

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА СССР

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

**РД 31.31.23-81**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ РД 31.31.23-81  
может быть использовано  
в качестве сырьевого  
материала  
ОСНОВАНИЕ с 01.06.93г.

Москва 1982

**РАЗРАБОТАН** Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта (Совзиморнипроект) - Ленинградским Филиалом "Лензиморнипроект".

В.А.СИРСОВ - 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 "Совзиморнипроект" № 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 Союзморнипроекта 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

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

1.2. 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 засыпные пирсы, которые рационально применять в условиях Арктики с ограждением в следующем оформлении:

взаимозаанкеренные бульверки из стального шпунта или элементов повышенной несущей способности (рис.1а);

взаимозаанкеренные экранированные бульверки (рис.1б);

взаимозаанкеренные бульверки с передним экраном (рис.1в);

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

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

1.5. Конструкцию соединительной части узкого засыпного пирса с берегом следует принимать по типу, принятому для технологической площадки, или мостового типа с опорами, конструкция которых аналогична конструкции палов. 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

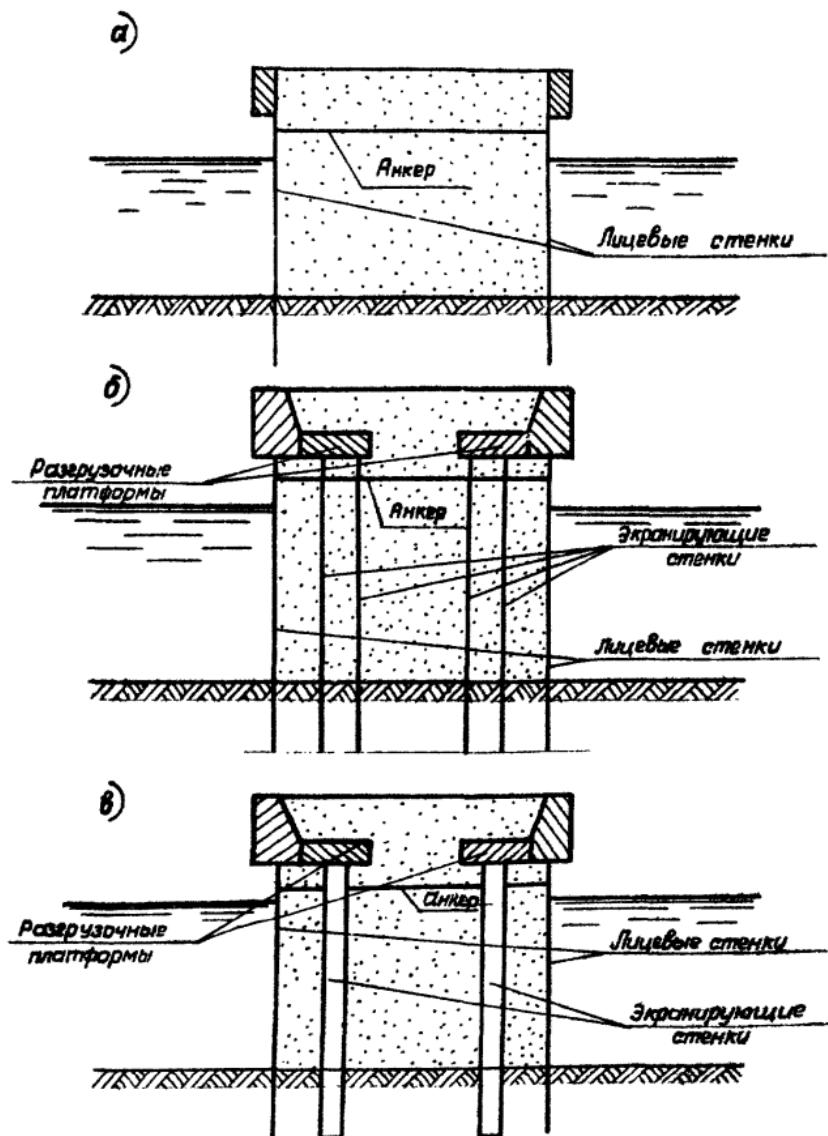


Рис. I. Схема конструкций узких засыпных пирсов.

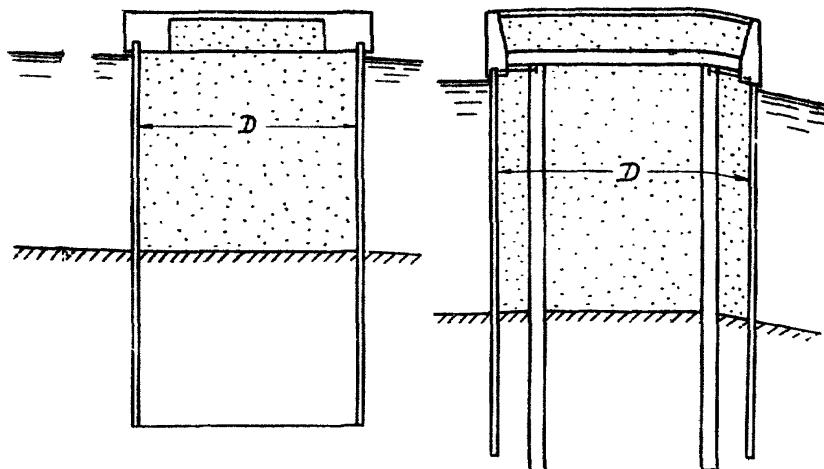


Рис.2а. Схема пала из стальной ячейки с ячейкой.

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

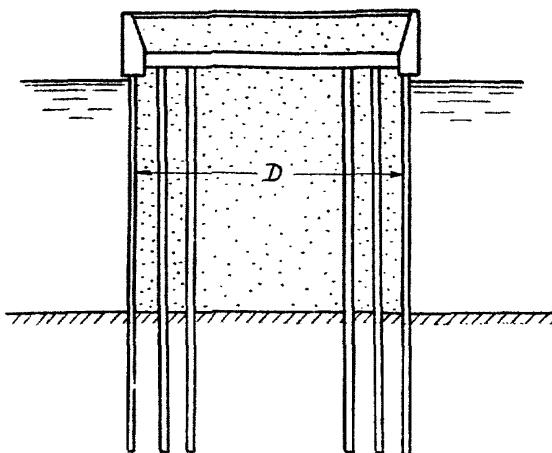


Рис.2в. Схема конструкции ячеистого пала типа экранированного бельверка.

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

1.8. Причальные 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 перегру佐очных 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 (рекомендованное).

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

в зависимости от эксплуатационных и противопожарных требований 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 высадки 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. Щирина 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 пала принимаются с учетом размещения на них необходимого высадочного и другого оборудования, но не менее величины, определяемой расчетами устойчивости пала.

2.12. Возвышение кордона сооружения принимается по ВНТПО1-78  
Инцидентный морфолог 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 погрузо-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 швартовыми 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  $90^{\circ}$  к берегу рекомендуется определять по формуле

$$\ell_{сн} \geq \frac{L_c}{2} + \ell_1 + \ell_2 - \frac{\ell_1}{2}, \quad (2.1)$$

- где  $L_c$  - длина расчетного судна;  
 $\ell_1$  - расстояние от судна до границы проектной глубины с  
сторону берега, принимаемое по БНТП 01-78,  
Минморфлот  
 $\ell_2$  - длина соединительной части, необходимая для прохода до проектной глубины;  
 $\ell_1$  - 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 засыпок персов определяется по методу предельных состояний с учетом криволинейного характера поверхности скольжения призмы обрушения в соответствии с требованиями РТМ З1.3016-78.

В случае, когда плоскость обрушения, проведенная из точки, расположенной на уровне 0,67 от глубины забивки лицевой оградительной стеки, выходит за габариты сооружения, активное давление грунта на лицевую стеку экранированного бальверка следует определять с учетом эффекта склона в соответствии с требованиями РТМ З1.3016-78.

3.1.2. Давление грунта на щупут 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 территорию;

$\theta$  – угол наклона поверхности скольжения сдвигаемого объема грунта относительно горизонта;

$\varphi$  – 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.За,б);

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

Веса  $G_1$  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.

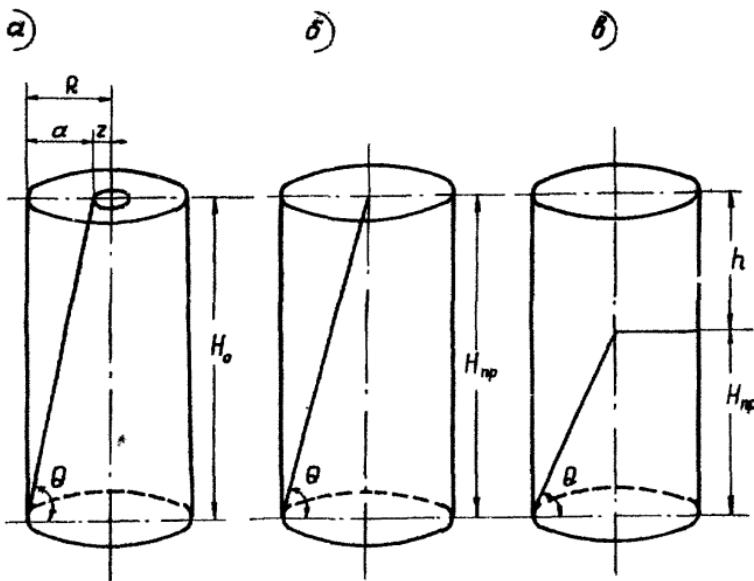


Рис.3. Схемы обрушения грунта засыпки  
в цилиндрической ячейке.

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

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

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

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

3.1.6. Значения углов  $\theta$ , 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 стенки шпунтового ограждения пала и ординаты эпоры давления грунта определять по формулам:

$$E_{\alpha i} = E'_{\alpha i} b'_i; \quad (9)$$

$$\bar{b}_i = \bar{b}_{ai}^{ep} b_i. \quad (10)$$

где  $E'_{\alpha i}$  и  $\bar{b}_{ai}^{ep}$  – соответственно, равнодействующая давления грунта и ордината его эпоры по Кулону для плоской стены;

$b'_i$ ,  $b_i$  – соответственно, коэффициенты уменьшения равнодействующей давления грунта  $E'_{\alpha i}$  и ординаты эпоры давления грунта  $\bar{b}_i^{ep}$ , определяемые по графикам (рис. 4а, б).

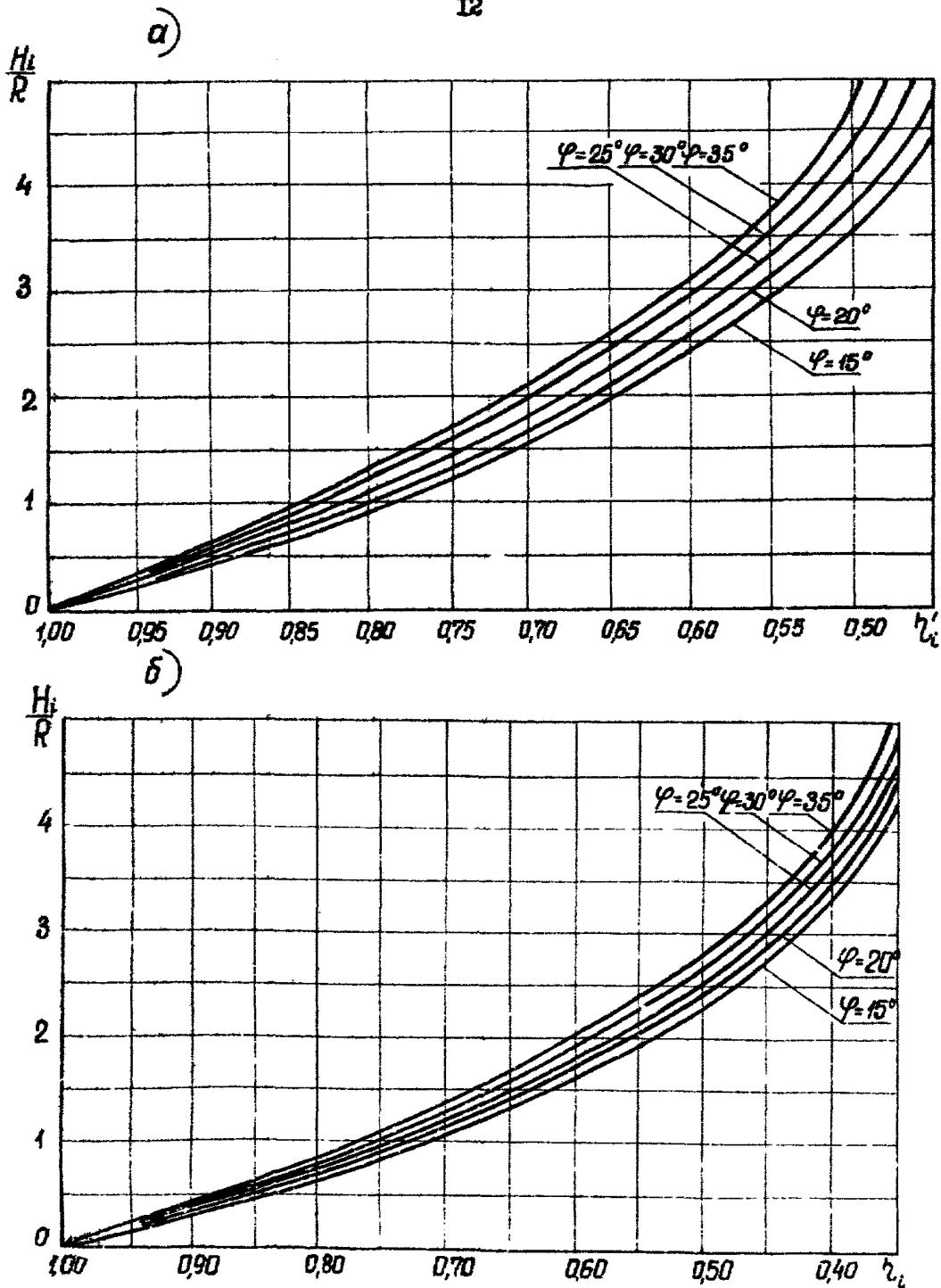


Рис.4. Графики изменения коэффициента  $\gamma_i$ :

- а - для равнодействующей давления грунта,  $\gamma_i'$ ;
- б - для ординат давления грунта,  $\gamma_i$ .

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 II-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  $R_{\lambda}$  по формуле.

$$R_{\lambda} = 0.8 K_1 \cdot K_2 \cdot R_1 , \quad (11)$$

- где  $\ell$ , - 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  $K_1$ , учитывавшего структуру льда

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

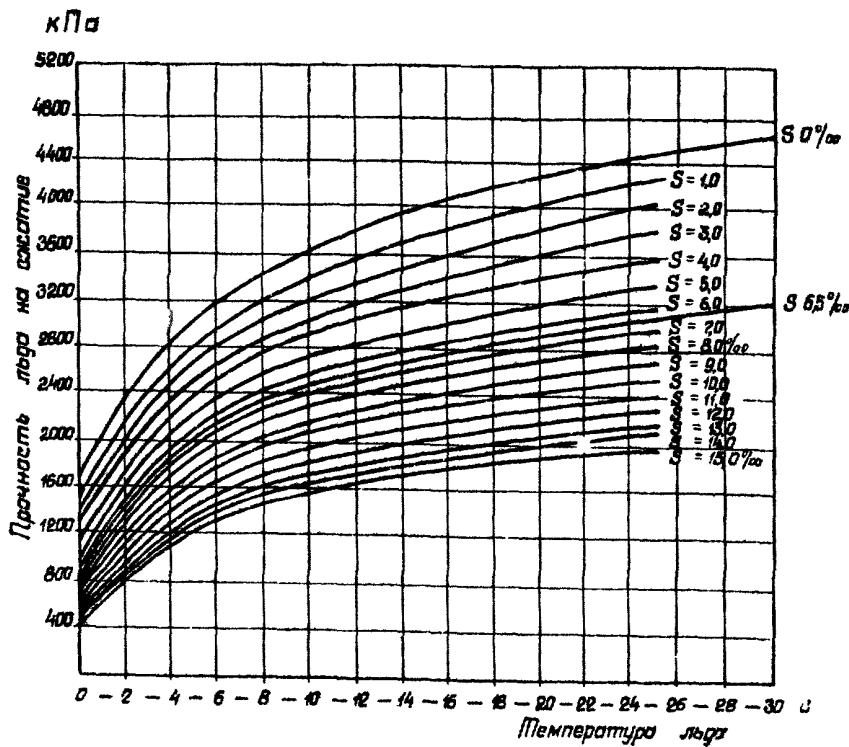


Рис.5. Зависимость прочности льда на сжатие от его температуры и солености.

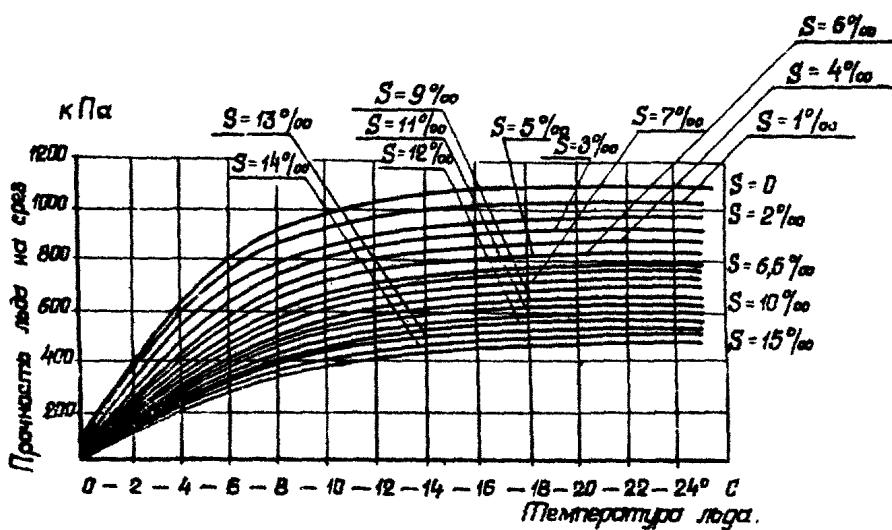


Рис.6. Зависимость прочности льда на срез от его температуры и солености.

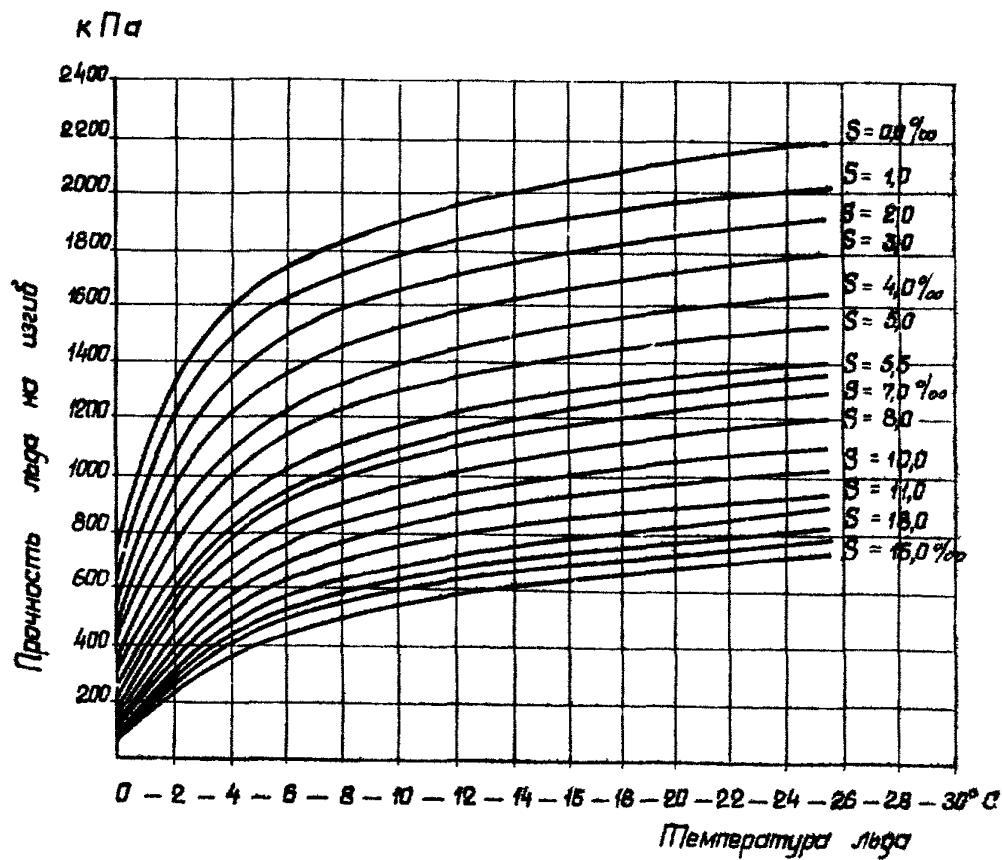


Рис.7. Зависимость прочности льда на изгиб от его температуры и солености.

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 замерзания	0,85	1,25	1,1
Параллельно поверхности замерзания	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.

Минморбфлот

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.

Эпоры 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, вызванное волнением, гидростатическим давлением и сейсмическими воздействиями суммируются с нагрузками, действующими на лицевую стенку сооружения.

4.6. При проектировании сооружений, в основании которых располагаются слабые грунты ( $J_s \geq 0,75$ ,  $E_s < 5000$  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 действие нагрузок особого сочетания с учетом сейсмики. Расчет следует проводить в соответствии с требованиями главы СНиП II-А.12-69 \* и действующи-

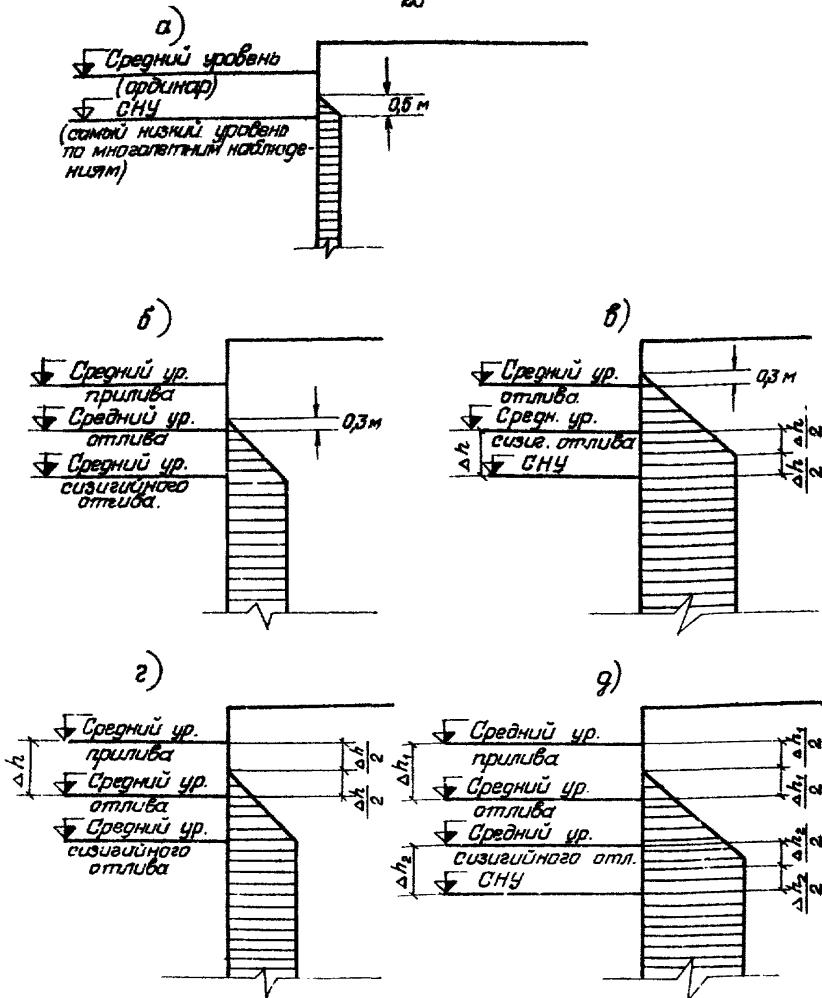


Рис.8. Гидростатическое давление воды на шпунтовые стенки причальных сооружений.

- в безливных морях при дренажных устройствах для основного и особого сочетания нагрузок;
- ,в) - в ливных морях при водопроницаемых стенах или стенах с дренажными устройствами;
- ,д) - в ливных морях при водонепроницаемых стенах;
- ,г) - для основного сочетания нагрузок;
- ,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 + 0,30 свободной высоты лицевой стены.

5.1.5. Экранирующие стены 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 листовых 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 анкеровки;

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 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 дополнительную 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 стены ограждения на поворот вокруг точки анкеровки следует выполнять в соответствии с требованиями ВСН 3-80 и РТМ 31.3016-78.

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

$$n_c n \cdot M_{cgb} \leq \frac{m}{K_u} m_g M_{yg}, \quad (12)$$

где  $M_{cgb}$  - суммарный момент внешних горизонтальных сил относительно подошвы сооружения;

$M_{yg}$  - суммарный момент удерживающих сил относительно центра подошвы, вычисляемый с учетом характеристик грунтов основания, установленных в соответствии с требованиями СНиП II-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;

$\mu_1$  - коэффициент перегрузки, принимаемый равным 1,25;

$\mu_2$  - 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;

$m_g$  - 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 попечечных шпунтовых стенок в конструкции парса (пп.5.2.8, 5.2.9).

5.2.6. Суммарный момент удерживающих сил на один метр по длине сооружения  $M_{yy}$  определяется по формулам:

на скальном основании

$$M_{yy} = 0,33 BE_{a1} (2 \operatorname{tg} \varphi_{\text{ф}} + \operatorname{tg} \delta') + 0,33 BE_{a2} \operatorname{tg} \delta''_a + M_o; \quad (13)$$

на основании, подстилаемым скальным грунтом

$$M_{yy} = 0,17 BE_{a1} (4 \operatorname{tg} \varphi_{\text{cp}} + \operatorname{tg} \delta') + 0,17 BE_{a2} \operatorname{tg} \delta''_a + M_o, \quad (14)$$

где  $E_{a1}$  - активное давление грунта на внутреннюю поверхность лицевой стены ограждения;

$E_{a2}$  - активное давление грунта ниже уровня дна на внешнюю поверхность лицевой стены ограждения;

$B$  - ширина парса;

- $\varphi_{cp}$  - средневзвешенное значение угла внутреннего трения грунта внутри ограждения в пределах всей высоты парса;
- $\delta'$  - угол трения грунта внутри ограждения по высоте лицевой стенки ограждения, принимаемый  $0,67 \varphi_{cp}$ , но не более  $30^\circ$ ;
- $\delta''$  - 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  $30^\circ$ ;
- $M_o$  - 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  $M_o$  определяется по формуле

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

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

$\ell'_i$  - 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

$$M_{yg} = 0,33 BE_{act} (2 \operatorname{tg} \varphi_{cp} + \operatorname{tg} \delta'_i) + 0,33 BE_{act} \operatorname{tg} \delta''_i + \\ 0,33 \frac{B^2}{2} E_{act} \operatorname{tg} \delta'_i + M_o; \quad (16)$$

на основании, подстилаемых скальным грунтом

$$M_{yy} = q_1 \pi B E_m (4 \operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \delta) + q_1 \pi B E_m \operatorname{tg} \delta_2 + q_1 \pi \frac{B^2}{\ell} E_m \operatorname{tg} \delta_2 + M_0, \quad (17)$$

где  $\ell$  - 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 <sup>ВСН 3-80</sup><sub>Минмормпот</sub> и РТМ 31.3016-78.

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

$$M'' = (m_c M + M_n) (D + \Delta), \quad (18)$$

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;
- $D_s, \Delta$  - 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 3-60 Минморплот.

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

$$M_g'' = (m_c M_g + M_{a,g}) (D_g + \delta_g), \quad (19)$$

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

ПРИМЕЧАНИЕ. Значение изгибающих моментов  $M, M_a, M_g, M_{a,g}$  следует принимать по максимуму с учетом и без учета нагрузок на территории.

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 тягах 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 засыпных 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 ВСН 3-80 - .

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

$$q_{\max} = \frac{G}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right), \quad (4)$$

- 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

$$a = \frac{M_{yy} - M_{op}}{G} , \quad (22)$$

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

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

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

- где  $R$  - радиус цилиндрического пала;
- $G, e$  - определено впп.6.1.6.

## 6.2. Указания по определению основных размеров власитых палов

6.2.1. Основные размеры личистых 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:

$$\eta_c \pi M \leq \frac{\pi}{K_n} m_g M_p, \quad (24)$$

где  $\eta_c$ ,  $\pi$ ,  $K_n$ ,  $m_g$  - расчетные коэффициенты, принимаемые, в соответствии с требованиями ВСН 3-80 Микроморфлот, 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

$$M_p = 0,589 E_a D^3 (t g \varphi_{cp} + \rho + \frac{2N}{E_a D} + 0,045 t g \delta_i) + M_o. \quad (25)$$

где  $E_a$  - активное давление грунта засыпки на внутреннюю поверхность шпунта ограждения пала, определяемое по пп.3.1.2 + 3.1.7 настоящего РД;

$D$  - диаметр пала;

$\varphi_{cp}$  - средневзвешенное значение угла в. 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;
- $\delta$ , - угол трения грунта засыпки о шпунтовую стенку, принимаемый равным 0,67  $\varphi_{cp}$ ;
- $M_o$  - 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  $M_o$  определяются с учетом характеристик грунтов, установленных в соответствии с требованиями СНиП II-16-76.

**6.2.5.** Равнодействующая дополнительных сил сопротивления смещению грунта засыпки ячеек по вертикальной плоскости  $N$ , реализующаяся 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

$$N = F_g \cdot R_p, \quad (27)$$

где  $F_a$  - площадь поперечного сечения металлического пояса жесткости;

$R_{cp}$  - расчетное сопротивление материала пояса жесткости на срез;

$F_g$  - площадь поперечного сечения бетонного кольца;

$R_p$  - расчетное сопротивление бетона на растяжение.

6.2.6. Площадь поперечного сечения бетонного кольца определяется по формуле

$$F_\sigma = 0.5 h_\sigma (\Delta - d), \quad (28)$$

где  $h_\sigma$  - высота сечения жесткой диафрагмы, выполненной в виде бетонного кольца;

$\Delta$  - внешний диаметр бетонного кольца, равный диаметру ячеистого палла;

$d$  - внутренний диаметр бетонного кольца.

6.3. Указания по расчету прочности замковых соединений шпунтовых ограждений

6.3.1. Расчет прочности замковых соединений шпунтовых ограждений палла 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, определяемые в соответствии с требованием ВСН 3-80 по п.5.2.5 настоящего Руководства;

$P_z$  - 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

$$P_z = P_{zp} + P_{cosp}, \quad (30)$$

где  $P_{zp}$  - разрывающие усилия от давления грунта засыпки палла;

$P_{\text{соп}}$  - 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

$$P_{\text{зп}} = \mathcal{Z}_{ai}^{sp} \cdot R, \quad (31)$$

где  $\mathcal{Z}_{ai}^{sp}$  - максимальная ордината давления грунта засыпки по внутренней поверхности шпунта ограждения;

$R$  - радиус цилиндрического пала.

Ордината давления грунта засыпки пала  $\mathcal{Z}_{ai}^{sp}$  определяется по Кулону как для плоской стены

$$\mathcal{Z}_{ai}^{sp} = (\Sigma \gamma_i' h_i + q) \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 0.5 \Psi_i), \quad (32)$$

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

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

$$P_{\text{соп}} = \frac{2P_h}{G'} \mathcal{Z}_{ai}^{sp} \cdot A, \quad (33)$$

где  $P_h$  - 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;

$\mathcal{Z}_{ai}^{sp}$  - определено в п.6.3.3 настоящего Руководства;

$\alpha$  - 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 разрывющих усилий  $P_3$  по формуле

$$P_3 = P_{sp} + P_{cos\varphi} + P_{kog}, \quad (34)$$

где  $P_{kog}$  - разрывющие усилия от козырьков, передаваемые через угловую шпунтину на стенку шпунта ограждения пала;

$P_{sp}$  и  $P_{cos\varphi}$  - определены в пп. 6.3.3 + 6.3.4 настоящего РД.

Разрывющие усилия от козырьков  $P_{kog}$  определяются по формуле

$$P_{kog} = \beta_i \pi \cos \beta, \quad (35)$$

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

$r$  - радиус очертания козырька;

$\beta$  - 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

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

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

$\delta_y$  - максимальная ордината эпоры 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  $\gamma'$  - объемный вес грунта;

$D$  - диаметр пала;

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

$\lambda_p$  - 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 II-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 допускаемое 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 обще конструктивные требования ВСН 3-80, РТИ 31.3016-78 и дополнительные требования настоящего Руководства.

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

7.3. В качестве элементов лицевых и экранирующих стенок сооружения следует принимать любые профили стального или железобетонного шпунта и свай, сваи-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 загружения анкерных 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. Из не скальных грунтов рекомендуется применять гравий, гальваник и песок различной крутизны, 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 адре 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 гарантированными 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 6/18-74  
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 расцепления 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 соответствующем 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 завершенный 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.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЙ УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ  
И ПАЛОВ ПО ГЛУБИННОМУ СДВИГУ

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

$$\pi_c \cdot \pi \cdot T_{cgb.} \leq \frac{\pi}{K_h} \cdot m_g \cdot T_{cgb. pr}, \quad (1)$$

где  $\pi_c$ ,  $\pi$ ,  $m_g$ ,  $K_h$  - расчетные коэффициенты, принимаемые в соответствии с требованиями ВСН 3-89 и настоящего РД;

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

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

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

2. Равнодействующая предельных сдвигающих сил  $T_{cgb. pr}$  определяется по формуле

$$T_{cgb. pr} = \sqrt{T_{cgb.}^e + L^e + 2 T_{cgb.} \cdot L \cos(\alpha'_r - \psi)}, \quad (2)$$

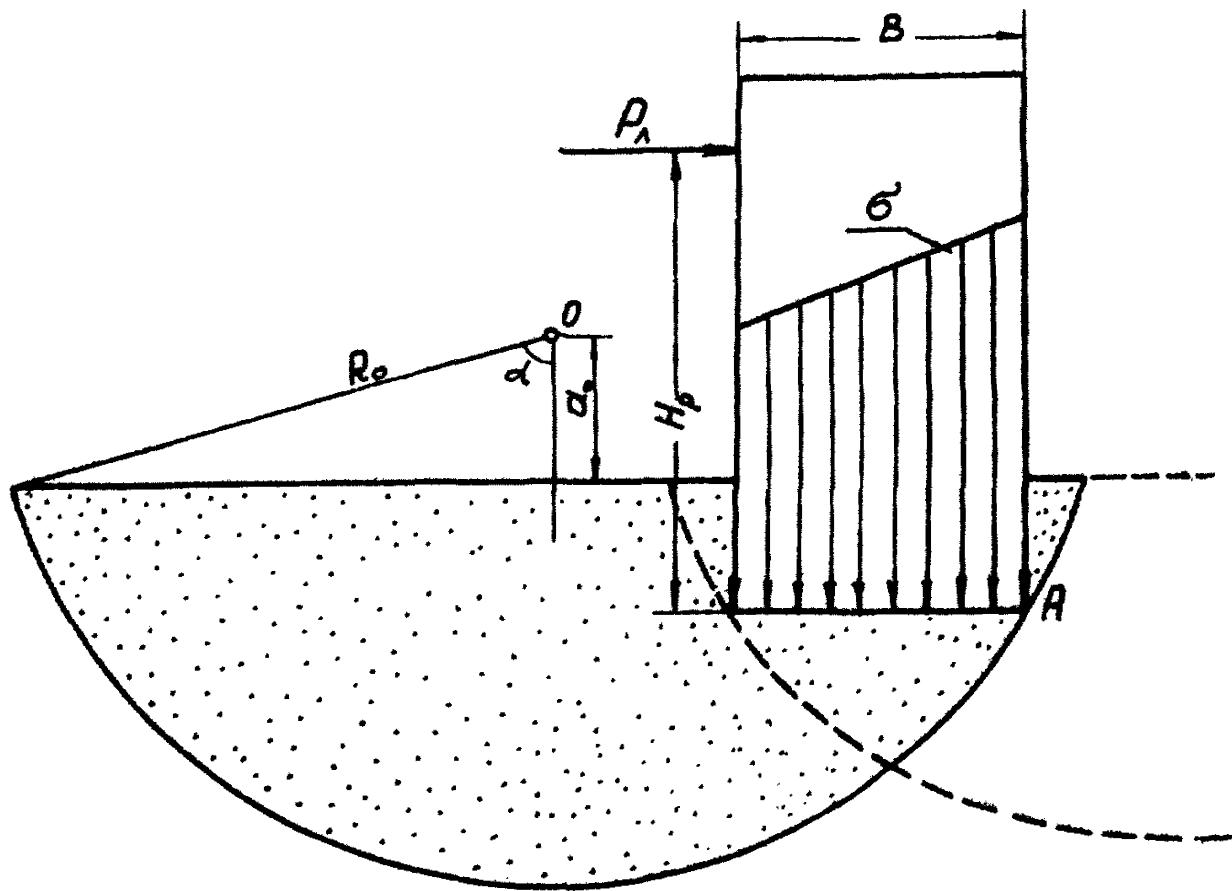


Рис. I. Схема выпора основания загруженного  
пирса (пала).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
(продолжение)

- где  $L$  - величина, характеризующая увеличение равнодействующей сдвигающих сил при увеличении горизонтальной нагрузки на сооружение от  $P_{n1}$ , соответствующей 0,5  $P_n$  ( $P_n$  - горизонтальная нагрузка), до  $P_{npr}$  (предельной нагрузки), определяемая по п.3 настоящего Приложения;
- $\alpha'$  - угол пересечения равнодействующих сдвигающих  $T_{cgb,1}$  и удерживающих сил  $T_{yg,1}$ , соответствующих эксплуатационным нагрузкам, принятым по проекту, определяемый по п.7 настоящего Приложения;
- $\psi$  - угол отклонения линии действия величины  $L$  от направления равнодействующей удерживающих сил  $T_{yg,1}$  определяемый в п.15 настоящего Приложения.

3. Величина  $L$  определяется по формуле

$$L = \frac{T_{yg,1} + T_{cgb,1} (\sin \alpha' \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cp} - \cos \alpha')}{\cos \psi - \frac{c_{yg}}{c_{cgb}} - \sin \psi \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cp}}, \quad (3)$$

- где  $T_{cgb,1}, T_{yg,1}$  - равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил, определяемые при действии первой ступени горизонтальной нагрузки  $P_{n1}$  по п.4 настоящего Приложения;
- $\varphi_{cp}$  - средневзвешенное значение угла внутреннего трения грунтов, расположенных по поверхности скольжения;
- $\ell_{yg}, \ell_{cgb}$  - величины, характеризующие увеличение равнодействующих удерживающих  $T_{yg,1}$  и сдвигающих сил  $T_{cgb,1}$  при увеличении горизонтальной нагрузки от  $P_{n1}$  до  $P_{n2}$  (величина  $P_{n2}$  принимается равной эксплуатационной нагрузке, принятой по проекту);

ПРИЛОЖЕНИЕ I  
(продолжение)

$$\ell_{yz} = T_{yz.e} - T_{yz.i}, \quad (4)$$

$$\ell_{cgb} = T_{cgb.e} - T_{cgb.i}, \quad (5)$$

где  $T_{cgb.e}$ ,  $T_{yz.e}$  - равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил, определяемые при действии горизонтальной нагрузки  $P$  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  $T_{cgb.i}$  и удерживающих сил  $T_{yz.i}$  определяются в следующей последовательности (рис. 1): из определенного центра проводится круглоцилиндрическая поверхность 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:

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

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

где  $g_i$  - вес рассматриваемой  $i$ -й полоски;

$\varphi_i$ ,  $c_i$  - соответственно угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта, расположенного в основании  $i$ -й полоски;

$l_i$  - длина поверхности скольжения под  $i$ -й полоской;

$\alpha_i$  - угол наклона касательной к горизонту в точке пересечения линии действия веса  $g_i$  с поверхностью скольжения.

$$\alpha_i = \arcsin \frac{Q_i}{R_o} , \quad (8)$$

где  $Q_i$  - расстояние по горизонтали от линии действия веса  $g_i$  до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения;

$R_o$  - радиус поверхности скольжения.

ПРИЛОЖЕНИЕ I  
(продолжение)

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

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

7. Угол пересечения равнодействующих сдвигавших  $T_{cgb,1}$  и удерживающих сил  $T_{yq,1}$ , соответствующих эксплуатационным нагрузкам, принятых по проекту, определяется по формуле

$$\alpha' = \beta_{cgb,1} - \beta_{yq,1}, \quad (9)$$

где  $\beta_{cgb,1}$  - угол наклона равнодействующей сдвигавших сил  $T_{cgb,1}$  относительно горизонта;

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

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

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

где  $T_{yq}$  - вектор равнодействующей удерживающих сил, определяемый без учета пространственной работы пала (п.6 настоящего Приложения);  
 $\Delta T_{yq}$  - вектор равнодействующей дополнительных улерки-вающих сил за счет сил трения и сцепления по

## ПРИЛОЖЕНИЕ I

(продолжение)

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

$D$  - диаметр пала.

9. Вектор равнодействующей дополнительных удерживающих сил

$\Delta T_{yy}$  определяется по формуле

$$\Delta T_{yy} = \sum t_i' \frac{z_i}{R} + \sum c_i' \frac{z_i}{R_o}, \quad (11)$$

где  $\sum t_i'$ ,  $\sum c_i'$  - соответственно равнодействующая сила трения и сцепления по торцам сдвигаемого основания (пп.10,13 настоящего Приложения);

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

$R_o$  - радиус поверхности скольжения.

10. Равнодействующая сила трения по торцам сдвигаемого основания  $\sum t_i'$  определяется по формуле

$$\sum t_i' = \sum E_t g \varphi_{cp}, \quad (12)$$

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

$\varphi_{cp}$  - 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

$$K = \gamma \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 0,5 \Psi_{cp}); \quad (14)$$

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

где  $a_o$  - расстояние по вертикали от центра поверхности скольжения до отметки дна у стенки палья;

$\alpha$  - 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:

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

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

где

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

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

остальные обозначения величин приведены в п.11 настоящего Приложения.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
(продолжение)

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

где  $C_i$  - удельное сцепление;

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

ПРИМЕЧАНИЕ. При разнородном основании равнодействующая сил сцепления определяется для каждого слоя сдвигаемого объема грунта. Соответственно определяется и величина  $C'_i$  в формуле (11).

14. Координаты  $X$  и  $Y$  точек приложения равнодействующей сил сцепления  $\sum C'_i$  определяются по формулам:

$$X = \frac{0,67 (R_o^2 - a_o^2)^{\frac{1}{2}}}{R_o^2 \alpha - a_o \sqrt{R_o^2 - a_o^2}}; \quad (22)$$

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

где  $R_o, a_o, \alpha$  определены в пп.9 и 11 настоящего Приложения.

15. Значение  $\Psi$  определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \Psi = \frac{T_{\text{сф}2} \sin \alpha'_2 - T_{\text{сф}1} \sin \alpha'_1}{T_{\text{сф}2} \cos \alpha'_2 - T_{\text{сф}1} \cos \alpha'_1}, \quad (24)$$

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

ПРИМЕЧАНИЕ. При  $\alpha'_2 > \alpha'_1$  значение  $\Psi$  получается больше, чем значение  $\alpha'_1$ . В этом случае значение  $\Psi$  принимается равным  $\alpha'_1$ .

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

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

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

$$n_c \cdot n \cdot T_{cgb,} \leq \frac{n}{K_n} \cdot m_g \cdot T_{cgb,pr}, \quad (1)$$

где  $n_c, n, K_n, m_g$  - расчетные коэффициенты, принимаемые в соответствии с требованиями ВСН 3-80 «Гидроморфот» и настоящего РД;

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

$T_{cgb,pr}$  - равнодействующая предельных сдвигавших сил, соответствующих предельному состоянию основания, определяемая в п.2 настоящего Приложения.

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

2. Равнодействующая предельных сдвигавших сил  $T_{cgb,pr}$  определяется по формуле

$$T_{cgb,pr} = \sqrt{T_{cgb,}^2 + L^2 + 2T_{cgb,} \cdot L \cos(\alpha'_i - \psi)}, \quad (2)$$

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
(продолжение)

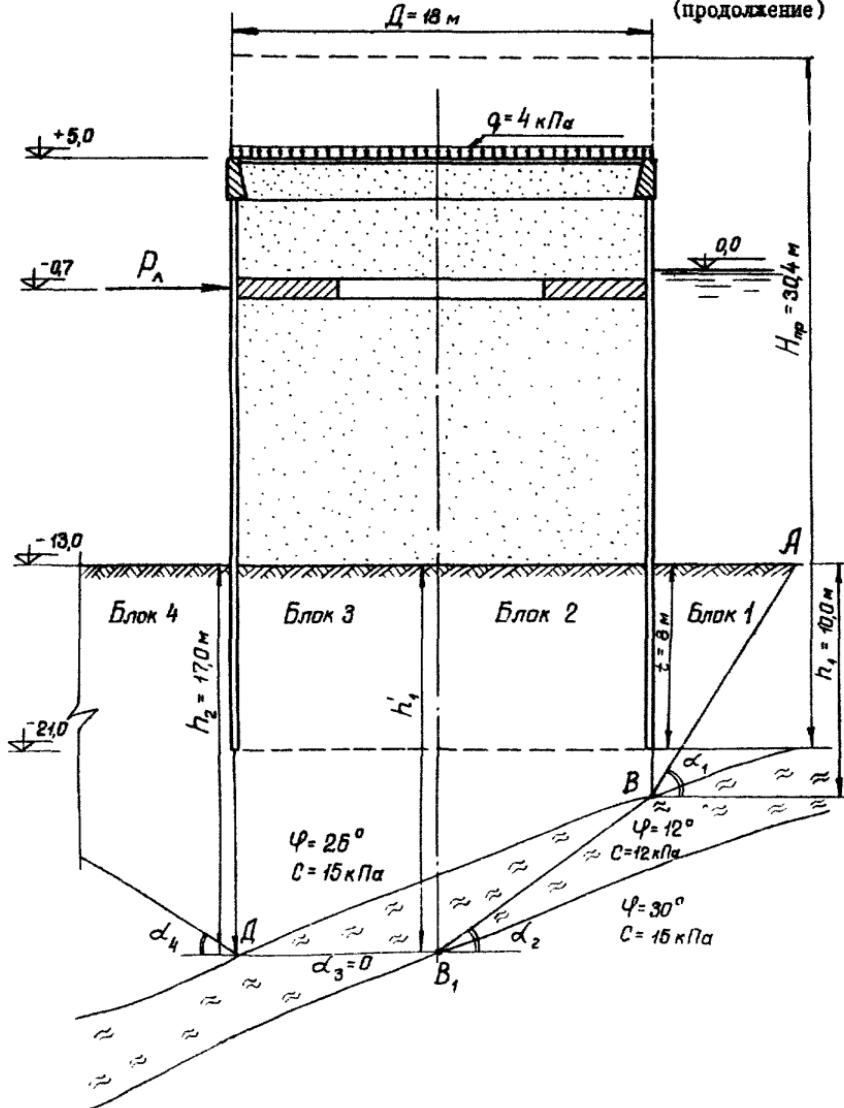


Рис. I. Конструктивная схема ячеистого пала.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(продолжение)

горизонтальной нагрузки на сооружение от  $P_A$ , до  $P_{app}$ ;

определяемая в п.3 настоящего Приложения;

- $\alpha'$  - угол пересечения равнодействующих сдвигающих  $T_{cgb,1}$  и удерживающих сил  $T_{yg,1}$ , соответствующих  $0,5 P_A$  ( $P_A$  - горизонтальная нагрузка, принятая по проекту), определяемый в п.12 настоящего Приложения;
- $\psi$  - угол отклонения линии действия величины  $L$  от направления равнодействующей удерживающих сил  $T_{yg,1}$ , определяемый в п.15 Приложения I.

3. Величина  $L$  определяется по формуле

$$L = \frac{T_{yg,1} + T_{cgb,1} (\sin \alpha' \operatorname{tg} \varphi_{cp} - \cos \alpha' )}{\cos \psi - \frac{\ell_{yg}}{\ell_{cgb}} - \sin \psi \operatorname{tg} \varphi_{cp}} \quad (3)$$

где  $T_{cgb,1}$ ,  $T_{yg,1}$  - равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил, определяемые при действии первой ступени нагрузки  $P_A$ , в пп.4 + 15 настоящего Приложения;

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

$\ell_{yg}$ ,  $\ell_{cgb}$  - величины, характеризующие увеличение равнодействующих удерживающих  $T_{yg,1}$  и сдвигающих сил  $T_{cgb,1}$  при увеличении горизонтальной нагрузки от  $P_A$  до  $P_2$  (величина  $P_2$  принимается равной  $0,5 P_A$ ,  $P_2$  равным  $P_A$ ).

$$\ell_{yg} = T_{yg,2} - T_{yg,1}; \quad (4)$$

$$\ell_{cgb} = T_{cgb,2} - T_{cgb,1}, \quad (5)$$

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(продолжение)

где  $T_{c\varphi, i}$ ,  $T'_{y\varphi, i}$  – равнодействующие сдвигавших и удерживающих сил, определяемые при действии горизонтальной нагрузки  $P_x$  в п.п.4 + 15 настоящего Приложения; остальные обозначения величин приведены в п.2 настоящего Приложения.

4. Равнодействующие сдвигавших  $T_{c\varphi, i}$  и удерживающих сил  $T'_{y\varphi, i}$  определяются с учетом двух ступеней горизонтальной нагрузки  $P_x$  и  $P_y$  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 сдвигавшие и удерживающие силы, расположенные по поверхности скольжения каждого блока;

определяются равнодействующие сдвигавших и удерживающих сил к углу наклона линий их действия относительно горизонта;

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

определяются равнодействующие удерживающих сил с учетом дополнительных сил, возникавших за счет пригрузления пассивной зоны основания;

определяются равнодействующие сил трения и сцепления по торцам сдвигаемого основания;

определяются равнодействующие удерживающих сил с учетом пространственной работы основания.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
(продолжение)

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 граней сооружения, поверхность скольжения проходит в слабой прослойке (рис.1) по ломаной линии  $BB'D$ .

За пределами ширины подошвы сооружения толк наклона поверхности скольжения относительно горизонта  $\alpha_i$  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 сендавающей 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  $\alpha_i$  - угол наклона поверхности скольжения на участке  $i$ -того блока.

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

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

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

$c_i$ ,  $\ell_i$  - 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  $\alpha_i$  и угла внутреннего трения  $\varphi_i$   $i$ -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  $\varphi_i$  - угол внутреннего трения грунта на участке  $i$ -того блока;

обозначения величин  $g_i$  и  $\alpha_i$  приведены в пп. 4, 4.7.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для упрощения расчетов рекомендуется пользоваться таблицей Приложения 5.

9. Равнодействующая сдвигавших сил  $T_{cgb,i}$  и угол ее наклона относительно горизонта  $\beta_{cgb,i}$  определяется графически путем всестороннего суммирования сил, направленных в сторону смещения основания сооружения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
(продолжение)

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

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

где  $T_{yg,1}^o$  - вектор равнодействующей удерживающих сил, определяемый графически векторным суммированием сил, направленных против смещения основания;

$\Delta T_1'$  - вектор дополнительной удерживающей силы, вызванной за счет пригрузления 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  $\Delta N_1$  - величина, определяемая с учетом  $T_{cgb,1}$  по формуле

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

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

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(продолжение)

$\alpha_{cp}$  - 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);

$\beta_{cgb_1}$ ,  $\beta_{yg_1}$  - углы наклона равнодействующих сдвигающих  $T_{cgb_1}$  и удерживающих сил  $T_{yg_1}$  к горизонту.

ПРИМЕЧАНИЕ. В случаях, когда  $\beta_{cgb}$  больше  $\varphi_{cp}$ , величина  $\beta_{cgb}$  принимается равной  $\varphi_{cp}$ .

12. Угол пересечения равнодействующих сдвигающих  $T_{cgb_1}$  и удерживающих сил  $T_{yg_1}$  определяется по формуле

$$\alpha'_1 = \beta_{cgb_1} - \beta_{yg_1}, \quad (15)$$

где  $\beta_{yg_1}$  - угол наклона равнодействующей удерживающих сил  $T_{yg_1}$  к горизонту;

$\beta_{cgb_1}$  определено в п.11 настоящего Приложения.

13. При расчете устойчивости основания ячеистых палов следует учитывать возможность увеличения равнодействующей удерживающих сил  $T_{yg_1}$  за счет сопротивления сил трения и сцепления по торцам сдвигаемого основания (пространственная работа пала) путем их векторного суммирования

$$\sum T_{yg_1} = T_{yg_1} + 2 (\sum t_i + \sum C_i), \quad (16)$$

где  $T_{yg_1}$  - вектор равнодействующей удерживающих сил, определяемый без учета пространственной работы пала по формуле 11 настоящего Приложения;

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
(продолжение)

$\sum t_i$  - 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 силы 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 трапециoidalной формы торца

$$\sum t_i = 0,33 \gamma (E_a' + E_a'' + \sqrt{E_a' \cdot E_a''}) \operatorname{tg} \varphi_i, \quad (18)$$

где  $h_i$  - высота вертикальных сторон блоков;

$\varphi_i$  - угол внутреннего трения по торцам отдельных блоков;

$\alpha_i$  - угол наклона плоскости скольжения блоков;

$E_a', E_a''$  - равнодействующие эпор активного давления грунта по сторонам блока.

15. Равнодействующие силы 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 трапециoidalной формы торца

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(продолжение)

$$\sum C_i = 45 c_i \ell_g (h_i + h_{i+1}), \quad (20)$$

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

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

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**  
**(рекомендуемое)**

**Значения дополнительных коэффициентов условий работы**

Таблица I

Наименование методов расчета	$m_2$
Расчет устойчивости оснований сооружений с учетом глубинного сдвига по круглоцилиндрическим и плоским поверхностям по методу Цемморниипроекта	0,85
Расчет устойчивости грунта засыпки сооружений на сдвиг по вертикальной плоскости по методу Йемочкина - Титовой	0,85
Расчет устойчивости грунта основания с учетом поворота сооружения при воздействии горизонтальной нагрузки по методу ЦНИИС	0,90
Расчет устойчивости лицевой стеныки бульварка 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

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
(рекомендуемое)

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СХЕМЫ КОМПОНОВКИ СООРУЖЕНИЙ

1. Для устьевых участков рек рекомендуется схемы узких засищенных проров 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 ячейстными опорами или типа набросной дамбы из камня.

При пологом рельефе дна (отмелое 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 прорву.

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

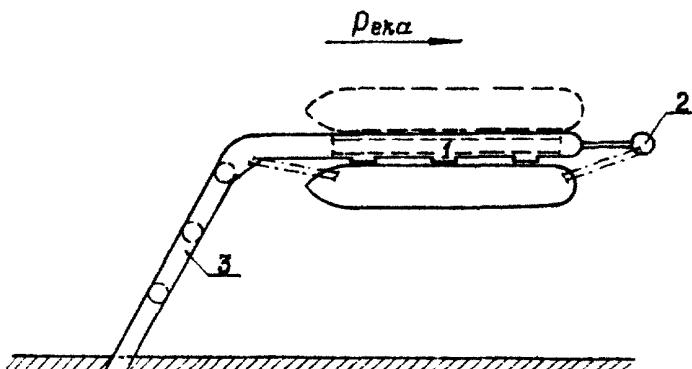
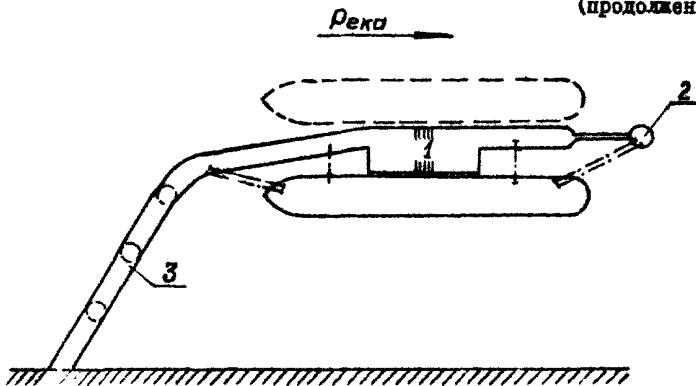


Рис. I. Схемы сооружений в устьевых участках рек:

- I - технологическая площадка;
- 2 - причальный пал;
- 3 - соединительная часть.

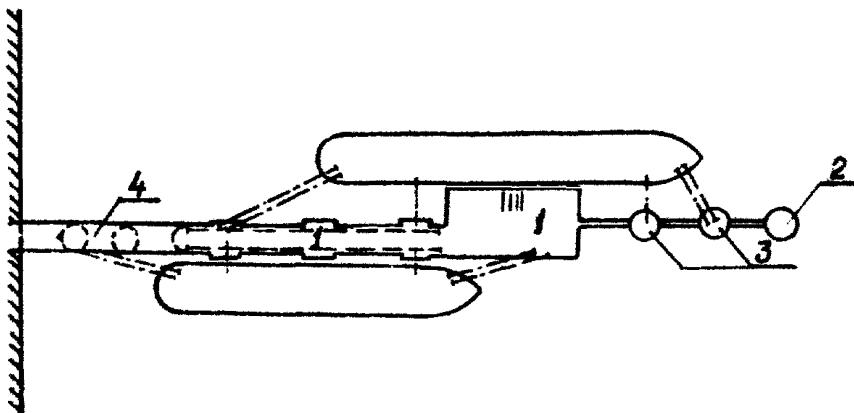
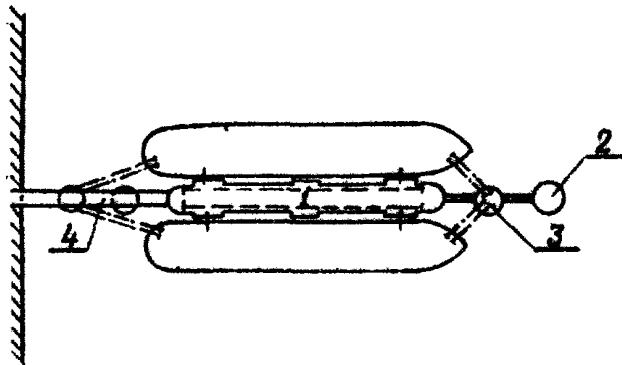


Рис.2. Схемы сооружений на открытом приглубом побережье:

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

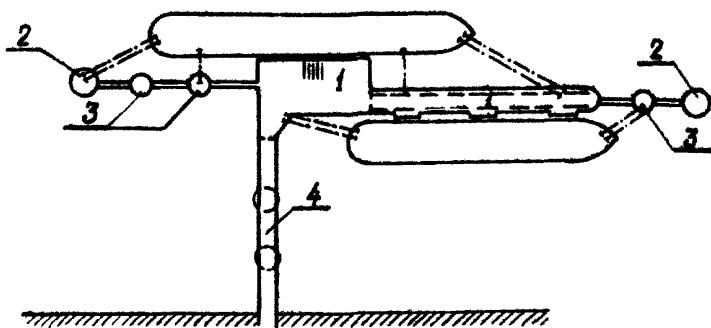
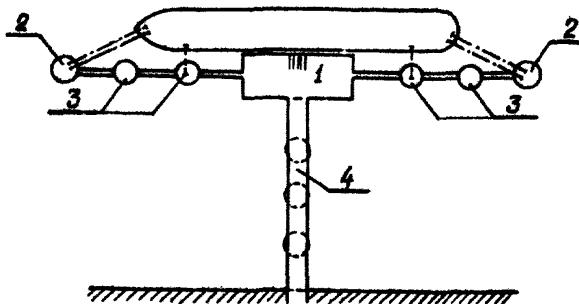


Рис.3. Схемы сооружений на открытом отмелом побережье:

1 - технологическая площадка;

2 - разворотный пал;

3 - швартовный пал;

4 - соединительная часть.

Коэффициенты  $\lambda_i$ , равнодействующих удерживающих сил  $T_{i\gamma}^r$   
по методу плоских поверхностей скольжения

Угол наклона $\alpha_i$	Угол внутреннего трения $\varphi$							
	6	8	10	12	14	16	18	20
6	0,1045	0,1399	0,1762	0,2136	0,2532	0,2948	0,3393	0,3877
8	0,1042	0,1392	0,1748	0,2116	0,2496	0,2900	0,3326	0,3790
10	0,1040	0,1366	0,1737	0,2096	0,2468	0,2856	0,3270	0,3711
12	0,1040	0,1352	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	0,2350	0,2651	0,2941	0,3232
36	0,1136	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	0,1533	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	0,1496	0,1855	0,2170	0,2453	0,2710	0,2948	0,3170	0,3379
60	0,1554	0,1916	0,2232	0,2514	0,2768	0,3001	0,3217	0,3420

Угол наклона $\alpha_i^{\circ}$	Угол внутреннего трения $\gamma^{\circ}$						
	22	24	26	28	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	0,4933
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	0,4360	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  $q_1 = 10 \text{ кН/м}^2$ , на пал  $q_2 = 4,0 \text{ кН/м}^2$ .

**1.2. Грунты основания:**

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

1.3. Лед волокнистой структуры толщиной 2,0 м, соленость льда 5‰, температура  $-2^\circ\text{C}$ .

**2. Конструктивная схема (рис.1)**

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

Лицевая стенка ограждения и поперечные стенки приняты из стального шпунта Л-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  $D = 1,6 \text{ м}$  с толщиной стенок  $S' = 15 \text{ см}$  (марка бетона И400,  $E_g = 33,0 \cdot 10^6 \text{ кПа}$ ), погружаемых в разрядку с шагом  $\ell_a = 3,36 \text{ м}$ .

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

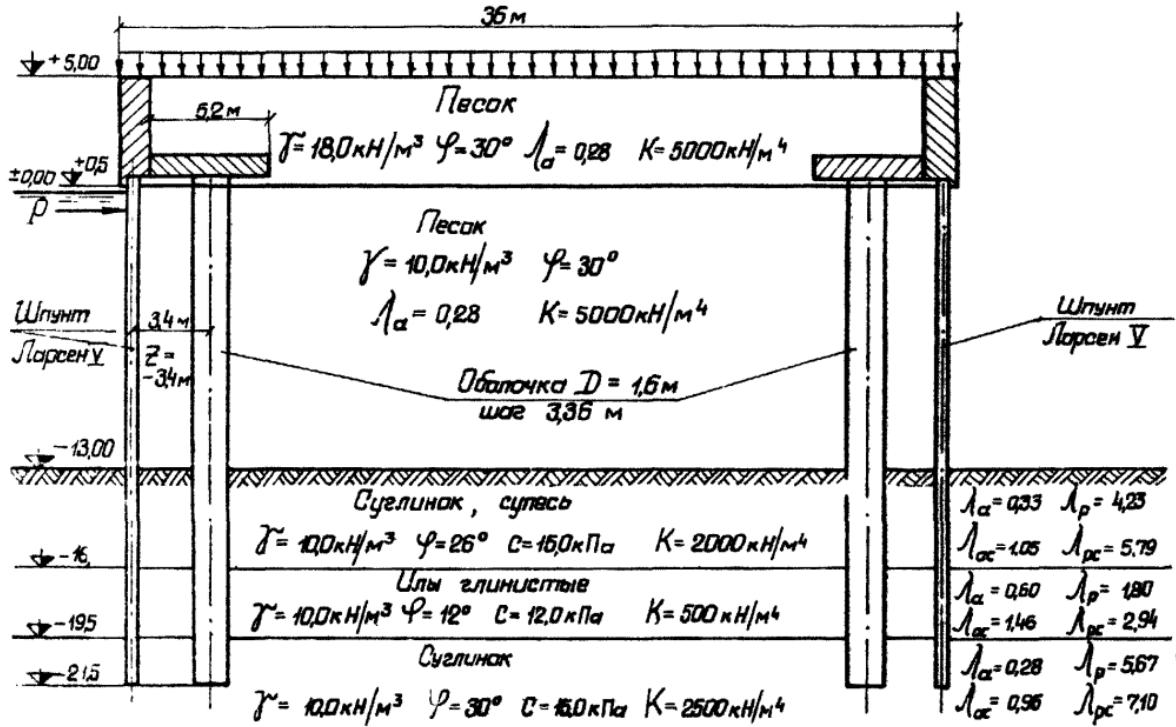


Рис. I. Конструктивная схема узкого засыпного пирса

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

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

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

2.2. Для расчета засыпного пада принята шпунтовая ячейка  $\mathcal{D} = 18,0$  м. Лицевая стенка ограждения выполнена из плоского стального шпунта №I-I. На уровне воздействия льда предусмотрена жесткая бетонная диафрагма в виде кольца высотой 1,0 м (рис.2) и стальной пята в виде коробки высотой 1,0 м.

## 3. Определение горизонтальной ледовой нагрузки

## 3.1. Прочность льда на сжатие

$$\rho_s = 0,8 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \rho_l = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1660 = 1000 \text{ кН},$$

где  $K_1 = 1,0$ ;  $K_2 = 0,75$ ;

$\rho_l = 1660 \text{ кН}$ .

## 3.2. Горизонтальная ледовая нагрузка на один метр длины сооружения

$$\rho = 0,5 \cdot \rho_s \cdot b \cdot h_1 = 0,5 \cdot 1000 \cdot 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0 = 1000 \text{ кН},$$

где  $b = 1,0$  м;  $h_1 = 2,0$  м.

Горизонтальная ледовая нагрузка на пад  $P_3 = \rho \cdot D = 1000 \times 18 = 18000 \text{ кН}$ .

## 4. Расчет узкого засыпного пирса

## 4.1. Проверка устойчивости пирса на сдвиг по вертикальной плоскости

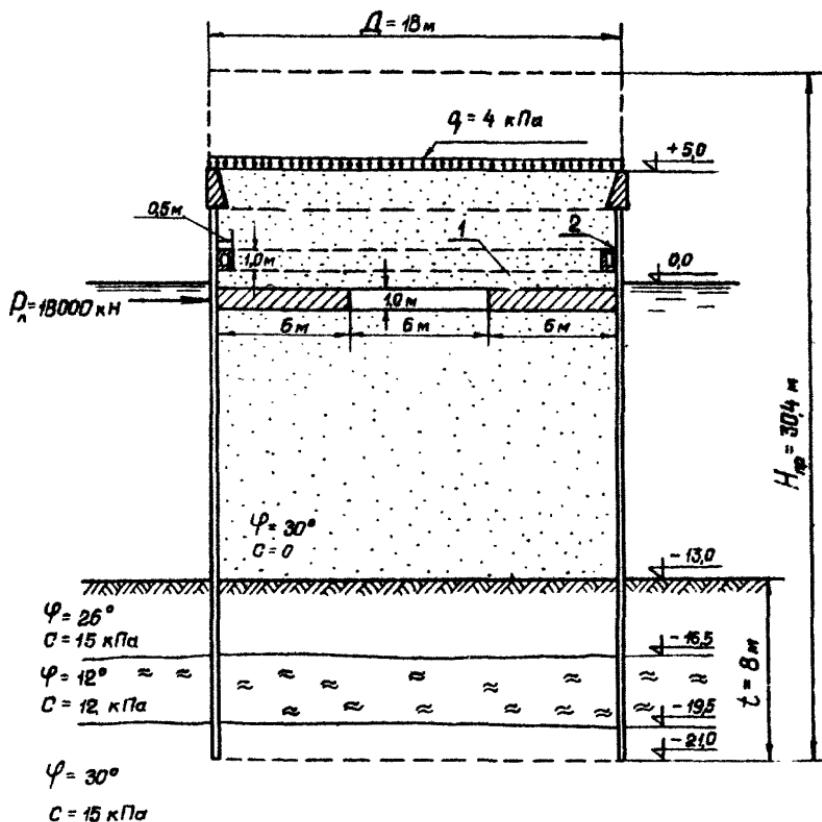


Рис.2. Ячеистый пал цилиндрического типа  
с бетонной диафрагмой (1)  
и стальным лоясом (2)

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

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

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

где  $\rho$  определено в п. 3.2 настоящего Приложения.

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

$$\begin{aligned} M_p &= 0,33BE_{a_1}(2\tg\varphi_{cp} + \tg\delta_1) + 0,33BE_{a_2}\cdot\tg\delta_2 + \\ &+ 0,33B^2 \cdot \frac{E_{a_1}}{\ell} \tg\delta_1 + M_o = \\ &= 0,33 \cdot 36,0 \cdot 1416,4(2\tg27^030 + \tg19^0) + 0,33 \cdot 36,0 \cdot 51,0 \tg15^0 + \\ &+ 0,33 \cdot 36,0^2 \cdot \frac{1416,4}{36,0} \cdot \tg19^0 + 129,3 = 29235,2 \text{ кНм}, \end{aligned}$$

где  $E_{a_1}, E_{a_2}, M_o$  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 стени 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 стены 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  $M_o$  от давления грунта основания ниже уровня дна на один метр длины сооружения относительно подошвы пирса

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

Результаты подсчетов активного давления грунта приведены в таблице I.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

Таблица I

Давление грунта на один метр длины стены ограждения пирсов

Отметка	$y - \sum h_i$	$\gamma_i(y - \sum h_i)$	$b_{y,i}$	$\sigma_y^{sp}$	$\lambda_a$	$\sigma_u^{sp}$	$C_M^{sc}$	$\sigma_{a_i}^{sp}$
и	м	кПа	кПа	кПа		кПа	кПа	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
+3,0	+3,0	+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 засыпного пирса считается выполненным, если

$$n_c h M \leq \frac{m}{K_h} m_g M_p,$$

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

$n_c, n, m, K_n, m_g$  принимаются в соответствии с п.5.2.5 настоящего Рд.

$$I,0 \cdot I,25 \cdot 20800,0 > \frac{I,15}{I,15} \cdot 0,85 \cdot 29235,2 \\ 26000,0 \text{ кНм} > 24849,9 \text{ кНм}$$

Условие устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости обеспечивается.

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

Тогда

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

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

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 31.3016-78 по программе *BOLV*.

В результате расчета получены:

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

$$R_n = 162,0 \text{ кН}$$

$$R_s = 130,0 \text{ кН}$$

изгибающие моменты в каждой стенке ограждения без учета вертикальной полезной нагрузки  $M_n, M_s$  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.Прилс

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

Таблица 2

Изгибающие моменты в стенах ограждения (кНм)

Отм. и	Лицевая стенка			Экранирующая стенка		
	$M_A$	$M_{AL}^*$	$\Sigma M_A$	$M_9$	$M_{9L}^*$	$\Sigma M_9$
0,0	-29,0	-25,0	-54,0	56,0	-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	278,0	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

\* $M_{AL}^*$  и  $M_{9L}^*$  – значения изгибающих моментов соответственно в лицевой и экранной стенах от воздействия ледовой нагрузки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

кение 8 (справочное). Пример расчета для условной стены, жесткость которой равна суммарной жесткости лицевой и экранирующей стенок. Изгибающие моменты  $M_{\text{лв}}, M_{\text{зл}}$  в каждой стенке ограждения определены пропорционально их жесткостям (см.табл.2).

#### 4.3. Расчет элементов сооружения

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

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

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

$$K_a = 1,3;$$

$$\ell_a = 3,36 \text{ м.}$$

Нормативное значение усилия в переднем анкере сооружения

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

где  $K_a = 1,5$ ;

$$\ell_a = 3,36 \text{ м.}$$

4.3.2. Анкерные устройства рассчитываются методами, применяемыми для расчета обычных бульверков, в соответствии с требованиями ВСН 3-30.

Минкорфлот

4.3.3. Нормативное значение максимального изгибающего момента, действующего на один метр длины лицевой стены ограждения

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

где  $m_c = 0,75$ ;

$$\ell = 1,0 \text{ м.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

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

$$M_s^n \cdot m_c \ell_a \Sigma M_s = 0,83 \cdot 846 \cdot 0,3 \cdot 3,6 = 2359,32 \text{ кНм},$$

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 ВСН 3-80 Миндорфлот.

Несущая способность стального шпунта определяется в соответствии с требованиями СНиП II-8.3-72.

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

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

## 5. РАСЧЕТ ЗАСЫПНОГО ПАЛА

### 5.1. Определение нагрузок на пал

5.1.1. Ординаты активного давления грунта засыпи на шпунтовое ограждение пала

$$\sigma_i = \sigma_{ai}^{ap} \cdot \eta_i,$$

где  $\sigma_{ai}^{ap}$  определено в п.4.1.3 настоящего Приложения;

$\eta_i$  определяется по п.3.1.7 настоящего Руководства.

Результаты подсчетов активного давления грунта приведены в таблице 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5  
(продолжение)

Таблица 3

Давление грунта засыпки пала на стенку шпунтового ограждения

Отм. и	$\sigma_{ai}^{ep}$ кПа	$\gamma_i$	$\sigma_i$ кПа	$\gamma'_i$	$E'_{aii}$ кН/м	$E_{aii}$ кН/м
+ 5,0	0,0	0,59	0,0	0,69	63,0	43,5
± 0,0	25,2	0,59	14,9			
-13,0	61,6	0,59	36,3	0,69	564,2	389,3
-13,0	56,8	0,57	32,4			
-16,5	68,4	0,57	39,0	0,68	219,1	149,0
-16,5	135,5	0,53	71,8			
-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			

5.1.2. Равнодействующее активного давления грунта:

на плоскую стенку

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

(см.табл.3);

на стенку цилиндрического пала

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

где  $\gamma'_i$  определяется по п.3.1.7 настоящего РД.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

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

$$q_{\max} = \frac{G}{J_1 R^2} \left( 1 \pm \frac{4e}{R} \right);$$

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  $R_1$  или  $R_2$

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

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

$$M_{o1} = R_1 H_p = 9000,00 \cdot 20,30 = 182700,00 \text{ кН.м};$$

$$M_{o2} = R_2 H_p = 18000,00 \cdot 20,30 = 365400,00 \text{ кН.м};$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

при  $P_1 = 9000 \text{ кН}$

$$E_1 = 0,50 \cdot 18,00 - \frac{695874,24 - 182700,00}{77319,36} = 2,36 \text{ к};$$

при  $P_2 = 18000 \text{ кН}$

$$E_2 = 0,50 \cdot 18,00 - \frac{695874,24 - 365400,00}{77319,36} = 4,73 \text{ к.}$$

**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  $P$  определено в п.3.2 настоящего Приложения.

**5.2.2. Суммарный момент удерживающих сил относительно подошвы пала**

$$\begin{aligned} M_p &= 0,589 E_a D^2 (\operatorname{tg} \varphi_{cp} + f + \frac{2\sqrt{N}}{E_a D} + 0,04 \sqrt{k t g \delta}) + M_o = \\ &= 0,589 \cdot 929,40 \cdot 18,00^2 (\operatorname{tg} 27^\circ 30' + 0,40 + \\ &+ \frac{2,17850,00}{929,40 \cdot 18,00} + 0,04 \cdot 3,14 \operatorname{tg} 0,67 \cdot 27^\circ 30') + \\ &+ 15933,94 = 563985,54 \text{ кН.м.}, \end{aligned}$$

где  $E_a$ , определено в п.5.1.2;

$\sqrt{N}$  определено в п.5.2.3;

$M_o$  определено в п.5.2.4 настоящего Приложения;

$$\delta = 0,67 \varphi_{cp}$$

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

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

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

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 полса 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

$$M_0 = \sum E_{ai} \ell_i D = 11,40 \cdot 3,50 \cdot 0,60 \cdot 5,67 \cdot 18,00 + \\ + 0,50(78,50+96,40) \cdot 3,00 \cdot 2,90 \cdot 18,00 + \\ + 0,50(8,50+13,00) \cdot 1,50 \cdot 0,70 \cdot 18,00 = \\ = 15933,94 \text{ кН.м},$$

где  $E_{ai}$  и  $\ell_i$  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.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

$$1,00 \cdot 1,25 \cdot 365400,00 \text{ кН.м} < \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85 \cdot 563985,54 \text{ кН.м}; \\ 456750,00 \text{ кН.м} < 479387,71 \text{ кН.м}.$$

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  $P_3$  под воздействием давления грунта, вызванного собственным весом засыпки и внешней сосредоточенной нагрузкой,

$$P_3 = Z_{ai}^{sp} \cdot R + \frac{2P_L}{\gamma' F H} \cdot Z_{ai}^{sp} \cdot A = \\ = 153,40 \cdot 9,00 \left( 1,00 + \frac{2 \cdot 16000,00}{10,00 \cdot 254,00 \cdot 22,00} \right) = 2269,70 \text{ кН/м};$$

где  $Z_{ai}^{sp}$  определено в п.4.1.3 настоящего Приложения;

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

$P_L$  и  $A$  определены в п.б.3.4 настоящего РД.

### 5.3.2. Условие прочности замковых соединений шпунта

$$n_e n P_3 \leq \frac{m}{K_H} m_g R_3,$$

где  $n_e, n, m, K_H, m_g$  определены в п.5.2.5 настоящего РД;

$P_3$  определено в п.5.3.1 настоящего Приложения;

$R_3$  - сопротивление замковых соединений шпунта ШП-1 разрыву составляет 3000 кН/м,

$$1,00 \cdot 1,25 \cdot 2269,70 \text{ кН/м} < \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85 \cdot 3000,00 \text{ кН/м}; \\ 2837,13 \text{ кН/м} > 2550,00 \text{ кН/м}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

Условие прочности не выполняется.

Соблюдение условия прочности может быть достигнуто путем замены 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.

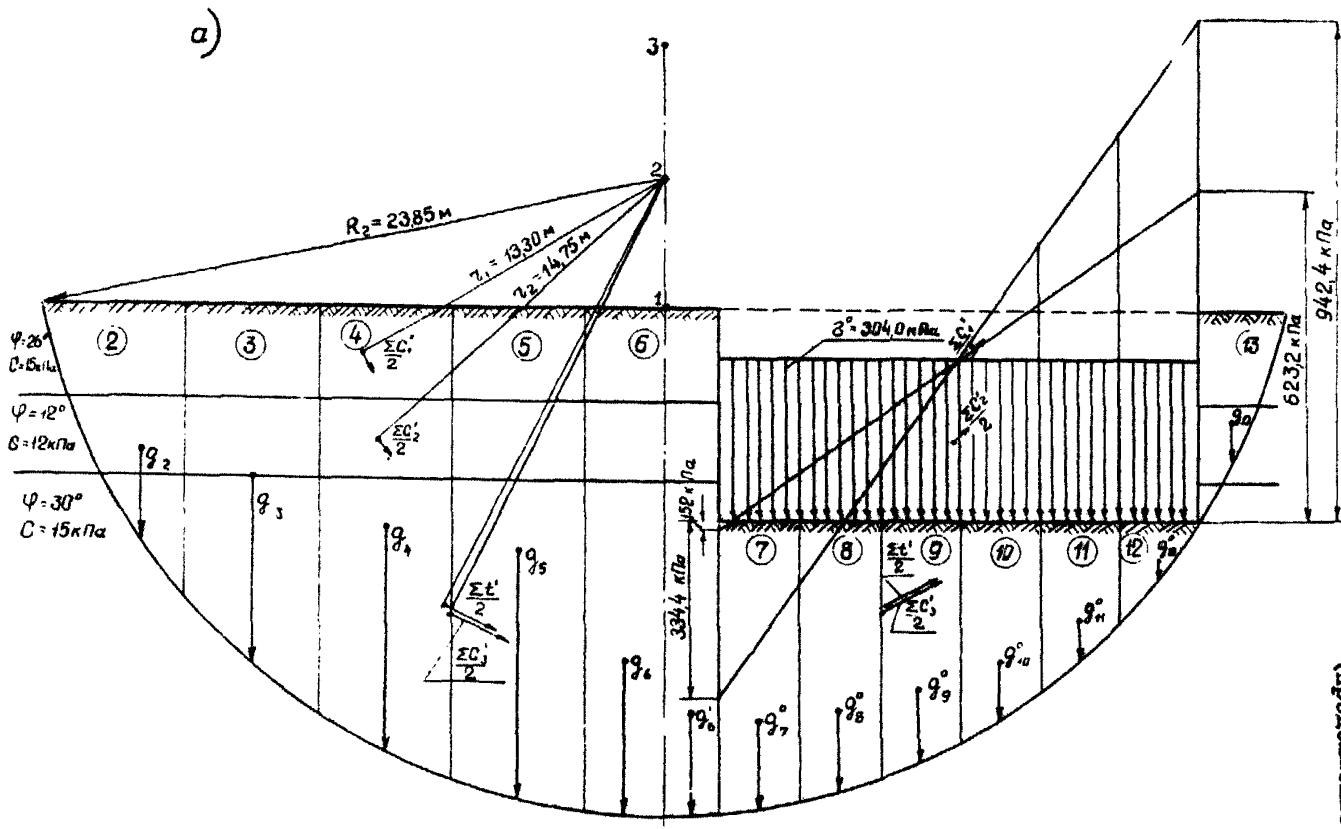
Вертикальные нагрузки по подошве пала определены в п.5.1.3 настоящего Приложения.

Круглоцилиндрическая поверхность скольжения проводится через точку А (см.рис.8); 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:

$$T_i = g_i \sin \alpha_i; \\ T_i^t = g_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + c_i l_i; \\ \alpha_i = \arcsin \frac{g_i}{R}.$$

Результаты подсчетов приведены в таблице 4.



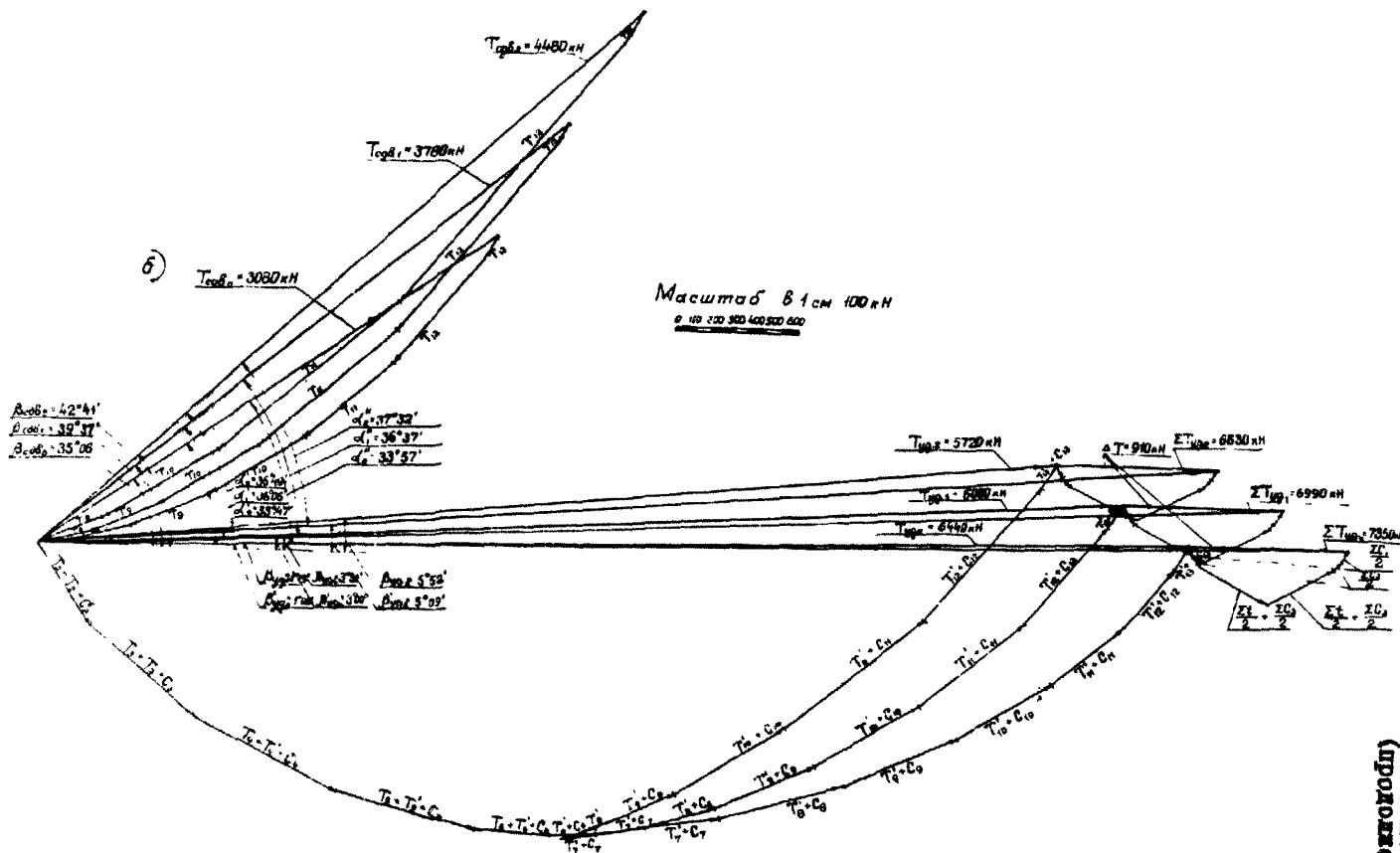


Рис. 3. К расчету устойчивости основания пала по глубинному схему

Таблица 4

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

№ подо- сок	При $P_{so} = 0$							
	$\gamma_i$ 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	826	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	0,2725	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	138	71	28	121	149

Таблица 4  
(продолжение)

№ по- ло- сок	При $P_{n_1} = 9000$ кН							При $P_{n_2} = 16000$ кН								
	$\bar{g}_i$ кН	$\sin \alpha_i$	$\cos \alpha_i$	$T_i$ кН	$N_i$ кН	$T'_i$ кН	$C_i$ кН	$T'_i + C_i$ кН	$\bar{g}_i$ 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	389	188	83	173	545	345	0,8386	0,5448	269	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	426	84	875	825	0,4402	0,8979	363	741	426	84	875
5	912	0,2306	0,9731	210	687	513	78	801	912	0,2306	0,9731	210	687	513	78	801
6	565	0,0629	0,9980	36	564	326	45	407	565	0,0629	0,9980	36	564	326	45	407
7	378	0,0419	0,9991	16	378	218	30	248	378	0,0419	0,9991	16	378	218	30	248
8	436	0,1467	0,9894	64	431	249	45	294	-363	0,1467	0,9892	-53	-359	-207	45	-162
9	730	0,2725	0,9621	199	702	406	47	453	255	0,2725	0,9621	69	245	141	47	189
10	1017	0,3983	0,9172	405	933	539	49	588	859	0,3983	0,9172	342	788	455	49	504
11	1266	0,5241	0,8516	675	1097	634	53	687	1444	0,5241	0,8516	757	1230	710	53	763
12	1544	0,6499	0,7600	1002	1172	677	60	737	4020	0,6499	0,7600	1313	1535	887	60	947
13	1770	0,7757	0,6311	1373	1117	645	73	718	2566	0,7757	0,6311	1992	1621	936	73	1009
14	155	0,8889	0,4581	136	71	26	121	149	155	0,8889	0,4581	136	71	26	121	149

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

**5.4.3.** Равнодействующие сдвиговых  $T_{cgb}$  и удерживающих сил  $T_{ygi}$  и углы их наклона к горизонту  $\beta_{cgb}$  и  $\beta_{ygi}$  определяются графически (рис.3б).

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

$$\begin{array}{ll} \text{при } P_{A1} = 9000 \text{ кН} & T_{cgb1} = 3780 \text{ кН}; \\ & T_{ygi1} = 6080 \text{ кН}; \\ & \beta_{cgb1} = 39^{\circ}37'; \\ & \beta_{ygi1} = 3^{\circ}31'; \\ \text{при } P_{A2} = 18000 \text{ кН} & T_{cgb2} = 4480 \text{ кН}; \\ & T_{ygi2} = 5720 \text{ кН}; \\ & \beta_{cgb2} = 42^{\circ}41'; \\ & \beta_{ygi2} = 5^{\circ}52'. \end{array}$$

**5.4.4.** Углы пересечения равнодействующих сдвиговых и удерживающих сил:

$$\begin{aligned} \alpha'_1 &= \beta_{cgb1} - \beta_{ygi1} = 39^{\circ}37' - 3^{\circ}31' = 36^{\circ}06'; \\ \alpha'_2 &= \beta_{cgb2} - \beta_{ygi2} = 42^{\circ}41' - 5^{\circ}52' = 36^{\circ}49', \end{aligned}$$

где  $\beta_{cgb}$  и  $\beta_{ygi}$  определены в п.5.4.3 настоящего Приложения.

**5.4.5.** Равнодействующая предельных сдвиговых сил без учета пространственной работы пала

$$\begin{aligned} T_{ygbpr} &= \sqrt{T_{cgb}^2 + L^2 + 2T_{cgb} \cdot L \cdot \cos(\alpha'_1 - \psi)} = \\ &= \sqrt{3780^2 + 4149^2 + 2 \cdot 3780 \cdot 4149 \cdot \cos(36^{\circ}06' - 36^{\circ}06')} = \\ &= 7929 \text{ кН}; \end{aligned}$$

где  $T_{cgb}$  определено в п.5.4.3;  
 $\alpha'_1$  определено в п.5.4.4;

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

$L$  и  $\Psi$  определены в п.5.4.6 настоящего Приложения.

5.4.6. Величина  $L$  без учета пространственной работы пала

$$L = \frac{T_{yg_1} + T_{cgb_1} (\sin \alpha'_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cp} - \cos \alpha'_1)}{\cos \Psi - \frac{\ell_{xg}}{\ell_{cgb}} - \sin \Psi \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cp}} = \\ = \frac{6080 + 3780 (\sin 36^{\circ}06' \cdot \operatorname{tg} 27^{\circ}44' - \cos 36^{\circ}06')}{36^{\circ}06' + \frac{360}{700} - \sin 36^{\circ}06' \cdot \operatorname{tg} 27^{\circ}44'} = 4149 \text{ кН},$$

где  $T_{cgb_1}$  и  $T_{yg_1}$  определены в п.5.4.3 настоящего Приложения;

$$\ell_{yg} = T_{yg_2} - T_{yg_1} = 5720 - 6080 = -360 \text{ кН}; \\ \ell_{cgb} = T_{cgb_2} - T_{cgb_1} = 4480 - 3780 = 700 \text{ кН}.$$

Величина  $\Psi$  определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \Psi = \frac{T_{cgb_2} \sin \alpha'_2 - T_{cgb_1} \sin \alpha'_1}{T_{cgb_2} \cos \alpha'_2 - T_{cgb_1} \cos \alpha'_1} = \\ = \frac{4480 \cdot \sin 36^{\circ}49' - 3780 \cdot \sin 36^{\circ}06'}{4480 \cdot \cos 36^{\circ}49' - 3780 \cdot \cos 36^{\circ}06'} = 0,85946; \quad \Psi = 40^{\circ}41'.$$

$\Psi > \alpha'_1$ , поэтому значение  $\Psi$  принимается равным  $\alpha'_1 = 36^{\circ}06'$ .

5.4.7. Условие устойчивости основания пала без учета пространственной работы

$$n_c n T_{cgb_1} \leq \frac{m}{K_n} m_g T_{cgb\,pr};$$

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

где  $n_c, n, m, \kappa_n, m_d$  определены в п.5.2.5 настоящего РД;

$T_{cfb_1}$  определено в п.5.4.3;

$T_{cfb_2}$  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

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

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

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

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

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

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

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

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

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

$\sum t'$  определено в п.10 Приложения I настоящего РД;  
 $\gamma = 18,10 \text{ м}$  (см.рис.3);

$D = 18,00 \text{ м}$ .

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

$$X = \frac{K}{\sum E_a} (q_o - t + a_s s) = \\ = \frac{3,98}{10258,84} (63333,55 - 22184,03 + 5,00 \cdot 48,58) = 16,06 \text{ м};$$

$$Y = \frac{0,04 K}{\sum E_a} (3R_o^4 \sin^2 \alpha + 8R_o^3 a_s \cos \alpha + \frac{a_s^4}{\cos \alpha} - \\ - 8R_o^3 a_o - a_o^4) =$$

$$= \frac{0,04 \cdot 3,98}{10258,84} (3 \cdot 23,85^4 \cdot \sin^2 78^{\circ}51' + \\ + 8 \cdot 23,85^3 \cdot 5,00 \cdot \cos 78^{\circ}51' + \frac{5,00^4}{\cos 78^{\circ}51'} - \\ - 8 \cdot 23,85^3 \cdot 5,00 - 5,00^4) = 8,29 \text{ м},$$

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

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

$$t = 0,33 R_o^3 a_s \sin \alpha = \\ = 0,33 \cdot 23,85^3 \cdot 5,00 \cdot \sin 78^{\circ}51' = 22184,03 \text{ м}^4.$$

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

$$\sum C_1 = c_1 F_1 \frac{2\gamma_1}{D R_o} = 15,00 \cdot 160,30 \cdot \frac{2 \cdot 18,30}{18,00 \cdot 23,85} = 148,99 \text{ кН/м};$$

$$\sum C_2 = c_2 F_2 \frac{2\gamma_2}{D R_o} = 12,00 \cdot 130,20 \cdot \frac{2 \cdot 14,75}{18,00 \cdot 23,85} = 107,36 \text{ кН/м};$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

$$\Sigma C_3 = C_3 F_3 \frac{2\gamma_3}{DR_o} = 15,00 \cdot 372,49 \frac{2,18,15}{18,00,23,85} = 472,44 \text{ кН/м},$$

где  $R_o$  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  $T_{yg_1}$  и  $T_{yg_2}$  и равнодействующих сил трения и сцепления получено:

$$\Sigma T_{yg_1} = 6990 \text{ кН};$$

$$\Sigma T_{yg_2} = 6630 \text{ кН};$$

$$\beta'_{yg_1} = 3^{\circ}00';$$

$$\beta'_{yg_2} = 5^{\circ}09';$$

$$\alpha''_1 = \beta_{cgb_1} - \beta'_{yg_1} = 39^{\circ}37' - 3^{\circ}00' = 36^{\circ}37';$$

$$\alpha''_2 = \beta_{cgb_2} - \beta'_{yg_2} = 42^{\circ}41' - 5^{\circ}09' = 37^{\circ}32'.$$

где  $\beta_{cgb_1}$  и  $\beta_{cgb_2}$  определены в п.5.4.3 настоящего Приложения.

5.4.13. Равнодействующая предельных сдвигавших сил с учетом пространственной работы пала

$$T_{cgb \text{ пр.}} \sqrt{T_{cgb_1}^2 + L^2 + 2 T_{cgb_1} \cdot \cos(\alpha''_1 - \psi')} = \\ \sqrt{3780,00^2 + 5124,33^2 + 2 \cdot 3780,00 \cdot 5124,33 \cdot \cos(36^{\circ}37' - 36^{\circ}37')} = \\ = 8904,33 \text{ кН},$$

где  $T_{cgb_1}$  определено в п.5.4.3;

$\alpha''_1$  определено в п.5.4.12;

$L$  и  $\psi'$  определены в п.5.4.14 настоящего Приложения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6  
(продолжение)

5.4.14. Величина  $L$ , с учетом пространственной работы пала

$$L = \frac{\sum T_{yy1} + T_{ygb1} (\sin \alpha_1'' \cdot \operatorname{tg} \varphi_{op} - \cos \alpha_1'')}{\cos \psi' - \frac{c_m}{c_{ygb}} - \sin \psi' \operatorname{tg} \varphi_{op}} = \\ = \frac{6990 + 3780 (\sin 36^\circ 37' \cdot \operatorname{tg} 27^\circ 44' - \cos 36^\circ 37')}{\cos 36^\circ 37' + \frac{360}{700} - \sin 36^\circ 37' \cdot \operatorname{tg} 27^\circ 44'} = 5124,33 \text{ кН};$$

где  $T_{ygb1}$  определено в п.5.4.3;

$\ell_{ygb}$  определено в п.5.4.6;

$\sum T_{yy1}, \alpha_1''$  определены в п.5.4.12 настоящего Приложения;

$$\ell_{yy} = \sum T_{yy2} - \sum T_{yy1} = 6630 - 6990 = -360 \text{ м}.$$

Величина  $\psi'$  определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \psi' = \frac{T_{ygb2} \sin \alpha_2' - T_{ygb1} \sin \alpha_1'}{T_{ygb2} \cos \alpha_2' - T_{ygb1} \cos \alpha_1'} = \\ = \frac{4480 - \sin 37^\circ 32' - 3780 \cdot \sin 36^\circ 37'}{4480 \cdot \cos 37^\circ 32' - 3780 \cdot \cos 36^\circ 37'} = 0,91522; \psi' = 42^\circ 28'$$

$\psi' > \alpha_1''$ , поэтому значение  $\psi'$  принимается равным  $\alpha_1'' = 36^\circ 37'$ .

5.4.15. Условие устойчивости основания пала с учетом пространственной работы пала

$$n_c n T_{ygb1} \leq \frac{m}{K_n} m_g T_{ygb\text{pr}};$$

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

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

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

$T_{ygb1}$  определено в п.5.4.3;

$T_{ygb\text{pr}}$  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.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7  
(справочное)

**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  $q = 4 \text{ кН/м}$ , интенсивность горизонтальной нагрузки от льда 1000 кН/м. Нагрузка на пал 18000 кН.

1.2. Грунт основания - суглинки с  $\varphi = 28^\circ$ ,  $C = 15 \text{ кПа}$ , слабая илистая прослойка с  $\varphi = 12^\circ$ ,  $C = 12 \text{ кПа}$ . Грунт засыпки - песок с  $\varphi = 30^\circ$ .

**1.3. Конструктивная схема пала приведена на рис.1.**

Для расчета принимается пал ячеистого типа диаметром  $D = 18,0 \text{ м}$ , огражденный плоским металлическим шпунтом. Глубина погружения шпунта  $t = 8,0 \text{ м}$ .

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 ширин подошвы пала проходит по ломаной линии  $BB_1D$  (рис.1).

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

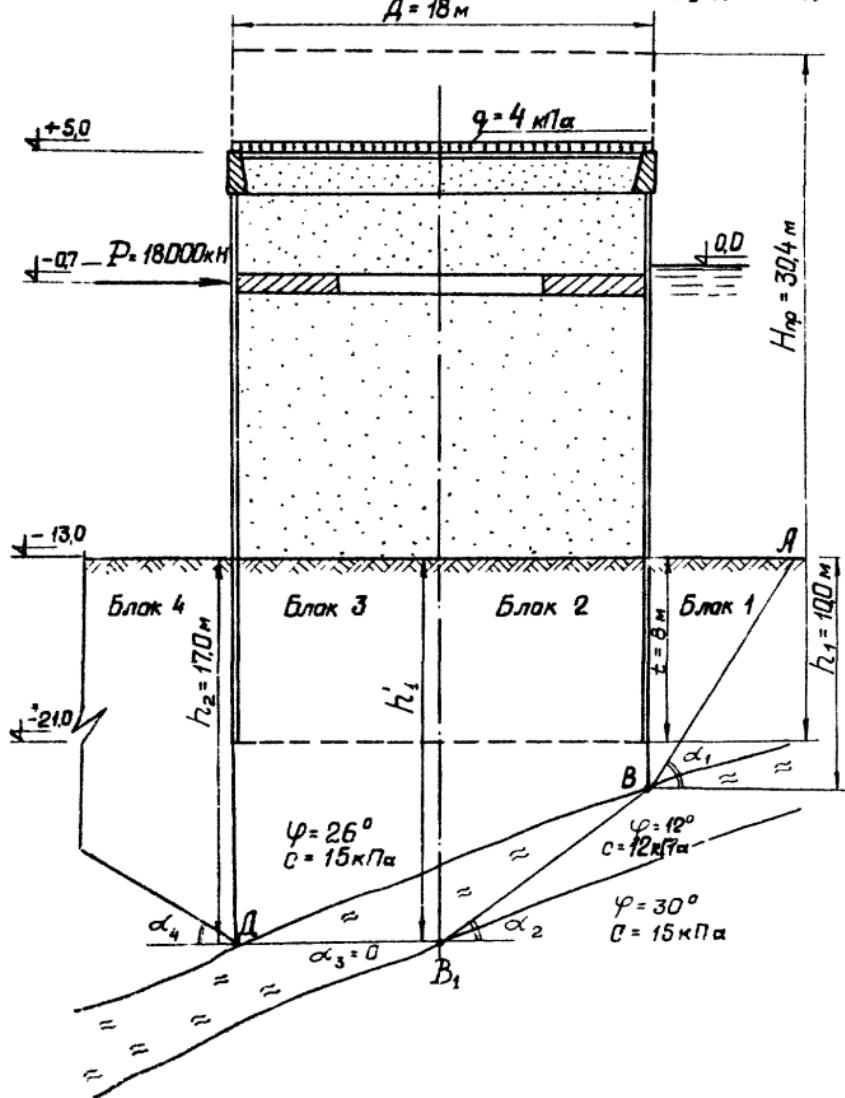


Рис. I. Конструктивная схема ячейстого пала.

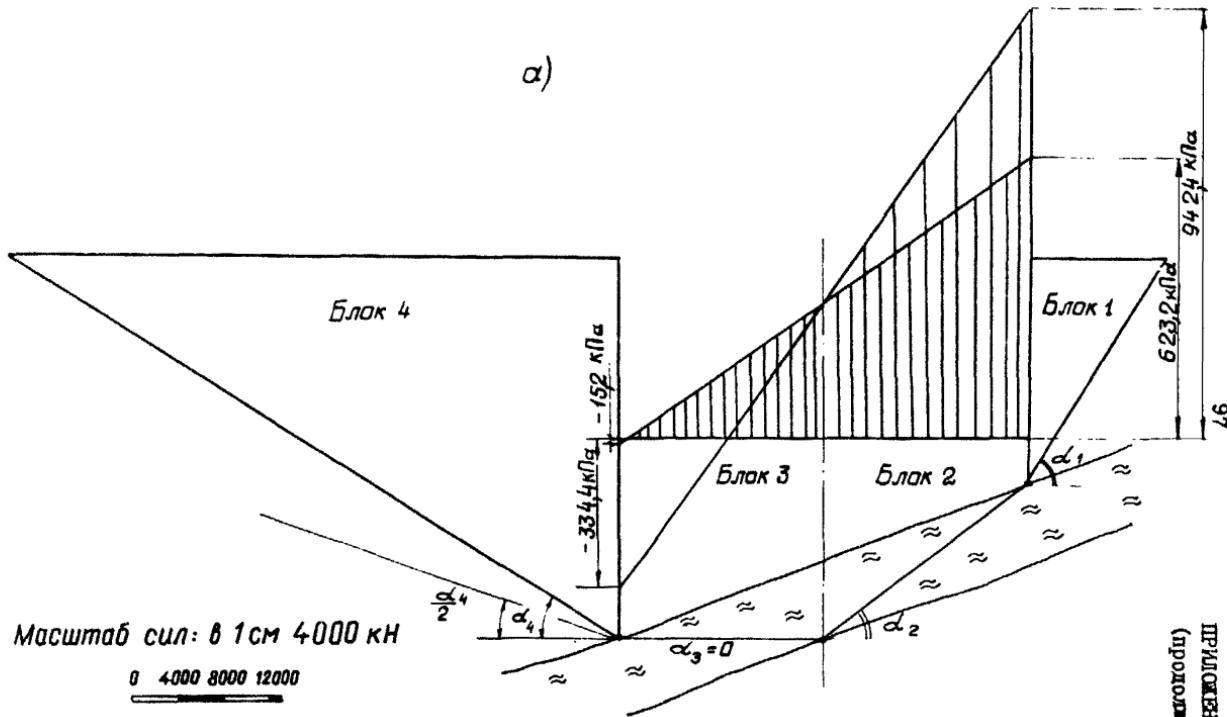


Рис.2. К расчету устойчивости основания пала по плоским поверхностям скольжения:  
а) схема нагрузок

Масштаб сил: 8 1 см 4000 кН

0 4000 8000 12000

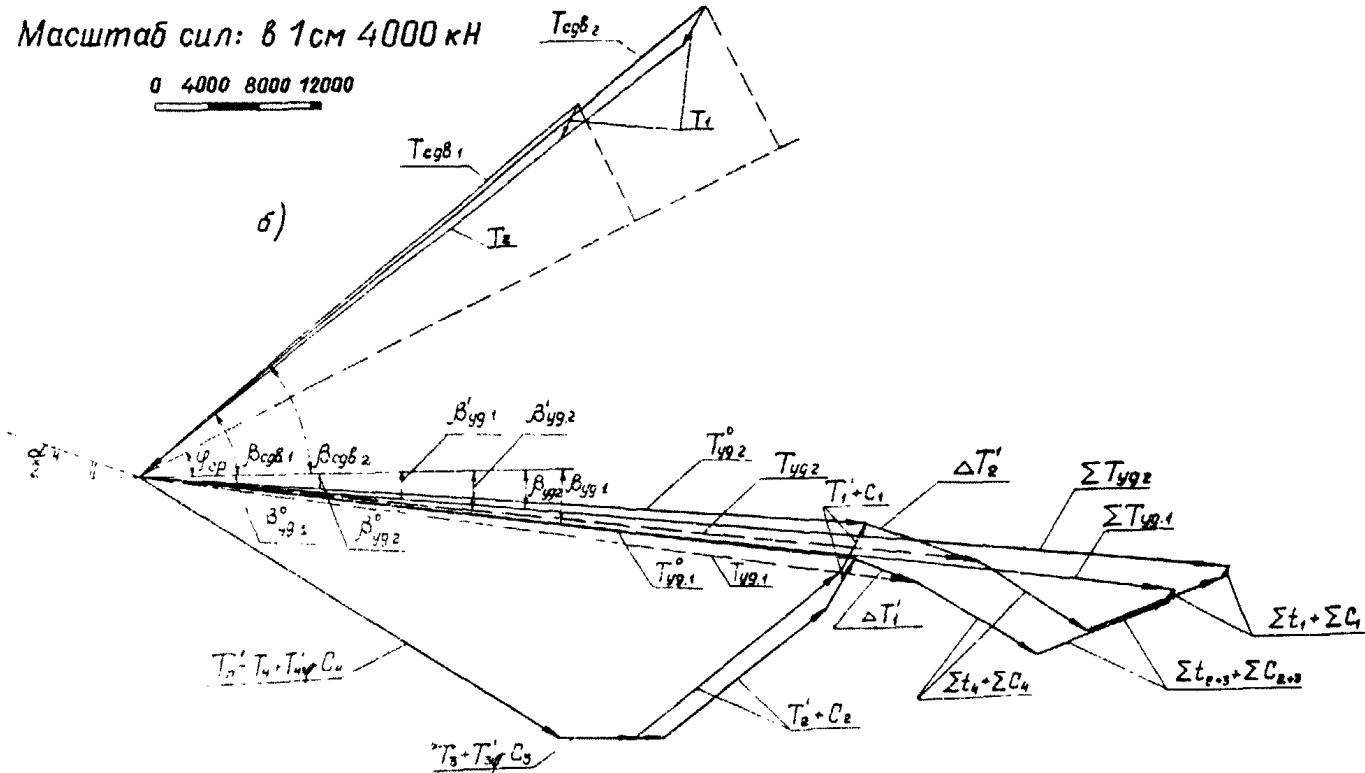


Рис.2. К расчету устойчивости основания пада по плоским поверхностям скольжения:  
б) силовые многоугольники

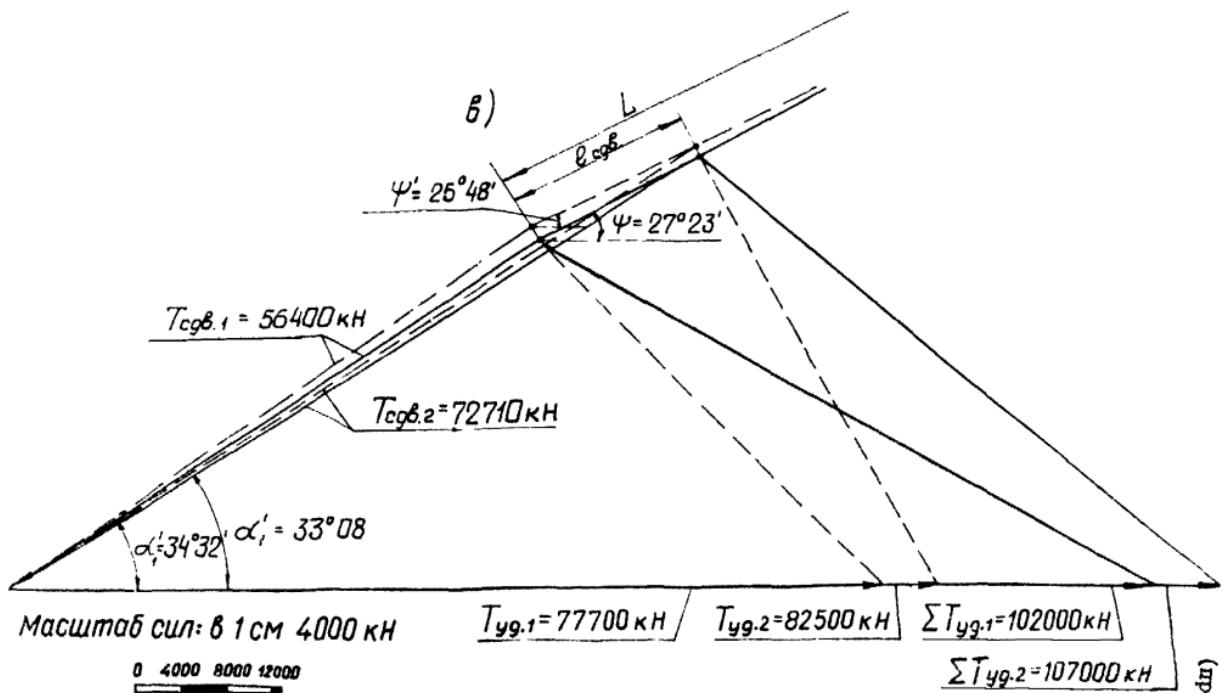


Рис.2. К расчету устойчивости основания пала по плоским поверхностям скольжения:  
в) расчетная схема

ПРИЛОЖЕНИЕ 7  
(продолжение)

подошвы пала, с поверхностью слабого слоя грунта.

Поверхность скольжения за пределами ширины подошвы пала проходит под углом к горизонту  $\alpha_1$  в активной зоне и  $\alpha_4$  в пассивной зоне (см.рис. 1):

$$\alpha_1 = 45^\circ + 0,50 \varphi = 45^\circ + 0,50 \cdot 26^\circ = 58^\circ;$$

$$\alpha_4 = 45^\circ - 0,50 \varphi = 45^\circ - 0,50 \cdot 26^\circ = 32^\circ.$$

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  $R_{A1} = 9000$  кН и  $R_{A2} = 18000$  кН приведены в таблице настоящего Приложения.

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

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

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  $R_{A1} = 9000$  кН:

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

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

Таблица

Значения сдвигющих 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							
	$q_i$ кН	$\alpha_i^o$	$\sin\alpha_i$	$T_i$ кН	$T'_{i\varphi}$ кН	$C_i$ кН	$T'_i$ кН	$q_i$ кН	$\alpha_i^o$	$\sin\alpha_i$	$T_i$ 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	5337		
2	63880	38°10'	0,61795	51834	17581	2466	20047	109980	38°10'	0,61795	67962	23052	2466	25518		
3	69240	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	46330	41760	32° 00'	0,52992	22129	17510	8691	46330		

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

( продолжение )

при  $R_{A2} = 18000 \text{ кН}$ ;

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

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

2.4. Эксцентризитет приложения равнодействующей вертикальной нагрузки  $G$  и горизонтальной нагрузки  $R_1$  или  $R_2$ 

$$\epsilon = 0,50 \cdot D - \frac{M_{yg} - M_o}{G},$$

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

$$M_{o1} = P_{A1} H_p = 9000,00 \cdot 20,30 = 182700,00 \text{ кН.м};$$

$$M_{o2} = P_{A2} H_p = 18000,00 \cdot 20,30 = 365400,00 \text{ кН.м};$$

 $H_p = 20,30 \text{ м (см.рис.2 Приложения 6 настоящего РД);}$ при  $R_1 = 9000 \text{ кН}$ 

$$\epsilon_1 = 0,50 \cdot 18,00 - \frac{695874,24 - 182700,00}{77319,36} = 2,36 \text{ м};$$

при  $R_2 = 18000 \text{ кН}$ 

$$\epsilon_2 = 0,50 \cdot 18,00 - \frac{695874,24 - 365400,00}{77319,36} = 4,73 \text{ м}.$$

## 3. Определение равнодействующих сдвигавших и удерживающих сил

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 7  
(продолжение)

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

$$T'_i = T_{i\varphi} + c_i \ell_i D,$$

где  $T_{i\varphi} = g_i \lambda_o$  определено в п.8 Приложения 2 настоящего РД.

Результаты подсчетов сдвигавших и удерживающих сил  $T_i$ ,  $T'_i$  и  $T'_{i\varphi}$  при действии горизонтальных нагрузок  $A_1 = 9000$  кН и  $A_2 = 18000$  кН приведены в таблице настоящего Приложения.

3.1.2. Равнодействующие сдвигавших  $T_{cfb_i}$  и удерживающих сил  $T'_{ygb_i}$  и углы их наклона к горизонту  $\beta_{cfb_i}$  и  $\beta'_{ygb_i}$  определяются графически (рис.2б).

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

при  $A_1 = 9000$  кН       $T_{cfb_1} = 56400$  кН;

$$T'_{ygb_1} = 70600$$
 кН;

$$\beta_{cfb_1} = 39^{\circ}05'$$
;

$$\beta'_{ygb_1} = -7^{\circ}32'$$
;

при  $A_2 = 18000$  кН       $T_{cfb_2} = 72710$  кН;

$$T'_{ygb_2} = 71800$$
 кН;

$$\beta_{cfb_2} = 38^{\circ}40'$$
;

$$\beta'_{ygb_2} = -4^{\circ}35'$$
.

3.1.3. Дополнительная удерживающая сила соответственно при действии горизонтальных нагрузок  $A_1$  и  $A_2$ :

$$\Delta T'_i = [T_{cfb_1} \cdot \cos(\beta_{cfb_1} - \varphi_{cp}) - T'_{ygb_1} \cdot \cos(\varphi_{cp} - \beta'_{ygb_1}) + \\ + T'_n \cdot \cos(45^{\circ} + 0,50\varphi_{cp})] \cdot \sin(0,50\alpha_{cp} + \varphi_{cp}) \operatorname{tg} \varphi_{cp} =$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 7  
(продолжение)

$$\begin{aligned}
 &= \left\{ 56400 \cos(39^{\circ}05' - 26^{\circ}00') - 70600 \cos[(26^{\circ}00') - (-7^{\circ}32')] \right\} + \\
 &+ 48330 \cos(45^{\circ}00' + 0,50 \cdot 26^{\circ}00') \} \sin(0,50 \cdot 32^{\circ}00' + 26^{\circ}00') . \\
 &\cdot \operatorname{tg} 26^{\circ}00' = 7081 \text{ кН} ; \\
 \Delta T_e' &= [T_{cgb_1} \cos(\beta_{cgb_1} - \varphi_{cp}) - T_{ygy_1}^o \cos(\varphi_{cp} - \beta_{ygy_1}^o) + \\
 &+ T_n' \cos(45^{\circ} + 0,50 \varphi_{cp})] \sin(0,50 \alpha_{cp} + \varphi_{cp}) \operatorname{tg} \varphi_{cp} = \\
 &= \left\{ 72710 \cos(38^{\circ}40' - 26^{\circ}00') - 71800 \cos[(26^{\circ}00') - (-4^{\circ}35')] \right\} + \\
 &+ 48330 \cos(45^{\circ}00' + 0,50 \cdot 26^{\circ}00') \} \sin(0,50 \cdot 32^{\circ}00' + 26^{\circ}00') . \\
 &\cdot \operatorname{tg} 26^{\circ}00' = 11337 \text{ кН} ,
 \end{aligned}$$

где  $T_{cgb_1}$ ,  $T_{ygy_1}$ ,  $\beta_{cgb_1}$ ,  $\beta_{ygy_1}$   
определен в п.3.1.2;

$T_n' = T_e'$  определено в п.3.1.1. настоящего Приложения;

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

3.1.4. Равнодействующая удерживающих сил с учетом дополнительной силы, возникшей за счет пригрузения пассивной зоны сдвигаемой части грунта основания, определяется графически путем векторного суммирования соответствующих удерживающих сил  $T_{ygy_1}^o$  и  $\Delta T_e'$  (см.рис.2):

$$T_{ygy_1} = 77700 \text{ кН} ;$$

$$T_{ygy_2} = 82500 \text{ кН}.$$

Углы наклона  $T_{ygy_1}$  и  $T_{ygy_2}$  к горизонту:

$$\beta_{ygy_1}' = -8^{\circ}32' ;$$

$$\beta_{ygy_2}' = -6^{\circ}34'.$$

3.2. Определение равнодействующей удерживающих сил  $\sum T_{ygy_i}$  с учетом трехсторонней работы основания паль

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

(продолжение)

3.2.1. Равнодействующие сил трения на торцевые поверхности блоков:

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

$$\begin{aligned} \Sigma t_{(2+3)} &= 0,33 D (E'_a + E''_a + \sqrt{E'_a E''_a}) \operatorname{tg} \varphi_{(2+3)} = \\ &= 0,33 \cdot 18,00 (194,00 + 562,00 + \sqrt{194,00 \cdot 562,00}) \operatorname{tg} 26^\circ = \\ &= 3146,82 \text{ кН}; \end{aligned}$$

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

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

$\alpha_1$  и  $\alpha_4$  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:

$$\Sigma C_1 = \frac{0,50 c_1 h_1^2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{0,50 \cdot 15,00 \cdot 10,00^2}{\operatorname{tg} \frac{26^\circ}{58^\circ}} = 468,65 \text{ кН};$$

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

( продолжение )

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

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

где  $h_1$  и  $h_2$  определены в п.3.2.1;

$d_1$  и  $d_4$  определены в п.2.1 настоящего Приложения;  
 $\ell_\sigma = \infty$ .

Соответственно, по двум торцам:

$$\begin{aligned}\Sigma C_1 &= 937,30 \text{ кН}; \quad \Sigma C_{(2+3)} = 7290,00 \text{ кН}; \\ \Sigma C_4 &= 6937,44 \text{ кН}.\end{aligned}$$

3.2.3. Равнодействующая удерживающих сил  $\Sigma T_{ygi}$  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.2б):

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

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

Углы наклона  $\Sigma T_{yg1}$  и  $\Sigma T_{yge}$  к горизонту:

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

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

#### 4. Проверка устойчивости основания пала

4.1. Равнодействующая предельных сдвигающих сил  $T_{cgb\,pr}$  :  
без учета пространственной работы основания пала

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

(продолжение)

$$\begin{aligned}
 T_{\text{сгб},\text{пр}} &= \sqrt{T_{\text{сгб},1}^2 + L^2 + 2T_{\text{сгб},1} \cdot L \cdot \cos(\alpha'_1 - \psi')} = \\
 &= \sqrt{56400,00^2 + 101214,34^2 + 2 \cdot 56400,00 \cdot 101214,34 \cdot \cos(34^\circ 32' - 25^\circ 48')} = \\
 &= 157193,65 \text{ кН};
 \end{aligned}$$

с учетом пространственной работы основания пала

$$\begin{aligned}
 T_{\text{сгб},\text{пр}} &= \sqrt{T_{\text{сгб},1}^2 + L^2 + 2T_{\text{сгб},1} \cdot L \cdot \cos(\alpha'_1 - \psi')} = \\
 &= \sqrt{56400,00^2 + 167738,14^2 + 2 \cdot 56400,00 \cdot 167738,14 \cdot \cos(33^\circ 06' - 27^\circ 23')} = \\
 &= 223925,73 \text{ кН},
 \end{aligned}$$

где  $T_{\text{сгб},1}$  определено в п.3.1.2;

$L, \alpha'_1, \psi'$  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

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{T_{\text{yg},1} + T_{\text{сгб},1} (\sin \alpha'_1 \cdot \operatorname{tg} \psi_{\text{ср}} - \cos \alpha'_1)}{\cos \psi' - \frac{\ell_{\text{сгб}}}{\ell_{\text{сгб}}} - \sin \psi' \cdot \operatorname{tg} \psi_{\text{ср}}} = \\
 &= \frac{77700 + 56400 (\sin 34^\circ 32' \cdot \operatorname{tg} 21^\circ 36' - \cos 34^\circ 32')}{\cos 25^\circ 48' - \frac{4800}{16310} - \sin 25^\circ 48' \cdot \operatorname{tg} 21^\circ 36'} = \\
 &= 101214,34 \text{ кН},
 \end{aligned}$$

где  $T_{\text{сгб},1}, T_{\text{yg},1}$  определены соответственно в пп.3.1.2, 3.1.4 настоящего Приложения;

$$\alpha'_1 = \beta_{\text{сгб},1} - \beta_{\text{yg},1} = 26^\circ - (-8^\circ 32') = 34^\circ 32';$$

$$\ell_{\text{yg}} = T_{\text{yg},2} - T_{\text{yg},1} = 82500 - 77700 = 4800 \text{ кН};$$

$$\ell_{\text{сгб}} = T_{\text{сгб},2} - T_{\text{сгб},1} = 72710 - 56400 = 16310 \text{ кН};$$

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 7  
(продолжение)

$T_{yy2}, \beta_{yy1}$  определены в п.3.1.4;

$T_{ygb}, \beta_{ygb1}$  определены в п.3.1.2 настоящего Приложения.

Так как  $\beta_{ygb1}$  больше  $\varphi_{cr.}$ , то принимается

$$\beta_{ygb1} = \varphi_{cr.} = 26^\circ.$$

4.3. Величина  $L$  с учетом пространственной работы основания

$$\begin{aligned} \text{пала } L &= \frac{\sum T_{yy1} + T_{ygb1} (\sin \alpha'_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cr} - \cos \alpha'_1)}{\cos \Psi - \frac{\ell_{yy}}{\ell_{ygb}} - \sin \Psi \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cr}} = \\ &= \frac{102000 + 56400 (\sin 33^\circ 08' \cdot \operatorname{tg} 21^\circ 36' - \cos 33^\circ 08')}{\cos 27^\circ 23' - \frac{5000}{16310} - \sin 27^\circ 23' \cdot \operatorname{tg} 21^\circ 36'} = \\ &= 167738,14 \text{ кН,} \end{aligned}$$

где  $T_{ygb1}$  определено в п.3.1.2;

$\sum T_{yy1}$  определено в п.3.2.3 настоящего Приложения;

$$\alpha'_1 = \beta_{ygb1} - \beta_{yy1} = 26^\circ - (-7^\circ 08') = 33^\circ 08';$$

$$\ell_{yy} = \sum T_{yy2} - \sum T_{yy1} = 107000 - 102000 = 5000 \text{ кН;}$$

$\ell_{ygb}$  определено в п.4.2 настоящего Приложения;

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

где  $\sum T_{yy2}, \beta_{yy1}$  определены в п.3.2.3;

$\beta_{ygb1}$  определено в п.3.1.2 настоящего Приложения.

Так как  $\beta_{ygb1}$  больше  $\varphi_{cr.}$ , то принимается

$$\beta_{ygb1} = \varphi_{cr.} = 26^\circ.$$

4.4. Условие устойчивости основания пала считается выполненным, когда

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

(продолжение)

$$n_c n T_{cgb} \leq \frac{m}{K_n} m_g T_{cgb\,pr},$$

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

$T_{cgb_1}$  определено в п.3.1.2;

$T_{cgb\,pr}$  определено в п.4.1 настоящего Приложения;

без учета пространственной работы основания пала

$$1,00.1,25.56400,00 \text{ кН} < \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85.157193,65 \text{ кН};$$

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

с учетом пространственной работы основания пала

$$1,00.1,25.56400,00 \text{ кН} < \frac{1,15}{1,15} \cdot 0,85.223925,73 \text{ кН};$$

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

Устойчивость основания пала по плоским поверхностям скольжения обеспечена.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

(справочное)

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 свыше 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 Ленморнипроектом.

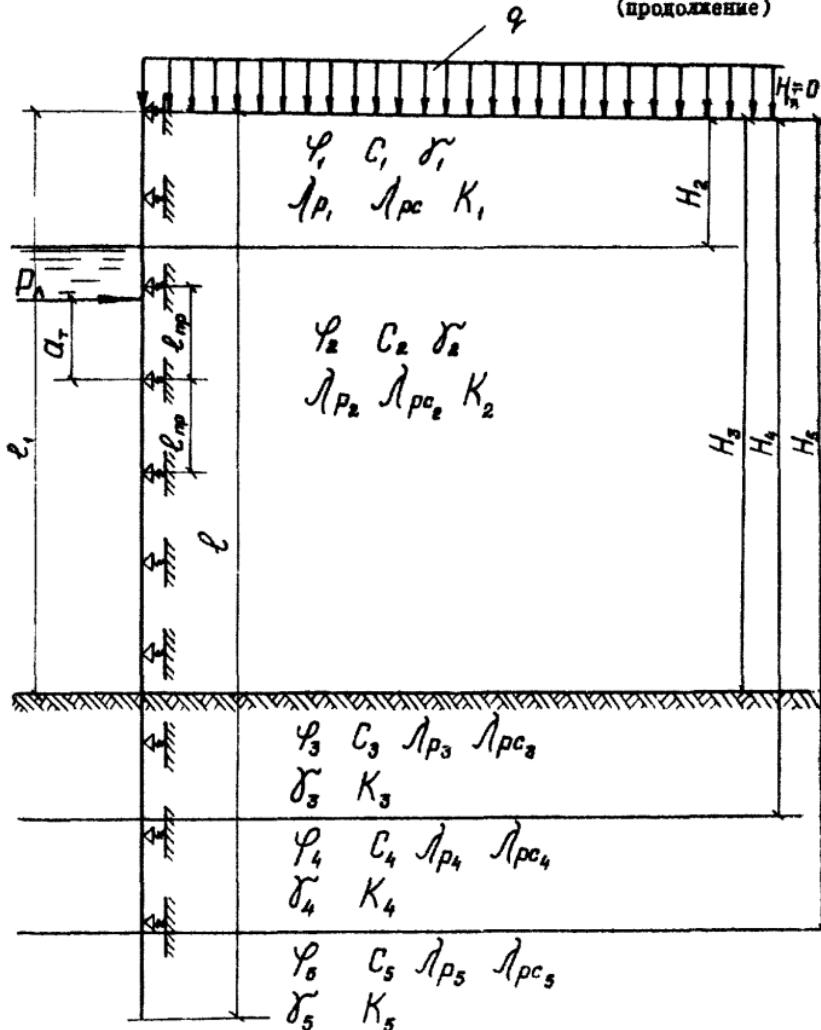


Рис. I. Расчетная схема сооружения

ПРИЛОЖЕНИЕ 8  
(продолжение)

Определение дополнительных величин приводится ниже.

Податливость условных опор  $K_n$  определяется по формуле

$$K_n = K \cdot LD \cdot \ell' H_i, \quad (1)$$

где  $K$  - коэффициент пропорциональности, кН/м<sup>4</sup>, принимаемый в соответствии с требованиями СНиП II-17-77;

$LD$  - расстояние между условными опорами, м;

$\ell'$  - 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

$$R_n = H_i \cdot \gamma_p \lambda_p \times LD \times \ell' + C \lambda_{pc} \times LD \times \ell', \quad (2)$$

где  $\gamma_p$  - объемный вес грунта в створе расчетной опоры, кН/м<sup>3</sup>;

$\lambda_p$  - коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления грунта;

$C$  - сцепление грунта, кПа;

$\lambda_{pc}$  - коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления грунта от силы сцепления.

Приведенная высота слоя грунта  $H_i$  определяется по формуле

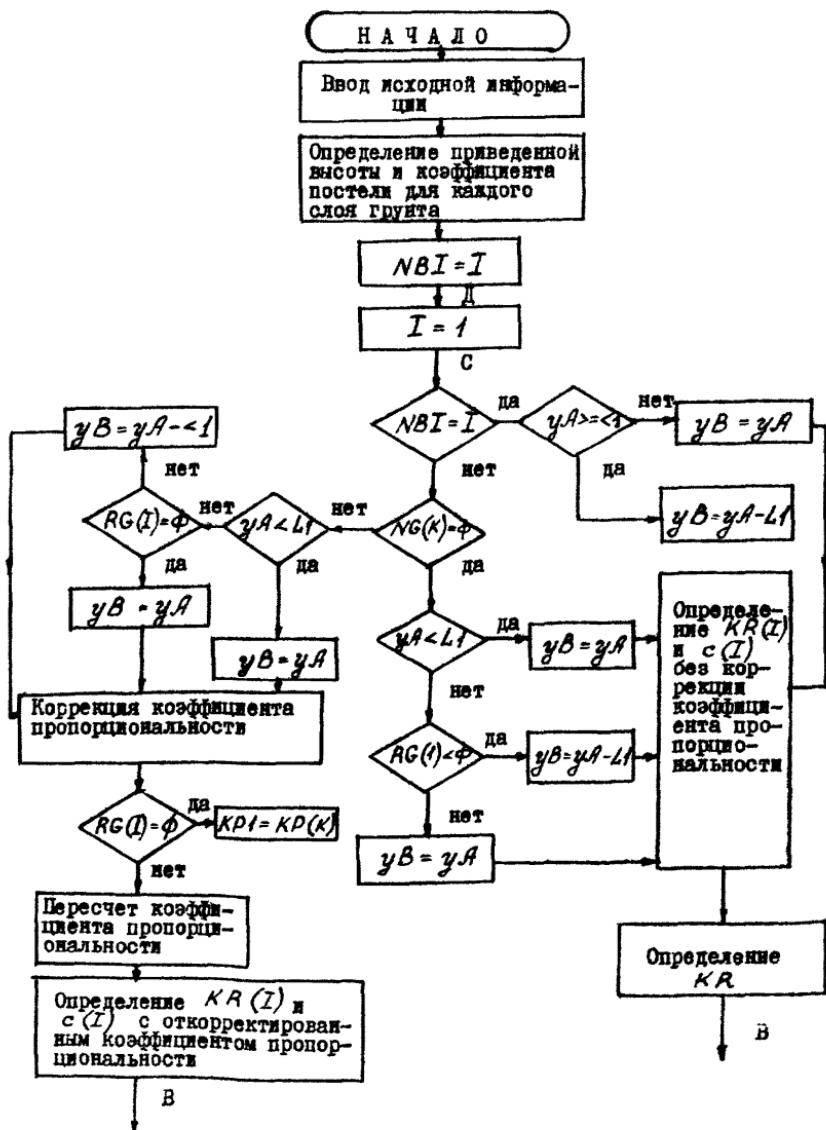
$$H_i = \frac{q}{\gamma_p} + \sum \frac{\gamma_i h_i}{\gamma_p}, \quad (3)$$

где  $q$  - временная нагрузка на территории причала, кН/м<sup>2</sup>;

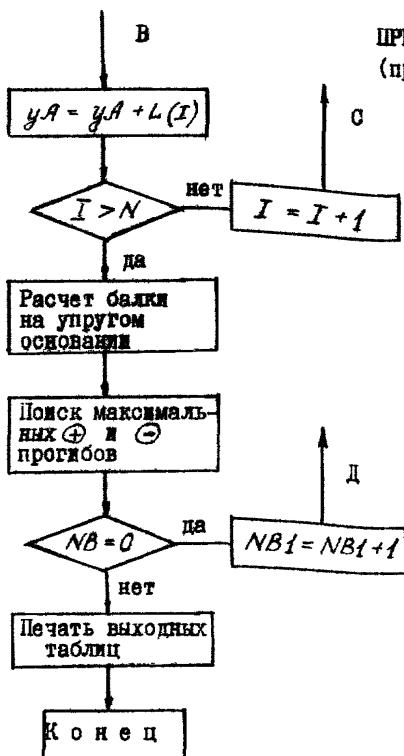
$\gamma_i$  - объемный вес каждого слоя грунта расположенного над слоем грунта, в котором находится расчетная условная опора, кН/м<sup>3</sup>;

$h_i$  - толщина слоя грунта с объемным весом  $\gamma_i$ , м.

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



ПРИЛОЖЕНИЕ 8  
(продолжение)



Примечания:

- $NB1$  - счетчик итераций
- $I$  - счетчик опор
- $KR(I)$  - жесткость  $I$ -ой опоры
- $c(I)$  - податливость  $I$ -ой опоры
- $RG(I)$  - величина прогиба на  $I$ -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
- $yA$  - ордината опоры относительно земли
- $yB$  - расчетная ординаты опоры.

ПРИЛОЖЕНИЕ В  
(продолжение)

3. Условные обозначения для составления исходных данных

Обозна- чения	Размер- ность	Иденти- фикато- ри	Наименование величин	
			1	2
$B$	м	$BS$		ширина балки
$H_n$	м	$L_1$		расстояние от кордона до дна (высота бооружения)
$\ell_{pr}$	м	$SH$		длина пролета между опорами (расчетный шаг)
$N$	ед.	$N$		количество опор
$K_{sp}$	ед.	$KG$		количество слоев грунта
$E$	кН/м <sup>2</sup>	$E$		модуль упругости материала
$T$	ед.	$T$		количество нагрузок (горизонтальных)
$q$	кН/м <sup>2</sup>	$QQQ$		вертикальная нагрузка
$\ell_{pr}$	м	$L(N-1)$		массив длин пролетов
$H$	м	$ZG(KG)$		массив ординат верхних границ слоев грунта
$\gamma$	кН/м <sup>3</sup>	$GM(KG)$		массив объемных весов грунта
$A$	-	$AG(KG)$		массив эмпирических коэффициентов для каждого грунта
$N$	-	$NG(KG)$		массив эмпирических показателей степе- ни для каждого грунта
$K$	кН/м <sup>4</sup>	$KP(KG)$		массив коэффициентов пропорциональности для грунта
$\varphi$	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
$\lambda_p$	-	$LMD(2,KG)$	$LMD(1,KG)$	коэффициенты горизонтальной составляющей пассивного давления грунта
$\lambda_{pc}$	-	-	$LMD(2, KG)$	коэффициенты горизонтальной составляющей пассивного давления грунта от сил сцепления

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

(продолжение)

1	2	3	4
$I$	$\text{м}^4$	$I(N-1)$	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 бульверка 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 - кН/м<sup>2</sup>; 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  $E \times I$ , поэтому допускается одна из этих величин принимать равной 1,0, тогда вторую следует принимать равной жесткости элемента.

### 5.4. Контрольный пример расчета

#### И с х о д и н е    д а н н и е

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  $SH = 0,50$

#### Х а р а к т е р и с т и к и    г р у н т о в

Отметка слоя грунта и	Объемный вес грунта $\text{kN/m}^3$	Эмпирич. коэф-нт	Показат. степени	Коэф-нт пропорцио- нальности $\text{kN/m}^4$	Угол внутреннего трения град.	Сцепле- ние $\text{kPa}$	Коэф-нт пассивн. давления	Коэф-нт пассивн. давления от спрл.
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  $Q\&Q = 0.00$

Горизонтальная сила  $P = 1000.00$ , Точка приложения: пролет № 12 Расстояние от верхней опоры = 0.3000.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8  
(продолжение)

Р е з у л т а т и н р а с с ч е т а

Нр опоры	Отметка от верха сооружения	Момент на опоре	Реакция грунта	Несущая способность грунта	Прогиб
1	2	кН	кН	кН	м
1	0.00	0.00	0.65	3.19	0.00416
2	0.50	0.32	5.22	25.51	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	0.00426
8	3.50	150.00	37.16	178.60	0.00426
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	263.50	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	-299.82	23.57	411.07	0.00065

ПРИЛОЖЕНИЕ 8  
 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
23	11.00	-275.26	16.58	425.25	0.00044
24	11.50	-252.44	10.35	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	106.97	-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 8**  
**(продолжение)**

## 6. Контрольный пример расчета

Схема сооружения и исходные данные для расчета приведены в Приложении 6 (справочное) настоящего Руководства.

### 6.1. Бланк исходных данных

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

(продолжение)

#### 6.2. Пример заполнения исходных данных

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

## 1-ый набор

количество  
вариантов

2-ой набор

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

### З-ий набор

### Массив характеристик грунта

$H_i$	0.0,	5.0,	18.0,	21.5,	24.5,	
$T_i$	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,	
$\Psi_i$	30,	30,	26,	12,	30,	
$C_i$	0.0,	0.0,	15,	12,	15,	
$\lambda_{pi}$	5.67,	5.67,	4.23,	1.80,	5.67,	
$\lambda_{pxi}$	0.00,	0.00,	5.79,	2.94,	7.10,	

## Массив горизонтальных нагрузок

$P_{nj}$	1000	
$N_{npi}$	12,	
$a_{zi}$	0.3,	

*j* - Номер нагрузки

*j* - номер слоя грунта

### Массив моментов инерции

*K* - номер пролета

ПРИЛОЖЕНИЕ 8  
(продолжение)

**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.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9  
(справочное)

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

Программа IRISHA предназначена для расчета устойчивости оснований узких засыпных пирсов с учетом глубинного сдвига при условии  $\frac{B}{H} \leq 1.2$  (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,  $T_D = 0$  (рис. Iа)

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

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

$n = 1, 2, 3$ .

а)  $T_D = 0$

б)  $T_D = -n$

в)  $T_D = +n$

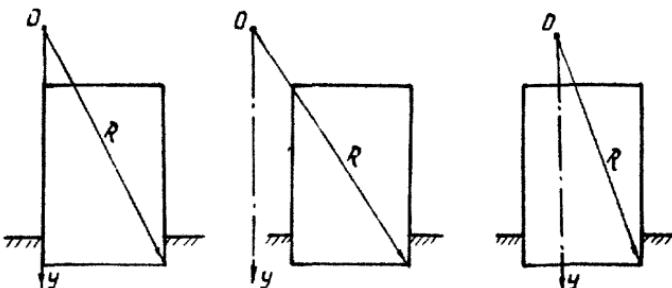
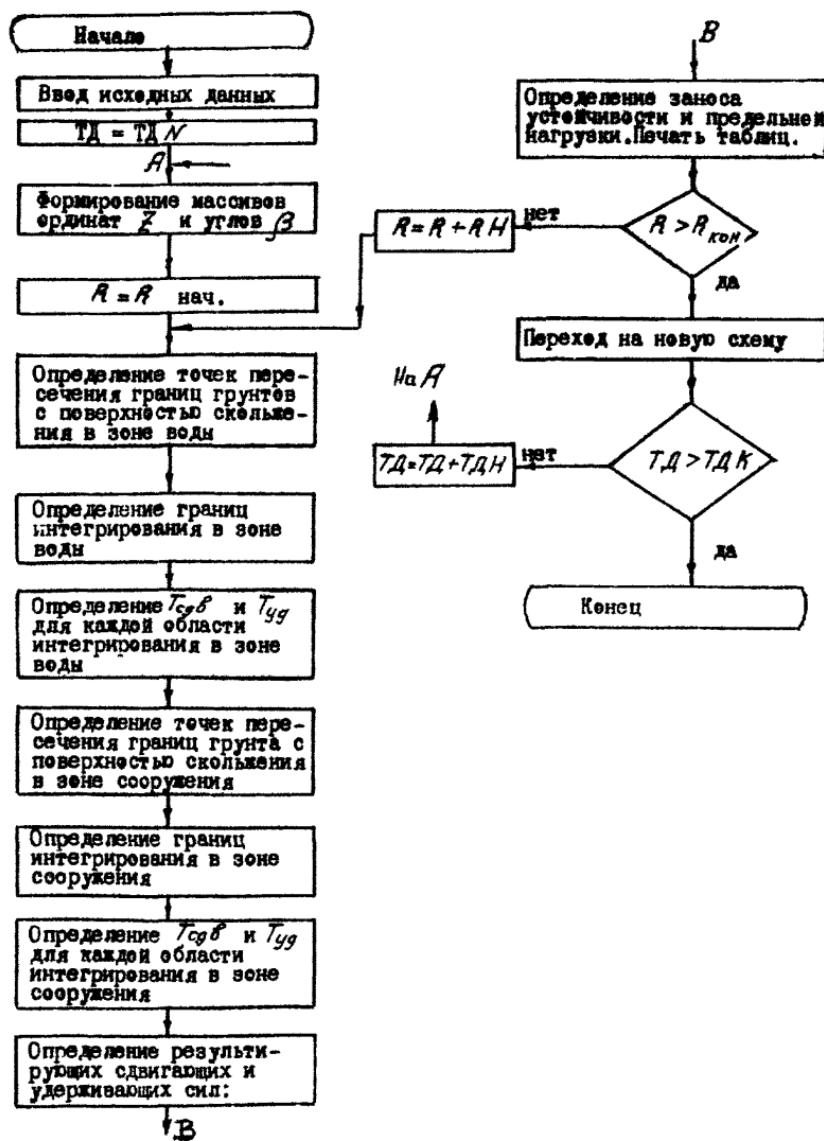


Рис. I. Возможные схемы расчета.

(продолжение)

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



ПРИЛОЖЕНИЕ 9  
(продолжение)

**2. Условные обозначения для составления исходных данных**

Обозна- чение	Размер- ность	Иденти- фикатор	Наименование величины
1	2	3	4
$a_{нач.}$	м	$N M C$ $Aя$	Наменование сооружения. Начальное расстояние от центра по- верхности скольжения до верхней отметки сооружения по вертикали.
$a_{кон.}$	м	$R2$	Конечное расстояние от центра по- верхности скольжения до верхней отметки сооружения по вертикали.
$RH$	м	$RH$	Шаг изменения длины радиуса.
$TДN$	м	$TДN$	Начальное расстояние от лицевой стенки сооружения (в сторону прило- жения нагрузки "—") до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
$TДK$	м	$TДK$	Конечное расстояние от лицевой стен- ки сооружения до вертикали, прохо- дящей через центр поверхности сколь- жения.
$TДH$	м	$TДH$	Шаг изменения расстояния от лицевой стенки сооружения до вертикали, про- ходящей через центр поверхности скольжения.
$B$	м	$KTD$	Ширина сооружения (диаметр пала).
$H$	м	$H$	Расстояние по вертикали от верхней отметки сооружения до отметки дна. (высота сооружения).
$U$	м	$UD$	Глубина погружения сооружения в грунт основания.
$\gamma$	$кН/м^3$	$GM$	Объемный вес грунта основания
$KI$	$ег$	$KI$	Количество слоев грунта в зоне со- оружения.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 9

(продолжение)

1	2	3	4
$K_2$	$eg$	$K_2$	Количество слоев грунта в зоне воды.
$N$	$eg$	$N_1$	Количество ступеней нагрузок.
$HP$	$m$	$HP$	Плечо приложенной горизонтальной нагрузки относительные точки зацепления.
-	-	$PAZ$	Признак печати: если $PAZ = 1$ , то на печать выводятся все промежуточные величины, а именно: $T_D, R, Q, T_{cg}, T_{yg}, \alpha_1, \alpha_2, \psi, Z_{yg}, Z_{cg}, K, Q_{pr}$ если $PAZ = 2$ , то на печать выводится: $R, T_D, K, Q_{pr}$ .
			Массивы характеристик грунтов основания.
$\varphi_i$	град	$JJ(k, I)$	Угол трения $i$ -того слоя грунта $JJ(1, K_1 + 1) = \varphi; JJ(2, K_2 + 1) = 0$
$c_i$	к На	$S(K, I)$	Величина сцепления $i$ -того слоя грунта $S(1, K_1 + 1) = 0; S(2, K_2 + 1) = \varphi;$
$Z_i$	$m$	$ZI(k, I)$	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 (-)
$\beta$	град	$B(X, I)$	Угол наклона верхней границы $i$ -того слоя грунта к оси 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 применяется в соответствии с приведенной высотой.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9  
(продолжение)

3. Порядок составления исходных данных

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

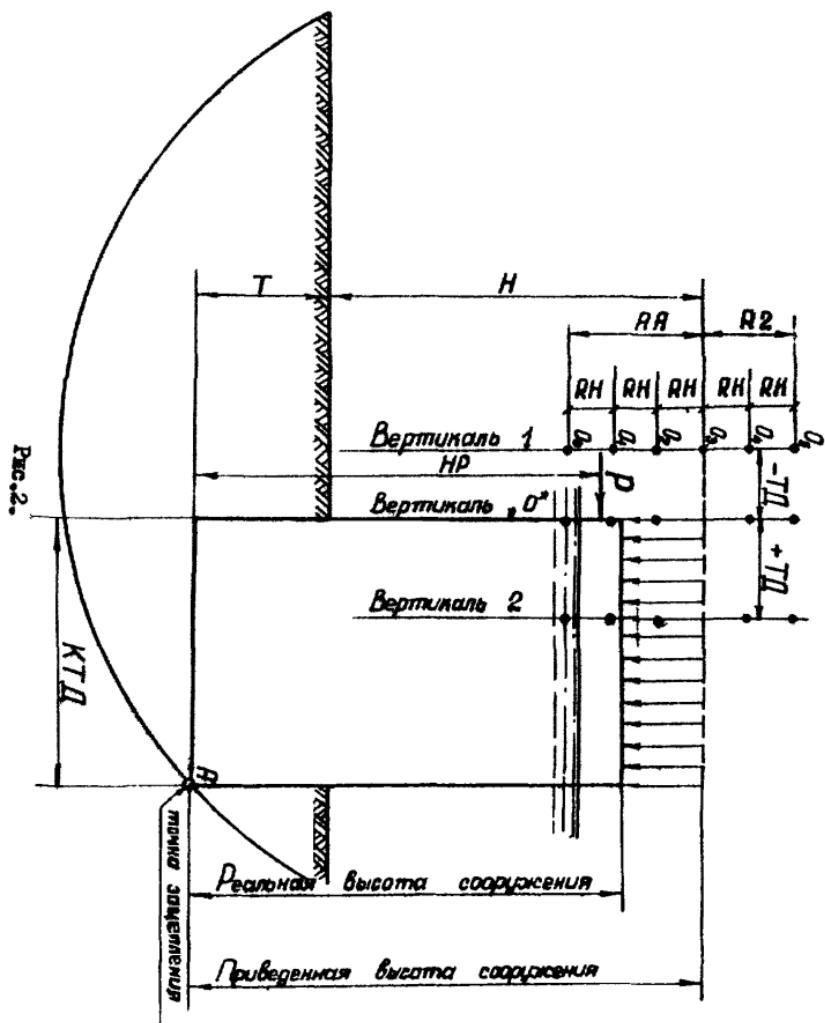
поперечный разрез сооружения с указанием слоев грунта, объемных весов, углов внутреннего трения, удельного сцепления для каждого слоя, все габариты сооружения, положение характерных точек (рис.1,2).

В программе приняты следующие размерности исходных данных:

длины - м ;

нагрузка - кН ;

углы - град.



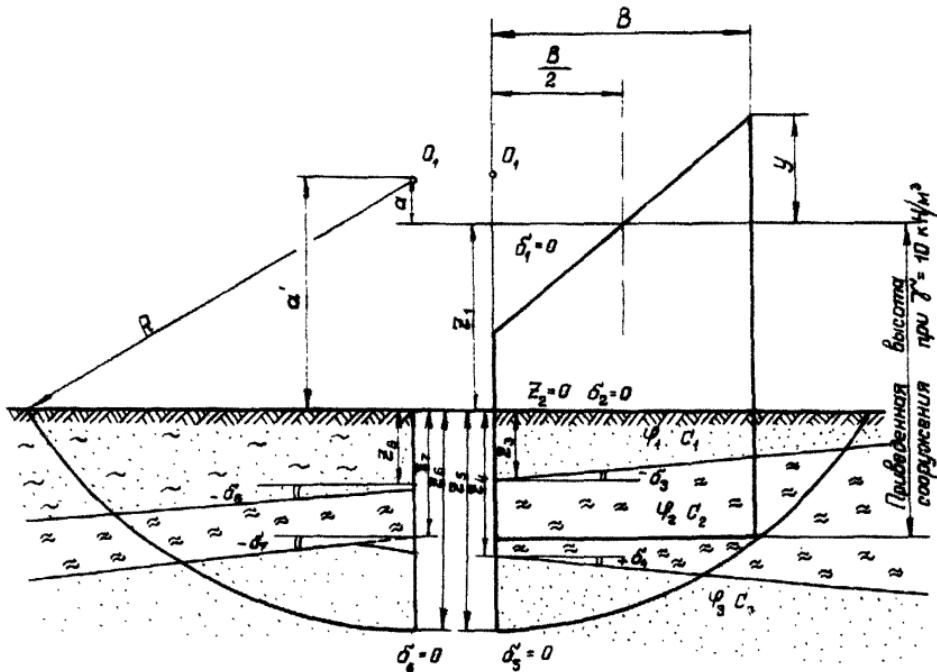


Рис. 3.

(продолжение)

Исходные данные заносятся из таблицы исходных данных, заполняемой заказчиком, на бланки с 1-ой по 80-ую позиции и отделяются друг от друга запятыми.

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

## 2 - ой набор

$\sigma_{\text{нач}}$	$\sigma_{\text{кон}}$	$RH$	$TDN$	$TDK$	$TDH$	$B$	$H$	$\epsilon$	$\gamma$	$k_1$	$k_2$	$N$	$n_{\text{ФРП}}$
0,	-30,	-5,	-2,	2,	2,	20,	30,	8,	10,	2,	2,	9,	38, 1

3 - ий набор

$Z_1(1)$	$Z_1(2)$	$D(f_1)$	$D(f_2)$	$D(f_3)$	$S(1)$	$S(1,2)$	$S(1,3)$	$S(2)$	$S(2,3)$	$Z_1(1,2)$	$Z_1(1,3)$	$Z_1(2,3)$	$Q(1)$	$B(1,2)$	$B(1,3)$	$B(2,3)$			
10.	20.	0.	20.	10.	0.	0.	100.	100.	0.	0.	10.2.	0.	0.	10.2.	0.	0.	-155.	0.	0
$\Psi$ град.				с кПа				$Z$ м				$\beta$ град.							

## 5. Таблица исходных данных

Сооружение: Мурманский порт причал 5			
$T_{DN} = -2$	$T_{DK} = 2$	$T_{DH} = 2$	
$\sigma_{KOC} = \phi$	$\sigma_{KOM} = -30$	$AH = -5$	
Наименование параметра	Идентификатор	Величина	
$B$	$KTD$	и	20
$H$	$H$	и	30
$t$	$T\phi$	и	8
$\gamma$	$GM$	$m/m^3$	10
$K_1$	$K_1$	ед.	2
$K_2$	$K_2$	ед.	2
$N$	$N_1$	ед.	9
$HP$	$HP$	и	38
$PAZ$	$PAZ$	-	1

Массивы		зоны	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$JJ(2, \max(K_1 + 1, K_2 + 1))$	град.	зона берега	10	20	0						
		зона воды	20	10	0						
$S(2, \max(K_1 + 1, K_2 + 1))$	с к Па	зона берега	0	10	0						
		зона воды	10	0	0						
$Z(2, \max(K_1 + 1, K_2 + 1))$	м	зона берега	0	10.2	0						
		зона воды	0	10.2	0						
$B(2, \max(K_1 + 1, K_2 + 1))$	град.	зона берега	0-155	0							
		зона воды	0-155	0							
$Q(N_1)$	Р кН	тело пирса	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1500

(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. Величина 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<sub>2</sub>-ТУД<sub>1</sub>) - увеличение равнодействующей ТУД с увеличением нагрузки от  $P_1$  до  $P_2$  ( $ZUD$ ).
- 6.10. (ТСД<sub>2</sub>-ТСД<sub>1</sub>) - увеличение равнодействующей ТСД с увеличением нагрузки от  $P_1$  до  $P_2$  ( $ZCD$ ).

$K$  - запас устойчивости основания сооружения (К).

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

## 7. Инструкция оператору

Подготовить пакет, состоящий из:

- 7.1. Карт управления заданием в соответствии с требованиями языка управления заданиями ОСЕС (д 51.804.001.Л2).
- 7.2. Текста программы.
- 7.3. Исходных данных.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10  
(справочное)

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

Программа IRISHA - 1 разработана для расчета устойчивости несkalьных оснований ячеистых палов с учетом глубинного сдвига за исключением случаев образования фиксированных поверхностей скольжения.

Программа предусматривает решение задачи устойчивости основания ячеистых 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,  $TД = 0$  (рис. Ia).

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

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

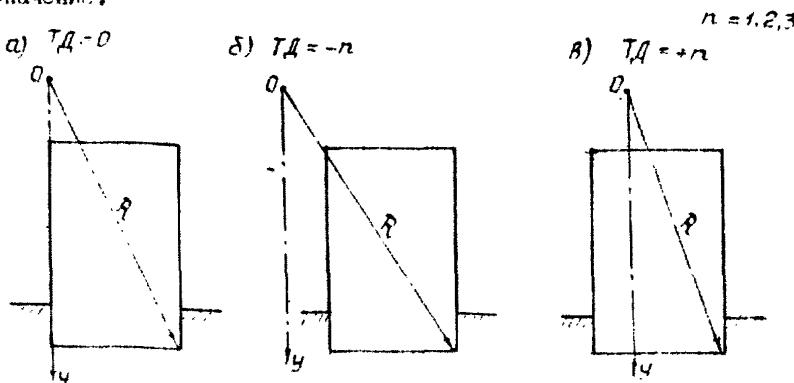
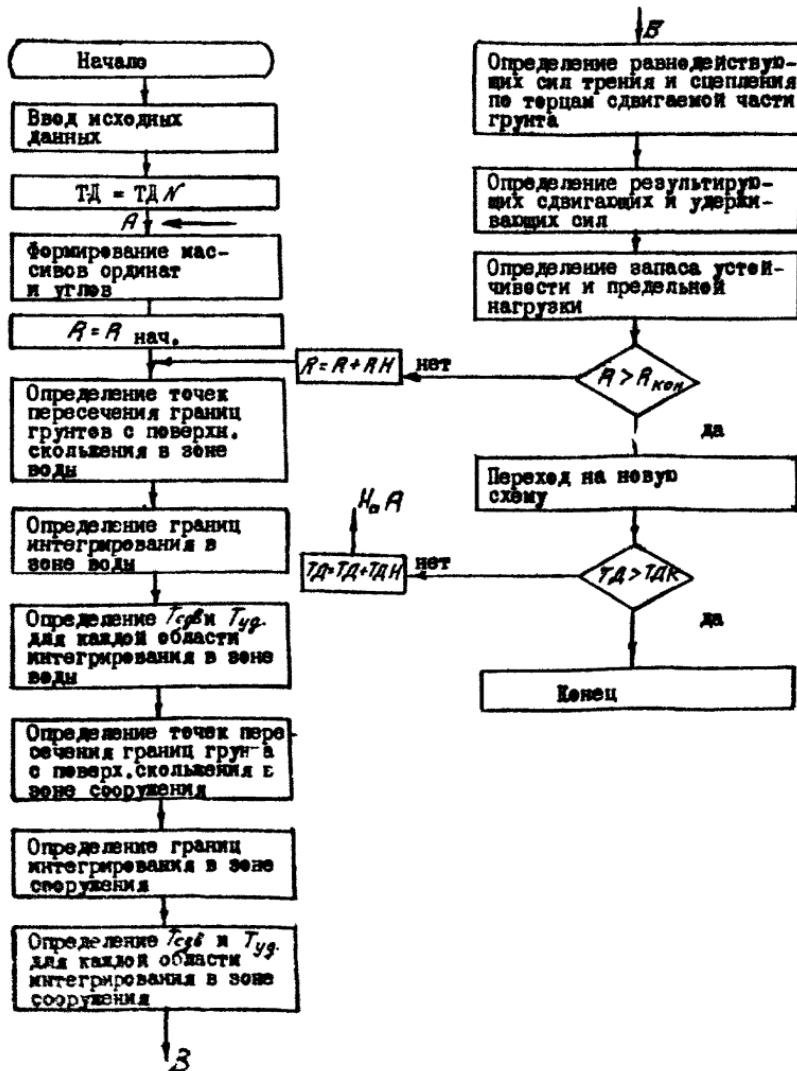


Рис. 1. Возможные схемы расчета.

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



ПРИЛОЖЕНИЕ 10  
(продолжение)

2. Условные обозначения для составления исходных данных

Обозна- чение	Размер- ность	Иденти- фикатор	Наименование величины
1	2	3	4
		<i>NMC</i>	Наименование сооружения.
<i>a<sub> нач.</sub></i>	<i>m</i>	<i>AA</i>	Начальное расстояние от центра поверхности скольжения до верхней отметки сооружения по вертикали.
<i>a<sub> кон</sub></i>	<i>m</i>	<i>R2</i>	Конечное расстояние от центра поверхности скольжения до верхней отметки сооружения по вертикали.
<i>RH</i>	<i>m</i>	<i>RH</i>	Шаг изменения длины радиуса.
<i>TДN</i>	<i>m</i>	<i>TДN</i>	Начальное расстояние от лицевой стены сооружения (в сторону приложения нагрузки $\rightarrow$ ) до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
<i>TДK</i>	<i>m</i>	<i>TДK</i>	Конечное расстояние от лицевой стены сооружения до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
<i>TДН</i>	<i>m</i>	<i>TДН</i>	Шаг изменения расстояния от лицевой стены сооружения до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
<i>B</i>	<i>m</i>	<i>KTD</i>	Ширина сооружения (диаметр пала).
<i>H</i>	<i>m</i>	<i>H</i>	Расстояние по вертикали от верхней отметки сооружения до отметки дна. (высота сооружения).
<i>t</i>	<i>m</i>	<i>TO</i>	Глубина погружения сооружения в грунт основания.
<i>γ</i>	<i>кН/м<sup>3</sup></i>	<i>GM</i>	Объемный вес грунта основания
<i>K1</i>	<i>е5</i>	<i>K1</i>	Количество слоев грунта в зоне сооружения.

(продолжение)

1	2	3	4
$K_2$	$eg$	$K_2$	Количество слоев грунта в зоне воды.
$N$	$eg$	$N_1$	Количество ступеней нагрузок.
$HP$	$m$	$HP$	Плече приложенной горизонтальной нагрузки относительно точки зацепления.
-	-	$PAZ$	Признак печати: если $PAZ = 1$ , то на печать выводятся все промежуточные величины, а именно $T_A, R, Q, T_{cy}, T_{yy}, \alpha, A, \Psi, Z_p, E_{cp}, K, Q_{po}$ , если $PAZ = 2$ , то на печать выводится: $A, T_A, K, Q_{po}$ Массивы характеристик грунтов основания.
$\varphi_i$	$frag$	$JJ(k, I)$	Угол трения $i$ -того слоя грунта $JJ(1, K_1+1) = \varphi; JJ(2, K_2+1) = 0$
$C_i$	$x IIa$	$S(k, I)$	Величина сцепления $i$ -того слоя грунта $S(1, K_1+1) = 0; S(2, K_2+1) = \varphi$
$Z_i$	$m$	$Z1(k, I)$	Ордината точек пересечения верхней границы $i$ -того слоя грунта с вертикалью, проходящей через точку А пада, при $T_A = 0$ $Z1(1, K_1+1) = 0; Z1(2, 1) = 0$ Значение $Z$ - выше дна со знаком (+) ниже дна со знаком (-)
$\beta_i$	$frag$	$B(k, I)$	Угол наклона верхней границы $i$ -того слоя грунта к оси $X$ со знаками (+) - по направлению часовой стрелки, (-) - против направления часовой стрелки.
-	-	$TSS(3m)$	Массив характеристик приведенных грунтов
		$TSS(1, m)$	Ордината точки пересечения верхней границы слоя ( $M$ ) грунта с линией кордона относительной отметки дна.
		$TSS(2, m)$	Величина угла трения $M^{20}$ слоя грунта.
		$TSS(3, m)$	Величина сцепления $M^{20}$ слоя грунта.
		$G(r, I)$	Массив нагрузок

ПРИМЕЧАНИЯ: пока  $K=1$  - характеристиками грунтов расположенных в зоне сооружения (начинать с верхнего слоя грунта);

ПРИЛОЖЕНИЕ 10  
(продолжение)

при  $K = 2$  — характеристики грунтов, расположенных в зоне воды перед сооружением (начинать с нижнего слоя грунта);

$M$  — количество приведенных слоев грунта;

$N!$  — 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.

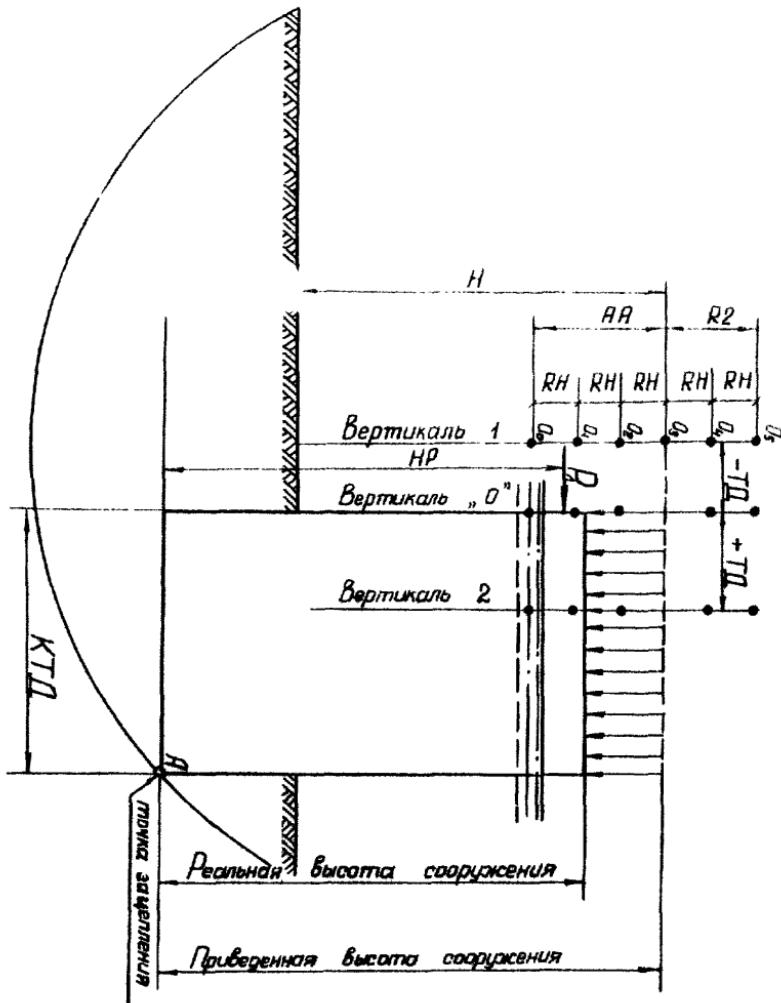
В программе приняты следующие размерности исходных данных:

длины — м;

нагрузка — кН;

углы — град.

Рис.2.



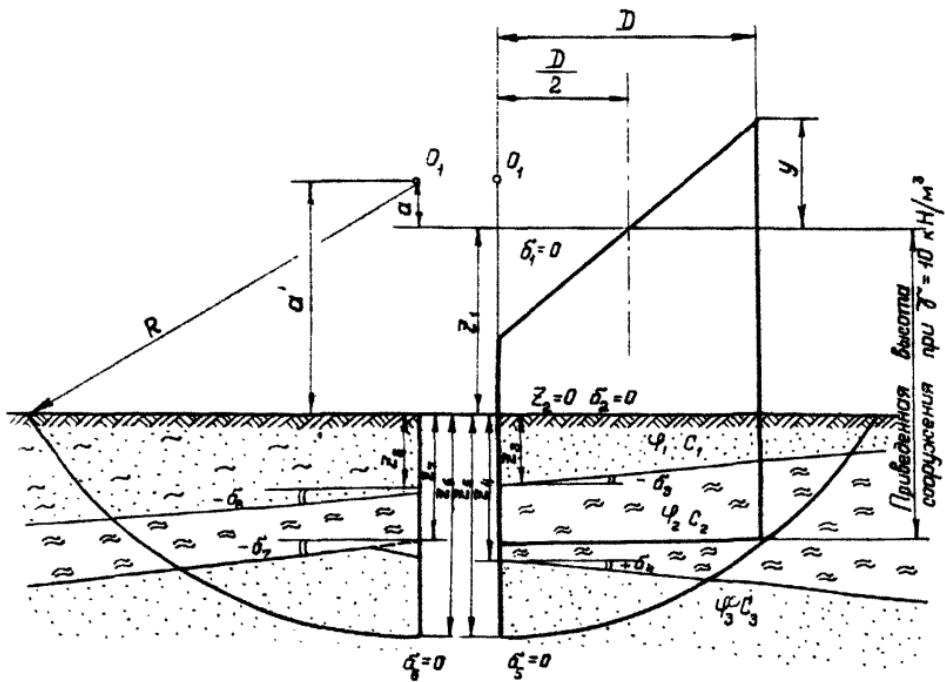


Рис.3.

(продолжение)

\*. Пример заполнения таблицы исходных данных

исходные данные заносятся из таблицы исходных данных  
своей заказчиком, на бланки с 1-ой по 80-ю позиции, заполни-  
вши их в соответствии с условиями договора.

1 -й набор

Наименование сооружения (не более 40 позиций )														
Мурманский порт причал 6														

2-й набор

$\sigma_{\text{наг}}$	$\sigma_{\text{кон}}$	$R\text{H}$	$T\Delta L$	$T\Delta K$	$T\Delta H$	$B$	$H$	$t$	$\gamma$	$K_1$	$K_2$	$N$	$M$	$H\text{P}$	$P\text{RZ}$
0	-30,	-5,	-2,	2,	20,	30,	8,	10,	2,	2,	2,	9,	2,	38,	1

3-й набор

$\sigma_{\text{наг}}$	$\sigma_{\text{кон}}$	$R\text{H}$	$T\Delta L$	$T\Delta K$	$T\Delta H$	$S(1)$	$S(2)$	$S(3)$	$S(4)$	$S(5)$	$S(6)$	$Z(1)$	$Z(2)$	$Z(3)$	$Z(4)$	$Z(5)$	$Z(6)$	$Z(7)$	$Z(8)$	$Z(9)$	$B(1,1)$	$B(1,2)$	$B(1,3)$	$B(2,1)$
10,20,	0	20	10,0,0,0,	0,0,10,0,0,0,	10,0,0,0,0,0,	0,0,10,2,0,0,	0,0,10,2,0,0,	0,0,10,2,0,0,	0,0,10,2,0,0,	0,0,10,2,0,0,	0,0,10,2,0,0,	-15,5,	0,	0,	-15,5,	0,	0,	-15,5,	0,	0,	-15,5,	0,	0,	0
$\sigma$ град.				С к Па				$\varepsilon$ и				$\beta$ 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													
$\beta$ град.											$Q$ кН												

$TSS(1)$	$TSS(1E)$	$TSS(1I)$	$TSS(2)$	$TSS(3)$	$TSS(3E)$
0	16.5	10,	20,	0,	10
$\pm$ и	град			С к Па	

(применение)

## 5: Таблица исходных данных

Сооружение: Аурманский порт, причал 5			
$TDN = -2$	$TDK = 2$	$TDH = 2$	
$\sigma_{\text{нод}} = \emptyset$	$\sigma_{\text{кон}} = -30$	$RH = -5$	
Наименование параметра	Идентификатор	Величина	
$B$	$KTD$	и	20
$H$	$H$	м	30
$t$	$T\phi$	и	8
$\gamma$	$G M$	$\text{кН}/\text{м}^3$	10
$K_1$	$K_1$	ед.	2
$K_2$	$K_2$	ед.	2
$N$	$N_1$	ед.	9
$M$	$M_5$	ед.	2
$HP$	$HP$	и	38
$PRZ$	$PRZ$	-	1

Массивы		Зоны	1	2	3	4	5	6	7
$JJ(2, \max\{K_1 + 1, K_2 + 1\})$	зона берега	10	20	0					
$\varphi$ град.	зона воды	20	10	0					
$S(2, \max\{K_1 + 1, K_2 + 1\})$	зона берега	0	10	0					
$C$ к Па	зона воды	10	0	0					
$Z(2, \max\{K_1 + 1, K_2 + 1\})$	зона берега	0	10	20					
$Z$ м	зона воды	0	10	20					
$B(2, \max\{K_1 + 1, K_2 + 1\})$	зона берега	0	-155	0					
$\beta$ град.	зона воды	0	-155	0					
$Z$	$ZSS(1, M)$	0	165						
$\varphi$	$ZSS(2, M)$	20	10						
$C$	$ZS(3, M)$	0	10						
$Q(N)$	$P$	тело пала	0	20	40	60	80	100	1200
			$I400, I500$						

ПРИЛОЖЕНИЕ 10  
(продолжение)

**6. Расшифровка результатов расчета**

В результате расчета на печать выводится:  
если  $PRZ = 1$ :

- 6.1. Написование сооружения.
- 6.2. Радиус поверхности скольжения ( $R$ ).
- 6.3. Величины нагрузок ( $A$ ).
- 6.4. Величина равнодействующей сдвигавших 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 сдвигавших сил (  $AI$  ).
- 6.7. Величина, характеризующая увеличение равнодействующей сдвигавших сил, вызванное увеличением временной нагрузки от  $A_1$  до  $A_2 (LP)$ .
- 6.8. Величина угла, характеризующего изменение равнодействующей сдвигавших сил с увеличением нагрузки от  $P1$  до  $P2 (PS)$ .
- 6.9. (  $TUD_2 - TUD_1$  ) - увеличение равнодействующей ТУД с увеличением нагрузки от  $P1$  до  $P2 ( \bar{Z}_{UD} )$ .
- 6.10. (  $TCD_2 - TCD_1$  ) - увеличение равнодействующей ТСД с увеличением нагрузки от  $P1$  до  $P2 ( \bar{Z}_{CD} )$ .

$K$  - запас устойчивости основания сооружения (  $K$  ).

$RP$  - предельное значение горизонтальной нагрузки на сооружение.

Если  $PRZ = 2$ , то печатается только  $K$  и  $RP$ .

**7: Инструкция оператору**

Подготовить пакет, состоящий из:

- 7.1. Карт управления заданием в соответствии с требованием языка управления заданиями ОСЕС (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	обозначение	наименование	обозначение		
Сила, нагрузка; вес	килограмм-сила тонна-сила грамм-сила	кгс тс гс	ньютон	Н	1 кгс ~ 9,8 Н ~ 10 Н 1 тс ~ 9,8 · 10 <sup>3</sup> Н ~ 10 кН 10 мН	
Линейная нагрузка	килограмм-сила на метр	кгс/м	ニュтона на метр	Н/м	1 кгс/м ~ 10 Н/м	
Поверхностная нагрузка	килограмм-сила на квадратный метр	кгс/м <sup>2</sup>	ニュтона на квадратный метр	Н/м <sup>2</sup>	1 кгс/м <sup>2</sup> ~ 10 Н/м <sup>2</sup>	
Давление	килограмм-сила на квадратный сантиметр миллиметр водяного столба миллиметр ртутного столба	кгс/см <sup>2</sup> мм вод. ст. мм рт. ст.	паскаль	Па	1 кгс/см <sup>2</sup> ~ 9,8 · 10 <sup>4</sup> Па ~ 10 <sup>5</sup> Па ~ 0,1 МПа 1 мм вод. ст. ~ 9,8 Па ~ 10 Па 1 мм рт. ст. ~ 133,3 Па	
Механическое напряжение	килограмм-сила на квадратный миллиметр	кгс/мм <sup>2</sup>	паскаль	Па	1 кгс/мм <sup>2</sup> ~ 9,8 · 10 <sup>6</sup> Па ~ 10 <sup>7</sup> Па ~ 10 МПа	
Модуль продольной упругости; модуль сдвига; модуль осьменного сжатия	килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см <sup>2</sup>			1 кгс/см <sup>2</sup> ~ 9,8 · 10 <sup>4</sup> Па ~ 10 <sup>5</sup> Па ~ 0,1 МПа	
Момент силы; момент пары сил	килограмм-сила-метр	кгс·м	ニュтон-метр	Н·м	1 кгс·м ~ 9,8 Н·м ~ 10 Н·м	

ПРИЛОЖЕНИЕ 12  
(справочное)

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 сооружения (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 причальных сооружений по методу разрушающих усилий.  
**Минморфлот**
- ВСН 3-80** Инструкция по проектированию морских причальных сооружений.  
**Минморфлот**
- 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 оснований причальных сооружений распорного типа на слабых грунтах по деформациям.
- РТМ 31.3016-78** Указания по проектированию бульверков с учетом перемещений и деформаций элементов.
- ВСН 6/116-74** Указания по обеспечению долговечности  
**Минморфлот, Минтрансстрой** бетонных и железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ . . . . .	1
2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУКВЕ 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 . . . . .	18
4. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ СООРУЖЕНИЙ . . . . .	18
5. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПАРОВ . . . . .	21
5.1. Указания по назначению основных размеров сооружения и определению нагрузок . . . . .	21
5.2. Указания по расчету устойчивости узких засыпных паров . . . . .	22
5.3. Общие указания по расчету элементов конструкции . . . . .	26
6. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ЗАСЫПНЫХ ПАЛОВ . . . . .	29
6.1. Указания по определению вертикальных и горизонтальных нагрузок на пал . . . . .	29
6.2. Указания по определению основных размеров засыпных палов . . . . .	30
6.3. Указания по расчету прочности замковых соединений шнуртовых ограждений . . . . .	33
6.4. Указания по проверке устойчивости грунта основания перед палом и определению смещения верхней части пала . . . . .	35
7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ	38
ПРИЛОЖЕНИЕ I. Расчет устойчивости оснований узких засыпных паров 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 $\lambda$ , равнодействующих удерживающих сил $T_{uq}$ 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  
(ПРИ А "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

Редактор ЦБНТИ ММФ  
125080, Москва, А-80, Волоколамское шоссе, дом 14