

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА СССР

**РУКОВОДСТВО
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ УЗКИХ
ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ И ПАЛОВ
С УЧЕТОМ АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

РД 31.31.23-81

ЗАМЕЧАНИЕ РД 31.31.55-93
Может быть использован
в качестве справочного
материала
ОСНОВАНИЕ с 01.06.93г

Москва 1982

РАЗРАБОТАН Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта (Совморниипроект) - Ленинградским Филиалом "Ленморниипроект".

В.А.ФЯРСОВ - главный инженер

С.Н.КУРОЧКИН - руководитель темы, канд.техн.наук

В.Г.АПЕЛЬСИН - ответственный исполнитель по пирсам
канд.техн.наук

И.И.БАРАМИДЗЕ - ответственный исполнитель по палам,
канд.техн.наук

УТВЕРЖДЕН Распоряжением Государственного проектно-изыскательского и научно-исследовательского института морского транспорта "Совморниипроект" № 19 от 26.06.81 г.

РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ И ПАЛОВ
С УЧЕТОМ АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

РД 31.31.23 - 81
Вводится впервые

Распоряжением Союзморниипроекта от 26 мая 1981 г. № 19
срок введения в действие установлен

с 1 января 1982 г.

Настоящее Руководство содержит требования по проектированию узких засыпных пирсов и палов, применяемых при строительстве причалов в портах ММФ в условиях Арктики (I климатическая зона) и может быть использовано при проектировании сооружений в районах с умеренным климатом.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.1. Руководство регламентирует проектирование и расчет конструкций узких засыпных пирсов и палов, используемых в качестве причалов для переработки грузов, и применяется совместно с БСН 3-80, РТМ 31.3016-78 и действующими государственными Минморфлот нормативными документами.

I.2. К узким засыпным пирсам следует относить причальные сооружения в виде взаимозаанкеренных стенок, пространство между которыми засыпано грунтом, или мостового типа с опорами в виде засыпных ячеек, соединенные с берегом, или представляющие собой технологическую площадку, на территории которой не предусматривается складирование грузов. В комплекс такого причального сооружения, как правило, включаются палы различного назначения.

К палам следует относить гидротехнические сооружения в виде одиночной опоры для швартовки, упора и направления движения судов.

1.3. Расчетные положения РД распространяются на узкие насыпные пирсы, которые рационально применять в условиях Арктики с ограждениями в следующем оформлении:

взаимозаankerенные больверки из стального шпунта или элементов повышенной несущей способности (рис.1а);

взаимозаankerенные экранированные больверки (рис.1б);

взаимозаankerенные больверки с передним экраном (рис.1в);

мостового типа с опорами в виде насыпных ячеек большого диаметра из стального шпунта, типа палов (рис.2а,б,в), а также на причальные палы насыпной ячеистой конструкции с ограждением из плоского стального шпунта без экранирующих элементов (рис.2а) или с ними (рис.2б,в).

1.4. Узкие насыпные пирсы и палы перечисленных типов необходимо применять для причалов в районах с грунтами, пролипаемыми для свай.

1.5. Конструкции соединительной части узкого насыпного пирса с берегом следует принимать по типу, принятому для технологической площадки, или мостового типа с опорами, конструкция которых аналогична конструкции палоя. При соответствующем технико-экономическом обосновании соединительная часть может выполняться в виде дамбы из каменной наброски или другой конструкции.

Длина соединительной части определяется технико-экономической оценкой вариантов компоновки сооружения совместно с учетом стоимости дноуглубления.

1.6. Проект организации и производства строительных работ * должен разрабатываться согласно соответствующим главам СНиП и Руководству по организации строительного производства в условиях северной зоны.

1.7. При проведении инженерных изысканий помимо требований главы СНиП П-9-78 необходимо произвести изыскания для выполнения

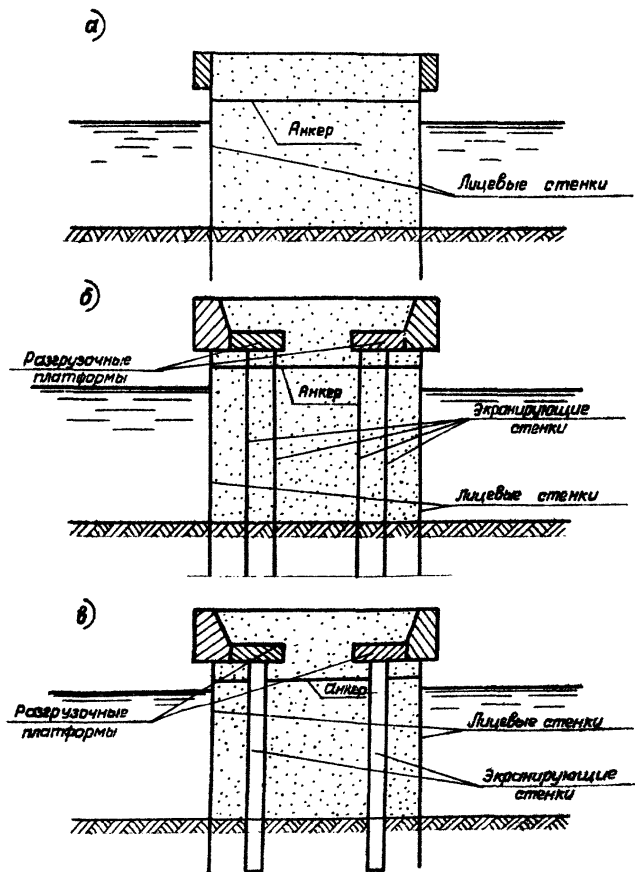


Рис. I. Схема конструкций узких засыпных пирсов.

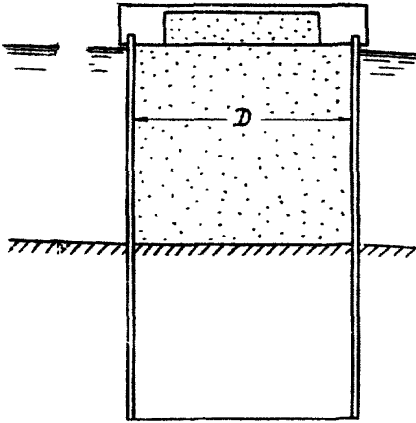


Рис.2а. Схема пала из стальной
лпунтовой ячейки.

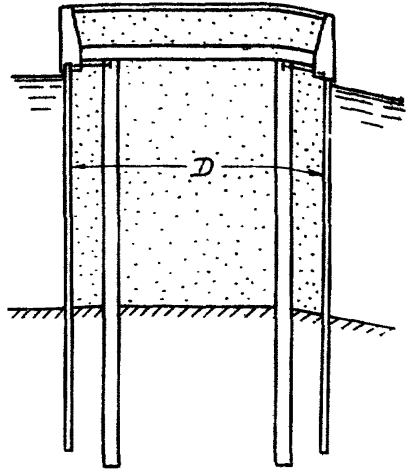


Рис.2б. Схема ячеистого пала
типа больверка с передним
экраном.

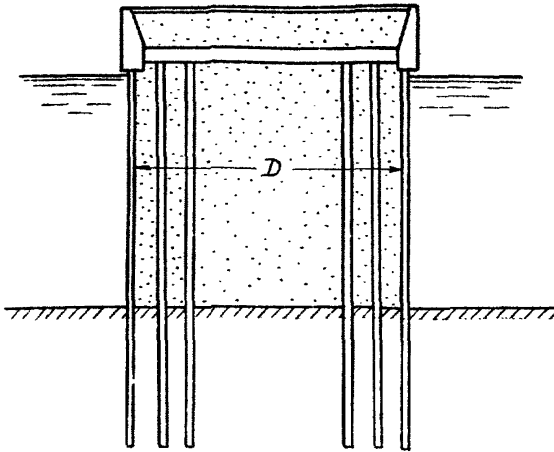


Рис.2в. Схема конструкции ячеистого пала
типа экранированного больверка.

теплотехнических расчетов проектируемого сооружения, а также по определению ледового режима и прочностных характеристик льда акватории предполагаемого строительства.

1.8. Причалыые сооружения II и III классов должны, как правило, оснащаться сетью для геодезических наблюдений и контрольно-измерительной аппаратурой для наблюдения за напряженно-деформативным состоянием сооружения при его строительстве и эксплуатации.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОМПОНОВКЕ СООРУЖЕНИЙ

2.1. Компоновка узких засыпных пирсов и палов в качестве причалов должна обеспечивать удобство маневрирования и стоянки судов, защиту стоянки судов от волнения и ледовых воздействий, выполнение минимального объема дноуглубительных работ, пожаробезопасность и выполнение требований защиты окружающей среды от загрязнения при переработке грузов.

2.2. Расположение причала на арктическом побережье следует выбирать в зависимости от местных естественных условий, по возможности не нарушая гидрологический режим акватории.

2.3. При выборе расположения причала следует учитывать возможность наличия волнения при стоянке крупнотоннажных танкеров у причала и при производстве перегрузочных операций. Швартовка и стоянка крупнотоннажных судов у причалов для навалочных грузов допускается при высоте волны до 2,5 м.

2.4. Компоновка причального сооружения в плане выполняется в зависимости от его расположения в устьевых участках рек или на открытом побережье. Рекомендуемые схемы компоновки причальных сооружений приведены в Приложении 4 (рекомендуемое).

2.5. Габариты конструкции сооружения следует определять в соответствии с Нормами технологического проектирования морских портов

в зависимости от эксплуатационных и противопожарных требования к размещению перегрузочного оборудования и устройств, технологии обработки грузов, с учетом местных условий и строительных требований к сооружению.

2.6. Общая длина причального сооружения принимается из условия обеспечения необходимых глубин, сопряжения с береговыми сооружениями и обеспечения безопасной швартовки судна.

2.7. Длина технологической площадки узких засыпных пирсов для нефтеналивных судов должна быть равной длине прямолинейной вставки судна.

2.8. Длина технологической площадки узких засыпных пирсов для сухогрузных судов принимается с учетом длины путей под перегрузочные машины и размещения технологического оборудования. Длина путей подвижных перегрузочных машин принимается не менее 0,85 от наибольшей длины расчетного судна.

2.9. Расстояние между опорами узкого засыпного пирса мостового типа определяется прочностным расчетом пролетных балок между опорами, но принимается исходя из расположения по длине прямолинейной вставки расчетного судна не менее двух опор.

2.10. Ширина узкого засыпного пирса принимается из условия размещения технологического оборудования с учетом требований противопожарной безопасности и должна быть не менее величины, определяемой расчетом устойчивости сооружения при воздействии горизонтальных нагрузок.

2.11. Размеры палы принимаются с учетом размещения на них необходимого швартовочного и другого оборудования, но не менее величины, определяемой расчетами устойчивости палы.

2.12. Возвышение кордона сооружения принимается по ВНТП01-78
Индморфлот
с учетом дополнительного возвышения для удобства проведения пере-

грузочных операций. Определение максимального возвышения кордона производится, как правило, для судна наименьшего типоразмера из всех расчетных типов судов, с учетом перспектив развития судоходства в районе строительства. Возвышение кордона должно быть достаточным, чтобы предотвратить захлестывание воды на территорию сооружения. В зависимости от класса судов возвышение кордона над расчетным уровнем воды принимается от 4,5 до 6,0 м.

Возвышение кордона причалов для некоторых типов грузовых судов (например, с горизонтальным способом погрузки) определяется технологией грузо-разгрузочных работ и конструкцией судна.

2.13. Расстояния между головным, промежуточным и швартовными палами и технологической площадкой определяются условиями швартовки судов в каждом конкретном случае.

Расстояние между швартовными палами рекомендуется принимать равным не менее 0,20 от длины расчетного судна. Головные палы рекомендуется располагать от поперечной оси технологической площадки на расстоянии не менее 0,80 от длины расчетного судна.

2.14. Длину соединительной части причала при расположении технологической площадки под углом близким 90° к берегу рекомендуется определять по формуле

$$l_{сч} \geq \frac{L_c}{2} + l_1 + l_2 - \frac{l_7}{2}, \quad (2.1)$$

- где L_c - длина расчетного судна;
- l_1 - расстояние от судна до границы проектной глубины с сторону берега, принимаемое по ВНТП 01-78;
Минморфлот;
- l_2 - длина соединительной части, необходимая для выхода до проектной глубины;
- l_7 - длина технологической площадки.

Длина соединительной части для технологической площадки, расположенной параллельно берегу, определяется расстоянием, потребным для выхода на проектную глубину.

Во всех случаях длина соединительной части должна выбираться на основе технико-экономического сопоставления вариантов при выходе на естественные проектные глубины или при учете дноуглубления для образования проектной глубины.

Ширина соединительной части определяется габаритами транспортных и технологических средств, а также их взаимным расположением. Ширину автодорог рекомендуется принимать от 3,5 до 4,0 м, а пешеходный тротуар шириной 1,0 м.

3. УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАГРУЗОК НА СООРУЖЕНИЕ

3.1. Указания по определению давления грунта засыпки на сооружение

3.1.1. Активное и пассивное давление грунта при расчете узких засыпных пиэров определяется по методу предельных состояний с учетом криволинейного характера поверхности скольжения призмы обрушения в соответствии с требованиями РТМ ЗІ.3016-78.

В случае, когда плоскость обрушения, проведенная из точки, расположенной на уровне 0,67 от глубины забивки лицевой ограждающей стенки, выходит за габариты сооружения, активное давление грунта на лицевую стенку экранированного больверка следует определять с учетом эффекта сдвига в соответствии с требованиями РТМ ЗІ.3016-78.

3.1.2. Давление грунта на шпунт ограждения ячеистых палов следует определять с учетом влияния формы их поперечного сечения,

элементов, увеличивающих жесткость конструкции и внешней горизонтальной нагрузки, приложенной к верхней части пала.

3.1.3. При отсутствии возможности учета влияния всех указанных в п.3.1.2 факторов, равнодействующую E_{a1} давления грунта засыпки на внутреннюю поверхность шпунта ограждения допускается определять с учетом формы поперечного сечения пала по формуле

$$E_{a1} = G \operatorname{tg}(\theta - \varphi), \quad (2)$$

где G - вес призмы обрушения грунта засыпки ячеистых палов с учетом эксплуатационных нагрузок на их территории;
 θ - угол наклона поверхности скольжения сдвигаемого объема грунта относительно горизонта;
 φ - угол внутреннего трения грунта засыпки пала.

3.1.4. При определении веса призмы обрушения грунта засыпки пала следует учитывать возможность реализации двух схем сдвига: по первой схеме плоскость скольжения выходит на поверхность территории пала (рис.3а,б);

по второй схеме плоскость скольжения не доходит до поверхности территории пала (рис. 3в).

Веса G_i соответствующих призм обрушения грунта засыпки определяются по формулам:

по первой схеме

$$G_1 = \frac{\gamma H_i^2}{2} \left(\operatorname{ctg} \theta - \frac{H_i}{3R} \operatorname{ctg}^2 \theta \right), \quad (3)$$

по второй схеме

$$G_2 = \frac{\gamma R}{6} (3H_i - R \operatorname{tg} \theta), \quad (4)$$

где R - радиус цилиндрического пала;
 H_i - высота пала.

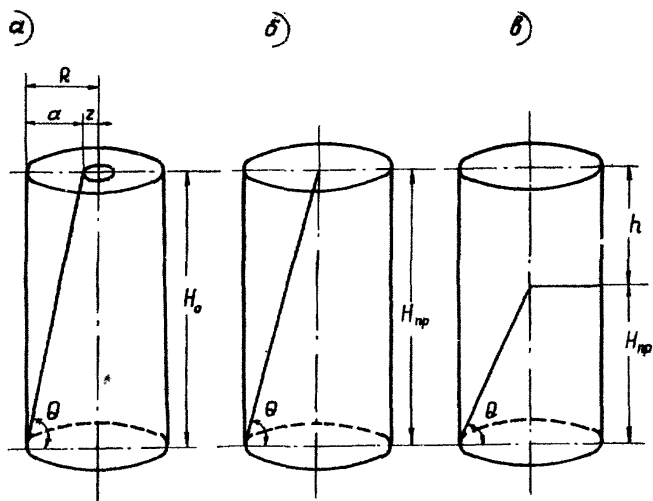


Рис.3. Схемы обрушения грунта засыпки
в цилиндрической ячейке.

3.1.5. Ординаты эпюры давления грунта на шпунтовое ограждение пала определяются при обрушении грунта засыпки по первой схеме (рис. 3а, б)

$$\sigma_i = \frac{\gamma H_i}{2 \operatorname{tg} \theta} \left(2 - \frac{H_i}{R \operatorname{tg} \theta} \right) \operatorname{tg} (\theta - \varphi), \quad (5)$$

и при обрушении по второй схеме (рис. 3в)

$$\sigma_i = \frac{\gamma R}{2} \operatorname{tg} (\theta - \varphi). \quad (6)$$

3.1.6. Значения углов θ , соответствующих максимальным величинам давления грунта засыпки на стенку ограждения пала, определяются исходя из равенств:

по первой схеме

$$\left| \frac{H_i}{R} \right|_{\max} = 3 \operatorname{tg} \theta \frac{\sin 2\theta - \sin 2(\theta - \varphi)}{\sin 2\theta - 2 \sin 2(\theta - \varphi)}, \quad (7)$$

по второй схеме

$$\left| \frac{H_i}{R} \right|_{\max} = \frac{\sin 2\theta - \sin 2(\theta - \varphi)}{6 \cos^2 \theta}. \quad (8)$$

3.1.7. Для упрощения расчетов по формулам (2 + 8) рекомендуется равнодействующую давления грунта засыпки на стенку шпунтового ограждения пала и ординаты эпюры давления грунта определять по формулам:

$$E_{a1} = E'_{a1} \eta'_i; \quad (9)$$

$$\sigma_i = \sigma_{ai}^{\text{сп}} \eta_i, \quad (10)$$

где E'_{a1} и $\sigma_{ai}^{\text{сп}}$ — соответственно, равнодействующая давления грунта и ордината его эпюры по Кулону для плоской стенки;

η'_i, η_i — соответственно, коэффициенты уменьшения равнодействующей давления грунта E'_{a1} и ординаты эпюры давления грунта $\sigma_{ai}^{\text{сп}}$, определяемые по графикам (рис. 4а, б).

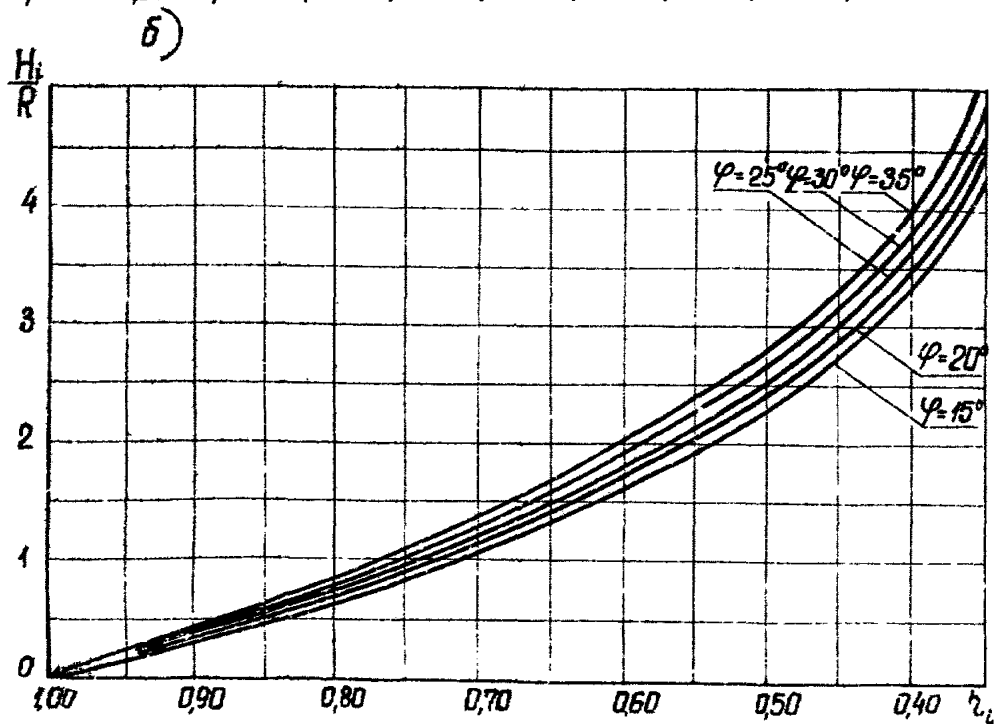
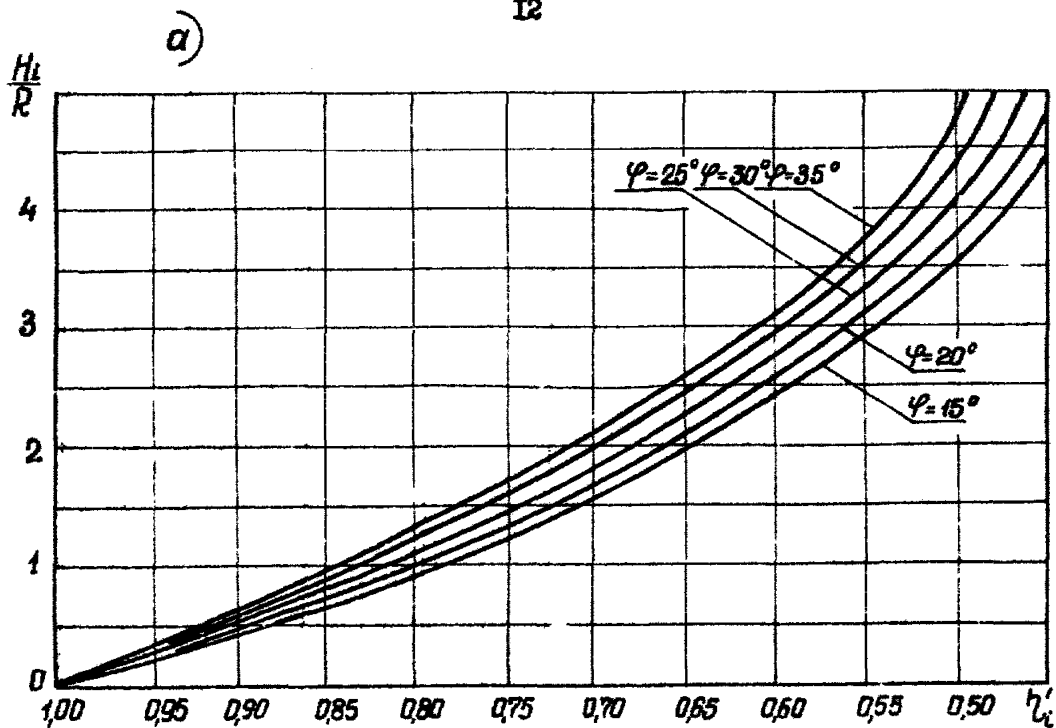


Рис.4. Графики изменения коэффициента η_i :
 а - для равнодействующей давления грунта, η_i ;
 б - для ординат давления грунта, η_i .

3.1.8. Влияние горизонтальной сосредоточенной нагрузки на величину давления грунта засыпки определяется с учетом его распределения по всей высоте пала в соответствии с рекомендациями п.6.3.4 настоящего Руководства.

3.2. Указания по определению ледовых нагрузок на сооружение

3.2.1. Нагрузки от льда для сооружений следует принимать в составе основного сочетания нагрузок и определять согласно требованиям главы СНиП П-57-75 с учетом требований настоящего Руководства и имеющихся данных натурных измерений.

3.2.2. Определяющей нагрузкой от льда на сооружение является динамическое давление льда. Давление на сооружение ледяного покрова при его термическом расширении следует учитывать при расчете отдельных элементов конструкции, в замкнутых объемах которых возможно образование льда.

3.2.3. При отсутствии данных по размерам льдин и их скорости движения допускается определять нагрузку из условия разрушения льда расчетной толщины и прочности.

3.2.4. Расчетную толщину льда следует принимать равной толщине льда в период ледохода при естественном вскрытии акватории порта или вскрытии акватории с помощью ледокола.

3.2.5. Прочностные характеристики речного и морского льда в арктических районах следует принимать по результатам натурных наблюдений.

Допускается определять прочностные характеристики морского и пресноводного льда R_{Λ} по формуле

$$R_{\Lambda} = 0,8 K_1 \cdot K_2 \cdot R_1, \quad (11)$$

- где R_1 - прочностные характеристики льда в зависимости от солености и температуры, определяемые по графикам (рис. 5, 6, 7);
- K_1 - коэффициент, учитывающий структуру льда и определяемый по таблице I;
- K_2 - коэффициент, учитывающий плотность льда и влияние направления приложения нагрузки и принимаемый по таблице 2;

Таблица I

Значения коэффициента K_1 , учитывающего структуру льда

Структура льда	Коэффициент K_1		
	при изгибе	при сжатии	при срезе
Зернистая	0,5	0,5	1,0
Болокнистая	1,0	1,0	1,0
Крупноволокнистая	1,5	1,5	1,5

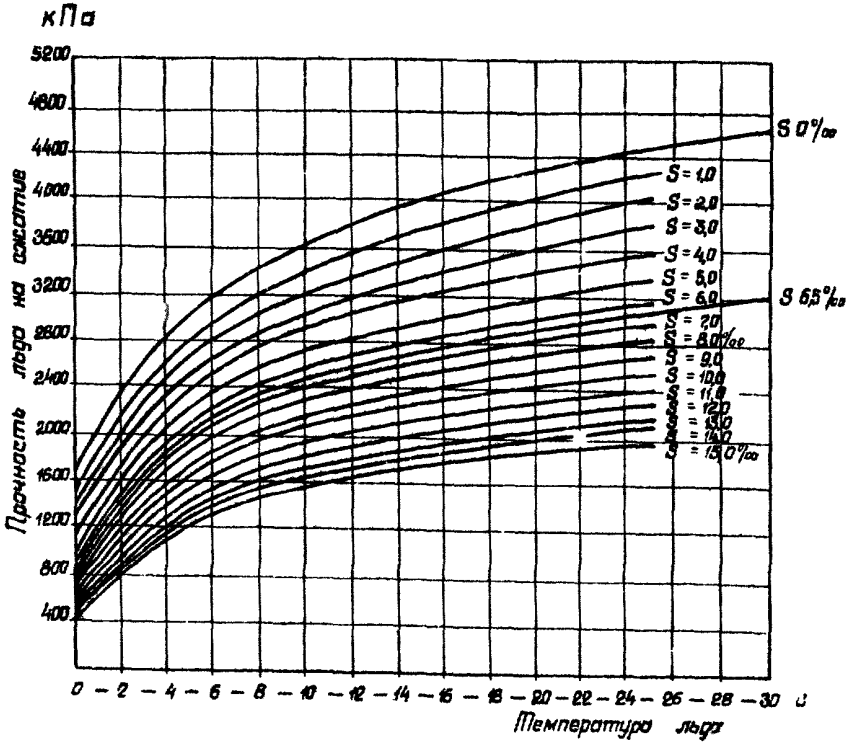


Рис.5. Зависимость прочности льда на сжатие от его температуры и солености.

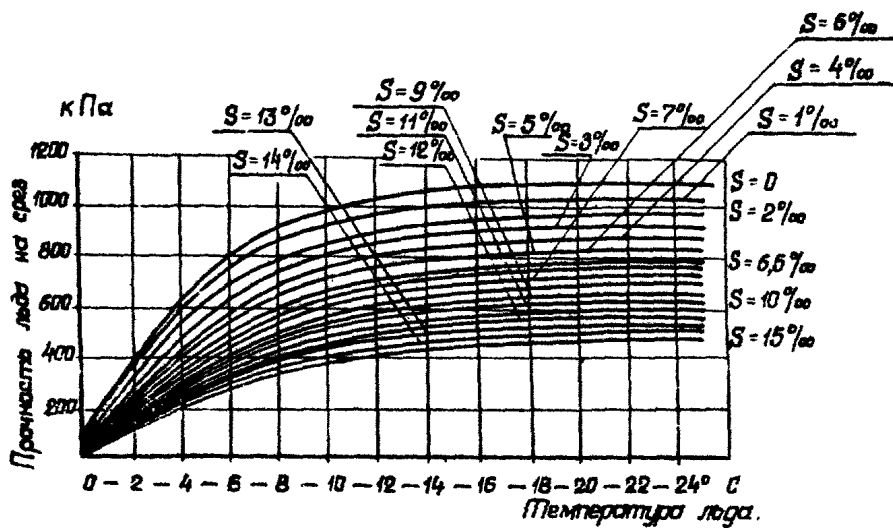


Рис.6. Зависимость прочности льда на срез от его температуры и ослености.

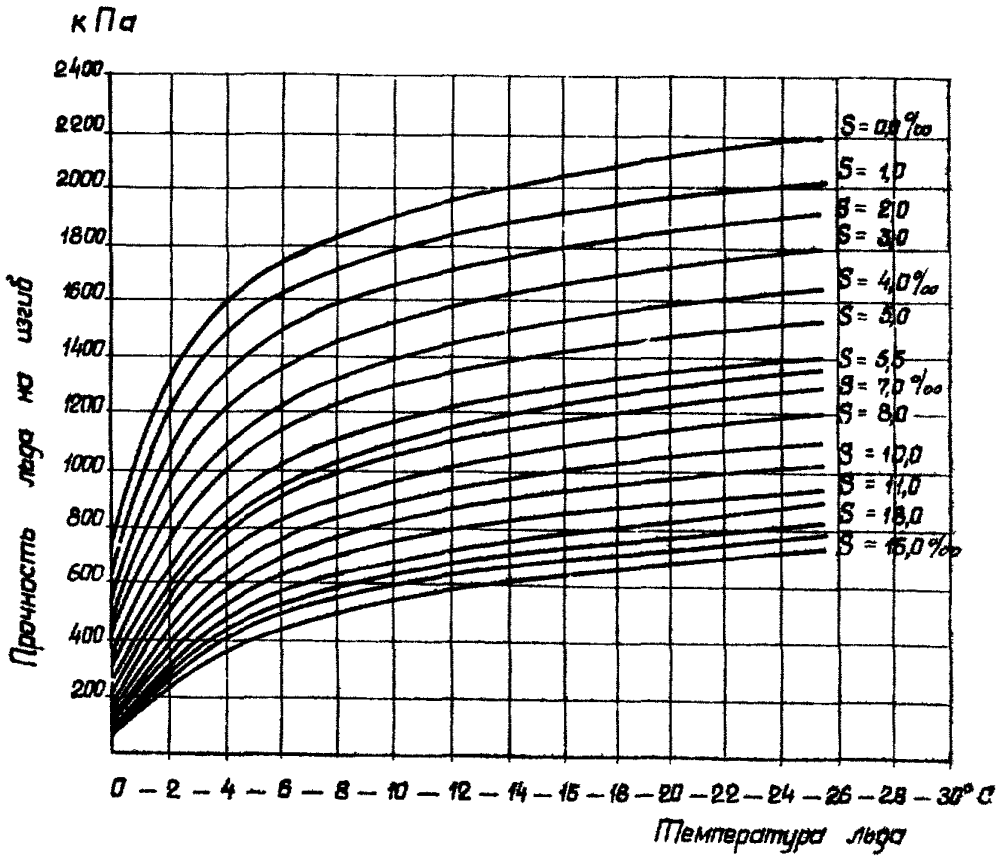


Рис.7. Зависимость прочности льда на изгиб от его температуры и солености.

Таблица 2

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

Приложение нагрузки	Коэффициент K_2		
	при изгибе	при сжатии	при срезе и ударе
Перпендикулярно поверхности заморзания	0,85	1,25	1,1
Параллельно поверхности заморзания	0,85	0,75	0,9

4. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ СООРУЖЕНИЙ

4.1. Все рассматриваемые в РД типы конструкций узких засыпных пирсов и палов следует рассчитывать по методу предельных состояний в соответствии с требованиями главы СНиП II-51-74.

Номенклатуру нагрузок и их сочетание, значения характеристик грунтов, а также коэффициентов для определения расчетных величин усилий в элементах сооружения следует принимать в соответствии с требованиями ВСН-3-80 Минморфлот.

Значения дополнительного коэффициента условия работ m_g при расчете устойчивости сооружений следует принимать согласно Приложению 3 (рекомендуемое) настоящего РД.

4.2. Для конструкций сооружений, работающих в условиях сложного напряженного состояния, допускается производить расчет по прочности элементов исходя из условий, при которых наибольшие напряжения в сечениях элементов, определяемые расчетом по упругой стадии, не превышают соответствующие расчетные сопротивления.

4.3. Нормативные эксплуатационные нагрузки на сооружение следует принимать по ВНТП 01-78, при этом нагрузки от тяжелого технологического оборудования устанавливаются проектом и, как правило, воспринимаются специальными опорами, входящими в состав сооружения.

4.4. Гидростатическое давление необходимо принимать в зависимости от характера колебания уровня воды у сооружения, водопроницаемости стенок ограждения, грунта основания и засыпки.

Эпюры давлений для различных случаев представлены на схемах (рис.8 а,б,в,г,д).

4.5. При определении нагрузок и их сочетаний для расчета сооружения необходимо учитывать особенности работы сооружения в условиях Арктики, а также следующие положения:

нагрузка от судов (навал при подходе судна или навал пришвартованного судна) с учетом динамического воздействия в основную расчетную схему сооружения не вводится, а учитывается в расчете прочности надстройки, ее связи с элементами лицевой стенки, отбойных устройств и их креплений;

ледовая нагрузка включается в основную расчетную схему;

нагрузки, вызванные волнением, гидростатическим давлением и сейсмическими воздействиями суммируются с нагрузками, воздействующими на лицевую стенку сооружения.

4.6. При проектировании сооружений, в основании которых располагаются слабые грунты ($\gamma_i \geq 0,75$, $E_0 < 5000$ кПа), следует, кроме расчета по настоящему Руководству, провести расчет по деформациям в соответствии с требованиями РТМ 31.3012-77.

4.7. Сооружения, проектируемые в сейсмических районах, необходимо дополнительно рассчитывать на воздействие нагрузок особого сочетания с учетом сейсмике. Расчет следует проводить в соответствии с требованиями глав СНиП П-А.12-69 * и действующи-

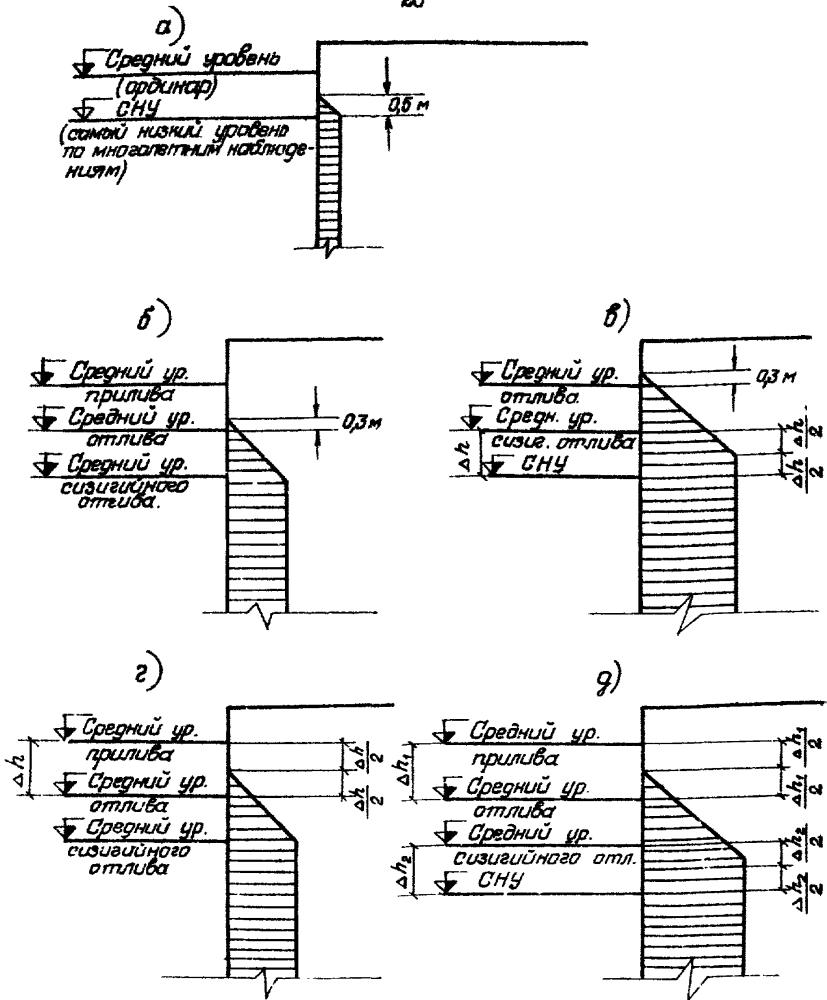


Рис.8. Гидростатическое давление воды на шпунтовые стенки причальных сооружений.

- 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;
 в), д) - для особого сочетания нагрузок.

ми нормативными документами.

4.8. Расчет сооружений необходимо выполнять в следующей последовательности:

- назначение основных размеров сооружения и определение нагрузок;
- проверка устойчивости сооружения;
- определение усилий в элементах сооружения и их расчет;
- проверка сооружения на воздействие нагрузок особого сочетания.

5. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ

5.1. Указания по назначению основных размеров сооружения и определение нагрузок

5.1.1. Предварительная компоновочная схема узкого засыпного пирса устанавливается по технологическому заданию, определяющему, как правило, отметку кордона, отметку дна у причала, длину пирса и его ширину.

5.1.2. Предварительное назначение основных размеров элементов сооружения следует производить в зависимости от типа конструкции по данным опыта строительства подобных сооружений в соответствии с номенклатурой элементов, выпускаемой промышленностью.

5.1.3. Конструкция и тип ограждения узкого засыпного пирса принимается в зависимости от глубины у сооружения, грунтовых условий основания и величины горизонтальной ледовой нагрузки.

5.1.4. Расстояние между лицевой и экранирующей стенками ограждения пирса, а также между экранирующими стенками следует принимать в пределах $0,15 \pm 0,30$ свободной высоты лицевой стенки.

5.1.5. Экранирующие стенки ограждения пирса следует проектировать из элементов, погружаемых в разрядку. Расстояние между элементами в свету не должно превышать расстояния до лицевой

стенки или впереди стоящей экранирующей стенки.

5.1.6. Разгрузочная платформа должна перекрывать пространство между всеми экранирующими стенками ограждения и свободно упираться в лицевую стенку. Отметку низа разгрузочной платформы следует располагать не выше 0,7 м над уровнем анкерной тяги.

5.1.7. Минимальная глубина погружения элементов лицевой стенки ограждения пирса определяется расчетом ее устойчивости по глубинному сдвигу в соответствии с требованиями п.5.2.2 настоящего РД.

ПРИМЕЧАНИЕ. Глубина погружения экранирующих элементов в первом приближении назначается равной глубине погружения лицевой стенки ограждения.

5.1.8. Принятая ширина узкого засыпного пирса проверяется расчетом устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости в соответствии с требованиями пп.5.2.5 - 5.2.9 настоящего РД.

5.1.9. Размеры и конструкцию дачистых засыпных опор узкого пирса мостового типа следует принимать в соответствии с требованиями раздела 6 настоящего РД

5.1.10. Нагрузки на сооружение следует принимать в соответствии с требованиями раздела 4 настоящего РД.

5.2. Указания по расчету устойчивости узких засыпных пирсов

5.2.1. При проектировании узких засыпных пирсов необходимо провести:

расчет устойчивости по глубинному сдвигу;

расчет устойчивости лицевой стенки ограждения на поворот вокруг точки анкерования;

расчет устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости.

5.2.2. При соотношении ширины узкого засыпного пирса B к его высоте от дна H более 1,2 расчет устойчивости по глу-

бинному сдвигу следует выполнять для ограждения одной стороны пирса по его длине в соответствии с требованиями ВСН 9-69 и Минморфлот и ВСН 3-80.
Минморфлот

5.2.3. При соотношении ширины узкого засыпного пирса B к его высоте от дна H менее 1,2 расчет устойчивости по глубинному сдвигу следует выполнять в целом для всего сооружения по Приложению 1 настоящего РД и провести дополнительно проверку устойчивости грунта основания перед сооружением (пп.6.4.2, 6.4.3) и определение смещений верха пирса в соответствии с требованиями СН 200-62.

ПРИМЕЧАНИЕ. При расположении в основании сооружения фиксированной поверхности, по которой может произойти сдвиг сооружения (слой слабого грунта или скального грунта с уклоном к горизонту) следует выполнить расчет устойчивости основания по плоским поверхностям скольжения по Приложению 2 настоящего РД.

5.2.4. Проверку устойчивости лицевой стенки ограждения на поворот вокруг точки анкеровки следует выполнять в соответствии с требованиями ВСН 3-80 и Минморфлот и РТМ 31.3016-78.

5.2.5. Расчет устойчивости узкого засыпного пирса на сдвиг по вертикальной плоскости следует выполнять по условию

$$n_c K \cdot M_{сгв} \leq \frac{m}{K_n} m_g M_{уд}, \quad (12)$$

- где $M_{сгв}$ - суммарный момент внешних горизонтальных сил относительно подошвы сооружения;
- $M_{уд}$ - суммарный момент удерживающих сил относительно центра подошвы, вычисляемый с учетом характеристик грунтов основания, установленных в соответствии с требованиями СНиП П-16-76, и определяемый по п.5.2.6 настоящего РД;
- n_c - коэффициент сочетания нагрузок принимаемый для основного сочетания нагрузок - 1,0;

для особого сочетания - 0,9;

для сочетания нагрузок на период строительства - 0,95;

μ - коэффициент перегрузки, принимаемый равным 1,25;

μ_2 - коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,15;

K_H - коэффициент надежности, учитывающий степень ответственности и класс капитальности, принимаемый для сооружений

I класса - 1,25;

II класса - 1,20;

III класса - 1,15;

IV класса - 1,1;

m_2 - дополнительный коэффициент условий работы, учитывающий особенности работы конструкции, принимаемый по Приложению 3 (рекомендуемое) настоящего Руководства.

ПРИМЕЧАНИЕ. В случае, если условие устойчивости (12) не выполняется, необходимо предусматривать устройство поперечных шпунтовых стенок в конструкции пирса (п.5.2.8, 5.2.9).

5.2.6. Суммарный момент удерживающих сил на один метр по длине сооружения $M_{у\bar{z}}$ определяется по формулам на нескольких основаниях

$$M_{у\bar{z}} = 0,33 BE_{\alpha_1} (2 tg \varphi_{cp} + tg \delta'_1) + 0,33 BE_{\alpha_2} tg \delta'_2 + M_o; \quad (13)$$

на основании, подстилаемом скальным грунтом

$$M_{у\bar{z}} = 0,17 BE_{\alpha_1} (4 tg^2 \varphi_{cp} + tg \delta'_1) + 0,17 BE_{\alpha_2} tg \delta'_2 + M_o, \quad (14)$$

где E_{α_1} - активное давление грунта на внутреннюю поверхность лицевой стенки ограждения;

E_{α_2} - активное давление грунта ниже уровня дна на внешней поверхности лицевой стенки ограждения;

B - ширина пирса;

- φ_{cp} - средневзвешенное значение угла внутреннего трения грунта внутри ограждения в пределах всей высоты пирса;
- δ_1 - угол трения грунта внутри ограждения по высоте лицевой стенки ограждения, принимаемый $0,67 \varphi_{cp}$, но не более 30° ;
- δ_2 - угол трения грунта ниже уровня дна по внешней поверхности лицевой стенки ограждения, принимаемый равным $0,67$ от средневзвешенного угла внутреннего трения грунта ниже уровня дна, но не более 30° ;
- M_0 - суммарный момент относительно подошвы сооружения от давления грунта основания ниже уровня дна на один метр по длине сооружения.

5.2.7. Суммарный момент относительно подошвы сооружения от давления грунта основания ниже уровня дна на один метр по длине сооружения M_0 определяется по формуле

$$M_0 = \sum_{i=1}^n E_{aai} \ell'_i, \quad (15)$$

где E_{aai} - равнодействующая активного давления i -того слоя грунта ниже уровня дна;

ℓ'_i - расстояние соответствующей равнодействующей давления i -того слоя грунта до подошвы сооружения.

5.2.8. Суммарный момент удерживающих сил на один метр по длине сооружения с учетом поперечных шпунтовых стенок следует определять по формулам:

на нескальном основании

$$M_{yг} = 0,33 B E_{a1} (2 \operatorname{tg} \varphi_{cp} + \operatorname{tg} \delta_1) + 0,33 B E_{a2} \operatorname{tg} \delta_2 + 0,33 \frac{B^2}{l} E_{a1} \operatorname{tg} \delta'_1 + M_0; \quad (16)$$

на основании, подстилаемым скальным грунтом

$$M_{\text{изг}} = q_1 B E_{\text{н}} (4 \operatorname{tg} \varphi_{\text{ср}} + \operatorname{tg} \delta_1) + q_1 B E_{\text{н}} \operatorname{tg} \delta_2 + q_1 \frac{B^2}{L} E_{\text{н}} \operatorname{tg} \delta_1 + M_0, \quad (17)$$

где l - расстояние между поперечными шпунтовыми стенками, остальные обозначения величин приведены в п.5.2.6 настоящего РД.

5.2.9. Расстояние между поперечными шпунтовыми стенками определяется подбором и принимается максимально возможным, удовлетворяющим условие устойчивости (12), но не более ширины пирса.

5.2.10. Расчет устойчивости ячеистых засыпных опор узкого пирса мостового типа следует выполнять в соответствии с требованиями раздела 6 настоящего РД.

5.2.11. При воздействии на сооружение нагрузок особого сочетания необходимо выполнить расчеты его устойчивости с учетом усилий и коэффициентов для нагрузок особого сочетания в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

5.3. Общие указания по расчету элементов конструкции

5.3.1. Расчет элементов конструкции по прочности следует проводить в соответствии с требованиями ВСН 3-80 и РТМ 31.3016-78.

5.3.2. Нормативное значение максимального изгибающего момента, действующего на элемент лицевой стенки ограждения, определяется по формуле

$$M^H = (m_c M + M_0) \left(\frac{D}{\lambda} + \Delta \right), \quad (18)$$

где M - максимальный изгибающий момент в пролете на один метр по длине сооружения, определяемый в соответствии с требованиями РТМ 31.3016-78;

- M_A - дополнительный изгибающий момент в лицевой стенке ограждения от воздействия льда на уровне максимального изгибающего момента в пролете, определяемый по указаниям п.5.3.4;
- D, Δ - соответственно протяженность элемента лицевой стенки ограждения по длине сооружения и проектный зазор между ними;
- m_c - коэффициент, учитывающий перераспределение давления грунта на стенку ограждения за счет ее деформации и перемещения, принимаемый в соответствии с требованиями ВСН 3-80 Линморфлот.

5.3.3. Нормативное значение максимального изгибающего момента, воздействующего на элемент экранирующей стенки ограждения определяется по формуле

$$M_s^N = (m_c M_s + M_{лз}) (D_s + \delta_s), \quad (19)$$

- где M_s - максимальный изгибающий момент в пролете на один метр экранирующей стенки по длине сооружения, определяемый в соответствии с требованиями РТИ 31.3016-78;
- $M_{лз}$ - дополнительный изгибающий момент в экранирующей стенке ограждения от воздействия льда на уровне максимального изгибающего момента в пролете, определяемый по указаниям п.5.3.4;
- D_s - ширина (диаметр) элемента соответствующей экранирующей стенки ограждения;
- δ_s - расстояние между элементами соответствующей экранирующей стенки в свету.

ПРИМЕЧАНИЕ. Значение изгибающих моментов $M, M_A, M_s, M_{лз}$ следует принимать по максимуму с учетом и без учета нагрузок на территорию.

5.3.4. Изгибающие моменты на один метр стенок ограждения по длине сооружения от воздействия льда следует определять расчетом балки заданной жесткости на упругом основании с коэффициентом постели грунта линейно возрастающим по глубине (Приложение 8 (справочное)). Полученный изгибающий момент распределяется между лицевой и экранирующими стенками ограждения пропорционально их жесткостям.

ПРИМЕЧАНИЕ. Прочностные характеристики грунта обратной засыпки следует принимать с учетом возможного ее промерзания в период воздействия льда на сооружение.

5.3.5. Нормативные усилия в анкерных тросах следует определять от давления грунта и полезных нагрузок на территории сооружения без учета воздействия льда в соответствии с требованиями РТМ 31.3016-78.

5.3.6. Расчетные усилия в элементах сооружения для расчета их сечений по прочности определяются по их нормативным значениям и требованиям ВСН 3-80
Минморфлот.

5.3.7. Анкерные устройства следует рассчитывать в соответствии с требованиями ВСН 3-80 и РТМ 31.3016-78.
Минморфлот

5.3.8. Расчет элементов ячеистых засыпных опор узкого пирса мостового типа следует выполнять в соответствии с требованиями раздела 6 настоящего Руководства.

Расчет элементов пролетного строения узких пирсов мостового типа следует выполнять в соответствии с действующими нормативными документами по проектированию железнодорожных, автодорожных и городских мостов.

5.3.9. Элементы конструкции следует проверять расчетом на нагрузки особого сочетания в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

5.3.10. Для наглядности в Приложении 6 (справочное) приведен пример расчета.

Перечень заимствованных нормативно-технических документов указан в Приложении 12 (справочное).

6. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ЗАСЫПНЫХ ПАЛОВ

6.1. Указания по определению вертикальных и горизонтальных нагрузок на пал

6.1.1. Перед расчетом насыпных палов следует определять следующие виды нагрузок:

давление грунта засыпки по внутренней поверхности шпунтового ограждения;

ледовые нагрузки по внешней поверхности пала;

вертикальные нагрузки на основание пала.

6.1.2. Давление грунта засыпки по внутренней поверхности шпунтового ограждения определяется по п.3.1 настоящего РД.

6.1.3. Ледовые нагрузки на пал определяются по указаниям п.3.2 настоящего РД.

6.1.4. Вертикальные нагрузки на основание пала следует определять с учетом влияния собственного веса пала, эксплуатационных нагрузок на его территории и горизонтальных нагрузок, приложенных к верхней части пала.

6.1.5. Вертикальные нагрузки на основание пала рекомендуется определять по формулам неравномерного сжатия в соответствии с указаниями $\frac{\text{ДСН З-80}}{\text{Минморфлот}}$.

Закон распределения вертикальных нагрузок на основание цилиндрического и прямоугольного пала принимается линейным.

6.1.6. Максимальная и минимальная ординаты для прямоугольного пала определяются по формуле

$$q_{\substack{\text{max} \\ \text{min}}} = \frac{G}{B} \left(1 \pm \frac{be}{B} \right), \quad (20)$$

- где G - вес пала по всей высоте сооружения с учетом эксплуатационных нагрузок на его территории;
 B - ширина пала по подошве;
 e - эксцентриситет приложения равнодействующей вертикальных и горизонтальных нагрузок.

Эксцентриситет приложения равнодействующей вертикальных и горизонтальных нагрузок определяется по формуле

$$e = 0,5B - a, \quad (21)$$

- где a - расстояние от переднего ребра пала до точки приложения равнодействующей нагрузок

$$a = \frac{M_{уд} - M_{оп}}{G}, \quad (22)$$

- где $M_{уд}$ - момент удерживающих сил относительно переднего ребра пала;
 $M_{оп}$ - опрокидывающий момент относительно подошвы пала.

6.1.7. Максимальная и минимальная ординаты нагрузки для цилиндрического пала определяются по формуле

$$q_{\frac{max}{min}} = \frac{G}{\pi R^2} \left(1 \pm \frac{4e}{R} \right), \quad (23)$$

- где R - радиус цилиндрического пала;
 G, e - определено в п.6.1.6.

6.2. Указания по определению основных размеров насыпных палов

6.2.1. Основные размеры насыпных палов определяются из условий их устойчивости и прочности несущих элементов при воздействии ледовых нагрузок и собственного веса пала с учетом эксплу-

атационных нагрузок на его территории.

6.2.2. Глубина погружения пала в грунт основания определяется расчетом устойчивости его основания при действии горизонтальных нагрузок в соответствии с требованиями Приложения 1 настоящего РД, а при условии возможности реализации плоских поверхностей скольжения - в соответствии с требованиями Приложения 2 настоящего РД.

6.2.3. Диаметр (ширина) засыпных палов определяется расчетом устойчивости грунта засыпки цилиндрической ячейки на сдвиг по вертикальной плоскости исходя из условия:

$$n_c \cdot n \cdot M \leq \frac{m}{K_H} m_g M_p, \quad (24)$$

где n_c, n, m, K_H, m_g - расчетные коэффициенты, принимаемые в соответствии с требованиями ВСН 3-80 Минморфлот, по п.5.2.5 настоящего РД;

M - суммарный момент внешних горизонтальных сил относительно подошвы пала;

M_p - суммарный момент удерживающих сил относительно середины подошвы пала, определяемый по п.6.2.4 настоящего РД.

6.2.4. Суммарный момент удерживающих сил M_p определяется по формуле

$$M_p = 0,589 E_{a1} D^2 (tg \varphi_{cp} + f + \frac{2N}{E_{a1}} + 0,04 \pi tg \delta_j) + M_o. \quad (25)$$

где E_{a1} - активное давление грунта засыпки на внутреннюю поверхность шпунта ограждения пала, определяемое по пп.3.1.2 + 3.1.7 настоящего РД;

D - диаметр пала;

φ_{cp} - средневзвешенное значение угла внутреннего трения грунта засыпки по высоте шпунтового ограждения;

- f - коэффициент трения в пазах шпунтового ограждения, принимаемый равным 0,4;
- N - равнодействующая дополнительных сил сопротивления смещению грунта засыпки по вертикальной плоскости за счет элементов, предназначенных для повышения жесткости ячеистых палов, определяемая по п.6.2.5;
- δ_1 - угол трения грунта засыпки о шпунтовую стенку, принимаемый равным $0,67 \varphi_{cp}$;
- M_0 - момент реактивного давления грунта по внешней поверхности пала, определяемый по п.5.2.7 настоящего Руководства.

ПРИМЕЧАНИЕ. Суммарный момент удерживающих сил M_p и момент реактивного давления M_0 определяются с учетом характеристик грунтов, установленных в соответствии с требованиями СНиП П-16-76.

6.2.5. Равнодействующая дополнительных сил сопротивления смещению грунта засыпки ячейю по вертикальной плоскости N , реализующихся в результате среза элементов, предназначенных для повышения жесткости пала, определяется по формулам:

при наличии металлического пояса

$$N = F_a \cdot R_{cp}; \quad (26)$$

при наличии жесткой бетонной диафрагмы

$$N = F_{\beta} \cdot R_p, \quad (27)$$

- где F_a - площадь поперечного сечения металлического пояса жесткости;
- R_{cp} - расчетное сопротивление материала пояса жесткости на срез;
- F_{β} - площадь поперечного сечения бетонного кольца;

R_p - расчетное сопротивление бетона на растяжение.

6.2.6. Площадь поперечного сечения бетонного кольца определяется по формуле

$$F_g = 0,5 h_g (\Delta - d), \quad (28)$$

где h_g - высота сечения жесткой диафрагмы, выполненной в виде бетонного кольца;

Δ - внешний диаметр бетонного кольца, равный диаметру лачеистого пала;

d - внутренний диаметр бетонного кольца.

6.3. Указания по расчету прочности замковых соединений шпунтовых ограждений

6.3.1. Расчет прочности замковых соединений шпунтовых ограждений пала выполняется по условию

$$n_c n P_z \leq \frac{m}{K_n} m_g R_z, \quad (29)$$

где n_c, n, m, m_g, K_n - расчетные коэффициенты, определенные в соответствии с требованиями ВСН 3-80 по п.5.2.5 настоящего Руководства; Минморфлот

P_z - разрывающие усилия замковых соединений шпунта ограждения;

R_z - сопротивление замковых соединений разрывающим усилиям.

6.3.2. Разрывающие усилия P_z замковых соединений шпунта определяются по формуле

$$P_z = P_{эр} + P_{соср}, \quad (30)$$

где $P_{эр}$ - разрывающие усилия от давления грунта засыпки пала;

$P_{\text{соед}}$ - разрывающие усилия от давления грунта, вызванного внешней сосредоточенной нагрузкой, действующей на пал.

6.3.3. Разрывающие усилия от внутреннего давления грунта засыпки определяются по формуле

$$P_{\text{вп}} = \sigma_{\text{ai}}^{\text{вп}} \cdot R, \quad (31)$$

где $\sigma_{\text{ai}}^{\text{вп}}$ - максимальная ордината давления грунта засыпки по внутренней поверхности шпунта ограждения;

R - радиус цилиндрического пала.

Ордината давления грунта засыпки пала $\sigma_{\text{ai}}^{\text{вп}}$ определяется по Кулону как для плоской стенки

$$\sigma_{\text{ai}}^{\text{вп}} = (\sum \gamma_i h_i + q) \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi_i), \quad (32)$$

где $\gamma_i, h_i, \varphi_i, q$ - соответственно, объемный вес, высота, угол внутреннего трения данного слоя грунта и временная нагрузка на пал.

6.3.4. Разрывающие усилия от внешней сосредоточенной нагрузки $P_{\text{соед}}$ следует определять с учетом его распределения по всей высоте пала по формуле

$$P_{\text{соед}} = \frac{2P_A}{G'} \sigma_{\text{ai}}^{\text{вп}} \cdot A, \quad (33)$$

где P_A - горизонтальная сосредоточенная нагрузка на пал, определяемая в соответствии с рекомендациями п.3.2 настоящего Руководства;

G' - собственный вес пала до отметки расположения максимальной ординаты эпюры давления грунта засыпки пала;

$\sigma_{\text{ai}}^{\text{вп}}$ - определено в п.6.3.3 настоящего Руководства;

A - коэффициент, принимаемый для цилиндрических палов равным его радиусу R , а для прямоугольных палов половине его ширины B .

6.3.5. В случае соединения с помощью козырьков одной или нескольких цилиндрических ячеек в составе одного пала в расчете следует учитывать возможность увеличения суммарных разрывающих усилия P_y по формуле

$$P_y = P_{гp} + P_{сосp} + P_{коз}, \quad (34)$$

где $P_{коз}$ - разрывающие усилия от козырьков, передаваемые через узловую шпунтину на стенку шпунта ограждения пала;

$P_{гp}$ и $P_{сосp}$ - определены в пп.6.3.3 + 6.3.4 настоящего РД.

Разрывающие усилия от козырьков $P_{коз}$ определяются по формуле

$$P_{коз} = \beta_i \gamma \cos \beta, \quad (35)$$

где β_i - ордината давления грунта на козырек, определяемая по Кулону с учетом цилиндрической формы по п. 3.1 настоящего РД;

γ - радиус очертания козырька;

β - угол, образованный касательной к козырьку в точке его примыкания к стенке ячейки.

6.4. Указания по проверке устойчивости грунта основания перед палом и определению смещений верхней части пала

6.4.1. При расчете палов на горизонтальные нагрузки следует определить устойчивость грунта основания перед палом, а также величину смещения верхней части пала и угол его поворота.

6.4.2. Условие устойчивости грунта основания перед палом считается выполненным, когда

$$n_c n \sigma_y \leq \frac{m}{K_n} m_g R_y, \quad (36)$$

где n_c, n, m, K_n, m_g - расчетные коэффициенты, определяемые в соответствии с требованиями ВСН 8-80 по Минморфлот п.5.2.5 настоящего Руководства;

σ_y - максимальная ордината эпюры реактивного давления грунта основания на внешнюю поверхность шпунта ограждения пала, определяемая в соответствии с требованиями СН-200-62;

R_y - сопротивление грунта основания по горизонтали, зависящее от вида грунта, определяемое по п.6.4.3 настоящего Руководства.

6.4.3. Горизонтальное сопротивление грунта основания определяется по формуле

$$R_y = \gamma y_i \lambda_p \left(1 + \frac{0,5 y_i}{D}\right), \quad (37)$$

где γ - объемный вес грунта;

D - диаметр пала;

y_i - глубина расположения максимальной ординаты реактивного давления грунта с наружной стороны пала;

λ_p - коэффициент пассивного давления грунта по Кулону.

6.4.4. При недостаточной устойчивости грунта основания перед палом необходимо увеличить глубину погружения или ширину пала, и провести повторные расчеты.

6.4.5. Расчеты смещения пала под воздействием горизонтальной нагрузки следует выполнять по второй группе предельных состояний в соответствии с требованиями СНиП П-15-78 и СН 200-62.

ПРИМЕЧАНИЕ. При расчетах смещений и величин реактивного давления грунта по СН-200-62 в расчет следует вводить

момент сопротивления полного сечения подошвы сооружения.

6.4.6. Определяемые по п.6.4.5 величины смещений и поворота пала считаются допустимыми при выполнении условий

$$U \leq S_{np}, \quad (38)$$

где U - горизонтальное смещение верхней части пала, определяемое по п.6.4.5 настоящего Приложения;

S_{np} - предельно допустимое значение горизонтального смещения верхней части пала, устанавливаемое в задании на проектирование сооружения, исходя из условий эксплуатации пала, ограничениями, связанными со швартовкой судов, наличием верхнего строения, трубопроводов и др.

6.4.7. Если условие (38) не выполняется, следует увеличить глубину погружения или ширину пала и провести повторные расчеты.

Пример расчета приведен в Приложении 6 (справочное).

Соотношения между некоторыми единицами физических величин, подлежащих изъятию, и единицами СИ приведены в Приложении 11 (справочное).

Перечень заимствованных нормативно-технических документов указан в Приложении 12 (справочное).

7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ

7.1. При конструировании сооружений следует выполнять общие конструктивные требования ВСН 3-80 ~~Линморфлот~~, РТМ 31.3016-78 и дополнительные требования настоящего Руководства.

7.2. Конструкции элементов сооружения должны обеспечивать наиболее полное использование их несущей способности и наиболее благоприятное деформированно напряженное состояние.

7.3. В качестве элементов лицевых и экранирующих стенок сооружений следует принимать любые профили стального или железобетонного шпунта и свай, свай-оболочки, стальные трубы, сварные объемные конструкции и т.д., отвечающие требованиям долговечности и надежности для суровых условий службы сооружения.

Для лицевых стенок ограждения сооружения следует применять стальные элементы, обеспечивающие при заданных грунтовых условиях и нагрузках защемление стенки.

Железобетонные сваи и элементы повышенной жесткости следует применять в экранирующих стенках. Рекомендуется в экранирующих стенках применять однотипные элементы.

7.4. При проектировании ограждения с многорядным экранированием увеличение количества рядов экранирующих элементов сверх двух целесообразно только в случаях, когда они используются в качестве опор крановых путей или технологического оборудования.

7.5. Крановые пути рекомендуется размещать на отдельном свайном основании или на железобетонных балках.

7.6. При конструировании лицевых стенок ограждения сооружения необходимо предусмотреть дренажные выпуски для снятия гидростатического давления за стенкой. Дренажные выпуски должны быть расположены ниже нижней кромки льда при расчетном уровне воды у сооружения. При устройстве дренажа необходимо рассмотреть возможность

использования в качестве обратного фильтра отечественных синтетических нетканых материалов.

7.7. Анкеровку следует осуществлять за распределительные пояса.

Для уменьшения неравномерности загрузки анкеровых тяг рекомендуется включать в тяги специальные муфты (авторское свидетельство № 367221).

7.8. Для засыпки между ограждениями пирса или пала следует применять скальные (при наличии местного камня) или нескальные грунты. На нескальных грунтах рекомендуется применять гравий, галечник и песок различной крупности, за исключением пылеватого; не допускается засыпка глинистым грунтом.

Для достижения достаточной плотности каменной засыпки рекомендуется применять камень разной крупности. Не допускается в засыпку применять камень весом более 50 кг в зоне конструкции ограждения и более 100 кг в ядре засыпки, а также постелистый камень весом более 30 кг.

7.9. Для получения высокой плотности песчаного грунта засыпки с коэффициентом неоднородности больше 3 рекомендуется производить ее уплотнение гидравлическими или механическими способами.

7.10. В узких засыпных пирсах и палах по засыпке следует устраивать сборное или монолитное железобетонное покрытие.

7.11. В качестве лицевых элементов ограждения засыпных палов следует применять плоский стальной шпунт.

Для увеличения жесткости ограждения засыпных палов при воздействии горизонтальной ледовой нагрузки следует предусмотреть устройство стального или железобетонного пояса, располагаемого по лицевой стенке ограждения с ее внутренней стороны на уровне

действия ледовых нагрузок.

7.12. Стальные шпунтовые и трубчатые сваи рекомендуется применять в Северных условиях из низколегированной стали марки 10Г2С1Д с гарантией свариваемости и гарантируемыми механическими свойствами при температуре воздуха до минус 65°C.

Применение углеродистой стали марки ВСт 3сп 5 ограничивается гарантией механических свойств при температуре воздуха до минус 20°C при обеспечении свариваемости.

7.13. Бетонные и железобетонные элементы узких засыпных пирсов в арктических условиях рекомендуется применять с соблюдением требований к строительным материалам по ГОСТ 4795-68 и ВСН 6/11В-74
Минморфлот, Минтрансстрой *

7.14. В районах с возможными штормовыми ветрами причалы должны оснащаться штормовыми швартовными тумбами для дополнительного раскрепления судов, а также штатными местами для расчепления перегрузочного и технологического оборудования.

7.15. Отбойные устройства должны отвечать дополнительному требованию обеспечения сохранности от воздействия льда в зимний период и в период навигации.

7.16. Допускается защита дна у сооружения от размывающего действия донных скоростей и работающих судовых винтов при соответствующей технико-экономическом обосновании.

7.17. Строительство сооружений проектируется с учетом требований действующих нормативных документов и Руководства по организации строительного производства в условиях северной зоны.

7.18. При проектировании поэтапного строительства причального сооружения каждый заверченный этап должен обеспечивать устойчивость и прочность части построенного сооружения от внешних природных и возможных эксплуатационных нагрузок.

7.19. При разработке проекта производства работ необходимо рассмотреть возможность строительства причальных сооружений в зимний период со льда. При необходимости толщина ледяного покрова может быть увеличена путем послойного намораживания.

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЙ УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ
И ПАЛОВ ПО ГЛУБИННОМУ СДВИГУ

1. Расчет устойчивости оснований узких засыпных пирсов и ячеистых палов с учетом глубинного сдвига выполняется в предположении реализации круглоцилиндрической поверхности скольжения сдвигаемой части основания (рис.1); при этом должно быть выполнено условие

$$n_c n T_{сдв.1} \leq \frac{m}{K_H} m_g T_{сдв.пр}, \quad (1)$$

где n_c , n , m , m_g , K_H - расчетные коэффициенты, принимаемые в соответствии с требованиями ВСН 3-80 Минморфлот и настоящего РД;

$T_{сдв.1}$ - равнодействующая сдвигающих сил, соответствующих эксплуатационным нагрузкам, принятым по проекту, определяемая по п.4 настоящего Приложения;

$T_{сдв.пр}$ - равнодействующая предельных сдвигающих сил, соответствующих предельному состоянию основания сооружения, определяемая по п.2 настоящего Приложения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Равнодействующие $T_{сдв.1}$ и $T_{сдв.пр}$ определяются с учетом характеристик грунтов основания сооружения, установленных в соответствии с требованиями СНиП П-16-76.

2. Равнодействующая предельных сдвигающих сил $T_{сдв.пр}$ определяется по формуле

$$T_{сдв.пр} = \sqrt{T_{сдв.1}^2 + L^2 + 2 T_{сдв.1} \cdot L \cos(\alpha'_1 - \psi)}, \quad (2)$$

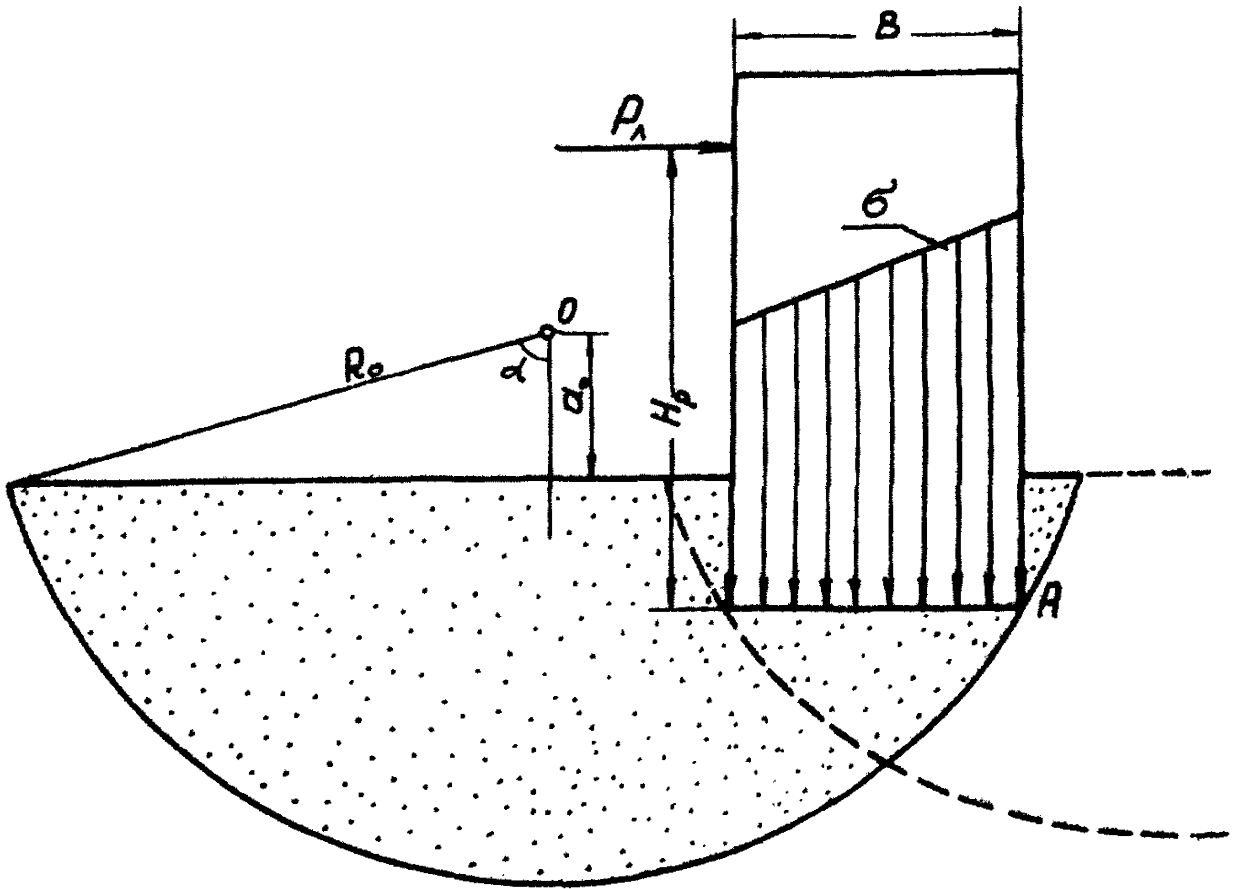


Рис. I. Схема выпора основания заглубленного
пирса (пажа).

- где L - величина, характеризующая увеличение равнодействующей сдвигающих сил при увеличении горизонтальной нагрузки на сооружение от $P_{\lambda 1}$, соответствующей $0,5 P_{\lambda}$ (P_{λ} - горизонтальная нагрузка), до $P_{\lambda гр}$ (предельной нагрузки), определяемая по п.3 настоящего Приложения;
- α'_1 - угол пересечения равнодействующих сдвигающих $T_{сдв.1}$ и удерживающих сил $T_{уд.1}$, соответствующих эксплуатационным нагрузкам, принятым по проекту, определяемый по п.7 настоящего Приложения;
- ψ - угол отклонения линии действия величины L от направления равнодействующей удерживающих сил $T_{уд.1}$ определяемый в п.15 настоящего Приложения.

3. Величина L определяется по формуле

$$L = \frac{T_{уд.1} + T_{сдв.1} (\sin \alpha'_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ср} - \cos \alpha'_1)}{\cos \psi - \frac{e_{уд}}{e_{сдв.}} - \sin \psi \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ср}}, \quad (3)$$

- где $T_{сдв.1}, T_{уд.1}$ - равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил, определяемые при действии первой ступени горизонтальной нагрузки $P_{\lambda 1}$ по п.4 настоящего Приложения;
- $\varphi_{ср}$ - средневзвешенное значение угла внутреннего трения грунтов, расположенных по поверхности скольжения;
- $e_{уд}, e_{сдв.}$ - величины, характеризующие увеличение равнодействующих удерживающих $T_{уд.1}$ и сдвигающих сил $T_{сдв.1}$ при увеличении горизонтальной нагрузки от $P_{\lambda 1}$ до $P_{\lambda 2}$ (величина $P_{\lambda 2}$ принимается равной эксплуатационной нагрузке, принятой по проекту);

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

$$l_{yq} = T_{yq.e} - T_{yq.r}, \quad (4)$$

$$l_{сдв} = T_{сдв.2} - T_{сдв.1}, \quad (5)$$

где $T_{сдв.е}, T_{yq.e}$ - равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил, определяемые при действии горизонтальной нагрузки $P_{\frac{1}{2}}$ по п.4 настоящего Приложения; остальные обозначения величин приведены в п.2 настоящего Приложения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для устойчивых оснований величина L является положительной, а для неустойчивых - отрицательной.

Если $L = 0$ это значит, что сооружение не обладает запасом устойчивости и при расчетных нагрузках находится в предельном состоянии. Отрицательное значение указывает на то, что предельная величина временных нагрузок меньше расчетных, и проектные нагрузки должны быть сокращены.

4. Равнодействующие сдвигающих $T_{сдв.i}$ и удерживающих сил $T_{yq.i}$ определяются в следующей последовательности (рис. 1):

из определенного центра проводится круглоцилиндрическая по -
верхность скольжения через переднюю грань пала;

сдвигаемая часть грунта основания расчленяется на отдельные вертикальные полоски;

определяется вес каждой полоски G_i с учетом собственного веса сооружения и эксплуатационных нагрузок на его территории;

определяются сдвигающие и удерживающие силы для каждой полоски;

определяются равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

и углы наклона линий их действия относительно горизонта.

ПРИМЕЧАНИЕ. Центр окружности скольжения с минимальным запасом устойчивости определяется методом попыток, применяемым в расчетах по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения.

5. Сдвигающие T_i и удерживающие силы T'_i для каждой полоски определяются по формулам:

$$T_i = g_i \sin \alpha_i ; \quad (6)$$

$$T'_i = g_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + c_i \ell_i , \quad (7)$$

- где g_i - вес рассматриваемой i -той полоски;
 φ_i, c_i - соответственно угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта, расположенного в основании i -той полоски;
 ℓ_i - длина поверхности скольжения под i -той полоской;
 α_i - угол наклона касательной к горизонту в точке пересечения линий действия веса g_i с поверхностью скольжения.

$$\alpha_i = \arcsin \frac{a_i}{R_0} , \quad (8)$$

- где a_i - расстояние по горизонтали от линии действия веса g_i до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения;
 R_0 - радиус поверхности скольжения.

6. Равнодействующая сдвигающих сил $T_{сдв.i}$ и угол наклона ее относительно горизонта определяется графически путем векторного суммирования сил, направленных в сторону смещения основания.

Равнодействующая удерживающих сил $T_{удг.i}$ и угол наклона ее относительно горизонта определяется графически путем векторного суммирования сил, направленных в противоположную сторону.

7. Угол пересечения равнодействующих сдвигающих $T_{сдв.1}$ и удерживающих сил $T_{удг.1}$, соответствующих эксплуатационным нагрузкам, принятым по проекту, определяется по формуле

$$\alpha'_1 = \beta_{сдв.1} - \beta_{удг.1}, \quad (9)$$

где $\beta_{сдв.1}$ - угол наклона равнодействующей сдвигающих сил $T_{сдв.1}$ относительно горизонт ;

$\beta_{удг.1}$ - угол наклона равнодействующей удерживающих сил $T_{удг.1}$ относительно горизонта.

8. При расчете устойчивости основания ячеистых палов следует учитывать возможность увеличения равнодействующей удерживающих сил $T_{удг.i}$ за счет сопротивления сил трения и сцепления по торцам сдвигаемого основания (пространственная работа пала) путем их векторного суммирования.

$$\sum T_{удг} = T_{удг} + \frac{2}{D} \Delta T_{удг}, \quad (10)$$

где $T_{удг}$ - вектор равнодействующей удерживающих сил, определяемый без учета пространственной работы пала (п.6 настоящего Приложения);

$\Delta T_{удг}$ - вектор равнодействующей дополнительных удерживающих сил за счет сил трения и сцепления по

одной стороне сдвигаемого объема грунта, определяемый по п.9 настоящего Приложения;

D - диаметр пала.

9. Вектор равнодействующей дополнительных удерживающих сил $\Delta T_{\text{уд}}$ определяется по формуле

$$\Delta T_{\text{уд}} = \sum t'_i \frac{z_i}{R} + \sum c'_i \frac{z_i}{R_0}, \quad (11)$$

где $\sum t'_i, \sum c'_i$ - соответственно равнодействующая сила трения и сцепления по торцам сдвигаемого основания (п.10, 13 настоящего Приложения);

z_i - расстояние по нормали от линии действия равнодействующих сил трения и сцепления до центра поверхности скольжения;

R_0 - радиус поверхности скольжения.

10. Равнодействующая сила трения по торцам сдвигаемого основания $\sum t'_i$ определяется по формуле

$$\sum t'_i = \sum E_a t g \varphi_{cp}, \quad (12)$$

где $\sum E_a$ - равнодействующая активного давления грунта по всей площади торцевого сечения сдвигаемого основания, определяемая по п.11 настоящего Приложения;

φ_{cp} - средневзвешенное значение угла внутреннего трения по площади торцевого сечения.

11. Равнодействующая активного давления грунта $\sum E_a$ определяется по формуле

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
(продолжение)

$$\Sigma E_a = K(0,33 R_o^3 \sin \alpha - P + 2S), \quad (13)$$

где

$$K = \gamma t q^2 (45^\circ - 0,5 \varphi_{cp}); \quad (14)$$

$$P = 0,5 R_o^2 a_0 \alpha; \quad (15) \quad S = 0,08 a_0^2 \sqrt{R_o^2 - a_0^2}, \quad (16)$$

где

a_0 - расстояние по вертикали от центра поверхности скольжения до отметки дна у стенки палла;

α - угол между вертикалью, проходящей в центре поверхности скольжения, и радиусом, проходящим в точке пересечения этой поверхности с поверхностью дна (рис. 1);

R_o - радиус поверхности скольжения.

12. Координаты X и Y точки приложения равнодействующей определяются по формулам:

$$X = \frac{K(q_0 - t + a_0 S)}{\Sigma E_a}; \quad (17)$$

$$Y = \frac{0,04K(3R_o^4 \sin^2 \alpha + 8R_o^3 a_0 \cos \alpha + \frac{a_0^4}{\cos^2 \alpha} - 8R_o^3 a_0 - a_0^4)}{\Sigma E_a}; \quad (18)$$

где

$$q_0 = 0,06 R_o^4 (\sin 2\alpha + 2\alpha); \quad (19)$$

$$t = 0,33 R_o^3 a_0 \sin \alpha; \quad (20)$$

остальные обозначения величин приведены в п.11 настоящего Приложения.

13. Равнодействующая сил сцепления по торцам сдвигаемого основания $\Sigma C'$ для однородного основания определяется по формуле

(продолжение)

$$\sum C_i' = C_i \left[0,5 R_o^2 (2\alpha + \sin 2\alpha) - a_o 2 R_o \sin \alpha \right] \Big|_{\alpha_1}^{\alpha_2}, \quad (21)$$

где C_i - удельное сцепление;

$R_o \alpha$ - определены в пп.9, 11 настоящего Приложения.

ПРИМЕЧАНИЕ. При равномерном основании равнодействующая сил сцепления определяется для каждого слоя сдвигаемого объема грунта. Соответственно определяется и величина $C_i' = \frac{C_i}{R_o}$ в формуле (11).

14. Координаты X и Y точки приложения равнодействующей сил сцепления $\sum C_i'$ определяются по формулам:

$$X = \frac{0,67 (R_o^2 - a_o^2)^{\frac{3}{2}}}{R_o^2 \alpha - a_o \sqrt{R_o^2 - a_o^2}}; \quad (22)$$

$$Y = \frac{0,67 R_o^3 - R_o^2 a_o + 0,33 a_o^3}{R_o^2 \alpha - a_o \sqrt{R_o^2 - a_o^2}}. \quad (23)$$

где R_o, a_o, α определены в пп.9 и 11 настоящего Приложения.

15. Значение Ψ определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \Psi = \frac{T_{ср\beta 2} \sin \alpha_2' - T_{ср\beta 1} \sin \alpha_1'}{T_{ср\beta 2} \cos \alpha_2' - T_{ср\beta 1} \cos \alpha_1'}, \quad (24)$$

где $T_{ср\beta 1}, T_{ср\beta 2}$ определены в пп.3,4 настоящего Приложения.

ПРИМЕЧАНИЕ. При $\alpha_2' > \alpha_1'$ значение Ψ получается больше, чем значение α_1' . В этом случае значение Ψ принимается равным α_1' .

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЙ УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ
И ПАЛОВ ПО ПЛОСКИМ ПОВЕРХНОСТЯМ СКОЛЬЖЕНИЯ

1. Расчет устойчивости оснований узких насыпных пирсов и ленточных палов по плоским поверхностям скольжения (рис.1) выполняется по условию

$$n_c n T_{сдв.1} \leq \frac{m}{K_n} m_g T_{сдв.пр} \quad (1)$$

где n_c, n, m, K_n, m_g - расчетные коэффициенты, принимаемые в соответствии с требованиями ВСН 3-80 Минморфлот и настоящего РД;

$T_{сдв.1}$ - равнодействующая сдвигающих сил, соответствующих $0,5 P_A$ (P_A - горизонтальная нагрузка, принятая по проекту), определяемая в п.9 настоящего Приложения;

$T_{сдв.пр}$ - равнодействующая предельных сдвигающих сил, соответствующих предельному состоянию основания, определяемая в п.2 настоящего Приложения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Равнодействующие $T_{сдв.1}$ и $T_{сдв.пр}$ определяются с учетом характеристик грунтов основания сооружения, установленных в соответствии с требованиями СНиП II-16-76.

2. Равнодействующая предельных сдвигающих сил $T_{сдв.пр}$ определяется по формуле

$$T_{сдв.пр} = \sqrt{T_{сдв.1}^2 + L^2 + 2T_{сдв.1} \cdot L \cos(\alpha'_1 - \psi)} \quad (2)$$

где L - величина, характеризующая увеличение равнодействующих сдвигающих и удерживающих сил при увеличении

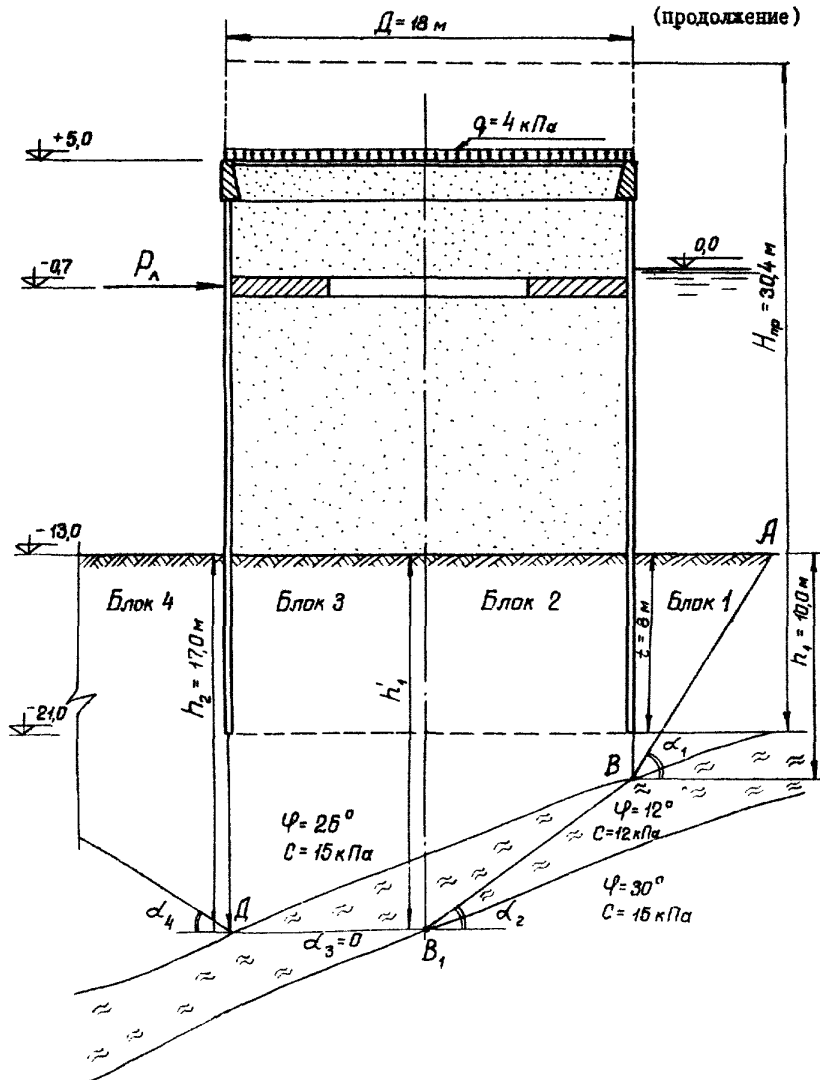


Рис. I. Конструктивная схема ячеистого пада.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(продолжение)

горизонтальной нагрузки на сооружение от $P_{\lambda 1}$ до $P_{\lambda 2}$, определяемая в п.3 настоящего Приложения;

α'_1 - угол пересечения равнодействующих сдвигающих $T_{сдв.1}$ и удерживающих сил $T_{уд.1}$, соответствующих $0,5 P_{\lambda}$ (P_{λ} - горизонтальная нагрузка, принятая по проекту), определяемый в п.12 настоящего Приложения;

ψ - угол отклонения линии действия величины L от направления равнодействующей удерживающих сил $T_{уд.1}$, определяемый в п.15 Приложения I.

3. Величина L определяется по формуле

$$L = \frac{T_{уд.1} + T_{сдв.1} (\sin \alpha'_1 \operatorname{tg} \varphi_{ср} - \cos \alpha'_1)}{\cos \psi - \frac{e_{уд}}{e_{сдв}} - \sin \psi \operatorname{tg} \varphi_{ср}} \quad (3)$$

где $T_{сдв.1}$, $T_{уд.1}$ - равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил, определяемые при действии первой ступени нагрузки $P_{\lambda 1}$, в пп.4 + 15 настоящего Приложения;

$\varphi_{ср}$ - средневзвешенное значение угла внутреннего трения грунтов, расположенных по поверхности скольжения;

$e_{уд}$, $e_{сдв}$ - величины, характеризующие увеличение равнодействующих удерживающих $T_{уд.1}$ и сдвигающих сил $T_{сдв.1}$ при увеличении горизонтальной нагрузки от $P_{\lambda 1}$ до $P_{\lambda 2}$ (величина $P_{\lambda 1}$ принимается равной $0,5 P_{\lambda}$, $P_{\lambda 2}$ равным P_{λ}).

$$e_{уд} = T_{уд.2} - T_{уд.1}; \quad (4)$$

$$e_{сдв} = T_{сдв.2} - T_{сдв.1}; \quad (5)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(продолжение)

где $T_{сдв.г}$, $T'_{удр.г}$ - равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил, определяемые при действии горизонтальной нагрузки $P_{г2}$ в п.п.4 + 15 настоящего Приложения; остальные обозначения величин приведены в п.2 настоящего Приложения.

4. Равнодействующие сдвигающих $T_{сдв.г}$ и удерживающих сил $T'_{удр.г}$ определяются с учетом двух ступеней горизонтальной нагрузки $P_{г1}$ и $P_{г2}$ в следующей последовательности:

устанавливается расположение поверхности скольжения сдвигаемой части грунта основания;

сдвигаемая часть грунта основания, совместно с приложенными по подошве сооружения нагрузками, расчленяется на отдельные вертикальные блоки;

определяется вес каждого блока G_i с учетом нагрузок по подошве сооружения;

определяются сдвигающие и удерживающие силы, расположенные по поверхности скольжения каждого блока;

определяются равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил и углы наклона линий их действия относительно горизонта;

определяются дополнительные удерживающие силы, возникающие за счет пригрузки пассивной зоны сдвигаемой части грунта основания;

определяются равнодействующие удерживающих сил с учетом дополнительных сил, возникающих за счет пригрузки пассивной зоны основания;

определяются равнодействующие сил трения и сцепления по торцам сдвигаемого основания;

определяются равнодействующие удерживающих сил с учетом пространственной работы основания.

5. Расположение плоскостей скольжения устанавливается в зависимости от ориентации слабых прослоек и характеристик грунтов основания. В пределах ширины, ограниченной вертикальными плоскостями, проходящими у передней и задней грани сооружения, поверхность скольжения проходит в слабой прослойке (рис.1) по ломаной линии BB_1D .

За пределами ширины подошвы сооружения тол наклона поверхностей скольжения относительно горизонта α'_i устанавливается по Кулону:

в активной зоне

$$\alpha'_i = 45^\circ + 0,5 \varphi; \quad (6)$$

в пассивной зоне

$$\alpha'_i = 45^\circ - 0,5 \varphi; \quad (7)$$

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Если угол наклона слабой прослойки относительно горизонта превышает значение угла внутреннего трения в данной зоне ($\alpha > \varphi$), поверхность скольжения в активной зоне также принимается совпадающей с направлением слабого слоя (рис.1).

2. При значительном заглублении слабой прослойки устойчивость оснований сооружений определяется также с учетом глубинного выпора в соответствии с требованиями Приложения 1 настоящего Руководства.

6. Расчленение сдвигаемой части грунта основания на отдельные блоки выполняется путем проведения вертикальных плоскостей через характерные точки поверхности скольжения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Характерными считаются точки, расположенные в местах излома поверхности скольжения или раздела грунтов с различными характеристиками.

7. Сдвигающая сила T_i на участке i -того блока определяется по формуле

$$T_i = g_i \sin \alpha'_i \quad (8)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(продолжение)

где α_i - угол наклона поверхности скольжения на участке i -того блока.

8. Удерживающая сила T'_i на участке i -того блока определяется по формуле

$$T'_i = T'_{i\varphi} + c_i \rho_i, \quad (9)$$

где $T'_{i\varphi}$ - удерживающая сила на участке i -того блока без учета сил сцепления, определяемая по формуле (10) настоящего Приложения;

c_i, ρ_i - соответственно значения удельного сцепления и длины поверхности скольжения на участке i -того блока.

Удерживающая сила $T'_{i\varphi}$ определяется в зависимости от угла наклона поверхности скольжения α_i и угла внутреннего трения φ_i i -того блока по формуле

$$T'_{i\varphi} = g_i \left[\frac{\sin \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} - \frac{\operatorname{tg}(\alpha_i - \varphi_i) \sin^2 \varphi_i}{\cos(\alpha_i - 2\varphi_i)} \right], \quad (10)$$

где φ_i - угол внутреннего трения грунта на участке i -того блока;

обозначения величин g_i и α_i приведены в пп.4,ч7. настоящего Приложения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для упрощения расчетов рекомендуется пользоваться таблицей Приложения Б.

9. Равнодействующая сдвигающих сил $T_{сдв.1}$ и угол ее наклона относительно горизонта $\beta_{сдв.1}$ определяется графически путем векторного суммирования сил, направленных в сторону смещения основания сооружения.

10. Результирующая удерживающих сил $T_{yg.1}$ определяется как векторная сумма сил, направленных против смещения основания, и дополнительной удерживающей силы, возникающей за счет пригружения пассивной зоны сдвигаемой части грунта основания,

$$T_{yg.1} = T_{yg.1}^{\circ} + \Delta T_1', \quad (11)$$

где $T_{yg.1}^{\circ}$ - вектор результирующей удерживающих сил, определяемый графически векторным суммированием сил, направленных против смещения основания;

$\Delta T_1'$ - вектор дополнительной удерживающей силы, вызванной за счет пригружения пассивной зоны сдвигаемой части грунта, определяемый в п.11 настоящего Приложения.

11. Дополнительная удерживающая сила $\Delta T_1'$ определяется по формуле

$$\Delta T_1' = \Delta N_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cp}, \quad (12)$$

где ΔN_1 - величина, определяемая с учетом $T_{сдв.1}$ по формуле

$$\Delta N_1 = \left[T_{сдв.1} \cos (\beta_{сдв.1} - \varphi_{cp}) - T_{yg.1}^{\circ} \cos (\varphi_{cp} - \beta_{yg.1}^{\circ}) + T_n' \cos (45^{\circ} + 0,5 \varphi_{cp}) \right] \sin (0,5 \alpha_{cp} + \varphi_{cp}), \quad (13)$$

где φ_{cp} - средневзвешенное значение угла внутреннего трения по вертикальной плоскости сдвигаемого основания, проходящей у передней грани сооружения (рис. 1);

(продолжение)

α_{cp} - угол наклона поверхности скольжения в пассивной зоне, определяемый по формуле

$$\alpha_{cp} = 45^\circ - 0,5 \varphi_{cp}; \quad (14)$$

T'_n - равнодействующая удерживающих сил в пассивной зоне (рис.2 Приложения 7);

$\beta_{сдв.1}, \beta_{уд.1}^0$ - углы наклона равнодействующих сдвигающих $T_{сдв.1}$ и удерживающих сил $T_{уд.1}^0$ к горизонту.

ПРИМЕЧАНИЕ. В случаях, когда $\beta_{сдв.1}$ больше φ_{cp} , величина $\beta_{сдв.1}$ принимается равной φ_{cp} .

12. Угол пересечения равнодействующих сдвигающих $T_{сдв.1}$ и удерживающих сил $T_{уд.1}$ определяется по формуле

$$\alpha'_1 = \beta_{сдв.1} - \beta_{уд.1}, \quad (15)$$

где $\beta_{уд.1}$ - угол наклона равнодействующей удерживающих сил $T_{уд.1}$ к горизонту;

$\beta_{сдв.1}$ определено в п.11 настоящего Приложения.

13. При расчете устойчивости основания ячеистых палов следует учитывать возможность увеличения равнодействующей удерживающих сил $T_{уд.1}$ за счет сопротивления сил трения и сцепления по торцам сдвигаемого основания (пространственная работа пала) путем их векторного суммирования

$$\Sigma T_{уд.1} = T_{уд.1} + 2(\Sigma t_i + \Sigma C_i), \quad (16)$$

где $T_{уд.1}$ - вектор равнодействующей удерживающих сил, определяемый без учета пространственной работы пала по формуле 1) настоящего Приложения;

$\sum t_i$ - вектор равнодействующей дополнительных удерживающих сил за счет сил трения по одной стороне сдвигаемого основания, определяемый в п.14 настоящего Приложения;

$\sum C_i$ - вектор равнодействующей дополнительных удерживающих сил за счет сил сцепления по одной стороне сдвигаемого основания, определяемый в п.15 настоящего Приложения.

14. Равнодействующие сил трения по торцевой поверхности блоков определяются:

для треугольной формы торца

$$\sum t_i = 0,17 \gamma h_i^3 \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 0,5\varphi_i) \frac{\operatorname{tg} \varphi_i}{\operatorname{tg} \alpha_i}; \quad (17)$$

для трапецидальной формы торца

$$\sum t_i = 0,33 \mathcal{D} (E'_a + E''_a + \sqrt{E'_a \cdot E''_a}) \operatorname{tg} \varphi_i, \quad (18)$$

где h_i - высота вертикальных сторон блоков;
 φ_i - угол внутреннего трения по торцам отдельных блоков;
 α_i - угол наклона плоскости скольжения блоков;
 E'_a, E''_a - равнодействующие эпюр активного давления грунта по сторонам блока.

15. Равнодействующие сил сцепления по торцевой поверхности блоков $\sum C_i$ определяются:

для треугольной формы торца

$$\sum C_i = c_i h_i^2 \frac{0,5}{\operatorname{tg} \alpha_i}; \quad (19)$$

для трапецидальной формы торца

$$\Sigma C_i = qb c_i l_B (h_i + h_{i+1}), \quad (20)$$

где c_i - удельное сцепление на участке торца блока;
 h_i, h_{i+1} - высота сторон блока;
 l_B - длина блока.

Пример расчета устойчивости основания засыпного цилиндрического пала по плоским поверхностям скольжения приведен в Приложении 7 (справочное) настоящего РД.

Значения дополнительных коэффициентов условий работы

Таблица I

Наименование методов расчета	m_g
Расчет устойчивости оснований сооружений с учетом глубинного сдвига по круглоцилиндрическим и плоским поверхностям по методу Ленморнипроекта	0,85
Расчет устойчивости грунта засыпки сооружений на сдвиг по вертикальной плоскости по методу Демочина - Титовой	0,85
Расчет устойчивости грунта основания с учетом поворота сооружения при воздействии горизонтальной нагрузки по методу ЦНИИС	0,90
Расчет устойчивости лицевой стенки бойлера при вращении вокруг точки крепления анкера	0,90
Расчет общей устойчивости узких засыпных пирсов по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения в условиях плоской задачи	1,30
Расчет горизонтальных смещений и углов поворота сооружения по методу ЦНИИС	0,90
Расчет прочности замковых соединений шпунтового ограждения по методу Федорова-Титовой	0,85
Расчет общей устойчивости узких засыпных пирсов по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения с учетом перерезывания свай в условиях плоской задачи по методу Ерея-Терцаги	1,25

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СХЕМЫ КОМПОНОВКИ СООРУЖЕНИЙ

1. Для устьевых участков рек рекомендуется схемы узких засыпных пиросов и палов, образующих защищенный от ледяных полей бассейн, где обрабатываются суда во время ледохода (рис.1). В летний период возможна двухсторонняя швартовка судов к сооружению.

Очертание сооружения в плане не должно нарушать гидрологический режим реки, поэтому соединительная часть располагается под углом к направлению течения реки. Конструкция соединительной части рекомендуется мостового типа для пропуска воды и льда, движущихся вдоль берега.

2. Для условий открытого морского побережья схемы сооружений принимаются в зависимости от характера подводного склона береговой части.

При приглубом побережье сооружение рекомендуется располагать под углом к береговой линии так, чтобы технологическая площадка сооружения находилась на естественных глубинах и не требовала бы дноуглубления (рис.2). В этом случае соединительная часть в зависимости от технико-экономического обоснования может быть мостового типа с ячеистыми опорами или типа набросной дамбы из камня.

При пологом рельефе дна (отмелее побережье) могут быть рекомендованы схемы сооружений, расположенные параллельно береговой линии в удалении от нее с выходом на естественные глубины (рис.3). При необходимости следует предусматривать двухстороннюю швартовку судов к пиросу.

В этих случаях соединительная часть может быть мостового типа с ячеистыми опорами или в виде набросной дамбы из камня в зависимости от технико-экономического обоснования.

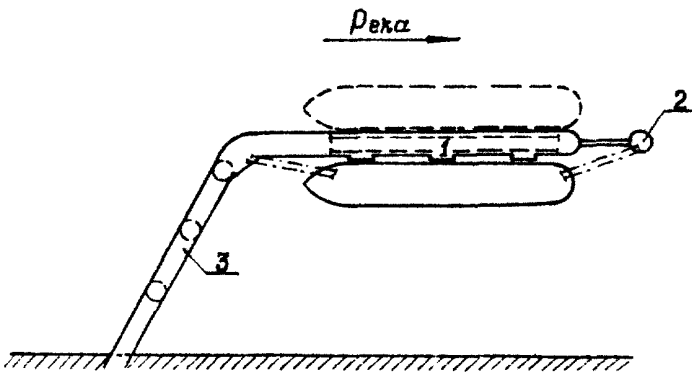
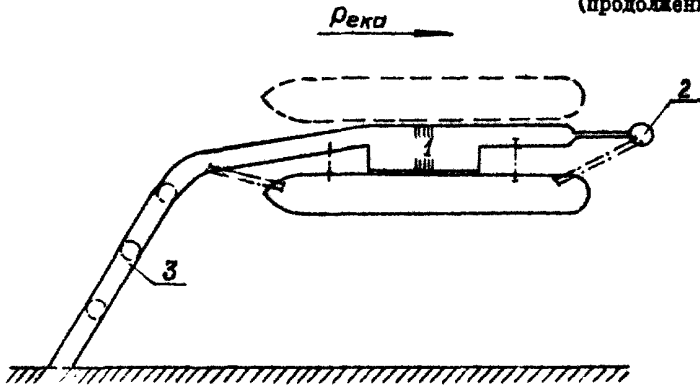


Рис. I. Схемы сооружений в устьевых участках рек:

1 - технологическая площадка;

2 - причальный пал;

3 - соединительная часть.

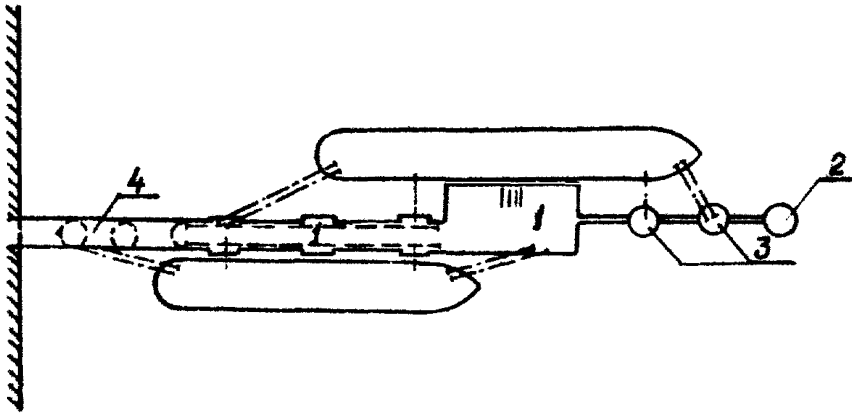
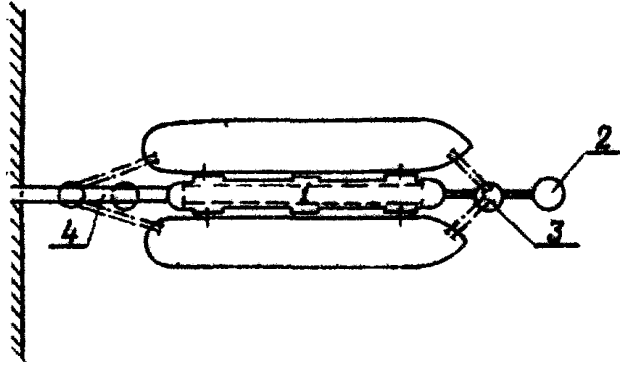


Рис.2. Схемы сооружений на открытом приглубом побережье:

- I - технологическая площадка;
- 2 - разворотный пил;
- 3 - швартовный пил;
- 4 - соединительная часть.

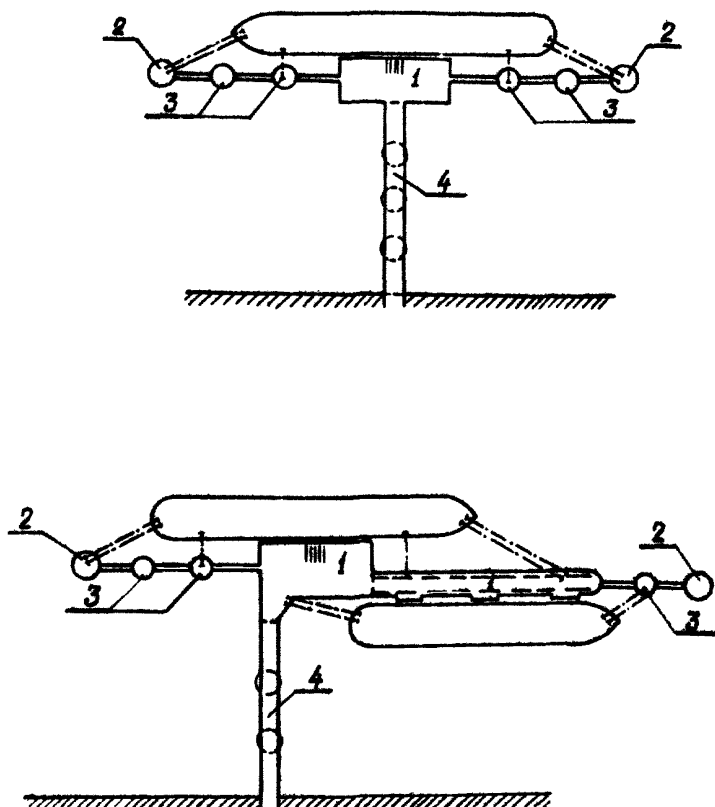


Рис.3. Схемы сооружений на открытом отмеле побережья:

- 1 - технологическая площадка;
- 2 - разворотный пал;
- 3 - швартовный пал;
- 4 - соединительная часть.

Коэффициенты λ , равнодействующих удерживающих сил $T_{i\varphi}$
по методу плоских поверхностей скольжения

Угол наклона α_i	Угол внутреннего трения φ							
	6	8	10	12	14	16	18	20
6	0,1045	0,1399	0,1762	0,2138	0,2532	0,2948	0,3393	0,3877
8	0,1042	0,1392	0,1748	0,2116	0,2496	0,2900	0,3328	0,3790
10	0,1040	0,1366	0,1737	0,2096	0,2468	0,2856	0,3270	0,3711
12	0,1040	0,1362	0,1727	0,2079	0,2442	0,2820	0,3217	0,3640
14	0,1040	0,1379	0,1720	0,2065	0,2419	0,2786	0,3170	0,3576
16	0,1042	0,1378	0,1714	0,2054	0,2400	0,2756	0,3127	0,3518
18	0,1045	0,1379	0,1711	0,2045	0,2384	0,2731	0,3090	0,3466
20	0,1050	0,1382	0,1710	0,2039	0,2370	0,2709	0,3057	0,3420
22	0,1056	0,1386	0,1711	0,2035	0,2360	0,2690	0,3029	0,3379
24	0,1063	0,1392	0,1714	0,2034	0,2353	0,2676	0,3005	0,3343
26	0,1071	0,1399	0,1820	0,2035	0,2349	0,2664	0,2984	0,3312
28	0,1081	0,1409	0,1727	0,2039	0,2347	0,2656	0,2968	0,3286
30	0,1093	0,1420	0,1737	0,2045	0,2349	0,2651	0,2955	0,3264
32	0,1106	0,1434	0,1748	0,2054	0,2353	0,2650	0,2946	0,3246
34	0,1121	0,1449	0,1762	0,2065	0,2360	0,2651	0,2941	0,3232
36	0,1138	0,1467	0,1779	0,2079	0,2370	0,2656	0,2939	0,3222
38	0,1157	0,1486	0,1798	0,2096	0,2384	0,2664	0,2941	0,3216
40	0,1177	0,1509	0,1820	0,2116	0,2400	0,2676	0,2946	0,3214
42	0,1200	0,1538	0,1844	0,2138	0,2419	0,2690	0,2955	0,3216
44	0,1226	0,1561	0,1872	0,2164	0,2442	0,2709	0,2968	0,3222
46	0,1254	0,1591	0,1903	0,2193	0,2468	0,2731	0,2984	0,3232
48	0,1285	0,1625	0,1937	0,2226	0,2496	0,2756	0,3005	0,3246
50	0,1319	0,1662	0,1975	0,2263	0,2532	0,2786	0,3029	0,3264
52	0,1357	0,1704	0,2017	0,2303	0,2569	0,2820	0,3057	0,3286
54	0,1399	0,1749	0,2063	0,2348	0,2612	0,2858	0,3090	0,3312
56	0,1445	0,1799	0,2114	0,2398	0,2659	0,2900	0,3127	0,3344
58	0,1495	0,1855	0,2170	0,2453	0,2710	0,2946	0,3170	0,3379
60	0,1554	0,1916	0,2232	0,2514	0,2768	0,3001	0,3217	0,3420

Угол наклона α°	Угол внутреннего трения φ°						
	22	24	25	26	30	32	34
6	0,4408	0,5000	0,5672	0,6449	0,7367	0,8480	0,9874
8	0,4293	0,4850	0,5477	0,6195	0,7033	0,8037	0,9271
10	0,4190	0,4715	0,5302	0,5967	0,6736	0,7646	0,8748
12	0,4096	0,4593	0,5143	0,5762	0,6471	0,7299	0,8290
14	0,4011	0,4482	0,5000	0,5578	0,6233	0,6991	0,7867
16	0,3934	0,4381	0,4870	0,5411	0,6019	0,6716	0,7530
18	0,3864	0,4290	0,4753	0,5260	0,5827	0,6469	0,7212
20	0,3802	0,4208	0,4646	0,5124	0,5652	0,6247	0,6928
22	0,3746	0,4134	0,4550	0,5000	0,5495	0,6047	0,6673
24	0,3696	0,4067	0,4462	0,4888	0,5352	0,5866	0,6444
26	0,3652	0,4007	0,4384	0,4786	0,5223	0,5703	0,6238
28	0,3613	0,3954	0,4313	0,4695	0,5106	0,5555	0,6052
30	0,3580	0,3907	0,4249	0,4612	0,5000	0,5421	0,5883
32	0,3551	0,3865	0,4193	0,4537	0,4904	0,5299	0,5730
34	0,3527	0,3829	0,4143	0,4471	0,4818	0,5189	0,5592
36	0,3507	0,3799	0,4099	0,4411	0,4740	0,5090	0,5466
38	0,3492	0,3773	0,4061	0,4358	0,4670	0,5000	0,5353
40	0,3482	0,3752	0,4028	0,4312	0,4608	0,4919	0,5250
42	0,3475	0,3736	0,4001	0,4272	0,4553	0,4847	0,5158
44	0,3473	0,3725	0,3979	0,4238	0,4505	0,4782	0,5075
46	0,3475	0,3718	0,3962	0,4209	0,4463	0,4725	0,5000
48	0,3482	0,3716	0,3950	0,4186	0,4427	0,4675	0,4938
50	0,3492	0,3718	0,3942	0,4168	0,4397	0,4632	0,4874
52	0,3508	0,3725	0,3940	0,4155	0,4373	0,4594	0,4823
54	0,3527	0,3736	0,3943	0,4148	0,4354	0,4563	0,4778
56	0,3551	0,3752	0,3950	0,4145	0,4341	0,4538	0,4739
58	0,3580	0,3773	0,3962	0,4148	0,4333	0,4519	0,4707
60	0,3613	0,3799	0,3979	0,4155	0,4330	0,4505	0,4681

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(справочное)

ПРИМЕР РАСЧЕТА СООРУЖЕНИЯ

1. Исходные данные

1.1. Глубина у сооружения 13,0 м, отметка кордона +5,0 м, отметка уровня расположения анкеров +0,5 м. Вертикальная нагрузка на пирс $q = 10 \text{ кН/м}^2$, на пал $q = 4,0 \text{ кН/м}^2$.

1.2. Грунты оснований:

суглинок	$\varphi = 26^\circ$	$C = 15,0 \text{ кПа}$	$K = 2000 \text{ кН/м}^4$
или глинистые	$\varphi = 12^\circ$	$C = 12,0 \text{ кПа}$	$K = 500 \text{ кН/м}^4$
суглинок	$\varphi = 30^\circ$	$C = 15,0 \text{ кПа}$	$K = 2500 \text{ кН/м}^4$
грунт засыпки - песок	$\varphi = 30^\circ$		$K = 5000 \text{ кН/м}^4$

1.3. Лед волокнистой структуры толщиной 2,0 м, соленость льда 5‰, температура -2°C .

2. Конструктивная схема (рис.1)

2.1. Для расчета принят пирс шириной 36,0 м с ограждением в виде больверка с одной экранирующей стенкой и поперечными стенками, расстояние между которыми 36,0 м.

Лицевая стенка ограждения и поперечные стенки приняты из стального шпунта Д-У ($J = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$, $E_{CT} = 20,0 \cdot 10^7 \text{ кПа}$).

Экранирующая стенка ограждения принимается из предварительно напряженных железобетонных оболочек $D = 1,6$ м с толщиной стенок $S' = 15$ см (марка бетона М400, $E_B = 33,0 \cdot 10^6 \text{ кПа}$), погружаемых в разрядку с шагом $l_a = 3,36$ м.

Расстояние в осях между лицевой и экранирующей стенками ограждения принимается равным 3,40 м. Ширина разгрузочной платформы 5,2м.

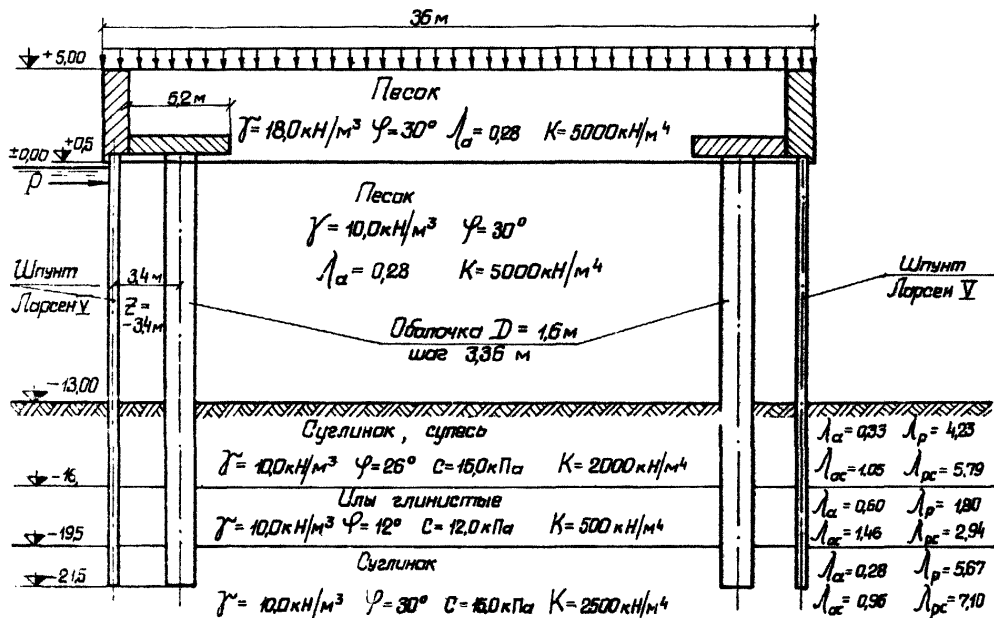


Рис. I. Конструктивная схема узкого засыпного шпирса

(продолжение)

Расчет по глубинному сдвигу в предположении круглоцилиндрической поверхности скольжения показал, что для обеспечения устойчивости сооружения подошва стенки ограждения должна располагаться на отметке не выше $-21,5$ м ($t_{mb} = 8,5$ м).

Глубина погружения лицевой и экранирующей стенок принимается равной t_{min} .

2.2. Для расчета заспиного пада принята шпунтовая ячейка $\varnothing = 18,0$ м. Лицевая стенка ограждения выполнена из плоского стального шпунта Ш-1. На уровне воздействия льда предусмотрена жесткая бетонная диафрагма в виде кольца высотой 1,0 м (рис.2) и стальной пояс в виде коробки высотой 1,0 м.

В. Определение горизонтальной ледовой нагрузки

В.1. Прочность льда на сжатие

$$R_A = 0,8 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot R_p = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1660 = 1000 \text{ кПа,}$$

где $K_1 = 1,0$; $K_2 = 0,75$;

$$R_p = 1660 \text{ кПа.}$$

В.2. Горизонтальная ледовая нагрузка на один метр длины сооружения

$$P = 0,5 R_A \cdot B \cdot H_L = 0,5 \cdot 1000 \cdot 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0 = 1000 \text{ кН,}$$

где $B = 1,0$ м; $H_L = 2,0$ м.

Горизонтальная ледовая нагрузка на пад $P_D = P \cdot D = 1000 \times 18 = 18000$ кН.

4. Расчет узкого заспиного шпрса

4.1. Проверка устойчивости шпрса на сдвиг по вертикальной плоскости

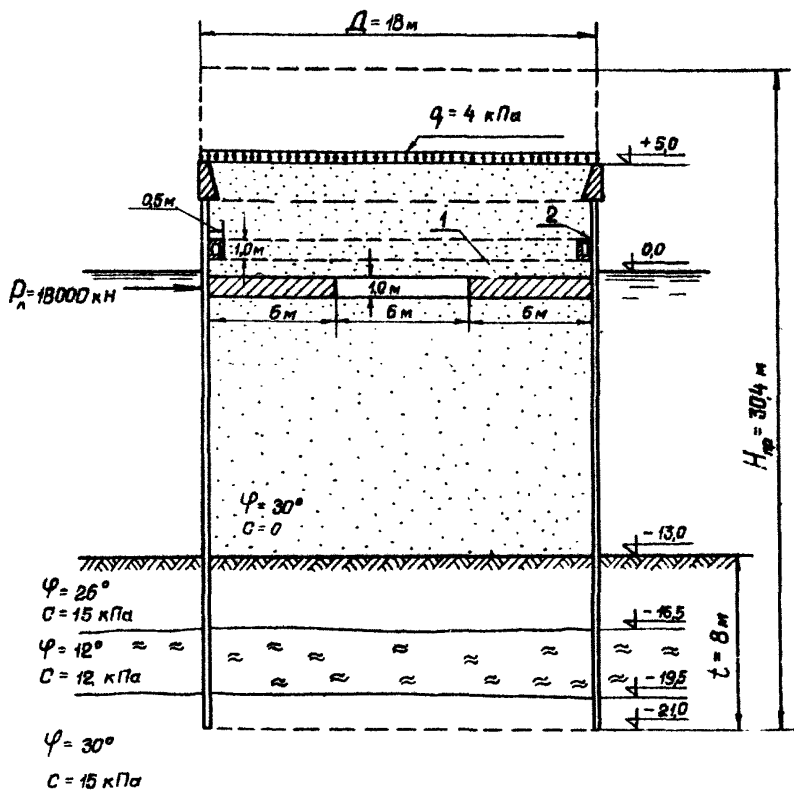


Рис.2. Ячеистый пал цилиндрического типа
с бетонной диафрагмой (1)
и стальным поясом (2)

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

4.1.1. Момент внешних сил на один метр длины сооружения относительно подошвы пирса

$$M = Ph_p = 1000,0 \cdot 20,8 = 20800,0 \text{ кНм,}$$

где P определено в п. 3.2 настоящего Приложения.

4.1.2. Суммарный момент реактивных сил одного метра длины сооружения относительно подошвы пирса с учетом боковых стенок

$$\begin{aligned} M_p &= 0,33BE_{a_1}(2tg\varphi_{cp} + tg\delta_1) + 0,33BE_{a_2} \cdot tg\delta_2 + \\ &+ 0,33B^2 \cdot \frac{E_{a_1}}{l} \cdot tg\delta_1 + M_0 = \\ &= 0,33 \cdot 36,0 \cdot 1416,4(2tg27^\circ30' + tg19^\circ) + 0,33 \cdot 36,0 \cdot 51,0 \cdot tg15^\circ + \\ &+ 0,33 \cdot 36,0^2 \cdot \frac{1416,4}{36,0} \cdot tg19^\circ + 129,3 = 29235,2 \text{ кНм,} \end{aligned}$$

где E_{a_1} , E_{a_2} , M_0 определены в п. 4.1.3 настоящего Приложения.

4.1.3. Равнодействующая активного давления грунта E_{a_1} ниже уровня дна на внешнюю поверхность одного метра длины лицевой стенки ограждения

$$\begin{aligned} E_{a_1} &= 0,5 \cdot 25,2 \cdot 5,0 + 0,5(25,2 + 61,6) \cdot 13,0 + 0,5(56,8 + 68,4) \times \\ &\times 3,5 + 0,5(135,5 + 153,4) \cdot 3,0 + 0,5(65,6 + 71,1) \cdot 2,0 = 1416,4 \end{aligned}$$

Равнодействующая активного давления грунта E_{a_2} ниже уровня дна на внешнюю поверхность одного метра длины лицевой стенки ограждения

$$E_{a_2} = 0,5 \cdot (3,48 + 21,48) \cdot 3,0 + 0,5(4,0 + 9,6) \cdot 2,0 = 51,0 \text{ кН.}$$

Суммарный момент M_0 от давления грунта основания ниже уровня дна на один метр длины сооружения относительно подошвы пирса

$$\begin{aligned} M_0 &= 0,5 \cdot (3,48 + 21,48) \cdot 3,0 \cdot 3,14 + 0,5(4,0 + 9,6) \cdot 2,0 \cdot 0,86 = \\ &= 129,3 \text{ кНм.} \end{aligned}$$

Результаты подсчетов активного давления грунта приведены в таблице I.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

Таблица I

Давление грунта на один метр длины стены ограждения пирсов

Отмет- ка м	$y - \sum h_i$ м	$\sum_{i=1}^{l-1} (y - \sum_{j=1}^i h_j)$ кПа	$\sum_{i=1}^{l-1} \gamma_{i-1}$ кПа	$\sum \gamma_{i-1}^{2p}$ кПа	λ_a	$\sum \lambda_a^{2p}$ кПа	$\sum M_{ог}$ кПа	$\sum B_{ai}^{2p}$ кПа
+5,00	0	0	-	0	-	0	-	0
0,00	5,0	90,0	0	90,0	0,28	252,0	-	25,2
0,00	0	0	90,0	90,0	0,28	252,0	-	25,2
13,0	13,0	130,0	90,0	220,0	0,28	616,0	-	61,6
-13,0	0	0	220,0	220,0	0,33	72,6	15,75	56,8
16,5	3,5	35,0	220,0	255,0	0,33	84,2	15,75	68,4
-16,5	0	0	255,0	255,0	0,6	153,0	17,52	135,5
19,5	3,0	30,0	255,0	285,0	0,6	171,0	17,52	153,4
19,5	0	0	285,0	285,0	0,28	79,8	14,2	65,6
21,5	2	20,0	285,0	305,0	0,28	85,4	14,2	71,1

4.1.4. Условие устойчивости узкого засыпанного пирса считается выполненным, если

$$n_c n M \leq \frac{m}{K_H} m_g M_p,$$

где M_p и M соответственно определены в пп. 4.1.1 и 4.1.2 настоящего Приложения;

n_c, n, m, k_n, m_d принимаются в соответствии с п.5.2.5 настоящего Рд.

$$1,0 \cdot 1,25 \cdot 20800,0 > \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85 \cdot 29235,2$$

$$26000,0 \text{ кНм} > 24849,9 \text{ кНм}$$

Условие устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости обеспечивается.

Принимаем ширину сооружения $B = 38,0$ м.

Тогда

$$1,0 \cdot 1,25 \cdot 20800,0 < \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85 \cdot 30852,2$$

$$26000,0 \text{ кНм} < 26224,4 \text{ кНм}$$

Условие устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости обеспечивается.

4.2. Определение усилий в стенках ограждения

4.2.1. Усилия в стенках ограждения без учета ледовой нагрузки определены в соответствии с требованиями РТМ ЗИ.3016-78 по программе *BOLV*.

В результате расчета получены:

анкерные реакции на один метр стенки ограждения с учетом вертикальной полезной нагрузки

$$R_n = 162,0 \text{ кН}$$

$$R_3 = 130,0 \text{ кН}$$

изгибающие моменты в каждой стенке ограждения без учета вертикальной полезной нагрузки M_n, M_3 приведены в табл.2.

4.2.2. Изгибающие моменты в стенках ограждения при воздействии горизонтальной ледовой нагрузки определены расчетом без учета вертикальной полезной нагрузки по программе *Orange* (см. Прилос

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

Таблица 2

Изгибающие моменты в стенках ограждения (кНм)

Отм. к	Лицевая стенка			Экранирующая стенка		
	$M_{Л}$	$M_{ЛЛ}^*$	$\Sigma M_{Л}$	$M_{Э}$	$M_{ЭЛ}^*$	$\Sigma M_{Э}$
0,0	-29,0	-25,0	-54,0	58,0	-413,0	-355,0
-0,5	19,0	-37,0	-15,0	117,0	-569,0	-452,0
-1,5	111,0	-21,0	90,0	231,0	-350,0	-119,0
-2,5	197,0	-1,0	196,0	338,0	-13,0	325,0
-3,5	273,0	11,0	284,0	432,0	183,0	615,0
-4,5	339,0	16,0	355,0	508,0	270,0	778,0
-5,5	391,0	17,0	408,0	564,0	281,0	845,0
-6,5	427,0	15,0	442,0	599,0	247,0	846,0
-7,5	445,0	11,0	456,0	609,0	192,0	801,0
-8,5	444,0	8,0	452,0	595,0	132,0	727,0
-9,5	422,0	5,0	427,0	554,0	79,0	633,0
-10,5	376,0	2,0	378,0	486,0	39,0	525,0
-11,5	306,0	1,0	307,0	388,0	13,0	401,0
-12,5	209,0	0	209,0	386,0	2,0	388,0
-13,0	151,0	0	151,0	184,0	1,0	185,0
-14,0	56,0	0	-56,0	7,0	0	7,0
-15,0	-206,0	0	-206,0	-127,0	-1,0	-128,0
-16,0	-276,0	0	-276,0	-209,0	-1,0	-210,0
-17,0	-271,0	0	-271,0	-237,0	-1,0	-238,0
-18,0	-214,0	0	-214,0	-217,0	-1,0	-218,0
-19,0	-134,0	0	-134,0	-163,0	-1,0	-164,0
-20,0	-57,0	0	-57,0	-92,0	-1,0	-93,0
-21,0	-7,0	0	-7,0	-28,0	-1,0	-29,0
-21,5	0	0	0	0	0	0

*) $M_{ЛЛ}$ и $M_{ЭЛ}$ — значения изгибающих моментов соответственно в лицевой и экранирующей стенках от воздействия ледовой нагрузки.

жение 8 (справочное). Пример расчета для условной стенки, жесткость которой равна суммарной жесткости лицевой и экранирующей стенок. Изгибающие моменты $M_{ЛЛ}$, $M_{ЭЛ}$ в каждой стенке ограждения определены пропорционально их жесткостям (см. табл. 2).

4.3. Расчет элементов сооружения

4.3.1. Нормативное значение усилия в анкере сооружения на один метр длины

$$R_a^n = K_a R_a \ell_a = 1,3 (130,0 + 162,0) 3,36 = 1275,0 \text{ кН},$$

где $R_a = R_A + R_3 = 162,0 + 130,0 = 292,0 \text{ кН};$

$$K_a = 1,3;$$

$$\ell_a = 3,36 \text{ м.}$$

Нормативное значение усилия в переднем анкере сооружения

$$R_{an}^n = K_a \cdot R_a \cdot \ell_a = 1,5 \cdot 162,0 \cdot 3,36 = 816,5 \text{ кН},$$

где $K_a = 1,5;$

$$\ell_a = 3,36 \text{ м.}$$

4.3.2. Анкерные устройства рассчитываются методами, применяемыми для расчета обычных болтверков, в соответствии с требованиями ВСН 3-80 Минморфлот.

4.3.3. Нормативное значение максимального изгибающего момента, воздействующего на один метр длины лицевой стенки ограждения

$$M_A^n = m_c \ell \sum M_A = 0,75 \cdot 456,0 = 342,0 \text{ кНм},$$

где $m_c = 0,75;$

$$\ell = 1,0 \text{ м.}$$

4.3.4. Нормативное значение максимального изгибающего момента, действующего на элемент экранирующей стенки ограждения,

$$M_s^n = m_c \ell_a \Sigma M_s = 0,83 \cdot 6,46 \cdot 0,3,36 = 2359,32 \text{ кНм,}$$

где $m_c = 0,83$;

$$\ell_a = 3,36 \text{ м.}$$

4.3.5. Расчетные значения изгибающих моментов в элементах стенок ограждения определяются в соответствии с требованиями БСН 3-80 Минкорфлот

Несущая способность стального шпунта определяется в соответствии с требованиями СНиП П-В.3-72.

Трещиностойкость железобетонной оболочки определяется в соответствии с требованиями СНиП П-56-76.

Расчеты показывают, что необходимая несущая способность одного метра лицевой стенки ограждения пирса из стального шпунта П-У, а также элементов экранирующей стенки из оболочек диаметром 1,6 м и толщиной стенки 15 см, армированных 24 ϕ 25, обеспечивается.

5. РАСЧЕТ ЗАСЫПНОГО ПАЛА

5.1. Определение нагрузок на пал

5.1.1. Ординаты активного давления грунта засыпки на шпунтовое ограждение пала

$$\sigma_i' = \sigma_{ai}^{zp} \cdot n_i,$$

где σ_{ai}^{zp} определено в п.4.1.3 настоящего Приложения;

n_i определяется по п.3.1.7 настоящего Руководства.

Результаты подсчетов активного давления грунта приведены в таблице 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

Таблица 3

Давление грунта засыпки пала на стенку шпунтового ограждения

Отм. м	σ_{ai}^{zp} кПа	η_i	σ_i кПа	η'_i	E'_{ai} кН/м	E_{ai} кН/м
+ 5,0	0,0	0,59	0,0			
± 0,0	25,2	0,59	14,9	0,69	63,0	43,5
± 0,0	25,2	0,59	14,9	0,69	564,2	389,3
-13,0	61,6	0,59	36,3	0,69	219,1	149,0
-13,0	56,8	0,57	32,4	0,68	219,1	149,0
-16,5	68,4	0,57	39,0	0,68	219,1	149,0
-16,5	135,5	0,53	71,8	0,64	433,4	277,4
-19,5	153,4	0,53	81,3	0,64	433,4	277,4
-19,5	65,6	0,59	38,7	0,69	101,7	70,2
-21,0	70,0	0,59	41,3	0,69	101,7	70,2

5.1.2. Равнодействующая активного давления грунта:
на плоскую стенку

$$E'_{ai} = \sum E'_{ai} = 63,0 + 564,2 + 219,1 + 433,4 + 101,7 = 1381,4 \text{ кН/м}$$

(см.табл.3);

на стенку цилиндрического пала

$$E_{ai} = \sum E'_{ai} \eta'_i = 63,0 \cdot 0,69 + 564,2 \cdot 0,69 + 219,1 \cdot 0,68 + 433,4 \cdot 0,64 + 101,7 \cdot 0,69 = 929,4 \text{ кН/м (см.табл.3),}$$

где η'_i определяется по п.3.1.7 настоящего РД.

(продолжение)

5.1.3. Максимальные и минимальные значения ординат вертикальных нагрузок по подошве цилиндрического пала

$$q_{\max}^{\min} = \frac{G}{\pi R^2} \left(1 \pm \frac{4e}{R} \right);$$

при $R_1 = 9000$ кН:

$$q_{\max} = \frac{77319,36}{3,14 \cdot 9,00^2} \left(1 + \frac{4 \cdot 2,36}{9,00} \right) = 623,20 \text{ кПа};$$

$$q_{\min} = \frac{77319,36}{3,14 \cdot 9,00^2} \left(1 - \frac{4 \cdot 2,36}{9,00} \right) = -15,20 \text{ кПа};$$

при $R_2 = 18000$ кН:

$$q_{\max} = \frac{77319,36}{3,14 \cdot 9,00^2} \left(1 + \frac{4 \cdot 4,73}{9,00} \right) = 942,40 \text{ кПа};$$

$$q_{\min} = \frac{77319,36}{3,14 \cdot 9,00^2} \left(1 - \frac{4 \cdot 4,73}{9,00} \right) = -334,40 \text{ кПа},$$

где $G = \gamma F H_{np} = 10,00 \cdot 3,14 \cdot 9,00^2 \cdot 30,40 = 77319,36$ кН;

e - эксцентриситет приложения равнодействующей вертикальной нагрузки G и горизонтальных нагрузок R_{A1} или R_{A2}

$$e = 0,5D - \frac{M_{yg} - M_0}{G},$$

где $M_{yg} = GR = 77319,36 \cdot 9,00 = 695874,24$ кН.м;

$M_{01} = R_1 H_p = 9000,00 \cdot 20,30 = 182700,00$ кН.м;

$M_{02} = R_2 H_p = 18000,00 \cdot 20,30 = 365400,00$ кН.м;

(продолжение)

при $P_1 = 9000 \text{ кН}$

$$e_1 = 0,50 \cdot 18,00 - \frac{695874,24 - 182700,00}{77319,36} = 2,36 \text{ м};$$

при $P_2 = 18000 \text{ кН}$

$$e_2 = 0,50 \cdot 18,00 - \frac{695874,24 - 365400,00}{77319,36} = 4,73 \text{ м}.$$

5.2. Проверка устойчивости пала на сдвиг по вертикальной плоскости

5.2.1. Момент внешних сил относительно подошвы пала

$$M = P H_p D = 1000,00 \cdot 20,30 \cdot 18,00 = 365400,00 \text{ кН.м},$$

где ρ определено в п.3.2 настоящего Приложения.

5.2.2. Суммарный момент удерживающих сил относительно подошвы пала

$$\begin{aligned} M_p &= 0,589 E_{\alpha} D^2 (tg \psi_{cp} + f + \frac{2N}{E_{\alpha} D} + 0,04 \sqrt{tg \delta'}) + M_0 = \\ &= 0,589 \cdot 929,40 \cdot 18,00^2 (tg 27^{\circ}30' + 0,40 + \\ &+ \frac{2 \cdot 17850,00}{929,40 \cdot 18,00} + 0,04 \cdot 3,14 tg 0,67 \cdot 27^{\circ}30') + \\ &+ 15933,94 = 563985,54 \text{ кН.м}, \end{aligned}$$

где E_{α} определено в п.5.1,2;

N определено в п.5.2.3;

M_0 определено в п.5.2.4 настоящего Приложения;

$$D_1' = 0,67 \psi_{cp}$$

5.2.3. Равнодействующая дополнительных сил, возникающих в результате среза стального пояса и бетонной диафрагмы

$$N = n_o (F_a R_{cp} + F_{\delta} R_p) = \\ = 0,850(0,075 \cdot 200000 + 6,000 \cdot 1000) = 17850 \text{ кН,}$$

где $n_o = 0,850$;
 $F_a = 0,075 \text{ м}^2$;
 $R_{cp} = 200000 \text{ кПа}$;
 $F_{\delta} = 6,000 \text{ м}^2$;
 $R_p = 1000 \text{ кПа}$.

Для расчета приняты размеры пояса 1,0.0,5 м (толщина стенки 25 мм) из стали С52/40 марки 10ХСНД и бетонная диафрагма высотой сечения 1,0 м (рис. 2).

5.2.4. Момент равнодействующей активного давления грунта по внешней поверхности пала

$$M_0 = \sum E_{azi} \ell_i D = 11,40 \cdot 3,50 \cdot 0,50 \cdot 5,67 \cdot 18,00 + \\ + 0,50(78,50 + 96,40) \cdot 3,00 \cdot 2,90 \cdot 18,00 + \\ + 0,50(8,50 + 13,00) \cdot 1,50 \cdot 0,70 \cdot 18,00 = \\ = 15933,94 \text{ кН.м,}$$

где E_{azi} и ℓ_i определены в п.4.1.3 настоящего Приложения.

5.2.5. Условие устойчивости пала на сдвиг по вертикальной плоскости считается выполненным, когда

$$n_c n M \leq \frac{m}{K_N} m g M_p;$$

где $n_c, n, m, K_N, m g$ определены в п.5.2.5 настоящего РД;
 M, M_p определены соответственно, в пп.5.2.1, 5.2.2 настоящего Приложения.

(продолжение)

$$1,00 \cdot 1,25 \cdot 365400,00 \text{ кН}\cdot\text{м} < \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85 \cdot 563985,54 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$456750,00 \text{ кН}\cdot\text{м} < 479387,71 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Устойчивость пала на сдвиг по вертикальной плоскости обеспечена.

5.3. Расчет прочности замковых соединений шпунтового ограждения пала

5.3.1. Разрывающее усилие замковых соединений шпунта R_z под воздействием давления грунта, вызванного собственным весом засыпки и внешней сосредоточенной нагрузкой,

$$R_z = \sigma_{ai}^{zp} \cdot R + \frac{2P_{\Lambda}}{\gamma F H} \cdot \sigma_{ai}^{zp} \cdot A =$$

$$= 153,40 \cdot 9,00 \left(1,00 + \frac{2 \cdot 18000,00}{10,00 \cdot 254,00 \cdot 22,00} \right) = 2269,70 \text{ кН/м};$$

где σ_{ai}^{zp} определено в п.4.1.3 настоящего Приложения;

$$R = 9 \text{ м}; \quad F = 254 \text{ м}^2; \quad H = 22 \text{ м};$$

P_{Λ} и A определены в п.б.3.4 настоящего РД.

5.3.2. Условие прочности замковых соединений шпунта

$$n_c n R_z \leq \frac{m}{K_n} m_g R_z,$$

где n_c, n, m, K_n, m_g определены в п.5.2.5 настоящего РД;

R_z определено в п.5.3.1 настоящего Приложения;

R_z - сопротивление замковых соединений шпунта ШП-1 разрыву составляет 3000 кН/м.

$$1,00 \cdot 1,25 \cdot 2269,70 \text{ кН/м} < \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85 \cdot 3000,00 \text{ кН/м};$$

$$2837,13 \text{ кН/м} > 2550,00 \text{ кН/м}.$$

Условие прочности не выполняется.

Соблюдение условия прочности может быть достигнуто путем заменой шпунта ШП-1 на шпунт усиленного профиля с сопротивлением на разрыв, равным 4000 кН/м.

В этом случае

$$1,00 \cdot 1,25 \cdot 2269,70 \text{ кН/м} < \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85 \cdot 4000,00 \text{ кН/м} ;$$

$$2837,13 \text{ кН/м} < 3400,00 \text{ кН/м}.$$

5.4. Проверка устойчивости основания пала по глубинному сдвигу

5.4.1. Горизонтальная нагрузка на пал определена в п.3.2 настоящего Приложения.

Вертикальные нагрузки по подопье пала определены в п.5.1.3 настоящего Приложения.

Круглоцилиндрическая поверхность скольжения проводится через точку А (см.рис.3); сдвигаемая часть основания расчленяется на отдельные полоски, вес которых определен в таблице 4 настоящего Приложения.

5.4.2. Сдвигающие и удерживающие силы, а также углы наклона касательной к горизонту в точке пересечения вектора веса g_i с поверхностью скольжения:

$$T_i = g_i \sin \alpha_i ;$$

$$T'_i = g_i \cos \alpha_i \cdot \tan \varphi_i + c_i \cdot l_i ;$$

$$\alpha_i = \arcsin \frac{r}{R}.$$

Результаты подсчетов приведены в таблице 4.

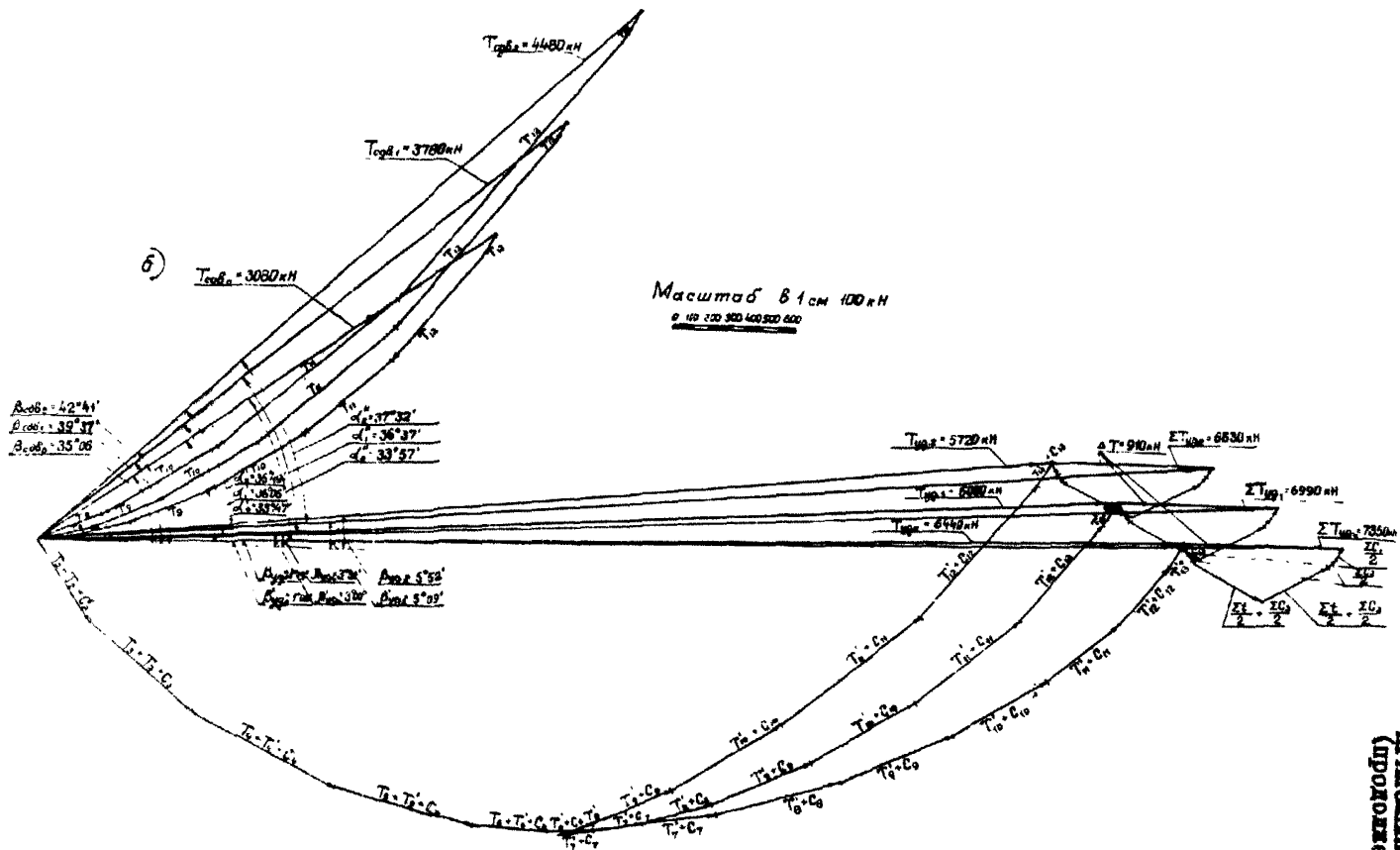


Рис. 3. К расчету устойчивости основания пала по глубинному сдвигу

Таблица 4

Значения сдвигающих и удерживающих сил по поверхности скольжения на один метр
длины сдвигаемого основания

№ под- сок	При $P_{до} = 0$							
	g_i кН	$\sin \alpha_i$	$\cos \alpha_i$	T_i кН	N_i кН	T_i' кН	C_i кН	$T_i' + C_i$ кН
2	345	0,8386	0,5448	289	188	83	173	545
3	663	0,6499	0,7600	431	504	291	100	822
4	825	0,4402	0,8979	363	741	428	84	875
5	912	0,2306	0,9731	210	887	513	78	801
6	565	0,0629	0,9980	36	564	326	45	407
6	378	0,0419	0,9991	16	378	218	30	248
7	1230	0,1467	0,9892	180	1217	702	45	747
8	1211	0,2726	0,9621	330	1165	672	47	719
9	1179	0,3983	0,9172	470	1081	624	49	673
10	1133	0,5241	0,8516	594	964	557	53	610
11	1067	0,6499	0,7600	693	811	468	60	528
12	974	0,7757	0,6311	755	614	355	73	428
13	155	0,8889	0,4581	136	71	28	121	149

Таблица 4
(продолжение)

№ по- ло- сок	При $P_{d1} = 9000$ кН								При $P_{d2} = 15000$ кН							
	g_i кН	$\sin \alpha_i$	$\cos \alpha_i$	T_i кН	N_i кН	T_i' кН	C_i кН	$T_i' - C_i$ кН	g_i кН	$\sin \alpha_i$	$\cos \alpha_i$	T_i кН	N_i кН	T_i' кН	C_i кН	$T_i' - C_i$ кН
2	345	0,6386	0,5448	289	188	83	173	545	345	0,6386	0,5448	289	188	83	173	545
3	663	0,6499	0,7600	431	504	291	100	822	663	0,6499	0,7600	431	504	291	100	822
4	825	0,4402	0,8979	363	741	428	84	875	825	0,4402	0,8979	363	741	428	84	875
5	912	0,2306	0,9731	210	667	513	78	801	912	0,2306	0,9731	210	667	513	78	801
6	565	0,0629	0,9980	36	564	326	45	407	565	0,0629	0,9980	36	564	326	45	407
6	378	0,0419	0,9991	16	378	218	30	248	378	0,0419	0,9991	16	378	218	30	248
7	436	0,1467	0,9892	64	431	249	45	294	-363	0,1467	0,9892	-53	-559	-207	45	-162
8	730	0,2725	0,9621	199	702	406	47	453	255	0,2725	0,9621	69	245	141	47	189
9	1017	0,3983	0,9172	405	933	559	49	588	859	0,3983	0,9172	342	788	455	49	504
10	1286	0,5241	0,8516	675	1097	634	53	687	1444	0,5241	0,8516	757	1230	710	53	763
11	1544	0,6499	0,7600	1002	1172	677	60	737	2020	0,6499	0,7600	1313	1535	887	60	947
12	1770	0,7757	0,6311	1373	1117	645	73	718	2566	0,7757	0,6311	1992	1621	936	73	1009
13	155	0,8689	0,4561	138	71	28	121	149	155	0,8689	0,4561	136	71	28	121	149

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

5.4.3. Равнодействующие сдвигающих $T_{сдвi}$ и удерживающих сил $T_{удi}$ и углы их наклона к горизонту $\beta_{сдвi}$ и $\beta_{удi}$ определяются графически (рис.36).

В результате векторного суммирования соответствующих сил на один метр длины получено:

при $P_{A1} = 9000$ кН	$T_{сдв1} = 3780$ кН;
	$T_{уд1} = 6080$ кН;
	$\beta_{сдв1} = 39^{\circ}37'$;
	$\beta_{уд1} = 3^{\circ}31'$;
при $P_{A2} = 18000$ кН	$T_{сдв2} = 4480$ кН;
	$T_{уд2} = 5720$ кН;
	$\beta_{сдв2} = 42^{\circ}41'$;
	$\beta_{уд2} = 5^{\circ}52'$.

5.4.4. Углы пересечения равнодействующих сдвигающих и удерживающих сил:

$$\alpha'_1 = \beta_{сдв1} - \beta_{уд1} = 39^{\circ}37' - 3^{\circ}31' = 36^{\circ}06' ;$$

$$\alpha'_2 = \beta_{сдв2} - \beta_{уд2} = 42^{\circ}41' - 5^{\circ}52' = 36^{\circ}49' ,$$

где $\beta_{сдвi}$ и $\beta_{удi}$ определены в п.5.4.3 настоящего Приложения.

5.4.5. Равнодействующая предельных сдвигающих сил без учета пространственной работы пала

$$T_{сдвгр} = \sqrt{T_{сдв1}^2 + L^2 + 2T_{сдв1} \cdot L \cdot \cos(\alpha'_1 - \psi)} =$$

$$= \sqrt{3780^2 + 4149^2 + 2 \cdot 3780 \cdot 4149 \cdot \cos(36^{\circ}06' - 36^{\circ}06')} =$$

$$= 7929 \text{ кН};$$

где $T_{сдв1}$ определено в п.5.4.3;

α'_1 определено в п.5.4.4;

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

L и Ψ определены в п.5.4.6 настоящего Приложения.

5.4.6. Величина L без учета пространственной работы пала

$$L = \frac{T_{yg1} + T_{cgb1} (\sin \alpha'_1 \cdot \operatorname{tg} \psi_{cp} - \cos \alpha'_1)}{\cos \psi - \frac{L_{yx}}{L_{cgb}} - \sin \psi \cdot \operatorname{tg} \psi_{cp}} =$$

$$= \frac{6080 + 3780 (\sin 36^\circ 06' \cdot \operatorname{tg} 27^\circ 44' - \cos 36^\circ 06')}{\cos 36^\circ 06' + \frac{360}{700} - \sin 36^\circ 06' \cdot \operatorname{tg} 27^\circ 44'} = 4149 \text{ кН},$$

где T_{cgb1} и T_{yg1} определены в п.5.4.3 настоящего Приложения;

$$L_{yg} = T_{yg2} - T_{yg1} = 3720 - 6080 = -360 \text{ кН};$$

$$L_{cgb} = T_{cgb2} - T_{cgb1} = 4480 - 3780 = 700 \text{ кН}.$$

Величина определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{T_{cgb2} \sin \alpha'_2 - T_{cgb1} \sin \alpha'_1}{T_{cgb2} \cos \alpha'_2 - T_{cgb1} \cos \alpha'_1} =$$

$$= \frac{4480 \cdot \sin 36^\circ 49' - 3780 \cdot \sin 36^\circ 06'}{4480 \cdot \cos 36^\circ 49' - 3780 \cdot \cos 36^\circ 06'} = 0,85946; \quad \psi = 40^\circ 41',$$

$\psi > \alpha'_1$, поэтому значение ψ принимается равным $\alpha'_1 = 36^\circ 06'$.

5.4.7. Условие устойчивости основания пала без учета пространственной работы

$$n_c n T_{cgb1} \leq \frac{m}{K_H} m_g T_{cgb} \text{ пр};$$

$$1,00 \cdot 1,25 \cdot 3780 \text{ кН} < \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85 \cdot 7929 \text{ кН};$$

$$4725,00 \text{ кН} < 6739,65 \text{ кН},$$

(продолжение)

где n_c, n, m, k_n, m_g определены в п.5.2.5 настоящего РД;

$T_{сдв1}$ определено в п.5.4.3;

$T_{сдв пр}$ определено в п.5.4.5 настоящего Приложения.

Устойчивость основания пала без учета пространственной работы обеспечена.

5.4.8. Равнодействующая активного давления по одной стороне сдвигаемого основания

$$\begin{aligned} \sum E_a &= \kappa (0,33 R_o^3 \sin \alpha - P_o + 2S) = \\ &= 3,98 (0,33 \cdot 23,85^3 \sin 78^\circ 51' - \\ &- 1957,02 + 2 \cdot 48,58) = 10258,84 \text{ кН}, \end{aligned}$$

где $\kappa = \gamma t g^2 (45^\circ - 0,50 \varphi_{ср}) =$
 $= 10,00 \cdot t g^2 (45^\circ 00' - 0,50 \cdot 25^\circ 30') = 3,98 \text{ кН/м}^3;$

$$\begin{aligned} P_o &= 0,50 R_o^2 \alpha = \\ &= 0,50 \cdot 23,85^2 \cdot 5,00 \cdot 1,36 = 1957,02 \text{ м}^3; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 0,08 a_o^2 \sqrt{R_o^2 - a_o^2} = \\ &= 0,08 \cdot 5,00^2 \sqrt{23,85^2 - 5,00^2} = 48,58 \text{ м}^3; \end{aligned}$$

$$R_o = 23,85 \text{ м}; \quad \alpha = 78^\circ 51'; \quad a_o = 5,00 \text{ м (с.в.ис.3)}.$$

5.4.9. Равнодействующая сил трения по торцам сдвигаемого основания на один метр длины

$$\begin{aligned} \sum t &= \sum t' \frac{2z}{D R_o} = \sum E_a t g \varphi_{ср} \frac{2z}{D R_o} = \\ &= 10258,84 \cdot t g 25^\circ 30' \cdot \frac{2 \cdot 18,10}{18,00 \cdot 23,85} = 412,61 \text{ кН/м}, \end{aligned}$$

где E_a и R_o определены в п.5.4.8 настоящего Приложения;

(продолжение)

 $\Sigma t'$ определено в п.10 Приложения I настоящего РД; $\tau = 18,10$ м (см.рис.3); $\mathcal{D} = 18,00$ м.

5.4.10. Координаты X и Y точки приложения равнодействующей сил трения:

$$X = \frac{K}{\Sigma E_a} (q_0 - t + a_0 s) =$$

$$= \frac{3,98}{10258,84} (63333,55 - 22184,03 + 5,00 \cdot 48,58) = 16,06 \text{ м};$$

$$Y = \frac{0,04 K}{\Sigma E_a} \left(3R_0^4 \sin^2 \alpha + 8R_0^3 a_0 \cos \alpha + \frac{a_0^4}{\cos^2 \alpha} - \right.$$

$$\left. - 8R_0^3 a_0 - a_0^4 \right) =$$

$$= \frac{0,04 \cdot 3,98}{10258,84} (3 \cdot 2385^4 \cdot \sin^2 78^\circ 51' +$$

$$+ 8 \cdot 23,85^3 \cdot 5,00 \cdot \cos 78^\circ 51' + \frac{5,00^4}{\cos^2 78^\circ 51'} -$$

$$- 8 \cdot 23,85^3 \cdot 5,00 - 5,00^4) = 8,29 \text{ м},$$

где E_a, K, a_0, S определены в п.5.4.8 настоящего Приложения;

$$q_0 = 0,06 R_0^4 (\sin 2\alpha + 2\alpha) =$$

$$= 0,06 \cdot 23,85^4 (\sin 2 \cdot 78^\circ 51' + 2 \cdot 78^\circ 51') = 63333,55 \text{ м}^4;$$

$$t = 0,33 R_0^3 a_0 \sin \alpha =$$

$$= 0,33 \cdot 23,85^3 \cdot 5,00 \cdot \sin 78^\circ 51' = 22184,03 \text{ м}^4.$$

5.4.11. Равнодействующие сил сцепления по площади отдельных слоев сдвигаемого основания:

$$\Sigma C_1 = c_1 F_1 \frac{2\tau_1}{\mathcal{D} R_0} = 15,00 \cdot 160,30 \cdot \frac{2 \cdot 13,30}{18,00 \cdot 23,85} = 148,99 \text{ кН/м};$$

$$\Sigma C_2 = c_2 F_2 \frac{2\tau_2}{\mathcal{D} R_0} = 12,00 \cdot 130,20 \cdot \frac{2 \cdot 14,75}{18,00 \cdot 23,85} = 107,36 \text{ кН/м};$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

$$\Sigma C_3 = c_3 F_3 \frac{Z_3}{DR_0} = 15,00 \cdot 372,49 \frac{2,16,15}{18,00 \cdot 23,85} = 472,44 \text{ кН/м},$$

где R_0 определено в п.5.4.8;

D определено в п.5.4.9 настоящего Приложения;

$$\gamma_1 = 13,30 \text{ м}; \quad \gamma_2 = 14,75 \text{ м}; \quad \gamma_3 = 18,15 \text{ м}.$$

Величины F_1, F_2, F_3 и координаты точек приложения сил сцепления определены графически (рис.3).

5.4.12. Равнодействующие удерживающих сил с учетом пространственной работы основания пала определяются графически (рис.3). В результате векторного суммирования T_{yq1} и T_{yq2} и равнодействующих сил трения и сцепления получено:

$$\Sigma T_{yq1} = 6990 \text{ кН};$$

$$\Sigma T_{yq2} = 6630 \text{ кН};$$

$$\beta'_{yq1} = 3^{\circ}00';$$

$$\beta'_{yq2} = 5^{\circ}09';$$

$$\alpha_1'' = \beta_{св1} - \beta'_{yq1} = 39^{\circ}37' - 3^{\circ}00' = 36^{\circ}37';$$

$$\alpha_2'' = \beta_{св2} - \beta'_{yq2} = 42^{\circ}41' - 5^{\circ}09' = 37^{\circ}32'.$$

где $\beta_{св1}$ и $\beta_{св2}$ определены в п.5.4.3 настоящего Приложения.

5.4.13. Равнодействующая предельных сдвигающих сил с учетом пространственной работы пала

$$T_{св пр} \sqrt{T_{св1}^2 + L^2 + 2 T_{св1} \cdot \cos(\alpha_1'' - \psi')} =$$

$$\sqrt{= 3780,00^2 + 5124,33^2 + 2 \cdot 3780,00 \cdot 5124,33 \cdot \cos(36^{\circ}37' - 36^{\circ}37')} =$$

$$= 8904,33 \text{ кН},$$

где $T_{св1}$ определено в п.5.4.3;

α_1'' определено в п.5.4.12;

L и ψ' определены в п.5.4.14 настоящего Приложения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

Б.4.14. Величина L с учетом пространственной работы пала

$$L = \frac{\sum T_{yg1} + T_{суб1} (\sin \alpha'_1 \operatorname{tg} \varphi_{ср} - \cos \alpha'_1)}{\cos \psi' - \frac{e'_{ср}}{e_{ср}} - \sin \psi' \operatorname{tg} \varphi_{ср}} =$$

$$= \frac{6990 + 3780 (\sin 36^\circ 37' \operatorname{tg} 27^\circ 44' - \cos 36^\circ 37')}{\cos 36^\circ 37' + \frac{360}{700} - \sin 36^\circ 37' \operatorname{tg} 27^\circ 44'} = 5124,33 \text{ кН};$$

где $T_{суб1}$ определено в п.5.4.3;
 $e_{ср}$ определено в п.5.4.6;
 $\sum T_{yg1}, \alpha'_1$ определены в п.5.4.12 настоящего Приложения;
 $e'_{ср} = \sum T_{yg2} - \sum T_{yg1} = 6630 - 6990 = -360 \text{ кН}.$

Величина ψ' определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \psi' = \frac{T_{суб2} \sin \alpha'_2 - T_{суб1} \sin \alpha'_1}{T_{суб2} \cos \alpha'_2 - T_{суб1} \cos \alpha'_1} =$$

$$= \frac{4480 \cdot \sin 37^\circ 32' - 3780 \cdot \sin 36^\circ 37'}{4480 \cdot \cos 37^\circ 32' - 3780 \cdot \cos 36^\circ 37'} = 0,91522; \psi' = 42^\circ 28'$$

$\psi' > \alpha'_1$, поэтому значение ψ' принимается равным
 $\alpha'_1 = 36^\circ 37'$.

Б.4.15. Условие устойчивости основания пала с учетом пространственной работы пала

$$n_c n T_{суб1} \leq \frac{m}{K_n} m_g T_{суб пр};$$

$$1,00 \cdot 1,25 \cdot 3780,00 \text{ кН} < \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85 \cdot 8904,33 \text{ кН};$$

$$4725,00 \text{ кН} < 7568,68 \text{ кН},$$

где n_c, n, m, K_n, m_g определены в п.5.2.5 настоящего Руководства;

$T_{суб1}$ определено в п.5.4.3;

$T_{суб пр}$ определено в п.5.4.13 настоящего Приложения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

Устойчивость основания пала по глубинному сдвигу обеспечена.

5.4.16. Перемещения пала и устойчивость грунта основания перед палом определяются в соответствии с требованиями п.6.4 настоящего РД.

**ПРИМЕР РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЯ ЗАСЫПНОГО
ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ПАЛА ПО ПЛОСКИМ ПОВЕРХНОСТЯМ СКОЛЬЖЕНИЯ**

1. Установление компоновочной схемы пала

1.1. Глубина у пала 13,0 м, отметка кордона +5,0 м, отметка точки приложения горизонтальной нагрузки -0,7 м, эксплуатационная вертикальная нагрузка на территории пала $Q = 4$ кПа, интенсивность горизонтальной нагрузки от льда 1000 кН/м. Нагрузка на пал 13000 кН.

1.2. Грунт основания - суглинки с $\varphi = 26^\circ$, $C = 15$ кПа, слабая илистая прослойка с $\varphi = 12^\circ$, $C = 12$ кПа. Грунт засыпки - песок с $\varphi = 30^\circ$.

1.3. Конструктивная схема пала приведена на рис.1.

Для расчета принимается пал ледяного типа диаметром

$D = 18,0$ м, огражденный плоским металлическим шпунтом. Глубина погружения шпунта $t = 8,0$ м.

Верхнее строение пала состоит из железобетонной плиты.

В засыпке пала расположена жесткая бетонная диафрагма толщиной 1,0 м.

2. Определение исходных расчетных параметров

2.1. Поверхность скольжения сдвигаемой части грунта основания в пределах ширины подошвы пала проходит по ломанной линии BB_1D (рис.1).

Точки B , B_1 и D находятся на пересечении вертикальных плоскостей, проходящих по передней и задней границе сооружения и центру

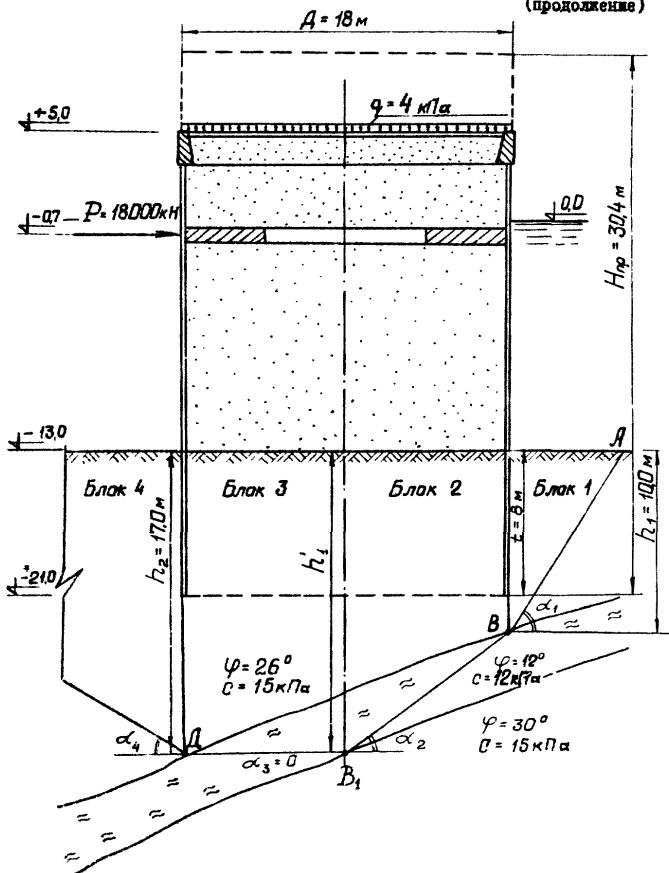


Рис. 1. Конструктивная схема ячеистого пала.

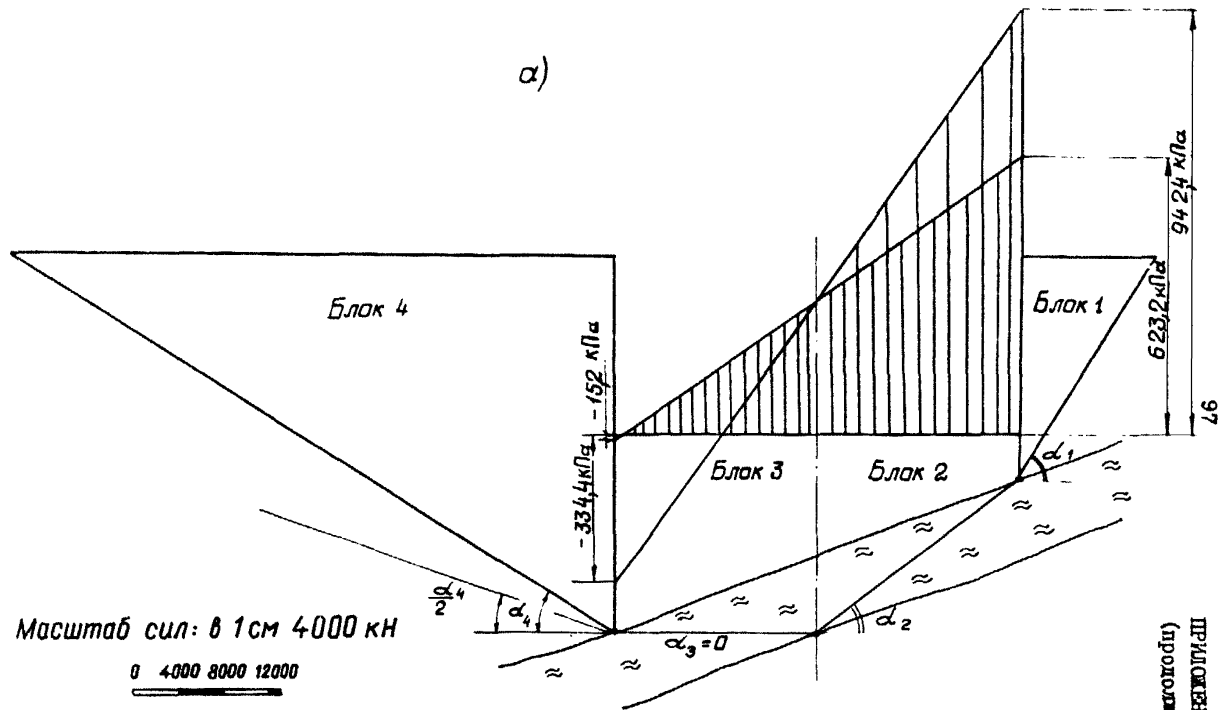


Рис.2. К расчету устойчивости основания пада по плоским поверхностям скольжения:
а) схема нагрузок

Масштаб сил: в 1 см 4000 кН

0 4000 8000 12000

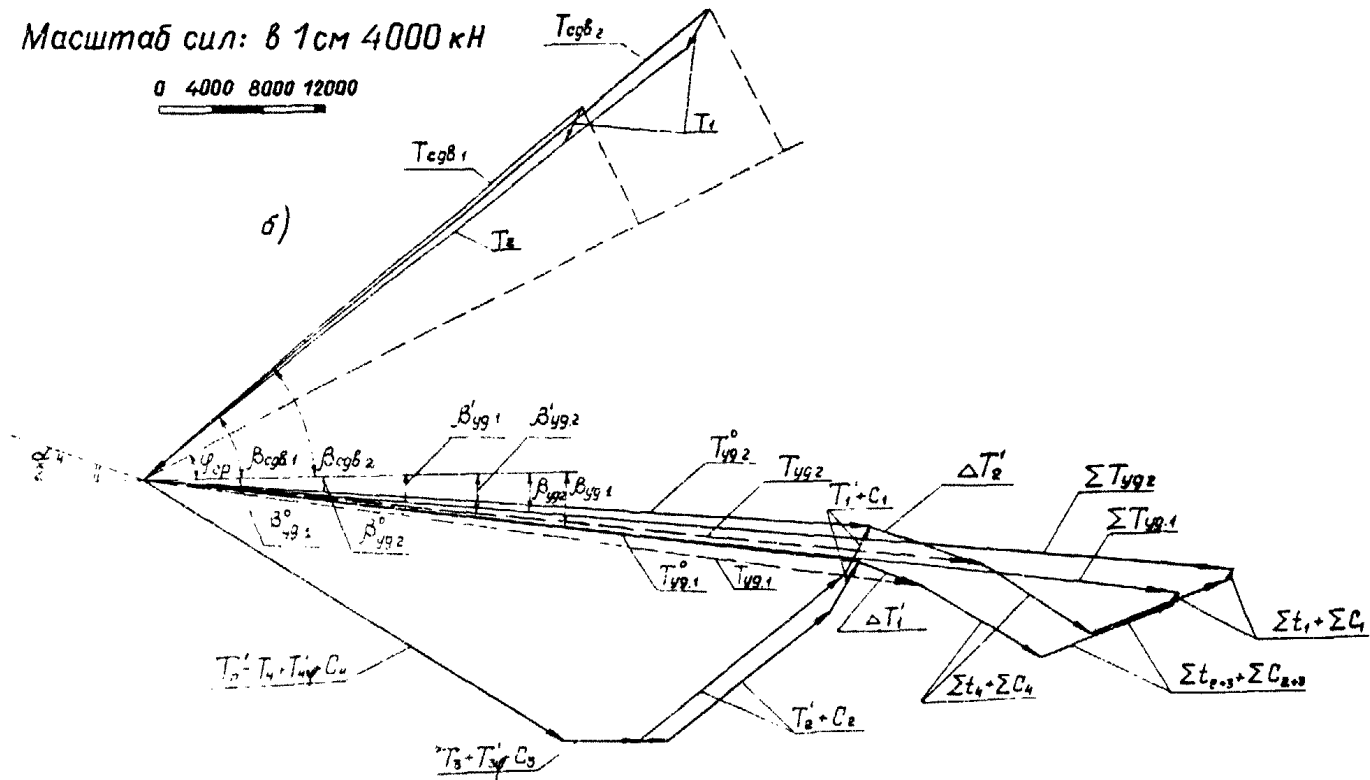


Рис. 2. К расчету устойчивости основания палы по плоским поверхностям скольжения:
 а) силовые многоугольники

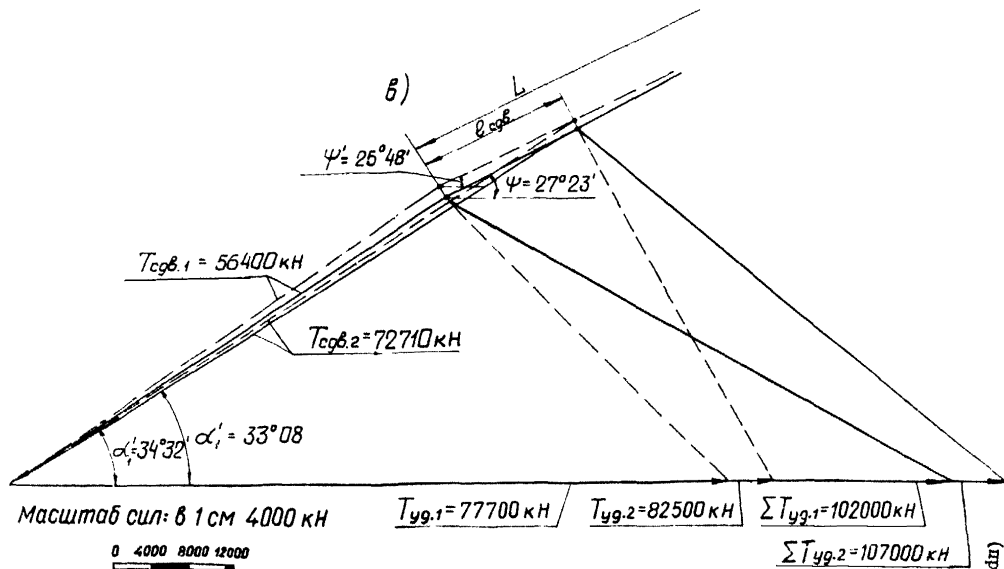


Рис.2. К расчету устойчивости основания пала по плоским поверхностям скольжения:
в) расчетная схема

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
(продолжение)

подошвы пала, с поверхностью слабого слоя грунта.

Поверхность скольжения за пределами ширины подошвы пала проходит под углом к горизонту α_1 в активной зоне и α_4 в пассивной зоне (см.рис. 1):

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= 45^\circ + 0,50 \varphi = 45^\circ + 0,50 \cdot 26^\circ = 58^\circ; \\ \alpha_4 &= 45^\circ - 0,50 \varphi = 45^\circ - 0,50 \cdot 26^\circ = 32^\circ.\end{aligned}$$

2.2. Сдвигаемая часть грунта основания, совместно с приложенными по подошве сооружения нагрузками, расчленяется на четыре вертикальных блока (см.рис. 1).

Результаты подсчетов веса каждого блока при действии горизонтальной нагрузки $P_{A1} = 9000$ кН и $P_{A2} = 18000$ кН приведены в таблице настоящего Приложения.

2.3. Значения максимальных и минимальных ординат вертикальных нагрузок по подошве пала

$$q_{\max/\min} = \frac{G}{\pi R^2} \left(1 \pm \frac{4e}{R} \right),$$

где $G = \gamma F H_{\text{пр}} = 10,00 \cdot 3,14 \cdot 9,00^2 \cdot 30,40 = 77319,36$ кН;

$R = 9,00$ м;

$H_{\text{пр}} = 30,40$ м (см. рис. 1 настоящего Приложения);

e определено в п.2.4 настоящего Приложения;

при $P_{A1} = 9000$ кН:

$$q_{\max} = \frac{77319,36}{3,14 \cdot 9,00^2} \left(1 + \frac{4 \cdot 2,36}{9,00} \right) = 613,20 \text{ кПа};$$

$$q_{\min} = \frac{77319,36}{3,14 \cdot 9,00^2} \left(1 - \frac{4 \cdot 2,36}{9,00} \right) = -15,20 \text{ кПа};$$

Таблица

Значения сдвигающих и удерживающих сил на всю ширину пала, расположенных по поверхности скольжения блоков сдвигаемой части грунта основания

№ бло- ков	При $P_{A1} = 9000$ кН							При $P_{A2} = 18000$ кН						
	g_i кН	α_i^o	$\sin\alpha_i$	T_i кН	$T'_{i\varphi}$ кН	C_i кН	T'_i кН	g_i кН	α_i^o	$\sin\alpha_i$	T_i кН	$T'_{i\varphi}$ кН	C_i кН	T'_i кН
1	5580	58°00'	0,84805	4732	2211	3186	5337	5580	58°00'	0,84805	4732	2211	3186	5397
2	83880	38°10'	0,61795	51834	17581	2466	20047	109980	38°10'	0,61795	67962	23052	2466	25518
3	89240	0°00'	0,00000	0	8390	1890	10280	26640	0°00'	0,00000	0	5696	1890	7586
4	41760	32°00'	0,52992	22129	17510	8691	48330	41760	32°00'	0,52992	22129	17510	8691	48330

(продолжение)

при $R_{\Sigma} = 18000$ кН;

$$q_{\max} = \frac{77319,36}{3,14 \cdot 9,00^2} \left(1 + \frac{4,4,73}{9,00}\right) = 942,40 \text{ кПа};$$

$$q_{\min} = \frac{77319,36}{3,14 \cdot 9,00^2} \left(1 - \frac{4,4,73}{9,00}\right) = -334,40 \text{ кПа}.$$

2.4. Эксцентриситет приложения равнодействующей вертикальной нагрузки G и горизонтальной нагрузки $R_{\Sigma 1}$ или $R_{\Sigma 2}$

$$e = 0,50 D - \frac{M_{yq} - M_p}{G},$$

где $M_{yq} = GR = 77319,36 \cdot 9,00 = 695874,24$ кН.м ; $M_{p1} = P_m N_p = 9000,00 \cdot 20,30 = 182700,00$ кН.м ; $M_{p2} = P_{\Sigma 2} N_p = 18000,00 \cdot 20,30 = 365400,00$ кН.м ; $N_p = 20,30$ м (см.рис.2 Приложения 6 настоящего РД) ;при $R_{\Sigma 1} = 9000$ кН

$$e_1 = 0,50 \cdot 18,00 - \frac{695874,24 - 182700,00}{77319,36} = 2,36 \text{ м} ;$$

при $R_{\Sigma 2} = 18000$ кН

$$e_2 = 0,50 \cdot 18,00 - \frac{695874,24 - 365400,00}{77319,36} = 4,73 \text{ м} .$$

3. Определение равнодействующих сдвигающих и удерживающих сил

3.1. Определение равнодействующих сдвигающих и удерживающих сил без учета пространственной работы основания пала

3.1.1. Сдвигающие и удерживающие силы на всю ширину пала, расположенные по поверхности скольжения каждого блока,

(продолжение)

$$T_i = g_i \sin \alpha_i \mathcal{D};$$

$$T'_i = T'_{iy} + c_i v_i \mathcal{D},$$

где $T'_{iy} = g_i \lambda_0$ определено в п.8 Приложения 2 настоящего РД.

Результаты подсчетов сдвигающих и удерживающих сил T_i, T'_i и T'_{iy} при действии горизонтальных нагрузок $A_{\lambda 1} = 9000$ кН и $A_{\lambda 2} = 18000$ кН приведены в таблице настоящего Приложения.

3.1.2. Равнодействующие сдвигающих $T_{сгв i}$ и удерживающих сил $T'_{уд i}$ и углы их наклона к горизонту $\beta_{сгв i}$ и $\beta'_{уд i}$ определяются графически (рис.26).

В результате векторного суммирования соответствующих сил, действующих на всю ширину пала, получено:

при $A_{\lambda 1} = 9000$ кН	$T_{сгв 1} = 56400$ кН;
	$T'_{уд 1} = 70600$ кН;
	$\beta_{сгв 1} = 39^{\circ}05'$;
	$\beta'_{уд 1} = -7^{\circ}32'$;
при $A_{\lambda 2} = 18000$ кН	$T_{сгв 2} = 72710$ кН;
	$T'_{уд 2} = 71800$ кН;
	$\beta_{сгв 2} = 38^{\circ}40'$;
	$\beta'_{уд 2} = -4^{\circ}35'$.

3.1.3. Дополнительная удерживающая сила соответственно при действии горизонтальных нагрузок $A_{\lambda 1}$ и $A_{\lambda 2}$:

$$\Delta T'_i = [T_{сгв i} \cdot \cos(\beta_{сгв i} - \varphi_{ср}) - T'_{уд i} \cdot \cos(\varphi_{ср} - \beta'_{уд i}) + T'_n \cdot \cos(45^{\circ} + 0,50\varphi_{ср})] \cdot \sin(0,50\alpha_{св} + \varphi_{ср}) \operatorname{tg} \varphi_{ср} =$$

(продолжение)

$$= \left\{ 56400 \cos(39^{\circ}05' - 26^{\circ}00') - 70600 \cos[26^{\circ}00' - (-7^{\circ}32')] + \right. \\ \left. + 48330 \cos(45^{\circ}00' + 0,50 \cdot 26^{\circ}00') \right\} \sin(0,50 \cdot 32^{\circ}00' + 26^{\circ}00') . \\ \cdot \operatorname{tg} 26^{\circ}00' = 7081 \text{ кН} ;$$

$$\Delta T'_2 = [T'_{суб2} \cos(\beta'_{суб2} - \varphi_{ср}) - T'_{уг2} \cos(\varphi_{ср} - \beta'_{уг2}) + \\ + T'_n \cos(45^{\circ} + 0,50 \varphi_{ср})] \sin(0,50 \alpha_{ср} + \varphi_{ср}) \operatorname{tg} \varphi_{ср} =$$

$$= \left\{ 72710 \cos(36^{\circ}40' - 26^{\circ}00') - 71800 \cos[26^{\circ}00' - (-4^{\circ}35')] + \right. \\ \left. + 48330 \cos(45^{\circ}00' + 0,50 \cdot 26^{\circ}00') \right\} \sin(0,50 \cdot 32^{\circ}00' + 26^{\circ}00') . \\ \cdot \operatorname{tg} 26^{\circ}00' = 11337 \text{ кН} ,$$

где $T'_{субi}$, $T'_{угi}$, $\beta'_{субi}$, $\beta'_{угi}$
определены в п.3.1.2;

$T'_n = T'_i$ определено в п.3.1.1. настоящего Приложения;

$$\alpha_{ср} = 45^{\circ} - 0,50 \varphi_{ср} = 45^{\circ} - 0,50 \cdot 26^{\circ} = 32^{\circ} .$$

3.1.4. Равнодействующая удерживающих сил с учетом дополнительной силы, возникающей за счет пригрузки пассивной зоны сдвигаемой части грунта основания, определяется графически путем векторного суммирования соответствующих удерживающих сил $T'_{угi}$ и $\Delta T'_i$ (см. рис.2):

$$T'_{уг1} = 77700 \text{ кН} ;$$

$$T'_{уг2} = 82500 \text{ кН} .$$

Углы наклона $T'_{уг1}$ и $T'_{уг2}$ к горизонту:

$$\beta'_{уг1} = -8^{\circ}32' ;$$

$$\beta'_{уг2} = -6^{\circ}34' .$$

3.2. Определение равнодействующей удерживающих сил $\Sigma T'_{угi}$ с учетом пространственной работы основания пала

(продолжение)

3.2.1. Равнодействующие сил трения на торцевые поверхности блоков:

$$\begin{aligned} \Sigma t_1 &= 0,17 \gamma h_1^3 \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 0,50 \varphi_1) \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \\ &= 0,17 \cdot 10,00 \cdot 10,00^3 \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 0,50 \cdot 26^\circ) \frac{\operatorname{tg} 26^\circ}{\operatorname{tg} 58^\circ} = \\ &= 202,30 \text{ кН}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma t_{(2+3)} &= 0,33 \gamma (E'_a + E''_a + \sqrt{E'_a E''_a}) \operatorname{tg} \varphi_{(2+3)} = \\ &= 0,33 \cdot 18,00 (194,00 + 562,00 + \sqrt{194,00 \cdot 562,00}) \operatorname{tg} 28^\circ = \\ &= 3146,82 \text{ кН}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma t_4 &= 0,17 \gamma h_2^3 \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 0,50 \varphi_4) \frac{\operatorname{tg} \varphi_4}{\operatorname{tg} \alpha_4} = \\ &= 0,17 \cdot 10,00 \cdot 17,00^3 \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 0,50 \cdot 26^\circ) \frac{\operatorname{tg} 26^\circ}{\operatorname{tg} 32^\circ} = \\ &= 2545,43 \text{ кН}, \end{aligned}$$

где $h_1 = 10,00$ м, $h_2 = 17,00$ м (см.рис.1);

α_1 и α_4 определены в п.2.1 настоящего Приложения;

E'_a и E''_a - активное давление в соответствующих сечениях h_1 и h_2 (см.рис.1).

Соответственно, по двум торцам:

$$\Sigma t_1 = 404,60 \text{ кН}; \quad \Sigma t_{(2+3)} = 6293,64 \text{ кН};$$

$$\Sigma t_4 = 5090,86 \text{ кН}.$$

3.2.2. Равнодействующие сил сцепления по торцевым поверхностям блоков:

$$\Sigma C_1 = \frac{0,50 c_1 h_1^2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{0,50 \cdot 15,00 \cdot 10,00^2}{\operatorname{tg} 58^\circ} = 468,65 \text{ кН};$$

(продолжение)

$$\begin{aligned} \Sigma C_{(2+3)} &= 0,50 c_{(2+3)} \ell_{\delta} (h_1 + h_2) = \\ &= 0,50 \cdot 15,00 \cdot 18,00 (10,00 + 17,00) = 3645,00 \text{ кН}; \end{aligned}$$

$$\Sigma C_4 = \frac{0,50 c_4 h_4^2}{\operatorname{tg} \alpha_4} = \frac{0,50 \cdot 15,00 \cdot 17,00^2}{\operatorname{tg} 32^\circ} = 3468,72 \text{ кН};$$

где h_1 и h_2 определены в п.3.2.1;

d_1 и d_4 определены в п.2.1 настоящего Приложения;

$$\ell_{\delta} = \infty.$$

Соответственно, по двум торцам:

$$\Sigma C_1 = 937,30 \text{ кН}; \quad \Sigma C_{(2+3)} = 7290,00 \text{ кН};$$

$$\Sigma C_4 = 6937,44 \text{ кН}.$$

3.2.3. Равнодействующая удерживающих сил ΣT_{ygi} с учетом пространственной работы основания пала определяется графически путем векторного суммирования равнодействующих удерживающих сил T_{ygi} (п.3.1.4 настоящего Приложения) и равнодействующих сил трения и сцепления по торцам сдвигаемого основания (см.рис.26):

$$\Sigma T_{yg1} = 102000 \text{ кН};$$

$$\Sigma T_{yg2} = 107000 \text{ кН}.$$

Углы наклона ΣT_{yg1} и ΣT_{yg2} к горизонту:

$$\beta_{yg1} = -7^\circ 08';$$

$$\beta_{yg2} = -5^\circ 44'.$$

4. Проверка устойчивости основания пала

4.1. Равнодействующая предельных сдвигающих сил $T_{сдв пр}$:
без учета пространственной работы основания пала

(продолжение)

$$T_{срв\text{ пр}} = \sqrt{T_{срв1}^2 + L^2 + 2T_{срв1} \cdot L \cdot \cos(\alpha'_1 - \Psi')} =$$

$$= \sqrt{56400,00^2 + 101214,34^2 + 2 \cdot 56400,00 \cdot 101214,34 \cdot \cos(34^\circ 32' - 25^\circ 48')} =$$

$$= 157193,65 \text{ кН};$$

с учетом пространственной работы основания пала

$$T_{срв\text{ пр}} = \sqrt{T_{срв1}^2 + L^2 + 2T_{срв1} \cdot L \cdot \cos(\alpha'_1 - \Psi')} =$$

$$= \sqrt{56400,00^2 + 167738,14^2 + 2 \cdot 56400,00 \cdot 167738,14 \cdot \cos(33^\circ 08' - 27^\circ 23')} =$$

$$= 223925,73 \text{ кН},$$

где $T_{срв1}$ определено в п.3.1.2; .

L, α'_1, Ψ' определены в пп.4.2, 4.3 настоящего Приложения соответственно без учета и с учетом пространственной работы основания пала.

4.2. Величина L без учета пространственной работы основания

пала

$$L = \frac{T_{уг1} + T_{срв1} (\sin \alpha'_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ср} - \cos \alpha'_1)}{\cos \Psi' - \frac{v_{ср}}{c_{срв}} - \sin \Psi' \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ср}} =$$

$$= \frac{77700 + 56400 (\sin 34^\circ 32' \cdot \operatorname{tg} 21^\circ 36' - \cos 34^\circ 32')}{\cos 25^\circ 48' - \frac{4800}{15310} - \sin 25^\circ 48' \cdot \operatorname{tg} 21^\circ 36'} =$$

$$= 101214,34 \text{ кН},$$

где $T_{срв1}, T_{уг1}$ определены соответственно в пп.3.1.2, 3.1.4 настоящего Приложения;

$$\alpha'_1 = \beta_{срв1} - \beta_{уг1} = 26^\circ - (-8^\circ 32') = 34^\circ 32';$$

$$v_{ср} = T_{уг2} - T_{уг1} = 82500 - 77700 = 4800 \text{ кН};$$

$$c_{срв} = T_{срв2} - T_{срв1} = 72710 - 56400 = 16310 \text{ кН};$$

$$\Psi' = 25^\circ 48' \quad (\text{см. рис. 2в}),$$

T_{y2}, B_{y2} определены в п.3.1.4;

$T_{ср2}, B_{ср2}$ определены в п.3.1.2 настоящего Приложения.

Так как $B_{ср2}$ больше $\varphi_{ср}$, то принимается

$$B_{ср2} = \varphi_{ср} = 26^\circ.$$

4.3. Величина L с учетом пространственной работы основания

$$\begin{aligned} \text{пала} \quad L &= \frac{\sum T_{y2} + T_{ср2} (\sin \alpha'_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ср} - \cos \alpha'_1)}{\cos \psi - \frac{e_{ср}}{e_{срб}} - \sin \psi \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ср}} = \\ &= \frac{102000 + 56400 (\sin 33^\circ 08' \cdot \operatorname{tg} 21^\circ 36' - \cos 33^\circ 08')}{\cos 27^\circ 23' - \frac{5000}{16310} - \sin 27^\circ 23' \cdot \operatorname{tg} 21^\circ 36'} = \\ &= 167738,14 \text{ кН,} \end{aligned}$$

где $T_{ср2}$ определено в п.3.1.2;

$\sum T_{y2}$ определено в п.3.2.3 настоящего Приложения;

$$\alpha'_1 = B_{ср2} - B_{y2} = 26^\circ - (-7^\circ 08') = 33^\circ 08';$$

$$e_{ср} = \sum T_{y2} - \sum T_{y1} = 107000 - 102000 = 5000 \text{ кН};$$

$e_{срб}$ определено в п.4.2 настоящего Приложения;

$$\psi = 27^\circ 23' \text{ (см. рис. 2в),}$$

где $\sum T_{y2}, B_{y2}$ определены в п.3.2.3;

$B_{ср2}$ определено в п.3.1.2 настоящего Приложения.

Так как $B_{ср2}$ больше $\varphi_{ср}$, то принимается

$$B_{ср2} = \varphi_{ср} = 26^\circ.$$

4.4. Условие устойчивости основания пала считается выполненным, когда

(продолжение)

$$n_c \cdot n \cdot T_{сдв1} \leq \frac{m}{K_H} m_d T_{сдв пр},$$

где n_c, n, m, K_H, m_d определены в п.5.2.5 настоящего РД;

$T_{сдв1}$ определено в п.3.1.2;

$T_{сдв пр}$ определено в п.4.1 настоящего Приложения;

без учета пространственной работы основания пала

$$1,00 \cdot 1,25 \cdot 56400,00 \text{ кН} < \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85 \cdot 157193,65 \text{ кН};$$

$$70500,00 \text{ кН} < 133614,60 \text{ кН};$$

с учетом пространственной работы основания пала

$$1,00 \cdot 1,25 \cdot 56400,00 \text{ кН} < \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85 \cdot 223925,73 \text{ кН};$$

$$70500,00 \text{ кН} < 190336,87 \text{ кН}.$$

Устойчивость основания пала по плоским поверхностям скольжения обеспечена.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ОГРАЖДЕНИЯ УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ НА
ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ЛЕДОВУЮ НАГРУЗКУ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая программа предназначена для расчета изгибающих моментов и прогибов стенки при воздействии горизонтальной силы.

Программа расчета составлена в единицах физических величин в системе СИ.

Соотношение между некоторыми единицами физических величин, подлежащих изъятию, и единицами СИ приведены в Приложении 11 (справочное).

Расчетная схема (рис.1) представляет собой балку на упругом основании, рассчитанная как балка на упругооседающих опорах, с учетом следующих допущений:

коэффициент постели изменяется по высоте стенки по линейному закону;

при деформации стенки в сторону акватории условные опоры расположенные выше дна у сооружения, из расчета исключаются, тем самым увеличивается пролет между другими условными опорами; для опор, расположенных ниже отметки дна, жесткость определяется исходя из характеристик грунта перед стенкой;

при нагрузке на условную опору выше ее несущей способности, опора заменяется силой, направленной в сторону противоположную нагрузке и равной по величине несущей способности условной опоры.

Порядок расчета балки на упругооседающих опорах приведен в Программе МЛРБ, разработанной Ленморпроектom.

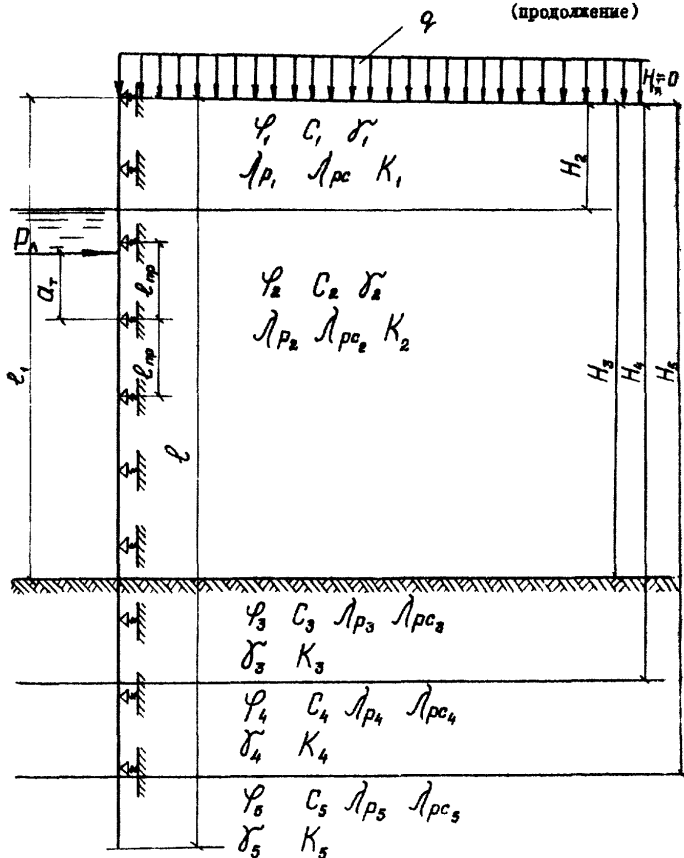


Рис. I. Расчетная схема сооружения

Определение дополнительных величин приводится ниже.

Податливость условных опор K_R определяется по формуле

$$K_R = K \cdot L D \cdot e' \cdot H_i, \quad (1)$$

где K - коэффициент пропорциональности, кН/м^4 , принимаемый в соответствии с требованиями СНиП П-17-77;

$L D$ - расстояние между условными опорами, м;

e' - расчетная ширина сооружения, принимаемая для условий плоской задачи равной 1,0 м;

H_i - приведенная высота грунта над расчетной опорой, м.

Несущая способность условных опор R_n определяется по формуле

$$R_n = H_i \cdot \gamma_p \lambda_p \times L D \times e' + c \lambda_{pc} \times L D \times e', \quad (2)$$

где γ_p - объемный вес грунта в створе расчетной опоры, кН/м^3 ;

λ_p - коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления грунта;

c - сцепление грунта, кПа ;

λ_{pc} - коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления грунта от смл сцепления.

Приведенная высота слоя грунта H_i определяется по формуле

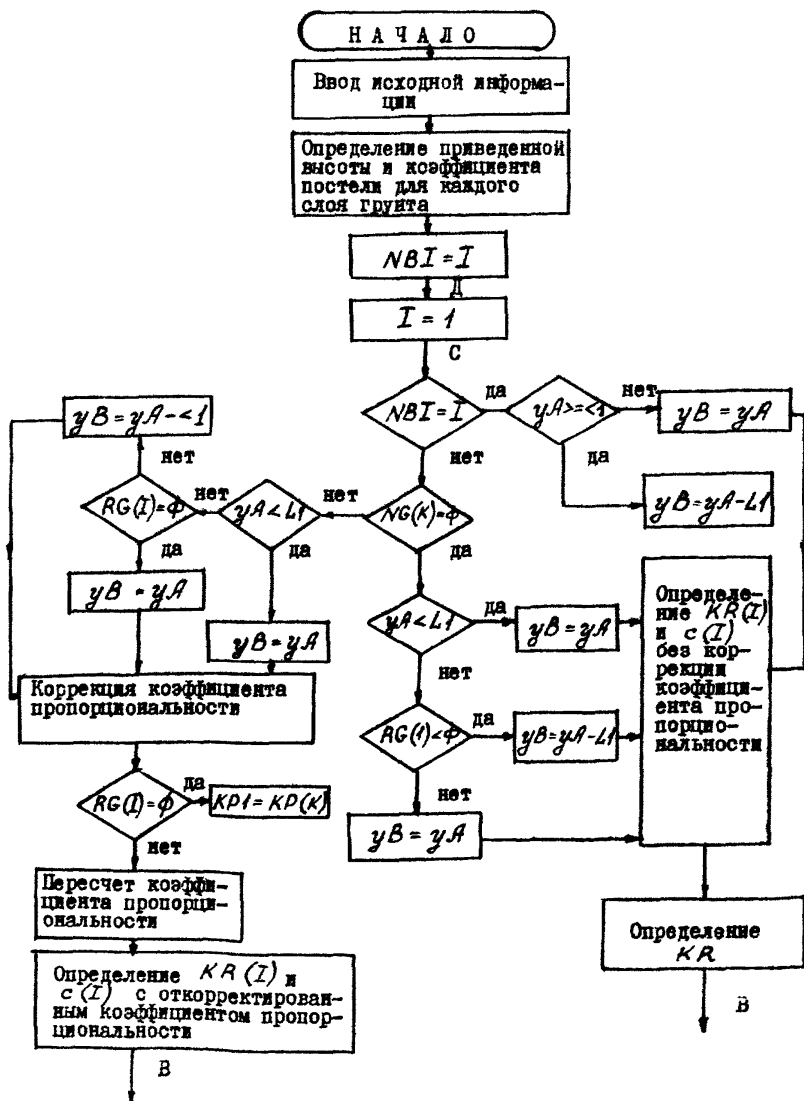
$$H_i = \frac{q}{\gamma_p} + \sum \frac{\gamma_i h_i}{\gamma_p}, \quad (3)$$

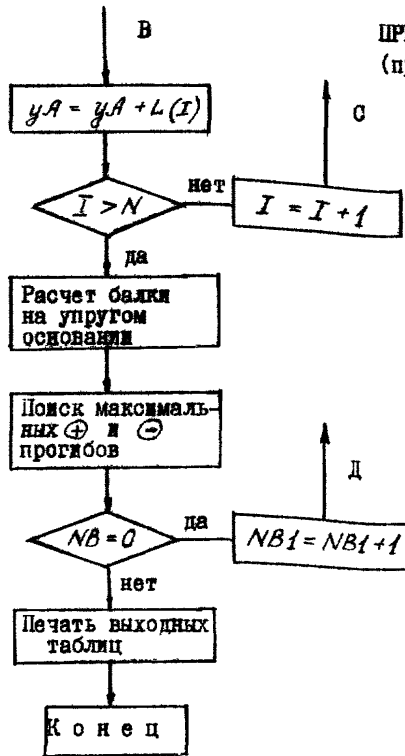
где q - временная нагрузка на территории причала, кН/м^2 ;

γ_i - объемный вес каждого слоя грунта расположенного над слоем грунта, в котором находится расчетная условная опора, кН/м^3 ;

h_i - толщина слоя грунта с объемным весом γ_i , м.

Расчет ведется итерационным методом до тех пор, пока деформация стения по высоте не будет отличаться более чем на 10% от предыдущего расчета.





Примечания:

- $NB1$ - счетчик итераций
 I - счетчик опор
 $KR(I)$ - жесткость I -ой опоры
 $c(I)$ - податливость I -ой опоры
 $RG(I)$ - величина прогиба в I -ой опоре
 $NG(K)$ - эмпирический показатель степени для грунта
 $RP(I)$ - предельная несущая способность условной опоры
 $L(I)$ - величина I -го пролета
 $L1$ - расстояние от поверхности земли до дна
 N - количество опор
 y_A - ордината опоры относительно земли
 y_B - расчетная ордината опоры.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(продолжение)

3. Условные обозначения для составления исходных данных

Обозначения	Размерность	Идентификаторы	Наименования величин
1	2	3	4
B	м	BS	ширина балки
H_0	м	$L1$	расстояние от кордона до дна (высота оборудования)
$e_{пр}$	м	SH	длина пролета между опорами (расчетный шаг)
N	ед.	N	количество опор
$K_{сп}$	ед.	KG	количество слоев грунта
E	кПа	E	модуль упругости материала
T	ед.	T	количество нагрузок (горизонтальных)
q	кН/м ²	QQQ	вертикальная нагрузка
$e_{пр}$	м	$L(N-1)$	массив длин пролетов
H	м	$ZG(KG)$	массив ординат верхних границ слоев грунта
γ	кН/м ³	$GM(KG)$	массив объемных весов грунта
A	-	$AG(KG)$	массив эмпирических коэффициентов для каждого грунта
N	-	$NG(KG)$	массив эмпирических показателей степени для каждого грунта
K	кН/м ⁴	$KP(KG)$	массив коэффициентов пропорциональности для грунта
φ	град.	$FC(2,KG)$	$FC(1,KG)$ углы внутреннего трения для каждого слоя грунта
C	кПа	-	$F(2,KG)$ величины удельного сцепления для каждого слоя грунта
λ_p	-	$LMD(2,KG)$	$LMD(1,KG)$ коэффициенты горизонтальной составляющей пассивного давления грунта
λ_{pc}	-	-	$LMD(2,KG)$ коэффициенты горизонтальной составляющей пассивного давления грунта от сил сцепления

ПРИЛОЖЕНИЕ 8
(продолжение)

1	2	3	4
I	м^4	$II(N-1)$	массив моментов инерции сечений
P_n	кН	$S(2, T)$	$S(1, T)$ величины горизонтальных сил
i	-	-	$S(2, T)$ номер пролета, к которому приложена сила
a_T	м	$A(T)$	массив привязок точек приложения сил относительно нижней опоры
M	кНм	$M(N)$	массив моментов в опорах
f	м	$RG(N)$	массив прогибов в опорах
R	кН	$R(N)$	реакция грунта

4. Порядок составления исходных данных

4.1. Задание на расчет бойверка на горизонтальную ледовую нагрузку должно содержать:

поперечный разрез сооружения с указанием всех габаритов сооружения и характеристик грунта, положения опор.

4.2. В программе приняты следующие размерности исходных данных
длины - м; нагрузка - $\text{кН}/\text{м}^2$; углы - град.

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Эмпирический коэффициент A следует принимать равным единице для каждого слоя грунта при отсутствии данных зависимости коэффициента пропорциональности от прогиба стенки.

2. Эмпирический показатель степени N следует принимать равным 0 для всех видов грунта.

3. В расчете используется жесткость элементов равная произведению модуля упругости материала на момент инерции сечения $E \times J$, поэтому допускается одну из этих величин принимать равным 1,0, тогда вторую следует принимать равной жесткости элемента.

5.4. Контрольный пример расчета

Исходные данные

Количество опор $N = 54$

Расчетная ширина сооружения $BS = 1.00$

Количество слоев грунта $KG = 5$

Высота сооружения $L1 = 18.00$

Модуль упругости $E = 19,25 \times 10^5$

Расчетный шаг $SH = 0,50$

Характеристики грунтов

Отметка слоя грунта м	Объемный вес грунта кН/м ³	Эмпирич. коэф-нт -	Показат. степени -	Коэф-нт пропорци- ональности кН/м ⁴	Угол внутреннего трения град.	Сцепле- ние кПа	Коэф-нт пассивн. давления -	Коэф-нт пассивн. давления от сцепл. -
0.00	18.00	1.0	0.000	5000.0	30.0	0.00	5.670	0.000
5.00	10.00	1.0	0.000	5000.0	30.0	0.00	5.670	0.000
18.00	10.00	1.0	0.000	2000.0	26.0	15.00	4.230	5.790
24.50	10.00	1.0	0.000	500.0	12.0	12.00	1.800	2.940
24.50	10.00	1.0	0.000	2500.0	30.0	15.00	5.670	7.100

Вертикальная нагрузка $QQQ = 0.00$

Горизонтальная сила $P = 1000.0 \omega$, Точка приложения: пролет № 12 Расстояние от верхней опоры = 0.3000.

Результаты расчета

№ опора	Отметка от верха сооружения	Момент на опоре	Реакция грунта	Несущая способность грунта	Прогиб
	м	кНм	кН	кН	м
1	2	3	4	5	6
1	0.00	0.00	0.65	3.19	0.00416
2	0.50	0.32	5.22	26.51	0.00418
3	1.00	3.26	10.49	51.03	0.00420
4	1.50	11.49	15.81	76.54	0.00422
5	2.00	27.52	21.16	102.06	0.00423
6	2.50	54.18	26.54	127.57	0.00425
7	3.00	94.12	31.90	153.09	0.00425
8	3.50	150.00	37.16	178.60	0.00425
9	4.00	224.47	42.21	204.12	0.00422
10	4.50	320.04	46.87	229.63	0.00417
11	5.00	439.05	91.54	255.15	0.00407
12	5.50	603.82	92.93	269.32	0.00391
13	6.00	615.06	91.96	283.50	0.00368
14	6.50	375.28	88.35	297.67	0.00337
15	7.00	173.68	82.60	311.85	0.00300
16	7.50	16.37	75.27	326.02	0.00262
17	8.00	-103.30	66.88	340.20	0.00223
18	8.50	-189.53	57.92	354.37	0.00185
19	9.00	-246.80	48.81	368.55	0.00150
20	9.50	-279.66	39.87	382.72	0.00118
21	10.00	-292.59	31.40	396.90	0.00090
22	10.50	-269.82	23.57	411.07	0.00065

ПРИЛОЖЕНИЕ 8
(продолжение)

1	2	3	4	5	6
23	11.00	-275.28	16.58	425.25	0.00044
24	11.50	-252.44	10.36	439.42	0.00027
25	12.00	-224.44	5.04	453.60	0.00013
26	12.50	-193.92	6.30	5145.52	0.00001
27	18.00	-19.58	-0.02	23.03	-0.00027
28	18.50	-17.14	-0.13	54.00	-0.00027
29	19.00	-14.81	-0.26	64.57	-0.00026
30	19.50	-12.61	-0.37	75.15	-0.00025
31	20.00	-10.60	-0.46	85.72	-0.00023
32	20.50	-8.82	-0.54	96.30	-0.00022
33	21.00	-7.31	-0.61	106.87	-0.00020
34	21.50	-6.11	-0.16	49.14	-0.00019
35	22.00	-4.98	-0.17	53.64	-0.00017
36	22.50	-3.94	-0.17	58.14	-0.00015
37	23.00	-2.99	-0.16	62.64	-0.00013
38	23.50	-2.12	-0.15	67.14	-0.00011
39	24.00	-1.32	-0.14	71.64	-0.00009
40	24.50	-0.60	-0.60	237.52	-0.00007
41	25.00	-0.17	-0.47	251.70	-0.00005
42	25.50	0.02	-0.32	265.87	-0.00003
43	26.00	0.04	-0.15	280.05	-0.00001
44	26.50	0.00	0.09	457.19	0.00000

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

6.2. Пример заполнения исходных данных

Исходные данные заносятся из таблицы исходных данных, заполняемой заказчиком и отделяются друг от друга запятыми

1-ый набор

количество вариантов
1

2-ой набор

B	$L1$	N	KB	E	T	QQQ	SH
1,	18,	54,	5,	$19,25 \times 10^5$	1,	0,	0.5,

3-ий набор

Массив характеристик грунта

H_i	0.0,	5.0,	18.0,	21.5,	24.5,	
γ_i	180,	100,	100,	100,	100,	
A_i	1.0,	1.0,	1.0,	1.0,	1.0,	
N_i	0,	0,	0,	0,	0,	
K_i	5000,	5000,	2000,	500,	2500,	
φ_i	30,	30,	26,	12,	30,	
C_i	0.0,	0.0,	15,	12,	15,	
λ_{pi}	5.67,	5.67,	4.23,	1.80,	5.67,	
λ_{pi}	0.00,	0.00,	5.79,	2.94,	7.10,	

 i - номер слоя грунта

Массив горизонтальных нагрузок

P_{pi}	1000		
M_{pi}	12,		
a_{tj}	0.3,		

 j - номер нагрузки

Массив моментов инерции

J_K	1, 1,
	1, 1,

 K - номер пролета

6.3. Инструкция оператору

Подготовить пакет, состоящий из:

6.3.1. Карт управления заданием в соответствии с требованием языка управления заданиями ОСЕС (ц 51.804.001.Д2);

6.3.2. Текста программы.

6.3.3. Исходных данных.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЙ УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ
ПИРСОВ ПО ГЛУБИННОМУ СДВИГУ ДЛЯ ЭВИ ТИПА ЕС

Программа IRISHA предназначена для расчета устойчивости оснований узких насыпных пирсов с учетом глубинного сдвига при условии $\frac{H}{B} \approx 1,2$ (где B - ширина пирса, H - высота от отметки дна).

В программе предусмотрено решение задачи устойчивости основания узких пирсов с учетом трех возможных схем расположения центра по поверхности скольжения относительно конструкции сооружения.

Первая схема: вертикаль, проходящая через центр поверхности скольжения, совпадает с линией кордона сооружения, $TД=0$ (рис. 1а)

Вторая схема: вертикаль, проходящая через центр поверхности скольжения, проходит перед сооружением (рис. 1б). В этом случае $TД$ имеет отрицательное значение.

Третья схема: указанная вертикаль расположена в зоне конструкции сооружения (рис. 1в). Величина $TД$ при этом имеет положительное значение.

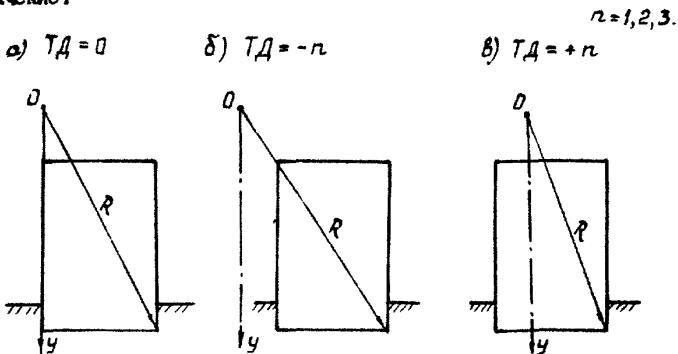
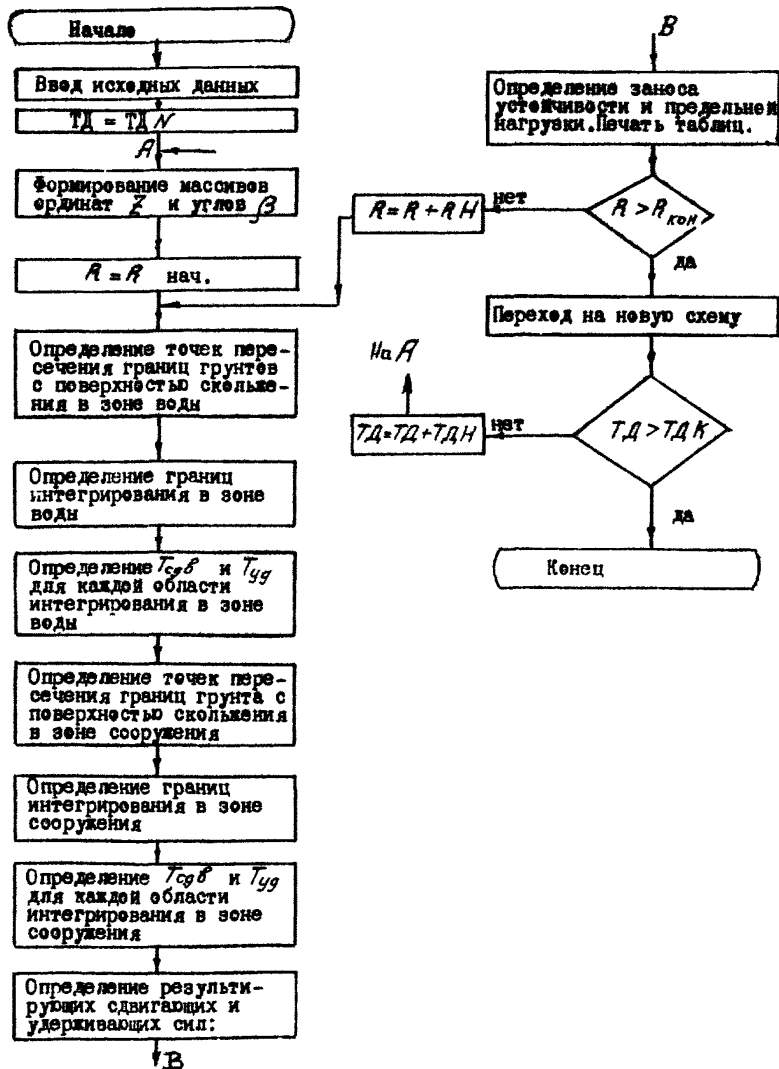


Рис. I. Возможные схемы расчета.

(продолжение)

I. Блок - схема к программе I R I S H A



2. Условные обозначения для составления исходных данных

Обозначение	Размерность	Идентификатор	Наименование величины
1	2	3	4
		<i>НМС</i>	Наименование сооружения.
$a_{нач}$	<i>м</i>	<i>ЯЯ</i>	Начальное расстояние от центра поверхности скольжения до верхней отметки сооружения по вертикали.
$a_{кон}$	<i>м</i>	<i>Р2</i>	Конечное расстояние от центра поверхности скольжения до верхней отметки сооружения по вертикали.
RH	<i>м</i>	<i>РН</i>	Шаг изменения длины радиуса.
$TДН$	<i>м</i>	<i>ТДН</i>	Начальное расстояние от лицевой стенки сооружения (в сторону приложения нагрузки τ) до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
$TДК$	<i>м</i>	<i>ТДК</i>	Конечное расстояние от лицевой стенки сооружения до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
$TДН$	<i>м</i>	<i>ТДН</i>	Шаг изменения расстояния от лицевой стенки сооружения до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
B	<i>м</i>	<i>КТД</i>	Ширина сооружения (диаметр пала).
H	<i>м</i>	<i>Н</i>	Расстояние по вертикали от верхней отметки сооружения до отметки дна. (высота сооружения).
H	<i>м</i>	<i>Ю</i>	Глубина погружения сооружения в грунт основания.
γ	<i>кН/м³</i>	<i>СМ</i>	Объемный вес грунта основания
$K1$	<i>ед</i>	<i>К1</i>	Количество слоя грунта в зоне сооружения.

1	2	3	4
K_2	e_2	K_2	Количество слоев грунта в зоне воды.
N	e_2	N_1	Количество ступеней нагрузок.
HP	M	HP	Плечо приложенной горизонтальной нагрузки относительно точки защемления.
-	-	PAZ	Признак печати: если $PAZ = 1$, то на печать выводятся все промежуточные величины, а именно: $T_d, R, Q, T_{cg}, T_{yg}, d_1, d, \psi, Z_{yg}, Z_{cg}, K, Q_{пр}$ если $PAZ = 2$, то на печать выводятся: $R, T_d, K, Q_{пр}$.
			Массивы характеристик грунтов основания.
φ_i	$град$	$JJ(K, I)$	Угол трения i -того слоя грунта $JJ(1, K_1 + 1) = \phi$; $JJ(2, K_2 + 1) = 0$
c_i	$кПа$	$S(K, I)$	Величина сцепления i -того слоя грунта $S(1, K_1 + 1) = 0$; $S(2, K_2 + 1) = \phi$;
Z_i	M	$ZI(K, I)$	Ордината точек пересечения верхней границы i -того слоя грунта с вертикалью, проходящей через точку А пала, при $T_d = 0$ $ZI(1, K_1 + 1) = 0$; $ZI(2, 1) = 0$ Значение Z - выше дна со знаком (+) ниже дна со знаком (-)
β	$град$	$B(K, I)$	Угол наклона верхней границы i -того слоя грунта к оси X со знаками: (+) - по направлению часовой стрелки, (-) - против направления часовой стрелки.
		$Q(N)$	Массив нагрузок:

- ПРИМЕЧАНИЯ:
- при $K=1$ - характеристиками грунтов, расположенных в зоне сооружения (начинать с верхнего слоя грунта);
 - при $K=2$ - характеристиками грунтов, расположенных в зоне воды перед сооружением (начинать с нижнего слоя грунта);
 - N - количество ступеней нагрузок;

Верхняя отметка сооружения принята в соответствии с приведенной высотой,

3. Порядок составления исходных данных

Задание на расчет устойчивости узких засыпных пирсов с учетом глубинного выпора должно содержать:

поперечный разрез сооружения с указанием слоев грунта, объемных весов, углов внутреннего трения, удельного сцепления для каждого слоя, все габариты сооружения, положение характерных точек (рис.1,2).

В программе приняты следующие размерности исходных данных:

- длины - м ;
- нагрузка - кН ;
- углы - град.

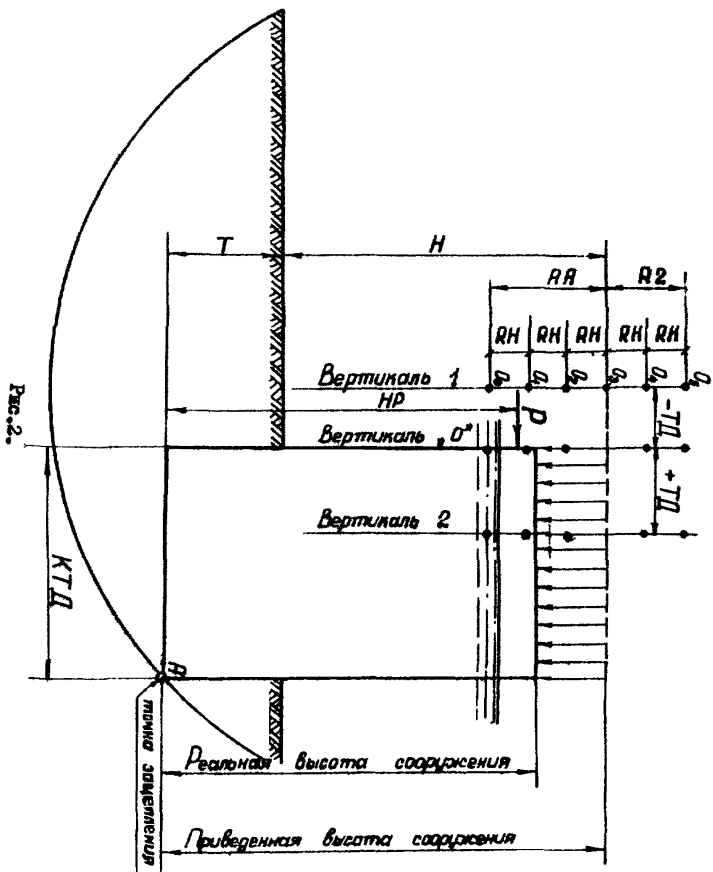


Рис. 2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
(продолжение)

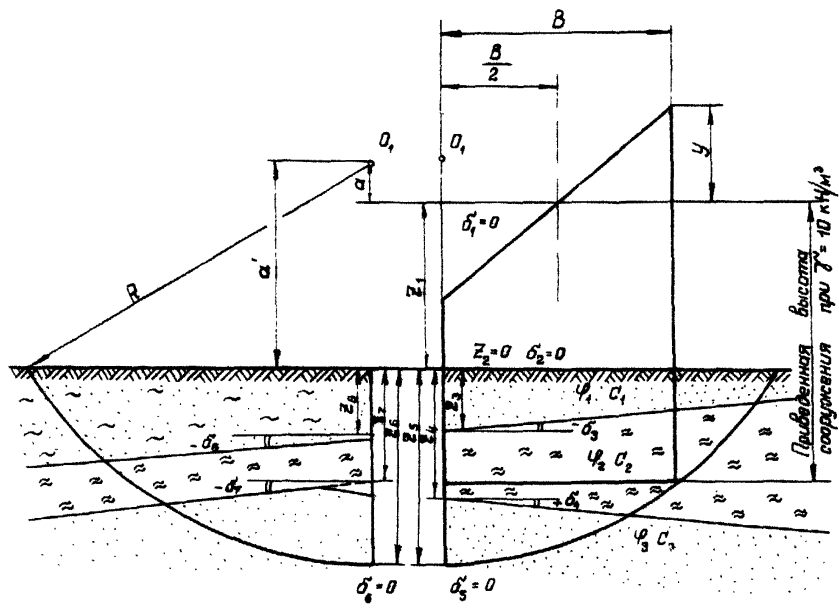


Рис.3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
(продолжение)

4. Пример заполнения исходных данных

Исходные данные записываются на таблицу исходных данных, заполняются она карандашом, на бланки с 1-ой по 80-ую позицию и отделяются друг от друга заплатами.

1 -ый набор

Наименование сооружения (не более 40 позиций)
Мурманский порт причал 5

2 - оя набор

$a_{нач}$	$a_{кон}$	RH	$TДN$	$TДK$	$TДH$	B	H	t	γ	$K1$	$K2$	N	HP	$PR7$
0,	-30,	-5,	-2,	2,	2,	20,	30,	8,	10,	2,	2,	9,	38,	1

3 - ий набор

$Z(1)$	$Z(2)$	$D(1)$	$D(2)$	$D(3)$	$D(4)$	$S(1)$	$S(2)$	$S(3)$	$S(4)$	$S(5)$	$S(6)$	$Z(1)$	$Z(2)$	$Z(3)$	$Z(4)$	$B(12)$	$B(13)$	$B(2)$		
10,	20,	0,	20,	10,	0,	0,	100,	100,	0,	0,	0,	10,2,	0,	0,	10.2,	0,	0,	-155,	0,	0
γ град.			C кПа						Z м				β град.							

$B(2,2)$	$B(2,3)$	$Q(1)$	$Q(2)$	$Q(3)$	$Q(4)$	$Q(5)$	$Q(6)$	$Q(7)$	$Q(8)$	$Q(9)$	
-15,5,	0,	0,	200,	400,	600,	800,	1000,	1200,	1400,	1500	
β град.		Q кН									

5. Таблица исходных данных

Сооружение: Мурманский порт причал 5				Массивы		Зоны	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$TДН = -2$	$TДК = 2$	$TДН = 2$		$JJ(\rho, \max(K1+1u K2+1))$	ψ град.	зона берега	10	20	0							
$\sigma_{НОЧ} = \phi$	$\sigma_{КОМ} = -30$	$\Delta H = -5$				зона воды	20	10	0							
Наименование параметра	Идентификатор		Величина	$SS(\rho, \max(K1+1u K2+1))$	σ к Па	зона берега	0	10	0							
B	KTA	м	20			зона воды	10	0	0							
H	H	м	30	$Z(\rho, \max(K1+1u K2+1))$	Z м	зона берега	0	10.2	0							
t	TP	м	8			зона воды	0	10.2	0							
γ	GM	кН/м ³	10	$B(\rho, \max(K1+1u K2+1))$	β град.	зона берега	0	155	0							
$K1$	$K1$	ед.	2			зона воды	0	155	0							
$K2$	$K2$	ед.	2	$Q(N1)$	P кН	тело пирса	0	200	400	600	008	1000	1200	1400	1600	
N	$N1$	ед.	9													
HP	HP	м	38													
PAZ	PAZ	-	1													

6. Расшифровка результатов расчета

В результате расчета на печать выводится:

если $PRZ = 1$:

6.1. Наименование сооружения.

6.2. Радиус поверхности скольжения (R).

6.3. Величины нагрузок (Q).

6.4. Величина равнодействующей сдвигающих сил (ТСД) для каждой ступени нагрузок.

6.5. Величина равнодействующей удерживающих сил (ТУД) для каждой ступени нагрузок.

6.6. Величина угла между равнодействующими удерживающих и сдвигающих сил (A_1).

6.7. Величина, характеризующая увеличение равнодействующей сдвигающих сил, вызванное увеличением временной нагрузки от Q до Q_2 (L_P).

6.8. Величина угла, характеризующего изменение равнодействующей сдвигающих сил с увеличением нагрузки от P_1 до P_2 (PS).

6.9. ($ТУД_2 - ТУД_1$) - увеличение равнодействующей ТУД с увеличением нагрузки от P_1 до P_2 ($ZУД$).

6.10. ($ТСД_2 - ТСД_1$) - увеличение равнодействующей ТСД с увеличением нагрузки от P_1 до P_2 ($ZСД$).

K - запас устойчивости основания сооружения (K).

PP - предельное значение горизонтальной нагрузки на сооружение.
Если $PRZ = 2$, то печатается только K и PP .

7. Инструкция оператору

Подготовить пакет, состоящий из:

7.1. Карт управления заданием в соответствии с требованиями задания на управления заданиями СССР (д 51.604.001.12).

7.2. Текста программы.

7.3. Исходных данных.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЙ ЗАСЫПНЫХ ПАЛОВ
ПО ГЛУБИННОМУ СДВИГУ ДЛЯ ЭВМ ТИПА ЕС

Программа I R I S H A - 1 разработана для расчета устойчивости нескольких оснований жестких палов с учетом глубинного сдвига за исключением случаев образования фиксированных поверхностей скольжения.

Программа предусматривает решение задачи устойчивости основания жестких палов с учетом трех возможных схем расположения центра поверхности скольжения относительно конструкции сооружения.

Первая схема: вертикаль, проходящая через центр поверхности скольжения, совпадает с линией кордона сооружения, $T_D = 0$ (рис. 1а).

Вторая схема: вертикаль, проходящая через центр поверхности скольжения, проходит перед сооружением (рис. 1б). В этом случае T_D имеет отрицательное значение.

Третья схема: указанная вертикаль расположена в зоне конструкции сооружения (рис. 1в). Величина T_D при этом имеет положительное значение.

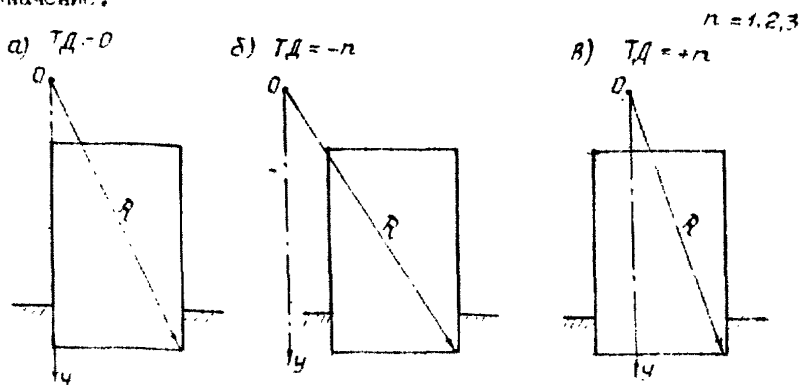
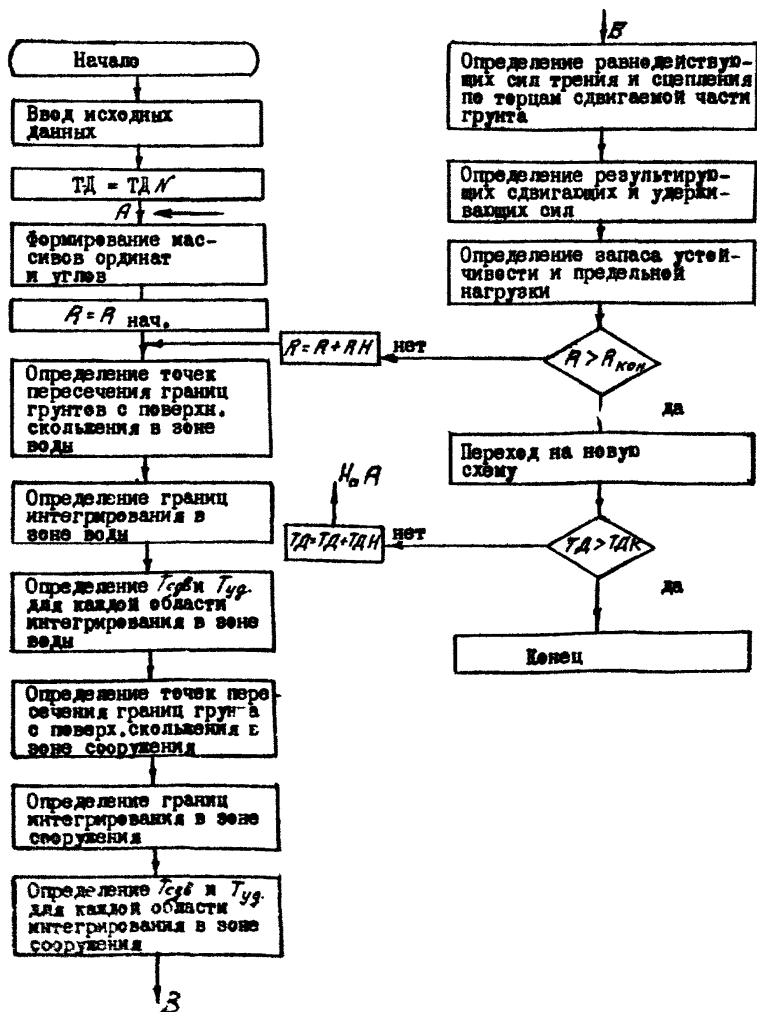


Рис. 1. Возможные схемы расчета.

I. Блок - схема к программе I R I S H A - I



2. Условные обозначения для составления исходных данных

Обозначение	Размерность	Идентификатор	Наименование величины
1	2	3	4
		<i>NMC</i>	Наименование сооружения.
<i>a_{нач.}</i>	<i>м</i>	<i>AA</i>	Начальное расстояние от центра поверхности скольжения до верхней отметки сооружения по вертикали.
<i>a_{кон.}</i>	<i>м</i>	<i>Р2</i>	Конечное расстояние от центра поверхности скольжения до верхней отметки сооружения по вертикали.
<i>РН</i>	<i>м</i>	<i>РН</i>	Шаг изменения длины радиуса.
<i>ТДН</i>	<i>м</i>	<i>ТДН</i>	Начальное расстояние от лицевой стенки сооружения (в сторону приложения нагрузки \bar{D}) до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
<i>ТДК</i>	<i>м</i>	<i>ТДК</i>	Конечное расстояние от лицевой стенки сооружения до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
<i>ТДН</i>	<i>м</i>	<i>ТДН</i>	Шаг изменения расстояния от лицевой стенки сооружения до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
<i>B</i>	<i>м</i>	<i>КТД</i>	Ширина сооружения (диаметр пала).
<i>H</i>	<i>м</i>	<i>H</i>	Расстояние по вертикали от верхней отметки сооружения до отметки дна. (высота сооружения).
<i>t</i>	<i>м</i>	<i>ТО</i>	Глубина погружения сооружения в грунт основания.
γ	кН/м^3	<i>GM</i>	Объемный вес грунта основания
<i>K1</i>	<i>ег</i>	<i>K1</i>	Количество слоев грунта в зоне сооружения.

(продолжение)

1	2	3	4
K_2	ед	K_2	Количество слоев грунта в зоне воды.
N	ед	N_1	Количество ступеней нагрузок.
HP	м	HP	Плече приложенной горизонтальной нагрузки относительно точки защемления.
-	-	PAZ	Признак печати: если $PAZ = 1$, то на печать выводятся все промежуточные величины, а именно $TA, R, Q, T_{cy}, T_{yy}, d_1, d, \psi, Z_{yp}, Z_{cy}, K, Q_{np}$ если $PAZ = 2$, то на печать выводятся: R, TA, K, Q_{np} Массивы характеристик грунтов основания.
φ_i	град	$JJ(K, I)$	Угол трения i -того слоя грунта $JJ(1, K_1+1) = \phi$; $JJ(2, K_2+1) = 0$
c_i	к Па	$S(K, I)$	Величина сцепления i -того слоя грунта $S(1, K_1+1) = 0$; $S(2, K_2+1) = \phi$
Z_i	м	$ZI(K, I)$	Ордината точек пересечения верхней границы i -того слоя грунта с вертикалью, проходящей через точку А палеа, при $TA = 0$ $ZI(1, K_1+1) = 0$; $ZI(2, 1) = 0$ Значение Z - выше дна со знаком (+) ниже дна со знаком (-)
β_i	град	$B(K, I)$	Угол наклона верхней границы i -того слоя грунта к оси X со знаками (+) - по направлению часовой стрелки, (-) - против направления часовой стрелки.
-	-	$JSS(3M)$	Массив характеристик приведенных грунтов
-	-	$JSS(2, M)$	Ордината точки пересечения верхней границы слоя (M) грунта с линией кордона относительно отметки дна.
-	-	$JSS(2, M)$	Величина угла трения M^{20} слоя грунта.
-	-	$JSS(3, M)$	Величина сцепления M^{20} слоя грунта.
-	-	$G(N, I)$	Массив нагрузок

ПРИМЕЧАНИЕ: шрифт $K=1$ - характеристики грунтов расположенных в зоне сооружения (начинать с верхнего слоя грунта);

- при $K = 2$ - характеристики грунтов, расположенных в зоне воды перед сооружением (начинать с нижнего слоя грунта);
- M - количество приведенных слоев грунта;
- N/t - количество ступеней нагрузок.

3. Порядок составления исходных данных

Задание на расчет устойчивости основания ячеистых палов с учетом глубинного выпора должно содержать:

поперечный разрез сооружения с указанием слоев грунта, объемных весов, углов внутреннего трения, удельного сцепления для каждого слоя, все габариты сооружения, положение характерных точек (рис.1).

Кроме того, дополнительный поперечный разрез сооружения с указанием осредненных и приведенных в горизонтальное положение границ слоев грунта, где должны быть обозначены: ординаты точки пересечения слоя грунта с линией кордона относительно отметки дна (рис.2); величины углов трения и удельного сцепления для каждого слоя грунта.

В программе приняты следующие размерности исходных данных:

- длины - м;
- нагрузка - кН;
- углы - град.

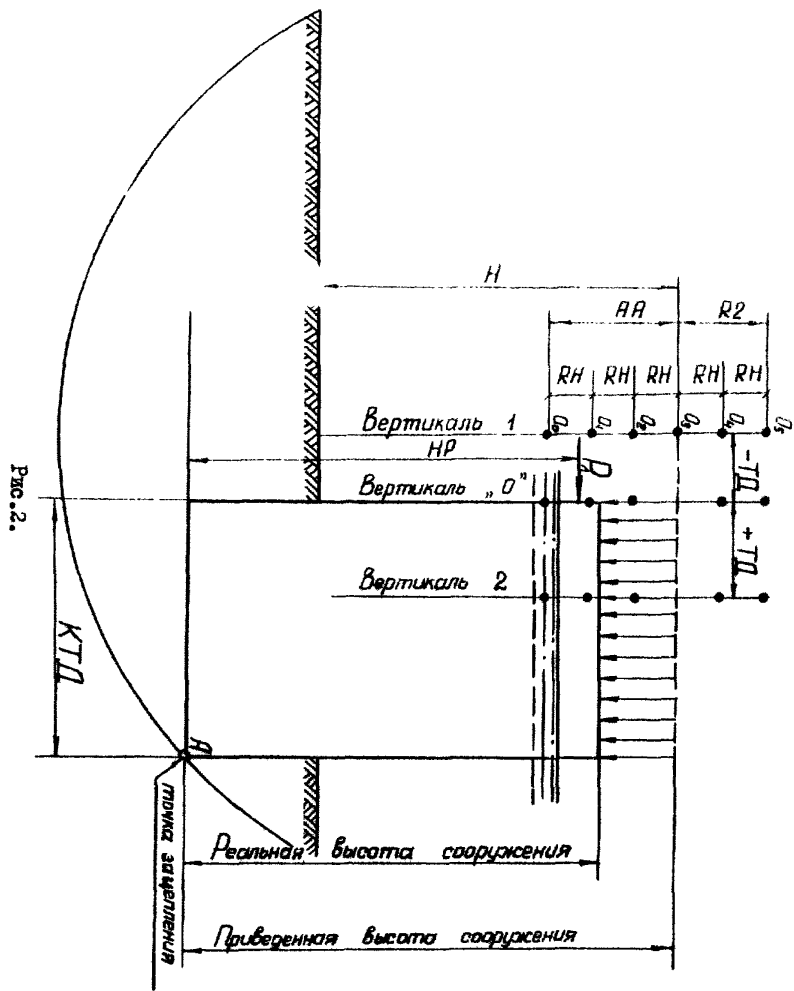


Рис. 2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10
(продолжение)

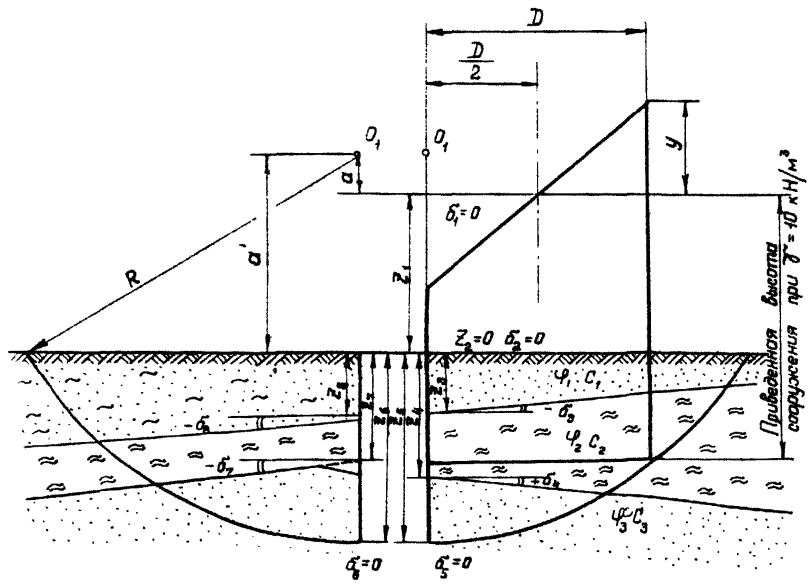


Рис.3.

4. Пример заполнения исходных данных

Исходные данные заполняются на основании исходных данных, полученных от заказчика, на основании с 1-ой по 80-ую позиции и определяются друг от друга взаимно.

1 -ый набор

Наименование сооружения (не более 40 позиций)
Мурманский порт причал 5

2-ой набор

$\alpha_{НОЧ}$	$\alpha_{КОН}$	RH	TAN	ТДК	ТДН	B	H	t	γ	K1	K2	N	M	HP	PRZ
0	30,	-5,	-2,	2,	2,	20,	30,	8,	10,	2,	2,	9,	2,	38,	1

3-ий набор

$Z(1)$	$Z(2)$	$Z(3)$	$Z(4)$	$Z(5)$	$Z(6)$	$S(1)$	$S(2)$	$S(3)$	$S(4)$	$S(5)$	$S(6)$	$S(7)$	$Z(1,1)$	$Z(1,2)$	$Z(1,3)$	$Z(2,1)$	$Z(2,2)$	$Z(2,3)$	B(1,1)	B(1,2)	B(1,3)	B(2,1)		
10,	20,	0	20,	10,	0,	0,	0,	10,	0,	10,	0,	0,	0,	10,	2,	0,	0,	10,	2,	0,	0,	-15.5,	0,	0
φ град.			C к Па				Z м				β град.													

B(2,2)	B(2,3)	Q(1)	Q(2)	Q(3)	Q(4)	Q(5)	Q(6)	Q(7)	Q(8)	Q(9)	
-15.5,	0,	0,	200,	400,	600,	800,	1000,	1200,	1400,	1500	
β град.		Q кН									

$TSS(1,1)$	$TSS(1,2)$	$TSS(2,1)$	$TSS(2,2)$	$TSS(3,1)$	$TSS(3,2)$	
0	16.5	10,	20,	0,	10	
Z м		φ град		C к Па		

Оборудование: Мурманский порт, причал 5			
$TДN = -2$	$TДK = 2$	$TДH = 2$	
$\sigma_{нач} = \phi$	$\sigma_{кон} = -30$	$РН = -5$	
Наименование параметра	Идентификатор		Величина
B	KTA	м	20
H	H	м	30
t	$T\phi$	м	8
γ	GM	кН/м ³	10
$K1$	$K1$	ед.	2
$K2$	$K2$	ед.	2
N	$N1$	ед.	9
M	$M5$	ед.	2
HP	HP	м	38
PAZ	PAZ	-	1

Массив	Зона:	I 2 3 4 5 6 7							
		зона берега	10	20	0				
$JJ(2, \max\{K1+1u K2+1\})$ φ град.	зона воды	20	10	0					
	зона берега	0	10	0					
$S(2, \max\{K1+1u K2+1\})$ C к Па	зона воды	10	0	0					
	зона берега	0	10	0					
$Z1(2, \max\{K1+1u K2+1\})$ Z м	зона воды	0	10	0					
	зона берега	0	155	0					
$B(2, \max\{K1+1u K2+1\})$ β град.	зона воды	0	155	0					
	Z $735(1, M)$	0	165						
$T^{\circ}S(3, M)$	φ $735(2, M)$	20	10						
	C $735(3, M)$	0	10						
$Q(N)$	P	теле пада	0	20	400	600	800	1000	1200
		I400, I500							

5: Таблица исходных данных

(продолжение)

6. Расшифровка результатов расчета

В результате расчета на печать выводится:

если $PRZ = 1$:

- 6.1. Наименование сооружения.
- 6.2. Радиус поверхности скольжения (R).
- 6.3. Величины нагрузок (Q).
- 6.4. Величина равнодействующей сдвигающих сил (TCD) для каждой ступени нагрузок.
- 6.5. Величина равнодействующей удерживающих сил (TUD) для каждой ступени нагрузок.
- 6.6. Величина угла между равнодействующими удерживающих и сдвигающих сил (AI).
- 6.7. Величина, характеризующая увеличение равнодействующей сдвигающих сил, вызванное увеличением временной нагрузки от Q_1 до $Q_2(LP)$.
- 6.8. Величина угла, характеризующего изменение равнодействующей сдвигающих сил с увеличением нагрузки от $P1$ до $P2 (PS)$.
- 6.9. ($TUD_2 - TUA_1$) - увеличение равнодействующей TUD с увеличением нагрузки от $P1$ до $P2 (ZUD)$.
- 6.10. ($TCD_2 - TCD_1$) - увеличение равнодействующей TCD с увеличением нагрузки от $P1$ до $P2 (ZCD)$.

K - запас устойчивости основания сооружения (K).

PP - предельное значение горизонтальной нагрузки на сооружение.

Если $PRZ = 2$, то печатается только K и PP .

7: Инструкция оператору

Подготовить пакет, состоящий из:

- 7.1. Карт управления заданием в соответствии с требованием языка управления заданиями ОСЕХ (д 51.804.001.Д2).
- 7.2. Текста программы.
- 7.3. Исходных данных.

Соотношения между некоторыми единицами физических величин, подлежащих изъятию,
и единицами СИ

Наименование величины	Единица				Соотношение единиц
	подлежащая изъятию		СИ		
	Наименование	обозна- чение	наимено- вание	обозна- чение	
Сила, нагрузка; вес	килограмм-сила тонна-сила грамм-сила	кгс тс гс	ньютон	Н	$1 \text{ кгс} \sim 9,8 \text{ Н} \sim 10 \text{ Н}$ $1 \text{ тс} \sim 9,8 \cdot 10^3 \text{ Н} \sim 10 \text{ кН}$ 10 мН
Линейная нагрузка	килограмм-сила на метр	кгс/м	ньютон на метр	Н/м	$1 \text{ кгс/м} \sim 10 \text{ Н/м}$
Поверхностная нагрузка	килограмм-сила на квадратный метр	кгс/м ²	ньютон на квадратный метр	Н/м ²	$1 \text{ кгс/м}^2 \sim 10 \text{ Н/м}^2$
Давление	килограмм-сила на квадратный сантиметр миллиметр водяного столба миллиметр ртутного столба	кгс/см ² мм вод. ст. мм рт.ст.	паскаль	Па	$1 \text{ кгс/см}^2 \sim 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$ $\sim 10^5 \text{ Па} \sim 0,1 \text{ МПа}$ $1 \text{ мм вод.ст.} \sim 9,8 \text{ Па}$ $\sim 10 \text{ Па}$ $1 \text{ мм рт.ст.} \sim 133,3 \text{ Па}$
Механическое напряжение Модуль продольной упругости модуль сдвига; модуль объемного сжатия	килограмм-сила на квадратный миллиметр килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/мм ² кгс/см ²	паскаль	Па	$1 \text{ кгс/мм}^2 \sim 9,8 \cdot 10^6 \text{ Па}$ $\sim 10^7 \text{ Па} \sim 10 \text{ МПа}$ $1 \text{ кгс/см}^2 \sim 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$ $10^5 \text{ Па} \sim 0,1 \text{ МПа}$
Момент силы; момент пары сил	килограмм-сила-метр	кгс.м	ньютон-метр	Н.м	$1 \text{ кгс.м} \sim 9,8 \text{ Н.м}$ $\sim 10 \text{ Н.м}$

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАИМСТВОВАННЫХ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ
ДОКУМЕНТОВ

- СНиП П-51-74 Гидротехнические сооружения морские.
Основные положения проектирования.
- СНиП П-16-76 Основания гидротехнических сооружений.
- СНиП П-57-75 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооруже-
ния (волновые, ледовые и от судов).
- СНиП П-А.12-69* Строительство в сейсмических районах.
- СНиП П-9-78 Инженерные изыскания для строительства.
Основные положения.
- ВСН 9-69 Указания по расчету общей устойчивости портовых
Минморфлот причальных сооружений по методу разрушающих усилий.
- ВСН 3-80 Инструкция по проектированию морских причальных
Минморфлот сооружений.
- ВНТП 01-78 Нормы технологического проектирования морских портов.
Минморфлот
- СН 200-62 Технические условия проектирования железнодорожных,
автодорожных, городских мостов и труб.
- РТМ 31.3012-77 Руководство по расчету основания причальных соору-
жений распорного типа на слабых грунтах по деформа-
циям.
- РТМ 31.3016-78 Указания по проектированию больверков с учетом
перемещения и деформаций элементов.
- ВСН 6/116-74 Указания по обеспечению долговечности
Минморфлот, Минтрансстрой бетонных и железобетонных конструкций
морских гидротехнических сооружений.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	I
2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОМПОНОВКЕ СООРУЖЕНИЙ	5
3. УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАГРУЗОК НА СООРУЖЕНИЕ	8
3.1. Указания по определению давления грунта на сооружения	8
3.2. Указания по определению ледовых нагрузок на сооружения	13
4. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ СООРУЖЕНИЙ	18
5. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ УЗКИХ ЗАСЫННЫХ ПИРСОВ	21
5.1. Указания по назначению основных размеров сооружения и определения нагрузок	21
5.2. Указания по расчету устойчивости узких засынных пирсов	22
5.3. Общие указания по расчету элементов конструкции	26
6. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ЗАСЫННЫХ ПАЛОВ	29
6.1. Указания по определению вертикальных и горизонтальных нагрузок на пал	29
6.2. Указания по определению основных размеров засынных палов	30
6.3. Указания по расчету прочности замковых соединений шпунтовых ограждений	33
6.4. Указания по проверке устойчивости грунта основания перед палом и определению смеще- ний верхней части пала	35
7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ	38
ПРИЛОЖЕНИЕ I. Расчет устойчивости оснований узких засынных пирсов и палов по глубинному сдвигу	42

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Расчет устойчивости оснований узких засыпных пирсов и палов по плоским поверхностям скольжения	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Значения дополнительных коэффициентов условий работы (рекомендуемое)	61
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Рекомендуемые схемы компоновки сооружений (рекомендуемое)	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Коэффициенты λ , равнодействующих удерживающих сил $T'_{\text{уд}}$ по методу плоских поверхностей скольжения	66
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Пример расчета сооружения (справочное) .	68
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Пример расчета устойчивости основания засыпного цилиндрического пала по плоским поверхностям скольжения (справочное) . .	95
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Программа расчета ограждения узких засыпных пирсов на горизонтальную ледовую нагрузку (справочное)	110
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Программа расчета устойчивости оснований узких засыпных пирсов по глубинному сдвигу на ЭВМ (справочное)	123
ПРИЛОЖЕНИЕ 10. Программа расчета устойчивости оснований засыпных палов по глубинному сдвигу на ЭВМ (справочное)	133
ПРИЛОЖЕНИЕ 11. Таблица физических величин	143
ПРИЛОЖЕНИЕ 12. Перечень заимствованных нормативно-технических документов (справочное)	144

**РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ И ПАЛОВ
С УЧЕТОМ АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

РД.31.31.23-81

**ЦЕНТРАЛЬНОЕ РЕКЛАМНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ АГЕНТСТВО
(ПРИА "МОРФЛОТ")**

Редактор Г.Г.Тимофеева

**Подписано в печать 26.10.81. Формат 60x84/16. Печать офсетная. Усл.печ.л.8,71.
Уч.-изд.л. 4,96. Печ.л. 9,37. Тираж 330. Заказ 905. Бесплатно**

**Ротапринт ЦЕНТИ ММФ
125080, Москва, А-80, Волоколамское шоссе, дом 14**