пенопластом выполняют методом "с головы", не допуская разгрузки на пенопласт. Грунт из самосвалов разгружается на ранее отсыпанный слой песка толщиной не менее 0,5 м, а затем надвигается бульдозером на пенопласт с плавным подъемом отвала при перемещении грунта вперед по фронту отсыпки. Заглубление отвала в грунт ниже поверхности отсыпаемого слоя не допускается.

4.38. При укладке пенопласта в качестве противопучинной прослойки и в выемках толщина защитного слоя из сыпучемерзлого, сухомерзлого или талого грунта над пенопластом должна быть не менее 0,4–0,5 м.

4.39. Работы по устройству откосных теплоаккумулирующих и теплоизолирующих призм из торфогрунтовых смесей и по отсыпке берм допускается производить после открытия рабочего движения с использованием поездной возки.

5. ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ

5.1. Природоохранные мероприятия – это комплекс организационных, конструктивных и технологических мероприятий.

Организационные мероприятия включают:

обучение рабочих и служащих основным правилам ведения работ в условиях термодинамически неустойчивых ландшафтов и экологических систем с разъяснением возможных экономических и социальных последствий их разрушения при строительстве;

оборудование рабочих площадок средствами наглядной агитации, разъясняющими необходимость и пути повышения культуры производства работ на железнодорожных новостройках на севере Сибири;

разработку соответствующих разделов по рациональному природопользованию в проектах производства работ.

Конструктивные мероприятия включают:

выбор и назначение конструкций земляного полотна с учетом минимального изменения естественных мерзлотно-грунтовых и гидрогеологических условий;

селективное размещение грунтов и материалов с различными теплофизическими свойствами по конструктивным элементам земляного полотна с целью управления водно-тепловым режимом грунтового массива и регулирования положения верхней границы мерзлоты;

замену продольных водоотводов поперечными или удаление их от подошвы откоса на расстояние 8 м и более.

Технологические мероприятия включают:

разработку проекта производства работ с четкой регламентацией сроков, состава, последовательности и режимов выполнения подготовительных и основных работ с учетом сезонной изменчивости несущей способности грунта;

устройство и текущее содержание технологических автомобильных дорог, проездов и трубопроводов (при гидромеханизации);

комбинирование различных технологий сооружения земляного полотна, в том числе гидромеханизации, буровзрывных и механических способов, с целью эффективного использования разведанных запасов талых дренирующих грунтов и несущей способности мерзлых покровных отложений;

рекультивацию карьеров и территорий и укрепление откосов.

5.2. Подготовительные работы должны быть механизированы и проводиться с максимальным сохранением естественного почвенно-растительного покрова.

5.3. Растительные (порубочные) остатки и торф следует размещать в откосных частях насыпей в виде подоткосных и надоткосных теплоаккумулирующих призм с покрытием их защитным слоем грунта толщиной не менее 0,2 м, не допуская их сжигания и складирования за пределами полосы отвода.

5.4. Разработку карьеров и организацию технологических дорог необходимо осуществлять так, чтобы не разрушать ягельниковые и мохоторфяные покровы на склонах и в ложбинах, где наиболее вероятна активизация термоэрозионных и солифлюкционных процессов, приводящая к быстрому развитию оврагов (5–30 м/год).

Насыпи и водопропускные сооружения следует размещать так, чтобы не создавать подпора стоку поверхностных и надмерзлотных вод на участках распространения льдонасыщенных грунтов и подземного льда.

5.5. Возникающие при строительстве очаги термокарста и термоэрозии необходимо немедленно ликвидировать путем засыпки с уплотнением слоем торфа или местного грунта, организации водоотвода и укрепления отвершков оврагов неразмываемым грунтом, полотнищами геотекстиля с пригрузкой их неразмываемым грунтом или посевом трав с внесением минеральных удобрений и известкованием почв.

5.6. Организационно-технологические решения по сооружению земляного полотна должны обеспечивать минимальные разрушения естественных ландшафтов в пределах земель отвода. На землях временного отвода после завершения строительства должен быть выполнен комплекс мероприятий по рекультивации и мелиорации земель, обеспечивающий восстановление биологической продуктивности земельных и водных угодий[1].

5.7. Инженерная рекультивация участков тундры, нарушенных в процессе строительства, должна включать работы по восстановлению мерзлотных условий, существовавших до строительства, и локализации (ограничению) опасных для сооружений мерзлотных процессов.

5.8. Из возможных методов рекультивации предпочтение следует отдавать биологическим методам, заключающимся в искусственном создании растительных покровов путем посева и подсева трав и посадки кустарников в сочетании с известкованием и внесением минеральных и органических удобрений.

5.9. Необходимым условием успешного применения биологических методов рекультивации является создание достаточной тепло- и влагообеспеченности корнеобитаемого слоя растений в вегетативный период (июль-август).

---

[1] "Положение о порядке передачи рекультивированных земель землепользователям предприятиями, организациями и учреждениями, разрабатывающими месторождения полезных ископаемых и торфа, проводящими геологоразведочные, изыскательские, строительные и иные работы, связанные с нарушением почвенного покрова". Минсельхоз СССР, 1979.

Для этого следует создавать искусственные почвенно-грунтовые профили, отличающиеся тем, что в толще песчаных грунтов размещают чередующиеся тонкие прослойки глинистого грунта или торфа, обеспечивающие капиллярное подвешивание влаги, подпор грунтовых вод и аккумуляцию влаги в корнеобитаемом слое (на глубине 0,2-0,6 м). Общее отношение объемов глинистого и песчаного грунта в таком почвенно-грунтовом профиле должно быть в пределах 1:3-1:5.

5.10. Посев трав следует производить в первой половине июля и в сентябре. Сбор семян дикорастущих трав для биологической рекультивации должен производиться во второй и третьей декадах августа.

Для биологической рекультивации пригодны семена овсяницы красной, лисохвоста лугового, мятлика лугового, вейника лапландского, щучки северной, овсяницы овечьей и черенки ивы русской или тундровой (в виде кольев длиной около 0,5 м). Заготовку черенков производят зимой, а посадку - после оттаивания грунта на 30-40 см.

5.11. Рекультивация водоемов и водотоков после гидромеханизированной разработки карьеров заключается в уполаживании бортов надводной части забоев и в удалении металлических предметов (труб, тросов и т.п.).

5.12. Необходимо применять оборотные схемы водопотребления установок гидромеханизации, ограничивающие локальные временные загрязнения водоемов и водотоков, ущерб от которых компенсируется мелиоративным воздействием, заключающимся в создании длительно действующих противозаморных ям в мелководных реках и озерах, в повышении содержания в воде кислорода и питательных веществ.

6. КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

6.1. Отклонения фактических геометрических размеров земляного полотна от проектных допускаются в пределах, которые могут быть обеспечены при полной механизации работ по планировке и отделке основной площадки и откосов согласно СНиП III-38-75 и ВСН 186-75 (табл. 138),

6.2. Нормы плотности грунтов талой части насыпей устанавливаются согласно СН 449-72, а контроль плотности выполняется в соответствии с требованиями ВСН 186-75.

Уплотнение сыпучемерзлых грунтов оценивается по нормам для талых грунтов.

Плотность твердомерзлых грунтов в зимнее время не нормируется. Уплотнение осуществляется для технологических целей и обеспечивается груженными самосвалами и бульдозерами, выполняющими планировку грунта. При оценке величины запаса на осадку плотность укладки твердомерзлого грунта определяют методом гидростатического взвешивания.

6.3. Контроль глубины протаивания грунтов основания и твердомерзлых грунтов в приобъектных буртах при послойной их радиационной оттайке осуществляется с помощью металлических зондов.

6.4. При сооружении насыпей из мерзлых грунтов в проекте указываются размеры и характеристики грунтов насыпей в мерзлом состоянии и после оттаивания. При этом с учетом длительности процесса многолетнего оттаивания мерзлых грунтов основания дополнительно к проектному (эксплуатационному) продольному и поперечному профилям земляного полотна составляются предукладочные поперечный и продольный профили, основанные на результатах испытаний грунтов.

6.5. Управление температурным режимом грунтовых массивов обеспечивается комплексом мероприятий по контролю состояния мерзлотно-грунтовой обстановки, по прогнозированию развития криогенных процессов в грунтовых массивах и по регулированию теплового режима грунтовых массивов различными инженерными методами, общая классификация которых приведена в приложении 4.

6.6. Контроль состояния мерзлотно-грунтовой обстановки осуществляется на эталонных (характерных) участках путем регулярных измерений температуры с целью составления мерзлотного прогноза и своевременного применения эффективных методов управления тепловым режи-

мом грунтовых массивов земляного полотна и прилегающих территорий службами временной эксплуатации, а в перспективе - специальными территориальными мерзлотными станциями (службами инженерно-геологического мониторинга).

6.7. Контроль качества и текущее содержание земляного полотна в период временной и постоянной эксплуатации осуществляется в соответствии с основными требованиями "Инструкции по содержанию земляного полотна железнодорожного пути. ЦП/3511" (М., Транспорт, 1979) и "Руководства по организации и технологии путевых работ в период временной эксплуатации новостроящихся железных дорог" (М., ЦНИИС, 1981).

Для учета специфики текущего содержания пути вахтовым способом в условиях заполярья должна быть разработана местная инструкция, в которой с целью обобщения результатов экспериментального строительства дополнительно к требованиям названных документов должны быть включены работы по регулярному инженерно-геологическому обследованию земляного полотна на эталонных участках.

6.8. Эталонные участки определяются на стадии проектно-изыскательских работ. В проектах предусматривают установку системы термокаротажных скважин глубиной не менее глубины нулевых годовых амплитуд температуры на каждом из выбранных участков.

6.9. В проектно-сметной документации необходимо предусматривать специальные работы и затраты на регулирование теплового режима грунтовых массивов земляного полотна на участках вероятного развития неблагоприятных криогенных процессов (термокарста, солифлюкций, оползней, термоэрозии, бугров пучения и т.д.) с выделением отдельно работ и затрат, осуществляемых в процессе строительства и отдельно в послеукладочный период.

7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. Работы должны выполняться с соблюдением требований действующих нормативных документов.

7.2. Послойную разработку грунтов бульдозерами на оттаивающих склонах крутизной более 10° следует выполнять только по направлению сверху вниз, не допуская разворотов при маневрировании бульдозера на склоне.

7.3. Все рабочие летом должны быть обеспечены индивидуальными средствами защиты от гнуса, комаров, мошки, включая спецодежду, репелленты и марлевые пологи.

7.4. Для разжигания костров, курения и работ с открытым огнем должны быть отведены специальные места, огороженные от ягельниковой и ерниковой тундры валом из минерального грунта.

7.5. Техника должна быть заблаговременно подготовлена к работе при низких температурах, сильных ветрах и метелях и в условиях полярной ночи: должны быть утеплены и герметизированы кабины, аккумуляторные и моторные отсеки; парки машин должны быть обеспечены устройствами для группового подогрева двигателей; кузова крытых автомобилей, предназначенных для перевозки людей, должны быть утеплены и оборудованы отопительными приборами; полевые парки и временные стоянки машин должны быть защищены от снежных заносов и от сквозных ветров.

7.6. В период полярной ночи следует освещать объекты и запрещать работу отдельных звеньев и небольших отрядов в отрыве от основных производственных подразделений.

7.7. Для кратковременного отдыха людей, приема пищи и оказания помощи получившим травмы и обморожения на всех объектах сосредоточения работ должны быть оборудованы пункты обогрева, имеющие дежурные запасы продовольствия, теплую одежду, медикаменты и горячую воду.

7.8. Производственные подразделения, действующие в отрыве от базовых вахтовых поселков, должны быть обеспечены специальной теплой одеждой и обувью, передвиж-

ными домиками, термосами и обогревательными приборами, топливом и продуктами питания.

7.9. При планировании и организации работ определяются порядок и допустимое время пребывания людей на открытом воздухе, особенно при низких температурах и сильном ветре. С учетом погодных условий (жесткости погоды) устанавливают нормы выработки и производственные возможности подразделений.

7.10. Транспортные средства должны двигаться преимущественно колоннами. В их состав включаются ремонтные средства и автомобили с утепленными кузовами.

7.11. Для создания нормальных гигиенических условий труда бурильщиков кабины буровых станков должны быть утеплены, сохраняя при этом достаточную обзорность.

7.12. Вахтовые поселки из передвижных вагончиков должны размещаться по схемам, позволяющим объединить жилые помещения и помещения соцкультбыта переходами, защищенными от непогоды.

Приложение 1
Обязательное

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕРЗЛЫХ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ПО ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Характеристики мерзлых песчаных грунтов

Показатели	Грунты				Льдогрунтовая масса
	сыпучемерзлый	сухомерзлый	твердомерзлый	льдонасыщенный	
Суммарная влажность (льдистость), %	0–3	3–6	7–17(20)	21–38	38–99
Степень водонасыщения (льдонасыщения)	0–0,01	0,01–0,1	0,1–0,8	0,8–0,9	0,9
Коэффициент пористости	0,48–0,63	0,50–0,66	0,56–0,71	0,71–0,90	0,9
Коэффициент просадочности при оттаивании (термопросадочность)	0	0–0,01	0,01–0,04	0,05–0,20	0,20
Тип льда-цемента (криогенная структура)	Контактный	Контактный и пленочный	Пленочный и поровый	Поровый и базальный	Базальный
Тип криогеннои текстуры (преимущественно)	–	Массивная	Массивная	Массивная, редкослоистая и сетчатая	Сетчатая (блоковая)

Показатели	Грунты				Льдогрунтовая масса
	сыпучемерзлый	сухомерзлый	твердомерзлый	льдонасыщенный	
Прочность на раздавливание, МПа	-	0-1	1-30	9-20	9-15
Прочность по ударнику Союздорнии (при температуре -5 °С)	-	10	10 -200	100-200	100-150
Наименование по СНиП П-18-76 и ГОСТ 25100-82	Сыпучемерзлый	Твердомерзлый		Пластично-мерзлый	

В мерзлых грунтах частицы или агрегаты песка образуют скелет, а лед занимает частично или полностью поровое пространство.

К сыпучемерзлым грунтам относятся не сцементированные льдом вследствие малой влажности мерзлые (морозные) песчаные грунты. Мелкие пылеватые пески можно считать сыпучемерзлыми при их суммарной влажности не более 8 %.

К сухомерзлым грунтам относятся мерзлые песчаные грунты, сдвиговая прочность которых при температуре минус 0,3 °С не превышает усилий резания при экскавации серийными землеройно-транспортными машинами (до 0,5 МПа), а прочность на сжатие не превышает удельных давлений, развиваемых серийной уплотнительной техникой (до 1,0 МПа). Песчаные грунты можно считать сухомерзлыми при их суммарной влажности не более 6 %. Гравийно-песчаные грунты считаются сухомерзлыми при суммарной влажности песчаного заполнителя пор до 6 %.

К твердомерзлым грунтам относятся прочно сцементированные льдом песчаные грунты, характеризующиеся хрупким разрушением и практической несжимаемостью в мерзлом состоянии под нагрузками от сооружений. При дроблении твердомерзлого грунта (в процессе его разработки или уплотнения) пористость возрастает. При оттаивании вследствие вытаивания льда-цемента происходит деформация уплотнения скелета без развития оползневых и солифлюкционных процессов. Мелкие и пылеватые мерзлые пески относятся к твердомерзлым при суммарной их влажности от 6 % до полной водоудерживающей способности (17-20 %).

К льдонасыщенным грунтам относятся прочно сцементированные льдом песчаные грунты с суммарной влажностью от наименьшей до полной влагоемкости при коэффициенте влажности ($G = W/n$, где W - объемная влажность, n - пористость) от 0,8 до 1,0.

Льдонасыщенные грунты под нагрузками проявляют свойства ползучести (течения под нагрузками). При оттаивании скелет грунта деформируется под воздействием гидростатического напора избыточной воды, вытекающей из пор. Откосы оплывают (солифлюкция, оползни), образуя пологий пляж с крутизной 1:5–1:12 в зависимости от средней крупности фракций.

Суммарная влажность льдонасыщенных пылеватых песков составляет 20 – 38 %.

В л ь д о г р у н т о в о й м а с с е частицы или агрегаты грунта взвешены в массе льда и не образуют скелета.

Пригодность мерзлого грунта для сооружения земляного полотна оценивают по результатам исследований уплотняемости и мгновенной сдвиговой прочности мерзлого грунта при различной суммарной влажности: 0–3, 3–6, 6–14, 14–20, 20–28, 28–38 %.

Исследование уплотняемости мерзлых грунтов выполняют при различных энергиях уплотнения на стандартных приборах ЦНИИС или Союздорнии (рис. 1).

Исследование прочностных характеристик выполняют по стандартным методикам.

Плотность мерзлого грунта определяют методом гидростатического взвешивания.

Ориентировочную оценку величины осадки тела насыпи, отсыпанной из талого грунта с мерзлыми комьями при их оттаивании и уплотнении, определяют по схеме, приведенной на рис. 2. Осадку учитывают созданием запаса по высоте (для части осадки, приходящейся на период строительства) и по ширине насыпи (для части осадки, приходящейся на период эксплуатации).

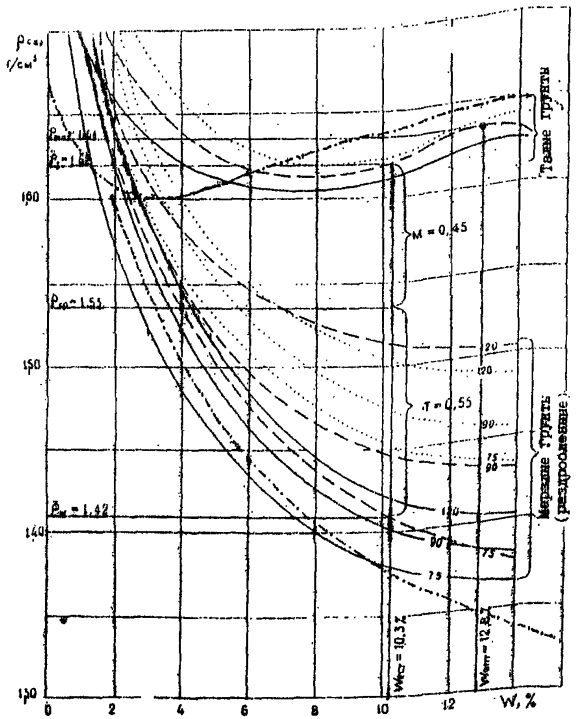


Рис. 1. Зависимость уплотняемости песчаных грунтов в талом и мерзлом состояниях $\rho_{ск}$ от влажности W при различной энергии уплотнения:
75,90,120 – числа ударов грузом в приборе стандартного уплотнения (75=3x25 – стандартное уплотнение); T,M – относительное содержание талого мерзлого грунта при отсыпке насыпи (T+M=1); —— – одноразмерный мелкий песок; – – – – уренгойский намывной песок; · · · · – мелкий пылеватый песок; – · – · – ямбургский песок

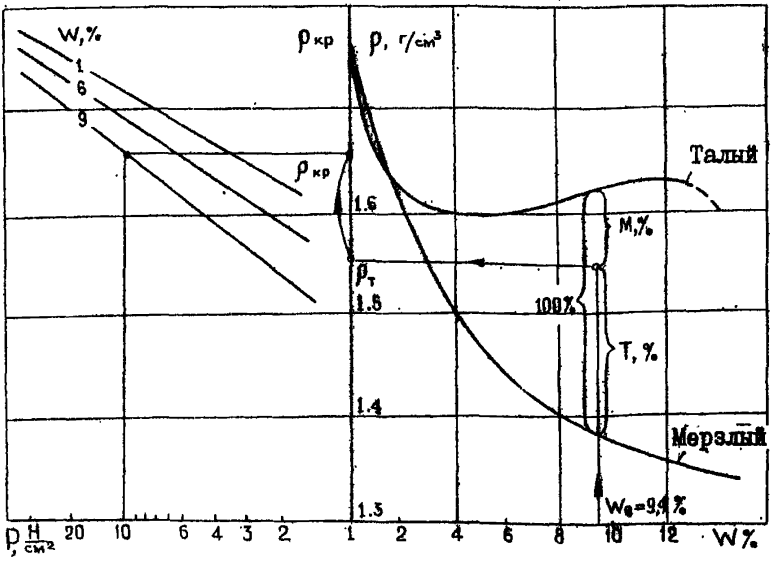


Рис. 2. Определение расчетной осадки насыпи, отсыпанной из грунта с мерзлыми комьями:

$\rho_{кр}$ – критическая плотность грунта в насыпи после стабилизации; P – расчетная нагрузка на грунты насыпи; W – влажность грунта; $W_е$ – естественная влажность грунта; $\rho_т$ – плотность грунта после отсыпки

Приложение 2
Обязательное

РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ ПОСЛОЙНОЙ РАДИАЦИОННОЙ РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Определение периодичности и толщины срезаемых слоев оттаивающего грунта, выбор типов и количество машин (оборудования) для послойной срезки и перемещения талого грунта, оценка предельных значений глубины разработки твердомерзлого или льдонасыщенного грунта в карьерах, назначение высоты приобъектных буртов твердомерзлого грунта при двухэтапных схемах сооружения насыпей должны быть обоснованы мерзлотным прогнозом, составляемым с учетом конкретных мерзлотно-грунтовых условий и закономерностей теплообмена грунтовых массивов с атмосферой.

Для ориентировочной оценки суточного темпа оттаивания можно использовать графики (рис. 1).

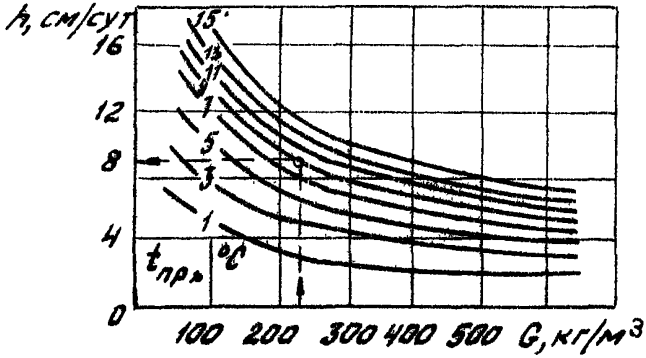


Рис. 1. Графики для ориентировочной оценки интенсивности солнечной оттайки грунтов:
h – глубина суточной оттайки грунта;
G – льдистость грунта; $t_{пр}$ – приведенная температура воздуха

Величина приведенной температуры $t_{пр}$, °С, определяется как средняя прогнозируемая температура воздуха плюс поправка на радиационную составляющую теплобаланса

$$t_{пр} = \theta + \Delta\theta . \qquad (1)$$

Величина поправки $\Delta\theta$, °С, к температуре воздуха находится по табл. 1.

Таблица 1

Район	Май			Июнь			Июль		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Ямбург	7	5	4	3	2	1	1	–	–
Новый Уренгой	8	6	3	2	1	1	–	–	–

Льдистость песчаного грунта С, кг/м^3, определяется как произведение плотности скелета грунта на весовую влажность грунта в долях единицы.

Для определения глубины оттаивания за несколько суток значения h следует умножить на коэффициент, приведенный в табл. 2.

Таблица 2

Периодичность срезки слоя, сутки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поправочный коэффициент	1	1,52	1,85	2,10	2,3	2,46	2,6	2,72	2,82	2,88

При проектировании производства работ для каждого конкретного объекта строительства следует построить графики хода глубины разработки в течение сезона при различной периодичности срезки оттаивающего слоя грунта. По этим графикам выбирается тип бульдозера в зависимости от мощности полезной толщи грунтов в карьере.

На графиках рис. 2 и 3 приведена суммарная глубина протаивания песчаного грунта различной влажности при послойной его разработке.

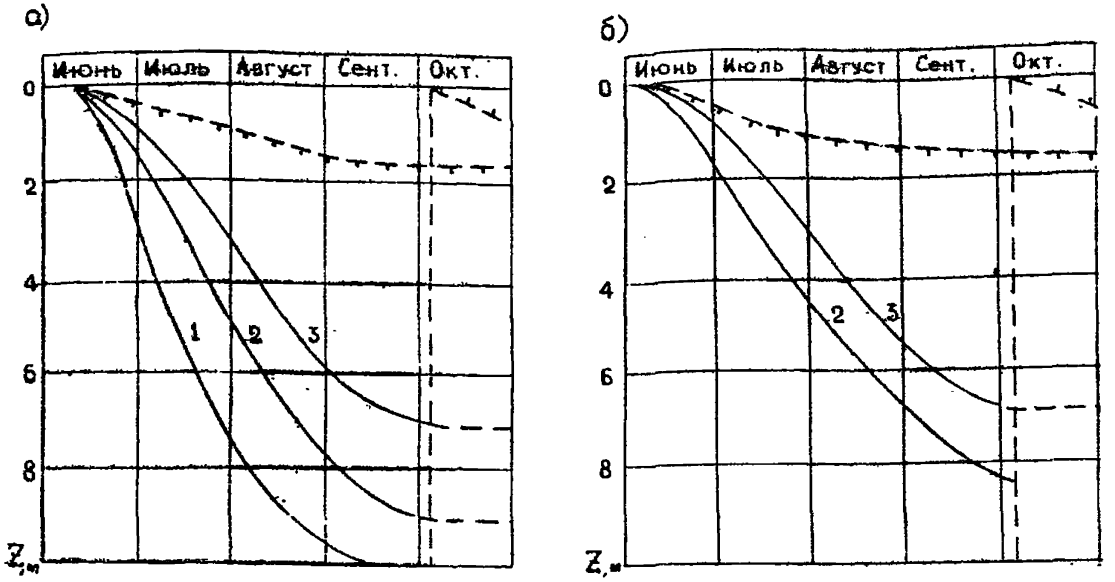


Рис. 2. Графики протаивания грунта при радиационно-послойной разработке в районе Ямбурга:

а,б – песчаный грунт с суммарной влажностью соответственно 15 и 20%;

1,2,3 – графики протаивания при толщине срезаемых слоев талого грунта соответственно 0,1; 0,3; 0,5 м

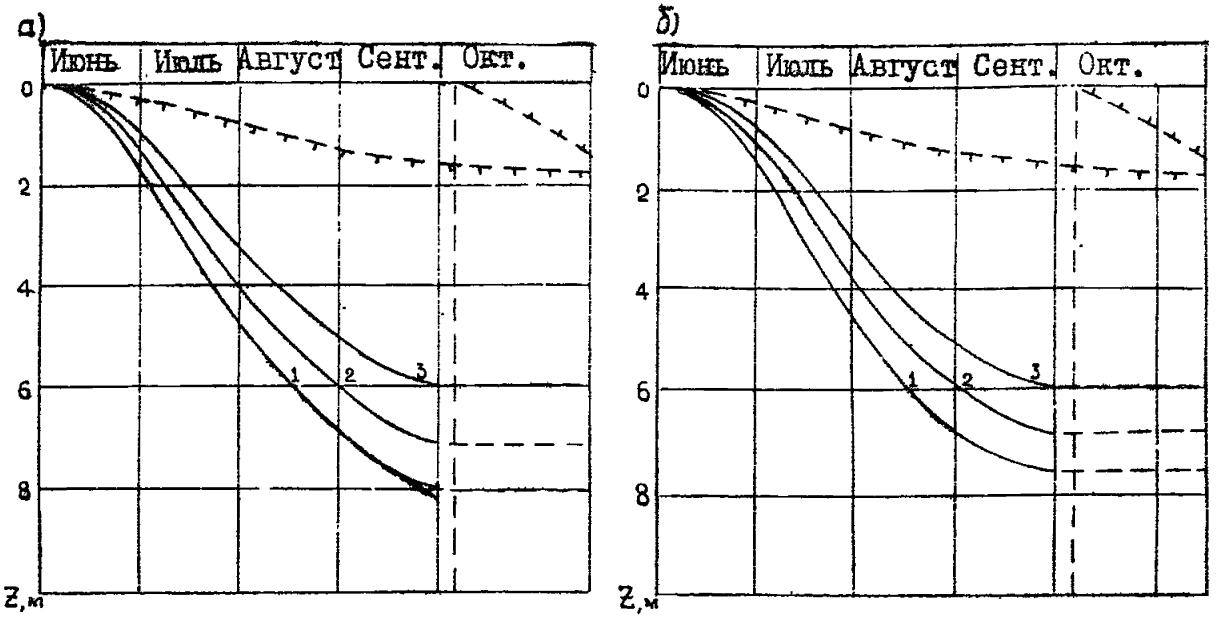


Рис. 3. Графики протаивания песчаного твердомерзлого грунта при радиационно-послойной разработке в районе Ямбурга:
а,б - мерзлый песчаный грунт с суммарной влажностью соответственно 25 и 30%; 1,2,3 - см. на рис. 2

Приложение 3
Обязательное

РАСЧЕТНАЯ ГЛУБИНА СЕЗОННОГО ПРОТАИВАНИЯ-ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТОВ ДЛЯ РАЙОНА СТ. ЯМБУРГ

Таблица 1

Элемент поверхности насыпи	Расчетная глубина сезонного протаивания грунтов при влажности W, %					
	7	11	15	20	25	35
Основная площадка	2,25	2,03	1,89	1,69	1,59	1,47
Берма высотой 1,5 м	1,76	1,78	1,80	1,72	1,65	1,53
Подошва откоса	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,66

Таблица 2

Элемент поверхности насыпи	Расчетная глубина сезонного промерзания грунтов при влажности W, %		
	5	7	15
Под основной площадкой	4,09	3,64	2,54
Под откосом	4,26	4,15	3,5

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$\sum_{1}^{n} S_i$ – суммарная величина внешнего энергетического обмена с атмосферой;

$(Q_0 + q_0)(1 - A)$ – суммарная солнечная радиация;

$J_{эф}$ – эффективное излучение поверхности;

LE – теплообмен испарением;

P – конвективный теплообмен поверхности грунтового массива с атмосферой;

B – энергетическая составляющая теплооборотов в грунтовом массиве;

q – тепловые потоки через поверхность F в области Ω грунтового массива, определяемые теплопроводностью λ и емкостным C, энтальпийным βW и конвективным CV сопротивлением;

$\sum_{1}^{m} \theta_i$ – суммарный поток эксергии* (работы) от внешних источников (управляющих воздействий), затрачиваемых на диссипативные процессы (уплотнение, перестройка структуры);

G – масса грунтового массива, изменяющаяся в годовых и в многолетних циклах;

i, S, T – соответственно энтальпия, энтропия и абсолютная температура системы (грунтового массива);

$\Delta E_к, \Delta E_п$ изменение кинетической и потенциальной энергий грунтового массива в результате управляющих воздействий;

R – термическое сопротивление;

δ – толщина слоя теплоизоляции;

λ – коэффициент теплопроводности;

C – теплоемкость;

---

* Под "эксергией" понимают максимальную работу, которую может совершить материальная система в обратимом процессе, с окружающей средой в качестве источника даровых тепла и веществ, если в конце этого процесса все участвующие в нем виды материи приходят в состояние термодинамического равновесия со всеми компонентами окружающей среды.

β – скрытая теплота фазовых превращений;

ρ – плотность;

W – влажность;

ξ_i – коэффициент полноты использования термодинамического потенциала;

$\sum_1^n S_i + B + \sum_1^m \theta_j = 0$ – уравнение материально-энергетического баланса грунтового массива земляного полотна как термодинамической системы;

∇ – оператор Гаммильтона;

A – альбедо поверхности;

Q_0 – прямая солнечная радиация;

q_c – рассеянная солнечная радиация;

L – теплота испарения;

E – дефицит влажности.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ГРУНТОВЫХ МАССИВОВ

$$\sum_1^n S_i + B + \sum_1^m e_j = 0$$

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ВНЕШНЕГО ТЕПЛООБМЕНА

$$\sum_1^n S_i = (Q_o + q)(1 - A) - J_{эф} - LE + P$$

ТИП I

Регулирование интенсивности поглощения поверхностью земли коротковолновой солнечной радиации $[(Q_o + q)(1 - A)]$ путем изменения альбедо.
Одно- или многослойные белые и зеркальные экраны, пленки, окраска поверхности, снег

$A \rightarrow max$

ТИП II

Регулирование интенсивности длинноволнового эффективного излучения $J_{эф}$ путем изменения излучательной и поглощательной способности поверхности δ.
Селективные экраны с паровой, водяной, газовой прослойками или с линзами; изолирующие покрытия

$J \rightarrow min$

ТЕПЛООБОРОТЫ В ГРУНТОВОМ МАССИВЕ

$$B = \int_\Omega C\rho \frac{\partial T}{\partial \tau} d\Omega + \frac{d}{d\tau} \int_\Omega \beta\rho W d\Omega$$

ТИП III

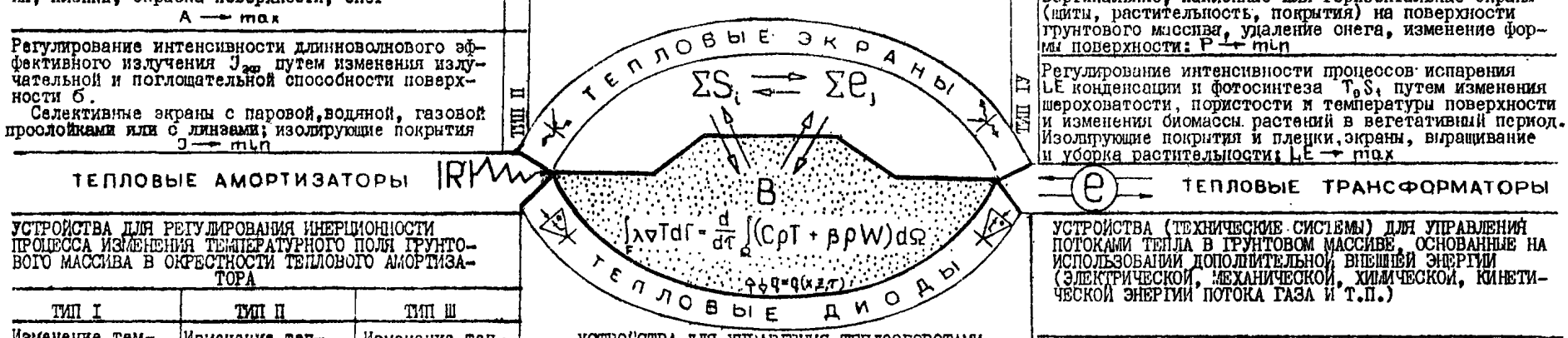
Регулирование интенсивности конвективного теплообмена P путем изменения шероховатости поверхности и изменения эффективного коэффициента теплопередачи.
Вертикальные, наклонные или горизонтальные экраны (щиты, растительность, покрытия) на поверхности грунтового массива, удаление снега, изменение формы поверхности: $P \rightarrow min$

ТИП IV

Регулирование интенсивности процессов испарения LE конденсации и фотосинтеза $T_o S_i$ путем изменения шероховатости, пористости и температуры поверхности и изменения биомассы растений в вегетативный период. Изолирующие покрытия и пленки, экраны, выращивание и уборка растительности; $LE \rightarrow max$

ЭКСЕРГИЯ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

$$\sum_1^m e = \int G\left[i_1 - i_o - T_o(S_1 - S_o) + \Delta E_к + \Delta E_и\right] d\tau$$



УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА ГРУНТОВОГО МАССИВА ЧЕРЕЗ ЕГО ПОВЕРХНОСТЬ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ГРАДИЕНТОВ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕНОСА

УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ИНЕРЦИОННОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ГРУНТОВОГО МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ ТЕПЛОВОГО АМОРТИЗАТОРА

ТИП I

Изменение температурного сопротивления путем размещения в грунтовом массиве, включая поверхность, элементов (покрытий, прослоек) с малым коэффициентом теплопроводности. Теплоизоляционные, например, пенопластовые, покрытия и прослойки; замкнутые воздушные поры и полости; замещение поровой жидкости углеводородами и т.п.

$$R_\lambda = \frac{\delta}{\lambda} \rightarrow var$$

ТИП II

Изменение теплоемкости грунтового массива (емкостного сопротивления) путем размещения в грунтовом массиве покрытий, прослоек из материалов, обладающих более высокой, чем грунт, теплоемкостью. Емкости с аммиаком, уплотнение грунта; увеличение влажности

$R_C = C\rho C \rightarrow var$

ТИП III

Изменение теплоты фазовых превращений в грунтовом массиве (энтальпийного сопротивлений емкостного типа) за счет размещения элементов (покрытий, полостей), заполненных жидкостью с большой теплотой фазовых превращений или замещения поровой влаги на другую жидкость. Водно-органические смеси (с диоксаном, н-пропиловым спиртом, этилен-гликолем и т.п.). Искусственные наледи

$R_\beta = \beta\rho W \rightarrow var$

УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛООБОРОТАМИ В ГРУНТОВОМ МАССИВЕ, ОСНОВАННЫЕ НА СОЗДАНИИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СДВИЖКИ ЗА СЧЕТ ЦИКЛИЧЕСКИХ (СЕЗОННЫХ) ИЗМЕНЕНИЙ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА

ТИП I

Регулирование фазовой асимметрии коэффициентов конвективной теплопроводности грунта в слое сезонного протаивания – промерзания. Размещение в грунтовом массиве элементов (покрытий, прослоек) из влагоемких грунтов и материалов (торфа, суглинков, торфогрунтовых смесей)

$\Phi_\lambda = \frac{\lambda_т}{\lambda_т} \rightarrow var$

ТИП II

Регулирование межсезонной асимметрии коэффициентов конвективной теплопроводности в слое сезонных колебаний температуры путем изменения конвективной составляющей теплопереноса вследствие обратной плотностной стратификации незамерзающих теплоносителей. Скальные насыпи; полости, заполненные керосином

$\Phi_\lambda = \frac{\lambda_{конв(-)}}{\lambda_{конв(+)}} \rightarrow var$

ТИП III

Регулирование межсезонной асимметрии коэффициентов эффективной теплопроводности при фазовых превращениях теплоносителя в замкнутых порах или каналах теплового диода. Размещение в грунте замкнутых полостей, труб, заполненных фреоном, аммиаком в том числе с газлифтным эффектом

$\Phi_\lambda = \frac{\lambda_{эф(-)}}{\lambda_{эф}} \rightarrow var$

УСТРОЙСТВА (ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ) ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ ТЕПЛА В ГРУНТОВОМ МАССИВЕ, ОСНОВАННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВНЕШНЕЙ ЭНЕРГИИ (ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ, МЕХАНИЧЕСКОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ, КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПОТОКА ГАЗА И Т.П.)

ТИП I

Регулирование интенсивности переноса тепла жидкими или газообразными теплоносителями путем их циклического перекачивания через полости или поры грунтового массива без фазовых превращений. Поры трубы или полости в грунтовом массиве, выполняющие роль теплообменников с помощью насосов, вентиляторов, вакуумных насосов, конвекторов. Системы с аккумуляцией и регенерацией естественных возобновляемых источников тепла

$\frac{q_-}{q_+} \rightarrow var$

ТИП II

Регулирование направления и величины тепловых потоков за счет перекачивания и дросселирования рабочих тел с фазовыми переходами без обмена массой с системой (холодильные агрегаты, рефрижераторы, тепловые насосы)

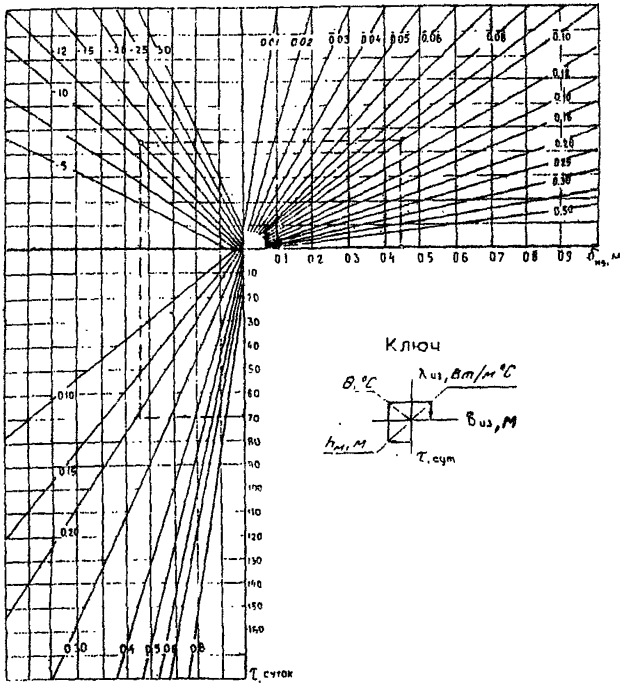
$\frac{q_-}{q_+} \rightarrow var$

ТИП III

Регулирование направления и величины тепловых потоков за счет массообменных процессов и фазовых превращений внутри системы при подводе к ней насыщенного пара (конденсация), сжиженного или твердого газа (испарение, сублимация). Системы с аккумуляцией и расходованием тепловой и химической энергией

$\xi = \frac{1}{T_2/T_1} - 1 \rightarrow var$

НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ПОВЕРХНОСТИ ГРУНТА



$\lambda_з$ – коэффициент теплопроводности теплоизоляции; δ – толщина слоя теплоизоляции на поверхности грунта; $h_м$ – допустимая глубина промерзания грунта под теплоизоляцией; θ – средняя за период с начала промерзания грунта до начала разработки грунта температуры воздуха; τ – время от начала промерзания до начала разработки грунта

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 4
2. ТРЕБОВАНИЯ К ГРУНТАМ 5
3. КОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА . . . 7
   Основные требования 7
   Конструктивные параметры 8
   Насыпи с устройствами для регулирования верхней границы мерзлоты 17
   Насыпи с прослойками геотекстилей 17
   Подтопляемые насыпи 19
   Водоотводы и укрепление откосов 20

4. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ 22
   Технологические схемы 22
   Разработка грунтов 22
   Применение гидромеханизации 27
   Сооружение насыпей 29
   Применение искусственных материалов 37

5. ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ 40

6. КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ . . 43

7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ 46

ПРИЛОЖЕНИЯ:
   1. Классификация мерзлых песчаных грунтов по их технологической пригодности для сооружения земляного полотна 48
   2. Расчеты параметров послойной радиационной разработки мерзлых грунтов 54
   3. Расчетная глубина сезонного протаивания – промерзания грунтов для района ст.Ямбург 58

4. Классификация методов управления тепловым режимом грунтовых массивов . . . . . вклейка

5. Номограмма для определения требуемой толщины теплоизоляции на поверхности грунта 61

Редактор Н.И.Шкуренко
Корректор О.Д.Сухова
Технический редактор Е.В.Карелина
Подп. к печ. 26.04.85 г.
Объем 4 п.л. Тираж 400 экз. Заказ 25
Ротапринт ЦНИИСа

gost.e-ecolog.ru