

**МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА**

**И Н С Т Р У К Ц И Я  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ  
ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
ДЛЯ УСЛОВИЙ АРКТИКИ**

**РД 31.31.25-85**

**Москва • В/О «Мортехинформреклам»**

**1986**

**МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА**

**И Н С Т Р У К Ц И Я**  
**ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ**  
**ДЛЯ УСЛОВИЙ АРКТИКИ**

**РД 31.31.25-85**

**Москва.В/О "Мортехинформреклама"**

**1986**

**РАЗРАБОТАН**

Государственным проектно-исследовательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта ("СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ") - Ленинградским филиалом "ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ"

Главный инженер В.А.Фирсов

Руководитель сектора стандартизации, метрологии и патентоведения В.Г.Дементьев

Руководитель темы Ф.А.Мартыненко

Руководитель разработки В.Г.Апельсин

Исполнители:

И.Н.Ломалова, М.З.Рунова (Ленморниипроект)

Е.И.Герасимова, В.В.Соколов, А.В.Соколов (ЦНИИС)

Н.Н.Кайдалов, В.Г.Лобазин, О.Е.Карпущина  
(ЛТИ им.Плеханова)

А.И.Ясиновский, Ю.И.Васильевский (ОНИИМЭ)

Л.Ф.Штанько (ДМНИИП)

**УТВЕРЖДЕН**

Распоряжением Союзморниипроекта

№ 65 от 15 ноября 1985 г.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ  
ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ  
УСЛОВИЙ АРКТИКИ

РД 31.31.25-85  
Взамен РД 31.31.25-81

Орок введения в действие  
установлен с 01.07.86 г.

Настоящая Инструкция содержит требования по проектированию причальных сооружений в портах ММФ для условий Арктики ( I-ая климатическая зона) и может быть использована при проектировании сооружений для районов с замерзающими акваториями.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Инструкция регламентирует основные положения по проектированию, выбору конструкций, строительных и конструктивных материалов, определению нагрузок и расчету причальных сооружений, рекомендованных для условий Арктики.

1.2. При проектировании причальных сооружений для условий Арктики следует соблюдать требования соответствующих глав СНиП, документов, перечень которых приведен в Приложении 12 (справочное).

1.3. Проектирование причальных сооружений для условий Арктики по сравнению с другими районами обуславливается следующими особенностями, которые необходимо учитывать:

суровые природно-климатические условия, характеризующиеся коротким летом, продолжительной и суровой зимой, тяжелыми ледовыми и геологическими условиями;

оторванность мест строительства от строительного-индустриальных баз, трудность освоения строительных площадок;

отсутствие во многих районах строительных материалов - леса, песка, камня и т.д.;

вероятность наличия мерзлоты в основании сооружения и возможность ее деградации, термоабразией морских берегов;

воздействие на сооружение значительных ледовых нагрузок и значительные перепады температур;

наличие на реках Крайнего Севера бурных весенних паводков, сопровождающихся ледоходом, большими подъемами воды, наводнениями;

возможность использования льда и ледогрунта в качестве строительного материала и холода, как фактора строительного производства.

1.4. Проект организации и производства строительных работ должен разрабатываться согласно требованиям соответствующих глав СНиП и Руководства по организации строительного производства в условиях северной зоны.

1.5. При проведении инженерных изысканий для строительства помимо требований СНиП П-9-78 необходимо произвести дополнительные изыскания с целью получения данных:

о ледовом режиме, температурных и прочностных характеристиках льда в акватории во времени;

для прогноза изменения окружающей среды при строительстве и эксплуатации сооружений;

для проведения теплотехнических расчетов (уровень грунта с постоянной температурой, первоначальный температурный режим грунта основания, температурный режим воды акватории по глубине и во времени).

1.6. При проектировании причальных сооружений 1 и II классов, а при соответствующем обосновании при проектировании сооружений III класса, необходимо предусматривать проведение опытных и научно-исследовательских работ, устройство геодезической сети и установку контрольно-измерительной аппаратуры для наблюдения за напряженно-деформированным состоянием конструкции и основания, как в процессе строительства, так и при эксплуатации.

## 2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СООРУЖЕНИЙ

2.1. Основной задачей проектирования причальных сооружений для условий Арктики является выбор типов сооружений и методов их строительства, при которых наиболее полно используются скрытые резервы, обусловленные природно-климатическими условиями региона, и местные материалы, позволяющие снизить капитальные вложения.

2.2. Конструкции причальных сооружений должны быть ремонтно-пригодными и надежно выполнять свои функции при воздействиях горизонтальных ледовых нагрузок, сейсмических нагрузок и обеспечивать швартовку и обработку судов зимой в тяжелых ледовых условиях.

2.3. При проектировании причальных сооружений следует максимально использовать прочностные свойства материалов, конструкций и несущую способность основания с учетом изменения их характеристик во времени. Необходимо учитывать требования по экономному расходованию строительных материалов, а также стремиться к максимальному сокращению трудовых затрат и сроков продолжительности строительства.

2.4. Конструкции, возведение которых предусматривается поэтапно, должны обеспечивать устойчивость и прочность сооружения в целом и отдельных его элементов на каждом этапе строительства.

2.5. Следует учитывать и стремиться к уменьшению или исключению возможных статических нагрузок от температурного расширения льда внутри конструкции или ее полых элементах, например, созданием теплоизоляции или введением компенсирующих устройств.

2.6. В проекте сооружения необходимо предусматривать мероприятия по их защите от наледей, динамического, статического и истирающего воздействия льда.

2.7. Для морских причальных сооружений, расположенных в устьях рек, следует рассматривать варианты строительства причалов с расположением территории на двух уровнях (причалы высокой и низкой воды).

2.8. В конструкциях автоплывных причальных сооружений необходимо предусматривать защиту от повреждений элементов сооружения, подкрановых и железнодорожных путей, оборудования, расположенного на причале, обратной засыпки и покрытия от воздействия льда и воды.

2.9. При проектировании причальных сооружений необходимо рассмотреть мероприятия по снижению давления грунта засыпки на лицевую стенку и осадок территории. Для снижения давления грунта следует применять разгружающие и экранирующие устройства, искусственное регулирование напряженно-деформируемого состояния конструкций. Для снижения осадок территории используется предварительная огрузка основания или замена грунта.

2.10. Обратная засыпка причальных сооружений распорного типа должна выполняться из талых грунтов: песка, гравия, скального грунта или камня весом до 100 кг, она не должна иметь включение льда, снега, мерзлых грунтов.

Для сооружений, проектируемых с учетом мерзлого ядра, рекомендуется в качестве обратной засыпки, как правило, применять песок.

2.11. В проектах сооружений из льда для перегрузочного оборудования и механизмов рекомендуется предусматривать свайное основание путем погружения свай в грунт через ледяной массив.

2.12. Защиту ледяных причальных сооружений от теплового воздействия воды акватории, работающих механизмов, солнечной радиации и положительных температур воздуха рекомендуется осуществлять созданием водонепроницаемых ограждений с термобарьер-



рующим слоем, отсыпкой грунта на поверхность ледяного массива, применением термосвай, искусственного охлаждения и т.п.

2.13. Усиление и реконструкция существующих причальных сооружений следует производить согласно соответствующим ведомственным нормативным документам с учетом требований настоящей Инструкции.

2.14. При разработке проекта усиления и реконструкции существующего сооружения необходимо учитывать несущую способность мерзлого грунтового ядра в засыпке существующего сооружения, если по данным геологических изысканий оно выявлено и есть возможность его сохранения при реконструкции и эксплуатации сооружения.

### 3. УКАЗАНИЯ ПО КОМПОНОВКЕ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

3.1. Компоновку причальных сооружений следует проводить с учетом перспективы развития порта, обеспечения удобства маневрирования, швартовки и стоянки судов, защиты судов и сооружений от волнения и ледовых воздействий, выполнения минимального объема дноуглубительных работ, пожаробезопасности и выполнения требований охраны окружающей среды, как в период строительства сооружения, так и при его эксплуатации.

3.2. Плановое расположение причала на арктическом побережье следует выбирать в зависимости от местных естественных условий, по возможности не нарушая гидрологический и термический режим акватории и территории, отдавая предпочтение районам, сложенным плотными грунтами с отсутствием вечной мерзлоты и прослоек льда, избегая участков с неустойчивыми берегами и склонами, на которых наблюдаются или могут быть в будущем явления термокарста, солифлюкции, пучения и наледей. Причалы желательно располагать вне зоны торошения льда.

3.3. При соответствующем технико-экономическом обосновании следует рассмотреть варианты защиты акватории порта или отдельных причалов от воздействия ледных полей и ветрового нагона льда в соответствии с требованиями РД 31.31.21-81.

3.4. Габаритные размеры и глубину у сооружения следует определять в соответствии с требованиями Норм технологического проектирования морских портов с учетом эксплуатационных и противопожарных требований к размещению перегрузочного оборудования, технологии обработки судов, а также рационального их сопряжения с берегом или береговыми сооружениями, обеспечения безопасной швартовки судов.

3.5. Размеры островных причалов, пирсов, палов принимаются на условия обеспечения размещения на их территории технологического оборудования и должны быть не менее величины, определяемой расчетом устойчивости сооружения при воздействии расчетных нагрузок.

## 4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

4.1. Настоящие требования являются дополнительными к соответствующим главам СНиП по проектированию строительных конструкций и ВСН 3-80/ММФ.

4.2. Выбор строительных материалов должен осуществляться на основании технико-экономической целесообразности с учетом конкретных геологических, гидрологических и метеорологических условий площадки строительства, наличия местных строительных материалов, местной строительной индустрии, удобства транспортировки в районе строительства и доставки из других районов страны.

4.3. Строительные материалы должны соответствовать проектным прочностным характеристикам в условиях низких температур. Исходя из этого, следует особое внимание уделять технологии производства работ и присвоению авторского надзора.

4.4. Необходимо обеспечить надежную работу материала конструкций при низких температурах при статических и динамических нагрузках, вызываемых ледовыми, волновыми и крановыми нагрузками. При необходимости в проекте следует предусматривать мероприятия по защите материала конструкций от разрушения и коррозии, истирающего воздействия льда, агрессивных воздействий воды, грунта и складированных грузов в соответствии с действующими нормативными документами.

4.5. Бетон для портовых гидротехнических сооружений следует принимать по ГОСТ 4795-68, ГОСТ 22266-76 и в соответствии с требованиями главы СНиП П-56-77 и ВСН 6/118-74 \_\_\_\_\_, ММФ, Минтрансстрой

4.6. Марки бетона (по прочности, морозостойкости и водонепроницаемости) назначаются не ниже указанных в ВСН 30-83/Минэнерго СССР.

4.7. В состав бетона следует вводить суперпластификаторы (С-3, 40-3) и другие поверхностно активные вещества (ПАВ) для пластификации бетонной смеси, повышения ее морозостойкости и водонепроницаемости. Виды добавок, их состав и дозировка регламентируются ВСН 6/118-74/ИИФ, Минтрансстрой и действующим нормативным документом по применению химических добавок в бетоне.

4.8. Рекомендуется применение сборных конструкций из кремнебетона, отличающегося высокой прочностью ( $M 1000$  и выше), водонепроницаемостью ( $B 12$  и выше), морозостойкостью и химической стойкостью.

4.9. Выбор марок арматурной стали и стали для закладных деталей следует проводить в соответствии с главой СНиП 2.03.01-84.

4.10. Марки стали для металлических конструкций назначаются по действующим ГОСТ'ам в соответствии с требованиями главы СНиП II-23-81.

4.11. Стальные шпунтовые и трубчатые сваи следует применять из стали допускающей погружение при отрицательных температурах с гарантируемыми требованиями по ударной вязкости не ниже  $3 \text{ кДж/м}^2$  при температуре минус  $40^\circ\text{C}$  с гарантией свариваемости. Если указанные требования полностью не удовлетворяются, то необходимо выполнить разработку специальной технологии погружения стальных элементов и их сварки, например, с проведением подогрева (Приложение 1, рекомендуемое).

4.12. Древесину целесообразно использовать в конструкциях съемных противолодочных поясов, отбойных устройств и колесоотбойных брусьев.

Для улучшения эксплуатационных качеств деревянных элементов и защиты их от древоточцев рекомендуется пропитка синтетическими смолами или креозотирование.

4.13. В качестве строительного материала может быть использован лед послойного намораживания, ледяные блоки и мерзлый грунт.

Для повышения прочностных характеристик строительного льда следует предусматривать возможность его армирования, например, бумагой, древесным или синтетическим волокном.

4.14. Применение новых строительных материалов требует их испытания при низких температурах в условиях максимально приближенных к условиям работы материала в натуре с учетом напряженного состояния конструкции.

## 5. ВЫБОР КОНСТРУКЦИЙ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

5.1. Выбор конструкции причального сооружения следует производить в соответствии с требованиями СНиП 2.06.01-86 и с учетом рекомендаций настоящей Инструкции.

5.2. Выбор конструкции причального сооружения производится на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом геологических и гидрологических условий, глубин акватории, месторасположения и назначения причала, технологии перегрузочных работ, надежности работы сооружения.

5.3. На грунтах, позволяющих погружение свай, шпунта и свай-оболочек, рекомендуются к проектированию набережные в виде ленточных конструкций и заанкеренных бьеверков.

В зависимости от грунтовых условий, глубин, величин ледовых и ползучих нагрузок, воздействующих на сооружение, могут быть рекомендованы к проектированию следующие виды бьеверков:

- заанкеренный бьеверк из металлического шпунта (рис. 5.1а);
- экранированный бьеверк (рис. 5.1б);
- бьеверк-эстакада.

5.4. В конструкции бьеверка, выполняемого из железобетонных свай, рекомендуется применение грунтонепроницаемой стенки из плоского стального шпунта, располагаемой перед лицевой стенкой.

5.5. При горизонтальных ледовых нагрузках более 1000 кН на метр сооружения рекомендуется в конструкцию сооружения вводить жесткую связь между лицевой и экранирующей стенками на уровне возможного воздействия ледовой нагрузки.

5.6. Пирсовая система причалов рекомендуется к применению на отмелях побережьях. Конструкции пирсов следует принимать вальмового типа:

- в виде взаимозаанкеренных или экранированных бьеверков (рис. 5.2а,б);

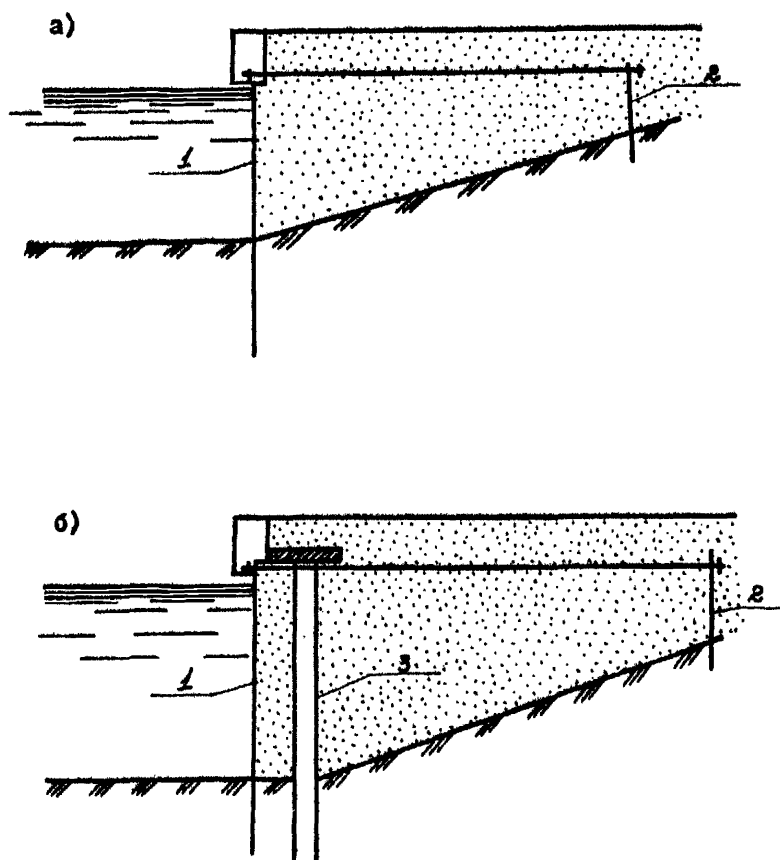


Рис.5.1. Конструкции бойверков: а – заанкеренный бойверк из металлитического шпунта; б – экранированный бойверк; 1 – лицевая стенка; 2 – анкерная стенка; 3 – экранирующая стенка



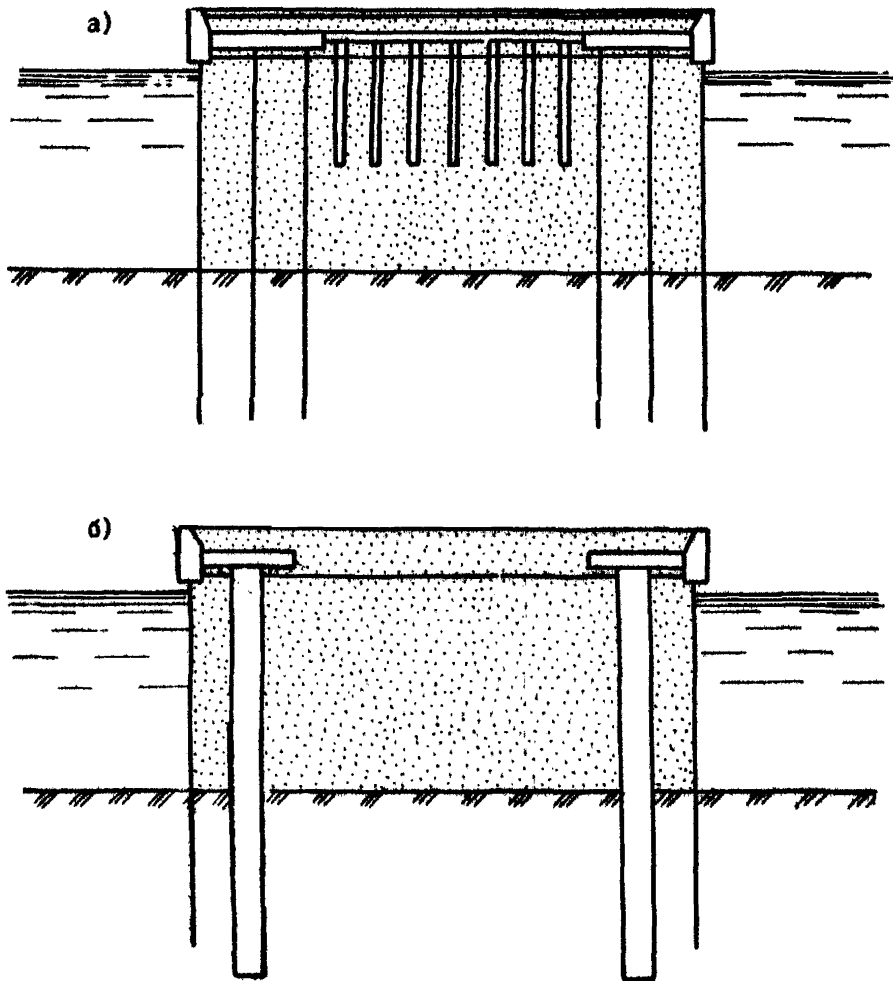


Рис.5.2. Конструкции узких насыпных пирсов: а — в виде взаимозаанкеренного б. лаверка; б — в виде экранированного бо. лаверка

мостового типа с опорами в виде ячеек из стального шпунта; в виде ячеек из плоского стального шпунта с открылками, связывающими ячейки между собой.

5.7. Засыпные ячейки следует проектировать, как правило, круглого сечения из стального плоского шпунта. Диаметр ячейки назначается исходя из технологических и противопожарных требований, но не менее полученного по расчету в зависимости от величины ледовой нагрузки.

Для глубин до 12,0 м рекомендуются ячейки без разгружающих устройств (рис. 5.3а) с созданием противоледового пояса или диафрагмы; для больших глубин или значительных ледовых нагрузок необходимо предусматривать разгружающие устройства в конструкции ячейки, например, по типу экранированного бойлера (рис. 5.3б) или созданием внутренней оболочки (авт.свид.№ 977556) с устройством противоледового пояса или диафрагмы.

5.8. На грунтах, исключающих возможность погружения свай, рекомендуются к проектированию конструкции гравитационного типа из массивов-гигантов, обыкновенных и пустотелых железобетонных блоков, засыпных ячеек из плоского стального шпунта.

5.9. На слабых грунтах основания небольшой толщи с подстилающими плотными грунтами рекомендуются конструкции из оболочек большого диаметра, засыпных ячеек и массивов-гигантов с дополнительными вертикальными панелями (авт.свид.№ 1101502), позволяющие их установку без создания каменной постели и выемки слабого грунта.

Массивы-гиганты и оболочки выполняются из железобетона или из композитных сталебетонных материалов.

5.10. Для островных причалов рекомендуется применять конструкции засыпных ячеек из стального шпунта, взаимозаменяемые бойлеры, массивы-гиганты.

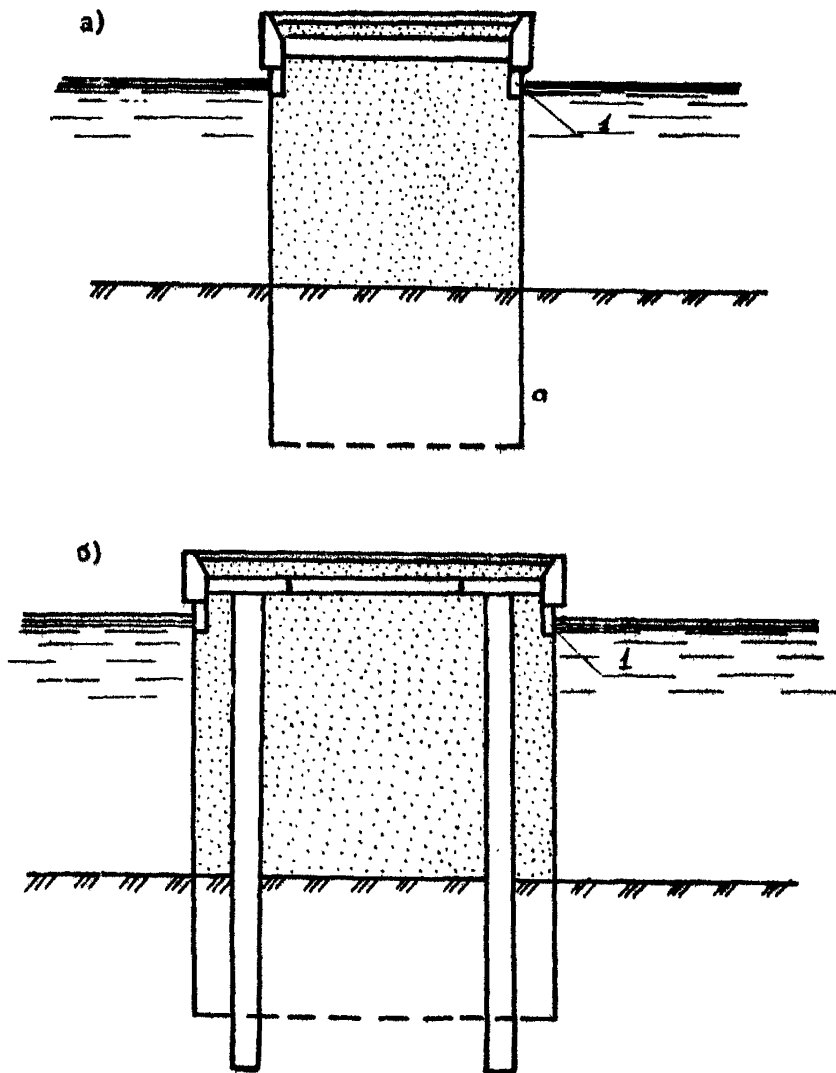


Рис.5.3. Конструкции засыпных ячеек из металлического шпунта: а — для глубины до 12,0 м; б — для глубины более 12,0 м; 1 — противоледовый пояс

5.11. В качестве отдельно стоящих опор и палов рекомендуется применять засыпные ячейки из стального шпунта, массивы-гиганты круглого или конусообразного сечения.

5.12. Для небольших порт-пунктов, для причалов, предназначенных для обработки люктеров и для причалов, эксплуатируемых в течение одной или нескольких навигаций, рекомендуются ледяные сооружения или сооружения с применением строительного льда и мерзлого грунта.

5.13. При проведении перегрузочных работ только в летнее время могут быть использованы плавучие причалы и причалы на выдвижных опорах, которые в межнавигационный период могут храниться на берегу.

## 6. НАГРУЗКИ И ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

6.1. Причалные сооружения следует проектировать по методу предельных состояний в соответствии с требованиями СТ СЭВ 364-76 и ВСН 3-80/ИИФ.

6.2. Номенклатура нагрузок и их сочетание, величины нагрузок и характеристики грунтов основания, а также коэффициенты для определения расчетных величин усилий в элементах конструкции следует принимать в соответствии с требованиями СНиП 2.06.01-86, СНиП П-6-74, СНиП 2.06.04-82 и дополнительными требованиями, приведенными в настоящей Инструкции.

6.3. Эксплуатационные нагрузки на причальные сооружения следует принимать по нормам технологического проектирования морских портов и другим нормативным документам, относящимся к сооружениям для условий Арктики.

6.4. Нагрузки от льда следует принимать в составе основного сочетания нагрузок и определять согласно требованиям СНиП 2.06.04-82 с учетом требований настоящей Инструкции. При этом нагрузки от льда по возможности должны уточняться по натурным измерениям.

6.5. Статические нагрузки от температурного расширения морского льда и влияние работы ледокола в непосредственной близости от сооружения допускается не учитывать при проектировании морских причальных сооружений.

6.6. Нагрузки от примерзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды в ливневых морях допускается не учитывать в связи с образованием приливной трещины в ледяном покрове на расстоянии 3-5 м от сооружения.

6.7. При определении ледовой нагрузки расчетную толщину льда следует принимать наибольшую из наблюдаемого ряда натурных измерений в период ледохода при естественном вскрытии акватории,



6.11. Гидростатическое давление воды на лицевую стенку причала рекомендуется принимать в зависимости от характера колебаний уровня акватории у сооружения и водопроницаемости стенки.

Расчет гидростатического давления воды на лицевую стенку сооружения для безливных и ливных морей приведен на рис. 6.1. При этом необходимо учитывать возможное оледенение дренажных устройств в зимний период.

6.12. Конструкции причальных сооружений проектируются по действующим нормативным документам с проведением дополнительных расчетов на воздействия ледовых нагрузок, а также с проведением теплотехнических расчетов. При этом расчеты следует производить по наиболее опасному, реально возможному сочетанию нагрузок,

6.13. Проектирование засыпных причальных сооружений необходимо производить с учетом изменения прочностных и деформационных характеристик мерзлого грунта, который существует или образуется в теле засыпки постоянно или временно в зимне-весенний период, т.е. в период воздействия ледовых нагрузок.

6.14. Расчетные характеристики мерзлых грунтов следует принимать из следующих положений:

угол внутреннего трения мерзлых грунтов допускается принимать равным углу внутреннего трения немерзлых (талых) грунтов;

предельно-длительное сцепление мерзлых грунтов определяется по формуле

$$c_{пр} = a + b \sqrt{|t|}, \quad (6.1)$$

где  $a$  и  $b$  - параметры, зависящие от состава грунта:

для песка  $a = 0$ ,  $b = 10 \text{ Н/см}^2 \text{ град}^{0,5}$ ;

для суглинка  $a = 3 \text{ Н/см}^2$ ,  $b = 5 \text{ Н/см}^2 \text{ град}^{0,5}$ ;

$|t|$  - абсолютное значение отрицательной температуры грунта,  $^{\circ}\text{C}$ .

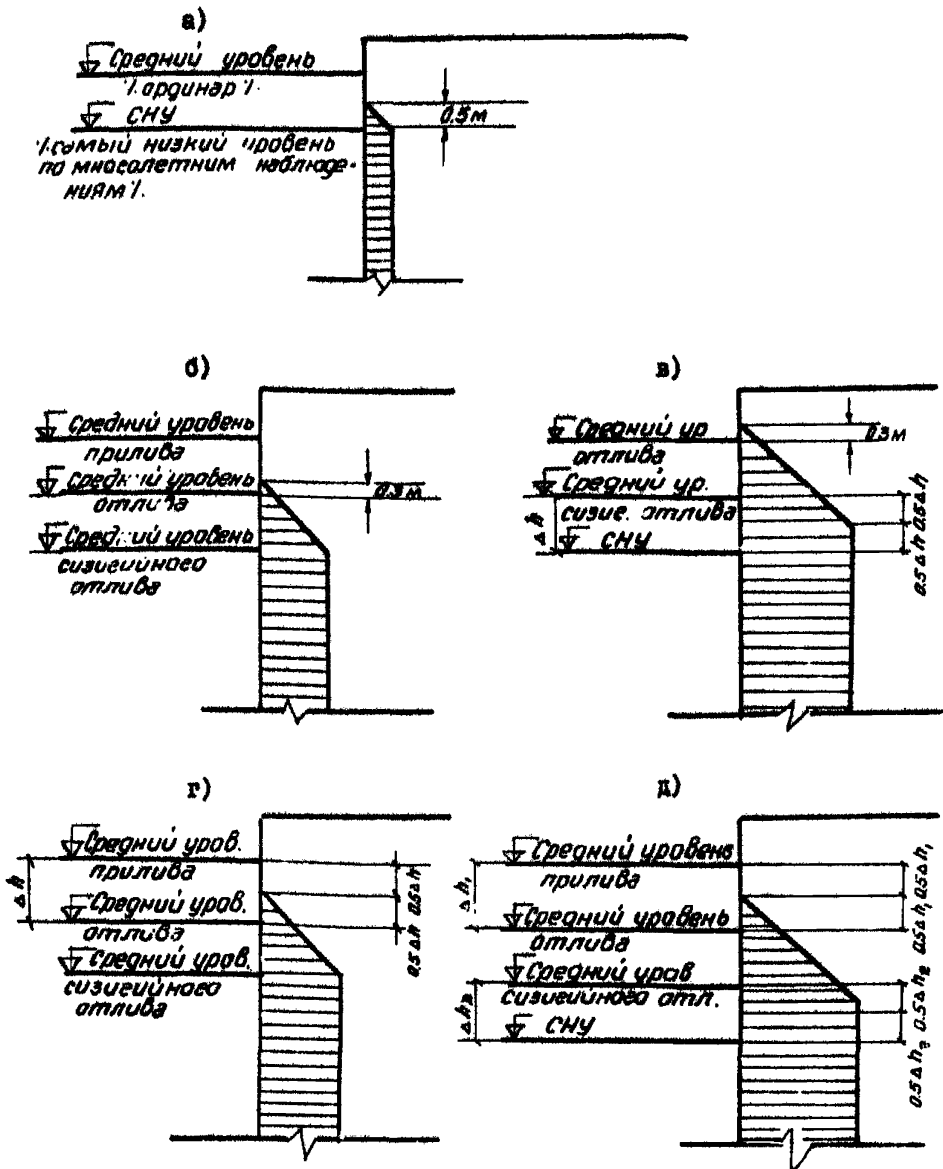


Рис.6.1. Гидростатическое давление воды на шпунтовые стенки причальных сооружений: а - в безливных морях при дренажных устройствах для основного и особого сочетания нагрузок; б, в - в ливных морях при водопроницаемых стенках или стенках с дренажными устройствами; г, д - в ливных морях при водонепроницаемых стенках; б, г - для основного сочетания нагрузок; а, д - для особого сочетания нагрузок



Допускается в расчетах принимать для мерзлых грунтов предельнодлительное эквивалентное сцепление — комплексную характеристику, учитывающую совместно силы сцепления и трения, которое определяется в соответствии с требованиями СНиП П-18-76 и ГОСТ 24586-81.

Для предварительных расчетов допускается расчетные характеристики некоторых мерзлых грунтов принимать в соответствии с Приложением 3 (рекомендуемое).

6.15. Физико-механические характеристики мерзлых грунтов должны определяться в соответствии с действующими ГОСТ'ами. Расчетные значения прочностных характеристик мерзлых грунтов следует принимать в соответствии с требованиями СНиП П-18-76.

6.16. При залегании слабых грунтов ( $\gamma_L \geq 0,75$ ;  $E_0 \leq 5$  МПа) в основании причального сооружения следует, кроме расчета прочности и устойчивости, произвести расчет по деформациям в соответствии с требованиями ведомственного нормативного документа.

## 7. РАСЧЕТ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ТИПА

7.1. Расчет причальных сооружений гравитационного типа следует проводить в соответствии с требованиями ВСН 3-80/ММ<sup>2</sup> и рекомендациям настоящего раздела Инструкции.

7.2. Горизонтальную ледовую нагрузку необходимо учитывать в составе основных нагрузок при расчете:

устойчивости сооружений и напряжений по подошве;  
на сдвиг курса массивов, который подвержен ледовым воздействиям;

на сдвиг по вертикальной плоскости ячеистых конструкций.

7.3. При проектировании сооружений из массивов-гигантов для обеспечения устойчивости и уменьшения ширины массива следует применять массивы-гиганты с консолями, причем для пирсов рекомендуется массивы-гиганты с двумя консолями, а для засыпных сооружений - с одной консолью со стороны акватории.

Длина консоли  $\ell_k$  определяется из условия реализации результирующей эпюры давления в основании

$$\ell_k = \frac{3(M_{\text{уд}} - M_o)}{G} - b_1, \quad (7.1)$$

где  $M_{\text{уд}}$  - расчетный момент удерживающих сил относительно ребра вращения, Н·м;

$M_o$  - расчетный момент опрокидывающих сил относительно ребра вращения, Н·м;

$G$  - вес сооружения, Н;

$b_1$  - ширина основания гравитационного сооружения, м.

7.4. Расчет сечения элементов массива-гиганта (стенки, днища, консоли) следует проводить в соответствии с требованиями СНиП 2.06.08 по расчету изгибаемых бетонных элементов. При

этом момент сопротивления  $W$  прямоугольного сечения элемента принимается равным

$$W = \frac{b_d t_{cr}^2}{3.5}, \quad (7.2)$$

где  $b_d$  - расчетная ширина элемента, м;  
 $t_{cr}$  - толщина элемента, м.

7.5. Расчетные изгибающие моменты в элементах массива-гиганта определяются по формулам:

для днища

$$M_{gn} = \frac{1.8 b_p^2 G}{\psi (b_z + l_k)}, \quad (7.3)$$

где  $b_p$  - ширина отсека массива-гиганта, м;  
 $\psi$  - коэффициент, зависящий от соотношения ширины и длины отсеков массива-гиганта, принимаемый по Приложению 4 (рекомендуемое);

для консоли

$$M_k = \frac{G l_k^2}{b_z + l_k}, \quad (7.4)$$

где  $l_k$  - длина консоли, м.

7.6. Внешняя стенка массива-гиганта дополнительно рассчитывается на воздействие горизонтальной ледовой нагрузки. Расчет рекомендуется проводить как расчет балки на упругом основании с опорами в месте примыкания поперечных стенок на равномерно распределенную нагрузку равную ледовой. Расчет может быть проведен по программе "МУРБ".

## 6. РАСЧЕТ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТИПА БОЛЬВЕРК

6.1. Расчет причальных сооружений типа больверк следует производить в соответствии с требованиями РТМ 31.3016-78 и положениями настоящей Инструкции.

6.2. Расчет больверка на ледовую нагрузку допускается проводить отдельно от других видов нагрузок, а затем полученные усилия в элементах конструкции суммировать с усилиями, определенными от других нагрузок.

6.3. Расчет лицевой стенки больверка на ледовую нагрузку следует проводить, как правило, без учета эксплуатационных нагрузок на территории причала по программе "LED" (пример расчета по программе "LED" - Приложение 5, справочное), суммировать их с усилиями в элементах, определенными от давления грунта с учетом эксплуатационных нагрузок.

6.4. При расчете больверков коэффициент пропорциональности талых грунтов следует определять в соответствии со СНиП II-16-76. Коэффициент пропорциональности  $K_N$  мерзлых грунтов при отсутствии натуральных данных допускается определять по формуле

$$K_N = K \frac{E_N}{1,5 E}, \quad (8.1)$$

где  $K$  - коэффициент пропорциональности талого грунта,  $\text{кН/м}^4$ ;  
 $E_N, E$  - модуль упругости соответственно мерзлого и талого грунта, Па.

При отсутствии натуральных данных допускается модуль упругости грунтов принимать по табл. 8.1.

Таблица 8.1

## Значение модуля упругости грунта

Наименование грунтов	Значение модуля упругости $E$ , МПа при температуре грунта			
	выше $0^{\circ}\text{C}$	до $-0,5^{\circ}\text{C}$	$-1,5^{\circ}\text{C}$	до $-6^{\circ}\text{C}$
Песок	120	1000	3000	5000
Супесь	60	800	2000	3000
Суглинок	40	550	1500	2500
Глина	25	500	800	1000

В предварительных расчетах для песчаной засыпки допускается принимать  $K_N = 8 + 10 K$ .

8.5. При определении общей устойчивости бьева при промерзании обратной засыпки необходимо учитывать повышенные характеристики мерзлого грунта, например, учетом предельно-длительного эквивалентного сцепления слоя мерзлого грунта, через который проходит возможная поверхность скольжения.

8.6. Активное давление грунта на вертикальную стенку ниже слоя промерзания засыпки определяется по формуле

$$P_a = (P\chi + \rho g y) A_a, \quad (8.2)$$

где  $P$  — интенсивность вертикальной нагрузки на отметке нижней границы слоя промерзшей засыпки, Па;

$\chi$  — коэффициент, определяемый по формуле (8.3);

$\rho$  — плотность засыпки, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  — ускорение свободного падения, равное  $9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$y$  — координата точек, определяемая от отметки нижнего слоя промерзшей засыпки, м;

$\lambda_a$  - коэффициент горизонтальной составляющей активного давления грунта с учетом трения грунта о отечку.

Коэффициент  $\chi$  определяется по формуле

$$\chi = \frac{\mu_0 [\mu + 2(1 - \sqrt{1 + \mu})] / (1 - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \theta)}{\mu [\mu_0 + 2(1 - \sqrt{1 + \mu_0})]}, \quad (8.3)$$

где  $\mu = \operatorname{ctg}(\delta + \varphi) \operatorname{ctg}(\theta + \varphi);$   
 $\mu_0 = \operatorname{ctg}(\delta + \varphi) \operatorname{ctg} \varphi;$

$\delta$  - угол трения грунта по вертикальной стенке, принимаемый равным  $0,667 \varphi$ , град;

$\varphi$  - угол внутреннего трения грунта, град;

$\mu$  - угол трения грунта призм обрушения по слою промерзшей засыпки (град), рекомендуется принимать равным  $(0,2 + 0,3) \varphi$ .

8.7. Активное давление грунта в зоне промерзания засыпки определяется по формуле

$$P_a = \rho g y \lambda_a - c_{\text{эв}} \lambda_{ac}, \quad (8.4)$$

где  $\lambda_{ac}$  - коэффициент горизонтальной составляющей активного давления от сил сцепления;

$y$  - координата точек, определяемая от верха засыпки, м.

В случае, когда  $c_{\text{эв}} \lambda_{ac} > \rho g y \lambda_a$ , активное давление грунта принимается равным нулю.

Пассивное давление мерзлого грунта определяется с учетом предельно длительного сцепления.

8.8. При расчете боельверка необходимо учитывать возможность повышения эксплуатационных нагрузок на причал на зимне-весенний

период за счет промерзания засыпки. Величина допускаемой повышенной эксплуатационной нагрузки определяется по формуле

$$q_1 = \frac{q}{\alpha}, \quad (8.5)$$

где  $q$  - эксплуатационная нагрузка при талом грунте засыпки, Па;

$q_1$  - эксплуатационная нагрузка при промерзании слоя грунта засыпки, Па.

При этом необходимо выполнить проверочный расчет устойчивости сооружения и анкерных устройств.

## 9. РАСЧЕТ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЯЧЕИСТОГО ТИПА И УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ

9.1. Расчет причальных сооружений ячеистого типа и узких засыпных пирсов следует проводить в соответствии с требованиями РД 31.31.23-81 с учетом указаний настоящего раздела.

9.2. При расчете устойчивости сооружений на сдвиг по вертикальной плоскости с учетом промерзания засыпки следует учитывать срез образовавшегося ледогрунтового ядра и возможность реализации двух расчетных схем в зависимости от сил смерзания ядра со стенками сооружения, когда:

силы смерзания ледогрунтового ядра со стенками незначительны, либо отсутствуют;

силами смерзания существенны и образуют жесткую связь между стенками и ледогрунтовым ядром.

9.3. Расчет устойчивости сооружения на сдвиг по вертикальной плоскости следует выполнять по условию

$$\gamma_{fc} M_{срв} \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \gamma_{cs} M_{уд}, \quad (9.1)$$

где  $M_{срв}$  - расчетный момент внешних горизонтальных сил относительно подошвы сооружения, Н·м;

$M_{уд}$  - расчетный момент удерживающих сил относительно центра подошвы, Н·м;

$\gamma_{fc}, \gamma_c, \gamma_n$  - соответственно коэффициенты сочетаний, условий работы, надежности по ответственности сооружений, принимаемые в соответствии с требованиями СНиП 2.06.01-86 ;

$\gamma_{cs}$  - дополнительный коэффициент условий работы, определяемый в соответствии с РД 31.31.23-81.



9.4. Расчетный момент удерживающих сил  $M_{yg}$  на один метр длины узкого засыпного пирса с учетом промерзания засыпки определяется по формуле

$$M_{yg} = M_{yg1} + 0,67 b_n R_{cp} h_n + 2M_{uz2} + M_{cm}, \quad (9.2)$$

где  $M_{yg1}$  - момент удерживающих сил (Н·м/м), определяемый в соответствии с требованиями РД 31.31.23-81, с учетом СНиП 2.06.01-86;  
 $b_n$  - ширина пирса, м;  
 $R_{cp}$  - прочность ледогрунтового ядра на срез (Па), определяемое по Приложению 6 (рекомендуемое);  
 $h_n$  - высота ледогрунтового ядра, м;  
 $M_{uz2}$  - реактивный момент, возникающий при отрыве ядра от лицевой стенки, Н·м/м;  
 $M_{cm}$  - реактивный момент, возникающий при отрыве ядра от поперечных стенок, Н·м/м.

Реактивные моменты  $M_{uz2}$  и  $M_{cm}$  при отсутствии омерзания ледогрунтового ядра со стенками принимаются равными нулю.

9.5. Реактивные моменты  $M_{uz2}$  и  $M_{cm}$  на один метр узкого засыпного пирса, возникающие при отрыве ядра, соответственно от лицевой и поперечной стенок, определяются по формулам:

$$M_{uz2} = \frac{R_u h_n^2}{6}, \quad (9.3)$$

где  $R_u$  - прочность ледогрунтового материала на изгиб принимается равной  $0,5 R_{cm}$  (Па);  $R_{cm}$  определяется по Приложению 6 (рекомендуемое)

$$M_{cm} = \frac{R_{cm} b_n^2 h_n}{2 a_n}, \quad (9.4)$$

где  $R_{сн}$  — прочность омерзания ледогрунтового материала с металлом (Па), определяемая по Приложению 6 ;

$a_n$  — расстояние между поперечными стенками в узком проеме, м.

9.6. Расчетный момент удерживающих сил  $M_{дy}$  ячейстой конструкции с учетом промерзания засыпки определяется по формуле

$$M_{дy} = M_p + 0,589 D^2 R_{сн} k_x + M_{сx} + 2 M_{из}, \quad (9.5)$$

где  $M_p$  — момент удерживающих сил, определяемый в соответствии с требованиями РД 31.31.23-81, Н·м;

$D$  — диаметр ячейки, м;

$M_{сx}$  — реактивный момент, возникающий при отрыве ледогрунтового ядра от шпунтовой стенки в результате ее смещения в плоскости омерзания, Н·м;

$M_{из}$  — реактивный момент, возникающий при отрыве ядра от шпунтовой стенки в результате ее поворота в плоскости, перпендикулярной плоскости омерзания, Н·м.

При отсутствии омерзания ледогрунтового ядра с ограждением ячейки  $M_{сx}$  и  $M_{из}$  принимаются равными нулю.

9.7. Реактивные моменты  $M_{сx}$  и  $M_{из}$ , возникающие при отрыве ледогрунтового ядра от шпунтового ограждения ячейки, определяются по формулам:

$$\begin{aligned} M_{сx} &= 0,32 D^2 R_{сн} k_x ; \\ M_{из} &= 0,13 D R_{сн} k_x^2 . \end{aligned} \quad (9.6)$$

9.8. Высоту ледогрунтового ядра  $h_x$  следует принимать по данным натурных измерений. При отсутствии таких данных высоту ледогрунтового ядра рекомендуется принимать:

в зимний период, а также при подвешках льда и ледоходе равной расстоянию между отметкой кордона причала и нижней кромкой льда на расчетный момент времени, м;

в весенний период при таянии льда на месте определяется по формуле

$$h_d = h_a + \Delta, \quad (9.7)$$

где  $h_d$  - толщина льда на расчетный момент времени, м;

$\Delta$  - величина, принимаемая равной 0,5 м.

9.9. Расчет местной прочности ячеистых конструкций при воздействии горизонтальных ледовых нагрузок следует выполнять по программе "CAROL" (Приложение 7, рекомендуемое).

## 10. РАСЧЕТ ОТКОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ

10.1. Расчет ледовых нагрузок на откосные сооружения следует производить в соответствии с СНиП 2.06.04-82, Руководством П 58-76 и требованиями настоящей Инструкции. ВНИИГ

10.2. Длину откоса от уровня воды, на который способен вползти лед под воздействием течения или ветра, рекомендуется определять по формуле

$$L_0 = \frac{F(\cos \alpha - f \sin \alpha)}{[\rho g h_d (\sin \alpha + f \cos \alpha) + c]} b_p - \frac{g h_d}{\sin \alpha}, \quad (10.1)$$

где  $F$  — горизонтальная ледовая нагрузка на откос (Н), определяемая по СНиП 2.06.04-82 с учетом требований настоящей Инструкции;

$\alpha$  — угол наклона к горизонту поверхности откоса, по которому лед отрывается вползти, град;

$\rho$  — плотность льда, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$h_d$  — расчетная толщина льда, м;

$c$  — сцепление льда, Па;

$f$  — коэффициент трения льда по поверхности вползания, определяемый по Приложению 8 (рекомендуемое);

$b_p$  — ширина сооружения по фронту, м.

10.3. Высоту возможного вползания льда на откос сооружения от уровня воды рекомендуется определять по формуле

$$H = L_0 \sin \alpha. \quad (10.2)$$

10.4. Высоту нагромождения льда в навале от уровня воды при его наваливании на откос следует определять по формуле

$$H_1 = \frac{F \sin \beta (\cos \beta - f \sin \beta)}{[\rho g h_d (\sin \beta + f \cos \beta) + c] b_p}, \quad (10.3)$$

где  $\beta$  - угол естественного откоса льда в навал (град),  
рекомендуется принимать  $\beta = 30^\circ$ ;

$f$  - коэффициент трения льда по льду, принимаемый в соответствии с Приложением 8 (рекомендуемое).

10.5. Плиты, уложенные на грунтовой откос с щебеночной подготовкой, должны рассчитываться как балка на упругом основании на действие нагрузки равной ледовой.

10.6. Плиты, уложенные на откос из каменной наброски, должны рассчитываться на прочность как плиты опертые по контуру, на действие нагрузки равной ледовой.

## 11. РАСЧЕТ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

11.1. Требования настоящего раздела распространяются на расчет причальных сооружений следующих типов: заанкеренных больверков, засыпных пирсов в виде взаимозаанкеренных больверков, гравитационных сооружений.

При проектировании причальных сооружений на сейсмические нагрузки следует руководствоваться требованиями СНиП II-7-81, РД 31.81.26-81 и настоящего раздела.

11.2. Основными этапами расчета причальных сооружений являются:

- формирование расчетной схемы сооружения;
- определение сейсмических сил, действующих на сооружение при землетрясении;

- определение остаточного давления грунта на стенку;

- проверка общей устойчивости сооружения;

- проверка прочности конструкции, ее элементов и основания.

11.3. Расчетную схему сооружения, используемую для определения сейсмических сил, рекомендуется формировать на основе метода конечных элементов с дискретной концентрацией масс в избранных узлах соединения конечных элементов. В ней должны быть представлены все ответственные конструктивные элементы, а также окружающий стенку грунт.

Варианты расчетных схем для различных типов сооружения приведены в Приложении 9 (рекомендуемое).

11.4. Горизонтальную  $E_{сдв}$  и вертикальную  $T_{сдв}$  сейсмическую силу в точке концентрации масс при  $i$ -той форме собственных колебаний следует определять по СНиП II-7-81.

11.5. Активное и пассивное давление грунта на стенку сооружения с учетом сейсмического воздействия следует определять

по СНиП П-7-81.

11.8. Расчет устойчивости и прочности конструкции сооружений типа бьеверк следует проводить в соответствии с требованиями РД 31.31.26-81.

11.7. Расчет устойчивости гравитационного сооружения на опрокидывание относительно переднего ребра или по схеме плоского сдвига следует производить на одновременное действие активного сейсмического давления грунта и сейсмических сил, обусловленных массой сооружений.

11.8. Опрокидывающий сейсмический момент  $M_{eg}$ , обусловленный массой гравитационного сооружения, при расчете устойчивости на опрокидывание определяется по формуле

$$M_{eg} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \sum_{k=1}^m T_{egi} h_o + \sum_{k=1}^m E_{egi} a_o \right)^2}, \quad (11.1)$$

где  $T_{egi}$ ,  $E_{egi}$  - соответственно вертикальная и горизонтальная сейсмическая сила действующая в каждом узле концентрации масс при  $i$ -той форме колебаний, Н;

$h_o, a_o$  - координаты центра масс гравитационного сооружения относительно ребра вращения, м;

$m$  - число узлов концентрации масс в пределах гравитационного сооружения;

$n$  - число учитываемых в расчете форм колебаний.

При этом учтено, что суммарный сейсмический момент относительно центра масс гравитационного сооружения равен нулю.

11.9. Суммарные горизонтальная и вертикальная сейсмические силы, обусловленные массой гравитационного сооружения, при расчете по схеме плоского сдвига определяются по формулам:

$$T_{cg} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \sum_{k=1}^m T_{egi} \right)^2} ; \quad (11.2)$$

$$E_{cg} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \sum_{k=1}^m E_{egi} \right)^2} . \quad (11.3)$$

11.10. Расчет усилий в элементах конструкции необходимо определять от суммарных нагрузок, вызванных сейсмическими воздействиями и определенных по статическому расчету.

11.11. Расчет устойчивости сооружения необходимо проводить от нагрузок, вызванных сейсмическими воздействиями.

11.12. Расчет сооружений на сейсмическое воздействие рекомендуется выполнять с использованием программы "ДИРА", реализующей метод конечных элементов на ЭВМ типа ЕС.



## 12. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЗАСЫПНЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

12.1. При строительстве причальных сооружений происходит нарушение установившегося температурного режима побережья, это приводит к изменению очертания границы залегания вечномёрзлых грунтов и теплового состояния грунтов основания, что в ряде случаев необходимо учитывать при проектировании.

12.2. Расчет температурного режима грунтов основания и засыпки причальных сооружений необходимо проводить с учетом следующих факторов:

- тепловое влияние акватории;
- условия теплообмена на поверхности причала;
- изменение теплофизических характеристик грунтов и материалов при замораживании;
- влияние температуры грунта, укладываемого в качестве обратной засыпки;
- изменения режима грунтовых вод.

12.3. Температурный режим засыпных причальных сооружений характеризуется:

- максимальными глубинами сезонного промерзания и оттаивания обратной засыпки;
- ходом сезонного промерзания и оттаивания грунтов во времени;
- положением нулевой изотермы в основании и грунте обратной засыпки;
- глубиной распространения годовых колебаний температуры;
- температурными полями в грунте на характерные моменты времени.

12.4. Максимальную глубину сезонного промерзания засыпки причальных сооружений в первый год эксплуатации следует прини-

мать от поверхности причала до отметки нижней кромки ледяного покрова акватории. Глубина промерзания засыпки в последующие годы определяется расчетом (Приложение 10, справочное).

12.5. Глубину сезонного оттаивания грунтов следует определять в соответствии с требованиями СНиП П-18-76.

12.6. Влияние на талую засыпку при замораживании фильтрующего потока воды при приливно-отливных явлениях следует принимать на расстоянии, за лицевой стенкой, равной высоте прилива от ординара при песчаной засыпке и двойной высоте прилива при каменной засыпке.

12.7. Расчет температурного режима засыпных причальных сооружений во времени рекомендуется выполнять по программе РВ 007. Пример расчета приведен в Приложении 11 (справочное).

12.8. Величины расчетных характеристик, необходимые для теплотехнических расчетов, следует принимать по данным натурных наблюдений, а при их отсутствии допускается принимать по СНиП П-18-76, СНиП 2.01.01-82 и другим справочным и нормативным материалам.

## 13. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

13.1. Конструирование причальных сооружений следует проводить согласно существующим нормативным документам и типовым проектам с учетом требований настоящего раздела.

13.2. Конструирование отдельных участков причального сооружения выполняется в зависимости от грунтовых условий, глубин, нагрузок, установленных габаритов сооружения, расположения отдельных элементов и их размеров, полученных по расчету, причем причальное сооружение по всей длине следует принимать одной конструкцией. При уменьшении глубины или нагрузок вдоль причала конструкция сооружения может быть облегчена за счет уменьшения глубины погружения элементов, изъятия экранирующих свай, уменьшения объема сооружения, но при этом не рекомендуется использовать конструкции или элементы, которых нет в других секциях сооружения. Причальные сооружения рекомендуется в плане располагать с плавными переходами по участкам без углов и выступов. При соответствующем обосновании рекомендуется крепление дна у причала камнем или железобетонными плитами.

13.3. Лицевую стенку насыпных сооружения рекомендуется выполнять из стальных шпунтовых свай или труб, экранирующие стенки — из железобетонных свай и свай-оболочек. Допускается применение для лицевых стенок элементов из бетона высокой прочности.

13.4. Причальные сооружения следует проектировать с максимально возможной степенью оборности, с простыми и надежными в монтаже соединениями. Следует стремиться к уменьшению числа стыков оборных элементов, вынесению их из зоны переменной глубины воды и, при необходимости, предусматривать защиту от воздействия льда и отрицательных температур.

13.5. В районах с возможными штормовыми ветрами причалы должны оснащаться штормовыми швартовными тумбами для дополнитель-

ного раскрепления судов, а также штатными местами для раскрепления портовых кранов и другого перегрузочного оборудования.

13.6. Железобетонные сваи и другие сборные железобетонные элементы рекомендуется выполнять предварительно напряженными.

13.7. Толщина железобетонных элементов должна быть не менее 20 см для конструкций расположенных в грунте. Толщина защитного слоя бетона для рабочей арматуры должна быть не менее 50 мм.

13.8. Крепление анкерных тяг к лицевой стенке рекомендуется выполнять шарнирными. Для уменьшения неравномерности усилий в анкерах и улучшения их работы при изменении температур рекомендуется применять специальные муфты и компенсаторы (например, по авт. свид. № 367221).

13.9. Обратную засыпку в сооружения следует предусматривать преимущественно из гравия, щебня, песка, за исключением пылевато-го. Необходимо рассмотреть возможность создания засыпки гидронамывом. Допускается применение местных каменных материалов.

Для достижения достаточной плотности каменной засыпки следует применять камень различной крупности. Не допускается применять в засыпку камень массой более 50 кг в зоне конструкции ограждения сооружения и более 100 кг в ядре засыпки, а также плоский камень массой более 30 кг.

При проектировании сооружений с созданием мерзлого ядра следует обязательно предусматривать уплотнение обратной засыпки.

13.10. Для тонкостенных железобетонных конструкций в зоне действия нагрузки следует предусматривать противоледовый пояс в виде утолщения или усиленного армирования стенки.

Высоту противоледового пояса рекомендуется принимать на один метр больше расчетной толщины льда.

13.11. Покрытие откосных сооружений не должно иметь выступающих частей. Для уменьшения воздействия льда на откосы следу-

от предусматривать устройство подпорных стенок или берм на откосах, создание искусственных пляжей перед сооружением.

## 14. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ПРОЕКТА ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

14.1. Проект организации строительства следует разрабатывать в соответствии с "Руководством по организации строительного производства в условиях северной зоны" и положениями настоящего раздела.

14.2. При разработке проекта необходимо предусматривать возведение причальных сооружений в зимний и весенний период со льда.

14.3. Устройство свайного основания сооружений рекомендуется осуществлять со льда подземно-транспортной техникой на колесном или гусеничном ходу. Обратную засыпку следует осуществлять пионерным способом по мере создания свайного основания. Монтаж верхнего строения может проводиться в летний период.

14.4. Для ускорения строительства допускается производить наращивание толщины ледяного покрова путем последовательного намораживания, очистки поверхности ледяного покрова от снега. Прочность льда может быть увеличена армированием.

14.5. Сроки вывода на лед строительной техники и минимально допустимые расстояния между машинами определяются в соответствии с требованиями "Руководства по организации строительного производства в условиях северной зоны".

14.6. Время нахождения технических средств на одном месте определяется по формуле

$$t = 200 \left[ \frac{(m_{max} - m)^2}{m_{max} m} \right]^3, \quad (14.1)$$

где  $t$  - время стоянки, ч;

$m_{max}$  - максимально допустимая масса груза при транспортировке по льду данной толщины ( $\tau$ ), определяемая

по табл.14.1;

$m$  - масса груза, для которого рассчитывается допустимое время стоянки, т.

Таблица 14.1

Допустимая масса груза при транспортировке по льду  
данной толщины

Масса груза, т	Толщина морского льда, см	Толщина пресмо- водного льда, см	Предельное рас- стояние до кромки льда, м
0,1	15	10	5
0,8	25	20	11
3,5	30	25	19
6,5	45	35	25
10,0	50	40	26
20,0	70	55	30
40,0	100	95	38

**ПРИМЕЧАНИЯ:** 1. При появлении на льду воды под действием прилива или нагона ветром нагрузка на лед должна быть снижена на 50-80%.

2. При наличии сухих несквозных трещин шириной менее 3 см и глубиной не более половины толщины льда нагрузка на лед должна быть снижена на 20%.

14.7. Передвижение по льду и работа на нем без предварительного обследования ледяного покрова и определения его несущей способности запрещается.

14.8. В проекте следует предусмотреть контроль за толщиной льда берегового припая, акватории порта и на трассе ледовых до-

рог. Замеры следует проводить зимой - один раз в 10 дней, весной и при повышении температуры воздуха до нуля градусов и выше на фоне отрицательных температур - ежедневно.

14.9. Необходимо предусматривать мероприятия по охране от загрязнения природных вод, атмосферы, сохранению поверхностного покрова. Должны быть запроектированы трассы дорог для доставки грузов на стройплощадку, емкости для сбора отходов и нефтепродуктов.



ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
(рекомендуемое)

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СВАРОЧНЫХ РАБОТ  
ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ ДО МИНУС 50°C

1. Сварку углеродистых сталей толщиной элементов до 20 мм рекомендуется производить при погонной энергии от 4 до 8 ккал/см. Сварку металлоконструкции из стали СтЗсп производить при погонной энергии выше 5,5 ккал/см, электродами типа Э42А или Э46А по ГОСТ 9467-75. Сварку металлоконструкции из низколегированной стали типа 09Г2С толщиной до 16 мм производить при погонной энергии до 5 ккал/см электродами типа Э50А, прокаленными при температуре 450 + 500°C.

2. Производить сварку листовых и трубчатых конструкций из стали с пределом текучести до 500 МПа при отрицательных температурах без подогрева следует электродами с фтористокальциевыми покрытиями или с покрытием не ниже типа Э42А. При применении других электродов необходим местный нагрев стали до 150°C на ширине не менее 100 мм с каждой стороны шва в зоне выполнения сварки. Сварку металлоконструкции из высокопрочных сталей следует проводить с подогревом до 150°C электродами АНП-2, согласно ТУ-12-4-468-73.

3. В сварных конструкциях из шпунта и пластин допускается применение элементов из различных сталей в зависимости от условий работы. При этом не должно использоваться более двух марок стали и электродов. Запрещается сварка прокатных профилей одного сечения из разных марок стали.

4. При необходимости приварки к основным несущим элементам или другим узлам конструкции вспомогательных элементов, распола-

ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
(продолжение)

гать их следует в зонах сжимающих напряжений. В стыковых соединениях листов, профилей разной толщины следует обеспечить плавность перехода для устранения концентрации напряжений. В комбинированных конструкциях несущие пояса, элементы могут изготавливаться из низколегированной стали, а диафрагмы, ребра жесткости — из углеродистой.

5. Не допускается применение комбинированных соединений, в которых часть усилий воспринимается сварным швом, а часть — заклепками или болтами.

6. Сварку коробчатых конструкций, составленных из отдельных элементов, например, стального шпунта, при их удлинении следует проводить в одном сечении с использованием накладок.

# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЬДА

Прочностные характеристики речного и морского льда для арктических районов для определения горизонтальных ледовых нагрузок на сооружение рекомендуется определять по данным натурных наблюдений.

Допускается определять прочностные характеристики льда по формуле

$$R = 0,8 K_1 K_2 R_1,$$

где  $R_1$  — прочностные характеристики льда в зависимости от солености и температуры, определяемые по графикам (рис. 1,2,3);

$K_1$  — коэффициент, учитывающий структуру льда, определяемый по табл. 1;

$K_2$  — коэффициент, учитывающий плотность льда и влияние приложения нагрузки, принимаемый по табл. 2.

Таблица 1

Значения коэффициента  $K_1$ , учитывающего структуру льда

Структура льда	Условия образования льда	Коэффициент $K_1$		
		при сжатии	при изгибе	при срезе
Нестовато- игольчатая или волокнистая	Пресный лед устьевые участки рек, впадающих в арктические моря, пресные водоемы	1,0	1,0	1,0
	Морской лед дрейфующий лед, припайный лед в зоне стационарных полюсов			

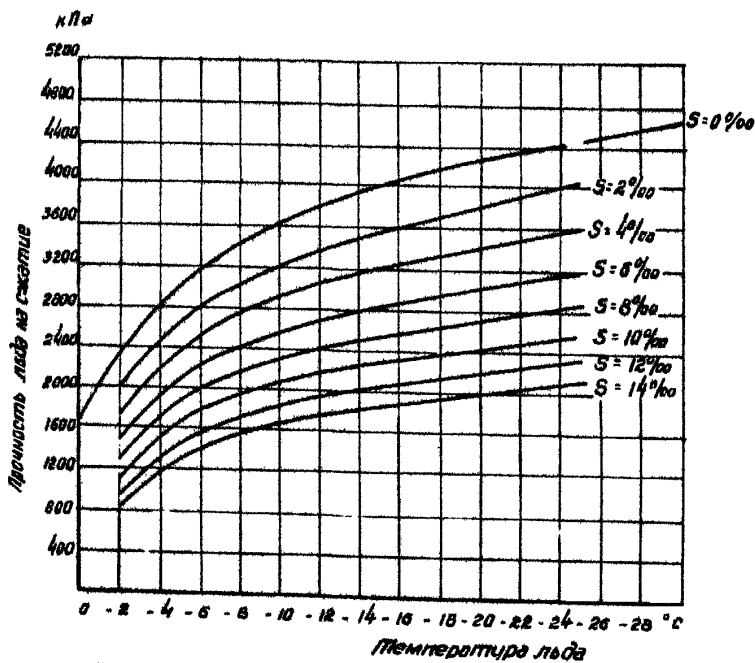


Рис.1. Зависимость прочности льда на сжатие от его температуры и солености

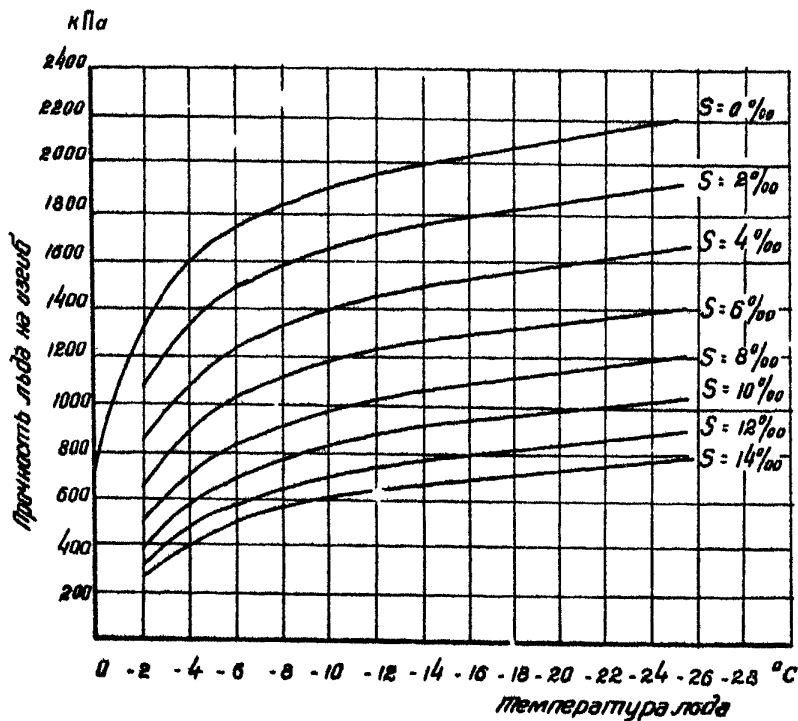


Рис. 2. Зависимость прочности льда на изгиб от его температуры и солености

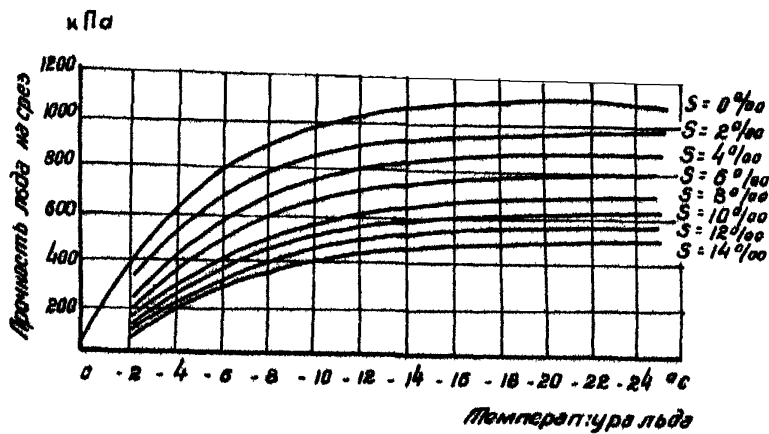


Рис.3. Зависимость прочности льда на срез от его температуры и солености

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(продолжение)

Продолжение табл. 1

Структура льда	Условия образования льда	Коэффициент $K_1$		
		при сжатии	при изгибе	при срезе
Зернистая	Пресный лед во всех случаях, кроме указанных выше	0,5	0,5	0,9
	Морской лед при течениях, колебаниях температуры, солености, при ветрах, при образовании торосов			

Таблица 2

Значения коэффициента  $K_2$ , учитывающего плотность льда и влияние направления приложения нагрузки

Приложение нагрузки	Коэффициент $K_2$		
	при сжатии	при изгибе	при срезе
Перпендикулярно поверхности замерзания (вдоль структурных элементов льда)	1,2	1,0	1,0
Параллельно поверхности замерзания (перпендикулярно структурным элементам льда)	1,0 - 0,6 <sup>x</sup>	1,0	1,0
<sup>x</sup> ПРИМЕЧАНИЕ. Большие значения $K_2$ принимаются для льда зернистой структуры.			

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(рекомендуемое)

РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНО-ДЛИТЕЛЬНОГО  
ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЦЕПЛЕНИЯ

Таблица 1

Расчетные значения предельно-длительного эквивалентного  
сцепления  $C_{экр}$  не засоленных грунтов

Наименование грунта	Предельно-длительное эквивалентное сцепление $C_{экр}$ , Па при температуре грунта $^{\circ}\text{C}$								
	-0,5	-1	-1,5	-2	-3	-4	-6	-8	-10
Пески средние	15	21	24	27	33	38	45	51	57
Пески мелкие и пылеватые	11	15	18	22	27	31	36	44	49
Супеси	8,5	10	13	17,5	22	25	32,5	36,5	43
Суглинки и глины	7	8,5	10,5	13	15	20	26	32,5	37

Таблица 2

Расчетные значения предельно-длительного эквивалентного  
сцепления  $C_{экр}$  засоленных грунтов

Наименование грунта	Засолен- ность грунта %	Предельно-длительное эквивалентное сцепление $C_{экр}$ , Па при температуре грунта $^{\circ}\text{C}$			
		-1	-2	-3	-4
Пески средние и мелкие	0,1	8,0	10,5	13,0	15,0
	0,2	2,0	3,5	5,0	8,0
	0,3	-	2,0	3,5	5,0
	0,5	-	-	2,0	3,5



ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

Продолжение табл. 2

Наименование грунта	Засолен- ность грунта  %	Предельно-длительное эквивалентное сцепление $c_{\text{св}}$ , Па при температуре грунта $^{\circ}\text{C}$			
		- 1	- 2	- 3	- 4
Супеси	0,15	8,5	13,0	17,5	23,0
	0,3	4,5	8,5	12,5	16,5
	0,5	-	4,5	7,0	10,5
	1,0	-	-	3,0	5,0
Суглинки	0,2	7,0	11,5	16,0	19,0
	0,5	2,0	5,0	9,0	12,0
	0,75	-	2,5	6,0	8,0
	1,0	-	-	4,5	7,0

Таблица 3

Расчетные значения предельно-длительного сцепления  
некоторых крупнообломочных мерзлых грунтов

Наименование грунта	Кoeffи- циент порис- тости	Содержа- ние заполни- теля  %	Влаж- ность	Темпера- тура,  $^{\circ}\text{C}$	Предельно- длительное сцепление  Па
Гравий и галька с песчаным за- полнителем	0,28	32	0,10	- 1	31
				- 3	40
				- 5	50
				-10	72
Гравий и галька с примесью суглинка	0,47	5	0,17	- 5	19
	0,38	20	0,25	- 5	29

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

Продолжение табл. 3

Наименование грунта	Коэффициент пористости	Содержание заполнителя %	Влажность	Температура, °С	Предельно- длительное сцепление Па
Песчаный гравий с галькой	0,36	48	0,13	- 5	27
Супесчаный гравий с галькой	0,27	48	0,13	- 5	30
Суглинистый гравий с галькой	0,40	48	0,14	- 5	26
Суглинистый щебень	0,41	42	0,14	- 1	19

ТАБЛИЦА ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА  $\psi$  В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ШИРИНЫ И ДЛИНЫ  
ОТСЕКОВ МАССИВА - ГИГАНТА

$\frac{a}{b}$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$\psi$	55,74	46,77	40,90	36,89	34,08	32,04	30,54	29,40	28,52	27,75	27,28
ПРИМЕЧАНИЯ: 1. $a$ - длина отсека, м; 2. $b$ - ширина отсека, м.											

ПРИМЕР РАСЧЕТА БОЛЬБЕРКА НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ЛЕДОВУЮ НАГРУЗКУ ПО  
ПРОГРАММЕ " L E D "

ПРИЧАЛ 4  
ВАРИАНТ N 4  
ЭКРАНИРОВАННЫЙ БОЛЬБЕРК  
И С Х О Д Н Ы Е Д А Н Н Ы Е  
ПЕРЕМЕННЫЕ

ТАБЛИЦА 1

СТЕНКА	ШИРИНА	ДЛИНА	КОЛИЧЕСТВО	МОДУЛЬ	ВЕРТИКАЛЬНАЯ	РАССТОЯНИЕ
:	СТЕНКИ	СТЕНКИ	ОПОР	УПРУГОСТИ	НАГРУЗКА	ОТ ВЕРХА ДО
:	В.М.	З.М.	Н.ЕД.	КПА.	В.КН/М.	ДНА (ПЛИТЫ)
Л	1.00	27.00	29	100000.00	5.00	10.00
З	1.00	25.00	27	210000.00	8.00	2.00

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

ТАБЛИЦА 2

ОТЧЕТКА	ОБЪЕМНЫЙ	КОЭФ. ПРОПОР.	УГОЛ ВНУТРЕН.	УДЕЛЬНЫЕ	КОЭФ. ГОРИЗ. СОСТ.	КОЭФ. ГОРИЗ. СОСТ.	
ГРУНТА	ВЕС С	ЦИОНАЛЬНОСТЬ	НЕГО ТРЕНИЯ	СЦЕПЛЕНИЕ	ПАСОИВ. ДАВЛЕНИЯ	ПАСОИВ. ДАВЛЕНИЯ	
З.Н.	КН/М <sup>3</sup> ±2	К.КН/М <sup>3</sup> ±4	Г.ГРАД.	С,КПА	ГРУНТА,	ГРУНТА ОТ С	

## ПЕРЕД ЛИЦЕВОЙ СТЕНОЙ

6.00	9.00	5000	24.00	5.00	3.70	5.24	
------	------	------	-------	------	------	------	--

## ЗА ЛИЦЕВОЙ СТЕНОЙ

2.00	16.00	50000	0.00	200.00	5.67	7.10	
2.00	16.00	50000	0.00	200.00	5.67	7.10	
3.00	9.00	50000	0.00	200.00	5.67	7.10	
5.00	9.00	10000	30.00	0.00	5.67	7.10	
10.00	9.00	5000	24.00	5.00	3.70	5.24	

## ЗА ЭКРАНИРУЮЩЕЙ СТЕНОЙ

8.00	16.00	50000	0.00	200.00	5.67	7.10	
2.00	16.00	50000	0.00	200.00	5.67	7.10	
3.00	9.00	50000	0.00	200.00	5.67	7.10	
5.00	9.00	10000	30.00	0.00	5.67	7.10	
10.00	9.00	5000	24.00	5.00	3.70	5.24	

ПРИЛОЖЕНИЕ 5  
(продолжение)



ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ  
ТАБЛИЦА 4

ВЕЛИЧИНА;НОМЕР :ПРИВЯЗКА К :  
НАГРУЗКИ:ПРОЛЕТА:ВЕРХНЕЙ ОПОРЕ:  
Р,КН : "Н.ЕД.:ПРОЛЕТА А.М :  
:  
888.88 5 8.88

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА  
ЭКРАНИРУЮЩАЯ СТУПЕНЬКА

№ ОПОРЫ	ОТМЕТКА ОТ ВЕРХА СООРУЖЕНИЯ Н.	МОМЕНТ НА ОПОРЕ КН.М.	РЕАКЦИЯ ГРУНТА КН.	НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГРУНТА КН.	П Р О Г Н Б
1	2	3	4	5	6
1	2.88	8.88888	134.38228	1881.44888	8.88134382
2	3.88	22.75381	281.73632	1438.33688	8.88113696
3	3.78	23.62873	148.87756	863.94858	8.88898703
4	1.88	22.88887	189.88328	1133.87358	8.88892115
5	5.88	-15.88225	153.49186	374.22888	8.88869769
6	6.88	-86.95399	48.28198	425.25888	8.88848242
7	7.88	-86.22829	27.69878	476.28888	8.88829669
8	8.88	-97.81161	15.88882	527.31888	8.88815376
9	9.88	-83.58481	6.26753	578.34888	8.88855338
10	18.88	-82.93427	-8.37889	629.37888	8.88888441

ПРИЛОЖЕНИЕ 5  
(продолжение)

№ ОПОРЫ	ОТМЕТКА ОТ ВЕРХА СООРУЖЕНИЯ М.	МОМЕНТ НА ОПОРЕ КНМ.	РЕАКЦИЯ ГРУНТА КН.	НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГРУНТА КН.	П Р О Г Н М.
1	2	3	4	5	6
11	11.88	-42.83181	-2.72951	396.98888	-8.88883589
12	12.88	-25.45887	-3.97553	447.93888	-8.88884529
13	13.88	-12.36145	-4.22285	498.96888	-8.88884319
14	14.88	-3.28487	-3.77818	549.99888	-8.88883498
15	15.88	2.81768	-2.93772	601.02888	-8.88882494
16	16.88	4.38435	-1.99582	652.05888	-8.88881562
17	17.88	4.73529	-1.12832	703.08888	-8.88880819
18	18.88	3.89798	-0.33517	754.11888	-8.88880289
19	19.88	2.98534	0.85976	805.14888	-8.88880858
20	20.88	1.87255	0.29611	856.17888	-8.88880245
21	21.88	1.13386	2.44888	907.20888	-8.88880385
22	22.88	8.84778	8.54428	958.23888	-8.88880447
23	23.88	1.18589	8.59852	1009.26888	-8.88880446
24	24.88	1.83439	8.57414	1060.29888	-8.88880436
25	25.88	0.57254	8.49298	1111.32888	-8.88880361
26	26.88	0.18888	8.34622	1162.35888	-8.88880259
27	27.88	0.88888	8.18888	1213.38888	-8.88880148



РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА  
ЛИЦЕВАЯ СТЕНКА

№ ОПОРЫ	ОТНЕТКА ОТ ВЕРХА СООРУЖЕНИЯ М.	МОМЕНТ НА ОПОРЕ КНМ.	РЕАКЦИЯ РВУНТА ММ.	НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ РВУНТА КМ.	П Р О Г Н М.
1	2	3	4	5	6
1	0.00	0.00000	-10.90506	721.54000	0.00232081
2	2.00	-29.01013	111.02049	1692.16000	0.20037505
3	3.00	68.11329	222.05166	1204.11200	0.20100768
4	3.70	292.09505	155.24091	773.22050	0.00250626
5	4.00	170.64305	221.64352	1015.13750	0.00245513
6	5.00	-12.46044	168.10009	192.70000	0.00140394
7	6.00	-27.42104	17.61453	243.81000	0.00036000
8	10.00	4.32375	-0.36610	17.26250	0.00050577
9	19.00	4.01970	-1.74762	59.50000	-0.00034952
10	20.00	7.36019	-1.73730	92.00000	-0.00017373
11	21.00	6.17930	-0.95220	126.10000	-0.00006340
12	22.00	4.00020	-0.17953	159.40000	0.00000000
13	23.00	1.70750	0.91614	751.40000	0.00000001
14	24.00	3.31310	0.96650	704.70000	0.00000000
15	25.00	-0.12409	0.49550	810.00000	0.00000417
16	26.00	-0.06729	0.00960	292.00000	0.00000004
17	27.00	0.00000	-0.06729	150.70750	-0.00000320

ОТМЕТКА СЕЧЕНИЯ М.	ИЗГИБАЮЩИЙ МОМЕНТ КН·М.
0.00	0.00000
1.00	-14.50506
2.00	-29.81013
3.00	60.11320
3.70	292.09383
4.00	170.66303
5.00	-12.46944
6.00	-27.42104
7.00	-24.75971
8.00	-22.09780
9.00	-19.43544
10.00	-16.77331
11.00	-14.11110
12.00	-11.44903
13.00	-8.78691
14.00	-6.12470
15.00	-3.46263
16.00	-0.80052
17.00	1.86162
18.00	4.92375
19.00	6.81978
20.00	7.56019
21.00	6.17030
22.00	4.03020
23.00	1.71790
24.00	0.31310
25.00	-0.12409
26.00	-0.06729
27.00	0.00000

## ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕДОГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

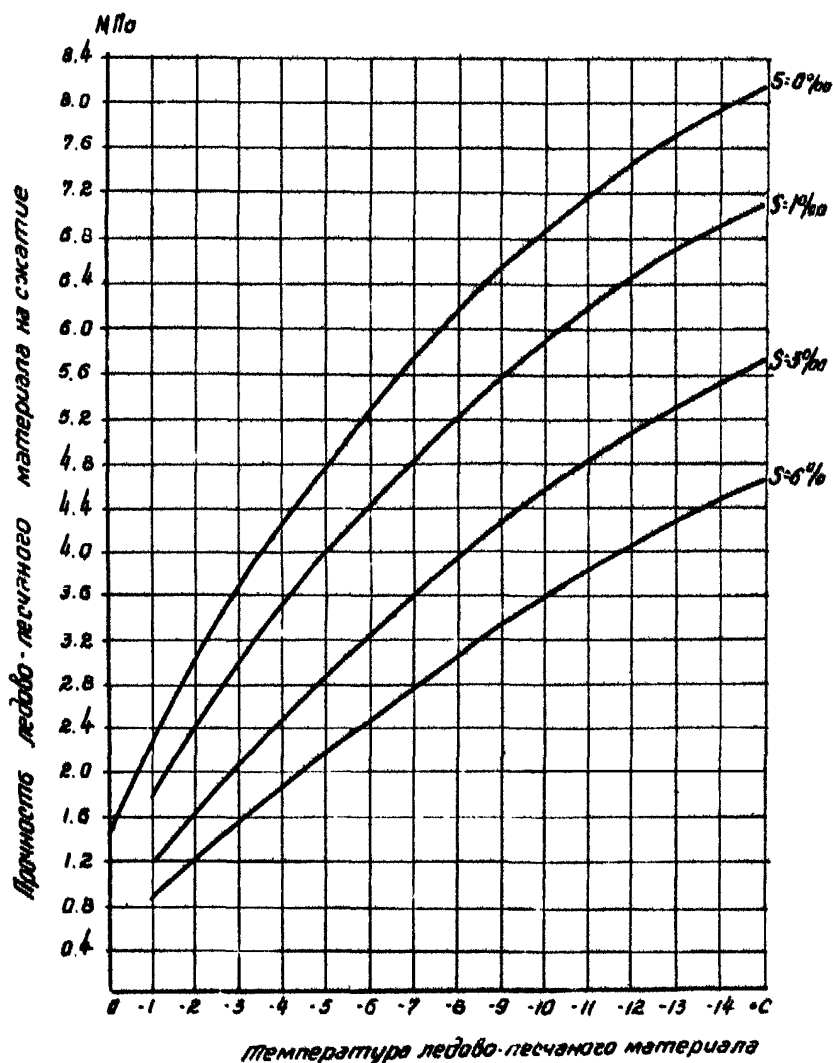


Рис.1 Зависимость прочности ледово-песчаного материала на сжатие от его температуры и солёности

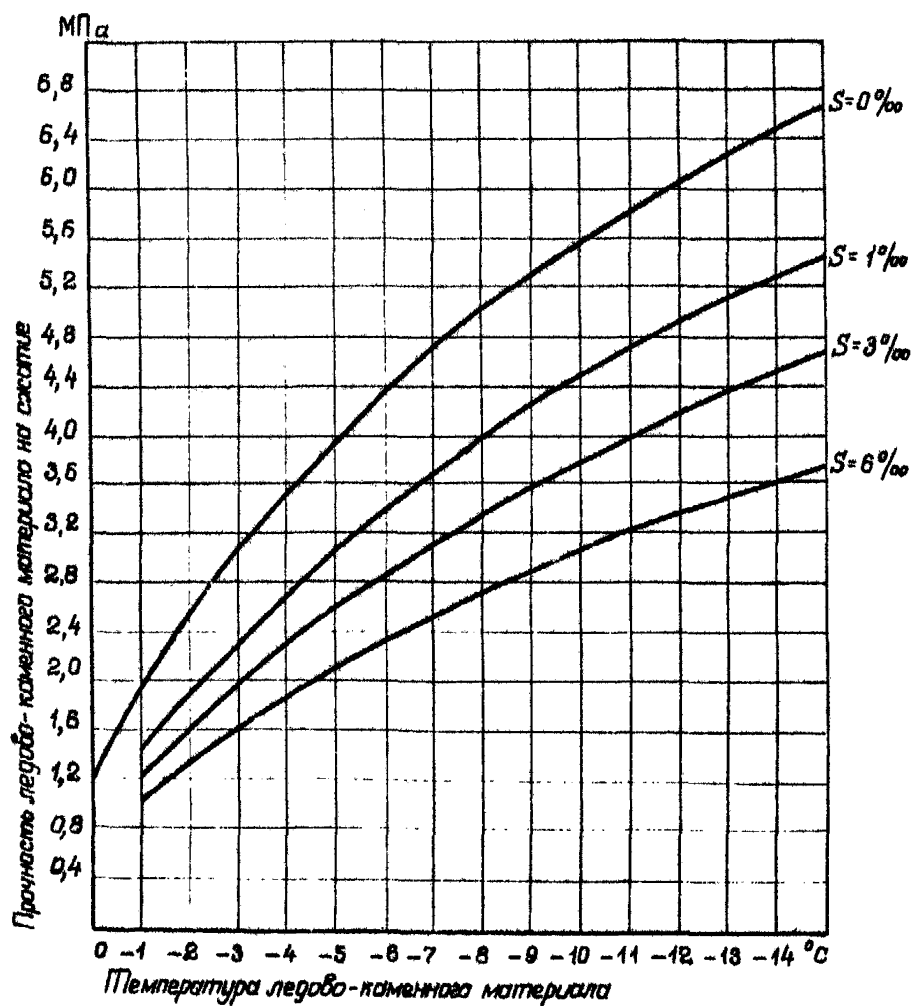


Рис.2. Зависимость прочности ледово-каменного материала на сжатие от его температуры и солёности

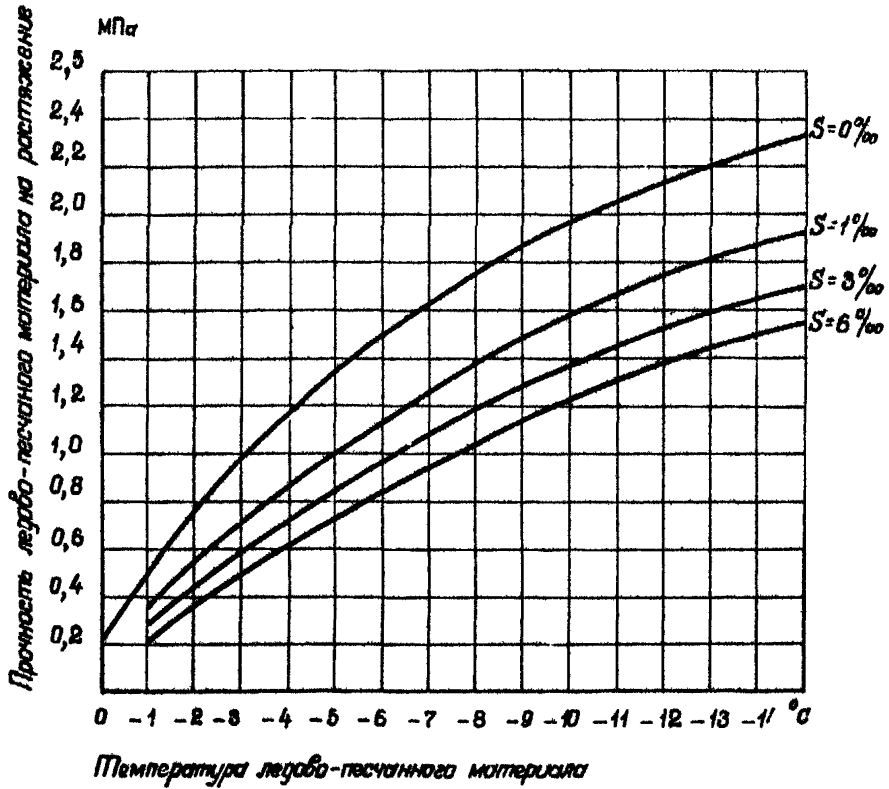


Рис.3. Зависимость прочности льдово-песчаного материала на растяжение от его температуры и солености

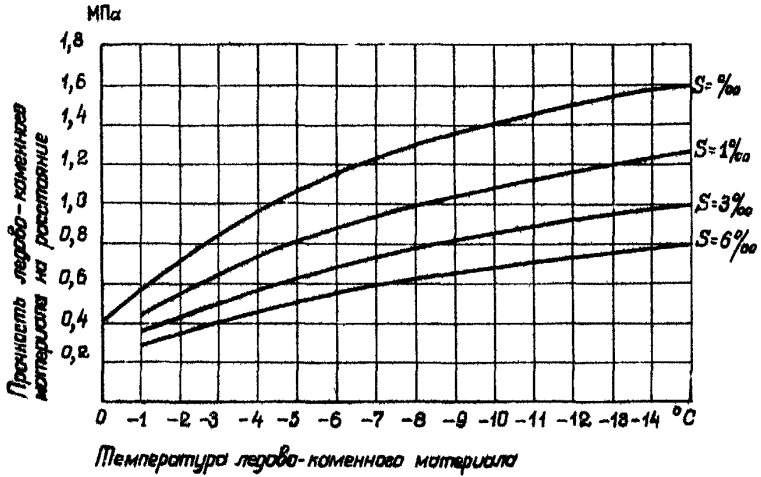


Рис. 4. Зависимость прочности ледово-каменного материала на растяжение от его температуры и солености

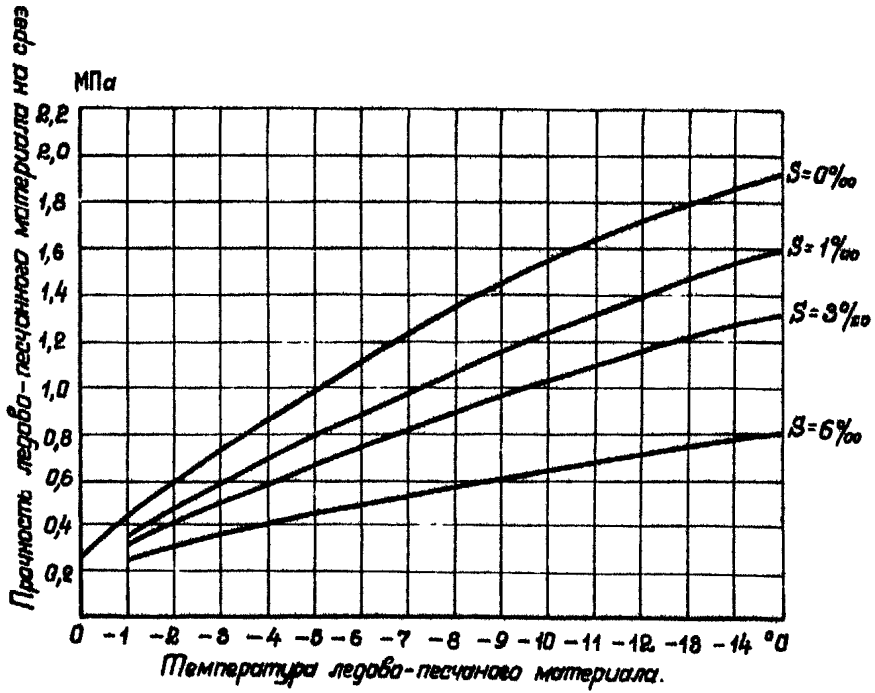


Рис.5. Зависимость прочности ледово-песчаного материала на срез от его температуры и солёности

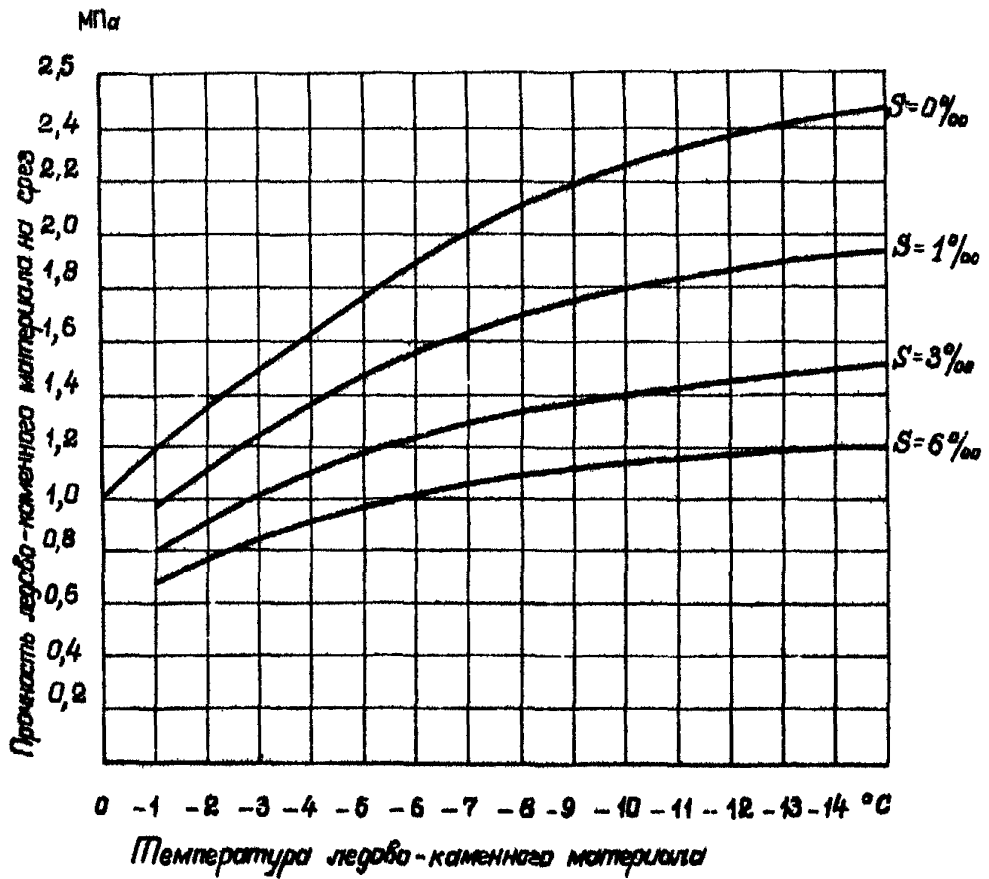


Рис.6. Зависимость прочности ледово-каменного материала на срез от его температуры и солености



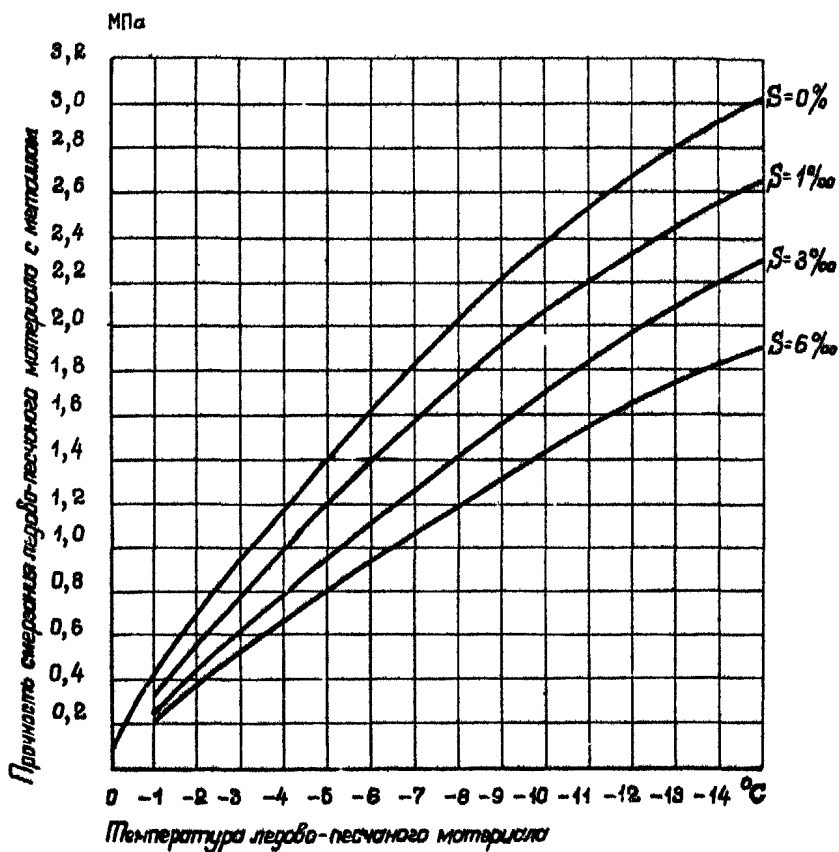


Рис.7. Зависимость прочности сцепления ледово-песчаного материала с металлом от его температуры и солености

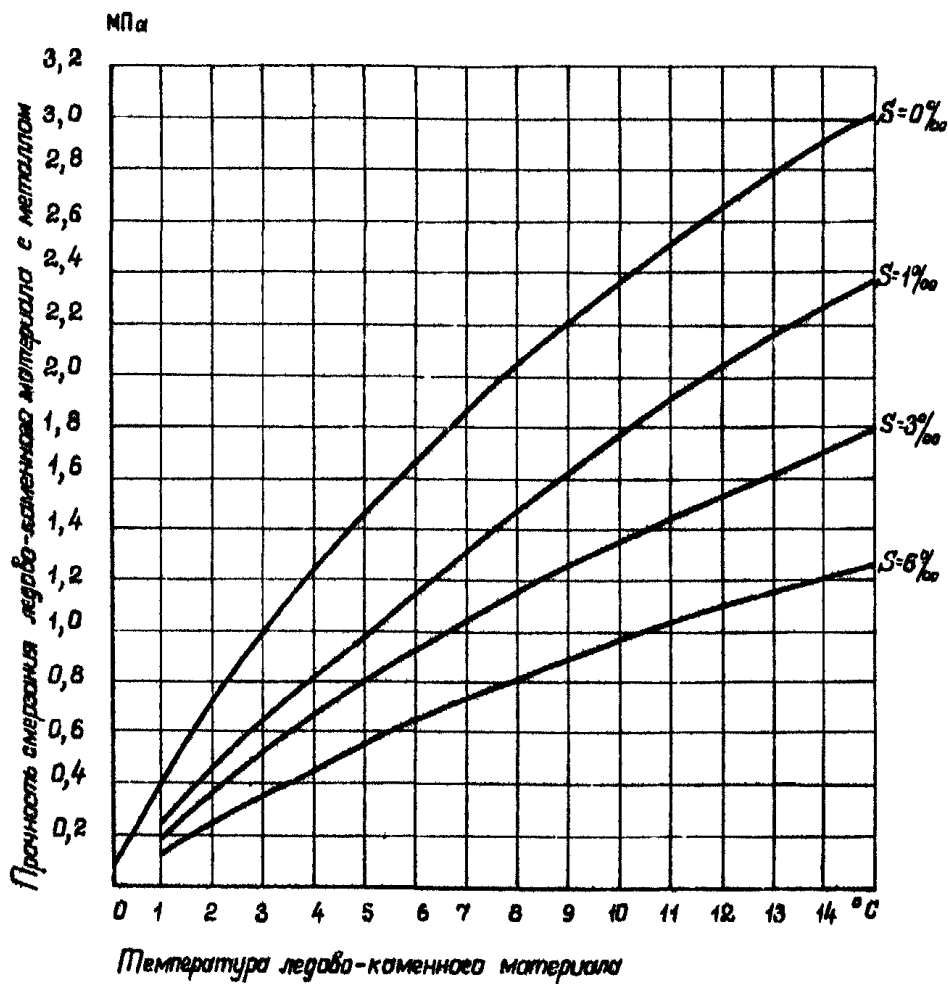


Рис.8. Зависимость прочности смерзания ледово-каменного материала с металлом от его температуры и влажности

ПРИМЕР РАСЧЕТА ШПУНТОВОЙ ЯЧЕЙКИ НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ  
ЛЕДОВУЮ НАГРУЗКУ ПО ПРОГРАММЕ "CAROL"

Исходные данные

Радиус ячейки  $z = 8,15$  м.

Толщина шпунта  $t_w = 0,01$  м.

Ширина шпунта  $b_w = 0,4$  м.

Удвоенная длина шпунта до проектного дна  $l_w = 9,6 \times 2 = 19,2$  м.

Модуль упругости материала  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа

Коэффициент Пуассона  $\nu = 0,3$

Коэффициент жесткости наполнителя  $K = 120$  МН/м<sup>3</sup>

Толщина льда  $h_a = 2,0$  м

Расстояние от верха шпунтики до ледового поля  $a_w = 0,5$  м.

Ледовая нагрузка на сооружение  $F = 16,3$  МН

Число нагруженных шпунтин  $n = 64$

Вертикальные координаты расчетного сечения

(нижнее сечение  $x = 0$ ;  $s_1 \ s_2 \ s_3 \ s_4 \ s_5 \ s_6 =$

верхнее сечение  $x = l_w/2$ )  $= 9,1$  м  $8,1$  м  $7,1$  м  $000$

Число членов ряда Фурье  $N = 100$

Радиальные перемещения и нормальные усилия в сечении

 $X = 8,1$  м (середина области нагружения в вертикальном направлении)

Номер шпунтина (дуговая коорд. $\varphi$ )	Радиальные перемещения в мм $\cdot 10^3$	Нормальные усилия $S \cdot 10 \text{ МН/пог. м}$		
		огибающие		вертикальные
		$S_{2,i}(X,0)$	$S_{1,i}(X,0)$	$S_{1,i}(X, \delta_{\text{шп}})$
33 / $\varphi = 0$ /	- 4,69	- 5,956	- 1,872	- 1,600
35	- 4,67	- 5,939	- 2,248	- 1,289
37	- 4,60	- 5,888	- 2,608	- 0,894
39	- 4,48	- 5,804	- 2,947	- 0,500
41	- 4,32	- 5,687	- 3,260	- 0,113
43	- 4,11	- 5,540	- 3,543	0,262
45	- 3,86	- 5,364	- 3,792	0,618
47	- 3,57	- 5,162	- 4,001	0,951
49	- 3,24	- 4,937	- 4,167	1,263
51	- 2,88	- 4,693	- 4,284	1,517
53	- 2,49	- 4,434	- 4,347	1,733
55	- 2,07	- 4,167	- 4,348	1,893
57	- 1,63	- 3,898	- 4,280	1,981
59	- 1,17	- 3,636	- 4,131	1,983
61	- 0,69	- 3,392	- 3,889	1,879
63	- 0,20	- 3,183	- 3,550	1,662
65 / $\varphi = \pi/2$ /	0,26	- 2,874	- 3,041	1,283
67	0,29	- 2,815	- 2,606	0,931
69	0,25	- 2,661	- 2,258	0,669
73	0,25	- 2,463	- 1,739	0,295
77	0,24	- 2,351	- 1,454	0,044
81	0,23	- 2,266	- 1,230	- 0,141
85	0,23	- 2,246	- 1,056	- 0,293
89	0,23	- 2,223	- 0,908	- 0,423
93	0,23	- 2,211	- 0,774	- 0,555
96 / $\varphi = \pi$ /	0,23	- 2,207	- 0,679	- 0,648

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

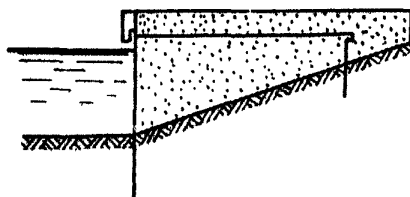
(рекомендуемое)

ТАБЛИЦА ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ЛЬДА  $f$ 

При вползании льда	Коэффициент трения
По льду	0,1
По бетону	0,1
По грунту	0,15
По свежему снегу толщиной	
0,5 см	0,17
2,0 см	0,27
15,0 см	0,92

## ВАРИАНТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

а)



б)

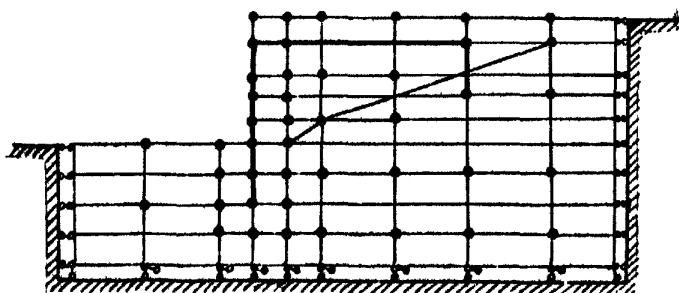
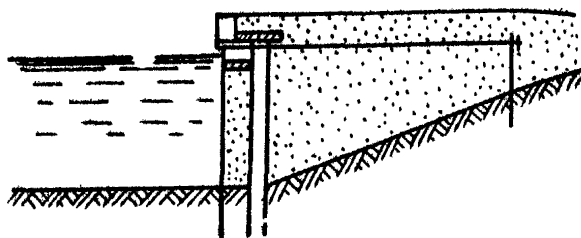


Рис.1. Расчетная схема заанкеренного бошверка а – разрез причала; б – расчетная схема по МКЭ

а)



б)

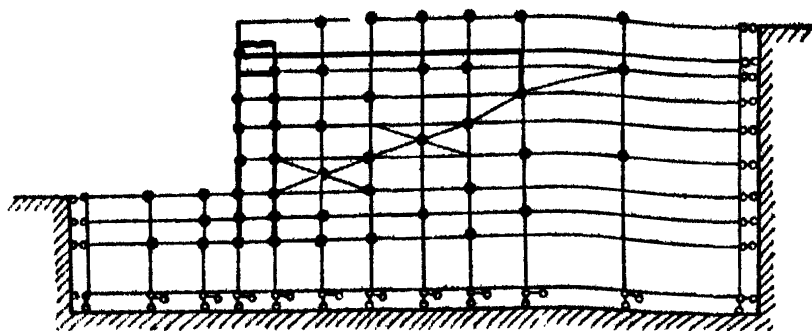


Рис 2. Расчетная схема экранированного больверка: а — разрез причала; б — расчетная схема по МКЭ

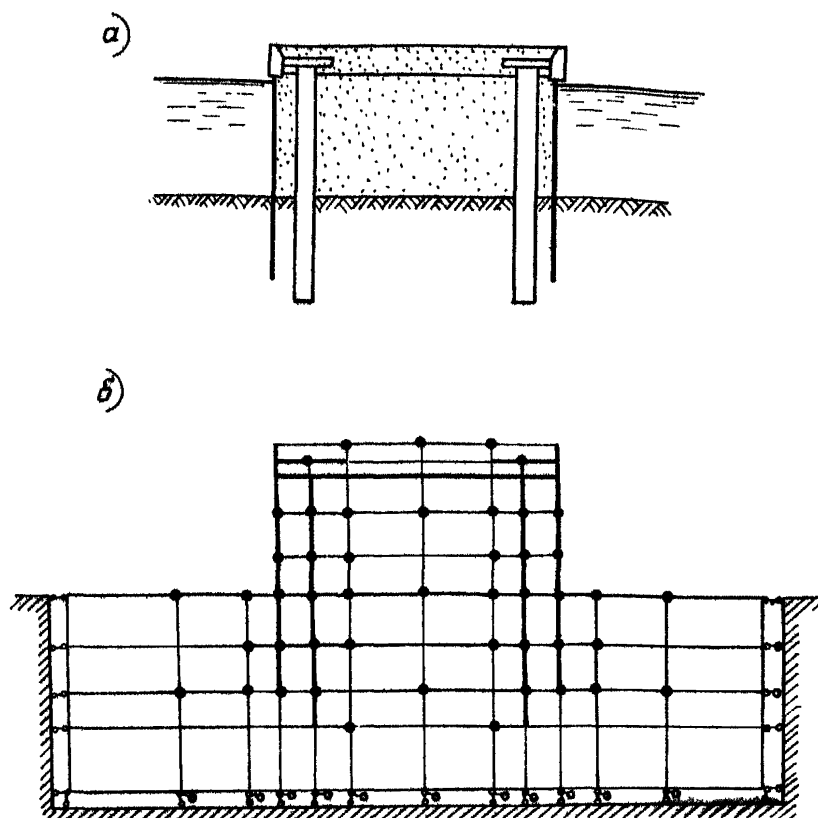
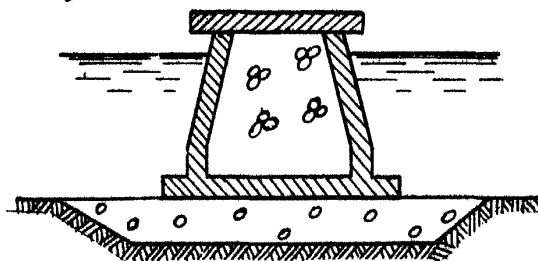


Рис.3. Расчетная схема засыпного пiers в виде взаимозаанкеренных бoльверков а – разрез причала, б – расчетная схема по МКЭ



а)



б)

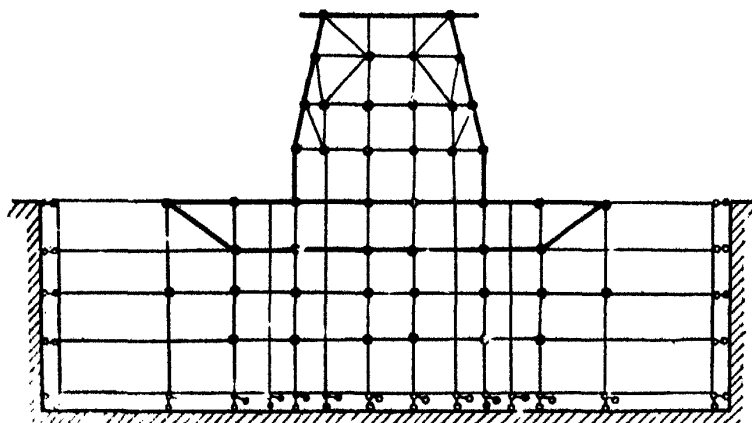


Рис. 4. Расчетная схема массива-пиганта: а – разрез пилы; б – расчетная схема по МКЭ

## РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ СЕЗОННОГО ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТА

1. Глубина сезонного промерзания грунта определяется по формуле

$$d_{np} = D t_{\phi}, \quad (1)$$

где  $D$  - безразмерный параметр, определяемый по п.2;

$t_{\phi}$  - фиктивная толщина слоя грунта промерзающая за зимний период, эквивалентная сумме термических сопротивлений теплоотдачи с поверхности грунта, м, определяемая по формулам 4,5.

2. Безразмерный параметр  $D$  определяется на рис. 1,2,3,4 в зависимости от параметров  $A$  и  $B$ , определяемых по формулам:

$$A = \frac{q_m t_{\phi}}{\lambda_{\mu} t_{red}}, \quad (2)$$

$$B = \frac{\lambda_{\mu} t_{red}}{t_{\phi}^2} \cdot \frac{t_a}{b_0 + 0,5 C_{\mu} t_{red}}, \quad (3)$$

где  $q_m$  - осредненный за расчетный период тепловой поток, (Вт/м<sup>2</sup>), через границы промерзания грунта, зависящий от температуры ниже: жидкой толщи грунта и определяемый по графику 5;

$t_{\phi}$  - фиктивная толщина слоя грунта, определяемая по п.3;

$\lambda_{\mu}$  - коэффициент теплопроводности мерзлого грунта, Вт/(м °С);

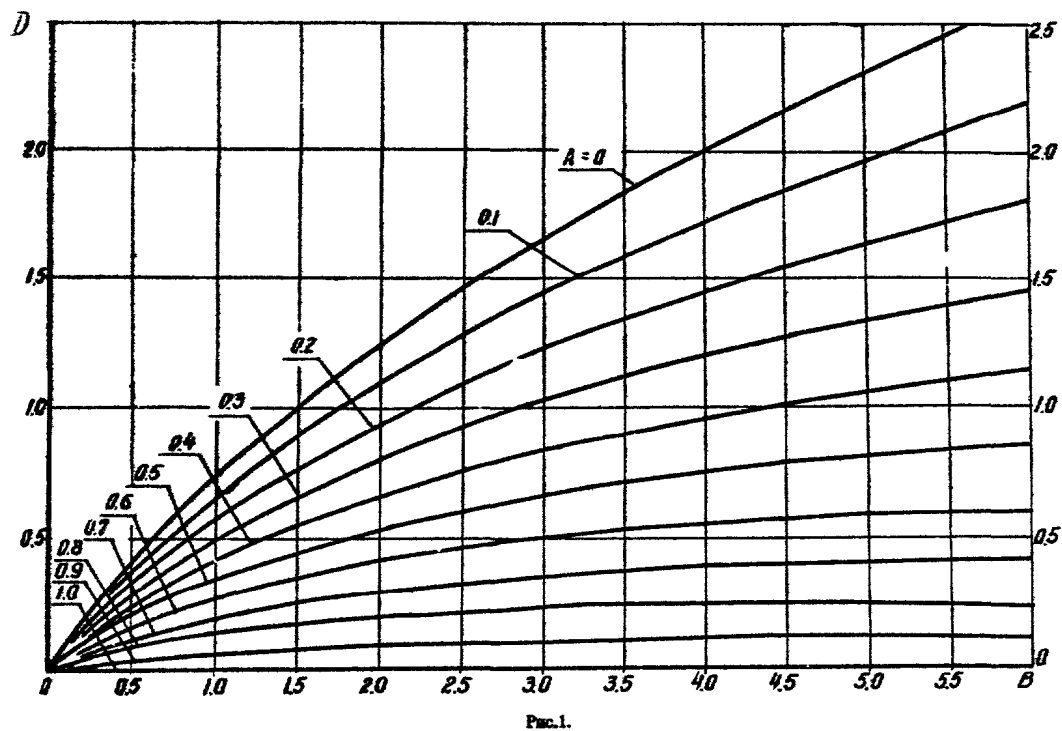


Рис.1.

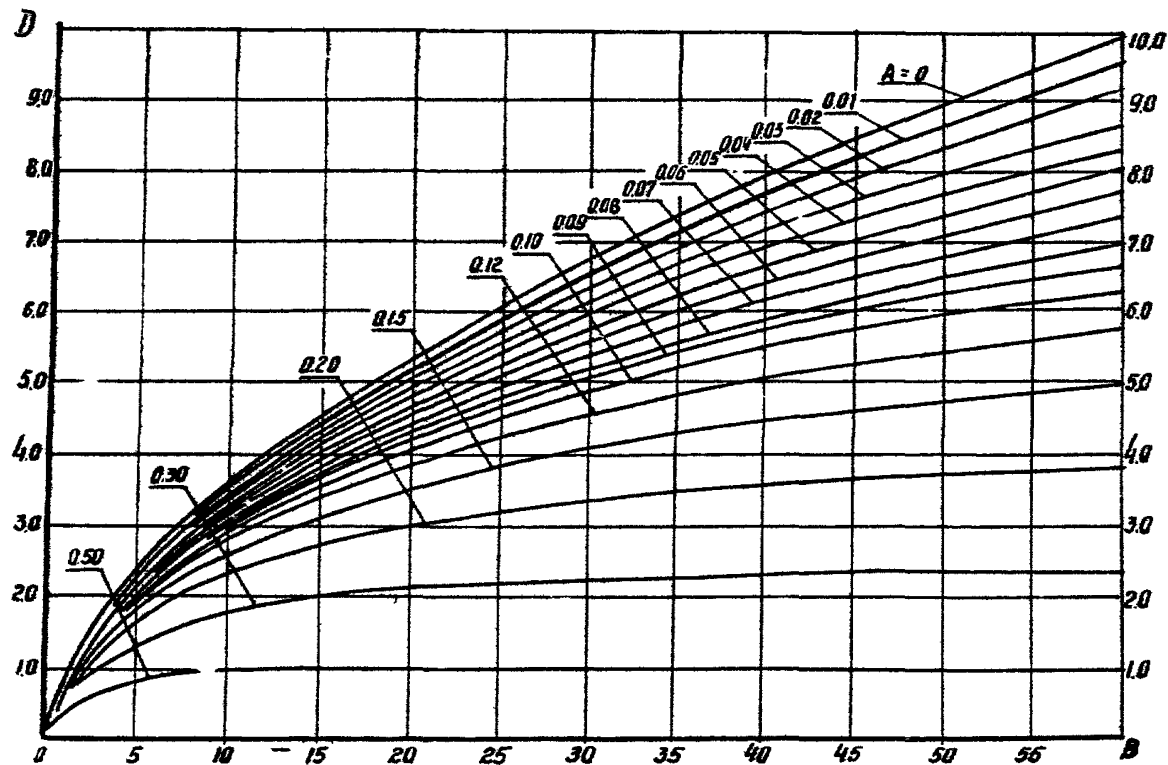


Рис.2.

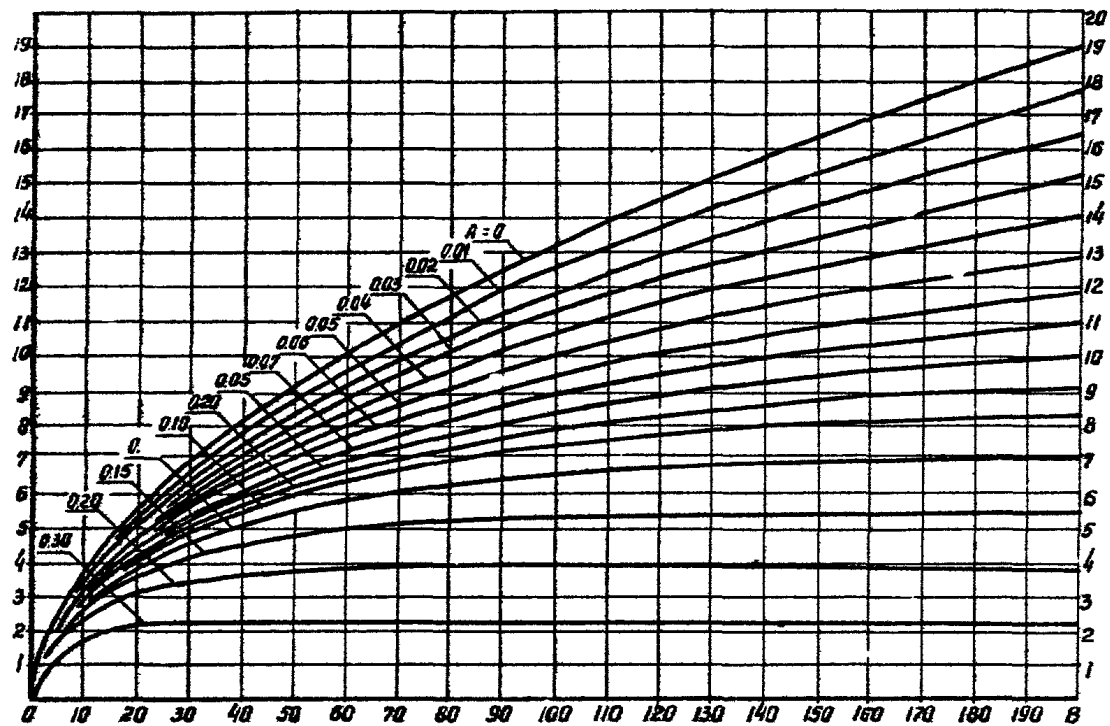


Рис. 3.

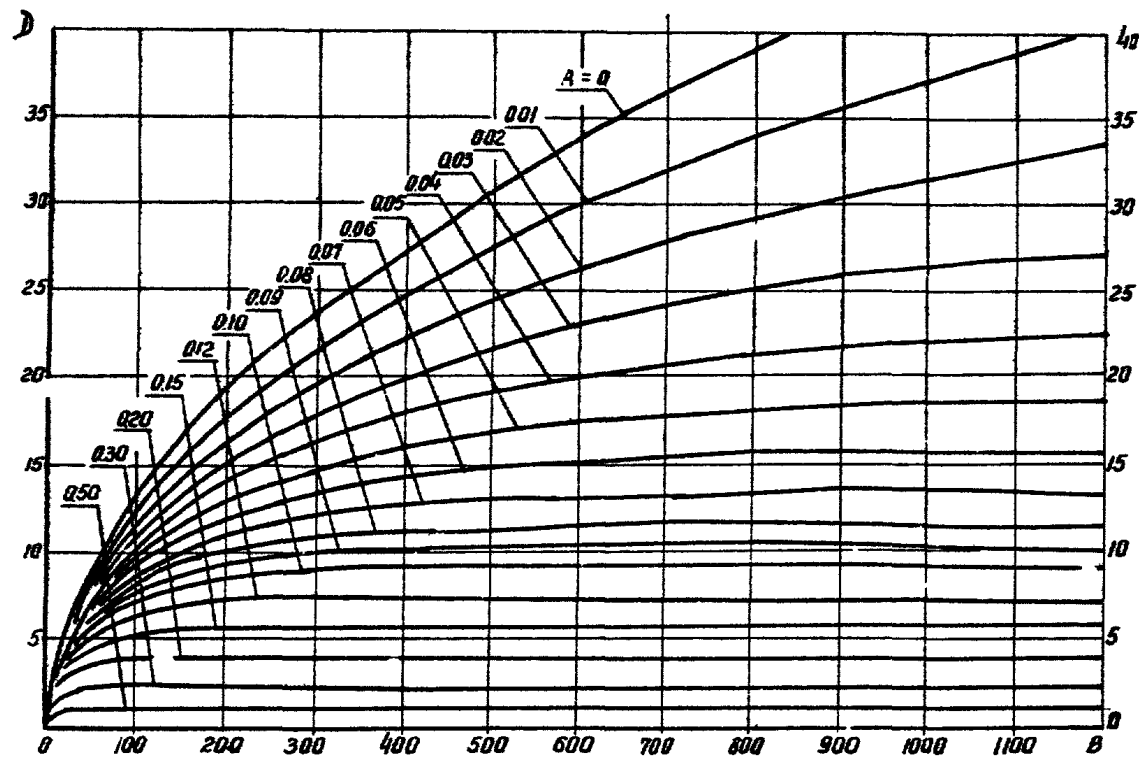


Рис.4.

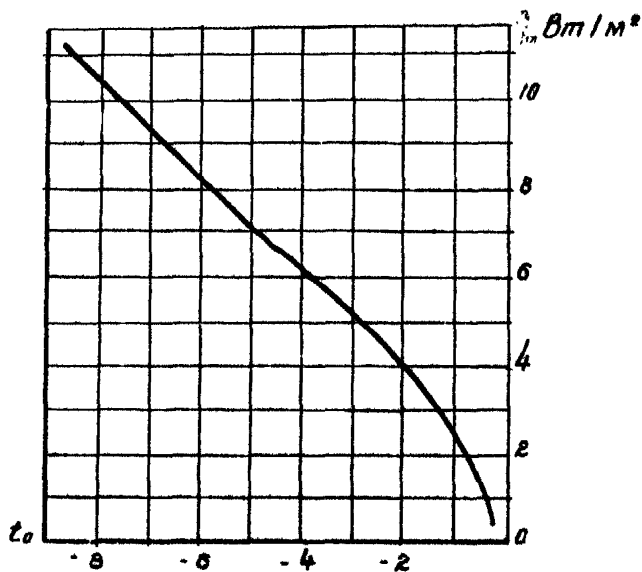


Рис.3. Зависимость осредненного теплового потока через границы промерзания грунта от температуры нижележащей толщи грунта

- $L_0$  - количество скрытой теплоты фазовых переходов грунтовой влаги в единице объема грунта, кДж/м<sup>3</sup>;
- $C_M$  - объемная теплоемкость мерзлого грунта; Дж/м<sup>3</sup>°C;
- $\tilde{t}_3$  - зимний период, за который определяется промерзание грунта, определяется по формуле 6;
- $t_{red}$  - приведенная температура воздуха, средняя за зимний период, определяемая по формуле 7.

3. Фиктивная толщина слоя грунта  $t_{\varphi}$  определяется по формулам:

- а) при отсутствии снежного покрова или иной теплоизоляции

$$t_{\varphi} = \frac{\lambda_M}{\alpha}, \quad (4)$$

где  $\alpha$  - коэффициент конвективного теплообмена на поверхности Вт/(м<sup>2</sup>°C), определяемый в зависимости от величины среднемесячной скорости ветра  $V$ , м/с,  $\alpha = 10\sqrt{V}$ ;

- б) при наличии снежного покрова или иной теплоизоляции

$$t_{\varphi} = \lambda_M \left( \frac{1}{\alpha} + \sum_{i=1}^n \frac{t_n}{\lambda_n} \right), \quad (5)$$

где  $t_n$  и  $\lambda_n$  - соответственно толщина и коэффициент теплопроводности  $n$ -го слоя изоляции.

4. Зимний период  $\tilde{t}_3$ , за который определяется сезонное промерзание грунта определяется в формуле

$$\tilde{t}_3 = \left( L_0 + \frac{C_M t_{red}}{e} \right) \left[ \frac{\lambda_M t_{red}}{q_m^2} \ln \frac{\lambda_M t_{red} - q_m t_{\varphi}}{\lambda_M t_{red} - q_m (d_{np} + t_{\varphi})} - \frac{d_{np}^2}{q_m} \right] \quad (6)$$

5. Приведенная температура воздуха  $t_{red}$ , средняя за зимний



период определяется по формуле

$$t_{red} = \frac{0,5(a+1)t_{red,1} + t_{red,2} + \dots + t_{red,n-1} + t_{red,n} \cdot 0,5(b+1)}{a + (n-1) + b}, \quad (7)$$

где  $t_{red,n}$  - среднемесячные приведенные температуры воздуха за рассматриваемый период, °C;

$n$  - число календарных месяцев в рассматриваемом сезоне;

$a$  и  $b$  - коэффициенты, вычисляемые по формулам:

$$a = \frac{t_{red,1}}{t_{red,1} + t_{red,0}}; \quad (8)$$

$$b = \frac{t_{red,n}}{t_{red,n} + t_{red,n+1}}, \quad (9)$$

где  $t_{red,0}$  и  $t_{red,n+1}$  - среднемесячные приведенные температуры воздуха по модулю для месяцев, приходящихся соответственно на конец и начало следующего сезона, °C.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11  
(справочное)

ПРИМЕР РАСЧЕТА  
ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЗАСЫПКИ ПРИЧАЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ  
(ПО ПРОГРАММЕ PQ 007)

Исходные данные

Конструкция сооружения - ячейка из плоского стального шпунта диаметром 16,3 м с каменной засыпкой. Отметка кордона + 3,0 м, отметка дна - 6,0 м, отметка низа шпунта - 9,0 м. Грунт основания - ил суглинистый.

Район строительства - п.Тикси.

Тепло-физические свойства грунтов приняты по СНиП П-18-76.

Средняя температура наружного воздуха по месяцам принята по СНиП 2.01.01-82.

В результате расчета на печать выдаете температуры в центрах расчетных блоков, на которые разбито сооружение, на заданные моменты времени. Температурные поля и графики распределения температур в грунте строятся вручную. Результаты таких построений приведены на рис. 1,2.

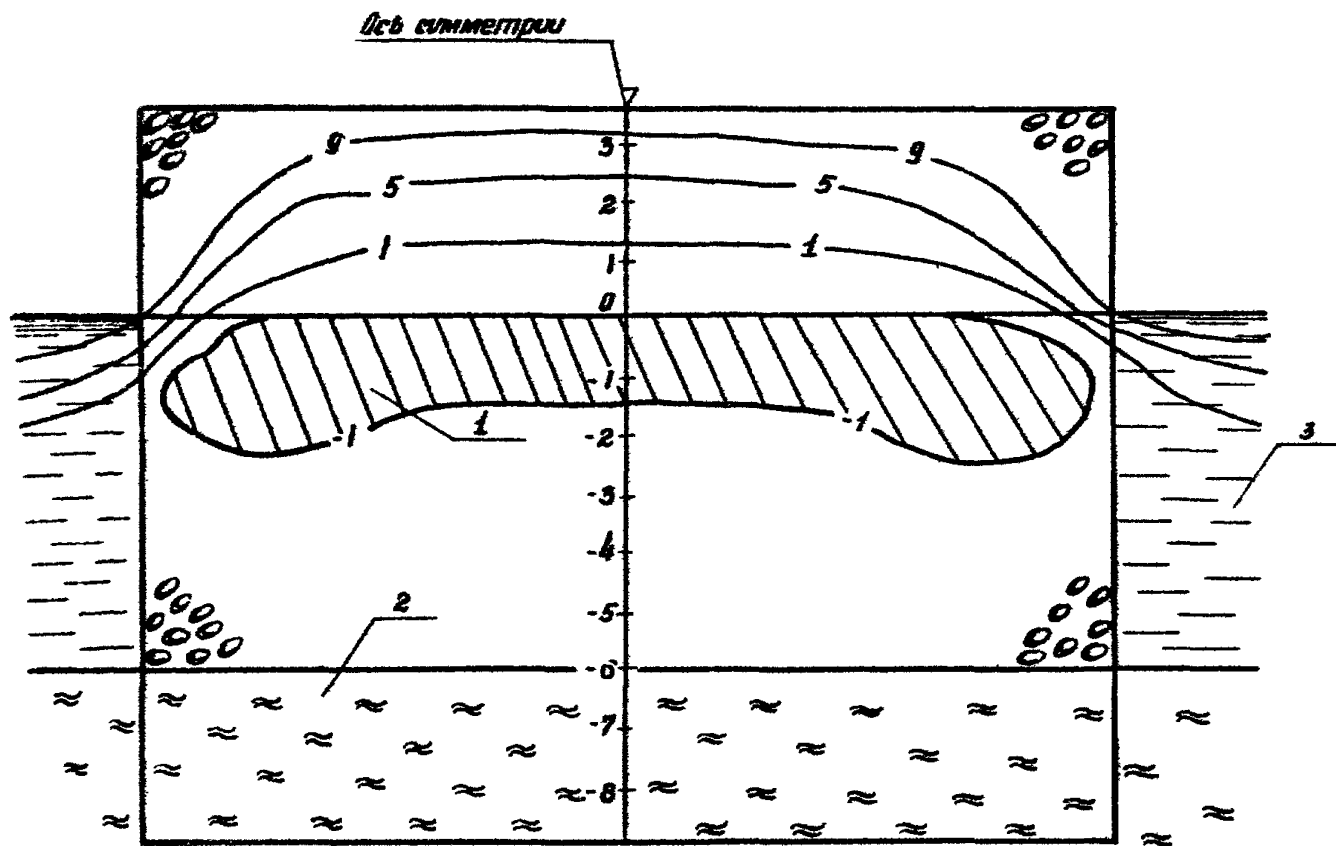


Рис. 1. Расчетное температурное поле в засынке ледяной наполь первого года эксплуатации: 1 – засыпка морзлая; 2 – на суглинистый; 3 – вода

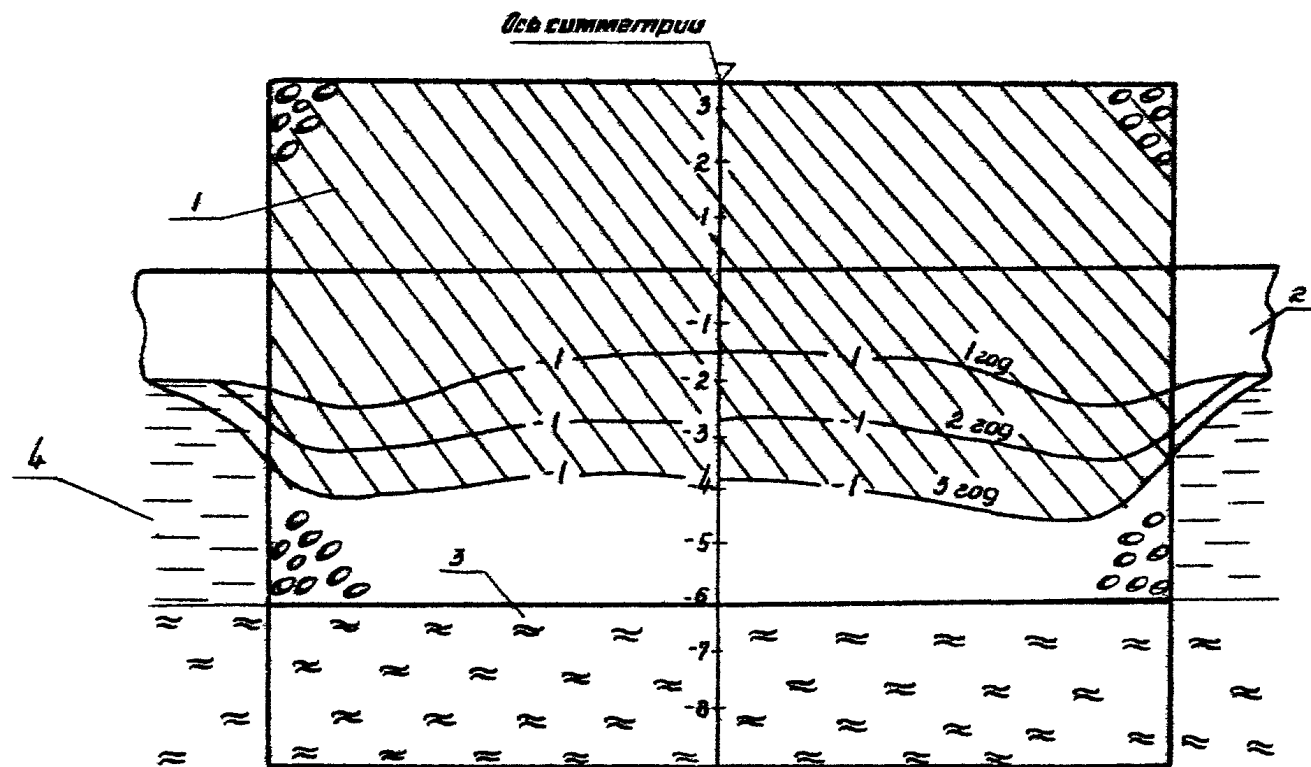


Рис.2. Расчетная глубина промерзания засыпки ячеек в мае в течение трех лет эксплуатации: 1 – засыпка мерзлая; 2 – лед; 3 – из суглинистый; 4 – вода

**ПЕРЕЧЕНЬ ЗАИМСТВОВАННЫХ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ  
ДОКУМЕНТОВ**

СТ СЭВ 384-76	Строительные конструкции и основания. Основные положения по расчету.
СНиП 2.01.01-82	Строительная климатология и геофизика.
СНиП 2.03.01-84	Бетонные и железобетонные конструкции.
СНиП 2.06.01-83	Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования.
СНиП 2.06.04-82	Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).
СНиП 2.06.08	Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.
СНиП П-6-74	Нагрузки и воздействия.
СНиП П-7-81	Строительство в сейсмических районах.
СНиП П-9-78	Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
СНиП П-18-76	Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.
СНиП П-23-81	Стальные конструкции.
ВСН 3-80/ММФ	Инструкция по проектированию морских причальных сооружений.
ВСН 6/118-74 ММФ, МТС	Указания по обеспечению долговечности бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений.
ВСН 30-83 Минэнерго	Инструкция по проектированию гидротехнических сооружений в районах распространения вечномерзлых грунтов.
ВНТП 01-78 ММФ	Нормы технологического проектирования морских портов, выпуск 1.
ГТМ 31.3016-78	Указания по проектированию больверков с учетом перемещения и деформации элементов.

- РД 31.31.23-81 Руководство по проектированию узких насыпных пирсов и палов с учетом арктических условий.
- РД 31.31.26-81 Руководство по учету сейсмических воздействий при проектировании морских гидротехнических сооружений типа больверк.
- П 58-76  
ВНИИГ Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения.
- Руководство по организации строительного производства в условиях северной зоны. ЦНИИОМПП, М., Стройиздат, 1978, 113 с.
- Программа РД 007 "Расчет температурного режима оснований и тела транспортных сооружений". (Регистрационный номер Госфонда П 00 5248).
- ППП АП ЖБК АСК Э.00001 (Программа "Лири").
- Методическое руководство для пользователей программой расчета полос на упругооседающих опорах с определением концевых деформаций (Программа "МУРБ"). Л., ЛМНИИП, 1976, 17 с.
- ГОСТ 24586-81 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости мерзлых грунтов.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ . . . . .	3
2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СООРУЖЕНИЙ . .	6
3. УКАЗАНИЯ ПО КОМПОНОВКЕ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ . . .	9
4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ . . . . .	11
5. ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ . . . . .	14
6. НАГРУЗКИ И ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ . . . . .	20
7. РАСЧЕТ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ТИПА	25
8. РАСЧЕТ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТИПА БОЛЬВЕРК . . . . .	27
9. РАСЧЕТ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЯЧЕЙСТОГО ТИПА И УЗКИХ ЗАСЛЫННЫХ ПИРСОВ . . . . .	31
10. РАСЧЕТ ОТКОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ . . . . .	35
11. РАСЧЕТ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ . . . . .	37
12. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЗАСЛЫННЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ . . . . .	40
13. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ . . . . .	42
14. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ПРОЕКТА ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА . . . . .	45
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 (рекомендуемое) Особенности технологии сварочных работ при температуре до минус 50°C . . . . .	48
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 (рекомендуемое) Рекомендации по определению прочностных характеристик льда . . . . .	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 (рекомендуемое) Расчетные значения предельно-длительного эквивалентного сцепления . . . . .	55
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 (рекомендуемое) Таблица значений коэффициента $\gamma$ в зави- симости от ширины и длины отсеков массива- гиганта . . . . .	58

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 (справочное)	
Пример расчета больверка на горизонтальную ледовую нагрузку по программе "LED" . . . . .	59
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 (рекомендуемое)	
Прочностные характеристики ледогрунтовых материалов . . . . .	66
ПРИЛОЖЕНИЕ 7 (справочное)	
Пример расчета шпунтовой ячейки на горизон- тальную ледовую нагрузку по программе "CAROL" . . . . .	74
ПРИЛОЖЕНИЕ 8 (рекомендуемое)	
Таблица значений коэффициента трения льда $f$	76
ПРИЛОЖЕНИЕ 9 (рекомендуемое)	
Варианты динамических расчетных схем причальных сооружений . . . . .	77
ПРИЛОЖЕНИЕ 10 (справочное)	
Расчет глубины сезонного промерзания грунта	81
ПРИЛОЖЕНИЕ 11 (справочное)	
Пример расчета температурного режима засыпки причального сооружения (по программе PQ 007) . . . . .	89
ПРИЛОЖЕНИЕ 12 (справочное)	
Перечень заимствованных нормативно-техни- ческих документов . . . . .	92





Подписано в печать 21.02.86. Формат 60х84/16. Печать офсетная.  
Усл.печ.л. 5,58. Усл.кр.-отт. 5,7. Уч.-изд.л. 3,1. Тираж 200. Заказ 876. Изд. № 304/6-и. Цена 62 коп.

Типография В/О "Мортехинформреклама". 113114, Москва, Кожевническая улица, дом 19