

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

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.Бровская, А.В.Симонов, А.Л.Чирятьева, И.И.Кузнецова;

от Нечорнининофти: инженеры А.С.Умыхин, Е.А.Шапошников¹, А.Г.Тотула, Н.Ф.Снико, инженеры Н.К.Лапецкий, Ю.Б.Анисимов, Т.А.Мельникова;
от Глазицрубежпромстроя: инженер Т.М.Анциферова;
от Сибгипниса: инженер В.Ф.Безруков;

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

Инструкция разработана под общей редакцией к.т.н. С.Н.Вассермана, инженеров С.А.Шемякина, А.П.Бровской. 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
	Инструкция по проектированию инженерной подготовки территорий для нефтепромыслового строительства в районах распространения вечномерзлых грунтов	Миннефтепром

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Инструкция составлена в развитие раздела СНиП II-18-76 по проектированию оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах "Требования к инженерной подготовке территории и охране окружающей среды" с учетом особенностей проектирования и строительства нефтепромысловых сооружений в районах распространения вечномерзлых грунтов.

1.2. 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;
- организаций и технологий производства работ по устройству насыпей.

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

Утверждены протоколом Срок введения
Миннефтепрома в действие с
от 17 июня 1982 г. I января 1983 г.

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

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

- сохранение естественного либо расчетного термомеханического режима мерзлых грунтов оснований в процессе строительства и длительной эксплуатации сооружений;
- минимальное воздействие на мерзлые грунты механических средств в период строительства;
- охрану окружающей среды на застраиваемой территории и вне ее.

1.5. 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 водосточными лотками и каналами с тепловой изоляцией и укреплением стенок и днища;
- очищать территории от кустарника и мелкого леса без нарушения мхограстительного слоя в пределах застройки и вне ее;
- ведозaborы, отвалы грунта, площадки под складирование строительных материалов и т.п. располагать с учетом сохранения естественного термомеханического 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 мхограстительного 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 II-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. 3.2-3.11). Вертикальная планировка территорий осуществляется в насыпях из непучинистых грунтов с устройствами для отвода тепла (здания и сооружения с тепловышделением) 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 территории осуществляется традиционными методами. В случае необходимости (определяемой в соответствии с результатами расчета основания по деформациям) должны предусматриваться мероприятия по уменьшению величины 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

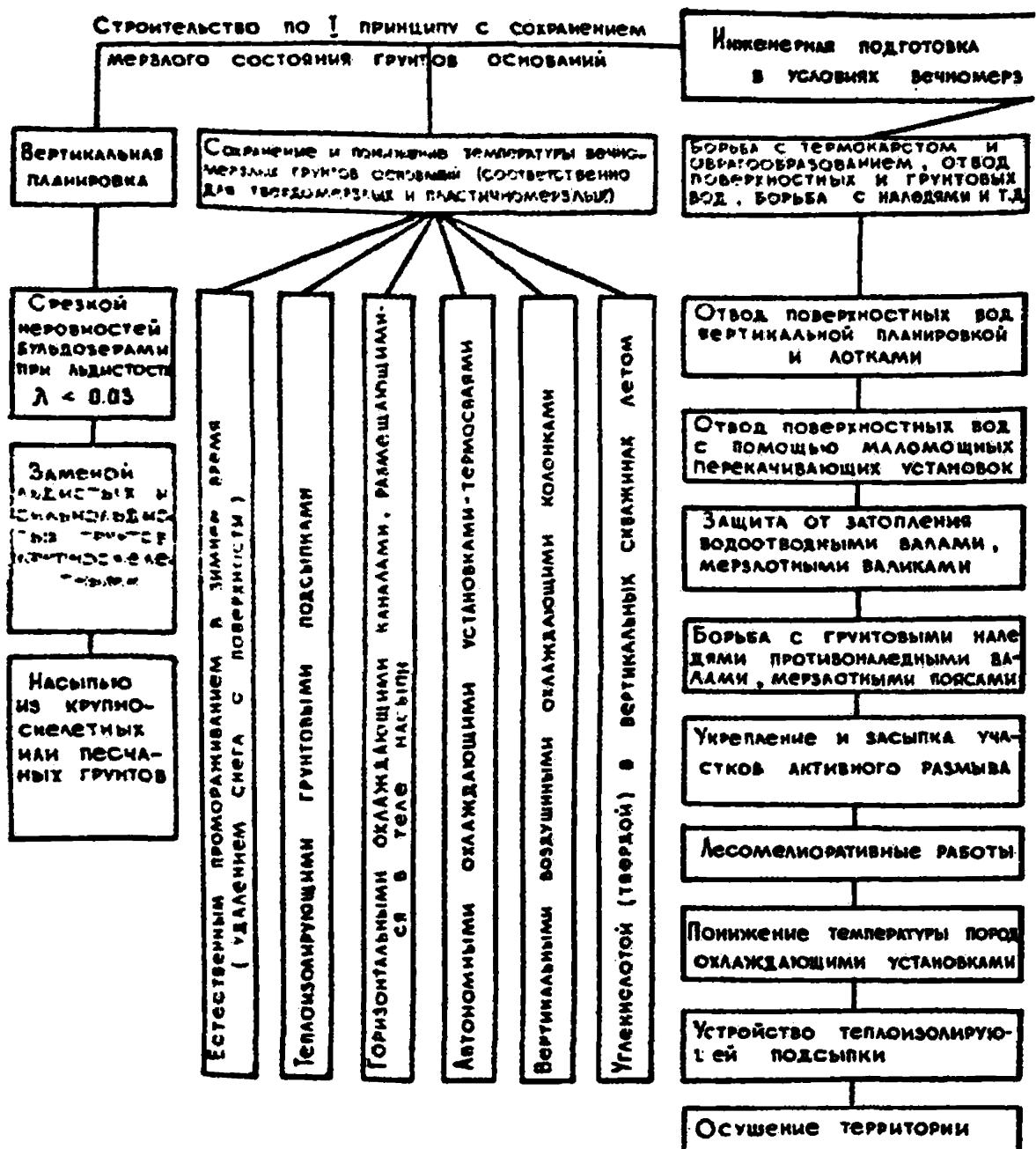
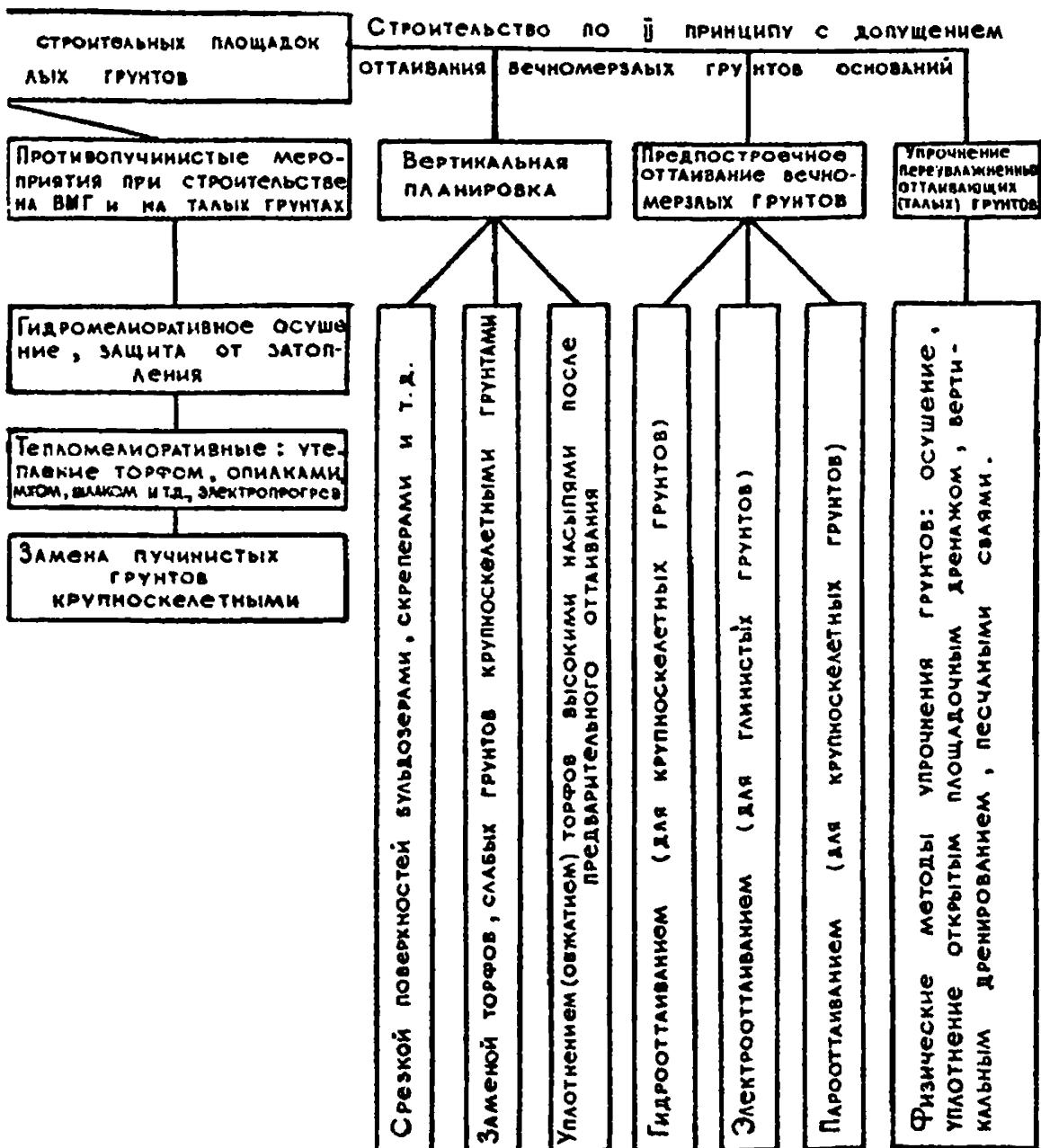


Рис. I. Мероприятия по инженерной подготовке



территорий в зависимости от принципа строительства

предпостроечное оттаивание (II 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 3⁰С, при наличии в основании сильнольдистых, заторфованных грунтов ($L_B > 40\%$); при наличии подземных льдов, а также на площадках, сложенных мерзлыми грунтами, осадки которых при оттаивании могут достичь значений, превышающих предельно допускаемую.

2.6. Когда применение I принципа окажется нецелесообразным (при строительстве нефтепромысловых сооружений, технологический цикл которых со значительными тепловыделениями более 40⁰С, 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_T меньше величины, определяемой из условия

$$H_T > H_\Phi + Z ; \\ H_T \geq 2 \xi^M ,$$

где H_Φ - глубина заложения фундаментов, м;

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

ξ^M - среднемноголетняя глубина промерзания грунта, м.

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

3. МЕТОДЫ ПРИВЕДЕНИЯ ЗАСТРАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ К ОДНОРОДНОМУ МЕРЗЛОТНОМУ СОСТОЯНИЮ

3.1. 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 1-2 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_m за первую зиму определяется по формуле

$$H_{m_1} = \sqrt{\frac{2\lambda_m(t_2 + 2)T_2}{q_2}}. \quad (1)$$

где λ_m - 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);

$q_2 = 8 \cdot 10^4 (W - W_n) \gamma_m + 0,5 C_m [t_0 + (t_2 + 2)]$, (2)
где $(8 \cdot 10^4)$ - теплота плавления льда, ккал/т;

W - влажность промораживаемого грунта, дол.ед.;

W_n - 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;

γ_m - объемная масса скелета мерзлого грунта, т/м³;

C_m - 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_m меньше требуемой глубины промораживания; то расчет глубины промерзания продолжается для следующих зим по формуле

$$H_{m_1} = \sqrt{H_{m_{l-1}}^2 + \frac{2\lambda_m(2+t_2)(T_2 - T_d)}{q_2}}, \quad (3)$$

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

T_d – время промерзания сезоннооттаивающего слоя, м,

$$T_d = \frac{q_3 H_l^2}{2\lambda_m(2+t_2)},$$

где H_l – глубина летнего оттаивания грунта под слоем теплоизоляции,

$$H_l = H_r - \frac{\lambda_r \delta}{\lambda},$$

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

λ_r – 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_3 рассчитывается аналогично q_2 по формуле

$$q_3 = 8 \cdot 10^4 (W - W_n) \gamma_m + 0,5 C_r (t_b + 2), \quad (4)$$

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

W_n – 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 вечномерз-
лых грунтах", или по табл. I настоящей Инструкции;

C_t - объемная теплоемкость талого грунта сезонооттаи-
вавшего слоя, ккал/м³.град. Определяется по прил. I
СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерз-
лых грунтах";

t_b - средняя температура воздуха за период положитель-
ных температур, °С. Определяется по табл. I.9
(прил. I настоящей Инструкции).

Таблица I

Температура грунта, °С	Количество незамерзшей воды W_n в грунте в долях единицы			
	Песок	Супеси	Суглиники	Глины
-0,3	0,002	0,060	0,120	0,170
-0,6	0,002	0,050	0,100	0,150
-1	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
-10	0,0	0,035	0,065	0,093

3.7. Для сокращения сроков строительства и увеличения глубины промерзания грунты следует охлаждать через скважины. Глубинное про-
мораживание следует осуществлять сезоннодействующими воздушными,
жидкостными или парожидкостными охлаждающими устройствами (термо-
активными).

3.8. Применение парожидкостных охлаждающих устройств для по-
нижения температуры высокотемпературных грунтов (от минус 0,1 до

минус 1°C) допускается в районах со среднезимней температурой атмосферного воздуха не выше минус 10°C и продолжительностью безморозного периода не более 150 дней.

3.9. Установки с естественной вентиляцией следует использовать при малой глубине охлаждения (4–6 м) и среднезимней температуре наружного воздуха не выше минус 12°C .

Для замораживания значительных объемов грунта с глубиной промораживания до 15 м и более следует применять воздушные колонки с принудительной вентиляцией.

3.10. 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.

3.11. 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, 1977.

3.12. При строительстве по II принципу способ оттавивания 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 оттаившем 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 предпостроенным оттаиванием вечномерзлых грунтов. М.: НИИОСП Госстроя СССР, 1974, а также исходя из предельных величин осадок нефтепромысловых сооружений.

Предельные величины осадок и крены нефтепромысловых сооружений приведены 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 50 тыс. м ³	25	0,008
Амортизируемые стальные цилиндрические вертикальные резервуары для нефти емкостью до 10 тыс. м ³	30	0,008
Гидерные горизонтальные стальные резервуары по 100 м ³ на площадке 24 x 32 м	25	0,008
Буровая установка (БУ-80 или БУ-75) на участке 10 x 10 м на песчаной подушке, а также буровая установка, совмещенная с насосным агрегатом	30	0,010

Окончание табл. 2

Тип сооружения	Пределы величины средних осадок, см	Крен, см
Насосный агрегат к буровой установке БУ-80 или БУ-75 (вес агрегата 100 т) на участке 14x10 м	25	0,010
Склад труб на участке 20x10 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

$$S = \sum_{i=1}^n K_{bi} L_{bi} h_i ,$$

где L_{bi} - льдистость за счет ледяных включений i -го слоя грунта, дол. ед.;

K_{bi} - коэффициент, учитывающий incomplete смыкание макропор при оттаивании мерзлого грунта, принимаемый в зависимости от средней толщины ледяных включений Δ_L : при $\Delta_L < 0,01$ м $K_L = 0,7$; при $\Delta_L \geq 0,03$ м $K_L = 0,9$; при промежуточных значениях Δ_L коэффициент K_L определяется интерполяцией;

n - число слоев с различными значениями L_b и K_b ;

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 П-І8-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах", а осадка основания в пределах предварительно оттаившего слоя – в соответствии с п. 4.26. По результатам контрольного расчета суммарной осадки окончательно принимается расчетная глубина предпостроенного 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 П-І8-76 "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 оттаившего 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 $L_B < 0,03$ (см. рис. 2).

4.6. На участках с просадочными грунтами (при льдистости $L_B > 0,03$) 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 песчанным непучинистым грунтом с послойным уплотнением. Высота подсыпки 1 м.

Таблица 3

Наименование и состав грунтов	Влажность мерзлого грунта, %			
	негро- сажного	малопро- садочного	проса- дочного	сильнопро- садочного
Супеси или суглинки до 2%	3-13	13-17	Более 17	-
Супеси или суглинки до 5%	11-16	16-20	Более 20	-
Носки:	15-17	17-25	Более 25	-
Супеси:	легкие тяжелые	11-13 14-16	13-23 16-25	23-33 25-26
Суглиники:	мягкие и средние тяжелые	17-20 21-23	20-28 23-35	28-60 35-66
Глины		Менее 25	25-40	Более 60 Более 66 Более 75
			40-75	

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

$$h_3 = H_T, \quad (6)$$

где h_3 - глубина замены грунта;

H_T - глубина сезонного оттаивания грунта.

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

При освоении значительных по площади территорий посредством сложной насыпи отвод ливневых и талых вод следует предусматривать по системе открытых водоотводных лотков мелкого заложения и по лоткам автостроев. 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 0,02%. В особых случаях (плоский рельеф, противоклон) допускается принимать минимальный уклон лотков, равный 0,001.

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

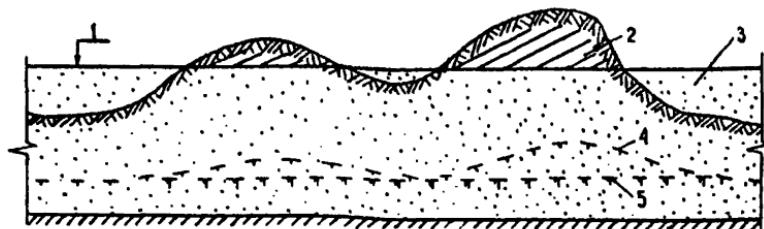


Рис. 2. Планировка территории при непросадочных и малопросадочных грунтах:

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

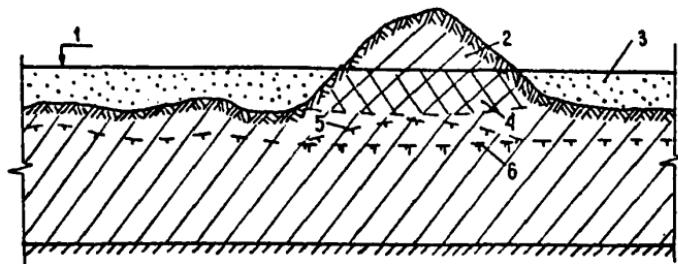


Рис. 3. Планировка территории при просадочных грунтах:

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

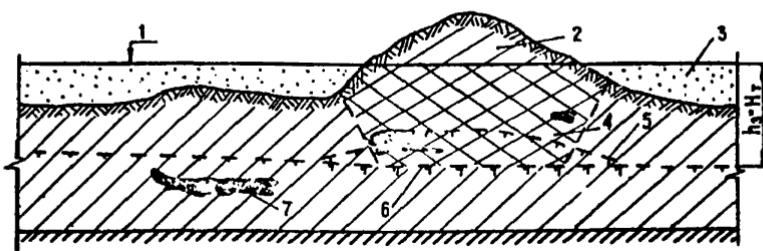


Рис. 4. Планировка территории при сильнопросадочных грунтах:
1 - планировочная отметка; 2 - срезаемый грунт; 3 - подсыпка;
4 - грунт, подлежащий выемке и замене; 5 - естественное положение кровли вечномерзлых грунтов; 6 - положение кровли вечномерзлых грунтов после планировки; 7 - линзы подземного льда

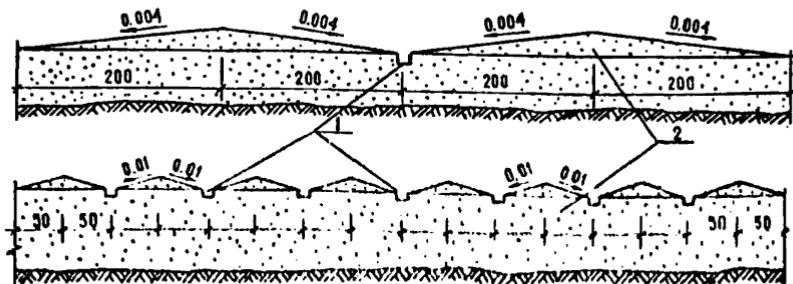


Рис. 5. Организация водоотвода с застраиваемой территорией:
1 - водоотводные лотки мелкого заложения; 2 - подсыпка из песчаных грунтов

(пенопласти, торфополимеры) теплоизоляционных материалов. Укрепляются водоотводные лотки монолитным бетоном, сборными армоконструкциями 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 валников из уплотненных глинистых грунтов (рис. 9).

Перепуск воды через территории, сложенные сильнольистистыми 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 основания следует предусматривать соорудоточечным. При этом с целью предотвращения размыва откосов насыпи и растворения 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 расстояние 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 ПУЧЕЙКИ И НАЛЕДЕОБРАЗОВАНИЯ

Противотермокарстовая защита

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

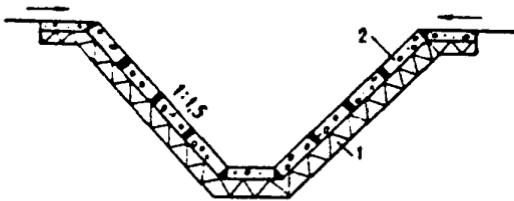


Рис. 6. Конструкция водоотводного лотка с теплоизолицей 2, укрепленного сборными армокементными или железобетонными плитками:
1 - мох, дерн, торф; 2 - железобетонные плитки

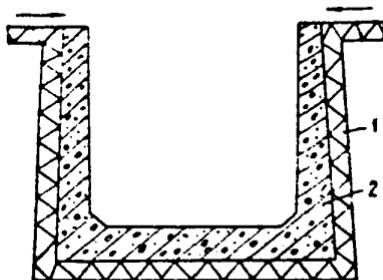


Рис. 7. Конструкция водоотводного лотка с теплоизоляцией, укрепленного железобетонным блоком:
1 - мох, дерн, торф; 2 - железобетонный блок

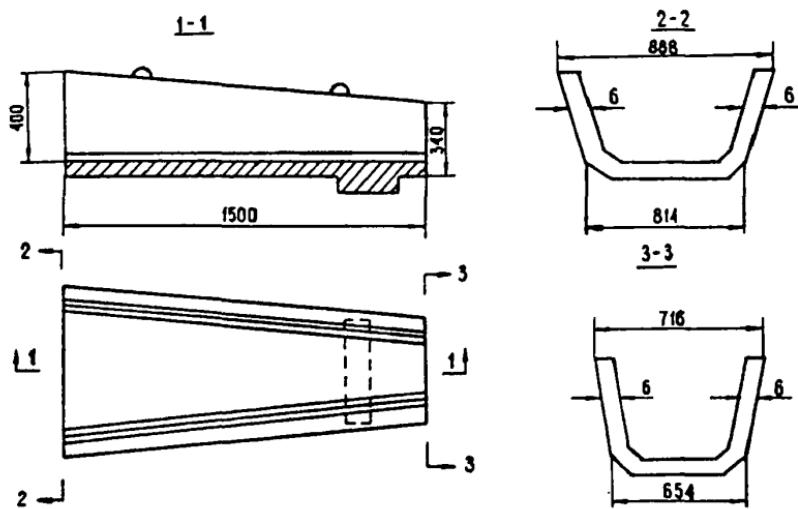


Рис. 8. Железобетонный телескопический лоток

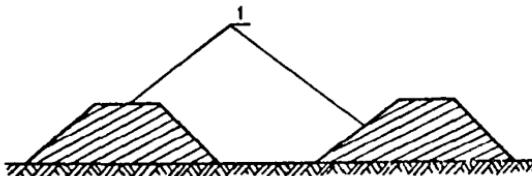


Рис. 9. Водоотводная канава по ненарушенному растительному покрову:
I – грунтовые валы из уплотненных
глинистых грунтов

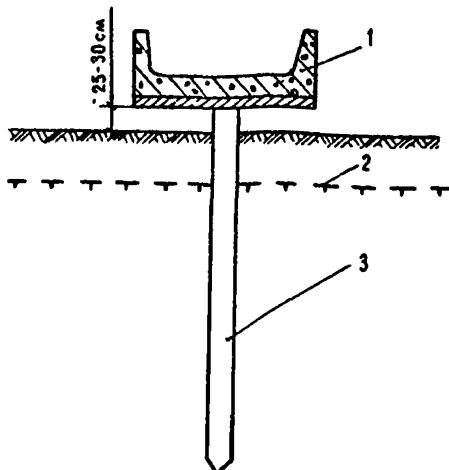


Рис. IO. Водоотводной лоток по сваям:

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

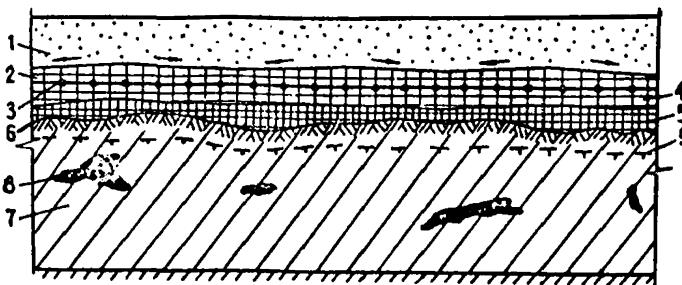


Рис. II. Вертикальный разрез насыпи с противотермокарстовой защитой основания:

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 насипей, 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 площалях-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 вытаптывания 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 теплообменов в почве, в повышении ее температуры и увеличении глубины сезонного протаптывания.

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

Высота выравнивания 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^{жж}, 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 ложков;
- временные – сезонные мерзлотные и тепловые пояса, утепление канав, киеветов и русел водотоков, наледезадерживающие устройства (штетчевые щиты, бревенчатые клетки, валы из снега и льда).

^ж Армированная сетка воспринимает и перераспределяет растягивающие напряжения. Она проектируется для исключения неравномерных осадок установленной ползучести при удельных нагрузках на льдонасыщенное основание более 0,8 кгс/см².

^{жж} Пол наледеобразованием понимается сложный физико-механический процесс, зависящий от геологического и гидрогеологического строения участка, климатических условий, экспозиции склонов, рельефа местности, инженерной деятельности человека, сопровождающей выходом воды на дневную поверхность и ее замерзанием.

5.5. Постоянные противоаледные 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 противоаледные валы (рис. I2, I3), которые проектируются высотой 1-3 м (в зависимости от рельефа местности), шириной поверху 1 м, с откосами 1:1,5.

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

Ожидаемый объем наледи, m^3 , определяется по формуле

$$V_n = K_n (Q T_n a_b + \Delta V_n), \quad (7)$$

где K_n - коэффициент неблагоприятности, равный 1,25;

Q - расход водотока, $m^3/\text{сут}$, определяемый при изысканиях;

T_n - период действия наледи в сутках, определяемый при изысканиях;

ΔV_n - объем прироста наледи от снега, m^3 , определяемый по формуле

$$\Delta V = 0,2 h_c^{cp} \cdot F. \quad (8)$$

где h_c^{cp} - высота снежного покрова, средняя из наибольших десятичных, м, определяемая по данным метеорологических станций (справочников);

F - предполагаемая средняя площадь наледи, m^2 , по данным изысканий;

a_b - коэффициент увеличения объема воды при переходе ее в лед, принимаемый равным 1,1.

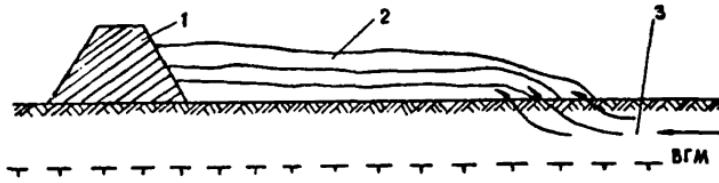


Рис. I2. Противоаледный вал из глинистых грунтов:
1 - противоаледный вал; 2 - наледь; 3 - водоносный слой

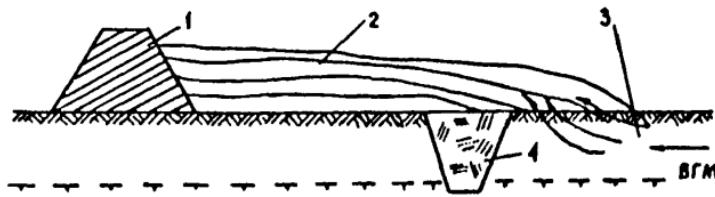


Рис. I3. Противоаледный вал с водонепроницаемым экраном:
1 - противоаледный вал; 2 - наледь; 3 - водоносный слой;
4 - водонепроницаемый экран

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. I4, I5).

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.

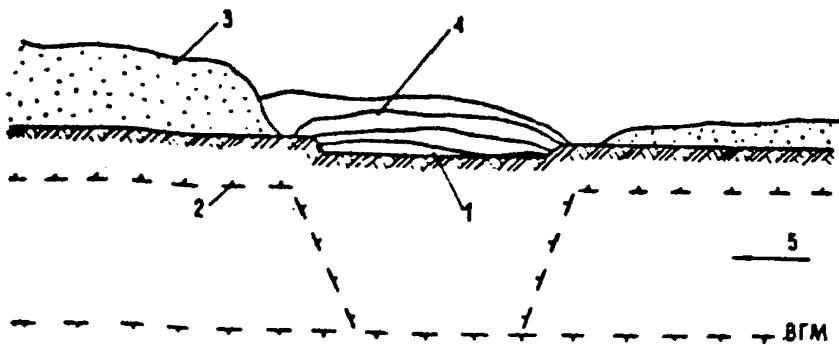


Рис. I4. Мерзлотный пояс:
 I - полоса расчистки; 2 - линия промерзания грунта с поверхности;
 3 - снег; 4 - наледь

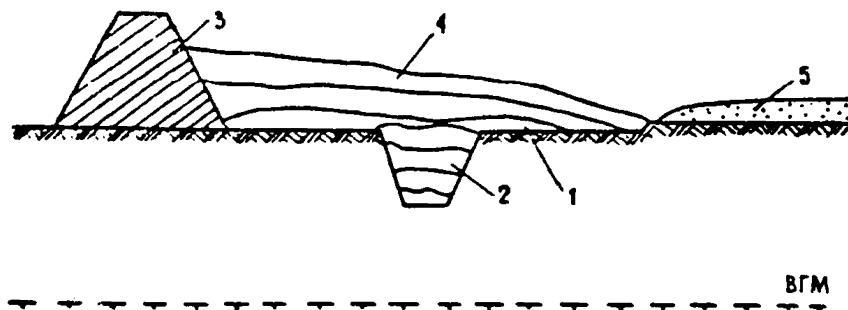


Рис. I5. Мерзлотный пояс с противоналедным валом:
 I - полоса расчистки; 2 - канава для отвода воды при таянии наледи; 3 - противоналедный вал; 4 - наледь; 5 - снег

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, ошилок, 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°C.

5.16. Греющие элементы изготавливаются из прутьев стальной проволоки или арматуры-катанки, расположенных 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 (P), необходимая для одновременной работы всех нагревателей на площадке, кВт, определяется по формуле

$$P = P_y \cdot F , \quad (9)$$

где P_y - удельный энергосъем с 1 м^2 поверхности, kBt/m^2 , определяемый на основании теплотехнических расчетов; значение P_y приближенно может быть определено из выражения $P_y = 8 \cdot 10^{-3} \cdot H^k \text{ kBt}/\text{m}^2$ (H^k - 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

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

где S - сечение стержней, м^2 ;

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

P_y - удельный энергосъем, Bt/m^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, пенопласти, 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 грунтозасыпающие).

6.3. Основным техническим требованием при строительстве промышленных площадок на участках, имеющих 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 (сыпучемеральных) грунтах проектируются из песчаных грунтов (рис. I6) с ограничением глубины оттавания по расчету на допустимую осадку конструкции согласно ВСН 84-75.

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

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

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

6.8. На участках распространения вечномеральных торфников, заторфованных или других слабых грунтов малонагруженные насыпи (с удельными нагрузками на основание 0,1-0,6 кгс/см²) допускается проектировать на проморожденном 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 8 настоящей Инструкции. Насыпи должны отсыпаться за пределы границы застройки на 15-20 м. Высота насыпи без учета "теплого штампа" на ней должна быть не менее 2,0 м.

7. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА И ДЕФОРМАЦИИ НАСЫПЕЙ

7.1. Мерзлотно-грунтовые условия застраиваемых территорий следует проанализировать на основании теплотехнических расчетов с учетом:

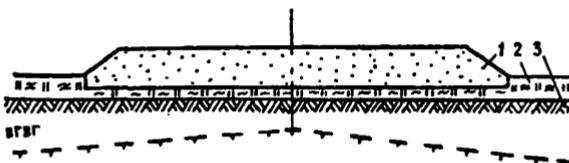


Рис. 16. Поперечный профиль насыпи на малольдистом основании:

1 - песчаный или крупнообломочный грунт; 2 - мохорастительный покров; 3 - грунт основания; ВГВГ - верхний горизонт вечномерзлых грунтов

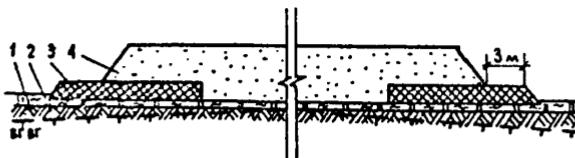


Рис. 17. Поперечный профиль насыпи на льдистом основании:

1 - вечномерзлый грунт основания; 2 - мохорастительный покров; 3 - теплоизолационная берма; 4 - песчаный или крупнообломочный грунт

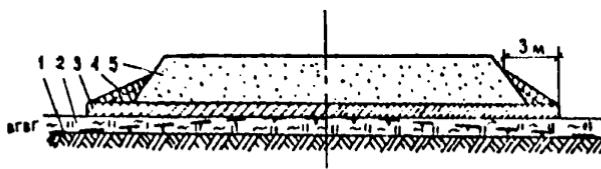


Рис. 18. Поперечный профиль насыпи на сильно-льдистом основании:

1 - 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:

$$\delta = \frac{4 t_{\max}^{\max}}{\tau_p} : q = \eta \cdot C_m \cdot l_1 , \quad (I3)$$

где q - затраты тепла на теплообмен с грунтом основания ($q = 0$, если нет в основании вечномерзлого грунта);
 t_{\max}^{\max} - температура воздуха максимальная среднемесячная за расчетный период, $^{\circ}\text{C}$;
 τ_p - расчетная продолжительность промерзания (оттаивания),
(определяется с даты перехода температуры
через 0°C);

- η - коэффициент, принимаемый равным единице при расчете оттаивания и нулю - при расчете промерзания;
- C_m - среднее значение объемной теплоемкости вечномерзлого грунта основания, ккал/ $m^3 \cdot$ град;
- t_i - среднеинтегральная температура вечномерзлого грунта основания (принимается абсолютное значение, т.е. без учета знака минус) равна

$$t_i = t_0 + (I+1,5)^0\text{C};$$
- t_0 - температура вечномерзлого грунта на глубине годовых нулевых амплитуд, определяемая по геокриологическим картам или данным изысканий.

2. Определяют значения теплофизических характеристик: $\lambda_{T(M)}$ - коэффициент теплопроводности слоев конструкции в талом (мерзлом) состоянии, ккал/ $m \cdot$ ч.град; $C_{T(M)}$ - объемную теплоемкость слоев конструкции в талом (мерзлом) состоянии, ккал/ $m^3 \cdot$ град; Q - затраты тепла на фазовые переходы в единице объема материала, ккал/ m^3 ; W_n - количество незамерзшей воды, %; ориентировочно величину W_n принимают равной: 0 - для песков; 7% - для супесей, 10% - для суглинков и 15% - для глины для каждого слоя рассматриваемой многослойной системы. Индекс Т означает, что характеристикиируются для грунта в талом состоянии (расчет оттаивания), а индекс М - в мерзлом (расчет промерзания). Для насыпи из олиородистого грунта расчет выполняется для олиородного слоя.

$$\lambda_{T(M)} = K (\gamma_{cn} + 0,1 W_c - 1,1) - 0,1 W_c ; \quad (14)$$

$$C_T = 10^3 \gamma_{cn} (C_{cn} + \frac{W_c}{100} C_s) ; \quad (15)$$

$$C_m = 10^3 \gamma_{cn} (C_{cn} + \frac{W_c - W_n}{100} C_s) + \frac{W_n}{100} C_s ; \quad (16)$$

$$Q = 80 \gamma_{cn} \frac{(W_s - W_n)}{100} \cdot 10^3 . \quad (17)$$

где $K=1,5-1,7$ - для песков; $K=1,4-1,5$ - для супесей и
 $K=1,3-1,4$ - для суглинков и глин (первая цифра для
 тальных пород, вторая - для мерзлых);

γ_{ck}, W_c - расчетные значения объемного веса скелета, $\text{г}/\text{м}^3$, и
 суммарной влажности, %; для грунтов насыпи значения
 γ_{ck} и W_c принимаются при стандартном уплотнении;
 C_{ck}, C_L, C_B - удельные теплоемкости скелетных частиц льда и воды
 (оригинально $C_{ck} = 0,2 \text{ ккал}/\text{кг}\cdot\text{град}$ для гравийных
 и щебеночных частиц; $C_{ck} = 0,17 \text{ ккал}/\text{кг}\cdot\text{град}$ для
 грунтов; $C_L = 0,5 \text{ ккал}/\text{кг}\cdot\text{град}$ и $C_B = 1,0 \text{ ккал}/\text{кг}\cdot\text{град}$).

3. Определяют время оттаивания (промерзания) первого слоя
 (например, из песчаного грунта толщиной h_1). При этом при $h=h_1$,
 и $\mu=\mu_1=\frac{\alpha}{\lambda_{T(m)}}$ по nomogramme (рис. 19) определяют величину K_T .

Затем вычисляют параметр A_1 :

$$A_1 = \frac{K_T [Q_1 \cdot K_p (0,35 C_{T(m)_1} \cdot t^{max} + q)]}{4 \lambda_{T(m)_1} K_p \cdot \delta} \quad (I8)$$

и по nomogramme (рис. 20) определяют время оттаивания (промерзания)
 первого слоя T_1 ,

где α - коэффициент теплообмена на поверхности, $\text{ккал}/\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{град}$;
 $\alpha = 10 \sqrt{V}$;

V - средняя за расчетный период T_p скорость ветра, $\text{м}/\text{с}$;

K_p - вероятностный коэффициент, учитывающий изменение кли-
 матических 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

$$\mu = \mu_2 = \frac{1}{\lambda_{T(m)_2} (\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\lambda_{T(m)_1}})} \quad (I9)$$

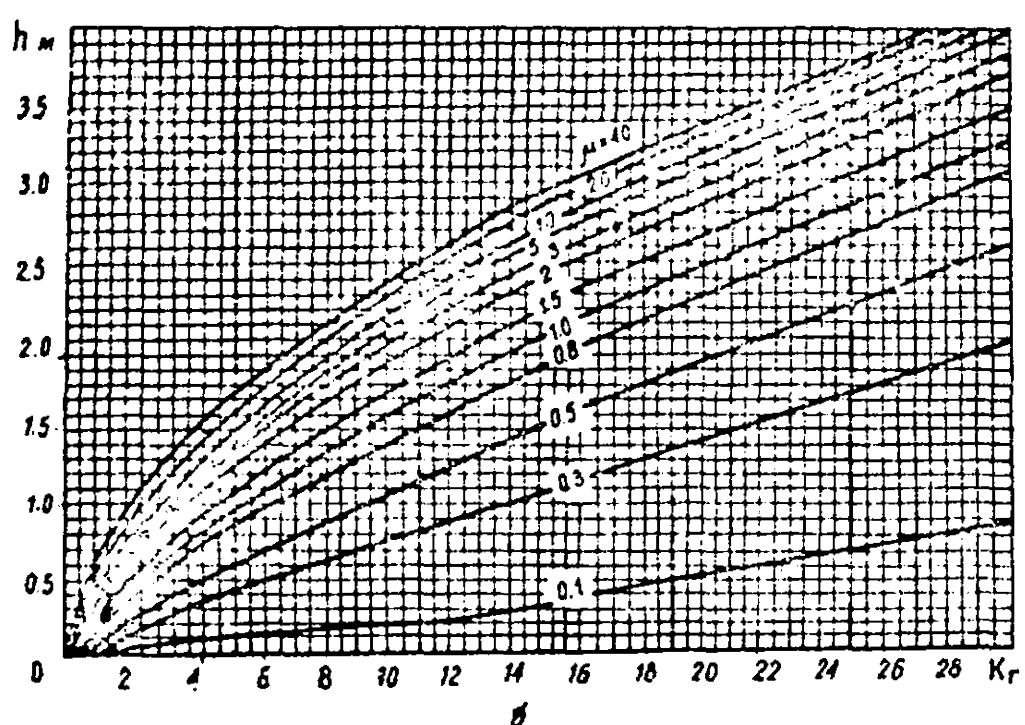
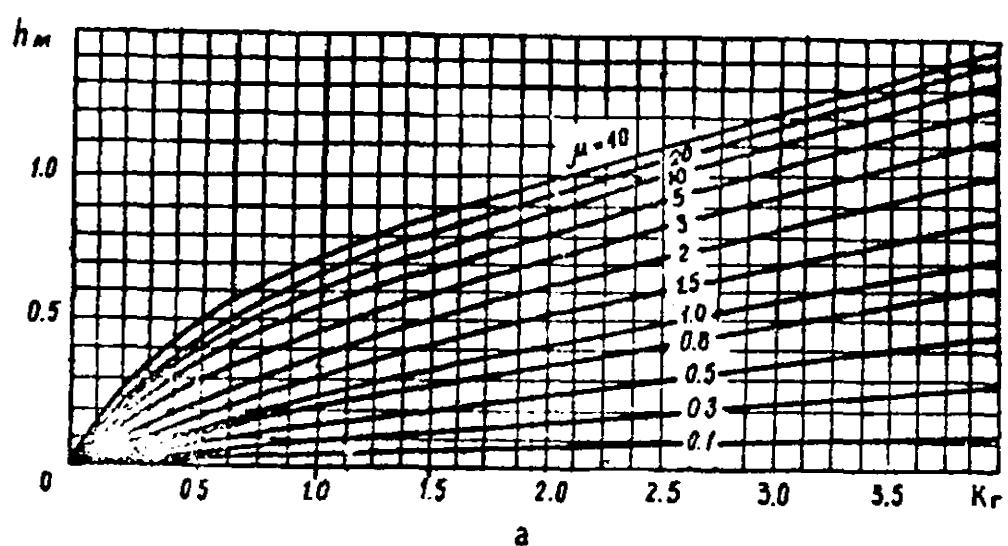


Рис. I9. Номограммы для определения параметра K_T
при $v \geq 1,5$:
а - при малых значениях K_T ; б - при больших зна-
чениях K_T

по номограмме (см. рис. 19) определяют K_{T_2} . Затем вычисляют параметр A_2 :

$$A_2 = \frac{K_{r_2} [Q_2 + K_p (0,35 C_{T(M)_2} \cdot t^{\max} + q)]}{4 \lambda_{T(M)_2} K_p \delta} + t_1^2 (0,5 - \frac{T_1}{3 T_p}) \quad (20)$$

и по номограмме (см. рис. 20) определяют суммарное время оттаивания (промерзания) первого и второго слоев T_{ψ_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

$$\mu = \mu_3 = \frac{1}{\lambda_{T(M)_3} (\frac{1}{\alpha} + \frac{h_1}{\lambda_{T(M)_1}} + \frac{h_2}{\lambda_{T(M)_2}})} \quad (21)$$

по соответствующей номограмме (см. рис. 19) определяют K_{T_3} . Затем вычисляют A_3 :

$$A_3 = \frac{K_{r_3} [Q_3 + K_p (0,35 C_{T(M)_3} t^{\max} + q)]}{4 \lambda_{T(M)_3} K_p \delta} + t_{1+2}^2 (0,5 - \frac{T_{1+2}}{3 T_p}) \quad (22)$$

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

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

Располагая значениями $t_{1+2+3+\dots+n+(n+1)} = t_{np}$ и

$$\mu_p = \frac{1}{\lambda_{T(M)} (\frac{1}{\alpha} + \frac{h_1}{\lambda_{T(M)_1}} + \frac{h_2}{\lambda_{T(M)_2}} + \dots + \frac{h_n}{\lambda_{T(M)_n}})} \quad (23)$$

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

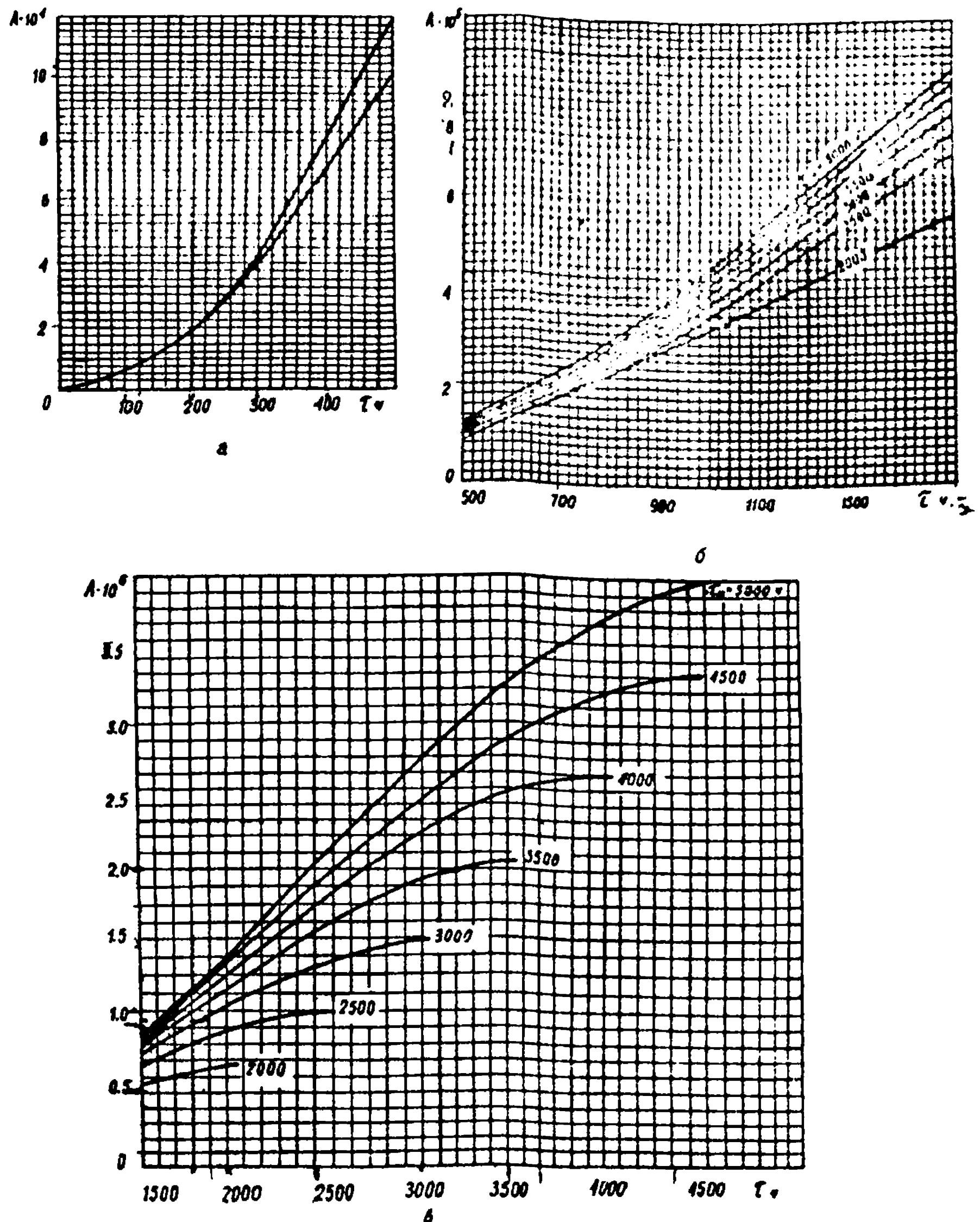


Рис. 20. Номограммы для определения времени оттаивания (промерзания) слоев грунта насыпи и основания

на оттаивании в пределах сезонноталого слоя грунтах основания, в этом случае $K_{oc} = 1$, так как слабый грунт основания уплотняется в процессе строительства.

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

$$h_{or} = \frac{0,7 K_p \cdot K_{oc} t^{\alpha} (\tau_p - \tau_{1-2-3 \dots n})}{\sum R [Q_{oc} \cdot K_p (0,35 C_{\tau(m)} \cdot Q_{max} + q)]}, \quad (24)$$

где $\tau_{1-2-3 \dots n}$ 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

$$t_{n.z(3)} = t_{pr.l(3)} \left[1 - \frac{2S_{l(3)} \sqrt{\frac{2\lambda_{\tau(m)}}{Q_{pr.l(3)}} t_{pr.l(3)} \tau_{n.z(3)}} + S_{n.z(3)}^2}{\frac{1}{Q_{pr.l(3)}} (2\lambda_{\tau(m)} t_{pr.l(3)} \tau_{n.z(3)})} \right], \quad (25)$$

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

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

$S_{n(3)}$ – эквивалентный слой грунта, термическое сопротивление которого равно сопротивлению теплоотдачи с поверхности и термическому сопротивлению изоляции поверхности грунта, м,

$$S_{n(3)} = \lambda_{\tau(m)} \left(\frac{1}{\alpha} + R_m \right); \quad (26)$$

R_m – термическое сопротивление теплоизоляции,

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

$\delta_{из}$ 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_{us} и t_{nn} по формуле

$$t_a = \frac{t_{us} \cdot \tau + \frac{\lambda_{\tau}}{\lambda_m} \cdot t_{nn} \cdot \tau_n}{\tau_{раз}}. \quad (27)$$

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-оттавивания грунта в различных сечениях поперечного профиля насыпи и прилегающей территории

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

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

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

$$K_p = \frac{4\lambda_{T(M)} [1,2(\frac{1}{9}\delta_1\tau^2 + \frac{1}{4}\delta_2\tau) + \frac{f}{\alpha_n} - T]\tau}{Q + 0,5 [C_{T(M)}(-\frac{1}{3}\delta_1\tau^2 + \frac{1}{2}\delta_2 - T)] - C_m^b t_0}; \quad (28)$$

$$\mu' = \frac{K_p}{\lambda_{T(M)} (\frac{1}{\alpha} + \sum_i R)}; \quad (29)$$

$$b = \frac{(2H\sqrt{1+m^2} + b)^2 + 4H}{8H}; \quad (30)$$

где K_p - коэффициент, принимаемый равным единице при расчете оттаивания и нулю - при расчете промерзания конструкций;
 C_m^b - объемная теплосмкость многолетнемерзлого грунта.

Затем по соответствующей nomogramme (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 $h_{\text{от(пр)}} = h'$,
 где h' определяют по nomogramme (см. рис. I9). При $\sum_i R = \frac{h_{ws}}{\lambda_{ws}} + \frac{h_n}{\lambda_{oc}}$, где h_{ws} , λ_{ws} , h_n , λ_{oc} - соответственно толщины и коэффициенты теплопроводности изоляции и насыпи;

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

где h' - величина, определяемая по соответствующей nomogramme при μ' , вычисленном по формуле (29) при $\sum_i R = 0$ (оттаивание) и $\sum_i R = \frac{h_{ws}}{\lambda_{oc}}$ (промерзание);

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

ψ - угол заложения откоса;

$$\gamma = 90 + f - \alpha, \text{ где } \lg \alpha = \frac{B}{26}.$$

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 (альbedo) поверхности и т.д.;

- значения температур многолетнемерзлой толши l_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 $\tau = \tau_{n(3)}$ с учетом вероятностного коэффициента K_p . Ориентировочные значения коэффициентов K_p в зависимости от среднемноголетней суммы градусо-часов ($\sum l_{np} - \tau_{n(3)}$) и обеспеченности ($P \%$) приведены в табл. 6.

Таблица 6

Среднегодовая сумма градусо-часов	Обеспеченность Р, %					
	1	2	3	5	10	50
30000 и более	1,20	1,18	1,16	1,13	1,10	1,00
20000	1,42	1,38	1,33	1,29	1,22	1,00
15000	1,50	1,45	1,40	1,35	1,27	1,00
10000	1,64	1,57	1,50	1,44	1,33	0,99
5000	1,85	1,77	1,69	1,59	1,45	0,99

Расчет осадок насыпей на вечномерзлых льдонасыщенных основаниях

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

$$S = S_{om} + S_{yn} + S_t, \quad (31)$$

где S_{om} - осадка оттаивающих в основании насыпи грунтов;

S_{yn} - осадка уплотнения талых грунтов;

S_t - осадка установившейся текучести сильнольдистого грунта или льда.

Величины S_{om} и S_{yn} определяют по формулам:

$$S_{om} = \sum_{i=1}^m a_{om} \cdot h_{oi}; \quad (32)$$

$$S_{yn} = \sum_{i=1}^n a_{yn} \cdot h_{ti}, \quad (33)$$

где a_{om} - относительная осадка при оттаивании;

a_{yn} - относительная осадка при уплотнении;

h_{oi} и h_{ti} - 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_{om} и a_{vn} допускается использовать следующие зависимости:

а) для песков

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

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

б) для супесей и суглинков

$$a_{om} = \frac{2,2 w + K_2 P(1+w)}{1 + \varepsilon_n} ; \quad (36)$$

$$a_{vn} = \frac{K_2 P(1+w)}{1 + \varepsilon_n} ; \quad (37)$$

в) для глин

$$a_{om} = 1 + \gamma_{ck} \left[\frac{1}{\gamma_{ck}} + \frac{1}{\gamma_b} (w_p + K_1 \cdot w_n) \right] ; \quad (38)$$

$$a_{vn} = \frac{w - w_p - K_1 w_n}{1 + w \gamma_b} ; \quad (39)$$

г) для торфа

$$a_{om} = (\varepsilon_n - \frac{w \gamma_b}{\gamma_b} - 0,05) [0,15 - \ln(1 - \frac{P}{2,7P + 2,24})] ; \quad (40)$$

$$a_{vn} = (\varepsilon_n - \frac{w \gamma_b}{\gamma_b} - 0,05) [-\ln(1 - \frac{P}{2,7P + 2,24})] ; \quad (41)$$

д) для заторфованных грунтов

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

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

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.;

ε_n - начальный коэффициент пористости;

γ_{sk}, γ_r - объемный вес скелета и удельный вес грунта, кг/м³;

γ_b - удельный вес воды, $\gamma_b = 1,0$ кг/м³;

w_p, w_n - влажность на границе раскатывания и число пластичности, дол. ед.;

φ - степень заторфованности грунтов, вычисляемая в зависимости от удельного веса заторфованного грунта

(γ кг/м³) по формуле $\varphi = 2,3 b \gamma$, где b - коэффициент, принимаемый равным 0,86 - для песчаных грунтов и 0,83 - для глинистых заторфованных грунтов.

Таблица 7

Грунт основания	K_I при нагрузке P , кгс/м ²		
	0,5	1,0	1,5
Песок	0,14	0,17	0,21
Глина I7-21	1,10	0,80	0,22
2I-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 тяжких 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 поуставившейся текучести силикольдистого 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

$$S_t^0 = \frac{K_l P b t_{rod} N u}{1 + l_{cp}/l} \quad (44)$$

и на бровке насыпи по формуле

$$S_t^k = \frac{K_l P b t_{rod} N u'}{1 + l_{cp}/l}, \quad (45)$$

где K_l - коэффициент, учитывающий влияние структуры льда;

$K_l = (1,8 + 9) \cdot 10^{-5}$ для льда и $K_l = (2,5 + 3,0) \cdot 10^{-3}$ для мерзлого торфа;

P - удельная нагрузка на единицу площади;

b - ширина насыпи (нагрузки) понизу, м;

l - средняя температура мерзлого массива (абсолютное значение);

N - количество лет эксплуатации;

v и v' - 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 v и v' допускается определять по формулам:

$$v = \frac{1}{4\pi} \ln(1 + 4\bar{z}^2); \quad (46)$$

$$v' = \frac{1}{4\pi} \ln(1 + \bar{z}^2). \quad (47)$$

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

$$S_r = S_r^0 - S_r^K = \frac{K_n P \delta T_{ref} N}{1 + l_{cr}} (v - v'). \quad (48)$$

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

6. ОГРНЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

6.1. 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.

6.2. Структуру 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);

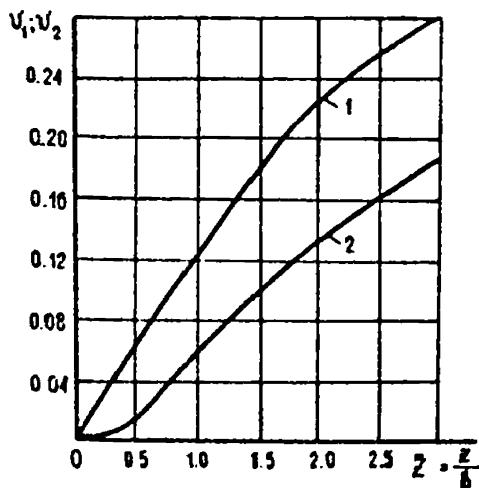


Рис. 21. График определения коэффициентов v и v' :
1 - кривая определения коэффициента v ; 2 - кривая для определения коэффициента v'

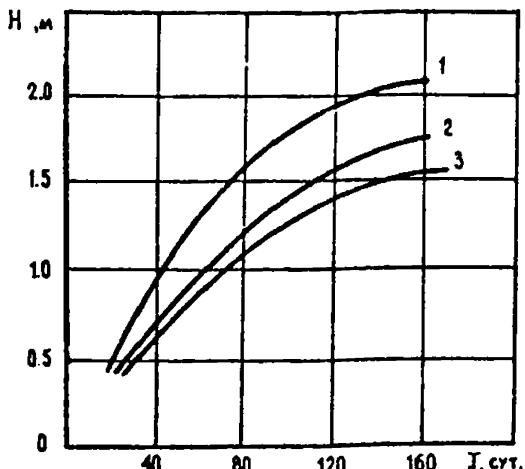


Рис. 22. Сроки выполнения земляных работ на второй стадии Т в зависимости от высоты насыпи первой стадии Н:

1 - при температуре грунта на глубине 10 м $t = -0,6^{\circ}\text{C}$, продолжительность летнего периода $T = 150$ сут; 2 - при $t = -1,8^{\circ}\text{C}$, $T = 130$ сут; 3 - при $t = -3^{\circ}\text{C}$, $T = 110$ сут

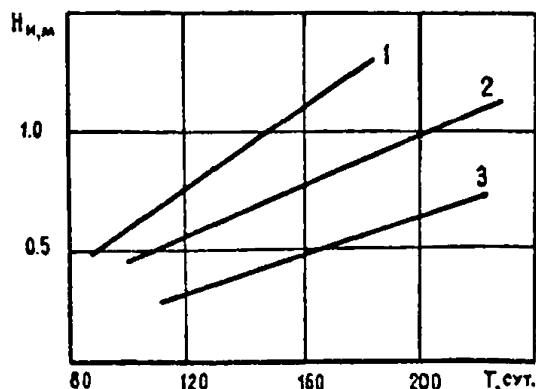


Рис. 23. Сроки выполнения земляных работ на второй стадии Т в зависимости от высоты насыпи первой стадии Н (с торфяным слоем $h = 0,40$ см):

1 - $t = -0,6^{\circ}\text{C}$, $T = 150$ сут;
2 - $t = -1,8^{\circ}\text{C}$, $T = 130$ сут;
3 - $t = -3^{\circ}\text{C}$, $T = 110$ 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°C весной и минус 5°C осенью).

8.3. Климатические характеристики перспективных нефтедобывающих районов в зоне распространения вечномерзлых грунтов следует принимать согласно СНиП II.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 оказывается 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-

морозами 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°C).

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 крупносkeletalными 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 автогрейдером 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 нарушились 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.). Мхорастительный покров в основании насыпи не сохраняют. Насыпь отсыпают в летний период на оттаивший деятельный слой.

8.11. Для отсыпки насыпей рекомендуется применять без ограничения грунты, состоящие 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 недренируемых и пылеватых песков), супеси легкие, крупные.

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

8.12. Грунты, состояние которых существенно изменяется 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 устанавливается в зависимости от местных условий и технико-экономических соображений.

8.13. В технологический процесс устройства насыпей входят:

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

8.14. При устройстве насыпей с утеплением (торф, пенопласт и др.) по поверхности основания отсыпают выравнивающий слой песка ($H = 0,15 - 0,20$ м), после чего на него укладывают утеплитель. Для сохранения утеплителя от механического повреждения последующий слой подсыпки следует назначать не менее 0,5 м.

8.15. 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).

8.16. Верхнюю часть насыпей на высоту $H \geq 0,5$ м следует отсыпать исключительно тальми грунтами (п. 8.12). Количество мерзлого грунта в теле насыпей ограничивается 30% общего объема, укладка мерзлых комьев размером более 0,15 м не допускается.

8.17. 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.

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

Допустимое время T рабочего цикла при отсыпке насыпей в зимнее время приводится в табл. 10.

Таблица 10

Температура наружного воздуха, °С	Содержание мерзлых комьев, % от общего объема	Время T , мин., при скорости ветра, м/с			
		3	7	10	10
Выше -10	До 10	240	180	140	120
	10-20	180	130	110	90
	20-30	120	90	75	60
-10...-17	До 10	150	120	100	80
	10-20	110	90	75	60
	20-30	90	60	50	40
-17...-25	До 10	120	90	70	60
	10-20	70	80	60	45
	20-30	60	45	30	20

8.19. При снегопадах и метелях работы по отсыпке насыпей не допускаются. Перед возобновлением работ засыпанные участки следует очищать от снега.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

Методология расчета климатических характеристик и теплофизических свойств грунтов

Расчет климатических характеристик

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

$$t_{np} = t + \Delta t_R - \Delta t_E , \quad (I.1)$$

где t - среднемесячная температура воздуха, определяемая по личным климатическим справочникам, $^{\circ}\text{C}$;

$\Delta t_R, \Delta t_E$ - поправки к среднемесячным температурам воздуха за счет солнечной радиации и испарения, $^{\circ}\text{C}$.

В большинстве случаев поправки Δt_R и Δt_E следует вычислять для периода года со среднемесячными температурами воздуха выше 0°C . Для периода отрицательных температур воздуха допускается производить расчет без поправок.

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

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

где α - коэффициент теплообмена на поверхности грунта, $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$, приближенно вычисляемый по формуле

$$\alpha = 10 \sqrt{v} . \quad (I.3)$$

где v' - среднемесячная скорость ветра, $\text{м}/\text{с}$;

R - среднемесячные суммы радиационного баланса, $\text{ккал}/\text{см}^2 \cdot \text{мес}$.

Для горизонтальных поверхностей они могут быть вычислены по формуле

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

где Q_0 - среднемесячные величины суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную площадку, $\text{ккал}/\text{см}^2 \cdot \text{мес}$; значения Q_0 берутся по данным наблюдений ближайших метеостанций или из справочника по климату;

K_A - коэффициент, учитывающий альбедо площадки, принятый по табл. I.1.

Таблица I.1
Значения коэффициента K_A

Альбедо $A, \%$	10	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 $A, \%$
Болото с кустарником (марь)	20-25
Луг с зеленой травой	25-23
Тундра	15-20
Оголенная почва светлая	25-30
То же, темная, сухая	14
То же, влажная	8
Поверхность со склоненной травой	14

Окончание табл. I.2

Тип поверхности	Альбедо А, %
Вспаханная поверхность	14-25
Глинистый грунт влажный	16
То же, сухой	23
Песок серый	18-23
Песок светлый тонкий	37
Песок речной сухой	26-28
Гравийное покрытие	8-12
Щебеночное покрытие	14
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	15

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

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

где J_0, D_0 – соответственно среднемесячные суммы прямой и рассеянной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную площадку, ккал/см².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 $m_\beta=1$. Для откосов крутизно-

I:I,5; I:2; I:3, ориентированных по странам снега, 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

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

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/см².мес.

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

$$R_\beta = (I-A) Q_\beta - E_\beta,$$

а вместо формулы (I.6) - уравнением

$$R_\beta = (m_\beta J_\beta + \rho_\beta D_\beta) (I-A) - E_\beta,$$

где A - альбедо поверхности, дол. ед.;

E_β - среднемесячная сумма эффективности излучения, ккал/см².мес, определяемая по климатическому справочнику.

Таблица I.3

Значения коэффициента m_β

Крутизна откоса	Географическая широта, град.	Значения коэффициента m_β по месяцам						
		VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Южная экспозиция откоса								
I:I,5	41-50	0,95	1,02	1,23	1,52	1,96	2,35	2,75
	51-55	0,97	1,04	1,26	1,62	2,24	3,20	4,25
	56-60	1,00	1,07	1,29	1,74	2,67	4,95	7,90

Продолжение табл. I.3

Крупзна откоса	Геогра- фическая шерота, град.	Значения коэффициента m_a по месяцам						
		I I	II и III	IV и V	VII и VIII	VIII и IX	X и XI	XII
I:2	5I-65	I,02	I,09	I,32	I,86	3,74	8,40	-
	66-70	I,05	I,12	I,36	2,04	4,30	-	-
	7I-75	I,08	I,15	I,40	2,25	4,87	-	-
	45-50	0,98	I,03	I,I3	I,35	I,70	2,15	2,35
	5I-55	I,00	I,05	I,18	I,45	I,90	2,60	3,40
	56-60	I,02	I,08	I,23	I,58	2,20	3,55	5,40
I:3	6I-65	I,03	I,11	I,31	I,74	I,80	5,I0	-
	66-70	I,05	I,15	I,40	I,95	3,82	-	-
	7I-75	I,07	I,20	I,50	2,I0	4,90	-	-
	45-50	I,01	I,05	I,I0	I,28	I,53	I,80	I,95
	5I-55	I,02	I,06	I,14	I,35	I,65	2,I0	2,75
	56-60	I,03	I,09	I,19	I,45	I,84	2,45	3,90
I:I,5	6I-65	I,05	I,11	I,25	I,57	2,32	-	-
	66-70	I,05	I,13	I,31	I,68	3,20	-	-
	7I-75	I,06	I,15	I,38	I,80	4,00	-	-
	Северная экспозиция откоса							
	45-50	0,76	0,70	0,50	0,20	-	-	-
	5I-55	0,70	0,60	0,40	-	-	-	-
I:2	56-60	0,66	0,54	0,30	-	-	-	-
	6I-65	0,64	0,50	0,20	-	-	-	-
	66-70	0,61	0,46	0,16	-	-	-	-
	7I-75	0,58	0,40	0,12	-	-	-	-
	45-50	0,82	0,78	0,65	0,42	0,06	-	-
	5I-55	0,78	0,72	0,59	0,31	-	-	-
I:3	56-60	0,74	0,69	0,52	0,17	-	-	-
	6I-65	0,75	0,75	0,45	-	-	-	-
	66-70	0,80	0,60	0,36	-	-	-	-
	7I-75	0,85	0,65	-	-	-	-	-
	45-50	0,89	0,85	0,77	0,59	0,39	0,17	0,10
	5I-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	-	-
	6I-65	0,84	0,80	0,62	0,35	0,07	-	-

Окончание табл. I.3

Крутизна откоса	Географическая широта, град.	Значения коэффициента m_d по месяцам						
		VI	VII	VIII	IX и X	VII-X	XII	XI
	66-70	0,90	0,81	0,60	0,24	-	-	-
	71-75	0,90	0,83	0,58	0,10	-	-	-
Восточная и западная экспозиции откоса								
I:I,5	40-50	0,85	0,86	0,87	0,89	0,92	0,96	0,99
	51-60	0,87	0,87	0,90	0,92	0,92	1,04	1,08
	61-70	0,89	0,89	0,92	1,00	1,12	1,18	1,26
I:2	40-50	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,97	0,97
	51-60	0,92	0,92	0,93	0,95	0,98	1,04	1,05
	61-70	0,96	0,96	0,98	1,01	1,09	1,17	1,25

Поправки к среднемесячным температурам воздуха за счет испарения воды с поверхности Δt_e 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:

$$t_{usn} = t + \Delta t, \quad (I.7)$$

$$l_{usn} = l + \Delta l, \quad (I.8)$$

где t и l - соответственно среднемесячные величины температуры, $^{\circ}\text{C}$, 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_{usn} и l_{usn} по табл. I.6 определяется поправка Δt_e к температуре воздуха за счет испарения с поверхности грунта, покрытой растительностью в естественных условиях увлажнения. При других типах поверхностей значения Δt_e , полученные

ные из табл. I.6, должны корректироваться умножением на коэффициент K_E , учитывающий типичные физические свойства поверхности и глубины залегания грунтовых вод на изменчивость 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 1,5 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 $t_{np,3}$ периоды, производится по приведенным среднемесячным температурам воздуха t_{np} за соответствующий период года по формуле

$$t_{np,n} \bar{=} \frac{0,5(A+1)t_{np,1} + t_{np,2} + \dots + t_{np,n} 0,5(B+1)}{A + (n - 1) + B}, \quad (I.9)$$

где $t_{np,i}$ - среднемесячные приведенные температуры воздуха за рассматриваемый период;

n - число календарных месяцев в рассматриваемом сезоне;

A и B - коэффициенты, вычисляемые по формулам:

$$A = \frac{\bar{t}_{np,1}}{\bar{t}_{np,1} + \bar{t}_{np,0}}; \quad (I.10)$$

$$B = \frac{\bar{t}_{np,n}}{\bar{t}_{np,n} + \bar{t}_{np,n+1}}, \quad (I.11)$$

где $\bar{t}_{np,0}$ и $\bar{t}_{np,n+1}$ среднемесячные приведенные температуры воздуха (по модулю, т.е. без учета знака) для месяцев, приходящихся соответственно на конец и начало следующего сезона, $^{\circ}\text{C}$.

Длительность сезона отрицательных или положительных среднемесячных температур воздуха t_3 и T_L , ч, следует определять не-

Таблица I.4

Значения поправок Δt

Температура воздуха, °C	Значения поправок Δt к температуре воздуха по месяцам							
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
34	1,5	1,1	-1,0	0,1	-2,0	-5,0	-3,9	-2,4
32	1,6	1,3	-0,7	1,0	-1,6	-5,0	-4,0	-2,5
30	1,8	1,5	1,0	1,5	-1,3	-5,0	-4,1	-2,6
28	1,9	1,6	1,8	2,0	-1,2	-5,0	-4,4	-2,8
26	2,1	1,7	2,5	2,1	-1,2	-5,0	-4,7	-3,0
24	2,2	1,8	3,0	2,2	-1,3	-5,1	-5,0	-3,4
22	2,3	1,9	3,3	2,2	-1,5	-5,5	-5,6	-3,7
20	2,4	1,9	3,4	2,3	-2,0	-5,9	-6,1	-4,2
18	2,5	1,9	3,6	2,5	-2,5	-7,0	-6,1	-4,0
16	2,3	1,9	3,7	2,7	-3,5	-8,4	-8,5	-5,4
14	2,3	1,8	3,7	2,7	-4,2	-10,0	-10,4	-5,9
12	2,2	1,8	3,5	3,0	-4,5	-12,8	-12,4	-6,8
10	2,0	1,7	3,3	3,5	-4,5	-15,0	-15,0	-7,8
8	1,8	1,6	3,1	3,9	-4,5	-17,2	-18,0	-9,0
4	1,5	1,4	2,2	2,9	-4,4	-18,0	-29,0	-12,5
2	1,4	1,3	1,8	2,2	-4,3	-18,0	-34,0	-14,5
0	1,3	1,1	1,4	1,6	-4,0	-17,5	-37,0	-16,5

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	-	-	-	-1,7	0,6	-1,2	-	-
32	-	-	0,9	-1,5	0,6	-1,3	-1,3	-
30	-	2,5	1,3	-1,2	0,5	-1,4	-1,5	-
28	-	2,3	1,6	-0,8	0,3	-1,7	-1,7	-1,1
26	1,6	1,9	1,8	-0,4	0,0	-2,0	-1,8	-1,2
24	1,5	1,8	3,0	-0,1	-0,7	-2,3	-2,0	-1,3
22	1,4	1,6	4,0	0,0	-0,2	-2,7	-2,2	-1,5
20	1,4	1,4	4,0	0,7	-1,4	-3,2	-2,4	-1,6
18	1,3	1,3	3,4	1,4	-2,0	-3,9	-2,6	-1,9
16	1,2	1,2	3,0	2,0	-3,0	-4,6	-2,9	-2,0
14	2,0	1,0	2,5	2,7	-4,2	-5,4	-3,3	-2,4
12	1,0	0,9	2,1	3,1	-5,0	-6,2	-3,8	-2,8
10	0,9	0,8	1,8	2,6	-5,6	-7,2	-4,3	-3,3
8	0,8	0,8	1,5	1,7	-5,7	-8,2	-4,9	-3,6
6	0,7	0,7	1,0	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 $t_{исп}$

$t_{исп}$ °C	$t_{исп}$ мб						
	I	4	8	12	16	20	24
-20	-0,1	-	-	-	-	-	-
-24	0,0	-	-	-	-	-	-
-20	0,1	-	-	-	-	-	-
-16	0,2	-0,4	-	-	-	-	-
-12	0,2	0,7	-	-	-	-	-
-8	0,6	1,0	0,8	-	-	-	-
-4	0,6	1,1	1,1	-	-	-	-
0	0,6	1,2	1,6	-	-	-	-
4	0,7	1,3	1,9	1,8	-	-	-
8	0,6	1,2	2,1	2,2	-	-	-
12	-	1,1	2,1	2,7	-	-	-
16	-	1,0	1,9	2,7	-	-	-
20	-	0,8	1,6	2,5	3,4	3,6	-
24	-	0,6	1,2	2,0	2,9	3,8	4,1
28	-	-	1,0	1,6	2,2	3,4	4,6
32	-	-	0,8	1,2	1,8	2,6	3,8

посредственю по графику годового хода приведенных среднемесячных температур или по формуле

$$\tau = 730 [A + (n - I) + B]. \quad (I.12)$$

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	Влаж- ность (по весу) $W, \%$	Коэффициент тепло- проводности мате- риала, ккал/м·ч·град		Объемная теплоем- кость материала, ккал/м ³ ·град	
			λ_T	λ_m	C_T	C_m
Бетонобетон	2500	2-5	2,0	2,2	500	490
Цементобетон	2200	3-6	1,7-1,8	1,9-2,0	530	500
Щебень	2000	10	2,3	2,9	510	500
Щебень	2000	2-4	1,6-1,7	1,7-1,9	400	380
Гравий	2000	3-5	1,2	1,4	550	520
Гравий	2000	7-10	1,7	2,1	570	530

Таблица I.8
Характеристики теплоизоляционных материалов

Теплоизоляционный материал	Объемный вес \bar{J}_3 , кг/м ³	Влажность весовая W , %	Коэффициент теплопроводности, ккал/м·ч·град	
			λ_T	λ_m
Торф нарушенной структуры, уплотненный	1000	250-350	0,45	0,60-0,80
Древесные опилки	250	До 20	0,08-0,10	0,12-0,15
Шлак котельный до 25 мм	700	12-35	-	0,55-1,05
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	150-200	-	-	0,10
Снег перемешанный	300-350	-	-	0,20-0,30

П р и м е ч а н и е. Теплофизические характеристики песчаных и глинистых грунтов определяют согласно СНиП II-18-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах". Индексы Т и М соответственно для талого и мерзлого грунтов.

Основные климатические характеристики расчетов

Метеостанция	Месторождение в зоне метеостанции	Среднелетняя температура воздуха, °C	Продолжительность летнего периода, ч	Среднезимняя температура воздуха, °C
Дровянной, мыс	Малыгинское	3,8	2496	-16,3
Тамбей	Северо-Тамбейское, Южно-Тамбейское	4,5	2616	-16,8
Харасавей, мыс	Харасавейское, Бованенковское, Кругенштерновское	4,2	2616	-16,6
Пыла-Ямо	Штормовское, Южно-Святское, Утреннее	6,5	2616	-18,7
Талкеб-Лага	Георгиевское	5,7	2520	-17,3
Се-Яга	Найтийское, Арктическое	5,8	2568	-16,2
Чарре-Сале	То же	4,9	2736	-14,2
Каменный, мыс	Среднеямальское, Среднетазовское, Куримское	6,9	2640	-16,3
Новый Порт	Новопортовское, Малоямальское	7,5	2760	-16,1
Тазовское	Тазовское, Олекуменское, Еньяхинское	8,8	2808	-17,7
Полярный Урал	То же	7,8	3000	-13,4
Ра-Из	- " -	5,3	2304	-13,0
Яр-Сале	- " -	8,4	3096	-16,1
Ныда	Ныльское, Медвежье, Харгутинское	8,5	3000	-16,3
Сидоровск	Русское, Заполярное	9,4	3048	-17,9

Таблица I.9

Характеристики для теплотехнических
насыпей

Продолжи- тельность зимнего периода, ч	Среднего- довая тем- пература наружного воздуха, °C	Средне- годовая скорость ветра, м/с	Средне- летняя скорость ветра, м/с	Средне- зимняя скорость ветра, м/с	Даты перехода температуры через 0°C	
6264	-10,7	6,3	6,0	6,5	I4.II	26.IX
6144	-10,7	6,6	6,2	6,8	II.II	29.IX
6144	-9,8	7,0	6,4	7,3	I2.II	30.IX
6144	-II,2	6,3	5,9	6,6	I0.IV	20.IX
6240	-10,8	6,2	5,5	6,5	I3.IV	27.IX
6192	-9,8	7,4	6,7	7,8	I3.II	2.X
6026	-8,3	7,0	6,6	7,3	I0.IV	5.X
6120	-9,4	6,8	6,6	6,9	I3.VI	2.X
6000	-8,8	6,2	5,9	6,3	6.VI	3.X
5962	-9,3	6,2	5,7	6,6	31.V	I.X
5760	-6,3	6,8	5,3	7,6	27.V	30.IX
6456	-8,2	8,0	6,7	8,7	I0.IV	I5.IX
5664	-7,5	5,I	5,0	5,2	27.V	4.X
5760	-7,8	5,I	5,I	5,I	31.V	4.X
5712	-8,5	3,7	3,6	3,7	28.V	3.X

Метеостанция	Месторождение в зоне метеооташкии	Среднелетний темпера- тура воздуха, °C	Продолжи- тельность летнего периода, ч	Среднезим- няя темпера- тура воздуха, °C
Таз	Южно-Русское, Русско-Часельское, Часельское	9,6	3264	-17,4
Уренгой	Уренгойское, Восточно-Уренгойское, Южно-Уренгойское, Юбинское, Пырейское	9,4	3096	-17,1
Надым	Надымское, Медведевое, Пангодинское, Ямсодейское	9,2	3264	-15,9
Тарко-Сале	Западно-Тарко-Салинское, Комсомольское, Губкинское, Вильгапуровское, Северо-Тулейское, Верхне-Пурпейское, Северо-Комсомольское	9,2	3456	-16,9
Толька	Южно-Харампурское, Тарасовское	10,0	3432	-16,3
Березово	Березовское, Северо-Казимское, Тугланское, Чульское, Покромское, Алясовское, Демишкое	9,8	3768	-14,0
Казым	Северо-Казымское	9,7	3888	-14,4
Сосьвинская К/база	Советско-Сосьвинское	10,0	3840	-13,7
Нумто	См. примечание	9,8	3456	-15,0
Игрим	Игримское, Пунгинское, Кулин-Турское, Пауль-Гарское, Сыскон-Сынъгинское	10,0	3984	-13,8
Варь-Еган	См. примечание	10,4	3720	-14,8

Продолжение табл. I.9

Продолжительность зимнего периода, ч	Среднегодовая температура наружного воздуха, °C	Среднегодовая скорость ветра, м/с	Среднесезонная скорость ветра, м/с	Среднезимняя скорость ветра, м/с	Даты перехода температуры через 0°C
5496	-7,9	3,3	3,1	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	21.У 5.Х
5304	-6,7	3,7	3,8	3,6	21.У 2.Х
5323	-6,1	2,5	2,5	2,4	14.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.ІУ 9.Х
4920	-3,4	2,4	2,6	2,3	27.ІУ 9.Х
5304	-5,3	4,2	4,4	4,1	16.У 8.Х
4776	-3,1	3,3	3,3	3,2	26.ІУ 10.Х
5040	-4,2	3,4	3,5	3,4	6.У 9.Х

Метеостанция	Месторождение в зоне метеостанции	Средне- летняя температура воздуха, °C	Продолжи- тельность летнего периода, ч	Среднезим- няя темпе- ратура воздуха, °C
Варьик	Хорхряковское, Колек- Еганско, Пермяков- ское	10,9	3840	-14,3
Сургут	Северо-Сургутское, Западно-Сургутское, Усть-Балыкское, Икно- Сургутское, Восточно- Сургутское, Широков- ское, Искамасовское, Локосовское	10,8	3840	-13,8

П р и м е ч а н и е. Варь-Еган - Покровское, Северо-Варьеганское,
 Баны-Еганское, Чуль-Еганское, Нов-
 Кумто - Семилеганское, Хеттинское, Айхетт
 Западно-Ноябрьское, Пульпунское
 Верхне-Надымское, Восточно-Перев

Окончание табл. I.9

Продолжи- тельность зимнего периода, ч	Среднего- довая тем- пература наружного воздуха, °C	Средне- годовая скорость ветра, м/с	Средне- летняя скорость ветра, м/с	Средне- зимняя скорость ветра, м/с	Даты перехода температуры через 0°C
--	--	---	--	--	--

4920	-3,3	3,6	3,4	3,7	27. IV	II. X
------	------	-----	-----	-----	--------	-------

4920	-3,1	4,9	4,9	4,9	28. IV	I2. X
------	------	-----	-----	-----	--------	-------

Ново-Аганское, Тагринское, Верхне-Колек-Еганское, Северо-Хохряковское, омолодежное, Ыть-Еганское, Курагинское, Ортягинское.
 инское, Верхне-Лунгорское, Западно-Батлорское, Ноябрьское, Романовское, Суторминское, Сойм-Лорское, Карамовское, Муравленковское, Няглонгское, 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. I7 (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	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура воздуха среднемноголетняя t , °C	-26,7	-25,8	-22,5	-14,2	-5,5	5,2	13,4	10,7	4,2	-6,5	-19,4	-24,9
Высота снежного покрова h_{sn} , м	25	0,30	0,34	0,38	0,21	-	-	-	-	0,08	0,15	0,20
Плотность снежного покрова S_{sn} , кг/м³	240	230	270	260	340	-	-	-	-	190	230	240
Влажность воздуха l , мм	1,0	0,7	1,1	2,4	4,1	7,8	11,8	10,6	7,8	4,0	1,6	1,1
Скорость ветра v , м/с	6,9	6,1	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	7,1	8,1	3,9	1,3	0,4	0,1	0
Рассеянная солнечная радиация D_0 , ккал/см²·мес	0,2	1,1	3,4	6,9	7,8	7,4	6,4	5,5	3,1	1,6	0,4	0
Суммарная солнечная радиация Q_0 , ккал/см²·мес	0,2	1,5	5,6	10,5	13,4	14,5	14,5	9,4	4,4	2,0	0,5	0
Эффективное излучение E , ккал/см²·мес	1,0	1,2	1,9	3,0	3,0	3,9	3,8	2,7	1,6	1,3	1,2	1,1
Альбедо поверхности торфяных откосов A , %	40	40	40	40	30	8	8	8	8	40	40	40

Окончание табл. 2. I

Параметр	М е с я ц и											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Альбинос скруженной территории t_1 , %	80	80	80	80	40	20	20	20	20	50	80	80
Коэффициент полной радиации для откосов южной экспозиции t_2	-	4,30	2,04	1,36	1,12	1,05	1,12	1,36	2,04	4,30	-	-
Коэффициент полной радиации для северной экспозиции t_3	-	-	-	0,16	0,46	0,61	0,46	0,16	-	-	-	-

Таблица 2.2

Расчет поправок к среднемесячным температурам за счет
солнечной радиации

Величины	Размер- ность	Поправки к среднемесячным температурам воздуха за счет солнечной радиации, °C											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Верхняя часть насыпи (с покрытием)													
K^A (по табл. I.I прил. I)	$\frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{мес}}$	0,45	0,46	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
$R_o = Q_o K - 0,42$		-	-	-	4,30	5,6I	6,10	6,10	3,8I	-	-	-	-
$R_o = (I-A) Q_o E_o$		-0,86	-0,15	2,02	-	-	-	-	-	I,48	0,10	-0,85	-I,I
$\Delta t_r = (\text{по формуле}$ $1.2 \text{ прил. I})$	°C	-0,45	-0,08	1,04	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
$R_o = Q_o K - 0,42$	$\frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{мес}}$	-	-	-	4,84	6,0I	6,54	6,54	4,09	-	-	-	-
$R_o = (I-A) Q_o E_o$		-0,88	-0,30	1,46	-	-	-	-	-	I,66	0,18	-0,90	-I,I
Δt_r	°C	-0,46	-0,17	0,76	2,57	3,20	3,59	3,89	2,42	0,99	0,10	-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
$J_o m_s$ (из табл. I.3 прил. I)	$\frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{мес}}$	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

Величина	Размер- ность	Поправки к среднемесячным температурам воздуха за счет солнечной радиации, °C											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$D_0 \rho_{\beta}^{\frac{1}{2}} \text{сумма I.6 ккал}$	ккал	0,18	1,01	3,13	6,35	7,18	6,81	5,89	5,06	2,85	1,47	0,37	0
$Q_{\beta} = J_{\beta} \pi_{\beta} \cdot D_0 \rho_{\beta}$	см ² .мес	0,18	2,73	7,62	II,24	13,45	14,26	14,96	10,36	5,50	3,19	0,37	0
$R_{\beta} = Q_{\beta} \Xi_A - 0,42$		-	-	-	3,51	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_x	°C	-0,46	0,24	I,38	I,87	2,99	5,10	5,80	3,92	I,98	0,88	-0,53	-0,58
Откос северной экспозиции													
$J_{\theta} m_{\beta}$	ккал	0	0	0	0,57	2,57	4,33	3,73	0,62	0	0	0	0
$D_0 \rho_{\beta}$	см ² .мес	0,18	1,01	3,13	6,35	7,18	6,81	5,89	5,06	2,85	1,47	0,37	0
$Q_{\beta} = J_{\theta} \pi_{\beta} \cdot D_0 \rho_{\beta}$		0,18	1,01	3,13	6,92	9,75	II,14	9,62	5,68	2,85	1,47	0,37	0
$R_{\beta} = Q_{\beta} \Xi_A - 0,42$		-	-	-	-	3,97	7,15	6,12	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_x	°C	-0,46	-0,33	-0,01	0,56	2,II	3,92	3,66	2,17	0,60	0,02	-0,53	-0,58

Таблица 2.3

Расчет поправок к среднемесячным температурам воздуха за счет испарения

Большинство	Размер- ность	Поправки к среднемесячным температурам воздуха за счет испарения											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Верхняя часть насыпи													
$t + \Delta t_e$	°C	-27,16	-25,97	-21,74	-11,63	-2,3	8,79	17,29	13,12	5,19	-6,4	-19,89	-25,48
Δt (по табл. I. 400) пред. I)	°C	0	0	0	0	0	3,2	-4,3	-14,2	-28,45	0	0	0
$t_{ исп} = t + \Delta t$	°C	-27,16	-25,97	-21,74	-11,63	-2,3	11,99	12,99	-1,08	-28,26	-6,4	-19,89	-25,48
$t_{ исп} = t + \Delta t$	°C	I,0	0,7	I,I	2,4	4,1	8,1	7,4	3,7	I,9	4,0	I,6	I,I
$\Delta t_e = K_e \Delta t_e$	°C	0	0	0	0,24	0,66	I,26	I,20	0,72	0	0,60	40,16	0
Откос нижней экскавации													
$t + \Delta t_e$	°C	-27,16	-25,56	-21,12	-12,35	-2,51	10,30	19,20	14,62	6,18	-5,62	-19,93	-25,48
Δt	°C	0	0	0	0	0	3,2	-4,3	-14,2	-28,5	0	0	0
$t_{ исп} = t + \Delta t$	°C	-27,16	-25,56	-21,12	-12,35	-2,51	13,50	14,90	0,42	-22,32	-5,62	-19,93	-25,48
Δt (по табл. I. 500) пред. I)	°C	0	0	0	0	0	0,5	-4,4	-6,9	-5,9	0	0	0
$t_{ исп} = t + \Delta t$	°C	I,0	0,7	I,I	2,4	4,1	8,3	7,4	3,7	I,9	4,0	I,6	I,I
$\Delta t_e = K_e \Delta t_e$	°C	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	Размер- ность	Поправки к среднемесячным температурам воздуха за счет испарения											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VII	IX	X	XI
Откос северной экспозиции													
$t + \Delta t_R$, °C		-27,16	-26,13	-22,51	-13,64	-3,39	9,12	17,06	12,87	4,80	-6,48	-19,93	-25,48
Δt , °C		0	0	0	0	0	3,2	-4,3	-14,2	-28,5	0	0	0
$t_{ исп} = t + \Delta t$, °C		-27,16	-26,13	-22,51	-13,64	-3,39	12,32	12,76	-1,33	-23,7	-6,48	-19,93	-25,48
$t_{ исп} = t + \Delta t_{ МС}$		1,0	0,7	1,1	2,4	4,1	8,3	7,4	3,7	1,9	4,0	1,6	1,1
$\Delta t = R \cdot \Delta t'$, °C		0	0	0	0,24	0,66	1,26	1,20	0,72	0	0,60	0,06	0

Таблица 2.4

Расчетные значения приведенной температуры воздуха

Элементы поверхности	Среднемесячные приведенные температуры воздуха, °C											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Верхняя поверхность насыпи с покрытием	-27,15	-25,88	-21,46	-II,91	-2,52	8,55	17,03	12,95	5,08	-6,45	-19,87	-25,48
Откос насыпи южной экспозиции	-27,16	-25,56	-21,18	-II,57	-3,17	+9,04	18,12	13,96	6,18	-6,28	-19,99	-25,48
Откос насыпи северной экспозиции	-27,16	-26,13	-22,51	-II,88	-4,05	7,86	15,86	12,15	4,80	-7,08	-19,96	-25,48
Верхняя поверхность насыпи без покрытия	-27,16	-25,97	-21,74	-II,87	-2,96	7,53	16,09	12,40	5,19	-6,4	-19,89	-25,48

Расчет термической устойчивости песчаной насыпи
на льдонасыщенном торфяном основании

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

$$T_s = 730 \times [A + (n-I) + B] = 730 \times [0,718 + (4-I) + 0,448] = 304I.$$

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

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

2. Расчет времени оттаивания песчаной насыпи высотой I м.

Таблица 2.5
Характеристика грунтов конструкции

	γ	γ_{ob}	γ_{sk}	λ_t	λ_m	C_t	C_m	Q
Песок насыпь	14,6	2000	1745	1,53	1,76	610	477	2038I
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:

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

По nomogramme (см. рис. I9) при $\mu_1 = 15,4$ и $h = 1$ м находим $K_T = 2,35$ и вычисляем A_I по формуле

$$A_I = \frac{K_T [Q + K_p (0,35 C_t l_{np}^{\max} + q)]}{4 \lambda_t K_p \delta}; \quad (2.1)$$

$$A_I = \frac{2,35 [2038I + 1,13 (0,35 \cdot 610 \cdot 16,09 + 286)]}{4 \cdot 1,53 \cdot 1,13 \cdot 0,02I} = 398462;$$

$$\delta = \frac{4 l_{np}^{\max}}{T_s} = \frac{4 \cdot 16,09}{304I} = 0,02I;$$

$$K_p = 1,13;$$

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

где t_i — среднеинтегральная температура венчомерзлой толщи
 $t_i = t_0 + (I:I,5)^{\circ}\text{C}$.

При $T_a = 304\text{I}$ и $A_I = 398462$ по номограмме (рис. 20) $T_{ot} = 1020$ ч.

3. Определение глубины оттаивания торфяного основания.

При $T_a = T_{1+2} = 304\text{I}$ ч по формуле

$$A_{I+2} = \frac{T_{I+2}^2}{2} - \frac{T_{I+2}^3}{3T_a} = \frac{304\text{I}^2}{2} - \frac{304\text{I}^3}{3 \cdot 304\text{I}} = 1,541280 \cdot 10^6$$

находим коэффициент K_{T_2} для торфяного слоя:

$$K_{T_2} = \frac{[1541280 \cdot 1020^2 \cdot (0,5 - \frac{1020}{3 \cdot 304\text{I}})] \cdot 4 \cdot 1,13 \cdot 0,48 \cdot 0,021}{53088 \cdot 1,13 \cdot (0,35 \cdot 800 \cdot 16,09 + 286)} \approx \frac{51831,1}{58502} = 0,886;$$

$$\mu_2 = \frac{I}{0,48(\frac{I}{23,6} + \frac{1,0}{1,53})} = 2,99.$$

При $\mu_2 = 2,99$ и $K_{T_2} = 0,89$ по номограмме (рис. 19) находим $h_2 = 0,4$ м.

4. Расчет глубины оттаивания конструкции при высоте насыпи из песка, равной 1,5 м.

$$\mu_1 = 15,4.$$

При $\mu_1 = 15,4$ и $h_1 = 1,5$ м по номограмме (рис. 19)

$$K_{T_1} = 4,75.$$

Величина A_I по формуле

$$A_I = \frac{4,75 [20381 + 1,13 (0,35 \cdot 610 \cdot 16,09 + 286)]}{4 \cdot 1,53 \cdot 1,13 \cdot 0,021} = 804140,3.$$

При $T_a = 304\text{I}$ ч и $A_I = 804140,3$ по номограмме (см. рис. 20)

$$T_{ot} = 1550 \text{ ч.}$$

5. Определение глубины оттаивания торфяного основания.

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

$$K_{T_2} = \frac{\left[1541280 - 1550^2 \left(0,5 - \frac{1550}{3 \cdot 3041}\right)\right] \cdot 4 \cdot 1,13 \cdot 0,48 \cdot 0,021}{53068 + 1,13 \cdot (0,35 \cdot 800 \cdot 16,09 + 286)} = \frac{34100,8}{58502} = 0,58;$$

$$\mu_2 = \frac{I}{0,48 \left(\frac{I}{23,6} + \frac{1,5}{1,53} \right)} = 2,04.$$

При $\mu_2 = 2,04$ и $K_{T_2} = 0,58$ по nomogramme (см. рис. I9)

определяем глубину оттаивания торфяного основания

$$h_{st} = 0,25 \text{ м.}$$

Аналогично определяется глубина оттаивания основания при другой заданной высоте насыпи из минеральных грунтов, и в зависимости от льготности 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:

$$\tau_s = 4320 \text{ ч.} \quad t_{nec}^{max} = 21^{\circ}\text{C}.$$

Таблица 2.2

Характеристика грунта насыпи

Местоположение слоя	Вид грунта	Теплофизические характеристики грунта в талом состоянии		
		λ_T	C_T	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		
		λ_t	C_t	Q
Нижняя часть насыпи $W = 19\%$	Песок мелкий пылеватый	1 85	610	25700
Основание $W = 350\%$	Торф	0,40	700	45000

1. Определяем постоянные параметры для данных условий:

$$\delta = \frac{4T_{\text{пр},L}^{\max}}{\tau_n} = \frac{4 \cdot 21}{4320} = 0,0194; \quad q = 0; \quad K_p = 1.$$

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

$$\text{При } h_1 = 0,6 \text{ м и } \mu = \mu_1 = \frac{20}{1,48} = 13,5$$

по номограмме (см. рис. I9) получаем $K_{T_1} = 0,92$.

$$A_1 = \frac{0,92 (15400 + 0,35 \cdot 480 \cdot 21)}{4 \cdot 1,48 \cdot 19,4 \cdot 10^{-3}} = 1,5 \cdot 10^5.$$

При $A_1 = 1,5 \cdot 10^5$ и $\tau_n = 4320$ 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.

$$\mu = \mu_2 = \frac{1}{1,77 \left(\frac{1}{1,48} + \frac{0,6}{20} \right)} = 1,25.$$

По номограмме (см. рис. I9) получаем, что $K_{T_2} = 2,8$;

$$A_2 = \frac{2,8 (23500 + 0,35 \cdot 580 \cdot 21)}{4 \cdot 1,77 \cdot 19,4 \cdot 10^{-3}} + 570^2 \left(0,5 - \frac{570}{3 \cdot 4320} \right) = \\ = 0,565 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 10^6 = 7,15 \cdot 10^5.$$

При $A_2 = 7,15 \cdot 10^5$ и $\tau_n = 4320$ ч по номограмме (см. рис. 20) получаем $\tau_{1+2} = 1330$ ч.

4. Определяем суммарное время оттаивания трех слоев насыпи.

При $h_3 = 0,58$ м и

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

по номограмме (см. рис. I9) получаем $K_{T_3} = 4,5$.

По формуле (22) определяем

$$A_3 = \frac{4,5 (25700 + 0,35 \cdot 610 \cdot 21)}{4 \cdot 1,85 \cdot 19,4 \cdot 10^{-3}} + 1330^2 (0,5 - \frac{1330}{3 \cdot 4320}) = \\ = 0,94 \cdot 10^6 + 0,7 \cdot 10^6 = 1,64 \cdot 10^6.$$

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

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

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

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

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

При $K_T = 0,86$ и

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

по номограмме (см. рис. I9) получаем, что $h_4 = 0,32$ м.

Приложение 3

Пример расчета осадки насыпи из песка
на льдонасыщенном торфяном основании

$$\begin{aligned} a_{ot} &= \left(\epsilon_n - \frac{w_c \gamma_2}{\gamma} - 0,05 \right) 0,15 - \ln \left(I - \frac{P}{2,7P+2,24} \right) = \\ &= \left(6,12 - \frac{3,56-I,5}{I,0} - 0,05 \cdot 0,15 - \ln \left(I - \frac{0,3I}{2,7 \cdot 0,3I+2,24} \right) \right) = \\ &= 0,186, \end{aligned}$$

где ϵ_n — начальный коэффициент пористости,

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

γ_2 — удельный вес, г/см³;

γ_{ob} — объемный вес, г/см³;

w_c — суммарная влажность, дол. ед.

Площадка имеет размеры 20x20 м², высота насыпи $h = 2,0$ м,
уклон откосов I:I,5.

$$P = \frac{\gamma v}{S_{nn}} = \frac{2000 \cdot 1064}{676} = 3148 = 0,3I \text{ кгс/см}^2;$$

$$v = \frac{I}{3} (S_{hn} \cdot \sqrt{S_{nn} S_o} + S_o) \cdot h = \frac{400 + \sqrt{400 \cdot 676 + 676}}{3} \times 2 = 1064 \text{ м}^3;$$

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

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

$$H_T = 1,2 \text{ м} < 0,5b$$

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

$$S_T^0 = \frac{K_p P \delta T_{rod} N v}{1 + |t_{cp}|} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3I \cdot 2600 \cdot 8760 \cdot 2 \cdot 0,00067I}{I + |-2|} = 9,740.$$

$N = 2$ года;

$P = 0,3I \text{ кгс/см}^2$;

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

$T_{rod} = 8760 \text{ ч.}$

$$v = \frac{I}{4\pi} \ln(I+4 \cdot \bar{z}^2) = \frac{I}{4 \cdot 3,14} \ln(I+4 \cdot 0,046^2) = 0,00067I,$$

где

$$\bar{z} = \frac{z}{b} = \frac{120}{2600} = 0,046.$$

Здесь z — толщина мерзлого торфа;
 b — ширина насыпи понизу.

Осадка по краю насыпи при

$$S_r^k = \frac{K_p \rho_b T_m N v'}{1 + I_{c=1}} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 2600 \cdot 8760 \cdot 2 \cdot 0,000168 \cdot 0,31}{1 + (-2)} = 2,37.$$

$$v' = \frac{I}{4\pi} \ln(I+ \bar{z}^2) = \frac{I}{12,56} \ln(I+0,046^2) = 0,000168.$$

Береговая осадка:

$$S_r = S_r^0 - S_r^k = 9,47 - 2,37 = 7,10 \text{ см.}$$

Приложение 4

Таблица
приведения принятых обозначений
к единицам СИ

Название величины	Обозна- чение	Коэффициент для приведения к единицам СИ
Коэффициент теплообмена	$\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$	$1,163 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$
Объемный вес (плотность)	$\text{г}/\text{см}^3$	$1 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$
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	$\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{град}}$	$4,1868 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость	$\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$	$4,1868 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельный вес	$\text{г}/\text{см}^3$	$9,8 \cdot 10^3 \text{Н}/\text{м}^3$
Удельная нагрузка (давление)	$\text{kgs}/\text{м}^2$	$9,8 \text{ Н}/\text{м}^2$
Модуль упругости	$\text{kgs}/\text{см}^2$	$9,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$

СОДЕРЖАНИЕ

1. 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	16
5. Противотермокарстовая защита территории, мероприятия по предотвращению пучения и наледеобразования	21
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 обозначенй к единицам СИ	91

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 15.11.82 г. Формат бумаги 60x84/16.
Объем 4,3 уч.-изд.л. Тираж 300 экз. Заказ №1355.

Ротапrint Гипротименнефтегаза
625000, г.Тюмень, ул. Республики, 62