МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РАЙОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

ВСН 33—82

Миннефтепром

Утверждены Миннефтепромом протоколом от 17.06.82 г.

Согласовано Госстроем СССР письмо Госстроя СССР от 27.07.82 г. № 1-1665

Тюмень 1982

gost.e-ecolog.ru

Инструкция ВСН 33-82, содержит требования к проектированию инженерной подготовки территории для нефтепромыслового строительства в районах распространения вечномерзлых грунтов. В нее включены методы приведения застраиваемых территорий к однородному мерзлотному состоянию; мероприятия по вертикальной планировке территории и организации поверхностного стока, борьбе с наледеобразованием и пучением, противотермокарстовой защите территории; требования к конструированию и теплотехническому расчету теплоизолирующих насыпей, а также требования к организации и технологии производства работ.

В разработке Инструкции принимали участие:

от Гипротюменнефтегаза: к.т.н. С.Н.Вассерман, инженеры С.А.Шемякин, А.П.Юровская, А.В.Симонов, А.Л.Чирятьева, И.И.Кузнецова;

от Печорнининефти: инженеры А.С.Умняхин, Е.А.Шапошникова; А.С.Т

от Омского филиала Союздорнии: к.т.н. Н.Ф.Савко, инженеры Н.К.Ланецкий, Ю.Б.Анисимов, Т.А.Мельникова;

от Главзарубежпромстроя: инженер Т.М.Анцыферова;

от Сибпниса: инженер В.Ф.Безруков;

от Северного отделения НИИ оснований и подземных сооружений: д.т.н. Л.Н.Хрусталев, инженеры И.А.Казначеева, В.С.Десяк.

Инструкция разработана под общей редакцией к.т.н. С.Н.Вассермана, инженеров С.А.Шемякина, А.П.Юровской. Общее руководство работой осуществлялось к.т.н. С.Н.Вассерманом.

© Государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной и газовой промышленности имени В.И.Муравленко (Гипротюменнефтегаз), 1982 г.

Министерство нефтяной промышленности (Миннефтепром)	Ведомственные строительные нормы	ВСН 33-82 Миннефтепром
	Инструкция по проектированию инженерной подготовки территорий для нефтепромыслового строительства в районах распространения вечномерзлых грунтов	Вводится впервые

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Инструкция составлена в развитие раздела СНиП II-I8-76 по проектированию оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах "Требования к инженерной подготовке территорий и охране окружающей среды" с учетом особенностей проектирования и строительства нефтепромысловых сооружений в районах распространения вечномерзлых грунтов.

I.2. Инструкция содержит требования к тем мероприятиям, в проектировании которых есть специфика, обусловленная наличием вечномерзлого грунта:

- вертикальной планировке местности и организации поверхностного стока;
- приведению застраиваемых площадок к однородному мерзлотному состоянию;
- борьбе с наледеобразованием, снегозаносимостью и пучением;
- противотермокарстовой защите территории;
- устройству теплоизолирующих насыпей и подсыпок;
- организации и технологии производства работ по устройству насыпей.

Внесены Государственным научно-исследовательским и проектным институтом нефтяной и газовой промышленности имени В.И.Муравленко (Гипротюменнефтегазом) и Печорским государственным научно-исследовательским и проектным институтом (Печорнипинефть)

Утверждены протоколом Миннефтепрома от I7 июня 1982 г.

Срок введения в действие с I января 1983 г.

I.3. Инженерную подготовку территории следует проектировать исходя из особенностей природно-климатических и мерзлотно-грунтовых условий осваиваемых районов.

I.4. Инженерная подготовка застраиваемых территорий должна включать мероприятия, направленные на соблюдение следующих основных требований:

- сохранение естественного либо расчетного термовлажностного режима мерзлых грунтов оснований в процессе строительства и длительной эксплуатации сооружений;

- минимальное воздействие на мерзлые грунты механических средств и приемов строительства;

- охрану окружающей среды на застраиваемой территории и вне ее.

I.5. Для соблюдения указанных требований необходимо:

- вертикальную планировку территории выполнять с максимальным использованием рельефа местности и, как правило, в насыпях;

- поверхностный сток с застраиваемой территории выполнять водоотводными лотками и канавами с тепловой изоляцией и укреплением стенок и днища;

- очищать территорию от кустарника и мелкого леса без нарушения мохорастительного слоя в пределах застройки и вне ее;

- водозаборы, отвалы грунта, площадки под складирование строительных материалов и т.п. располагать с учетом сохранения естественного термовлажностного режима грунтов;

- движение механических средств допускать только по дорогам и временным подъездам, для чего перед началом работ по строительству объектов предусматривать отсыпку временных дорог, подъездных путей к песчаную подсыпку высотой не менее 0,6 м для защиты мохорастительного покрова;

– сохранять температурный режим грунтов вечномерзлых оснований или понижать их температуру сочетанием теплоизолирующих насыпей, подсыпок и термосвай.

2. МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ТЕРРИТОРИИ, ИХ ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР

2.1. Методы инженерной подготовки территории назначаются в зависимости от принятого принципа строительства в соответствии со СНиП П-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах" с учетом конкретных природно-климатических и мерзлотно-грунтовых условий застраиваемой площадки, а также требований настоящей Инструкции.

2.2. При строительстве и эксплуатации зданий и сооружений по I принципу необходимо предусматривать мероприятия по стабилизации или понижению температуры вечномерзлых грунтов оснований (пп. 3.8-3.11). Вертикальная планировка территорий осуществляется в насыпях из непучинистых грунтов с устройствами для отвода тепла (здания и сооружения с тепловыделением) или без них (закрытые неотапливаемые склады, открытые стоянки машин, склады горючесмазочных материалов, труб и строительных конструкций и т.п.), с сохранением мохорастительного покрова в основании подсыпки и на близлежащей территории (раздел 4).

2.3. При II принципе строительства инженерная подготовка территорий осуществляется традиционными методами. В случае необходимости (определяемой в соответствии с результатами расчета основания по деформациям) должны предусматриваться мероприятия по уменьшению величин деформаций основания (пп. 3.12-3.15).

2.4. На территориях с неоднородными мерзлотными условиями в зоне островной мерзлоты при наличии пластичномерзлых грунтов следует предусматривать предпостроечное промораживание (I принцип) или

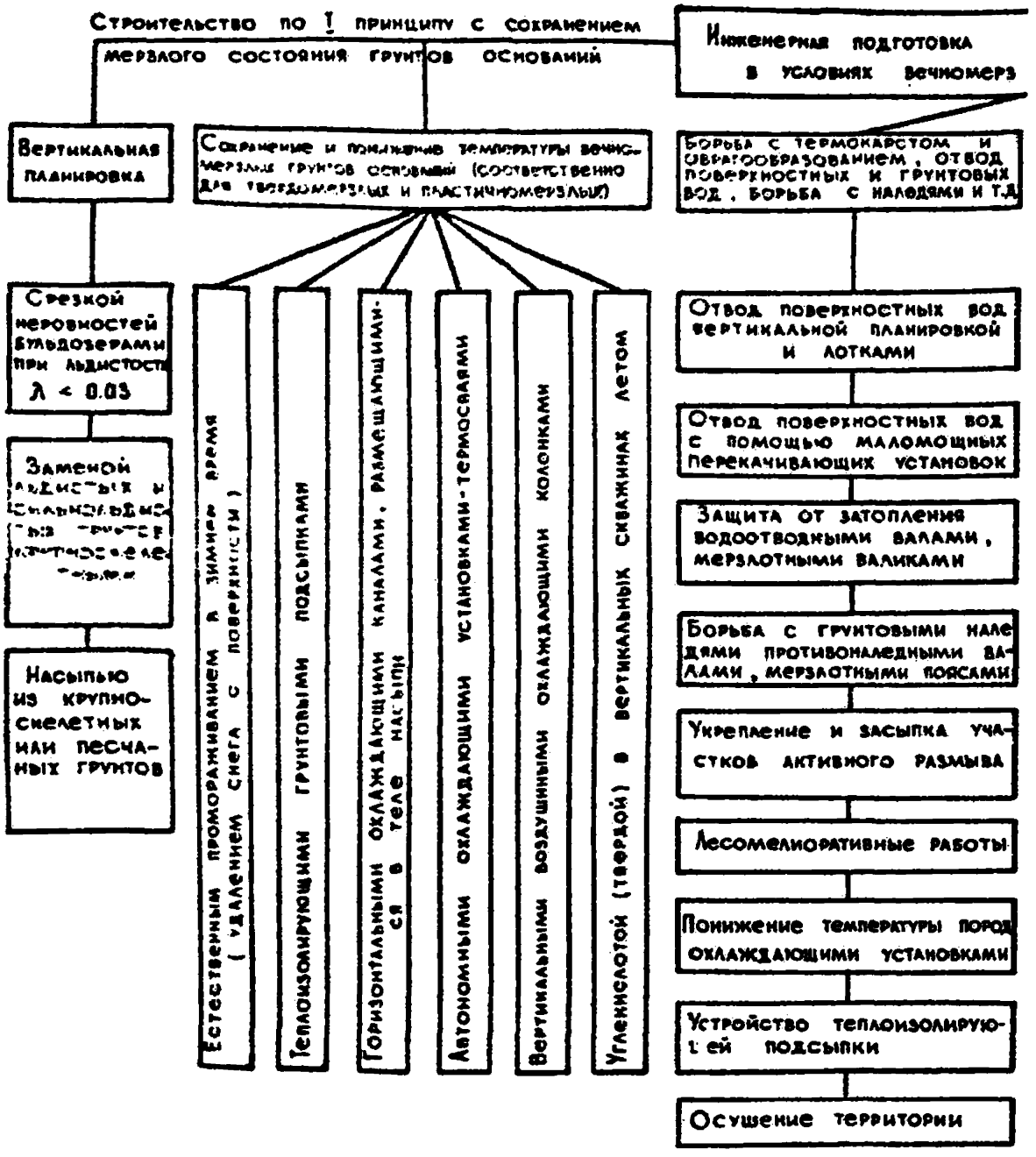
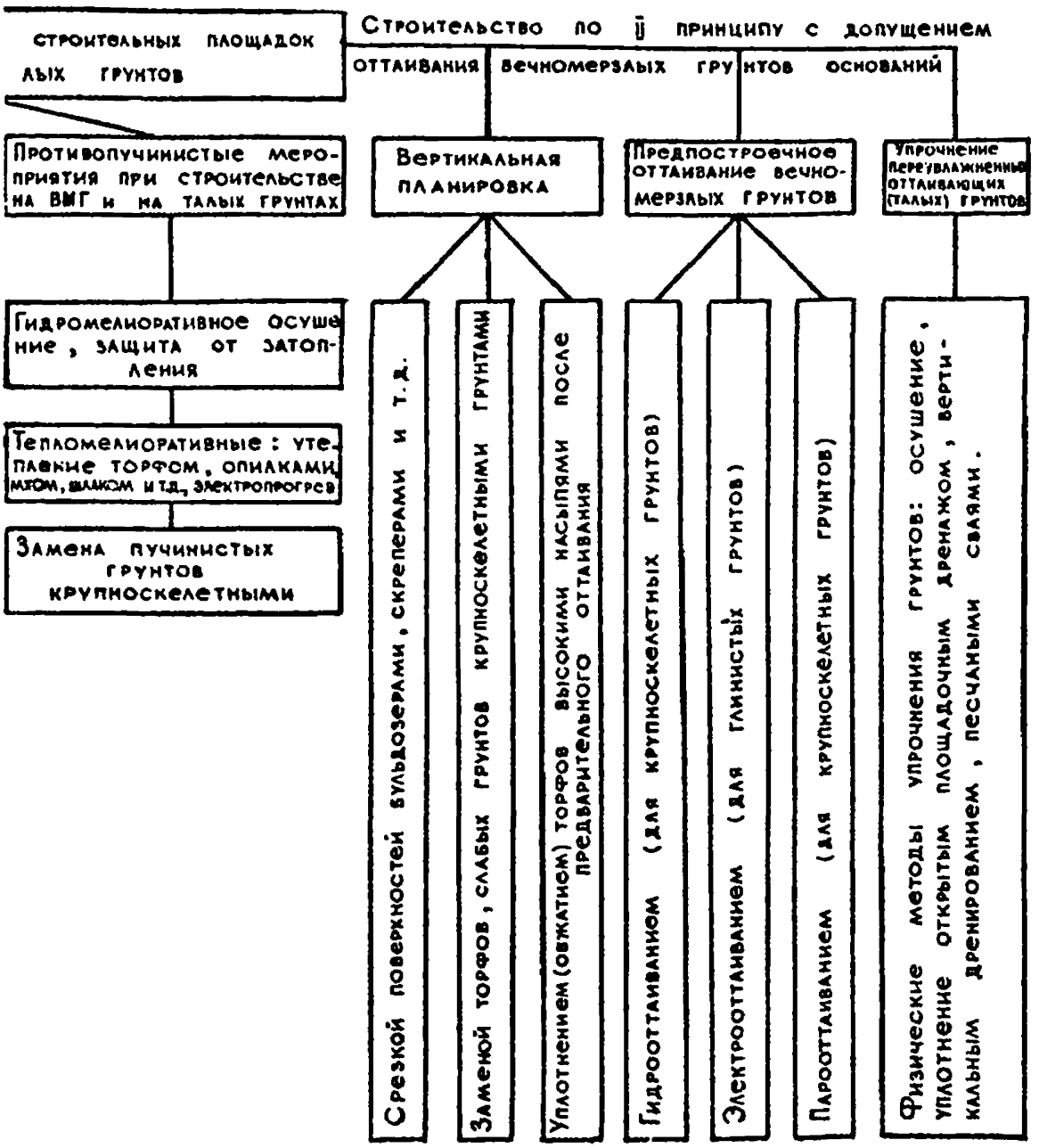


Рис. I. Мероприятия по инженерной подготовке



территорий в зависимости от принципа строительства

предпостроечное оттаивание (П принцип), выбор которых зависит от технико-экономического сравнения вариантов, обеспечения надежности работы оснований с учетом инженерно-геокриологических условий строительной площадки, технологического назначения сооружения, его теплового режима, трудоемкости и продолжительности строительства.

2.5. Промораживание грунтов является наиболее эффективным: в зоне островного распространения вечномерзлых грунтов при среднегодовой температуре воздуха ниже минус $3^{\circ}C$, при наличии в основании сильнольдистых, заторфованных грунтов ($Л_{в} > 40\%$); при наличии подземных льдов, а также на площадках, сложенных мерзлыми грунтами, осадки которых при оттаивании могут достичь значений, превышающих предельно допускаемые.

2.6. Когда применение I принципа окажется нецелесообразным (при строительстве нефтепромысловых сооружений, технологический цикл которых со значительными тепловыделениями более $40^{\circ}C$, мокрыми технологическими процессами) на территориях, сложенных сильносжимаемыми грунтами, следует предусматривать предпостроечное оттаивание и осушение до начала возведения сооружения.

Предпостроечное оттаивание грунтов (при строительстве со стабилизацией положения верхней границы вечномерзлых грунтов на первоначальном уровне) рекомендуется также в случаях, когда толщина талого слоя под сооружением $H_{т}$ меньше величины, определяемой из условия

$$H_{т} > H_{ф} + Z \quad ;$$
$$H_{т} \geq 2\xi^{м} \quad ,$$

где $H_{ф}$ – глубина заложения фундаментов, м;

Z – толщина талого слоя от подошвы фундамента до верхней границы вечномерзлых грунтов, принимаемая равной 2 м;

$\xi^{м}$ – среднемноголетняя глубина промерзания грунта, м.

2.7. Основные виды мероприятий по инженерной подготовке территорий в зависимости от принципа строительства приведены на схеме (рис.I).

3. МЕТОДЫ ПРИВЕДЕНИЯ ЗАСТРАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ К ОДНОРОДНОМУ МЕРЗЛОТНОМУ СОСТОЯНИЮ

3.I. Методы приведения территории к однородному мерзлотному состоянию следует обосновывать технико-экономическим расчетом с учетом мероприятий по дальнейшему сохранению расчетного температурного режима грунтов.

3.2. При I принципе строительства промораживание талых грунтов основания или понижение температуры пластичномерзлых грунтов до их твердомерзлого состояния следует осуществлять:

- естественным холодом (изменяя условия внешнего теплообмена);
- искусственным промораживанием (применением различных охлаждающих систем и приспособлений).

3.3. При инженерной подготовке территории необходимо использовать как в отдельности, так и в сочетании следующие способы охлаждения и промораживания грунтов:

- теплоизолирующих насыпей;
- вентилируемых каналов и пористых вентилируемых подсыпок;
- охлаждающих установок различных конструкций (термосваи, воздушные охлаждающие колонки и т.п.);
- периодической очистки территории застройки от снега в холодный период года.

3.4. Наиболее простой способ предпостроечного охлаждения и промораживания грунта - способ периодического удаления снега в зимнее время.

Промораживание грунтов оснований этим способом (расчистка площадки от снега в зимний период и теплоизоляция поверхности грунтов в летнее время) следует применять при застройке больших территорий, когда ее подготовку можно вести по отдельным участкам с опережением на I-2 года.

3.5. Промораживать талые грунты или охлаждать пластичномерзлые следует до температуры не ниже минус 1,5 – минус 2,0°С. Глубина промораживания должна превышать глубину заложения фундаментов на 1–2 м.

3.6. Максимальная глубина промерзания $H_м$ за первую зиму определяется по формуле

$$H_{м_1} = \sqrt{\frac{2\lambda_м (t_2 \cdot 2) T_2}{q_2}}, \qquad (I)$$

где $\lambda_м$ – коэффициент теплопроводности мерзлого грунта, ккал/м·ч·град. Определяется по таблице прил. I СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах";

t_2 – среднезимняя температура воздуха, °С, принимаемая со знаком плюс. Определяется по табл. I.9 (прил. I настоящей Инструкции);

T_2 – продолжительность периода года с отрицательными температурами воздуха, ч. Определяется по табл. I.9 (прил. I настоящей Инструкции);

$$q_2 = 8 \cdot 10^4 (W - W_н) \gamma_м + 0{,}5\, C_м [t_0 + (t_2 + 2)], \qquad (2)$$

где $(8 \cdot 10^4)$ – теплота плавления льда, ккал/т;

W – влажность промораживаемого грунта, дол.ед.;

$W_н$ – количество незамерзшей воды в мерзлом грунте. Определяется опытным путем по формуле 7 СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах" или по табл. I настоящей Инструкции;

$\gamma_м$ – объемная масса скелета мерзлого грунта, т/м³;

$C_м$ – объемная теплоемкость мерзлого грунта, ккал/м³·град. Определяется по прил. I СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах";

t_0 – температура грунта на глубине 10 м, °С.

Если $H_{м_1}$ меньше требуемой глубины промораживания, то расчет глубины промерзания продолжается для следующих зим по формуле

$$H_{м_t} = \sqrt{H^2_{м_{t-1}} + \frac{2\lambda_м (2 + t_2)(\tau_2 - \tau_д)}{q_2}}\ , \qquad (3)$$

где $H_{м_{t-1}}$ – глубина промерзания за предыдущую зиму, м;

$\tau_д$ – время промерзания сезонноотаивающего слоя, м,

$$\tau_д = \frac{q_з H_л^2}{2\lambda_м (2 + t_2)}\ ,$$

где $H_л$ – глубина летнего оттаивания грунта под слоем теплоизоляции,

$$H_л = H_т - \frac{\lambda_т \delta}{\lambda}\ ,$$

где $H_т$ – глубина сезонного оттаивания грунта, определяемая по данным изысканий, при их отсутствии – согласно прил. 4 СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах";

$\lambda_т$ – коэффициент теплопроводности талого грунта слоя сезонного оттаивания, ккал/м·ч·град. Определяется по таблице прил. I СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах";

δ – толщина теплоизоляции, которой покрыт промораживаемый участок, м;

λ – коэффициент теплопроводности теплоизоляции, ккал/м·ч·град.

Величина $q_з$ рассчитывается аналогично q_2 по формуле

$$q_з = 8 \cdot 10^{4(W - W_н)\gamma_м} + 0{,}5\ C_т (t_в + 2), \qquad (4)$$

где W – влажность грунта сезонноотаивающего слоя, дол. ед.;

$W_н$ – количество незамерзшей воды в слое сезонного оттаивания при температуре грунта $0{,}5\ t_2$, дол. ед.

Определяется опытным путем или по формуле 7 СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах", или по табл. I настоящей Инструкции;

$C_т$ – объемная теплоемкость талого грунта сезонноотаивающего слоя, ккал/м^3·град. Определяется по прил. I СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах";

$t_в$ – средняя температура воздуха за период положительных температур, °С. Определяется по табл. I.9 (прил. I настоящей Инструкции).

Таблица I

Температура грунта, °С	Количество незамерзшей воды $W_н$ в грунте в долях единицы			
	Песок	Супеси	Суглинки	Глины
-0,3	0,002	0,060	0,120	0,170
-0,6	0,002	0,050	0,100	0,150
-I	0,0	0,045	0,095	0,140
-2	0,0	0,040	0,085	0,125
-3	0,0	0,037	0,078	0,118
-4	0,0	0,036	0,073	0,113
-6	0,0	0,035	0,068	0,108
-8	0,0	0,035	0,065	0,100
-I0	0,0	0,035	0,065	0,093

3.7. Для сокращения сроков строительства и увеличения глубины промерзания грунты следует охлаждать через скважины. Глубинное промораживание следует осуществлять сезоннодействующими воздушными, жидкостными или парожидкостными охлаждающими установками (термосифонами).

3.8. Применение парожидкостных охлаждающих устройств для понижения температуры высокотемпературных грунтов (от минус 0,I до

минус I°С) допускается в районах со среднезимней температурой атмосферного воздуха не выше минус I0°С и продолжительностью безморозного периода не более I50 дней.

3.9. Установки с естественной вентиляцией следует использовать при малой глубине охлаждения (4–6 м) и среднезимней температуре наружного воздуха не выше минус I2°С.

Для замораживания значительных объемов грунта с глубиной промораживания до I5 м и более следует применять воздушные колонки с принудительной вентиляцией.

3.I0. На участках с различной глубиной залегания вечномерзлых грунтов и при строительстве на слабых грунтах промораживание следует осуществлять до образования сплошного массива мерзлоты.

Глубина предпостроечного промораживания принимается на 0,5 м больше глубины залегания вечномерзлых грунтов или мощности мерзлого массива.

3.II. Расчет промораживания охлаждающими установками сводится к определению времени, за которое образуется общий мерзлый массив грунта вокруг охлаждающих колонок, и радиуса массива замороженного грунта. Для выбора конструкции охлаждающих устройств, характеристик теплоносителей и выполнения технических расчетов следует пользоваться "Справочником по строительству на вечномерзлых грунтах". Л.: Стройиздат, I977.

3.I2. При строительстве по II принципу способ оттаивания вечномерзлых грунтов следует выбирать на основе результатов инженерно-геокриологических (инженерно-геологических, мерзлотных и гидрогеологических) изысканий и исследований, характеризующих залегание и свойства грунтов на строительной площадке, а также с учетом технической оснащенности строительных организаций. При этом необходимо учитывать:

- содержание льда в мерзлом грунте, изменение содержания льда в слоях грунта по глубине и в горизонтальном направлении;
- данные о расчетной величине осадки грунтов при оттаивании;
- температуру мерзлых грунтов;
- водопроницаемость грунтов в оттаявшем состоянии;
- наличие электроэнергии, механизмов и оборудования.

3.13. Определение необходимой глубины предпостроечного оттаивания грунтов следует выполнять в соответствии со СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах" (п. 3.23) и Рекомендациями по проектированию и устройству оснований и фундаментов с предпостроечным оттаиванием вечномерзлых грунтов. М.: НИИОСП Госстроя СССР, 1974, а также исходя из предельных величин осадок нефтепромысловых сооружений.

Предельные величины осадок и крены нефтепромысловых сооружений принимаются по табл.2 Инструкции.

Таблица 2

Тип сооружения	Предельные величины средних осадок, см	Крен, см
Стальные цилиндрические вертикальные резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов емкостью 5[illegible] тыс.м³	25	0,008
Аварийные стальные цилиндрические вертикальные резервуары для нефти емкостью до 10 тыс.м³	30	0,008
Дюферные горизонтальные стальные резервуары по [illegible] м³ на площадке 24 х 32 м	25	0,008
Буровая установка (БУ-80 или БУ-75) на участке 10 х 10 м на песчаной подушке, а также буровая установка, совмещенная с насосным агрегатом	30	0,010

Окончание табл. 2

Тип сооружения	Предельные величины средних осадок, см	Крен, см
Насосный агрегат к буровой установке БУ-80 или БУ-75 (вес агрегата 100 т) на участке 14х10 м	25	0,010
Склад труб на участке 20х10 м (вес 80 т)	30	-
Блоки насосов ЦН-150, распределительных гребенок, сепараторов-возбудителей распределительных устройств	10	0,008
Блоки трансформаторной подстанции	8	0,008
Здание дожимной насосной станции - ДНС	12	0,008
Здание кустовой насосной станции - КНС	5	-
Опора ЛЭП на 6,35 и 110 кВ	35	0,010
Опора ЛЭП на 220 кВ	25	0,005

3.14. Предварительную оценку величины осадки S, мм, основания при оттаивании следует определять по упрощенной формуле

$$S = \sum_{i=1}^{n} K_{Bi} \, Л_{Bi} \, h_i ,$$

где $Л_{Bi}$ – льдистость за счет ледяных включений i-го слоя грунта, дол. ед.;

K_{Bi} – коэффициент, учитывающий неполное смыкание макропор при оттаивании мерзлого грунта, принимаемый в зависимости от средней толщины ледяных включений, $\Delta_л$: при $\Delta_л \leq 0{,}01$ м $K_л = 0{,}7$; при $\Delta_л \geq 0{,}03$ м $K_л = 0{,}9$; при промежуточных значениях $\Delta_л$ коэффициент $K_л$ определяется интерполяцией;

n – число слоев с различными значениями $Л_В$ и $K_В$;

h_i – толщина i -го слоя, м (основание разбивается по слоям в зависимости от напластований грунтов и их характеристик, особенно льдистости).

3.15. После первоначального расчета следует производить контрольный расчет осадки оснований.

Осадка оттаивающего в процессе эксплуатации основания рассчитывается в соответствии с п.4.25 СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах", а осадка основания в пределах предварительно оттаявшего слоя – в соответствии с п.4.26. По результатам контрольного расчета суммарной осадки окончательно принимается расчетная глубина предпостроечного оттаивания грунтов.

4. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ТЕРРИТОРИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

4.1. Вертикальную планировку территории в условиях вечномерзлых грунтов следует выполнять с соблюдением принципа сохранения сложившегося либо расчетного термовлажностного режима грунтов в основании возводимых сооружений.

4.2. Способы вертикальной планировки территории (срезка поверхности, замена грунта, подсыпка) следует назначать согласно п. 3.30 СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах", увязывая с конкретными грунтовыми условиями площадки с учетом просадочности грунтов.

4.3. Просадочность грунтов следует определять по их относительному сжатию:

– грунты непросадочные (сжатие грунта при оттаивании под нагрузкой не проявляется);

– грунты малопросадочные (относительное сжатие грунта под нагрузкой не превышает 10% мощности оттаявшего слоя);

- грунты просадочные (относительное сжатие грунта при оттаивании под нагрузкой от 10 до 40%);

- грунты сильнопросадочные (а - относительное сжатие при оттаивании под нагрузкой более 40%; б - грунты, содержащие в верхних горизонтах крупные, толщиной $h>0,1$ м, включения подземного льда).

Просадочность грунтов может быть определена и по влажности в соответствии с табл. 3.

4.4. Вертикальную планировку территорий, сложенных вечномерзлыми грунтами, допускается выполнять в сочетании или по отдельности следующими способами: срезкой отдельных бугров, подсыпкой территории из привозного песчаного грунта и заменой сильнольдистых просадочных и пучинистых грунтов крупноскелетными минеральными грунтами. Подсыпка территории допускается при грунтах всех категорий.

4.5. Срезка отдельных бугров допускается на участках с непросадочными и малопросадочными грунтами. Согласно СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах", этот способ применим при льдистости грунта $I_B < 0,03$ (см. рис. 2).

4.6. На участках с просадочными грунтами (при льдистости $I_B > 0,03$) вертикальную планировку территории следует решать за счет подсыпок привозным грунтом и замены грунта отдельных бугров грунтом, используемым в подсыпке (рис. 3).

4.7. При вертикальной планировке отсыпку территории строительства следует производить песчаным непучинистым грунтом с послойным уплотнением. Высота подсыпки 1 м.

Таблица 3

Наименование и состав грунтов	Влажность мерзлого грунта, %			
	непросадочного	малопросадочного	просадочного	сильнопросадочного
Супеси или суглинки до 25%	9-13	13-17	Более 17	-
Супеси или суглинки до 50%	11-16	16-20	Более 20	-
Пески	15-17	17-25	Более 25	-
Супеси: легкие	11-13	13-23	23-53	Более 53
тяжелые	14-16	16-25	25-26	Более 26
Суглинки:				
мягкие и средние	17-20	20-28	28-60	Более 60
тяжелые	21-23	23-35	35-66	Более 66
Глины	Менее 25	25-40	40-75	Более 75

4.8. На сильнопросадочных грунтах вертикальную планировку территории следует решать только за счет подсыпок. Срезка отдельных бугров допустима в исключительных случаях. При этом срезаемый грунт заменять на глубину, равную глубине сезонного оттаивания грунта (рис. 4), т.е. должно соблюдаться условие

$$h_з = H_т , \qquad (6)$$

где $h_з$ - глубина замены грунта;

$H_т$ - глубина сезонного оттаивания грунта.

4.9. Отвод поверхностных вод (ливневых и талых) при освоении небольших площадей может быть решен только за счет вертикальной планировки территории.

При освоении значительных по площади территорий посредством сплошной насыпи отвод ливневых и талых вод следует предусматривать по системе открытых водоотводных лотков мелкого заложения и по лоткам автопроездов. Для сокращения объема земляных работ рекомендуется пилообразный профиль насыпи, рис. 5.

4.10. Минимальный уклон рельефа спланированных участков и насыпей следует принимать не менее 0,004, водоотводных лотков - не менее 0,002. В особых случаях (плоский рельеф, противоуклоны) допускается принимать минимальный уклон лотков, равный 0,001.

4.11. Тепловую изоляцию водоотводных лотков следует выполнять с применением местных естественных (торф, мох) и искусственных

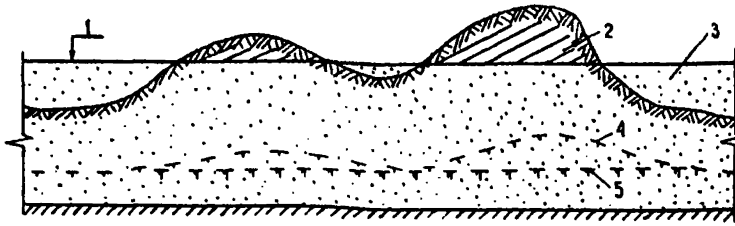


Рис. 2. Планировка территории при непросадочных и малопросадочных грунтах:

I - планировочная отметка; 2 - срезаемый грунт; 3 - подсыпка отрицательных форм рельефа; 4 - естественное положение кровли вечномерзлых грунтов; 5 - положение кровли вечномерзлых грунтов после планировки

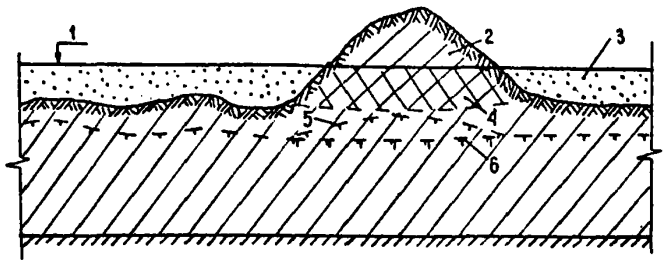


Рис. 3. Планировка территории при просадочных грунтах:

I - планировочная отметка; 2 - срезаемый грунт; 3 - подсыпка; 4 - грунт, подлежащий замене; 5 - естественное положение кровли вечномерзлых грунтов; 6 - положение кровли вечномерзлых грунтов после планировки

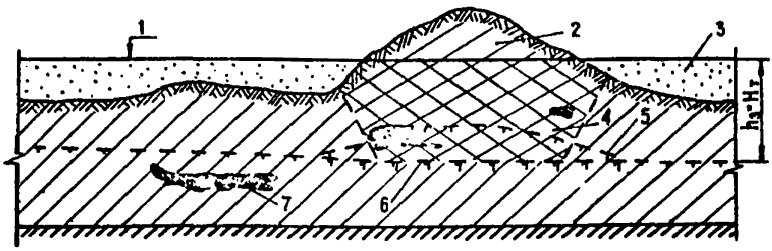


Рис. 4. Планировка территории при сильнопросадочных грунтах:
I – планировочная отметка; 2 – срезаемый грунт; 3 – подсыпка; 4 – грунт, подлежащий выемке и замене; 5 – естественное положение кровли вечномерзлых грунтов; 6 – положение кровли вечномерзлых грунтов после планировки; 7 – линзы подземного льда

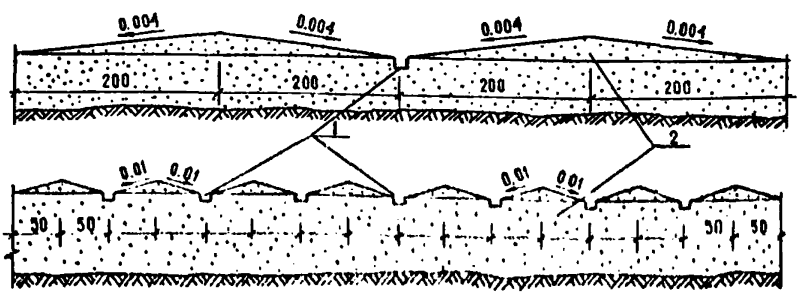


Рис. 5. Организация водоотвода с застраиваемой территории:
I – водоотводные лотки мелкого заложения; 2 – подсыпка из песчаных грунтов

(пенопласты, торфополимеры) теплоизоляционных материалов. Укрепляются водоотводные лотки монолитным бетоном, сборными армоцементными или железобетонными плитками (рис. 6), готовыми железобетонными блоками (рис. 7). Более эффективно устройство телескопических лотков конструкции Ленгипротранса (рис. 8).

4.12. Отвод и перепуск вод за пределами осваиваемой территории при отсутствии подсыпки следует выполнять по поверхности, по ненарушенному мохорастительному покрову вдоль водоотводных валиков из уплотненных глинистых грунтов (рис. 9).

Перепуск воды через территории, сложенные сильнольдистыми грунтами, должен осуществляться по лоткам, приподнятым над поверхностью земли на одиночных сваях на высоту не менее 0,3 м (рис. 10).

4.13. Выпуск ливневых и талых вод при больших площадях освоения следует предусматривать сосредоточенным. При этом с целью предотвращения размыва откосов насыпи и растепления грунтов на прилегающей территории следует предусматривать их укрепление и тепловую изоляцию. По откосам высоких насыпей допускается устраивать перепады.

Укрепление водоотводных лотков и их тепловую изоляцию следует устраивать за пределы застройки на расстоянии не менее 50 м.

4.14. В условиях плоского рельефа в ряде случаев для организации сброса вод следует предусматривать станции перекачки. Воду из лотков допускается выпускать при соблюдении условий защиты от промерзания в дренажно-ливневую сеть и в естественные водоприемники.

5. ПРОТИВОТЕРМОКАРСТОВАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИИ, МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПУЧЕНИЯ И НАЛЕДЕОБРАЗОВАНИЯ

Противотермокарстовая защита

5.1. Для предотвращения термокарстовых явлений на осваиваемой территории рекомендуется избегать площадок с возможным обра-

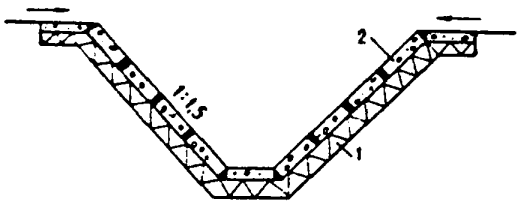


Рис. 6. Конструкция водоотводного лотка с теплоизоляцией, укрепленного сборными армоцементными или железобетонными плитками:
I – мох, дерн, торф; 2 – железобетонные плитки

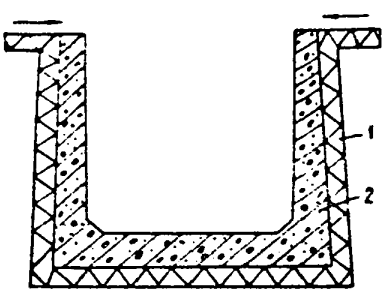


Рис. 7. Конструкция водоотводного лотка с теплоизоляцией, укрепленного железобетонным блоком:
I – мох, дерн, торф; 2 – железобетонный блок

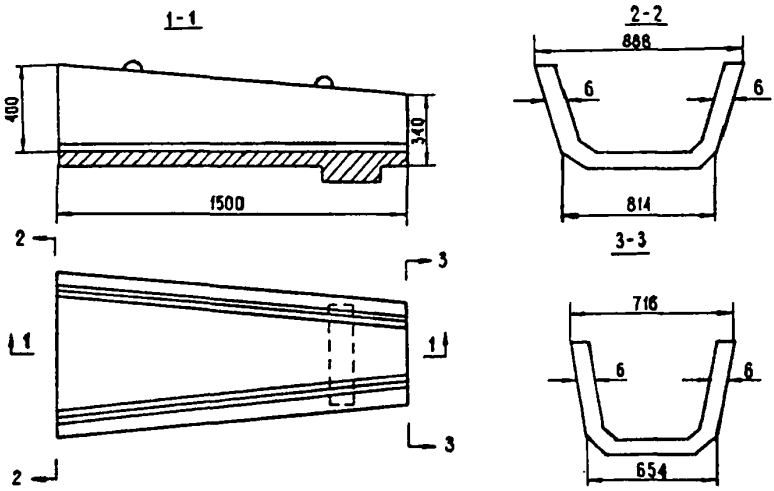


Рис. 8. Железобетонный телескопический лоток

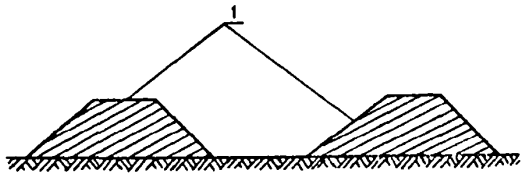


Рис. 9. Водоотводная канава по ненарушенному растительному покрову:
I – грунтовые валики из уплотненных глинистых грунтов

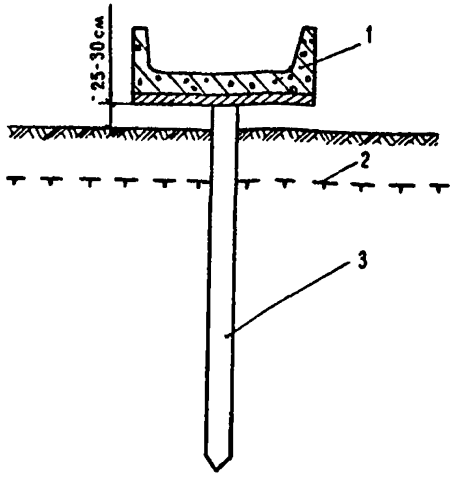


Рис. IO. Водоотводной лоток по сваям:

I – звено лотка; 2 – верхняя граница вечномерзлых грунтов; 3 – свая, вмороженная в грунт

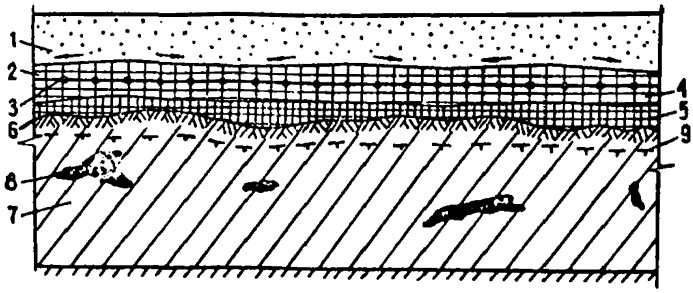


Рис. II. Вертикальный разрез насыпи с противотермокарстовой защитой основания:

I – насыпной слой; 2 – первый слой термоизоляции из торфа; 3 – армирующая сетка; 4 – второй слой термоизоляции из торфа; 5 – выравнивающий слой из торфа с пилообразным профилем; 6 – поверхность естественного основания; 7 – вечномерзлое льдонасыщенное основание; 8 – включения подземного льда; 9 – положение кровли вечномерзлых грунтов

зованием термокарста*, тщательно разрабатывать проект производства работ и предусматривать сохранение верхней границы вечномерзлых грунтов. При этом не допускается нарушать растительный покров территории, корчевать лес и кустарник, на временно оголенных местах не допускается проезд транспорта.

5.2. Устранять и предотвращать термокарстовые процессы следует:

- регулированием теплообмена искусственным путем;
- понижением температуры грунтов охлаждающими установками;
- устройством теплоизолирующих подсыпок;
- организацией поверхностного стока.

5.3. Для сохранения естественного температурного режима грунтов и обеспечения противотермокарстовой защиты территории при возведении насыпей, используемых в качестве искусственных оснований нефтепромысловых сооружений, следует применять конструкцию, показанную на рис. II:

- на осваиваемой территории с сохранением естественного растительного покрова выравнивается поверхность укладкой слоя торфа, которому придается двухскатный, а при больших площадях-пилообразный профиль;

- в период отрицательных температур на этот слой укладывается теплоизолирующий слой из уплотненного торфа.

---

* Под термокарстом, свойственным только территориям распространения вечномерзлых пород, понимается процесс вытаивания ледяных включений, приводящий к деформации грунтовых масс и возникновению просадочных или провальных форм рельефа. Этот процесс начинает развиваться вследствие нарушения условий теплообмена, выражающегося в изменении годовых теплооборотов в почве, в повышении ее температуры и увеличении глубины сезонного протаивания.

При этом вначале укладывается половина теплоизолирующего слоя, а затем грузораспределяющая армирующая сетка*, после этого-оставшаяся часть (этому слою также придается двухскатный либо полообразный профиль); на полученную конструкцию отсыпают слой минерального грунта до проектных отметок с послойным уплотнением.

Высота выравнивающего слоя определяется микрорельефом территории (0,15-0,20 м), а теплоизолирующего слоя из торфа и насыпного грунта - теплотехническим расчетом в соответствии с требованиями раздела 7 Инструкции.

Борьба с наледеобразованием

5.4. При выборе территории под застройку следует избегать участков возможного образования наледей**, в противном случае необходимо проектировать противоналедные устройства.

Для защиты застраиваемой территории от воздействия наледей следует использовать водоотводные, а также проектировать постоянные и временные противоналедные сооружения:

- постоянные - водоотводные каналы, мерзлотные и наледные пояса, углубление или спрямление русел, применение специальных лотков;

- временные - сезонные мерзлотные и тепловые пояса, утепление каналов, кюветов и русел водотоков, наледезадерживающие устройства (плетневые щиты, бревенчатые клетки, валы из снега и льда).

---

* Армирующая сетка воспринимает и перераспределяет растягивающие напряжения. Она проектируется для исключения неравномерных осадок установившейся ползучести при удельных нагрузках на льдонасыщенное основание более 0,8 кгс/см^2.

** Под наледеобразованием понимается сложный физико-механический процесс, зависящий от геологического и гидрогеологического строения участка, климатических условий, экспозиции склонов, рельефа местности, инженерной деятельности человека, сопровождающейся выходом воды на дневную поверхность и ее замерзанием.

5.5. Постоянные противоналедные мероприятия и устройства следует проектировать, если прогнозируются постоянные наледи.

Временные мероприятия и устройства допускаются в качестве противоаварийных мер при внезапном появлении наледей.

5.6. Для борьбы с наледями, источники питания которых находятся в удалении от строительной площадки, следует использовать противоналедные валы (рис. I2, I3), которые проектируются высотой I-3 м (в зависимости от рельефа местности), шириной поверху I м, с откосами I:I,5.

Количество и расположение валов устанавливаются с расчетом удержания полного объема наледи на необходимом расстоянии от проектируемых объектов.

Ожидаемый объем наледи, $м^3$, определяется по формуле

$$V_н = K_н (Q T_н a_в + \Delta V_н) , \qquad (7)$$

где $K_н$ – коэффициент неблагоприятности, равный I,25;

Q – расход водотока, $м^3$/сут, определяемый при изысканиях;

$T_н$ – период действия наледи в сутках, определяемый при изысканиях;

$\Delta V_н$ – объем прироста наледи от снега, $м^3$, определяемый по формуле

$$\Delta V = 0{,}2\, h_c^{ср} \cdot F , \qquad (8)$$

где $h_c^{ср}$ – высота снежного покрова, средняя из наибольших декадных, м, определяемая по данным метеорологических станций (справочников);

F – предполагаемая средняя площадь наледи, $м^2$, по данным изысканий;

$a_в$ – коэффициент увеличения объема воды при переходе ее в лед, принимаемый равным I,I.

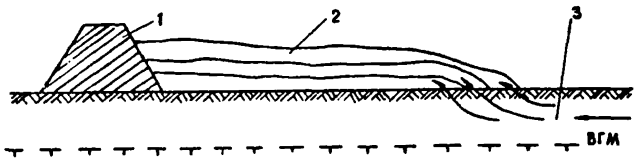


Рис. I2. Противоналедный вал из глинистых грунтов:
I – противоналедный вал; 2 – наледь; 3 – водоносний слой

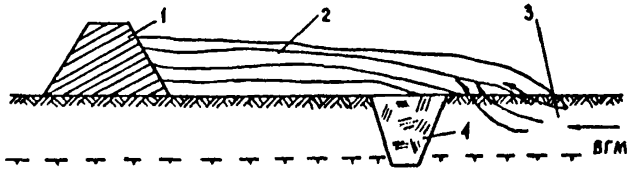


Рис. I3. Противоналедный вал с водонепроницаемым экраном:
I – противоналедный вал; 2 – наледь; 3 – водоносный слой; 4 – водонепроницаемый экран

5.7. Мерзлотные пояса для задержания наледей следует применять на небольших водотоках при неглубоком залегании водоупора под руслом и размещать их на расстоянии 50-100 м от ограждаемого участка, а также друг от друга (рис. 14, 15).

В качестве преграды для потока грунтовых вод допускается искусственное промораживание грунтов термоустановками.

5.8. Конструкции и размеры мерзлотного пояса следует назначать из условия задержания всего объема наледи. Причем глубину канав следует принимать не менее 0,6 м, а уклон - не менее 0,002, в зависимости от способов производства работ.

5.9. В пределах наледневых участков, в случае, когда ожидается образование наледей в непосредственной близости от строительной площадки, насыпи следует проектировать из дренирующего грунта, а в случае его отсутствия проектировать бермы.

5.10. Для борьбы с наледями небольшой мощности с неглубоким залеганием вечномерзлых грунтов следует проектировать сезонные мерзлотные пояса, которые состоят из полос, очищаемых от снега после каждого снегопада. Ширина полос назначается от 5 до 15 м.

Противопучинистые мероприятия

5.11. Проектируемыми мероприятиями инженерной подготовки территории для устранения пучения должны исключаться как по отдельности, так и в сочетании следующие факторы:

- переувлажнение грунтов;
- пучинистые свойства грунтов;
- глубокое сезонное промерзание.

Противопучинистые мероприятия следует выбирать со строгим учетом грунтовых условий площадки, степени капитальности и сроков эксплуатации сооружений.

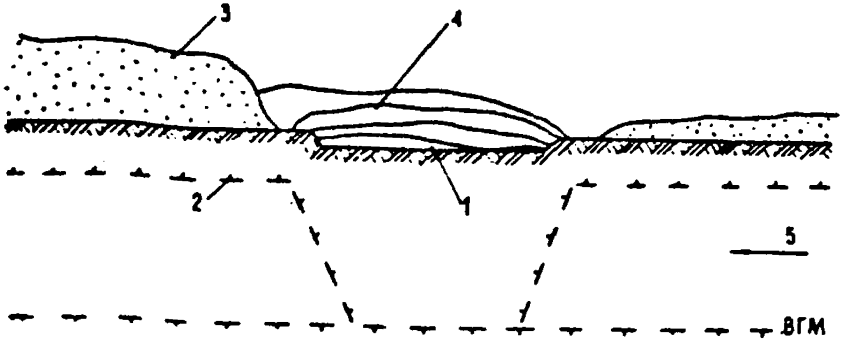


Рис. I4. Мерзлотный пояс:
I - полоса расчистки; 2 - линия промерзания грунта с поверхности; 3 - снег; 4 - наледь

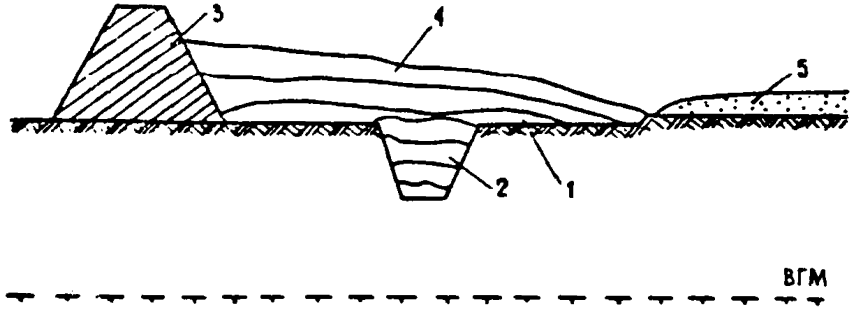


Рис. I5. Мерзлотный пояс с противоналедным валом:
I - полоса расчистки; 2 - канава для отвода воды при таянии наледи; 3 - противоналедный вал; 4 - наледь; 5 - снег

5.12. Площадку застройки, которой угрожает пучение, следует защищать от переувлажнения понижением УГВ и осушением грунтов в пределах сезонномерзлого слоя. Эти мероприятия выполняются устройством водосборных лотков, канав, дренажей мелкого заложения. В качестве оперативных и временных мероприятий для водопонижения допускается применять иглофильтровые установки.

5.13. Защита грунтов от переувлажнения атмосферными осадками выполняется за счет вертикальной планировки территории, мероприятия которой описаны в разделе 4 Инструкции.

5.14. Для обеспечения площадной противопучинистой защиты следует заменять пучинистые грунты на непучинистые на 2/3 нормативной глубины промерзания. Для замены допускается песчаный грунт с содержанием пылеватых и глинистых частиц не более 7%. Укладывать грунт следует слоями толщиной не более 0,3 м с обязательным уплотнением. При замене грунта возможно скопление поверхностных или грунтовых вод, поэтому необходимо предусматривать мероприятия по их отводу (дренаж, откачка и т.п.).

5.15. Для исключения промерзания сезонного слоя пучинистых грунтов следует предусматривать тепловую изоляцию по площади или локально с использованием песчаной насыпи, опилок, торфа, мха, снега. Для защиты грунтов от глубокого промерзания допускается использовать искусственный подогрев их электрическими греющими элементами.

Грунт следует прогревать в период устойчивых отрицательных температур наружного воздуха с расчетом, чтобы на глубине 0,5 м суточная температура была в пределах плюс 5-10°С.

5.16. Греющие элементы изготавливаются из прутьев стальной проволоки или арматуры-катанки, уложенных параллельно на расстоянии 0,5 м друг от друга. Элементы подключаются параллельно или

последовательно к понижающим трансформаторам с выходным напряжением 36 или 49 В.

Нагреватели укладываются на поверхность защищаемого от промерзания грунта и прикрываются теплоизолирующим слоем из шлака, песчано-гравийной смеси и т.п. Толщину слоя следует назначать не менее 0,3 м.

5.17. Потребная мощность электроэнергии (Р), необходимая для одновременной работы всех нагревателей на площадке, кВт, определяется по формуле

$$P = P_y \cdot F \quad , \tag{9}$$

где P_y – удельный энергосъем с 1 $м^2$ поверхности, кВт/$м^2$, определяемый на основании теплотехнических расчетов; значение P_y приближенно может быть определено из выражения $P_y = 8 \cdot 10^{-3} \cdot H^H$ кВт/$м^2$ (H^H – нормативная глубина промерзания в данных условиях);

F – площадь, подлежащая защите от промерзания, $м^2$.

Длина (Z) и сечение стержней для изготовления элементов определяются из выражения

$$Z = U\sqrt{\frac{S}{\ell \rho P_y}} \quad , \tag{10}$$

где S – сечение стержней, $м^2$;

ρ – удельное сопротивление стали, принимаемое равным $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ Ом·м;

P_y – удельный энергосъем, Вт/$м^2$;

U – напряжение, подаваемое на нагреватель, В;

ℓ – расстояние между стержнями, принимаемое равным 0,5 м.

6. КОНСТРУИРОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ НАСЫПЕЙ

6.1. Насыпи для инженерной подготовки территории следует проектировать с учетом назначения застраиваемой площади, характера распространения и свойств вечномерзлых грунтов, определяющих возможную осадку оснований насыпей при оттаивании, и обеспечения длительного существования в равновесном состоянии инженерно-геокриологических условий. Во всех случаях мохорастительный покров в основании насыпи не следует нарушать. При необходимости уменьшения высоты насыпи допускается использовать теплоизолирующие прослойки из материалов, обладающих небольшим коэффициентом теплопроводности и достаточной прочностью (мох, торф, дерево, шлак, пенопласты, торфополимеры и т.д.).

6.2. Высоту насыпи следует рассчитывать на устойчивость, прочность и снегозаносимость согласно ВСН 84-75. Влияние насыпи на геокриологические условия застраиваемой территории оценивают расчетом, изложенным в разделе 7 настоящей Инструкции. При неблагоприятном влиянии насыпи на геокриологический режим застраиваемой территории изменяют ее высоту и другие параметры или вводят дополнительные конструктивные элементы (теплоизолирующие и грузораспределяющие).

6.3. Основным техническим требованием при строительстве промышленных площадок на участках, вмещающих подземные льды, является сохранение естественных природных условий (мерзлотно-грунтовых, гидрогеологических, гидрологических и др.).

Насыпи на таких участках следует проектировать по I принципу с сохранением грунтов основания в период строительства и эксплуатации в мерзлом состоянии.

6.4. Насыпи на малольдистых (сыпучемерзлых) грунтах проектируются из песчаных грунтов (рис. I6) с ограничением глубины оттаивания по расчету на допустимую осадку конструкции согласно ВСН 84-75.

6.5. Насыпи на льдистых основаниях ($Л_в$ = 0,2-0,4) следует проектировать из песчаных грунтов с укладкой слоя теплоизоляции под откосной частью и на берме (рис. I7).

6.6. Насыпи на сильнольдистых основаниях ($Л_в$ > 0,4) проектируют из песчаных грунтов в соответствии с поперечным профилем (рис. I8).

6.7. Насыпи на основаниях, вмещающие подземные льды на глубине менее двойной мощности деятельного слоя, проектируют согласно п. 5.3 настоящей Инструкции.

6.8. На участках распространения вечномерзлых торфяников, заторфованных или других слабых грунтов малонагруженные насыпи (с удельными нагрузками на основание 0,I-0,6 кгс/см^2) допускается проектировать на промороженном основании в соответствии с поперечным профилем (см. рис. II) без укладки армирующего материала.

6.9. При расчетах прогнозов изменения мерзлотно-грунтовых условий после строительства земляных сооружений следует учитывать технологические особенности производства работ, изложенные в разделе 6 настоящей Инструкции. Насыпи должны отсыпаться за пределы границы застройки на I5-20 м. Высота насыпи без учета "теплого штампа" на ней должна быть не менее 2,0 м.

7. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА И ДЕФОРМАЦИЙ НАСЫПЕЙ

7.I. Мерзлотно-грунтовые условия застраиваемых территорий следует прогнозировать на основании теплотехнических расчетов с учетом:

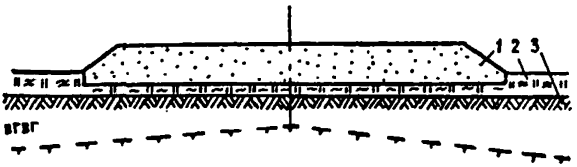


Рис. I6. Поперечный профиль насыпи на малольдистом основании:

I – песчаный или крупнообломочный грунт; 2 – мохорастительный покров; 3 – грунт основания; ВГВГ – верхний горизонт вечномерзлых грунтов

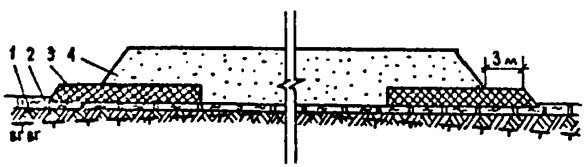


Рис. I7. Поперечный профиль насыпи на льдистом основании:

I – вечномерзлый грунт основания; 2 – мохорастительный покров; 3 – теплоизоляционная берма; 4 – песчаный или крупнообломочный грунт

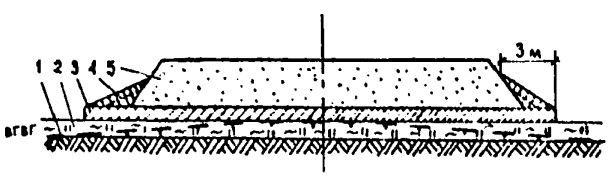


Рис. I8. Поперечный профиль насыпи на сильнольдистом основании:

I – вечномерзлый грунт основания; 2 – мохорастительный покров; 3 – теплоизолирующий слой; 4 – берма из теплоизолирующего материала; 5 – насыпь из песка

- состояния грунтов основания;

- конструктивных особенностей земляных сооружений;

- вида грунта, используемого для возведения земляных сооружений.

7.2. При выполнении мерзлотного прогноза следует рассчитывать ореол промерзания-оттаивания грунтов в различных сечениях насыпи, ее основания и прилегающей территории, а также устанавливать величины возможных деформаций насыпи. Расчеты выполняют в соответствии с настоящей Инструкцией.

Расчет промерзания-оттаивания однородных грунтов и многослойной конструкции при переменной температуре наружного воздуха

7.3. При проектировании земляных сооружений из однородных грунтов, а также в тех случаях, когда насыпь возводится из различных грунтов (например, верхняя часть из минерального грунта, нижняя - из торфа), следует выполнять расчет оттаивания-промерзания однородной и слоистой систем при нестационарном температурном режиме по следующей методике:

I. Определяют значения постоянных параметров:

$$\delta = \frac{4 t^{max}}{\tau_p} \quad ; \quad q = \eta \cdot C_м \cdot \ell_1 \quad , \qquad (13)$$

где q - затраты тепла на теплообмен с грунтом основания (q = 0, если нет в основании вечномерзлого грунта);

t^{max} - температура воздуха максимальная среднемесячная за расчетный период, ^{o}C;

τ_p - расчетная продолжительность промерзания (оттаивания), (определяется с даты перехода температуры через $0^{o}C$);

η – коэффициент, принимаемый равным единице при расчете оттаивания и нулю – при расчете промерзания;

$C_м$ – среднее значение объемной теплоемкости вечномерзлого грунта основания, ккал/м^3·град;

t_l – среднеинтегральная температура вечномерзлого грунта основания (принимается абсолютное значение, т.е. без учета знака минус) равна

$$t_l = t_0 + (1{+}1{,}5)^\circ C;$$

t_0 – температура вечномерзлого грунта на глубине годовых нулевых амплитуд, определяемая по геокриологическим картам или данным изысканий.

2. Определяют значения теплофизических характеристик: $\lambda_{т(м)}$ – коэффициент теплопроводности слоев конструкции в талом (мерзлом) состоянии, ккал/м·ч·град; $C_{т(м)}$ – объемную теплоемкость слоев конструкции в талом (мерзлом) состоянии, ккал/м^3·град; Q – затраты тепла на фазовые переходы в единице объема материала, ккал/м^3; $W_н$ – количество незамерзшей воды, %; ориентировочно величину $W_н$ принимают равной: 0 – для песков; 7% – для супесей, 10% – для суглинков и 15% – для глин для каждого слоя рассматриваемой многослойной системы. Индекс Т означает, что характеристики берутся для грунта в талом состоянии (расчет оттаивания), а индекс М – в мерзлом (расчет промерзания). Для насыпи из однородного грунта расчет выполняется для одного слоя.

$$\lambda_{т(м)} = K(\gamma_{ск} + 0{,}1\,W_c - 1{,}1) - 0{,}1\,W_c \quad ; \qquad (14)$$

$$C_т = 10^3 \gamma_{ск} \left(C_{ск} + \frac{W_c}{100} C_в\right) ; \qquad (15)$$

$$C_м = 10^3 \gamma_{ск} \left(C_{ск} + \frac{W_c - W_н}{100} C_л\right) + \frac{W_н}{100} C_в ; \qquad (16)$$

$$Q = 80\,\gamma_{ск} \frac{(W_c - W_н)}{100} \cdot 10^3. \qquad (17)$$

где K=I,5–I,7 – для песков; K=I,4–I,5 – для супесей и K=I,3–I,4 – для суглинков и глин (первая цифра для талых пород, вторая – для мерзлых);

$\gamma_{ск}, W_c$ – расчетные значения объемного веса скелета, г/м^3, и суммарной влажности, %; для грунтов насыпи значения $\gamma_{ск}$ и W_c принимаются при стандартном уплотнении;

$C_{ск}, C_л, C_в$ – удельные теплоемкости скелетных частиц льда и воды (ориентировочно $C_{ск}$ = 0,2 ккал/кг·град для гравийных и щебеночных частиц; $C_{ск}$ = 0,I7 ккал/кг·град для грунтов; $C_л$ = 0,5 ккал/кг·град и $C_в$ = I,0 ккал/кг·град).

3. Определяют время оттаивания (промерзания) первого слоя (например, из песчаного грунта толщиной h_1). При этом при $h = h_1$ и $\mu = \mu_1 = \frac{\alpha}{\lambda_{T(м)}}$ по номограмме (рис. I9) определяют величину K_T.

Затем вычисляют параметр A_I:

$$A_I = \frac{K_T [Q_1 + K_p (0{,}35\, C_{T(м)1} \cdot t^{max} + q)]}{4 \lambda_{T(м)_1} K_p \cdot \delta} \qquad (I8)$$

и по номограмме (рис. 20) определяют время оттаивания (промерзания) первого слоя τ_1,

где α – коэффициент теплообмена на поверхности, ккал/м^2·ч·град;

$$\alpha = 10\sqrt{V};$$

V – средняя за расчетный период τ_p скорость ветра, м/с;

K_p – вероятностный коэффициент, учитывающий изменение климатических характеристик в многолетнем цикле.

4. Определяют суммарное время оттаивания (промерзания) первого и второго слоев. При этом при $h = h_2$, где h_2 – толщина второго слоя, например, из торфа

$$\mu = \mu_2 = \frac{1}{\lambda_{T(м)_2} \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{h_1}{\lambda_{T(м)_1}} \right)} \qquad (I9)$$

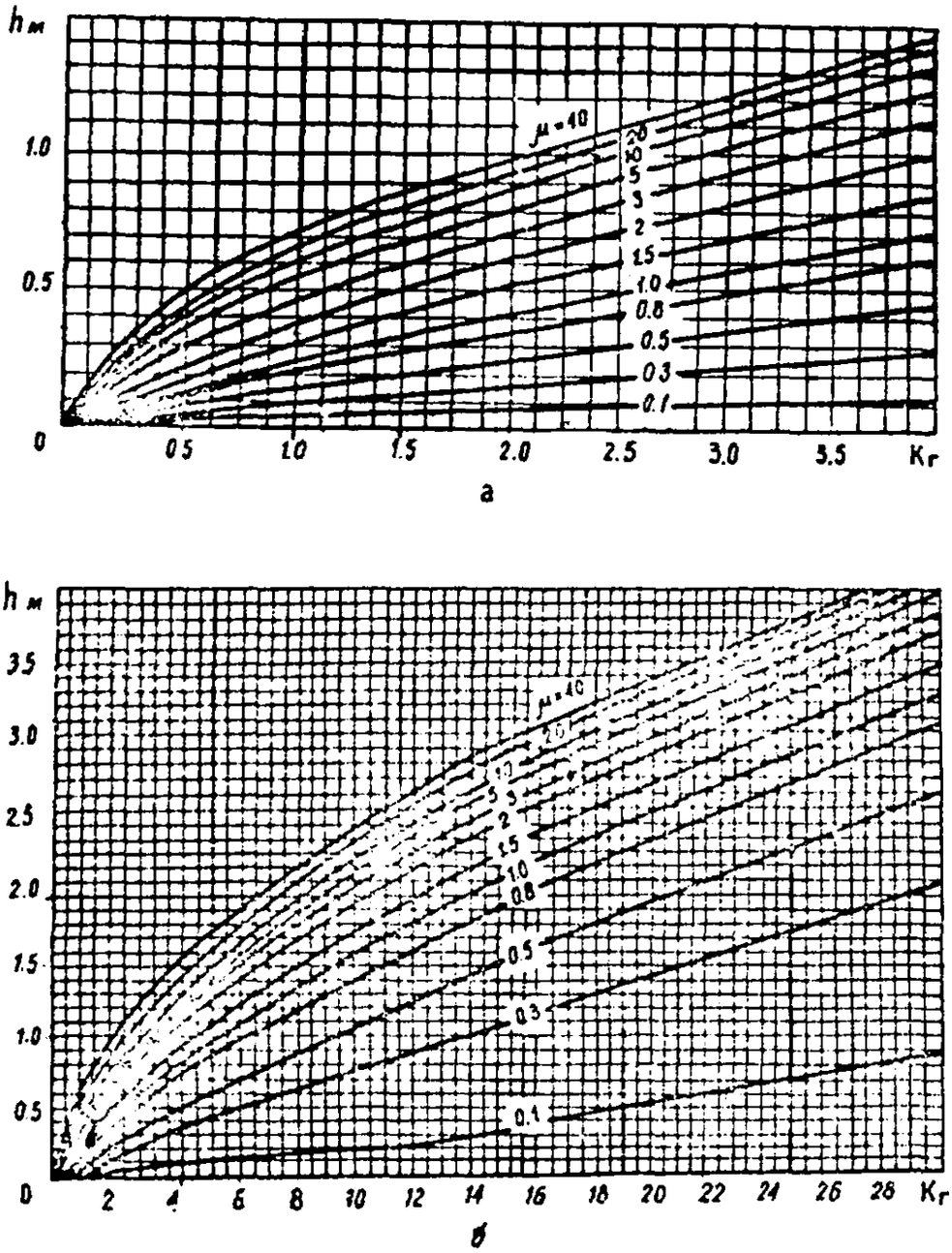


Рис. I9. Номограммы для определения параметра $K_г$ при в $\geq$ I,5:

а – при малых значениях $K_г$; б – при больших значениях $K_г$

по номограмме (см. рис. 19) определяют $K_{т2}$. Затем вычисляют параметр A_2:

$$A_2 = \frac{K_{т2}\,[Q_2 + K_р\,(0{,}35\,C_{т(м)2}\cdot t^{max} + q)]}{4\lambda_{т(м)_2}\,K_р\,\delta} + \tau_1^2\,(0{,}5 - \frac{\tau_1}{3\tau_р}) \qquad (20)$$

и по номограмме (см. рис. 20) определяют суммарное время оттаивания (промерзания) первого и второго слоев $\tau_{ч_2}$.

5. Определяют суммарное время оттаивания (промерзания) первого, второго и третьего слоев. При этом при $h = h_3$, где h_3 – толщина третьего слоя, м, и

$$\mu = \mu_3 = \frac{1}{\lambda_{т(м)_3}\,(\frac{1}{\alpha} + \frac{h_1}{\lambda_{т(м)_1}} + \frac{h_2}{\lambda_{т(м)_2}})} \qquad (21)$$

по соответствующей номограмме (см. рис. 19) определяют $K_{т3}$. Затем вычисляют A_3:

$$A_3 = \frac{K_{т3}\,[Q_3 + K_р\,(0{,}35\,C_{т(м)3}\,t^{max} + q)]}{4\lambda_{т(м)_3}\,K_р\,\delta} + \tau_{1+2}^2\,(0{,}5 - \frac{\tau_{1+2}}{3\tau_р}) \qquad (22)$$

и по номограмме (см. рис. 20) определяют τ_{1+2+3}.

Аналогичным способом рассчитывают время оттаивания (промерзания) последующих слоев многослойной конструкции.

Располагая значениями $\tau_{1+2+3+\ldots+n+(n+1)} = \tau_{пр}$ и

$$\mu_р = \frac{1}{\lambda_{т(м)}\,(\frac{1}{\alpha} + \frac{h_1}{\lambda_{т(м)1}} + \frac{h_2}{\lambda_{т(м)2}} + \cdots + \frac{h_n}{\lambda_{т(м)n}})} \qquad (23)$$

и выполняя расчет в обратном порядке (начиная с номограммы на рис. 20), определяют глубину оттаивания (промерзания) грунта основания с теплофизическими характеристиками $\lambda_{т(м)ос}$, $C_{т(м)ос}$ и $Q_{ос}$. При этом полученную по соответствующей номограмме (см. рис. 20) глубину оттаивания грунта основания $h_{от}$ необходимо умножить на коэффициент учета осадки при оттаивании $K_{ос}$, который принимается равным: для торфа – 1,4–1,5; для глинистого грунта – 1,1–1,2. Если насыпь возводится в летний период

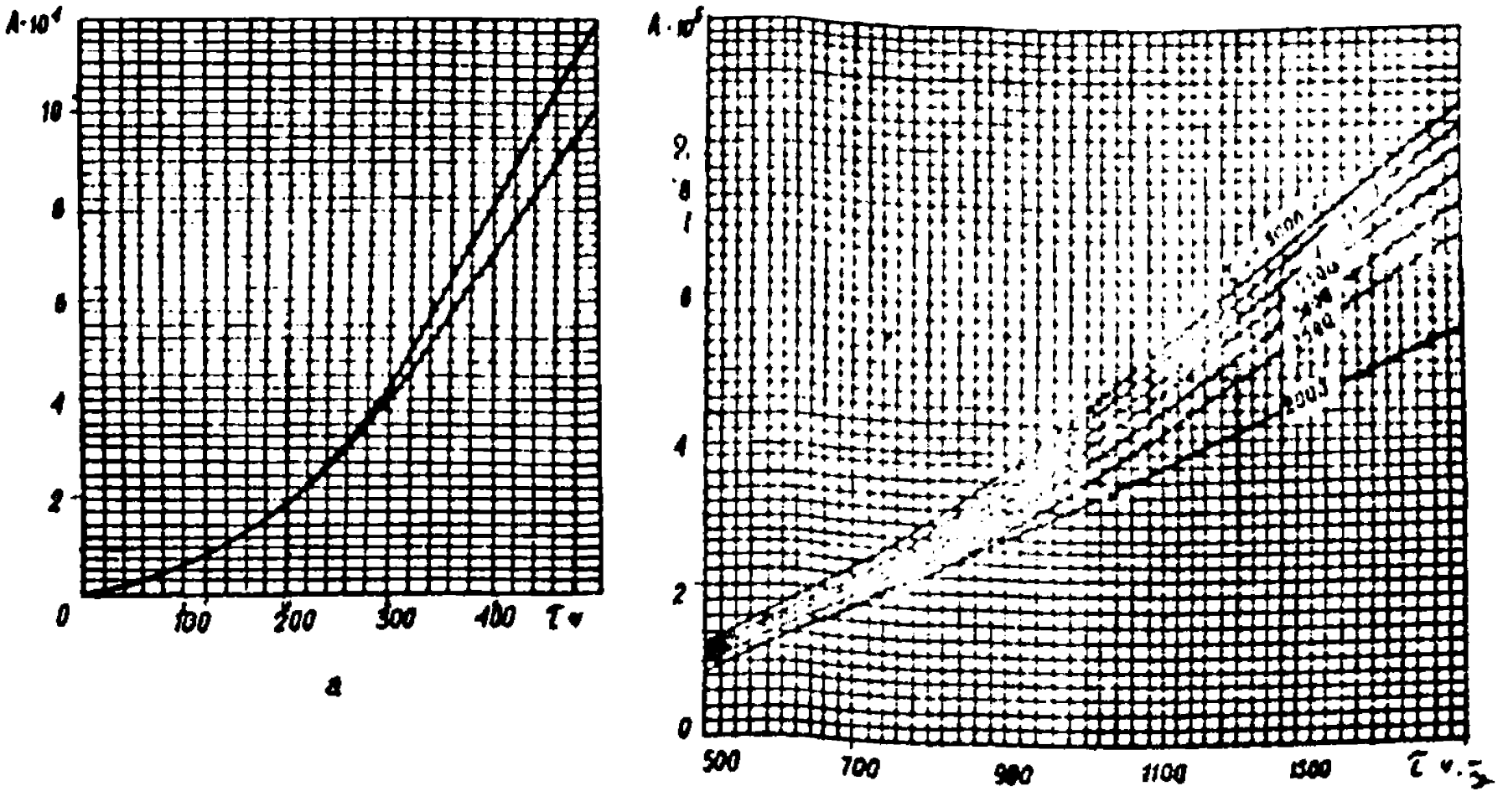


Рис. 20. Номограммы для определения времени оттаивания (промерзания) слоев грунта насыпи и основания

на оттаявших в пределах сезонноталого слоя грунтах основания, в этом случае $K_{oc} = I$, так как слабый грунт основания уплотняется в процессе строительства.

6. Глубину оттаивания (промерзания) грунта основания под насыпью многослойной конструкции можно определять и по формуле

$$h_{от} = \frac{0{,}7\,K_p \cdot K_{oc}\, t^{oc}(\tau_p - \tau_{1+2+3+\ldots+n})}{\sum R\,[\,Q_{oc} + K_p(0{,}35\,C_{т(м)oc}\,t^{max} + q)\,]}, \qquad (24)$$

где $\tau_{1+2+3+n}$ и $\sum R$ - соответственно время оттаивания (промерзания) и термическое сопротивление всех слоев, расположенных выше грунта основания, т.е. земляного полотна, торфяного слоя и мохорастительного покрова с учетом их сжатия (примерно на 50%) после отсыпки насыпи.

Расчет общей температурной устойчивости

7.4. Расчет общей температурной устойчивости должен включать определение средней за летний и зимний периоды года температуры поверхности грунта под изоляцией (снежный покров, искусственное покрытие и т.д.) и определение среднегодовой температуры многолетнемерзлых пород в основании насыпи.

7.5. Температуру поверхности грунта следует определять по формуле

$$t_{п.\,я(3)} = t_{пр.л(3)}\left[1 - \frac{2S_{л(3)}\sqrt{\dfrac{2\lambda_{т(м)}\,t_{пр.л\,(3)}\,\tau_{я(3)}}{Q_{пр.л\,(3)}} + S^2_{я(3)}}}{\dfrac{1}{Q_{пр.я\,(3)}}(2\lambda_{т(м)}\,t_{пр.я\,(3)}\,\tau_{я\,(3)})}\right], \qquad (25)$$

где $t_{пр.л(3)}$ - средняя за летний и зимний периоды года приведенная температура воздуха, определяемая по табл. I.9 прил. I настоящей Инструкции;

$\tau_{я(3)}$ - длительность сезона положительных или отрицательных температур воздуха, ч;

$S_{л(з)}$ – эквивалентный слой грунта, термическое сопротивление которого равно сопротивлению теплоотдачи с поверхности и термическому сопротивлению изоляции поверхности грунта, м,

$$S_{л(з)} = \lambda_{т(м)} \left(\frac{1}{\alpha} + R_т\right); \qquad (26)$$

$R_т$ – термическое сопротивление теплоизоляции,

$$R_т = \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}};$$

$\delta_{из}$ и $\lambda_{из}$ – соответственно толщина и коэффициент теплопроводности изоляции.

7.6. Значения средних годовых температур многолетней толщи на подошве сезонноталого слоя следует определять, используя полученные значения $t_{из}$ и $t_{пл}$ по формуле

$$t_0 = \frac{t_{из} \cdot \tau + \frac{\lambda_т}{\lambda_м} \cdot t_{пл} \cdot \tau_л}{\tau_{год}} . \qquad (27)$$

7.7. По формуле (27) определяется среднегодовая температура основания в нескольких наиболее важных сечениях насыпи, что позволяет определить ее температурное поле. При этом в расчетах следует учитывать наличие снежного покрова в зимний период и его изменение в результате застройки.

7.8. Для обеспечения общей температурной устойчивости сооружения среднегодовая температура многолетнемерзлой толщи в пределах насыпи и прилегающих участков местности должна быть ниже температуры, нормируемой СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах".

Расчет динамики и максимальных глубин промерзания-оттаивания грунта в различных сечениях поперечного профиля насыпи и прилегающей территории

7.9. Расчет глубин оттаивания (промерзания) грунта в различных сечениях поперечного профиля насыпи с учетом фактического из-

менения температуры наружного воздуха и наличия теплоизоляции на поверхности должен выполняться в следующем порядке:

- зная значения климатических, мерзлотно-грунтовых и конструктивных характеристик, определяют значения μ', K_T и β по формулам:

$$K_T = \frac{4\lambda_{T(M)}\left[1{,}2\left(\frac{1}{9}\delta_1\tau^2 + \frac{1}{4}\delta_2\tau\right) + \frac{f}{\alpha_н} - T\right]\tau}{Q + 0{,}5\left[C_{T(M)}\left(\frac{1}{3}\delta_1\tau^2 + \frac{1}{2}\delta_2 - T\right)\right] - C_м^в t_0}; \qquad (28)$$

$$\mu' = \frac{K_p}{\lambda_{T(M)}\left(\frac{1}{\alpha} + \sum_1^n R\right)}; \qquad (29)$$

$$\beta = \frac{\left(2H\sqrt{1+m^2} + \beta\right)^2 + 4H}{8H}; \qquad (30)$$

где K_p - коэффициент, принимаемый равным единице при расчете оттаивания и нуло-при расчете промерзания конструкций;

$C_м^в$ - объемная теплоемкость многолетнемерзлого грунта.

Затем по соответствующей номограмме (см. рис. I9) находят и определяют глубину оттаивания (промерзания) в различных сечениях насыпи на любой заданный промежуток времени τ следующим образом:

а) по оси насыпи $h_{от(пр)} = h'$,

где h' определяют по номограмме (см. рис. I9). При $\sum_1^n R = \frac{h_{из}}{\lambda_{из}} + \frac{h_н}{\lambda_{ос}}$,

где $h_{из}, \lambda_{из}, h_н, \lambda_{ос}$ - соответственно толщины и коэффициенты теплопроводности изоляции и насыпи;

б) на бровке $h_{от(пр)} = \frac{h \sin\gamma}{\sin(90-\varphi)}$,

где h' - величина, определяемая по соответствующей номограмме при $\mu' \cdot$, вычисленном по формуле (29) при $\sum_1^n R = 0$ (оттаивание) и $\sum_1^n R = \frac{h_{сн}}{\lambda_{сн}}$ (промерзание);

$h_{сн}$ и $\lambda_{сн}$ – соответственно толщина и коэффициент теплопроводности снежного покрова;

φ – угол заложения откоса;

$\gamma = 90 + \beta - \alpha$, где $tg\,\alpha = \frac{B}{26}$.

7.10. Определять глубину промерзания-оттаивания в любой точке насыпи и прилегающих участках местности следует аналогично п.7.9 Инструкции. При расчетах необходимо учитывать следующие положения:

– приведенные температуры воздуха рассчитываются для каждого из элементов поперечного профиля с учетом радиации и испарения на этих элементах. При этом учитываются экспозиция откоса, укрепление откосов, отражающая способность (альбедо) поверхности и т.д.;

– значения температур многолетнемерзлой толщи t_0 определяются по формуле (27) отдельно для основания насыпи и прилегающих участков местности с учетом характера снегоотложений у профиля насыпи, а также физических характеристик грунтов насыпи и основания;

– при отсыпке насыпи из дренирующих грунтов глубины оттаивания (за исключением водонепроницаемых покрытий) рассчитываются с учетом инфильтрации осадков;

– при определении нормативных глубин оттаивания-промерзания (наибольших при заданной обеспеченности) расчет осуществляется при $\tau = \tau_{л(з)}$ с учетом вероятностного коэффициента K_p. Ориентировочные значения коэффициентов K_p в зависимости от среднемноголетней суммы градусо-часов ($\Sigma t_{пр} \cdot \tau_{л(з)}$) и обеспеченности (Р %) приведены в табл. 6.

Таблица 6

Среднемноголетняя сумма градусо-часов	Обеспеченность Р, %					
	I	2	3	5	I0	50
30000 и более	I,20	I,I8	I,I6	I,I3	I,I0	I,00
20000	I,42	I,38	I,33	I,29	I,22	I,00
I5000	I,50	I,45	I,40	I,35	I,27	I,00
I0000	I,64	I,57	I,50	I,44	I,33	0,99
5000	I,85	I,77	I,69	I,59	I,45	0,99

Расчет осадок насыпей на вечномерзлых льдонасыщенных основаниях

7.II. Величину осадки насыпи на вечномерзлых льдонасыщенных основаниях S следует определять по формуле

$$S = S_{от} + S_{уп} + S_{т}, \qquad (3I)$$

где $S_{от}$ – осадка оттаивающих в основании насыпи грунтов;

$S_{уп}$ – осадка уплотнения талых грунтов;

$S_{т}$ – осадка установившейся текучести сильнольдистого грунта или льда.

Величину $S_{от}$ и $S_{уп}$ определяют по формулам:

$$S_{от} = \sum_{1}^{m} a_{от} \cdot h_{от}; \qquad (32)$$

$$S_{уп} = \sum_{1}^{n} a_{уп} \cdot h_{тс}, \qquad (33)$$

где $a_{от}$ – относительная осадка при оттаивании;

$a_{уп}$ – относительная осадка при уплотнении;

$h_{от}$ и $h_{тс}$ – толщина слоев оттаивающего грунта и талых прослоек в пределах активной зоны;

m – количество слоев с различными физическими характеристиками в пределах зоны оттаивания грунта основания;

n – количество талых прослоек в пределах зоны механического влияния насыпи (активная зона).

7.12. Для определения величин $a_{от}$ и $a_{уп}$ допускается использовать следующие зависимости:

а) для песков

$$a_{от} = \frac{K_1 w}{1,13(2,68w + 0,92)}; \quad (34)$$

$$a_{уп} = \frac{w(K_1 - 0,09)}{1 - \varepsilon_н}; \quad (35)$$

б) для супесей и суглинков

$$a_{от} = \frac{2,2w + K_2 p(1+w)}{1+\varepsilon_н}; \quad (36)$$

$$a_{уп} = \frac{K_2 p(1+w)}{1+\varepsilon_н}; \quad (37)$$

в) для глин

$$a_{от} = 1 + \gamma_{ск}\left[\frac{1}{\gamma_{ск}} + \frac{1}{\gamma_б}(w_р + K_1 \cdot w_н)\right]; \quad (38)$$

$$a_{уп} = \frac{w - w_р - K_1 w_п}{1 + w\gamma_2}; \quad (39)$$

г) для торфа

$$a_{от} = (\varepsilon_н - \frac{w\gamma_г}{\gamma_б} - 0,05)\left[0,15 - \ln\left(1 - \frac{p}{2,7p + 2,24}\right)\right]; \quad (40)$$

$$a_{уп} = (\varepsilon_н - \frac{w\gamma_з}{\gamma_б} - 0,05)\left[-\ln\left(1 - \frac{p}{2,7p + 2,24}\right)\right]; \quad (41)$$

д) для заторфованных грунтов

$$a_{от} = K_4 - \ln\left(1 - \frac{q}{K_3 q + K_1}\right); \quad (42)$$

$$a_{уп} = -\ln\left(1 - \frac{q}{K_3 q + K_1}\right), \quad (43)$$

где K_1 и K_2 – безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл.7 и 8;

K_3 – безразмерный коэффициент, равный 6,67 – для песчаных заторфованных грунтов; 2,14 – для глинистых заторфованных грунтов;

K_4 – безразмерный коэффициент, равный 0,01, – для песчаных заторфованных грунтов; 0,025 – для глинистых заторфованных грунтов;

ω – влажность грунта, дол. ед.;

$\varepsilon_н$ – начальный коэффициент пористости;

$\gamma_{ск}, \gamma_г$ – объемный вес скелета и удельный вес грунта, кг/м^3;

$\gamma_в$ – удельный вес воды, $\gamma_в$ = 1,0 кг/м^3;

$\omega_р, \omega_п$ – влажность на границе раскатывания и число пластичности, дол. ед.;

q – степень заторфованности грунтов, вычисляемая в зависимости от удельного веса заторфованного грунта (γ кг/м^3) по формуле $q = 2{,}3\ b\gamma_г$, где b – коэффициент, принимаемый равным 0,86 – для песчаных грунтов и 0,83 – для глинистых заторфованных грунтов.

Таблица 7

Грунт основания	K_1 при нагрузке Р, кгс/м^2		
	0,5	1,0	1,5
Песок	0,14	0,17	0,21
Глина 17–21	1,10	0,80	0,22
21–26	1,00	0,75	0,60
26–32	0,9	0,65	0,57
> 32	0,80	0,55	0,47
Глинистый заторфованный грунт	0,95	0,65	0,50
Песчаный заторфованный грунт	2,22	1,70	1,38

Таблица 8

Суммарная влажность грунта	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–0,5	0,5
K_2	0,035	0,065	0,090	0,150

7.13. Осадка уплотнения талых грунтов зависит от физических характеристик грунта и толщины уплотняемого слоя и не зависит от фактора времени. Эта осадка протекает, как правило (за исключением сжатия торфяных слоев большой мощности), в период строительства и не оказывает влияния на длительную устойчивость сооружения.

Осадки уплотнения и неустановившейся текучести сильнольдистого грунта и подземного льда затухают быстро и имеют небольшие величины. Учетом этих осадок при расчетах насыпей допускается пренебрегать.

Осадка, обусловленная пластично-вязким течением льда, т.е. осадка установившейся ползучести S_{n_2} является результатом деформаций формоизменения и протекает в течение всего периода эксплуатации сооружения. Эта осадка имеет решающее значение лишь в определенных случаях.

7.14. Если толщина льда (торфа) меньше $0,5b$, осадку установившейся текучести на оси насыпи следует определять по формуле

$$S_{\tau}^{o} = \frac{K_{л} P b t_{год} N v}{1 + |t_{ср}|} \quad (44)$$

и на бровке насыпи по формуле

$$S_{\tau}^{к} = \frac{K_{л} P b \tau_{год} N v'}{1 + |t_{ср}|}, \quad (45)$$

где $K_{л}$ – коэффициент, учитывающий влияние структуры льда; $K_{л} = (1,8 + 9) \cdot 10^{-5}$ для льда и $K_{л} = (2,5 + 3,0) \cdot 10^{-3}$ для мерзлого торфа;

P – удельная нагрузка на единицу площади;

b – ширина насыпи (нагрузки) понизу, м;

$|t|$ – средняя температура мерзлого массива (абсолютное значение);

N – количество лет эксплуатации;

υ и υ' – безразмерные коэффициенты, определяемые по графику, рис. 21, в зависимости от параметра

$$\bar{z} = \frac{z}{b},$$

где z – толщина мерзлого массива льда или торфа.

Значения υ и υ' допускается определять по формулам:

$$\upsilon = \frac{1}{4\pi} \ln\left(1 + 4\bar{z}^2\right); \tag{46}$$

$$\upsilon' = \frac{1}{4\pi} \ln\left(1 + \bar{z}^2\right). \tag{47}$$

7.15. При оценке устойчивости сооружения следует рассчитывать не только общую, но и неравномерную осадку ($S_т$). Она определяется по формуле

$$S_т = S_т^{o} - S_т^{н} = \frac{K_д P \beta \tau_{год} N}{1 + l_{ср}} (\upsilon - \upsilon'). \tag{48}$$

Определяющими осадку ($S_т$) факторами являются: величина удельной нагрузки на подошве насыпи, мощность ледяного или торфяного массива и его температура, размер насыпи.

8. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

8.1. Состав и объемы работ по инженерной подготовке строительной площадки определяют проекты организации строительства и производства работ, учитывающие специальные мероприятия по максимально возможному сохранению природной среды.

8.2. Организацию основного вида работ (земляных) следует проектировать с учетом следующих климатических данных:

– распределения атмосферных осадков в течение года (наибольшее количество зимних осадков в виде снега, количество выпадающих осадков весной в период снеготаяния, распределение количества осадков летом);

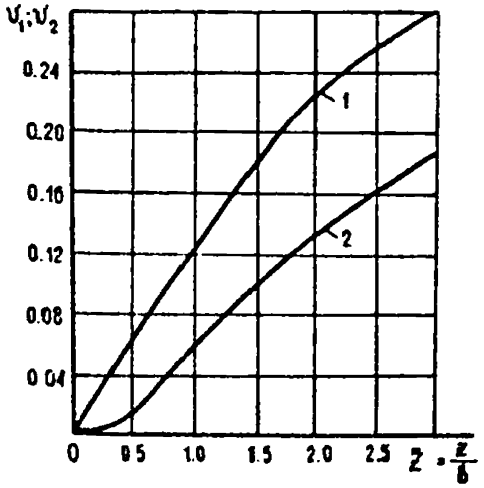


Рис. 21. График определения коэффициентов υ и υ':
I – кривая определения коэффициента υ; 2 – кривая для определения коэффициента υ'

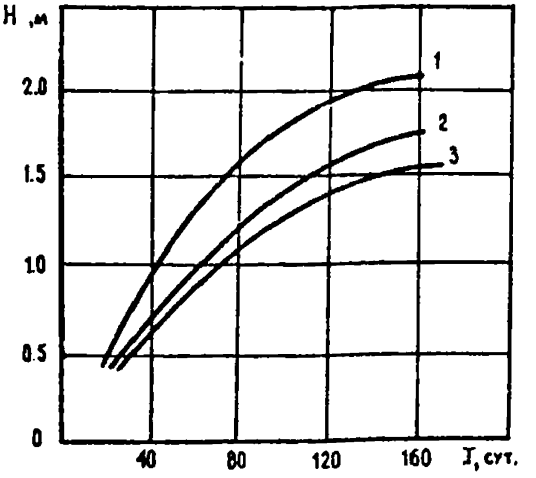


Рис. 22. Сроки выполнения земляных работ на второй стадии T в зависимости от высоты насыпи первой стадии H:
I – при температуре грунта на глубине I0 м t =-0,6°C, продолжительность летнего периода τ = I50 сут; 2 – при t =-I,8°C, τ = I30 сут; 3 – при t =-3°C, τ = II0 сут

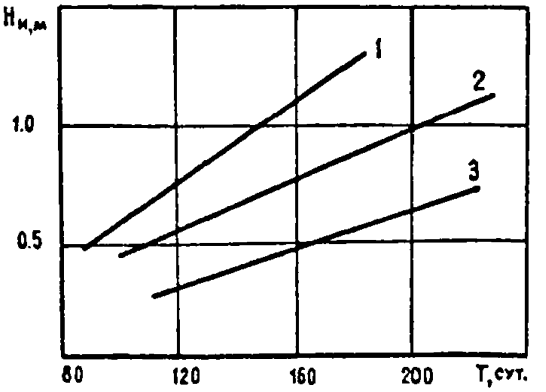


Рис. 23. Сроки выполнения земляных работ на второй стадии T в зависимости от высоты насыпи первой стадии H (с торфяным слоем h=0,40 см):
I – t = -0,6°C, τ = I50 сут;
2 – t = -I,8°C, τ = I30 сут;
3 – t = -3°C, τ = II0 сут

– испарения влаги с грунтовой поверхности в летние месяцы (превышает ли оно количество осадков, ожидается ли просыхание грунтов, когда бывает наибольший эффект рационального осушения грунтов);

– длительности летнего строительного сезона (период времени между переходом температуры воздуха через плюс 5°С весной и минус 5°С осенью).

8.3. Климатические характеристики перспективных нефтедобывающих районов в зоне распространения вечномерзлых грунтов следует принимать согласно СНиП ПА.6-72 "Строительная климатология и геофизика", а также Рекомендациям по определению расчетных характеристик строительной климатологии нефтедобывающих районов Западной Сибири. (Тюмень: Гипротюменнефтегаз, 1976).

8.4. При проектировании организации работ по инженерной подготовке территории следует предусматривать комплекс первоочередных мероприятий, который включает:

– очистку территории от деревьев и кустарников;

– осушение территории и организацию водоотвода;

– отсыпку временных дорог, подъездных путей, площадок для складирования стройматериалов и т.п.;

– прокладку инженерно-технических коммуникаций.

Несвоевременное выполнение этих мероприятий отрицательно сказывается на ходе последующего строительства.

8.5. Каждому принятому принципу проектирования насыпей должен соответствовать свой способ их возведения. Способ возведения насыпей в зависимости от принятого принципа их проектирования допускается назначать согласно табл.9.

8.6. При I принципе строительства грунт следует отсыпать после промерзания слоя сезонного оттаивания. Для ускорения про-

мерзания площадку в зимний период следует очищать от снега. Допускается двухстадийное возведение насыпных оснований, при котором в зимний период насыпь отсыпают частично, досыпку насыпи до проектных отметок выполняют летом.

8.7. При двухстадийном возведении насыпей работы по отсыпке первой стадии выполняют в осенне-зимний период на промерзшем основании (теплоизоляционные слои из торфа, а также песчаная часть насыпи на высоту не менее 0,6 м), досыпку до проектной отметки (вторая стадия) осуществляют в весенне-летний период с обязательным окончанием работ в сроки, установленные расчетом. Сроки окончания работ на второй стадии устанавливаются с учетом времени протаивания насыпи первой стадии. Это время определяется теплотехническим расчетом согласно разделу 7 или по графикам рис. 22, 23.

Определяемое время протаивания насыпи отсчитывается от даты начала протаивания грунта (переход средней суточной температуры воздуха через плюс 5°С).

8.8. Отсыпка насыпи по слою торфа или других болотно-озерных отложений допускается во всех случаях. При I принципе строительства торф и болотно-озерные отложения должны находиться в мерзлом состоянии (декабрь-апрель), в остальных случаях они пригружаются крупноскелетными материалами с выполнением расчетов согласно Рекомендациям по проектированию инженерной подготовки болот и заболоченных территорий для строительства в нефтедобывающих районах Западной Сибири , ВР 12-76. Тюмень: Гипротюменнефтегаз, 1976.

Таблица 9

Принцип проектирования насыпи	Способ возведения насыпи
Сохранение и понижение температуры вечномерзлых грунтов оснований	Максимальное сохранение естественного термовлажностного режима грунтов в период производства работ и в течение всего периода эксплуатации

Окончание табл. 9

Принцип проектирования насыпи	Способ возведения насыпи
	Вырубка леса только в зимний период с незначительным опережением фронта земляных работ. Отсыпка земляного полотна производится автовозкой в зимний период на полную высоту или в две стадии: часть высоты насыпи в зимний период, а досыпка до проектной отметки – летом, в сроки, определяемые теплотехническим расчетом
Оттаивание и осушение вечномерзлых грунтов оснований	Обеспечение максимального протаивания и осушения грунтов заблаговременной подготовкой и проведением мероприятий по осушению по всей площадке. Отсыпка насыпи осуществляется после окончания протаивания и осушения в одну стадию

8.9. При производстве строительных работ в летний период отсыпку насыпей следует производить способом "от себя", с тем чтобы естественная поверхность и ее мохорастительный покров не нарушались колесами и гусеницами транспортных средств. Отдельные бугры следует срезать в зимнее время.

8.10. При II принципе строительства следует обеспечить максимальное протаивание и осушение грунтов. В этом случае все подготовительные работы следует выполнять до начала земляных работ (расчистка территории, устройство дренажных и водоотводных сооружений и т.д.). Мохорастительный покров в основании насыпи не сохраняют. Насыпь отсыпают в летний период на оттаявший деятельный слой.

8.11. Для отсыпки насыпей рекомендуется применять без ограничения грунты, состояние которых под воздействием природных факторов практически не изменяется или изменяется незначительно и не влияет на прочность и устойчивость земляного полотна. К ним относятся крупнообломочные, песчаные (за исключением мелких недренирующих и пылеватых песков), супеси легкие, крупные.

Применение этих грунтов может быть ограничено только по экономическим соображениям с учетом местных условий.

8.I2. Грунты, состояние и свойства которых существенно изменяются под воздействием природных факторов, допускаются к использованию в качестве материала для насыпей с учетом ограничений. К таким грунтам относятся мелкие недренирующие и пылеватые пески, глинистые грунты. Возможность и целесообразность применения их устанавливаются в зависимости от местных условий и технико-экономических соображений.

8.I3. В технологический процесс устройства насыпей входят:

- послойная отсыпка и уплотнение грунта;
- планировка и профилирование насыпи;
- окончательное уплотнение спрофилированной насыпи.

8.I4. При устройстве насыпей с утеплением (торф, пенопласт и др.) по поверхности основания отсыпают выравнивающий слой песка (H = 0,I5 - 0,20 м), после чего на него укладывают утеплитель. Для сохранения утеплителя от механического повреждения последующий слой подсыпки следует назначать не менее 0,5 м.

8.I5. В зимних условиях для устройства насыпей не допускается использовать переувлажненные грунты. Весь процесс устройства насыпей следует выполнять непрерывно во избежание замерзания грунта. Отсыпать грунт следует послойно на 2-х захватках:

- на первой - разгрузка грунта;
- на второй - профилирование и уплотнение.

Устройство насыпей должно производиться круглосуточно с требуемым уплотнением каждого слоя (толщина слоя 0,2-0,3 м).

8.I6. Верхнюю часть насыпей на высоту $H \geq 0,5$ м следует отсыпать исключительно талыми грунтами (п.8.I2). Количество мерзлого грунта в теле насыпей ограничивается 30% общего объема, укладка мерзлых комьев размером более 0,I5 м не допускается.

8.I7. Тип и количество машин для производства работ по устройству насыпей зависят от объема работ, физико-механических свойств грунтов. При этом учитываются природно-климатические и грунтово-гидрогеологические условия осваиваемых территорий.

8.I8. Время рабочего цикла при устройстве насыпей зависит от температуры наружного воздуха, скорости ветра и количества мерзлого грунта.

Допустимое время Т рабочего цикла при отсыпке насыпей в зимнее время приводится в табл. I0.

Таблица I0

Температура наружного воздуха, °С	Содержание мерзлых комьев, % общего объема	Время Т, мин, при скорости ветра, м/с			
		3	7	I0	I0
Выше -I0	До I0	240	I80	I40	I20
	I0-20	I80	I30	II0	90
	20-30	I20	90	75	60
-I0...-I7	До I0	I50	I20	I00	80
	I0-20	II0	90	75	60
	20-30	90	60	50	40
-I7...-25	До I0	I20	90	70	60
	I0-20	70	80	50	45
	20-30	60	45	30	20

8.I9. При снегопадах и метелях работы по отсыпке насыпей не допускаются. Перед возобновлением работ засыпанные участки следуе очищать от снега.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение I

Методология расчета климатических характеристик и теплофизических свойств грунтов

Расчет климатических характеристик

Расчетная величина среднемесячной приведенной температуры воздуха, т.е. учитывающая затраты на испарение и радиационный теплообмен, определяется по формуле

$$t_{пр} = t + \Delta t_R - \Delta t_\varepsilon \quad , \tag{I.1}$$

где t - среднемесячная температура воздуха, определяемая по данным климатических справочников, ^{o}C;

$\Delta t_R, \Delta t_\varepsilon$ - поправки к среднемесячным температурам воздуха за счет солнечной радиации и испарения, ^{o}C.

В большинстве случаев поправки Δt_R и Δt_ε следует вычислять для периода года со среднемесячными температурами воздуха выше $0^{o}C$. Для периода отрицательных температур воздуха допускается производить расчеты без поправок.

Расчет поправки к температуре воздуха за счет поступления солнечной радиации Δt_R выполняется по формуле

$$\Delta t_R = \frac{R}{0{,}073\ \alpha} \quad , \tag{I.2}$$

где α - коэффициент теплообмена на поверхности грунта, ккал/м^2.ч.град, приближенно вычисляемый по формуле

$$\alpha = 10\sqrt{v'} \quad . \tag{I.3}$$

где v' - среднемесячная скорость ветра, м/с;

R - среднемесячные суммы радиационного баланса, ккал/см^2.мес.

Для горизонтальных поверхностей они могут быть вычислены по формуле

$$R = Q_0 K_A - 0{,}12 \quad , \qquad (I.4)$$

где Q_0 – среднемесячные величины суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную площадку, ккал/см^2·мес; значения Q_0 берутся по данным наблюдений ближайших метеостанций или из справочника по климату;

K_A – коэффициент, учитывающий альбедо площадки, принимаемый по табл. I.I.

Таблица I.I

Значения коэффициента K_A

Альбедо А,%	IO	20	30	40	50	60	80
K_A	0,68	0,55	0,45	0,35	0,30	0,23	0,20

Значения альбедо для характерных поверхностей приведены в табл. I.2.

Таблица I.2

Значения альбедо для различных поверхностей

Тип поверхности	Альбедо А, %
Болото с кустарником (марь)	20–25
Луг с зеленой травой	25–23
Тундра	I5–20
Оголенная почва светлая	25–30
То же, темная, сухая	I4
То же, влажная	8
Поверхность со скошенной травой	I4

Окончание табл. I.2

Тип поверхности	Альбедо А, %
Вспаханная поверхность	I4–25
Глинистый грунт влажный	I6
То же, сухой	23
Песок серый	I8–23
Песок светлый тонкий	37
Песок речной сухой	26–28
Гравийное покрытие	8–I2
Щебеночное покрытие	I4
Бетон	25–35
Дерево	30–40
Галька речная сухая	29
Снежный покров устойчивый	80
То же, неустойчивый весной	38
То же, неустойчивый осенью	50
Почва после схода снежного покрова	I5

Для наклонных поверхностей среднемесячные суммы радиационного баланса (R_β) следует вычислять по формуле

$$R_\beta = (m_\beta J_0 + \rho_\beta D_0)\ K_A - 0{,}42, \qquad (I.5)$$

где J_0, D_0 – соответственно среднемесячные суммы прямой и рассеянной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную площадку, ккал/см^2·мес; значения J_0 и D_0 берутся из климатического справочника;

m_β – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние угла наклона поверхности к горизонту и ее ориентацию в пространстве на поступление прямой радиации. Для горизонтальной поверхности m_β=I. Для откосов крутизно

I:I,5; I:2; I:3, ориентированных по странам света, значения m_β в зависимости от географической широты и времени года приведены в табл. I.3;

ρ_β - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона поверхности к горизонту на поступление рассеянной солнечной радиации, определяемой по формуле

$$\rho_\beta = \cos^2 \frac{\beta}{2}, \qquad (I.6)$$

где β - угол наклона поверхности к горизонту, град.

Формулы (I.5), (I.6) применимы для расчета радиационного баланса лишь в тот период года, когда величина R_β положительна и превышает 2-3 ккал/см^2·мес.

В случаях, когда это условие не выполняется, вместо формулы (I.5) следует пользоваться уравнением

$$R_0 = (I-A) \quad Q_0 - E_0 \quad ,$$

а вместо формулы (I.6) - уравнением

$$R_\beta = (m_\beta J_0 + \rho_\beta D_0) \ (I-A) - E_0,$$

где A - альбедо поверхности, дол. ед.;

E_0 - среднемесячная сумма эффективности излучения, ккал/см^2.мес, определяемая по климатическому справочнику.

Таблица I.3

Значения коэффициента m_β

Крутизна откоса	Географическая широта, град.	Значения коэффициента m_β по месяцам						
		УI	У и УП	IУ и УШ	Ш и IX	П и X	I и XI	XII
		Южная экспозиция откоса						
I:I,5	4I-50	0,95	I,02	I,23	I,52	I,96	2,35	2,75
	5I-55	0,97	I,04	I,26	I,62	2,24	3,20	4,25
	56-60	I,00	I,07	I,29	I,74	2,67	4,95	7,90

Продолжение табл. I.3

Крутизна откоса	Географическая широта, град.	Значения коэффициента $m_д$ по месяцам						
		VI	V и VII	IV и VIII	III и IX	II и X	I и XI	XII
	61-65	1,02	1,09	1,32	1,86	3,74	8,40	-
	66-70	1,05	1,12	1,36	2,04	4,30	-	-
	71-75	1,08	1,15	1,40	2,25	4,87	-	-
1:2	45-50	0,98	1,03	1,13	1,35	1,70	2,15	2,35
	51-55	1,00	1,05	1,18	1,45	1,90	2,60	3,40
	56-60	1,02	1,08	1,23	1,58	2,20	3,55	5,40
	61-65	1,03	1,11	1,31	1,74	1,80	5,10	-
	66-70	1,05	1,15	1,40	1,95	3,82	-	-
	71-75	1,07	1,20	1,50	2,10	4,90	-	-
1:3	45-50	1,01	1,05	1,10	1,28	1,53	1,80	1,95
	51-55	1,02	1,06	1,14	1,35	1,65	2,10	2,75
	56-60	1,03	1,09	1,19	1,45	1,84	2,45	3,90
	61-65	1,05	1,11	1,25	1,57	2,32	-	-
	66-70	1,05	1,13	1,31	1,68	3,20	-	-
	71-75	1,06	1,15	1,38	1,80	4,00	-	-
		Северная экспозиция откоса						
1:1,5	45-50	0,76	0,70	0,50	0,20	-	-	-
	51-55	0,70	0,60	0,40	-	-	-	-
	56-60	0,66	0,54	0,30	-	-	-	-
	61-65	0,64	0,50	0,20	-	-	-	-
	66-70	0,61	0,46	0,16	-	-	-	-
	71-75	0,58	0,40	0,12	-	-	-	-
1:2	45-50	0,82	0,78	0,65	0,42	0,08	-	-
	51-55	0,78	0,72	0,59	0,31	-	-	-
	56-60	0,74	0,69	0,52	0,17	-	-	-
	61-65	0,75	0,75	0,45	-	-	-	-
	66-70	0,80	0,80	0,36	-	-	-	-
	71-75	0,85	0,85	-	-	-	-	-
1:3	45-50	0,89	0,85	0,77	0,59	0,39	0,17	0,10
	51-55	0,87	0,82	0,78	0,49	0,29	0,05	-
	56-60	0,84	0,80	0,69	0,44	0,18	-	-
	61-65	0,84	0,80	0,62	0,35	0,07	-	-

Окончание табл. I.3

Крутизна откоса	Географическая широта, град.	Значения коэффициента m_β по месяцам						
		УI	У и УП	IУ и УШ	Ш и IX	П и X	I и XI	XII
	66-70	0,90	0,8I	0,60	0,24	-	-	-
	7I-75	0,90	0,83	0,58	0,I0	-	-	-
	Восточная и западная экспозиции откоса							
I:I,5	40-50	0,85	0,86	0,87	0,89	0,92	0,96	0,99
	5I-60	0,87	0,87	0,90	0,92	0,92	I,04	I,08
	6I-70	0,89	0,89	0,92	I,00	I,I2	I,I8	I,26
I:2	40-50	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,97	0,97
	5I-60	0,92	0,92	0,93	0,95	0,98	I,04	I,05
	6I-70	0,96	0,96	0,98	I,0I	I,09	I,I7	I,25

Поправки к среднемесячным температурам воздуха за счет испарения воды с поверхности Δt_ε следует определять в зависимости от среднемесячных величин температур и влажности воздуха, уточненных для перехода от величин, измеряемых в метеобудках, к величинам, измеряемым у поверхности грунта по формулам:

$$t_{исп} = t + \Delta t \,, \qquad (I.7)$$

$$l_{исп} = l + \Delta l \,, \qquad (I.8)$$

где t и l – соответственно среднемесячные величины температуры, ^{o}C, и абсолютной влажности воздуха, мб, по данным измерений на метеостанции;

Δt и Δl – поправки за сезонный ход соответственно к температуре и влажности воздуха, определяемые по табл. I.4, I.5.

Для вычисленных значений $t_{исп}$ и $l_{исп}$ по табл. I.6 определяется поправка Δt_ε к температуре воздуха за счет испарения с поверхности грунта, покрытой растительностью в естественных условиях увлажнения. При других типах поверхностей значения Δl_ε, получен-

ные из табл. I.6, должны корректироваться умножением на коэффициент K_E, учитывающий влияние физических свойств поверхности и глубины залегания грунтовых вод на интенсивность испарения.

Значения K_E принимают равными: 0 - при наличии на поверхности насыпи покрытия, например, из железобетонных плит; 0,25 - для лишенных растительности сухих поверхностей суглинистых и глинистых грунтов при глубоком (более I,5 м) залегании грунтовых вод; 0,30 - то же, для песчаных и супесчаных грунтов; 0,60 - для лишенных растительности влажных поверхностей при глубоком залегании грунтовых вод.

Расчет приведенных температур воздуха, средних за летний или зимний $t_{пр.з}$ периоды, производится по приведенным среднемесячным температурам воздуха $t_{пр}$ за соответствующий период года по формуле

$$t_{пр.л\,(з)} = \frac{0{,}5(A+1)\,t_{пр.1} + t_{пр.2} + \ldots + t_{пр.n}\,0{,}5(B+1)}{A + (n-1) + B}, \qquad (I.9)$$

где $t_{пр.1}$ – среднемесячные приведенные температуры воздуха за рассматриваемый период;

n – число календарных месяцев в рассматриваемом сезоне;

A и B – коэффициенты, вычисляемые по формулам:

$$A = \frac{t_{пр.1}}{t_{пр.1} + t_{пр.0}}; \qquad (I.10)$$

$$B = \frac{t_{пр.n}}{t_{пр.n} + t_{пр.n+1}}, \qquad (I.11)$$

где $t_{пр.0}$ и $t_{пр.n+1}$ – среднемесячные приведенные температуры воздуха (по модулю, т.е. без учета знака) для месяцев, приходящихся соответственно на конец и начало следующего сезона, °С.

Длительность сезона отрицательных или положительных среднемесячных температур воздуха $t_з$ и $\tau_л$, ч, следует определять не-

Таблица I.4

Значения поправок Δt

Температура воздуха, °С	Значения поправок Δt к температуре воздуха по месяцам							
	III	IУ	У	УI	УII	УIII	IX	X
34	I,5	I,I	-I,0	0,I	-2,0	-5,0	-3,9	-2,4
32	I,6	I,3	-0,7	I,0	-I,6	-5,0	-4,0	-2,5
30	I,8	I,5	I,0	I,5	-I,3	-5,0	-4,I	-2,6
28	I,9	I,6	I,8	2,0	-I,2	-5,0	-4,4	-2,8
26	2,I	I,7	2,5	2,I	-I,2	-5,0	-4,7	-3,0
24	2,2	I,8	3,0	2,2	-I,3	-5,I	-5,0	-3,4
22	2,3	I,9	3,3	2,2	-I,5	-5,5	-5,6	-3,7
20	2,4	I,9	3,4	2,3	-2,0	-5,9	-6,I	-4,2
I8	2,5	I,9	3,6	2,5	-2,5	-7,0	-6,I	-4,0
I6	2,3	I,9	3,7	2,7	-3,5	-8,4	-8,5	-5,4
I4	2,3	I,8	3,7	2,7	-4,2	-I0,0	-I0,4	-5,9
I2	2,2	I,8	3,5	3,0	-4,5	-I2,8	-I2,4	-6,8
I0	2,0	I,7	3,3	3,5	-4,5	-I5,0	-I5,0	-7,8
8	I,8	I,6	3,I	3,9	-4,5	-I7,2	-I8,0	-9,0
4	I,5	I,4	2,2	2,9	-4,4	-I8,0	-29,0	-I2,5
2	I,4	I,3	I,8	2,2	-4,3	-I8,0	-34,0	-I4,5
0	I,3	I,I	I,4	I,6	-4,0	-I7,5	-37,0	-I6,5

Таблица I.5

Значения поправок Δl

Температура воздуха, °С	Значения поправок Δl влажности воздуха по месяцам							
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
34	-	-	-	-I,7	0,6	-I,2	-	-
32	-	-	0,9	-I,5	0,6	-I,3	-I,3	-
30	-	2,5	I,3	-I,2	0,5	-I,4	-I,5	-
28	-	2,3	I,6	-0,8	0,3	-I,7	-I,7	-I,I
26	I,6	I,9	I,8	-0,4	0,0	-2,0	-I,8	-I,2
24	I,5	I,8	3,0	-0,I	-0,7	-2,3	-2,0	-I,3
22	I,4	I,6	4,0	0,0	-0,2	-2,7	-2,2	-I,5
20	I,4	I,4	4,0	0,7	-I,4	-3,2	-2,4	-I,6
I8	I,3	I,3	3,4	I,4	-2,0	-3,9	-2,6	-I,9
I6	I,2	I,2	3,0	2,0	-3,0	-4,6	-2,9	-2,0
I4	2,0	I,0	2,5	2,7	-4,2	-5,4	-3,3	-2,4
I2	I,0	0,9	2,I	3,I	-5,0	-6,2	-3,8	-2,8
I0	0,9	0,8	I,8	2,6	-5,6	-7,2	-4,3	-3,3
8	0,8	0,8	I,5	I,7	-5,7	-8,2	-4,9	-3,6
6	0,7	0,7	I,0	0,8	-5,7	-9,0	-5,4	-3,6
4	0,6	0,5	0,7	0,0	-	-	-5,9	-3,3
2	0,5	0,4	0,2	-	-	-	-5,9	-3,0
0	0,4	0,3	0,0	-	-	-	-5,7	-2,8

Таблица I.6

Величина добавки Δt_E в зависимости от $t_{исп}$ и $\ell_{исп}$

$t_{исп}$ °С	$\ell_{исп}$ мб						
	I	4	8	I2	I6	20	24
-20	-0,I	-	-	-	-	-	-
-24	0,0	-	-	-	-	-	-
-20	0,I	-	-	-	-	-	-
-I6	0,2	-0,4	-	-	-	-	-
-I2	0,2	0,7	-	-	-	-	-
-8	0,6	I,0	0,8	-	-	-	-
-4	0,6	I,I	I,I	-	-	-	-
0	0,6	I,2	I,6	-	-	-	-
4	0,7	I,3	I,9	I,8	-	-	-
8	0,6	I,2	2,I	2,2	-	-	-
I2	-	I,I	2,I	2,7	-	-	-
I6	-	I,0	I,9	2,7	-	-	-
20	-	0,8	I,6	2,5	3,4	3,6	-
24	-	0,6	I,2	2,0	2,9	3,8	4,I
28	-	-	I,0	I,6	2,2	3,4	4,6
32	-	-	0,8	I,2	I,8	2,6	3,8

посредственно по графику годового хода приведенных среднемесячных температур или по формуле

$$\tau = 730\,[A + (n - I) + B]\,, \qquad (I.I2)$$

Определение теплофизических характеристик грунтов

Расчетные значения теплофизических характеристик применяемых материалов и теплоизоляционных слоев с учетом их состояния в конструкции насыпи принимают согласно табл. I.7, I.8.

Таблица I.7

Теплофизические характеристики материалов

Материал	Объемн. вес γ, кг/м^3	Влажность (по весу) W, %	Коэффициент теплопроводности материала, ккал/м·ч·град		Объемная теплоемкость материала, ккал/м^3·град	
			$\lambda_т$	$\lambda_м$	$C_т$	$C_м$
Железобетон	2500	2-5	2,0	2,2	500	490
Цементобетон	2200	3-6	I,7-I,8	I,9-2,0	530	500
Щебень	2000	I0	2,3	2,9	5I0	500
Щебень	2000	2-4	I,6-I,7	I,7-I,9	400	380
Гравий	2000	3-5	I,2	I,4	550	520
Гравий	2000	7-I0	I,7	2,I	570	530

Таблица I.8

Характеристики теплоизоляционных материалов

Теплоизоляционный материал	Объемный вес $\gamma_з$, кг/м³	Влажность весовая W, %	Коэффициент теплопроводности, ккал/м·ч·град	
			$\lambda_т$	$\lambda_м$
Торф нарушенной структуры, уплотненный	I000	250-350	0,45	0,60-0,80
Древесные опилки	250	До 20	0,08-0,I0	0,I2-0,I5
Шлак котельный до 25 мм	700	I2-35	-	0,55-I,05
Отходы влажной древесины (щепа, сучья, ветки) в уплотненном состоянии	300-400	40-50	0,20-0,25	0,30
Древесина свежей рубки	300-350	50	0,30	0,40
Снег свежевыпавший	I50-200	-	-	0,I0
Снег перемешанный	300-350	-	-	0,20-0,30

Примечание. Теплофизические характеристики песчаных и глинистых грунтов определяют согласно СНиП II-I8-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах". Индексы Т и М соответственно для талого и мерзлого грунтов.

Основные климатические хара
расчетов

Метеостанция	Месторождение в зоне метеостанции	Среднелетняя температура воздуха, °С	Продолжительность летнего периода, ч	Среднезимняя температура воздуха, °С
Дровяной, мыс	Малыгинское	3,8	2496	-I6,3
Тамбей	Северо-Тамбейское, Южно-Тамбейское	4,5	26I6	-I6,8
Харасавей, мыс	Харасавейское, Бованенковское, Крузенштерновское	4,2	26I6	-I6,6
Гыда-Ямо	Штормовское, Южно-Ватское, Утреннее	6,5	26I6	-I8,7
Таллбе-Яха	Геофизическое	5,7	2520	-I7,3
Се-Яха	Нейтинское, Арктическое	5,8	2568	-I6,2
Марре-Сале	То же	4,9	2736	-I4,2
Каменный, мыс	Среднеямальское, Среднетазовское, Нурминское	6,9	2640	-I6,3
Новый Порт	Новопортовское, Малоямальское	7,5	2760	-I6,I
Тазовское	Тазовское, Олекуменское, Еньяхинское	8,8	2808	-I7,7
Полярный Урал	То же	7,8	3000	-I3,4
Ра-Из	- " -	5,3	2304	-I3,0
Яр-Сале	- " -	8,4	3096	-I6,I
Ныда	Нахамское, Медвежье, Харвутинское	8,5	3000	-I6,3
Салоровск	Русское, Заполярное	9,4	3048	-I7,9

Таблица I.9

ктеристики для теплотехнических
насыпей

Продолжительность зимнего периода, ч	Среднегодовая температура наружного воздуха, °С	Среднегодовая скорость ветра, м/с	Среднелетняя скорость ветра, м/с	Среднезимняя скорость ветра, м/с	Даты перехода температуры через 0°С	
6264	-I0,7	6,3	6,0	6,5	I4.УI	26.IX
6I44	-I0,7	6,6	6,2	6,8	II.УI	29.IX
6I44	-9,8	7,0	6,4	7,3	I2.УI	30.IX
6I44	-II,2	6,3	5,9	6,6	I0.IУ	20.IX
6240	-I0,8	6,2	5,5	6,5	I3.IУ	27.IX
6I92	-9,8	7,4	6,7	7,8	I3.УI	2.X
6026	-8,3	7,0	6,6	7,3	I0.IУ	5.X
6I20	-9,4	6,8	6,6	6,9	I3.УI	2.X
6000	-8,8	6,2	5,9	6,3	6.УI	3.X
5962	-9,3	6,2	5,7	6,6	3I.У	I.X
5760	-6,3	6,8	5,3	7,6	27.У	30.IX
6456	-8,2	8,0	6,7	8,7	I0.IУ	I5.IX
5664	-7,5	5,I	5,0	5,2	27.У	4.X
5760	-7,8	5,I	5,I	5,I	3I.У	4.X
57I2	-8,5	3,7	3,6	3,7	28.У	3.X

Метеостанция	Месторождение в зоне метеостанции	Среднелетняя температура воздуха, °С	Продолжительность летнего периода, ч	Среднезимняя температура воздуха, °С
Таз	Южно-Русское, Русско-Часельское, Часельское	9,6	3264	-I7,4
Уренгой	Уренгойское, Восточно-Уренгойское, Южно-Уренгойское, Юбинское, Пырейское	9,4	3096	-I7,I
Надым	Надымское, Медвежье, Пангодинское, Ямсовейское	9,2	3264	-I5,9
Тарко-Сале	Западно-Тарко-Салинское, Комсомольское, Губкинское, Вынгапуровское, Северо-Тулейское, Верхне-Пурпейское, Северо-Комсомольское	9,2	3456	-I6,9
Толька	Южно-Харампурское, Тарасовское	I0,0	3432	-I6,3
Березово	Березовское, Северо-Казымское, Тугиленское, Чуальское, Похромское, Алясовское, Деминское	9,8	3768	-I4,0
Казым	Северо-Казымское	9,7	3888	-I4,4
Сосьвинская К/база	Советско-Сосьвинское	I0,0	3840	-I3,7
Нумто	См. примечание	9,8	3456	-I5,0
Игрим	Игримское, Пунгинское, Кулин-Турское, Пауль-Тарское, Сыскон-Сыньгинское	I0,0	3984	-I3,8
Варь-Еган	См. примечание	I0,4	3720	-I4,8

Продолжение табл. I.9

Продолжительность зимнего периода, ч	Среднегодовая температура наружного воздуха, °С	Среднегодовая скорость ветра, м/с	Среднелетняя скорость ветра, м/с	Среднезимняя скорость ветра, м/с	Даты перехода температуры через 0°С	
5496	-7,9	3,3	3,I	3,4	25.У	3.Х
5664	-7,8	3,6	3,7	3,6	26.У	3.Х
5496	-6,6	2,9	3,0	2,9	2I.У	5.Х
5304	-6,7	3,7	3,8	3,6	2I.У	2.Х
5323	-6,I	2,5	2,5	2,4	I4.У	5.Х
4992	-3,8	3,7	4,2	3,3	3.У	9.Х
4872	-3,8	2,6	2,8	2,4	29.IУ	9.Х
4920	-3,4	2,4	2,6	2,3	27.IУ	9.Х
5304	-5,3	4,2	4,4	4,I	I6.У	8.I
4776	-3,I	3,3	3,3	3,2	26.IУ	I0.Х
5040	-4,2	3,4	3,5	3,4	6.У	9.Х

Метеостанция	Месторождение в зоне метесстанции	Среднелетняя температура воздуха, °С	Продолжительность летнего периода, ч	Среднезимняя температура воздуха, °С
Варьяк	Хохряковское, Колекъеганское, Пермяковское	10,9	3840	-14,3
Сургут	Северо-Сургутское, Западно-Сургутское, Усть-Балыкское, Южно-Сургутское, Восточно-Сургутское, Широковское, Покамасовское, Кокосовское	10,8	3840	-13,8

Примечание. Варь-Еган - Повховское, Северо-Варьеганское, Вань-Еганское, Чунь-Еганское, Нов

Нумто - Семиеганское, Хеттинское, Айхетт Западно-Ноябрьское, Пулпуяхское Верхне-Надымское, Восточно-Перев

Окончание табл. I.9

Продолжительность зимнего периода, ч	Среднегодовая температура наружного воздуха, °С	Среднегодовая скорость ветра, м/с	Среднелетняя скорость ветра, м/с	Среднезимняя скорость ветра, м/с	Даты перехода температуры через 0°С	
4920	-3,3	3,6	3,4	3,7	27.IУ	II.X
4920	-3,I	4,9	4,9	4,9	28.IУ	I2.X

Ново-Аганское, Тагринское, Верхне-Колек-Еганское, Северо-Хохряковское, омолодежное, Вать-Еганское, Курагинское, Ортягинское.

инское, Верхне-Лунгорское, Западно-Ватлорское, Ноябрьское, Романовское, ,Суторминское, Сойм-Лорское, Карамовское, Муравленковское, Нятлонгское, альное, Кельсинское.

Приложение 2

ПРИМЕРЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАСЫПЕЙ

Определение расчетных значений приведенной температуры воздуха

Расчет выполняется для района Русского месторождения нефти (метеостанция "Тазовское") согласно разделу 7 настоящей Инструкции и "Справочнику по климату СССР". Л.: Гидрометеоиздат, 1967, вып. 17 (части I-У).

Расчет сведен в табл. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4.

Таблица 2.I

Климатические характеристики

Параметр	Месяцы											
	I	II	III	IУ	У	УI	УII	УIII	IX	X	XI	XII
Температура воздуха среднемноголетняя t, °С	-26,7	-25,8	-22,5	-I4,2	-5,5	5,2	I3,4	I0,7	4,2	-6,5	-I9,4	-24,9
Высота снежного покрова $h_{сн}$, м	25	0,30	0,34	0,38	0,2I	-	-	-	-	0,08	0,I5	0,20
Плотность снежного покрова $S_{сн}$, кг/м³	240	230	270	260	340	-	-	-	-	I90	230	240
Влажность воздуха l, мб	I,0	0,7	I,I	2,4	4,I	7,8	II,8	I0,6	7,8	4,0	I,6	I,I
Скорость ветра v, м/с	6,9	6,I	7,0	6,6	6,6	6,2	5,3	5,4	5,3	6,4	6,2	6,8
Прямая солнечная радиация J_0, ккал/см²·мес	0	0,4	2,2	3,6	5,6	7,I	8,I	3,9	I,3	0,4	0,I	0
Рассеянная солнечная радиация D_0, ккал/см²·мес	0,2	I,I	3,4	6,9	7,8	7,4	6,4	5,5	3,I	I,6	0,4	0
Суммарная солнечная радиация Q_0, ккал/см²·мес	0,2	I,5	5,6	I0,5	I3,4	I4,5	I4,5	9,4	4,4	2,0	0,5	0
Эффективное излучение E, ккал/см²·мес	I,0	I,2	I,9	3,0	3,0	3,9	3,8	2,7	I,6	I,3	I,2	I,I
Альбедо поверхности торфяных откосов A, %	40	40	40	40	30	8	8	8	8	8	40	40

Окончание табл. 2.I

Параметр	Месяцы											
	I	II	III	IУ	У	УI	УII	УIII	IX	X	XI	XII
Альбедо окружающей территории A, %	80	80	80	80	40	20	20	20	20	50	80	80
Коэффициент полной радиации для откосов южной экспозиции m_{β}	-	4,30	2,04	I,36	I,I2	I,05	I,I2	I,36	2,04	4,30	-	-
Коэффициент полной радиации для северной экспозиции m_{β}	-	-	-	0,I6	0,46	0,6I	0,46	0,I6	-	-	-	-

Таблица 2.2

Расчет поправок к среднемесячным температурам за счет солнечной радиации

Величины	Размерность	Поправки к среднемесячным температурам воздуха за счет солнечной радиации, °С											
		I	II	III	IУ	У	УI	УII	УIII	IX	X	XI	XII
Верхняя часть насыпи (с покрытием)													
K^A (по табл. I.I прил. I)	ккал/см²·мес	0,45	0,46	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
$R_0 = Q_0K - 0,42$		–	–	–	4,30	5,6I	6,I0	6,I0	3,8I	–	–	–	–
$R_0 = (I-A)\,Q_0 - E_0$		-0,86	-0,I5	2,02	–	–	–	–	–	I,48	0,I0	-0,85	-I,I
Δt_R = (по формуле I.2 прил. I)	°С	-0,45	-0,08	I,04	2,29	2,98	3,35	3,63	2,25	0,88	0,05	-0,47	-0,58
Верхняя часть насыпи (песок)													
K^A		0,35	0,35	0,35	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,35	0,35
$R = Q_0K - 0,42$	ккал/см²·мес	–	–	–	4,84	6,0I	6,54	6,54	4,09	–	–	–	–
$R = (I-A)\,Q_0 - E_0$		-0,88	-0,30	I,46	–	–	–	–	–	I,66	0,I8	-0,90	-I,I
Δt_R	°С	-0,46	-0,I7	0,76	2,57	3,20	3,59	3,89	2,42	0,99	0,I0	-0,49	-0,58
Откос южной экспозиции													
K^A		0,35	0,35	0,35	0,35	0,45	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,35	0,35
$J_0 m_\beta$ (из табл. I.3 прил. I)	ккал/см²·мес	0	I,72	4,49	4,89	6,27	7,45	9,07	5,30	2,65	I,72	0	0

Окончание табл. 2.2

Величины	Размерность	Поправки к среднемесячным температурам воздуха за счет солнечной радиации, °С											
		I	II	III	IУ	У	УI	УII	УIII	IX	X	XI	XII
$D_0\rho_\beta$ (формула I.6 прил. I)	ккал/см²·мес	0,I8	I,0I	3,I3	6,35	7,I8	6,8I	5,89	5,06	2,85	I,47	0,37	0
$Q_\beta = J_0 m_\beta + D_0\rho_\beta$		0,I8	2,73	7,62	II,24	I3,45	I4,26	I4,96	I0,36	5,50	3,I9	0,37	0
$R_\beta = Q_\beta K_A - 0,42$		-	-	-	3,5I	5,63	9,28	9,75	6,62	3,32	-	-	-
$R_\beta = Q_\beta(I-A) - E_0$		-0,89	0,44	2,67	-	-	-	-	-	-	I,63	-0,89	-I,I
Δt_R	°С	-0,46	0,24	I,38	I,87	2,99	5,I0	5,80	3,92	I,98	0,88	-0,53	-0,58
Откос северной экспозиции													
$J_0 m_\beta$	ккал/см²·мес	0	0	0	0,57	2,57	4,33	3,73	0,62	0	0	0	0
$D_0\rho_\beta$		0,I8	I,0I	3,I3	6,35	7,I8	6,8I	5,89	5,06	2,85	I,47	0,37	0
$Q_\beta = J_0 m_\beta + D_0\rho_\beta$		0,I8	I,0I	3,I3	6,92	9,75	II,I4	9,62	5,68	2,85	I,47	0,37	0
$R_\beta = Q_\beta K_A - 0,42$		-	-	-	-	3,97	7,I5	6,I2	3,44	-	-	-	-
$R_\beta = Q_\beta(I-A) - E_0$		-0,89	-0,59	-0,02	I,07	-	-	-	-	I,02	0,05	-0,98	-I,I
Δt_R	°С	-0,46	-0,33	-0,0I	0,56	2,II	3,92	3,66	2,I7	0,60	0,02	-0,53	-0,58

Таблица 2.3

Расчет поправок к среднемесячным температурам воздуха за счет испарения

Величины	Размерность	Поправки к среднемесячным температурам воздуха за счет испарения											
		I	II	III	IУ	У	УI	УII	УIII	IX	X	XI	XII
Верхняя часть насыпи													
$t+\Delta t_R$	°С	-27,I6	-25,97	-2I,74	-II,63	-2,3	8,79	I7,29	I3,I2	5,I9	-6,4	-I9,89	-25,48
Δt (по табл. I прил. I)	°С	0	0	0	0	0	3,2	-4,3	-I4,2	-28,45	0	0	0
$t_{исп}=t+\Delta t$	°С	-27,I6	-25,97	-2I,74	-II,63	-2,3	II,99	I2,99	-I,08	-28,26	-6,4	-I9,89	-25,48
$l_{исп}=l+\Delta l$	мб	I,0	0,7	I,I	2,4	4,I	8,I	7,4	3,7	I,9	4,0	I,6	I,I
$\Delta t_E=K_E\Delta t'_E$	°С	0	0	0	0,24	0,66	I,26	I,20	0,72	0	0,60	0,16	0
Откос южной экспозиции													
$t+\Delta t_R$	°С	-27,I6	-25,56	-2I,I2	-I2,35	-2,5I	I0,30	I9,20	I4,62	6,I8	-5,62	-I9,93	-25,48
Δt	°С	0	0	0	0	0	3,2	-4,3	-I4,2	-28,5	0	0	0
$t_{исп}=t+\Delta t$	°С	-27,I6	-25,56	-2I,I2	-I2,35	-2,5I	I3,50	I4,90	0,42	-22,32	-5,62	-I9,93	-25,48
Δl (по табл. I прил. I)	мб	0	0	0	0	0	0,5	-4,4	-6,9	-5,9	0	0	0
$l_{исп}=l+\Delta l$	мб	I,0	0,7	I,I	2,4	4,I	8,3	7,4	3,7	I,9	4,0	I,6	I,I
$\Delta t_E=K_E\Delta t'_E$	°С	0	0	0,06	0,24	0,66	I,26	I,08	0,66	0	0,66	0,06	0

Окончание табл. 2.3

Величины	Размерность	Поправки к среднемесячным температурам воздуха за счет испарения											
		I	II	III	IУ	У	УI	УII	УIII	IX	X	XI	XII
						Откос северной экспозиции							
$t + \Delta t_R$	°С	-27,I6	-26,I3	-22,5I	-I3,64	-3,39	9,I2	I7,06	I2,87	4,80	-6,48	-I9,93	-25,48
Δt	°С	0	0	0	0	0	3,2	-4,3	-I4,2	-28,5	0	0	0
$t_{исп} = t + \Delta t$	°С	-27,I6	-26,I3	-22,5I	-I3,64	-3,39	I2,32	I2,76	-I,33	-23,7	-6,48	-I9,93	-25,48
$l_{исп} = l + \Delta l_{мб}$		I,0	0,7	I,I	2,4	4,I	8,3	7,4	3,7	I,9	4,0	I,6	I,I
$\Delta t = R \cdot \Delta t'_{\varepsilon}$	°С	0	0	0	0,24	0,66	I,26	I,20	0,72	0	0,60	0,06	0

Таблица 2.4

Расчетные значения приведенной температуры воздуха

Элементы поверхности	Среднемесячные приведенные температуры воздуха, °С											
	I	II	III	IУ	У	УI	УII	УIII	IX	X	XI	XII
Верхняя поверхность насыпи с покрытием	-27,I5	-25,88	-2I,46	-II,9I	-2,52	8,55	I7,03	I2,95	5,08	-6,45	-I9,87	-25,48
Откос насыпи южной экспозиции	-27,I6	-25,56	-2I,I8	-I2,57	-3,I7	+9,04	I8,I2	I3,96	6,I8	-6,28	-I9,99	-25,48
Откос насыпи северной экспозиции	-27,I6	-26,I3	-22,5I	-I3,88	-4,05	7,86	I5,86	I2,I5	4,80	-7,08	-I9,96	-25,48
Верхняя поверхность насыпи без покрытия	-27,I6	-25,97	-2I,74	-II,87	-2,96	7,53	I6,09	I2,40	5,I9	-6,4	-I9,89	-25,48

Расчет термической устойчивости песчаной насыпи
на льдонасыщенном торфяном основании

I. Длительность сезона положительных температур воздуха, ч, определяется по формуле

$$\tau_л = 730 \times [A + (n-1) + B] = 730 \times [0,718 + (4-1) + 0,448] = 3041.$$

$$A = \frac{t_{пр.1}}{t_{пр.1} + t_{пр.0}} = \frac{7,53}{7,53 + 2,96} = 0,718.$$

$$B = \frac{t_{пр.n}}{t_{пр.n} + t_{пр\,n+1}} = \frac{5,19}{5,19 + 6,4} = 0,448.$$

2. Расчет времени оттаивания песчаной насыпи высотой I м.

Таблица 2.5

Характеристика грунтов конструкции

	W	$\gamma_{об}$	$\gamma_{ск}$	$\lambda_т$	$\lambda_м$	$C_т$	$C_м$	Q
Песок насыпи	14,6	2000	1745	1,53	1,76	610	477	20381
Торф мерзлый	356	960	210	0,48	0,84	800	490	53088
Торф талый	1300	840	60	0,7	1,15	900	500	60480

Определяем параметры коэффициентов:

$$\mu_1 = \frac{\alpha}{\lambda_т} = \frac{23,6}{1,53} = 15,4 \text{ и } \beta = 10\sqrt{v} = 10\sqrt{5,6} = 23,6.$$

По номограмме (см. рис. 19) при $\mu_1 = 15,4$ и $h_1 = 1$ м находим $K_т = 2,35$ и вычисляем A_I по формуле

$$A_I = \frac{K_{т1}[Q + K_р(0,35 C_т t_{пр}^{max} + Q)]}{4\lambda_1 K_р \delta_1}; \qquad (2.1)$$

$$A_I = \frac{2,35[2038 + 1,13(0,35 \cdot 610 \cdot 16,09 + 286)]}{4 \cdot 1,53 \cdot 1,13 \cdot 0,021} = 398462;$$

$$\delta_1 = \frac{4 t_{пр}^{max}}{\tau_л} = \frac{4 \cdot 16,09}{3041} = 0,021;$$

$$K_р = 1,13;$$

$q = c_м t_i = 477 \cdot (-0,6) = 286,$

где t_i – среднеинтегральная температура вечномерзлой толщи

$$t_i = t_o + (I:I,5)^{\circ}C.$$

При $\tau_л = 304I$ и $A_I = 398462$ по номограмме (рис.20) $\tau_{от_I} = I020$ ч.

3. Определение глубины оттаивания торфяного основания.

При $\tau_л = \tau_{I+2} = 304I$ ч по формуле

$$A_{I+2} = \frac{\tau^2_{I+2}}{2} - \frac{\tau^3_{I+2}}{3\tau_л} = \frac{304I^2}{2} - \frac{304I^3}{3 \cdot 304I} = I,54I280 \cdot I0^6$$

находим коэффициент K_{T_2} для торфяного слоя:

$$K_{T_2} = \frac{[I54I280 - I020^2 \cdot (0,5 - \frac{I020}{3 \cdot 304I})] \cdot 4 \cdot I,I3 \cdot 0,48 \cdot 0,02I}{53088 + I,I3\ (0,35 \cdot 800 \cdot I6,09 + 286)} = \frac{5I83I,I}{58502} =$$

$= 0,886;$

$$\mu_2 = \frac{I}{0,48(\frac{I}{23,6} + \frac{I,0}{I,53})} = 2,99.$$

При $\mu_2 = 2,99$ и $K_{T_2} = 0,89$ по номограмме (рис. I9) находим $h_2 = 0,4$ м.

4. Расчет глубины оттаивания конструкции при высоте насыпи из песка, равной I,5 м.

$$\mu_1 = I5,4.$$

При $\mu_1 = I5,4$ и $h_1 = I,5$ м по номограмме (рис. I9) $K_{T_I} = 4,75.$

Величина A_I по формуле

$$A_I = \frac{4,75\ [2038I + I,I3\ (0,35 \cdot 6I0 \cdot I6,09 + 286)]}{4 \cdot I,53 \cdot I,I3 \cdot 0,02I} = 804I40,3 \cdot$$

При $\tau_л = 304I$ ч и $A_I = 804I40,3$ по номограмме (см. рис. 20) $\tau_{от_I} = I550$ ч.

5. Определение глубины оттаивания торфяного основания.

При $\tau_л = \tau_{1+2} = 3041$, $A_{1+2} = 1,541280 \cdot 10^6$

$$K_{T_2} = \frac{[154128C - 1550^2 (0,5 - \frac{1550}{3 \cdot 3041})] \cdot 4 \cdot 1,13 - 0,48 - 0,021}{53088 + 1,13 \cdot (0,35 \cdot 800 \cdot 16,09 + 286)} = \frac{34100,8}{58502} = 0,58;$$

$$\mu_2 = \frac{1}{0,46(\frac{1}{23,6} + \frac{1,5}{1,53})} = 2,04.$$

При $\mu_2 = 2,04$ и $K_{T_2} = 0,58$ по номограмме (см. рис. 19) определяем глубину оттаивания торфяного основания

$$h_{от} = 0,25 \text{ м}.$$

Аналогично определяется глубина оттаивания основания при другой заданной высоте насыпи из минеральных грунтов, и в зависимости от влажности основания (при недопущении оттаивания) назначаются толщины теплоизолирующих прослоек для обеспечения термической устойчивости насыпи.

Так, согласно приведенному расчету, для обеспечения термической устойчивости насыпи из песка высотой 1,5 м необходимо сделать теплоизолирующую прослойку из торфа не менее 0,25 м.

Пример расчета протаивания многослойной конструкции:

$\tau_л = 4320$ ч, $t^{нас}_{пр.л} = 21^{\circ}C$.

Таблица 2.2

Характеристика грунта насыпи

Местоположение слоя	Вид грунта	Теплофизические характеристики грунта в талом состоянии		
		$\lambda_т$	$C_т$	Q
Верхняя часть насыпи W = 11,4%	Песок мелкий пылеватый	1,48	480	15400
Средняя часть насыпи W = 17,3%	Песок мелкий пылеватый	1,77	580	23500

Окончание табл. 2.2

Местоположение слоя	Вид грунта	Теплофизические характеристики грунта в талом состоянии		
		$\lambda_т$	$C_т$	Q
Нижняя часть насыпи W = I9%	Песок мелкий пылеватый	I 85	6I0	25700
Основание W = 350%	Торф	0,40	700	45000

I. Определяем постоянные параметры для данных условий:

$$\delta = \frac{4t^{max}_{пр.л}}{\tau_л} = \frac{4 \cdot 2I}{4320} = 0,0I94; \quad q = 0; \quad K_р = I.$$

2. Определяем время оттаивания первого слоя (верхняя часть насыпи толщиной 0,6 м).

При $h_1 = 0,6$ м и $\mu = \mu_1 = \frac{20}{I,48} = I3,5$

по номограмме (см. рис. I9) получаем $K_{т_I} = 0,92$.

$$A_I = \frac{0,92\ (I5400+0,35 \cdot 480 \cdot 2I)}{4 \cdot I,48 \cdot I9,4 \cdot I0^{-3}} = I,5 \cdot I0^5.$$

При $A_I = I,5 \cdot I0^5$ и $\tau_л = 4320$ ч по номограмме (см. рис.20) получаем, что $\tau_1 = 570$ ч.

3. Определяем суммарное время оттаивания первого и второго слоев при $h_2 = 0,6$ м.

$$\mu = \mu_2 = \frac{I}{I,77(\frac{I}{20} + \frac{0,6}{I,48})} = I,25.$$

По номограмме (см. рис. I9) получаем, что $K_{т_2} = 2,8$;

$$A_2 = \frac{2,8\ (23500+0,35 \cdot 580 \cdot 2I)}{4 \cdot I,77 \cdot I9,4 \cdot I0^{-3}} + 570^2\ (0,5 - \frac{570}{3 \cdot 4320}) =$$

$$= 0,565 \cdot I0^6 + 0,I5 \cdot I0^6 = 7,I5 \cdot I0^5.$$

При $A_2 = 7,I5 \cdot I0^5$ и $\tau_л = 4320$ ч по номограмме (см. рис.20) получаем $\tau_{1+2} = I330$ ч.

4. Определяем суммарное время оттаивания трех слоев насыпи.

При $h_3 = 0{,}58$ м и

$$\mu_3 = \frac{1}{1{,}85\left(\frac{1}{20} + \frac{0{,}6}{1{,}48} + \frac{0{,}6}{1{,}48}\right)} = 0{,}68$$

по номограмме (см. рис. 19) получаем $K_{T_3} = 4{,}5$.

По формуле (22) определяем

$$A_3 = \frac{4{,}5\,(25700+0{,}35\cdot 6100\cdot 21)}{4\cdot 1{,}85\cdot 19{,}4\cdot 10^{-3}} + 1330^2\left(0{,}5 - \frac{1330}{3\cdot 4320}\right) =$$

$$= 0{,}94\cdot 10^6 + 0{,}7\cdot 10^6 = 1{,}64\cdot 10^6.$$

При $A_3 = 1{,}64\cdot 10^6$ и $\tau_л = 4320$ по номограмме (см. рис. 20) получаем $\tau_{1+2+3} = 2250$ ч.

5. Определяем глубину оттаивания торфяной части насыпи за оставшиеся 4320–2250 = 2070 ч.

При $\tau_л = 4320$ по номограмме (см. рис. 20) $A_4 = 3{,}1\cdot 10^6$.

Тогда $3{,}1\cdot 10^6 = \frac{K_T(45000+0{,}35\cdot 700\cdot 21)}{4\cdot 0{,}4\cdot 19{,}4\cdot 10^{-3}} + 2250^2\left(0{,}5 - \frac{2250}{12960}\right)$;

$3{,}1\cdot 10^6 = 1{,}62\cdot 10^6\cdot K_T + 1{,}7\cdot 10^6$, откуда $K_T = \frac{3{,}1-1{,}7}{1{,}62} = 0{,}86$.

При $K_T = 0{,}86$ и

$$\mu_4 = \frac{1}{0{,}4\left(\frac{1}{20} + \frac{0{,}6}{1{,}48} + \frac{0{,}58}{1{,}85} + \frac{0{,}6}{1{,}77}\right)} = 2{,}26$$

по номограмме (см. рис. 19) получаем, что $h_4 = 0{,}32$ м.

Пример расчета осадки насыпи из песка
на льдонасыщенном торфяном основании

$$a_{от} = (\varepsilon_н - \frac{W_c \gamma_2}{\gamma} - 0{,}05)\ 0{,}15 - \ln\left(1 - \frac{P}{2{,}7P + 2{,}24}\right) =$$

$$= (6{,}12 - \frac{3{,}56 \cdot 1{,}5}{1{,}0} - 0{,}05) \cdot 0{,}15 - \ln\left(1 - \frac{0{,}31}{2{,}7 \cdot 0{,}31 + 2{,}24}\right) =$$

$$= 0{,}186,$$

где $\varepsilon_н$ – начальный коэффициент пористости,

$$\varepsilon_н = \frac{\gamma_2 (1 + W_c)}{\gamma} - 1 = \frac{1{,}5\ (1 + 3{,}56)}{0{,}96} - 1 = 6{,}12;$$

γ_2 – удельный вес, г/см^3;

$\gamma_{об}$ – объемный вес, г/см^3;

W_c – суммарная влажность, дол. ед.

Площадка имеет размеры 20х20 м^2, высота насыпи h = 2,0 м, уклон откосов 1:1,5.

$$P = \frac{\gamma v}{S_{пл}} = \frac{2000 \cdot 1064}{676} = 3148 = 0{,}31 \text{ кгс/см}^2;$$

$$v = \frac{1}{3}\left(S_{пл} + \sqrt{S_{пл} S_o} + S_o\right) \cdot h = \frac{400 + \sqrt{400 \cdot 676} + 676}{3} \times 2 = 1064 \text{ м}^3;$$

$$S = a_{от}\, h_{от} = 0{,}186 \cdot 30 = 5{,}6 \text{ см}.$$

Осадка установившейся ползучести мерзлого торфа в основании насыпи определяется для слоя торфа

$$H_т = 1{,}2 \text{ м} < 0{,}5b$$

При h = 2,0 м осадка по оси насыпи составит

$$S_т^0 = \frac{K_л P \delta \tau_{год} N v}{1 + |t_{ср}|} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}31 \cdot 2600 \cdot 8760 \cdot 2 \cdot 0{,}000671}{1 + |-2|} = 9{,}740.$$

N = 2 года;

P = 0,31 кг/см^2;

$K_л = (2{,}5\text{–}3{,}0) \cdot 10^{-3}$;

$\tau_{год}$ = 8760 ч.

$$v = \frac{I}{4\pi} \ln(I+4\bar{Z}^2) = \frac{I}{4\cdot 3,I4} \ln(I+4\cdot 0,046^2) = 0,000671,$$

где

$$\bar{Z} = \frac{Z}{b} = \frac{I20}{2600} = 0,046.$$

Здесь Z – толщина мерзлого торфа;

b – ширина насыпи понизу.

Осадка по краю насыпи при

$$S_T^K = \frac{K_л \rho b \tau_{год} N v'}{1+|t_{cr}|} = \frac{3\cdot I0^{-3}\cdot 2600\cdot 8760\cdot 2\cdot 0,000I68\cdot 0,3I}{I+(-2\ )} = 2,37.$$

$$v' = \frac{I}{4\pi} \ln(I+\bar{Z}^2) = \frac{I}{I2,56} \ln(I+0,046^2) = 0,000I68.$$

Неравномерная осадка:

$$S_T = S_T^0 - S_T^K = 9,47-2,37 = 7,I0 \text{ см.}$$

Приложение 4

Таблица
приведения принятых обозначений
к единицам СИ

Наименование величины	Обозначение	Коэффициент для приведения к единице СИ
Коэффициент теплообмена	$\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$	$1{,}163 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$
Объемный вес (плотность)	г/см^3	$1 \cdot 10^3$ кг/м^3
Коэффициент теплопроводности	$\frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$	$1{,}163 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
Количество теплоты	ккал	4,1868 кДж
Время	ч	$36 \cdot 10^2$ с
Теплоемкость объемная	$\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{град}}$	$4{,}1868 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость	$\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$	$4{,}1868 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельный вес	г/см^3	$9{,}8 \cdot 10^3 \text{Н/м}^3$
Удельная нагрузка (давление)	кгс/м^2	9,8 Н/м^2
Модуль упругости	кгс/см^2	$9{,}8 \cdot 10^4$ Па

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения	3
2. Методы инженерной подготовки территории, их обоснование и выбор	5
3. Методы приведения застраиваемых территорий к однородному мерзлотному состоянию	9
4. Вертикальная планировка территории и организация поверхностного стока	I6
5. Противотермокарстовая защита территории, мероприятия по предотвращению пучения и наледеобразования	2I
6. Конструирование теплоизолирующих насыпей	33
7. Расчет температурного режима и деформации насыпей	34
8. Особенности организации и технологии производства работ по инженерной подготовке строительных площадок	50
Приложение I. Методология расчета климатических характеристик и теплофизических свойств грунтов	58
Приложение 2. Примеры теплотехнического расчета насыпей	76
Приложение 3. Пример расчета осадки насыпи из песка на льдонасыщенном торфяном основании	89
Приложение 4. Таблица приведения принятых обозначений к единицам СИ	9I

Инструкция
по проектированию инженерной подготовки
территорий для нефтепромыслового строительства
в районах распространения вечномерзлых грунтов

ВСН 33-82
Миннефтепром

Отв. за выпуск Т.И.Ковалева
Редактор Л.Н.Фефелова
Техн. редактор Н.В.Рыбакова

Подписано в печать 15.II.82 г.Формат бумаги 60x84/16.
Объем 4,3 уч.-изд.л. Тираж 300 экз. Заказ №1355.

Ротапринт Гипротюменнефтегаза
625000, г.Тюмень, ул.Республики, 62

gost.e-ecolog.ru