МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА СССР

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

РД 31.31.23-81

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

Москва 1982

gost.e-ecolog.ru

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

В.А.ПИРСОВ - главный инженер
С.Н.КУРОЧКИН - руководитель темы, канд.техн.наук
В.Г.АПЕЛЬСИН - ответственный исполнитель по пирсам канд.техн.наук
К.И.БАРАМИДЗЕ - ответственный исполнитель по палам, канд.техн.наук

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

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

РД 31.31.23 - 81
Вводится впервые

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

с I января 1982 г.

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

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. 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 Минморфлот, РТМ 31.3016-78 и действующими государственными нормативными документами.

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

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

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

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

взаимозаанкеренные экранированные больверки (рис.1б);

взаимозаанкеренные больверки 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 причальные 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, пронизаемыми 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 II-9-78 необходимо произвести изыскания для выполнения

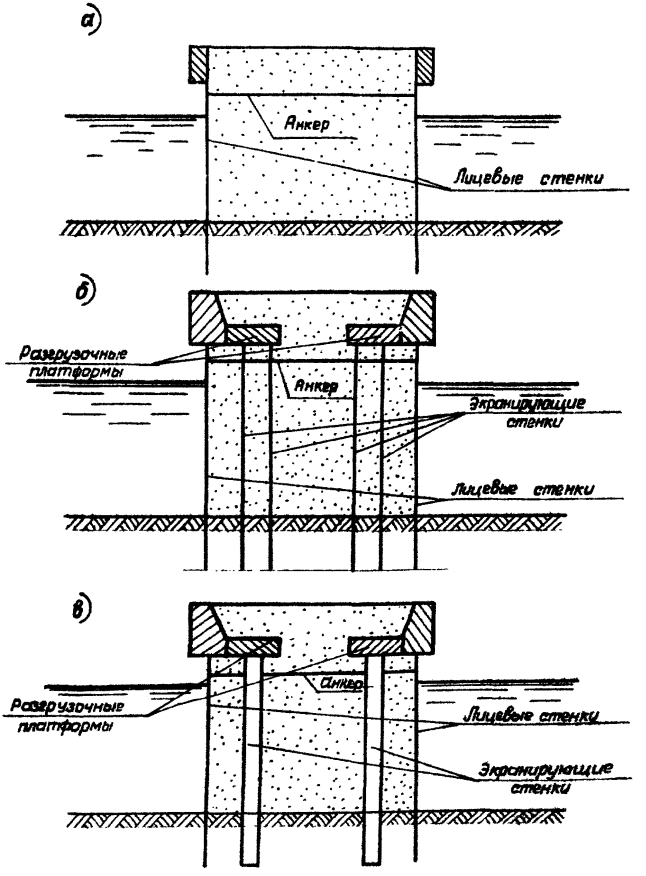


Рис.I. Схема конструкций узких засыпных пирсов.

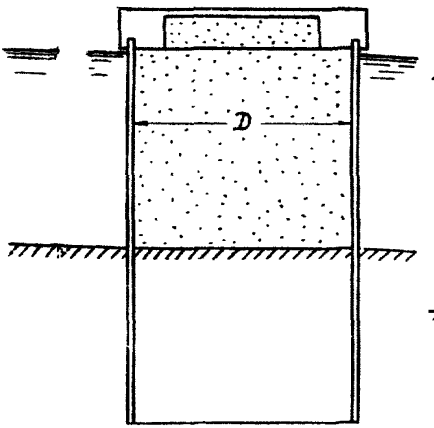


Рис.2а. Схема пала из стальной шпунтовой ячейки.

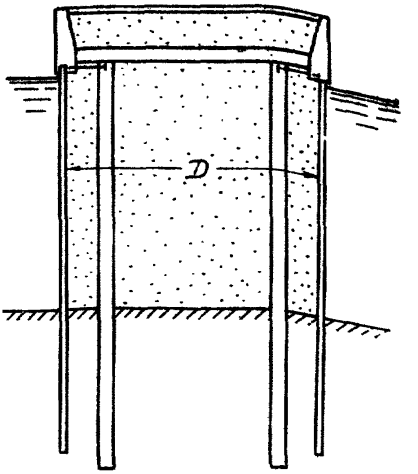


Рис.2б. Схема ячеистого пала типа больверка с передним экраном.

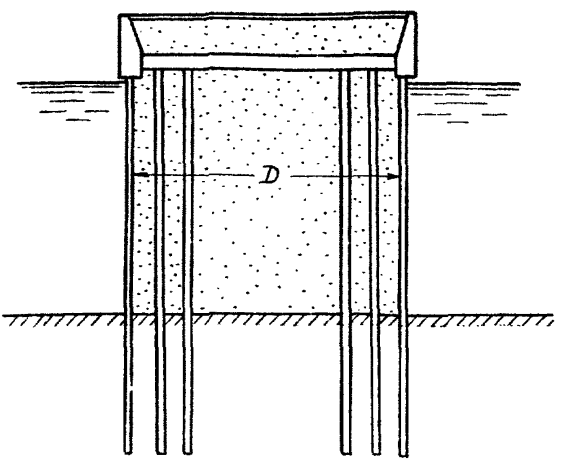


Рис.2в. Схема конструкции ячеистого пала типа экранированного больверка.

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

1.8. 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 перегрузочных операций. Швартовка и стоянка крупнотоннажных судов у причалов для навалочных грузов допускается при высоте волны до 2,5 м.

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

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

в зависимости от эксплуатационных и противопожарных 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 швартовки судна.

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

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

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

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

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

2.12. Возвышение кордона сооружения принимается по ВНТП01-78 Минморфлот 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, промедуточным и швартовными палами и технологической площадкой определяются условиями швартовки судов в каждом конкретном случае.

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

2.14. Длину соединительной части причала при расположении технологической площадки под углом близким 90^{0} к берегу рекомендуется определять по формуле

$$\ell_{сч} \geq \frac{L_c}{2} + \ell_1 + \ell_2 - \frac{\ell_т}{2}, \qquad (2.1)$$

где L_c – длина расчетного судна;

ℓ_1 – расстояние от судна до границы проектной глубины в сторону берега, принимаемое по ВНТП 01-78/Минморфлот;

ℓ_2 – длина соединительной части, необходимая для выхода до проектной глубины;

$\ell_т$ – 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 I,0 м.

3. УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАГРУЗОК НА СООРУЖЕНИЕ

3.I. Указания по определению давления грунта засыпки на сооружение

3.I.I. Активное и пассивное давление грунта при расчете узких засыпных пирсов определяется по методу предельных состояний с учетом криволинейного характера поверхности скольжения призмы обрушения в соответствии с требованиями РТМ 3I.30I6-78.

В случае, когда плоскость обрушения, проведенная из точки, расположенной на уровне 0,67 от глубины забивки лицевой оградительной стенки, выходит за габариты сооружения, активное давление грунта на лицевую стенку экранированного больверка следует определять с учетом эффекта свода в соответствии с требованиями РТМ 3I.30I6-78.

3.I.2. Давление грунта на шунт 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

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

где G – вес призмы обрушения грунта засыпки ячеистых палов с учетом эксплуатационных нагрузок на их территории;

θ – угол наклона поверхности скольжения сдвигаемого объема грунта относительно горизонта;

φ – угол внутреннего трения грунта засыпки пала.

3.1.4. При определении веса призмы обрушения грунта засыпки пала следует учитывать возможность реализации двух схем сдвига:

по первой схеме плоскость скольжения выходит на поверхность территории пала (рис.3а,б);

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

Веса G_i соответствующих призм обрушения грунта засыпки определяются по формулам:

по первой схеме

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

по второй схеме

$$G_2 = \frac{\gamma R}{6}\left(3H_i - R\,tg\,\theta\right), \qquad (4)$$

где R – радиус цилиндрического пала;

H_i – высота пала.

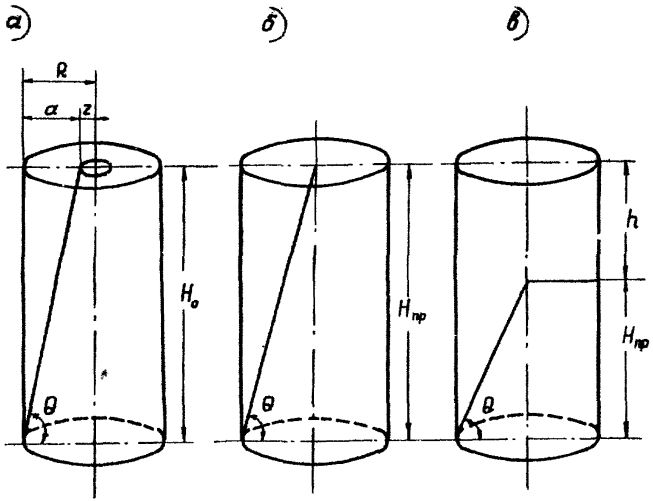


Рис.3. Схемы обрушения грунта засыпки в цилиндрической ячейке.

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

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

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

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

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

по первой схеме

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

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 эпюры давления грунта определять по формулам:

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

$$\sigma_i = \sigma^{зр}_{ai}\, \eta_i, \quad (10)$$

где E'_{ai} и $\sigma^{зр}_{ai}$ - соответственно, равнодействующая давления грунта и ордината его эпюры по Кулону для плоской стенки;

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

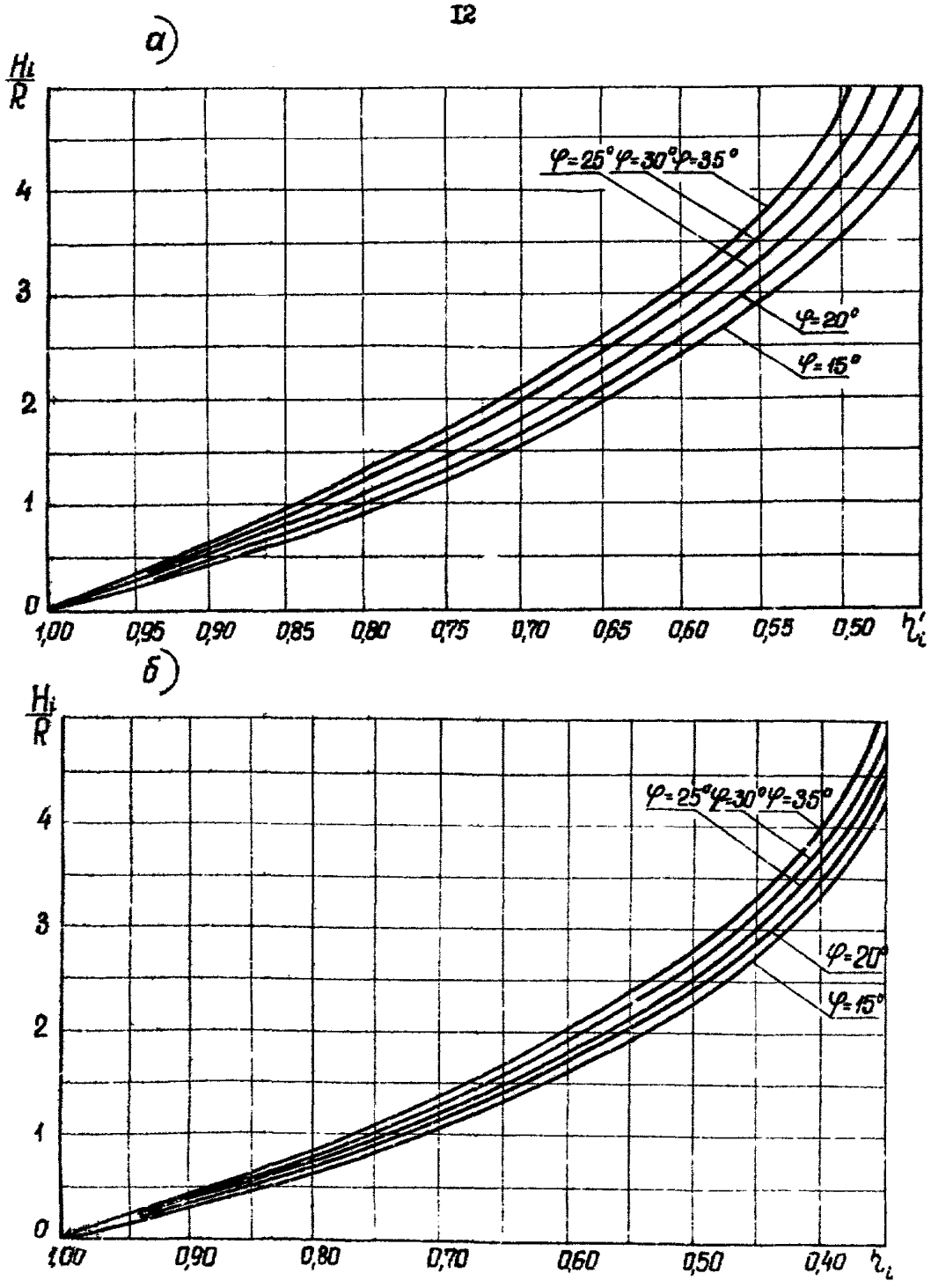


Рис.4. Графики изменения коэффициента η_i:
а – для равнодействующей давления грунта, η_i;
б – для ординат давления грунта, η_i.

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

3.2. Указания по определению ледовых нагрузок на сооружение

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

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

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

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

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

Допускается определять прочностные характеристики морского и пресноводного льда $R_{\wedge}$ по формуле

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

где R_1 - прочностные характеристики льда в зависимости от солености и температуры, определяемые по графикам (рис.5,6,7);

K_1 - коэффициент, учитывающий структуру льда и определяемый по таблице I ;

K_2 - коэффициент, учитывающий плотность льда и влияние направления приложения нагрузки и принимаемый по таблице 2;

Таблица I

Значения коэффициента K_1, учитывающего структуру льда

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

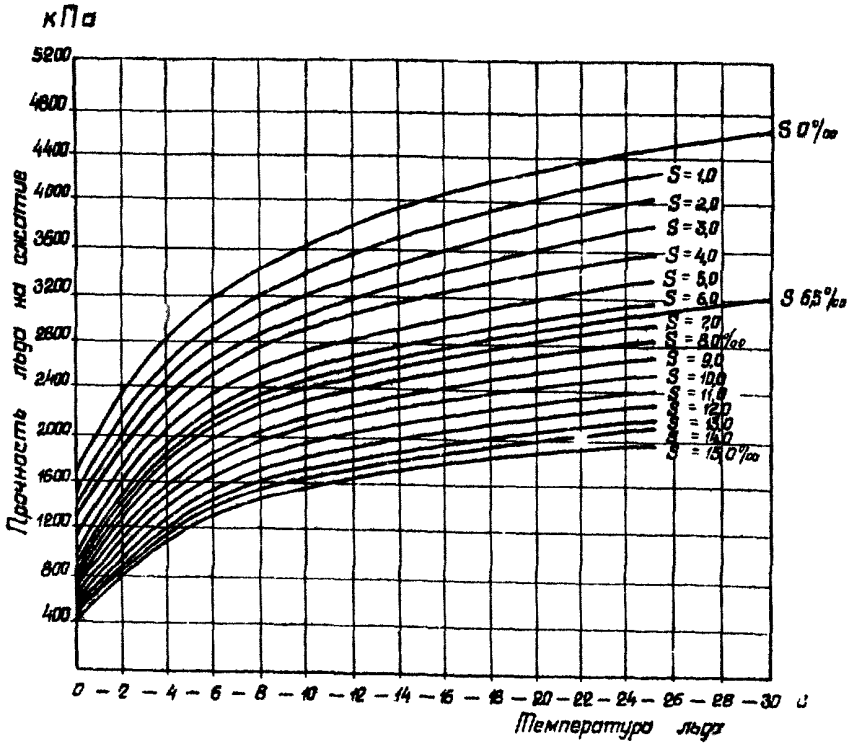


Рис.5. Зависимость прочности льда на сжатие от его температуры и солености.

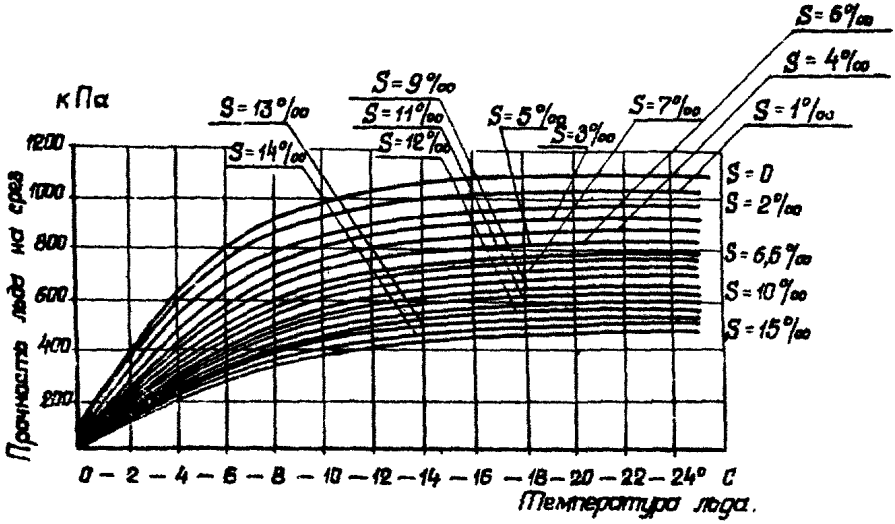


Рис.6. Зависимость прочности льда на срез от его температуры и солености.

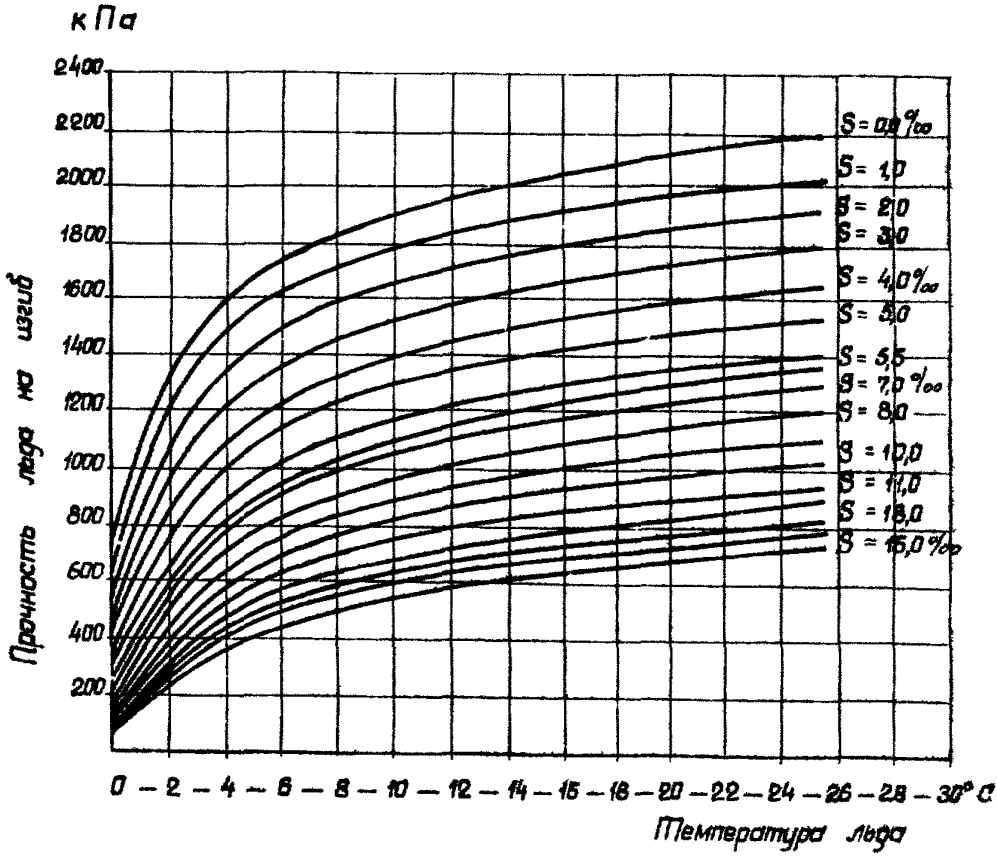


Рис.7. Зависимость прочности льда на изгиб от его температуры и солености.

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	I,25	I,I
Параллельно поверхности замерзания	0,85	0,75	0,9

4. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ СООРУЖЕНИЙ

4.I. Все рассматриваемые в РД типы конструкций узких засыпных пирсов и палов следует рассчитывать по методу предельных состояний в соответствии с требованиями главы СНиП П-5I-74.

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

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

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

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

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

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

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

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

ледовая нагрузка включается в основную расчетную схему;

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

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

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

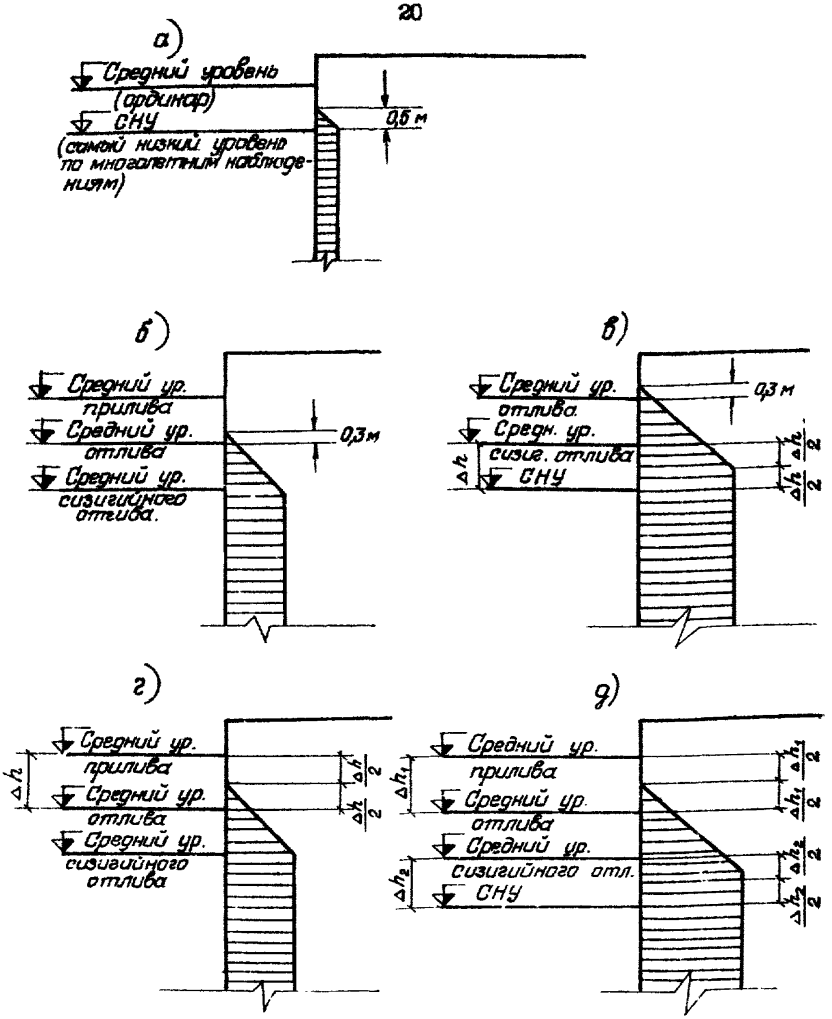


Рис.8. Гидростатическое давление воды на шпунтовые стенки причальных сооружений.

а) – в безливных морях при дренажных устройствах для основного и особого сочетания нагрузок;

б),в) – в ливных морях при водопроницаемых стенках или стенках с дренажными устройствами;

г),д) – в ливных морях при водонепроницаемых стенках;

б),г) – для основного сочетания нагрузок;

в),д) – для особого сочетания нагрузок.

ми нормативными документами.

4.8. Расчет сооружений необходимо выполнять в следующей последовательности:

назначение основных размеров сооружения и определение нагрузок;

проверка устойчивости сооружения;

определение усилий в элементах сооружения и их расчет;

проверка сооружения на воздействие нагрузок особого сочетания.

5. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ

5.1. Указания по назначению основных размеров сооружения и определение нагрузок

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

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

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

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

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

стенки или впереди стоящей экранирующей стенки.

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

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

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

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

5.1.9. Размеры и конструкцию ячеистых 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 Минморфлот и ВСН 3-80 Минморфлот.

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

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

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

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

$$n_c \, n \cdot M_{сдв.} \leq \frac{m}{K_н} m_g M_{уд}, \qquad (12)$$

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

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

n - коэффициент перегрузки, принимаемый равным 1,25;

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

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

1 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 поперечных шунтовых стенок в конструкции пирса (пп.5.2.8, 5.2.9).

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

на нескальном основании

$$M_{уд} = 0{,}33\,BE_{a1}(2\,tg\,\varphi_{ср} + tg\delta_1') + 0{,}33\,BE_{a2}\,tg\delta_2' + M_o; \qquad (13)$$

на основании, подстилаемым скальным грунтом

$$M_{уд} = 0{,}17\,BE_{a1}(4\,tg\,\varphi_{ср} + tg\,\delta_1') + 0{,}17\,BE_{a2}\,tg\delta_2' + M_o, \qquad (14)$$

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

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

B - ширина пирса;

$\varphi_{ср}$ - средневзвешенное значение угла внутреннего трения грунта внутри ограждения в пределах всей высоты пирса;

δ_1 - угол трения грунта внутри ограждения по высоте лицевой стенки ограждения, принимаемый 0,67 $\varphi_{ср}$, но не более 30°;

δ_2 - угол трения грунта ниже уровня дна по внешней поверхности лицевой стенки ограждения, принимаемый равным 0,67 от средневзвешенного угла внутреннего трения грунта ниже уровня дна, но не более 30°;

M_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

$$M_o = \sum_{i=1}^{n} E_{a2i} \ell_i' , \qquad (15)$$

где E_{a2i} - равнодействующая активного давления i-того слоя грунта ниже уровня дна;

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

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

на нескальном основании

$$M_{уд} = 0{,}33 B E_{a1} (2 tg\varphi_{ср} + tg\delta_1) + 0{,}33 B E_{a2} tg\delta_2' + 0{,}33 \frac{B^2}{\ell} E_{a1} tg\delta_1' + M_o ; \qquad (16)$$

на основании, подстилаемым скальным грунтом

$$M_{уд} = 0{,}17BE_{a1}(4tg\varphi_{cp} + tg\delta_1) + 0{,}17BE_{a2}tg\delta_2 + 0{,}17\frac{B^2}{\ell}E_{a1}tg\delta_1 + M_0, \quad (17)$$

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

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

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

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

5.3. Общие указания по расчету элементов конструкции

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

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

$$M^{н} = (m_c M + M_л)\left(\frac{D}{\Lambda} + \Delta\right), \quad (18)$$

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

$M_л$ – дополнительный изгибающий момент в лицевой стенке ограждения от воздействия льда на уровне максимального изгибающего момента в пролете, определяемый по указаниям п.5.3.4;

$D_л$, Δ – соответственно протяженность элемента лицевой стенки ограждения по длине сооружения и проектный зазор между ними;

m_c – коэффициент, учитывающий перераспределение давления грунта на стенку ограждения за счет ее деформации и перемещения, принимаемый в соответствии с требованиями ВСН 3-80 Минморфлот .

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

$$M_э^н = (m_c M_э + M_{лэ})(D_э + \delta_э), \quad (19)$$

где $M_э$ – максимальный изгибающий момент в пролете на один метр экранирующей стенки по длине сооружения, определяемый в соответствии с требованиями РТМ 31.3016-78;

$M_{лэ}$ – дополнительный изгибающий момент в экранирующей стенке ограждения от воздействия льда на уровне максимального изгибающего момента в пролете, определяемый по указаниям п.5.3.4;

$D_э$ – ширина (диаметр) элемента соответствующей экранирующей стенки ограждения;

$\delta_э$ – расстояние между элементами соответствующей экранирующей стенки в свету.

ПРИМЕЧАНИЕ. Значение изгибающих моментов M, $M_л$, $M_э$, $M_{лэ}$ 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 Минморфлот и РТМ 31.3016-78.

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 $\frac{\text{ВСН 3-80}}{\text{Минморфлот}}$.

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

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

$$q_{\substack{max \\ min}} = \frac{G}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right), \qquad (30)$$

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

$$e = 0{,}5B - a \quad , \tag{21}$$

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

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

где $M_{уд}$ – момент удерживающих сил относительно переднего ребра пала;

$M_{оп}$ – опрокидывающий момент относительно подошвы пала.

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

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

где R – радиус цилиндрического пала;

G, e – определено в пп.6.1.6.

6.2. Указания по определению основных размеров засыпных палов

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

атационных нагрузок на его территории.

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

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

$$n_c\, n\, M \leq \frac{m}{K_н}\, m_g\, M_p\,, \qquad (24)$$

где n_c, n, m, $K_н$, m_g - расчетные коэффициенты, принимаемые, в соответствии с требованиями $\frac{\text{ВСН 3-80}}{\text{Минморфлот}}$, по п.5.2.5 настоящего РД;

M - суммарный момент внешних горизонтальных сил относительно подошвы пала;

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

6.2.4. Суммарный момент удерживающих сил M_p определяется по формуле

$$M_p = 0{,}589\, E_{a1} Д^2 \left(tg\,\varphi_{cp} + f + \frac{2N}{E_{a1} Д} + 0{,}04\,\pi\, tg\,\delta_1\right) + M_o\,. \qquad (25)$$

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

$Д$ - диаметр пала;

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

f - коэффициент трения в пазах шпунтового ограждения, принимаемый равным 0,4;

N - равнодействующая дополнительных сил сопротивления смещению грунта засыпки по вертикальной плоскости за счет элементов, предназначенных для повышения жесткости ячеистых палов, определяемая по п.6.2.5;

δ_1 - угол трения грунта засыпки о шпунтовую стенку, принимаемый равным 0,67 φ_{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-15-76.

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

при наличии металлического пояса

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

при наличии жесткой бетонной диафрагмы

$$N = F_\phi \cdot R_p, \qquad (27)$$

где F_a - площадь поперечного сечения металлического пояса жесткости;

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

F_ϕ - площадь поперечного сечения бетонного кольца;

$R_р$ - расчетное сопротивление бетона на растяжение.

6.2.6. Площадь поперечного сечения бетонного кольца определяется по формуле

$$F_б = 0{,}5\, h_б\, (Д - d), \qquad (28)$$

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

$Д$ - внешний диаметр бетонного кольца, равный диаметру ячеистого пала;

d - внутренний диаметр бетонного кольца.

6.3. Указания по расчету прочности замковых соединений шпунтовых ограждений

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

$$n_c\, n\, P_з \leq \frac{m}{K_н}\, m_g\, R_з, \qquad (29)$$

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

$P_з$ - разрывающие усилия замковых соединений шпунта ограждения;

$R_з$ - сопротивление замковых соединений разрывающим усилиям.

6.3.2. Разрывающие усилия $P_з$ замковых соединений шпунта определяются по формуле

$$P_з = P_{гр} + P_{соср}, \qquad (30)$$

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

$P_{соср}$ – 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

$$P_{гр} = \sigma_{ai}^{гр} \cdot R, \qquad (31)$$

где $\sigma_{ai}^{гр}$ – максимальная ордината давления грунта засыпки по внутренней поверхности шпунта ограждения;

R – радиус цилиндрического пала.

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

$$\sigma_{ai}^{гр} = (\Sigma \gamma_i h_i + q)\, tg^2 (45^\circ - 0{,}5\varphi_i), \qquad (32)$$

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

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

$$P_{соср} = \frac{2P_л}{G'} \sigma_{ai}^{гр} \cdot A, \qquad (33)$$

где $P_л$ – горизонтальная сосредоточенная нагрузка на пал, определяемая в соответствии с рекомендациями п.3.2 настоящего Руководства;

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

$\sigma_{ai}^{гр}$ – определено в п.6.3.3 настоящего Руководства;

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

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

$$P_y = P_{гр} + P_{соср} + P_{коз}, \qquad (34)$$

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

$P_{гр}$ и $P_{соср}$ - определены в пп.6.3.3 и 6.3.4 настоящего РД.

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

$$P_{коз} = e_i r \cos\beta, \qquad (35)$$

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

r - радиус очертания козырька;

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

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

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

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

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

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

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

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

6.4.3. Горизонтальное сопротивление грунта основания определяется по формуле

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

где γ - объемный вес грунта;

$Д$ - диаметр пала;

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

λ_p - коэффициент пассивного давления грунта по Кулону.

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

6.4.5. Расчеты смещения пала под воздействием горизонтальной нагрузки следует выполнять по второй группе предельных состояний в соответствии с требованиями СНиП II-16-76 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

$$U \leq S_{пр}, \qquad (38)$$

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

$S_{пр}$ - 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 общие конструктивные требования ВСН 3-80 Минморфлот, РТМ 31.3016-78 и дополнительные требования настоящего Руководства.

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

7.3. В качестве элементов лицевых и экранирующих стенок 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 нескальных грунтов рекомендуется применять гравий, галечник и песок различной крупности, за исключением пылеватого; не допускается засыпка глинистым грунтом.

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

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

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

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

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

действия ледовых нагрузок.

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

Применение углеродистой стали марки ВСт 3сп 5 ограничивается гарантией механических свойств при температуре воздуха до минус 20°С 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 6/118-74 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 раскрепления 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 ячеистых палов с учетом глубинного сдвига выполняется в предположении реализации круглоцилиндрической поверхности скольжения сдвигаемой части основания (рис.1); при этом должно быть выполнено условие

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

где n_c, n, m, m_g, $K_н$ – расчетные коэффициенты, принимаемые в соответствии с требованиями ВСН 3-88 / Минморфлот и настоящего РД;

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

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

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

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

$$T_{сдв.пр} = \sqrt{T_{сдв.1}^2 + L^2 + 2\, T_{сдв.1} \cdot L \cos(\alpha_1' - \psi)}, \qquad (2)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(*продолжение*)

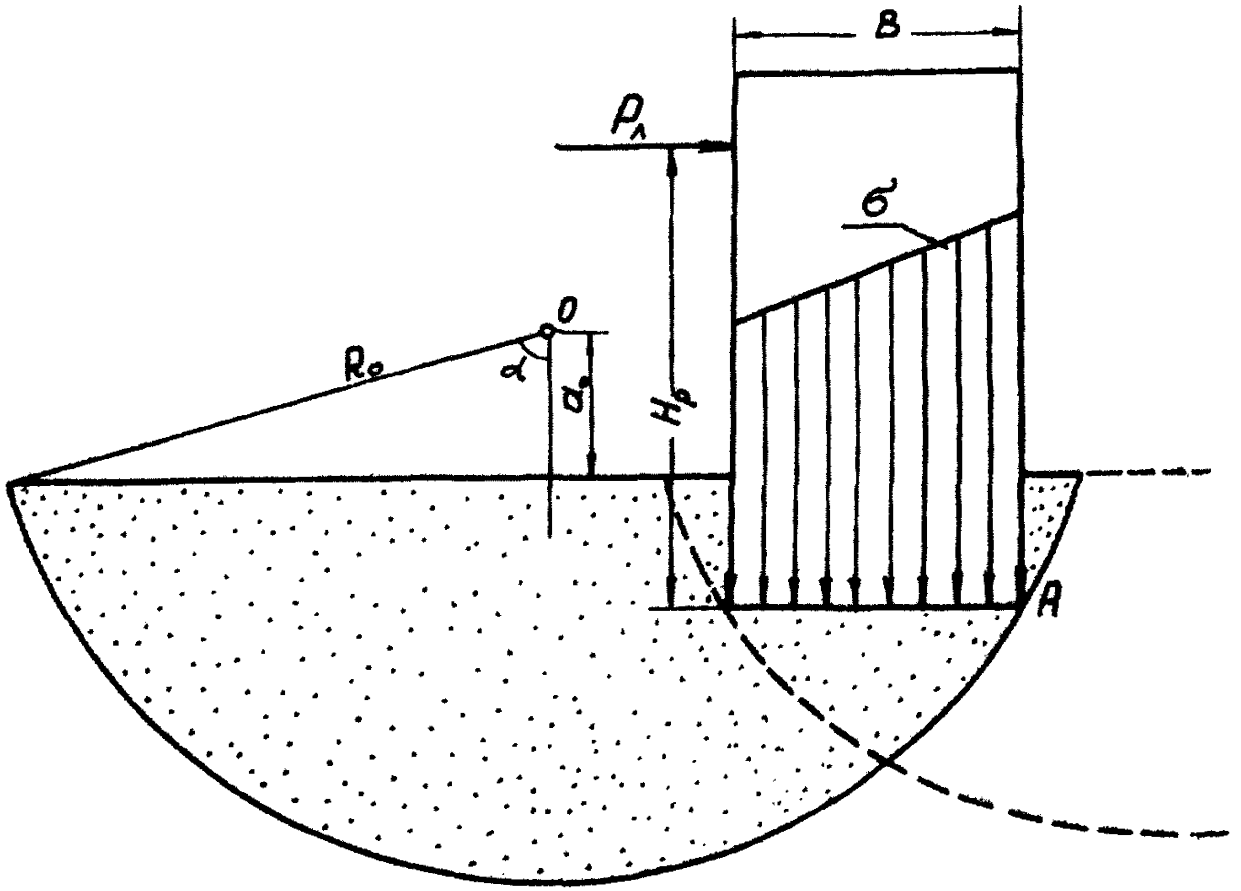


Рис.I. Схема напора основания заглубленного пирса (паха).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
(продолжение)

где L - величина, характеризующая увеличение равнодействующей сдвигающих сил при увеличении горизонтальной нагрузки на сооружение от $P_{л1}$, соответствующей $0{,}5\,P_л$ ($P_л$ - горизонтальная нагрузка), до $P_{л пр}$ (предельной нагрузки), определяемая по п.3 настоящего Приложения;

α_1' - угол пересечения равнодействующих сдвигающих $T_{сдв.1}$ и удерживающих сил $T_{уд.1}$, соответствующих эксплуатационным нагрузкам, принятым по проекту, определяемый по п.7 настоящего Приложения;

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

3. Величина L определяется по формуле

$$L = \frac{T_{уд.1} + T_{сдв.1}\,(\sin\alpha_1' \cdot tg\varphi_{ср} - \cos\alpha_1')}{\cos\psi - \frac{\ell_{уд}}{\ell_{сдв}} - \sin\psi \cdot tg\varphi_{ср}}, \qquad (3)$$

где $T_{сдв.1}$, $T_{уд.1}$ - равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил, определяемые при действии первой ступени горизонтальной нагрузки $P_{л1}$ по п.4 настоящего Приложения;

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

$\ell_{уд}$, $\ell_{сдв}$ - величины, характеризующие увеличение равнодействующих удерживающих $T_{уд.1}$ и сдвигающих сил $T_{сдв.1}$ при увеличении горизонтальной нагрузки от $P_{л1}$ до $P_{л2}$ (величина $P_{л2}$ принимается равной эксплуатационной нагрузке, принятой по проекту);

ПРИЛОЖЕНИЕ I
(продолжение)

$$l_{уд} = T_{уд.г} - T_{уд.т}, \qquad (4)$$

$$l_{сдв} = T_{сдв.г} - T_{сдв.т}, \qquad (5)$$

где $T_{сдв.г}, T_{уд.г}$ - равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил, определяемые при действии горизонтальной нагрузки $\frac{P}{\gamma_n}$ по п.4 настоящего Приложения; остальные обозначения величин приведены в п.2 настоящего Приложения.

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

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

4. Равнодействующие сдвигающих $T_{сдв.i}$ и удерживающих сил $T_{уд.i}$ 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:

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

$$T_i' = g_i \cos\alpha_i \, tg\, \varphi_i + c_i \, l_i \; , \qquad (7)$$

где g_i - вес рассматриваемой i-той полоски;

φ_i, c_i - соответственно угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта, расположенного в основании i-той полоски;

l_i - длина поверхности скольжения под i-той полоской;

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

$$\alpha_i = \arcsin \frac{a_i}{R_o} \; , \qquad (8)$$

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

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

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

$$\alpha_1' = \beta_{сдв.1} - \beta_{уд.1}, \qquad (9)$$

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

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

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

$$\Sigma T_{уд} = T_{уд} + \frac{2}{D} \Delta T_{уд}, \qquad (10)$$

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

$\Delta T_{уд}$ - вектор равнодействующей дополнительных удерживающих 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 ΔT_{yg} определяется по формуле

$$\Delta T_{yg} = \Sigma t_i' \frac{r_i}{R} + \Sigma C_i' \frac{r_i}{R_o}, \quad (11)$$

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

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

R_o - радиус поверхности скольжения.

10. Равнодействующая сил трения по торцам сдвигаемого основания $\Sigma t_i'$ определяется по формуле

$$\Sigma t_i' = \Sigma E_a \operatorname{tg} \varphi_{cp}, \quad (12)$$

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

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

11. Равнодействующая активного давления грунта ΣE_a определяется по формуле

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(продолжение)

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

где

$$K = \gamma tg^2 (45^0 - 0{,}5 \varphi_{cp}); \qquad (14)$$

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

где a_o – расстояние по вертикали от центра поверхности скольжения до отметки дна у стенки пала;

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

R_o – радиус поверхности скольжения.

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

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

$$У = \frac{0{,}04K\left(3R_o^4 \sin^2\alpha + 8R_o^3 a_o \cos\alpha + \frac{a_o^4}{\cos^2\alpha} - 8R^3 a_o - a_o^4\right)}{\Sigma E_a}, \qquad (18)$$

где

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

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

остальные обозначения величин приведены в п.11 настоящего Приложения.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(продолжение)

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

где C_i – удельное сцепление;

R_o, α – 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 $C_i' \frac{2l}{R_o}$ в формуле (11).

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

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

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

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

15. Значение ψ определяется по формуле

$$tg\,\psi = \frac{T_{сдв.2} \sin\alpha_2' - T_{сдв.1} \sin\alpha_1'}{T_{сдв.2} \cos\alpha_2' - T_{сдв.1} \cos\alpha_1'}, \qquad (24)$$

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

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

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

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

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

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

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

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

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

$$T_{сдв.пр} = \sqrt{T_{сдв.1}^2 + L^2 + 2T_{сдв.1} \cdot L \cos\left(\alpha_1' - \psi\right)} \quad , \qquad (2)$$

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(продолжение)

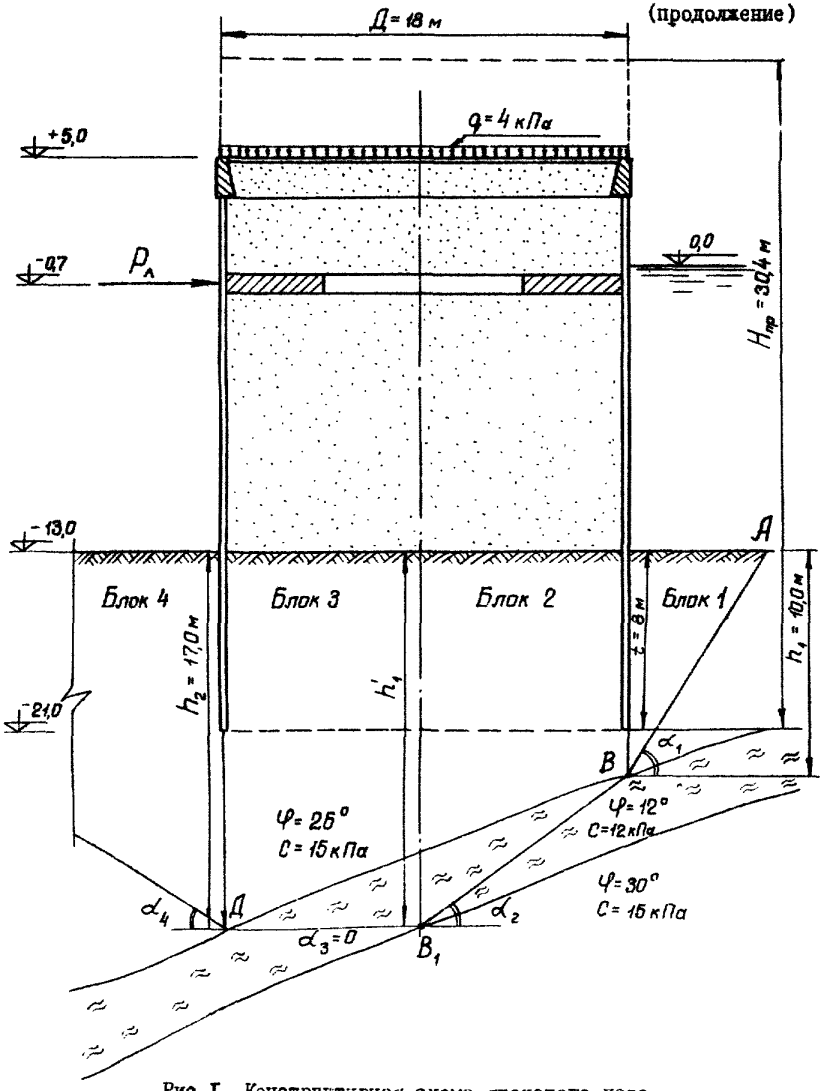


Рис.I. Конструктивная схема ячеистого пала.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(продолжение)

горизонтальной нагрузки на сооружение от P_{A1} до P_{Anp}, определяемая в п.3 настоящего Приложения;

α_1' - угол пересечения равнодействующих сдвигающих $T_{сдв.1}$ и удерживающих сил $T_{уд.1}$, соответствующих $0,5P_A$ (P_A - горизонтальная нагрузка, принятая по проекту), определяемый в п.12 настоящего Приложения;

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

3. Величина L определяется по формуле

$$L = \frac{T_{уд.1} + T_{сдв.1}\,(\sin\alpha_1' \operatorname{tg}\varphi_{ср} - \cos\alpha_1')}{\cos\psi - \frac{\ell_{уд}}{\ell_{сдв}} - \sin\psi \operatorname{tg}\varphi_{ср}} \qquad (3)$$

где $T_{сдв.1}$, $T_{уд.1}$ - равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил, определяемые при действии первой ступени нагрузки P_{A1}, в пп.4 ÷ 15 настоящего Приложения;

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

$\ell_{уд}$, $\ell_{сдв}$ - величины, характеризующие увеличение равнодействующих удерживающих $T_{уд.1}$ и сдвигающих сил $T_{сдв.1}$ при увеличении горизонтальной нагрузки от P_{A1} до P_{A2} (величина P_{A1} принимается равной $0,5P_A$, P_{A2} равным P_A).

$$\ell_{уд} = T_{уд.2} - T_{уд.1}\ ; \qquad (4)$$

$$\ell_{сдв} = T_{сдв.2} - T_{сдв.1}\ , \qquad (5)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(продолжение)

где $T_{сдв.2}$, $T_{уд.2}$ – равнодействующие сдвигающих и удерживающих сил, определяемые при действии горизонтальной нагрузки P_{h2} в п.п.4 ÷ 15 настоящего Приложения; остальные обозначения величин приведены в п.2 настоящего Приложения.

4. Равнодействующие сдвигающих $T_{сдв.i}$ и удерживающих сил $T_{уд.i}$ определяются с учетом двух ступеней горизонтальной нагрузки P_{h1} и P_{h2} в следующей последовательности:

устанавливается расположение поверхности скольжения сдвигаемой части грунта основания;

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

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

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

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

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

определяются равнодействующие удерживающих сил с учетом дополнительных сил, возникающих за счет пригружения 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_1D.

За пределами ширины подошвы сооружения угол наклона поверхностей скольжения относительно горизонта α_i устанавливается по Кулону:

в активной зоне

$$\alpha_1 = 45^0 + 0{,}5\,\varphi; \qquad (6)$$

в пассивной зоне

$$\alpha_4 = 45^0 - 0{,}5\,\varphi; \qquad (7)$$

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

2. При значительном заглублении слабой прослойки устойчивость основания 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

$$T_i = Q_i \sin\alpha_i \qquad (8)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(продолжение)

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

8. Удерживающая сила T_i' на участке i-того блока определяется по формуле

$$T_i' = T_{i\varphi}' + c_i l_i , \qquad (9)$$

где $T_{i\varphi}'$ - удерживающая сила на участке i-того блока без учета сил сцепления, определяемая по формуле (10) настоящего Приложения;

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

Удерживающая сила $T_{i\varphi}'$ определяется в зависимости от угла наклона поверхности скольжения α_i и угла внутреннего трения φ_i i-того блока по формуле

$$T_{i\varphi}' = g_i \left[\frac{\sin \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} - \frac{tg(\alpha_i - \varphi_i)\sin^2 \varphi_i}{\cos(\alpha_i - 2\varphi_i)} \right], \qquad (10)$$

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

обозначения величин g_i и α_i приведены в пп.4,7 настоящего Приложения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для упрощения расчетов рекомендуется пользоваться таблицей Приложения 5.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(продолжение)

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

$$T_{уд.1} = T^{o}_{уд.1} + \Delta T'_1, \qquad (11)$$

где $T^{o}_{уд.1}$ - вектор равнодействующей удерживающих сил, определяемый графически векторным суммированием сил, направленных против смещения основания;

$\Delta T'_1$ - вектор дополнительной удерживающей силы, вызванной за счет пригружения пассивной зоны сдвигаемой части грунта, определяемый в п.11 настоящего Приложения.

11. Дополнительная удерживающая сила $\Delta T'_1$ определяется по формуле

$$\Delta T'_1 = \Delta N_1 \cdot tg\,\varphi_{ср}, \qquad (12)$$

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

$$\Delta N_1 = \left[T_{сдв.1} \cdot cos\,(\beta_{сдв.1} - \varphi_{ср}) - T^{o}_{уд.1}\, cos\,(\varphi_{ср} - \beta^{o}_{уд.1}) + T'_n\, cos\,(45° + 0{,}5\,\varphi_{ср}) \right] sin\,(0{,}5\alpha_{ср} + \varphi_{ср}), \qquad (13)$$

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(продолжение)

$\alpha_{ср}$ - угол наклона поверхности скольжения в пассивной зоне, определяемый по формуле

$$\alpha_{ср} = 45° - 0{,}5\,\varphi_{ср}; \qquad (14)$$

T_n' - равнодействующая удерживающих сил в пассивной зоне (рис.2 Приложения 7);

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

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

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

$$\alpha_1' = \beta_{сдв.1} - \beta_{уд.1}, \qquad (15)$$

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

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

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

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

где $T_{уд.1}$ - вектор равнодействующей удерживающих сил, определяемый без учета пространственной работы пала по формуле 11 настоящего Приложения;

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
(продолжение)

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

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

14. Равнодействующие сил трения по торцевой поверхности блоков определяются:

для треугольной формы торца

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

для трапецеидальной формы торца

$$\Sigma t_i = 0{,}33\,\Omega\,(E_a' + E_a'' + \sqrt{E_a' \cdot E_a''}\,)\,tg\varphi_i, \qquad (18)$$

где h_i - высота вертикальных сторон блоков;

φ_i - угол внутреннего трения по торцам отдельных блоков;

α_i - угол наклона плоскости скольжения блоков;

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

15. Равнодействующие сил сцепления по торцевой поверхности блоков ΣC_i определяются:

для треугольной формы торца

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

для трапецеидальной формы торца

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(продолжение)

$$\Sigma C_i = 0{,}5\, c_i\, \ell_б\, (h_i + h_{i+1}), \qquad (20)$$

где c_i - удельное сцепление на участке торца блока;

h_i, h_{i+1} - высота сторон блока;

$\ell_б$ - 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_g
Расчет устойчивости оснований сооружений с учетом глубинного сдвига по круглоцилиндрическим и плоским поверхностям по методу Ленморниипроекта	0,85
Расчет устойчивости грунта засыпки сооружений на сдвиг по вертикальной плоскости по методу Жемочкина - Титовой	0,85
Расчет устойчивости грунта основания с учетом поворота сооружения при воздействии горизонтальной нагрузки по методу ЦНИИС	0,90
Расчет устойчивости лицевой стенки бульверка 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

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

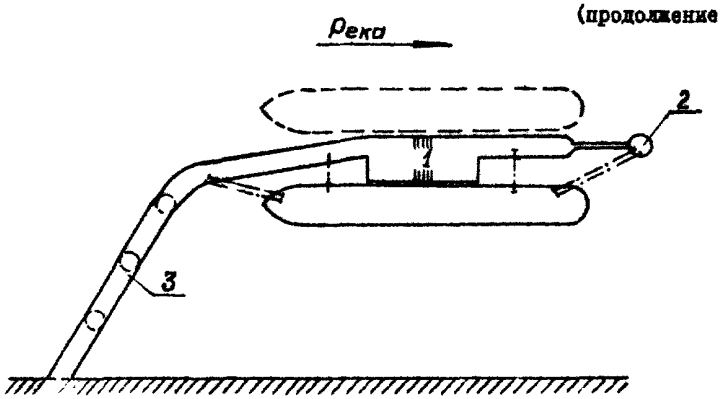
Очертание сооружения в плане не должно нарушать гидрологический режим реки, поэтому соединительная часть располагается под углом к направлению течения реки. Конструкция соединительной части рекомендуется мостового типа для пропуска воды и льда, движущихся вдоль берега.

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

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

При пологом рельефе дна (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 пирсу.

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



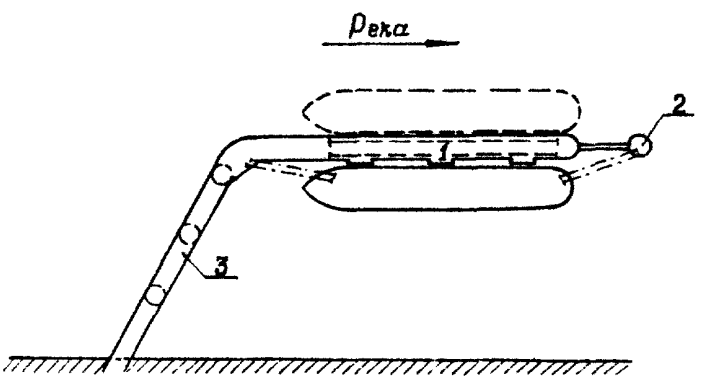
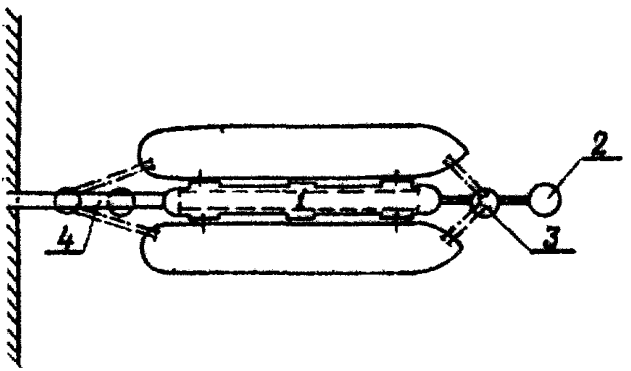


Рис.I. Схемы сооружений в устьевых участках рек:
I - технологическая площадка;
2 - причальный пал;
3 - соединительная часть.



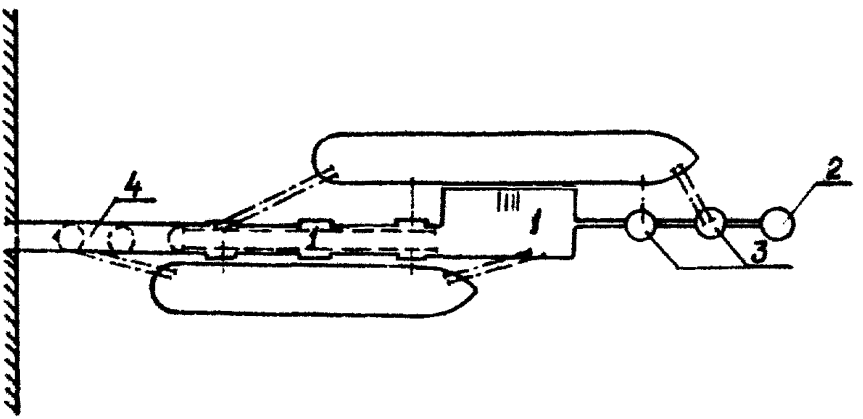
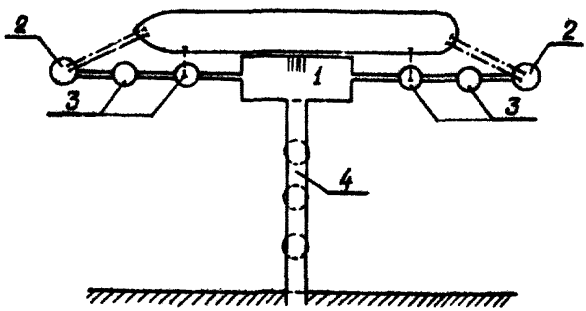


Рис.2. Схемы сооружений на открытом приглубом побережье:
I – технологическая площадка;
2 – разворотный пал;
3 – швартовный пал;
4 – соединительная часть.



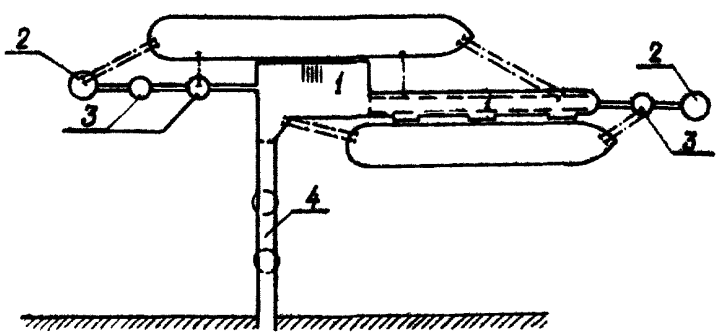


Рис.3. Схемы сооружений на открытом отмелом побережье:

I – технологическая площадка;

2 – разворотный пал;

3 – швартовный пал;

4 – соединительная часть.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Коэффициенты λ_i равнодействующих удерживающих сил $T'_{i\varphi}$ по методу плоских поверхностей скольжения

Угол наклона α_i	Угол внутреннего трения φ_i							
	6	8	10	12	14	16	18	20
6	0,1045	0,1399	0,1762	0,2138	0,2532	0,2948	0,3393	0,3877
8	0,1042	0,1392	0,1748	0,2116	0,2498	0,2900	0,3328	0,3790
10	0,1040	0,1386	0,1737	0,2096	0,2468	0,2858	0,3270	0,3711
12	0,1040	0,1382	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	0,1720	0,2035	0,2349	0,2664	0,2984	0,3312
28	0,1081	0,1409	0,1727	0,2039	0,2347	0,2656	0,2968	0,3286
30	0,1093	0,1420	0,1737	0,2045	0,2349	0,2651	0,2955	0,3264
32	0,1106	0,1434	0,1748	0,2054	0,2353	0,2650	0,2946	0,3246
34	0,1121	0,1449	0,1762	0,2065	0,2360	0,2651	0,2941	0,3232
36	0,1138	0,1467	0,1779	0,2079	0,2370	0,2656	0,2939	0,3222
38	0,1157	0,1486	0,1798	0,2096	0,2384	0,2664	0,2941	0,3216
40	0,1177	0,1509	0,1820	0,2116	0,2400	0,2676	0,2946	0,3214
42	0,1200	0,1533	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	0,2498	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

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
(продолжение)

Угол наклона α_i°	Угол внутреннего трения φ_i°						
	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	0,4330	0,4505	0,4681

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(справочное)

ПРИМЕР РАСЧЕТА СООРУЖЕНИЯ

1. Исходные данные

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

1.2. Грунты основания:

суглинок	φ = 26°	C = 15,0 кПа	K = 2000 кН/м^4
илы глинистые	φ = 12°	C = 12,0 кПа	K = 500 кН/м^4
суглинок	φ = 30°	C = 15,0 кПа	K = 2500 кН/м^4
грунт засыпки - песок	φ = 30°		K = 5000 кН/м^4

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

2. Конструктивная схема (рис.1)

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

Лицевая стенка ограждения и поперечные стенки приняты из стального шпунта Л-У (J = 5,4 . 10^{-4}м^4, $E_{ст}$ = 20,0.10^{7}кПа).

Экранирующая стенка ограждения принимается из предварительно напряженных железобетонных оболочек D = 1,6 м с толщиной стенок δ' = 15 см (марка бетона М400, $E_б$ = 33,0.10^6 кПа), погружаемых в разрядку с шагом l_a = 3,36 м.

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

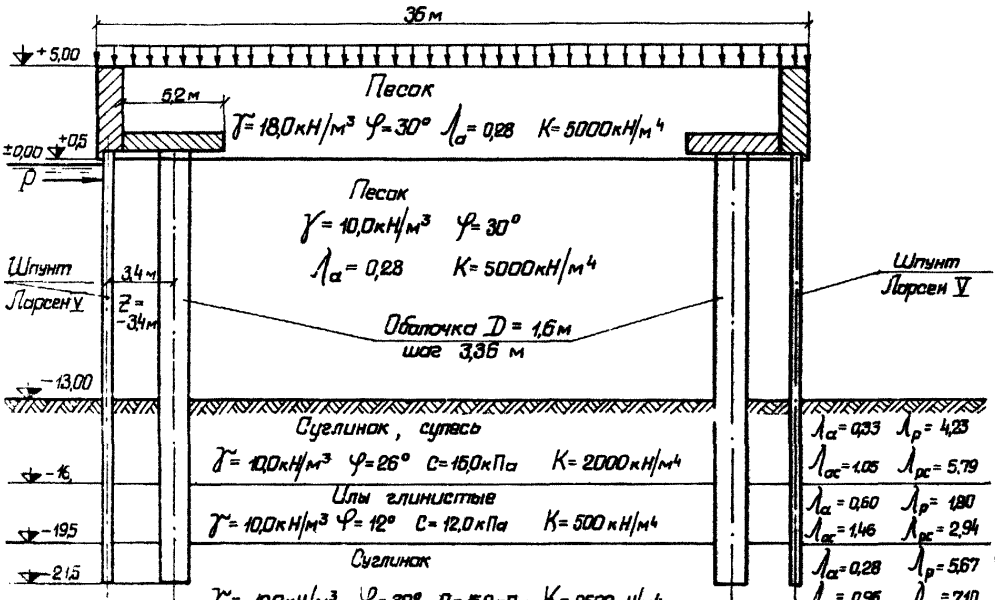


Рис.I. Конструктивная схема узкого засыпного пирса

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

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

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

2.2. Для расчета заанкерного пала принята шунтовая ячейка D = 18,0 м. Лицевая стенка ограждения выполнена из плоского стального шунта Ш-I. На уровне воздействия льда предусмотрена жесткая бетонная диафрагма в виде кольца высотой I,0 м (рис.2) и стальной пояс в виде коробки высотой I,0 м.

3. Определение горизонтальной ледовой нагрузки

3.I. Прочность льда на сжатие

$$R_л = 0,8 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot R_1 = 0,8 \cdot I,0 \cdot 0,75 \cdot I660 = I000 \text{ кПа},$$

где K_1 = I,0; K_2 = 0,75;

R_1 = I660 кПа.

3.2. Горизонтальная ледовая нагрузка на один метр длины сооружения

$$P = 0,5 R_л \cdot B \cdot h_л = 0,5 \cdot I000 \cdot 0,I \cdot 0,2 \cdot 0 = I000 \text{ кН},$$

где B = I,0 м; $h_л$ = 2,0 м.

Горизонтальная ледовая нагрузка на пал $P_п = P \cdot D$ = I000xI8=I8000 кН.

4. Расчет узкого заанкерного пирса

4.I. Проверка устойчивости пирса на сдвиг по вертикальной плоскости

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

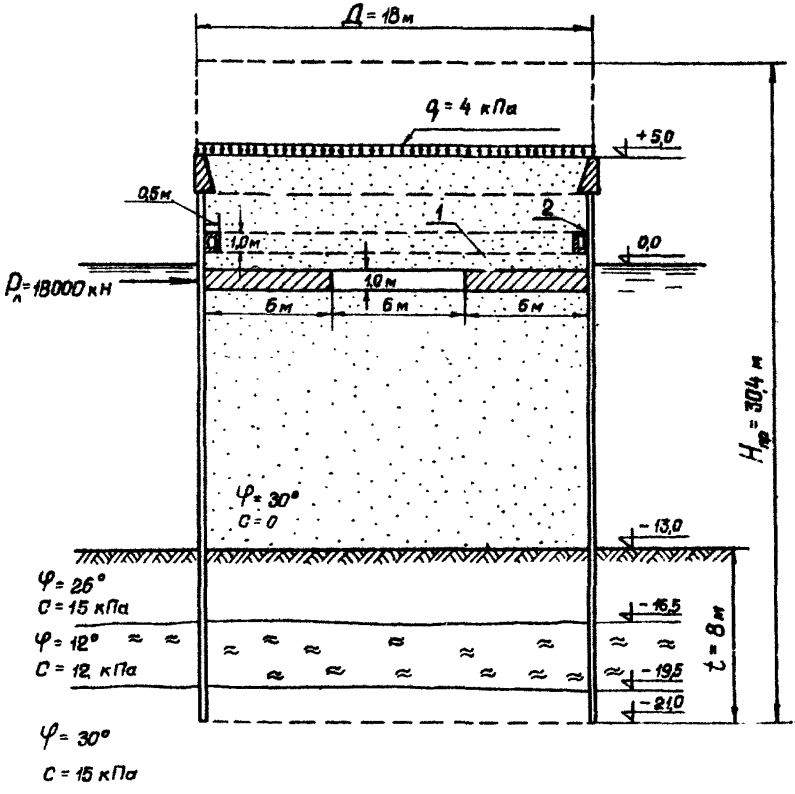


Рис.2. Ячеистый пал цилиндрического типа
с бетонной диафрагмой (I)
и стальным поясом (2)

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

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

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

где P определено в п. 3.2 настоящего Приложения.

4.I.2. Суммарный момент реактивных сил одного метра длины сооружения относительно подошвы пирса с учетом поперечных стенок

$$M_p = 0,33BE_{a_1}(2tg\varphi_{cp} + tg\delta_1) + 0,33BE_{a_2} \cdot tg\delta_2 + 0,33B^2 \cdot \frac{E_{a_1}}{\ell} tg\delta_1 + M_o =$$

$$= 0,33 \cdot 36,0 \cdot 1416,4(2tg\,27^0 30 + tg\,19^0) + 0,33 \cdot 36,0 \cdot 51,0\,tg\,15^0 + 0,33 \cdot 36,0^2 \cdot \frac{1416,4}{36,0} \cdot tg\,19^0 + 129,3 = 29235,2 \text{ кНм},$$

где E_{a_1}, E_{a_2}, M_o определены в п. 4.I.3 настоящего Приложения.

4.I.3. Равнодействующая активного давления грунта E_{a_1} ниже уровня дна на внешнюю поверхность одного метра длины лицевой стенки ограждения

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

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

$$E_{a_2} = 0,5 \cdot (3.48 + 21,48) \cdot 3,0 + 0,5(4,0 + 9,6) \cdot 2,0 = 51,0 \text{ кН}.$$

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

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

Результаты подсчетов активного давления грунта приведены в таблице I.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

Таблица I

Давление грунта на один метр длины стенки ограждения пирсов

Отметка м	$y-\Sigma h$ м	$\gamma_i(y-\sum_1^{i-1}h_i)$ кПа	$\sigma_{y_{i-1}}$ кПа	$\sigma_y^{гр}$ кПа	λ_a	$\sigma_y^{гр}\lambda_a$ кПа	$c\lambda_{ac}$ кПа	$\sigma_{a_i}^{гр}$ кПа
+5,00	0	0	-	0	-	0	-	0
0,00	5,0	90,0	0	90,0	0,28	252,0	-	25,2
0,00	0	0	90,0	90,0	0,28	252,0	-	25,2
-13,0	I3,0	I30,0	90,0	220,0	0,28	6I6,0	-	6I,6
-13,0	0	0	220,0	220,0	0,33	72,6	I5,75	56,8
-I6,5	3,5	35,0	220,0	255,0	0,33	84,2	I5,75	68,4
-I6,5	0	0	255,0	255,0	0,6	I53,0	I7,52	I35,5
-I9,5	3,0	30,0	255,0	285,0	0,6	I7I,0	I7,52	I53,4
-I9,5	0	0	285,0	285,0	0,28	79,8	I4,2	65,6
-2I,5	2	20,0	285,0	305,0	0,28	85,4	I4,2	7I,I

4.I.4. Условие устойчивости узкого засыпного пирса считается выполненным, если

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

где M_p и M соответственно определены в пп. 4.I.I и 4.I.2 настоящего Приложения;

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

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

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

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

Условие устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости ... обеспечивается.

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

Тогда

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

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

Условие устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости обеспечивается.

4.2. Определение усилий в стенках ограждения

4.2.1. Усилия в стенках ограждения без учета ледовой нагрузки определены в соответствии с требованиями РТМ 31.3016-78 по программе *BOLV*.

В результате расчета получены:

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

$$R_л = 162,0 \text{ кН}$$
$$R_э = 130,0 \text{ кН}$$

изгибающие моменты в каждой стенке ограждения без учета вертикальной полезной нагрузки $M_л$, $M_э$ 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.Прило

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

Таблица 2

Изгибающие моменты в стенках ограждения (кНм)

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

ж) $M_{лл}$ и $M_{эл}$ – значения изгибающих моментов соответственно в лицевой и экранирующей стенках от воздействия ледовой нагрузки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

жение 8 (справочное). Пример расчета для условной стенки, жесткость которой равна суммарной жесткости лицевой и экранирующей стенок. Изгибающие моменты $M_{л1}, M_{э1}$ 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

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

где $R_a = R_л + R_э = 162,0 + 130,0 = 292,0$ кН;

$K_a = 1,3$;

$\ell_a = 3,36$ м.

Нормативное значение усилия в переднем анкере сооружения

$$R_{оп}^н = K_a \cdot R_л \cdot \ell_a = 1,5.162,0.3,36 = 816,5 \text{ кН},$$

где $K_a = 1,5$;

$\ell_a = 3,36$ м.

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

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

$$M_л^н = m_c \ell \Sigma M_л = 0,75.456,0 = 342,0 \text{ кНм},$$

где $m_c = 0,75$;

$\ell = 1,0$ м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

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

$$M_g^n = m_c \ell_a \Sigma M_g = 0,83 \cdot 846,0 \cdot 3,36 = 2359,32 \text{ кНм},$$

где m_c = 0,83;

ℓ_a = 3,36 м.

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

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

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

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

5. РАСЧЕТ ЗАСЫПНОГО ПАЛА

5.1. Определение нагрузок на пал

5.1.1. Ординаты активного давления грунта засыпки на шпунтовое ограждение пала

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

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

η_i определяется по п.3.1.7 настоящего Руководства.

Результаты подсчетов активного давления грунта приведены в таблице 5.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

Таблица 3

Давление грунта засыпки пала на стенку шпунтового ограждения

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

на плоскую стенку

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

(см.табл.3);

на стенку цилиндрического пала

$$E_{a\Gamma} = \Sigma E'_{ai}\eta'_i = 63,0.0,69+564,2.0,69+219,1.0,68+433,4.0,64 + 101,7.0,69 = 929,4 \text{ кН/м (см.табл.3),}$$

где η'_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

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

при P_{A1} = 9000 кН:

$$q_{max} = \frac{77319,36}{3,14.9,00^2}\left(1+\frac{4.2,36}{9,00}\right) = 623,20 \text{ кПа};$$

$$q_{min} = \frac{77319,36}{3,14.9,00^2}\left(1-\frac{4.2,36}{9,00}\right) = -15,20 \text{ кПа};$$

при P_{A2} = 18000 кН:

$$q_{max} = \frac{77319,36}{3,14.9,00^2}\left(1+\frac{4.4,73}{9,00}\right) = 942,40 \text{ кПа};$$

$$q_{min} = \frac{77319,36}{3,14.9,00^2}\left(1-\frac{4.4,73}{9,00}\right) = -334,40 \text{ кПа},$$

где $G = \gamma F H_{пр}$ = 10,00.3,14.9,00^2.30,40 = 77319,36 кН;

e – эксцентриситет приложения равнодействующей вертикальной нагрузки G и горизонтальных нагрузок P_{A1} или P_{A2}

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

где $M_{уд} = GR$ = 77319,36.9,00 = 695874,24 кН.м;

$M_{o1} = P_{A1}H_p$ = 9000,00.20,30 = 182700,00 кН.м;

$M_{o2} = P_{A2}H_p$ = 18000,00.20,30 = 365400,00 кН.м;

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

при Q_1 = 9000 кН

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

при Q_2 = 18000 кН

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

5.2. Проверка устойчивости пала на сдвиг по вертикальной плоскости

5.2.1. Момент внешних сил относительно подошвы пала

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

где P определено в п.3.2 настоящего Приложения.

5.2.2. Суммарный момент удерживающих сил относительно подошвы пала

$$M_p = 0{,}589\, E_{a1}\mathcal{D}^2 \left(tg\,\varphi_{cp} + f + \frac{2\mathcal{N}}{E_{a1}\mathcal{D}} + 0{,}04\,\pi\, tg\delta'\right) + M_o =$$

$$= 0{,}589 \cdot 929{,}40 \cdot 18{,}00^2 \left(tg\ 27^\circ 30' + 0{,}40 + \right.$$

$$\left. + \frac{2 \cdot 17850{,}00}{929{,}40 \cdot 18{,}00} + 0{,}04 \cdot 3{,}14\ tg\ 0{,}67 \cdot 27^\circ 30' \right) +$$

$$+ 15933{,}94 = 563985{,}54 \text{ кН.м},$$

где E_{a1} определено в п.5.1.2;

$\mathcal{N}$ 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 пояса и бетонной диафрагмы

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

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

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

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

5.2.4. Момент равнодействующей активного давления грунта по внешней поверхности пала

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

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

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

$$n_c n M \leq \frac{m}{K_н} m_g M_p;$$

где $n_c, n, m, K_н, m_g$ 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)

$$1,00.1,25.365400,00 \text{ кН.м} < \frac{1,15}{1,15}.0,85.563985,54 \text{ кН.м};$$

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

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

$$P_з = \sigma_{ai}^{zp} \cdot R + \frac{2P_л}{\gamma F H} \cdot \sigma_{ai}^{zp} \cdot A =$$

$$= 153,40.9,00\left(1,00 + \frac{2.16000,00}{10,00.254,00.22,00}\right) = 2269,70 \text{ кН/м};$$

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

$R = 9$ м; $F = 254$ м^2; $H = 22$ м;

$P_л$ и A определены в п.6.3.4 настоящего РД.

5.3.2. Условие прочности замковых соединений шпунта

$$n_c n P_з \leq \frac{m}{K_н} m_g R_з,$$

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

$P_з$ определено в п.5.3.1 настоящего Приложения;

$R_з$ – сопротивление замковых соединений шпунта ШП-1 разрыву составляет 3000 кН/м.

$$1,00.1,25.2269,70 \text{ кН/м} < \frac{1,15}{1,15}.0,85.3000,00 \text{ кН/м};$$

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

Условие прочности не выполняется.

Соблюдение условия прочности может быть достигнуто путем 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 A (см.рис.3); сдвигаемая часть основания расчленяется на отдельные полоски, вес которых определен в таблице 4 настоящего Приложения.

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

$$T_i = q_i \sin \alpha_i;$$
$$T_i' = q_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + c_i l_i;$$
$$\alpha_i = \arcsin \frac{a_i}{R}.$$

Результаты подсчетов приведены в таблице 4.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 (продолжение)

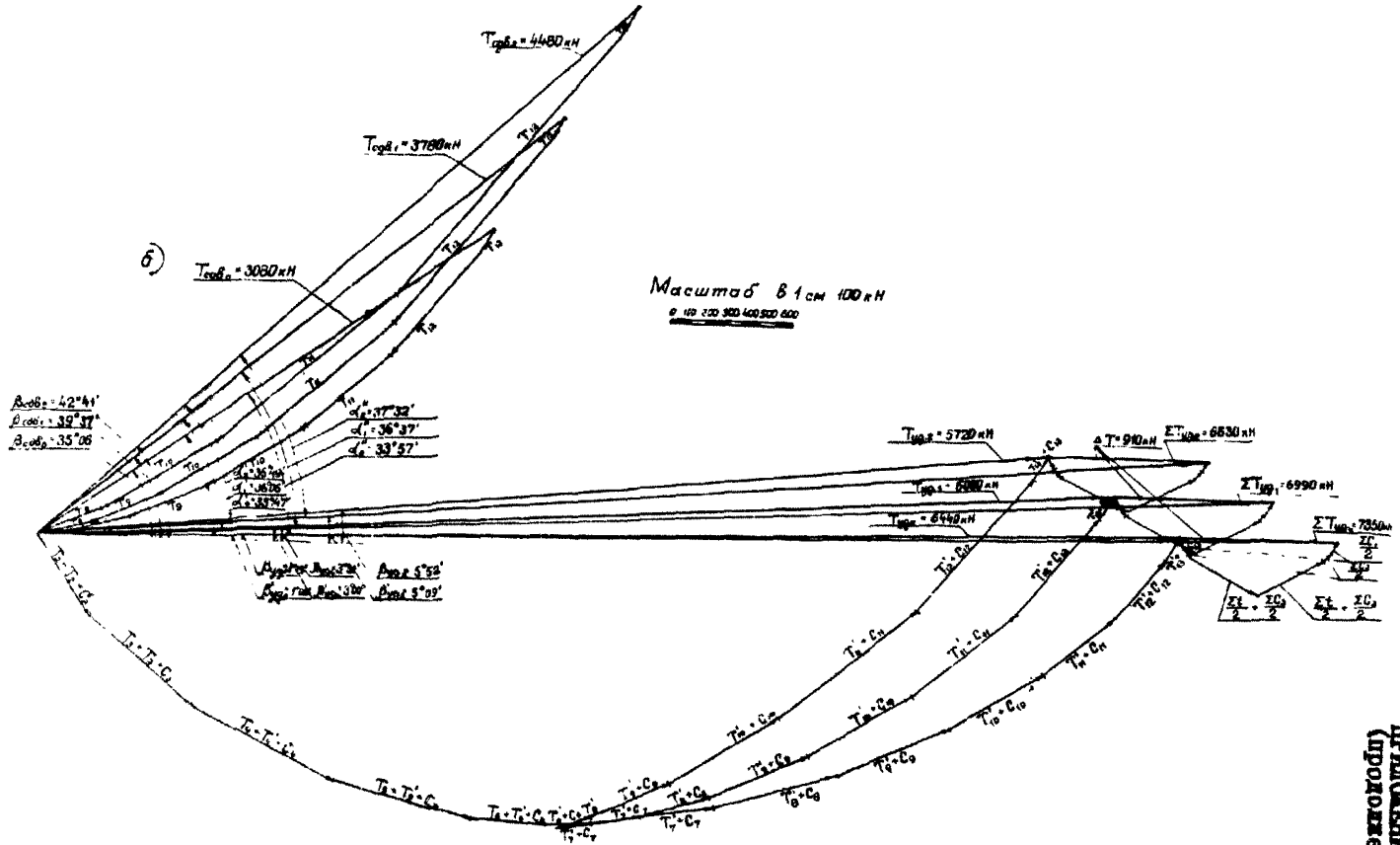


Рис.3. К расчету устойчивости основания пала по глубинному сдвигу

Таблица 4

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

№ подо-сок	При $P_{ло} = 0$							
	g_i кН	$\sin\alpha_i$	$\cos\alpha_i$	T_i кН	N_i кН	T_i' кН	C_i кН	$T_i' + C_i$ кН
2	345	0,8386	0,5448	289	188	83	173	545
3	663	0,6499	0,7600	431	504	291	100	822
4	825	0,4402	0,8979	363	741	428	84	875
5	912	0,2306	0,9731	210	887	513	78	801
6	565	0,0629	0,9980	36	564	326	45	407
6	378	0,0419	0,9991	16	378	218	30	248
7	1230	0,1467	0,9892	180	1217	702	45	747
8	1211	0,2725	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)

№ полосок	При $P_{л1}$ = 9000 кН								При $P_{л2}$ = 16000 кН							
	g_i кН	$Sin\alpha_i$	$Cos\alpha_i$	T_i кН	N_i кН	T_i' кН	C_i кН	$T_i'+C_i$ кН	g_i кН	$Sin\alpha_i$	$Cos\alpha_i$	T_i кН	N_i кН	T_i' кН	C_i кН	$T_i'+C_i$ кН
2	345	0,6386	0,5448	269	188	83	173	545	345	0,6386	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	428	84	875	825	0,4402	0,8979	363	741	428	84	875
5	912	0,2306	0,9731	210	887	513	78	801	912	0,2306	0,9731	210	887	513	78	801
6	565	0,0629	0,9980	36	564	326	45	407	565	0,0629	0,9980	36	564	326	45	407
6	378	0,0419	0,9991	16	378	218	30	248	376	0,0419	0,9991	16	378	218	30	248
7	436	0,1467	0,9892	64	431	249	45	294	-363	0,1467	0,9892	-53	-359	-207	45	-162
8	730	0,2725	0,9621	199	702	406	47	453	255	0,2725	0,9621	69	245	141	47	189
9	1017	0,3983	0,9172	405	933	539	49	588	859	0,3983	0,9172	342	788	455	49	504
10	1288	0,5241	0,8516	675	1097	634	53	687	1444	0,5241	0,8516	757	1230	710	53	763
11	1544	0,6499	0,7600	1002	1172	677	60	737	2040	0,6499	0,7600	1313	1535	887	60	947
12	1770	0,7757	0,6311	1373	1117	645	73	718	2568	0,7757	0,6311	1992	1621	936	73	1009
13	155	0,8689	0,4561	136	71	28	121	149	155	0,8689	0,4561	136	71	28	121	149

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
(продолжение)

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

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

при $P_{л1}$ = 9000 кН
$T_{сдв1}$ = 3780 кН;
$T_{уд1}$ = 6080 кН;
$\beta_{сдв1}$ = 39°37′;
$\beta_{уд1}$ = 3°31′;

при $P_{л2}$ = 18000 кН
$T_{сдв2}$ = 4480 кН;
$T_{уд2}$ = 5720 кН;
$\beta_{сдв2}$ = 42°41′;
$\beta_{уд2}$ = 5°52′.

5.4.4. Углы пересечения равнодействующих сдвигающих и удерживающих сил:

$$\alpha_1' = \beta_{сдв1} - \beta_{уд1} = 39°37' - 3°31' = 36°06';$$
$$\alpha_2' = \beta_{сдв2} - \beta_{уд2} = 42°41' - 5°52' = 36°49',$$

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

5.4.5. Равнодействующая предельных сдвигающих сил без учета пространственной работы пала

$$T_{сдв\,гр} = \sqrt{T_{сдв1}^2 + L^2 + 2T_{сдв1} \cdot L \cdot \cos(\alpha_1' - \psi)} =$$
$$= \sqrt{3780^2 + 4149^2 + 2 \cdot 3780 \cdot 4149 \cdot \cos(36°06' - 36°06')} =$$
$$= 7929 \text{ кН},$$

где $T_{сдв1}$ определено в п.5.4.3;
α_1' определено в п.5.4.4;

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

L и Ψ определены в п.5.4.6 настоящего Приложения.

5.4.6. Величина L без учета пространственной работы пала

$$L = \frac{T_{уд1} + T_{сдв1}(\sin\alpha_1' \cdot tg\varphi_{ср} - \cos\alpha_1')}{\cos\psi - \frac{\ell_{уд}}{\ell_{сдв}} - \sin\psi \cdot tg\varphi_{ср}} =$$

$$= \frac{6080+3780\ (\sin 36^\circ06' \cdot tg\ 27^\circ44' - \cos 36^\circ06')}{36^\circ06' + \frac{360}{700} - \sin 36^\circ06' \cdot tg\ 27^\circ44'} = 4149 \text{ кН},$$

где $T_{сдв1}$ и $T_{уд1}$ определены в п.5.4.3 настоящего Приложения;

$$\ell_{уд} = T_{уд2} - T_{уд1} = 5720 - 6080 = -360 \text{ кН};$$
$$\ell_{сдв} = T_{сдв2} - T_{сдв1} = 4480 - 3780 = 700 \text{ кН}.$$

Величина определяется по формуле

$$tg\psi = \frac{T_{сдв2}\sin\alpha_2' - T_{сдв1}\sin\alpha_1'}{T_{сдв2}\cos\alpha_2' - T_{сдв1}\cos\alpha_1'} =$$

$$= \frac{4480 \cdot \sin 36^\circ49' - 3780 \cdot \sin 36^\circ06'}{4480 \cdot \cos 36^\circ49' - 3780 \cdot \cos 36^\circ06'} = 0{,}85946; \quad \psi = 40^\circ41',$$

$\psi > \alpha_1'$, поэтому значение ψ принимается равным $\alpha_1' = 36^\circ06'$.

5.4.7. Условие устойчивости основания пала без учета пространственной работы

$$n_c\, n\, T_{сдв1} \leq \frac{m}{K_н}\, m_g\, T_{сдв\,пр};$$

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

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

$T_{сдв1}$ определено в п.5.4.3;

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

Устойчивость основания пала без учета пространственной работы обеспечена.

5.4.8. Равнодействующая активного давления по одной стороне сдвигаемого основания

$$\Sigma E_a = \kappa \left(0{,}33 R_o^3 \sin\alpha - P_o + 2S\right) =$$

$$= 3{,}98\ (0{,}33 \cdot 23{,}85^3 \cdot \sin 78^\circ 51' -$$

$$- 1957{,}02 + 2 \cdot 48{,}58) = 10258{,}84 \text{ кН},$$

где $K = \gamma \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 0{,}50\, \varphi_{ср}) =$

$$= 10{,}00 \cdot \operatorname{tg}^2 (45^\circ 00' - 0{,}50 \cdot 25^\circ 30') = 3{,}98 \text{ кН/м}^3;$$

$$P_o = 0{,}50\, R_o^2 a_o \alpha =$$

$$= 0{,}50 \cdot 23{,}85^2 \cdot 5{,}00 \cdot 1{,}38 = 1957{,}02 \text{ м}^3;$$

$$S = 0{,}08\, a_o^2 \sqrt{R_o^2 - a_o^2} =$$

$$= 0{,}08 \cdot 5{,}00^2 \sqrt{23{,}85^2 - 5{,}00^2} = 48{,}58 \text{ м}^3;$$

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

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

$$\Sigma t = \Sigma t' \frac{2\tau}{\mathcal{D} R_o} = \Sigma E_a \operatorname{tg} \varphi_{ср} \frac{2\tau}{\mathcal{D} R_o} =$$

$$= 10258{,}84 \cdot \operatorname{tg} 25^\circ 30' \cdot \frac{2 \cdot 18{,}10}{18{,}00 \cdot 23{,}85} = 412{,}61 \text{ кН/м},$$

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

$\Sigma t'$ определено в п.10 Приложения I настоящего РД;

τ = 18,10 м (см.рис.3);

$\mathcal{D}$ = 18,00 м.

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

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

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

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

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

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

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

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

$$t = 0,33 R_o^3 a_o \sin\alpha =$$

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

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

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

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

где R_o определено в п.5.4.8;

D определено в п.5.4.9 настоящего Приложения;

$\gamma_1 = 13{,}30$ м; $\gamma_2 = 14{,}75$ м; $\gamma_3 = 18{,}15$ 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 $T_{уд1}$ и $T_{уд2}$ и равнодействующих сил трения и сцепления получено:

$$\Sigma T_{уд1} = 6990 \text{ кН};$$

$$\Sigma T_{уд2} = 6630 \text{ кН};$$

$$\beta'_{уд1} = 3^\circ 00';$$

$$\beta'_{уд2} = 5^\circ 09';$$

$$\alpha''_1 = \beta_{сдв1} - \beta'_{уд1} = 39^\circ 37' - 3^\circ 00' = 36^\circ 37';$$

$$\alpha''_2 = \beta_{сдв2} - \beta'_{уд2} = 42^\circ 41' - 5^\circ 09' = 37^\circ 32'.$$

где $\beta_{сдв1}$ и $\beta_{сдв2}$ определены в п.5.4.3 настоящего Приложения.

5.4.13. Равнодействующая предельных сдвигающих сил с учетом пространственной работы пала

$$T_{сдв\,пр.} = \sqrt{T^2_{сдв1} + L^2 + 2 T_{сдв1} \cdot \cos(\alpha''_1 - \Psi')} =$$

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

$$= 8904{,}33 \text{ кН},$$

где $T_{сдв1}$ определено в п.5.4.3;

α''_1 определено в п.5.4.12;

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

5.4.14. Величина L с учетом пространственной работы пала

$$L = \frac{\Sigma T_{yg1} + T_{cgB1}(\sin\alpha_1'' \cdot tg\varphi_{cp} - \cos\alpha_1'')}{\cos\psi' - \frac{\ell'_{yg}}{\ell_{cgB}} - \sin\psi' tg\varphi_{cp}} =$$

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

где T_{cgB1} определено в п.5.4.3;

ℓ_{cgB} определено в п.5.4.6;

$\Sigma T_{yg1}, \alpha_1''$ определены в п.5.4.12 настоящего Приложения;

$\ell'_{yg} = \Sigma T_{yg2} - \Sigma T_{yg1} = 6630-6990 = -360$ кН.

Величина ψ' определяется по формуле

$$tg\psi' = \frac{T_{cgB2}\sin\alpha_2' - T_{cgB1}\sin\alpha_1'}{T_{cgB2}\cos\alpha_2' - T_{cgB1}\cos\alpha_1'} =$$

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

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

5.4.15. Условие устойчивости основания пала с учетом пространственной работы пала

$$n_c n\, T_{cgB1} \leq \frac{m}{K_н}\, m_g\, T_{cgB\,пр};$$

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

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

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

T_{cgB1} определено в п.5.4.3;

$T_{cgB\,пр}$ определено в п.5.4.13 настоящего Приложения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(продолжение)

Устойчивость основания пала по глубинному сдвигу обеспечена.

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

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 кПа, интенсивность горизонтальной нагрузки от льда 1000 кН/м. Нагрузка на пал 18000 кН.

1.2. Грунт основания - суглинки с φ = 26°, C = 15 кПа, слабая илистая прослойка с φ = 12°, C = 12 кПа. Грунт засыпки - песок с φ = 30°.

1.3. Конструктивная схема пала приведена на рис.1.

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

Верхнее строение пала состоит из железобетонной плиты.

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

2. Определение исходных расчетных параметров

2.1. Поверхность скольжения сдвигаемой части грунта основания в пределах ширины подошвы пала проходит по 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

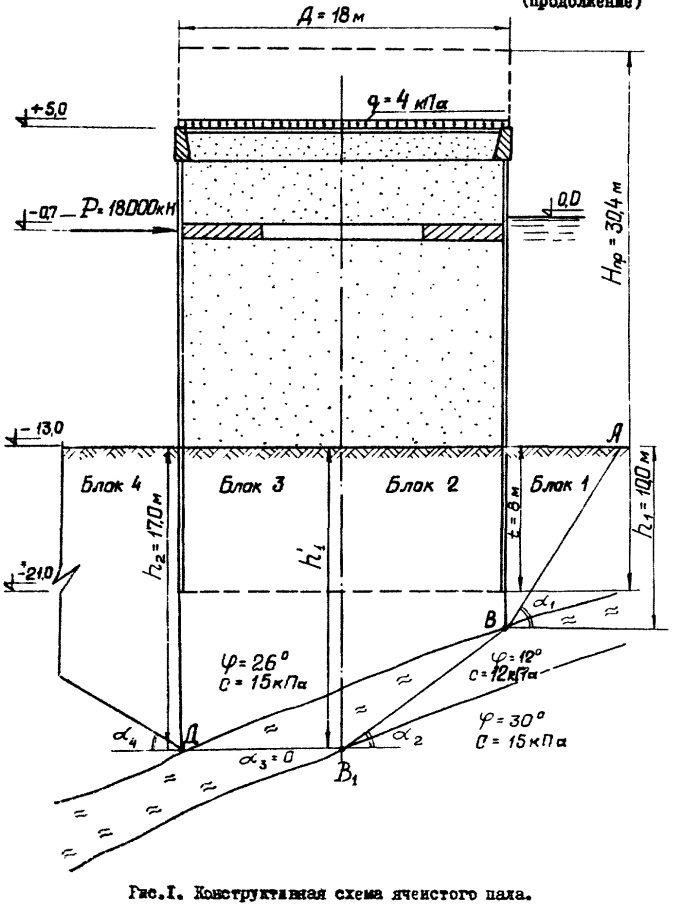


Рис.I. Конструктивная схема ячеистого пала.

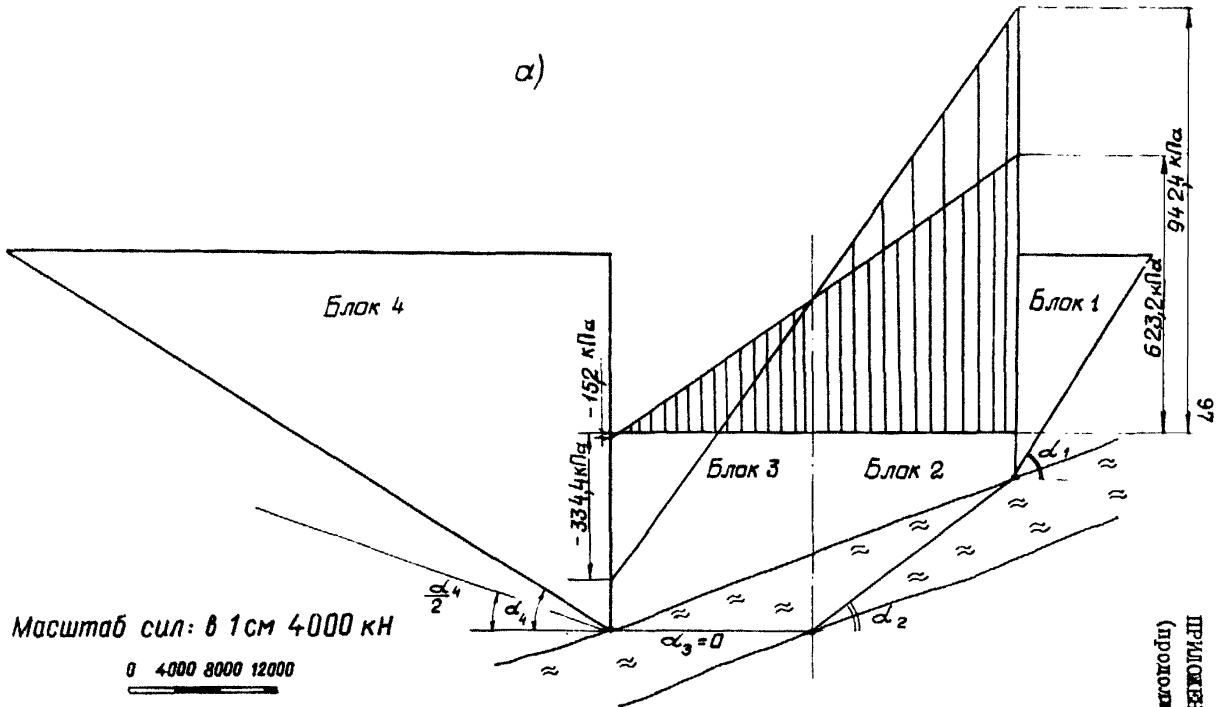


Рис.2. К расчету устойчивости основания пала по плоским поверхностям скольжения:
а) схема нагрузок

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 (продолжение)

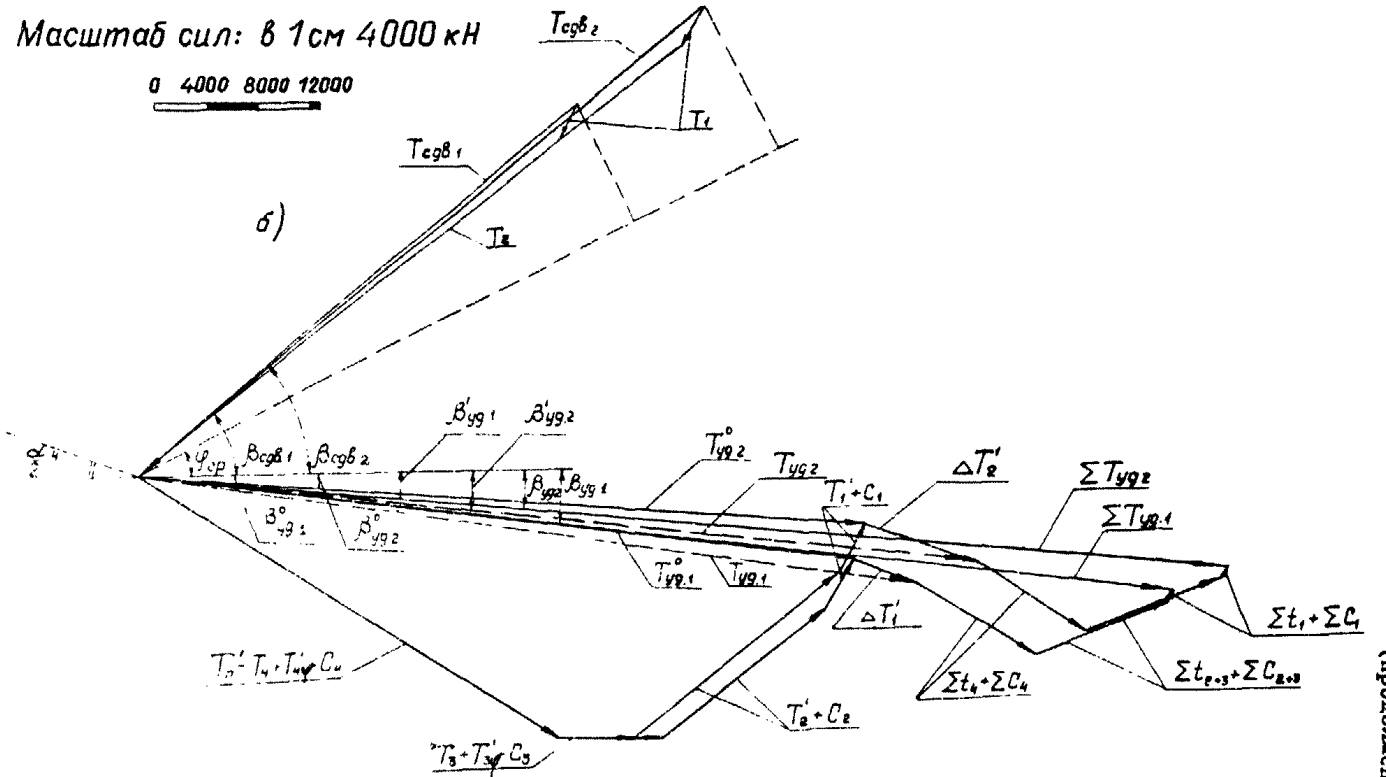


Рис.2. К расчету устойчивости основания пала по плоским поверхностям скольжения:
б) силовые многоугольники

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 (продолжение)

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

подошвы пала, с поверхностью слабого слоя грунта.

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

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

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

Результаты подсчетов веса каждого блока при действии горизонтальной нагрузки P_{h1} = 9000 кН и P_{h2} = 18000 кН приведены в таблице настоящего Приложения.

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

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

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

R = 9,00 м;

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

e определено в п.2.4 настоящего Приложения;

при P_{h1} = 9000 кН:

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
(продолжение)

Таблица

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

(продолжение)

при P_{A2} = 18000 кН:

$$q_{max} = \frac{77319,36}{3,14.9,00^2}(1+\frac{4.4,73}{9,00}) = 942,40 \text{ кПа};$$

$$q_{min} = \frac{77319,36}{3,14.9,00^2}(1-\frac{4.4,73}{9,00}) = -334,40 \text{ кПа}.$$

2.4. Эксцентриситет приложения равнодействующей вертикальной нагрузки G и горизонтальной нагрузки P_{A1} или P_{A2}

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

где $M_{yq} = GR = 77319,36.9,00 = 695874,24$ кН.м ;

$M_{01} = P_{A1} H_p = 9000,00 .20,30 = 182700,00$ кН.м ;

$M_{02} = P_{A2} H_p = 18000,00-20,30 = 365400,00$ кН.м ;

H_p = 20,30 м (см.рис.2 Приложения 6 настоящего РД);

при P_{A1} = 9000 кН

$$e_1 = 0,50.18,00 - \frac{695874,24 - 182700,00}{77319,36} = 2,36 \text{ м} ;$$

при P_{A2} = 18000 кН

$$e_2 = 0,50.18,00 - \frac{695874,24 - 365400,00}{77319,36} = 4,73 \text{ м} .$$

3. Определение равнодействующих сдвигающих и удерживающих сил

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

(продолжение)

$$T_i = g_i \sin\alpha_i \mathcal{D};$$
$$T_i' = T_{i\varphi}' + c_i \ell_i \mathcal{D},$$

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

Результаты подсчетов сдвигающих и удерживающих сил T_i, T_i' и $T_{i\varphi}'$ при действии горизонтальных нагрузок $P_{\lambda 1}$ = 9000 кН и $P_{\lambda 2}$ = 18000 кН приведены в таблице настоящего Приложения.

3.1.2. Равнодействующие сдвигающих $T_{сдвi}$ и удерживающих сил $T^{o}_{удi}$ и углы их наклона к горизонту $\beta_{сдвi}$ и $\beta^{o}_{удi}$ определяются графически (рис.26).

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

при $P_{\lambda 1}$ = 9000 кН
$T_{сдв1}$ = 56400 кН;
$T^{o}_{уд1}$ = 70600 кН;
$\beta_{сдв1} = 39^{\circ}05'$;
$\beta^{o}_{уд1} = -7^{\circ}32'$;

при $P_{\lambda 2}$ = 18000 кН
$T_{сдв2}$ = 72710 кН;
$T^{o}_{уд2}$ = 71800 кН;
$\beta_{сдв2} = 38^{\circ}40'$;
$\beta^{o}_{уд2} = -4^{\circ}35'$.

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

$$\Delta T_1' = [T_{сдв1} \cdot \cos(\beta_{сдв1} - \varphi_{ср}) - T^{o}_{уд1} \cdot \cos(\varphi_{ср} - \beta^{o}_{уд1}) + T_n' \cdot \cos(45^{\circ} + 0{,}50\varphi_{ср})] \cdot \sin(0{,}50\alpha_{ср} + \varphi_{ср}) \operatorname{tg}\varphi_{ср} =$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

(продолжение)

$$= \Big\{ 56400 \cos(39^\circ05' - 26^\circ00') - 70600 \cos[26^\circ00' - (-7^\circ32')] + 48330 \cos(45^\circ00' + 0{,}50 \cdot 26^\circ00') \Big\} \sin(0{,}50 \cdot 32^\circ00' + 26^\circ00') \cdot tg\, 26^\circ00' = 7081 \text{ кН};$$

$$\Delta T_2' = [T_{сдв_2} \cos(\beta_{сдв_2} - \varphi_{ср}) - T^{\circ}_{уд_2} \cos(\varphi_{ср} - \beta^{\circ}_{уд_2}) + T_n' \cos(45^\circ + 0{,}50\varphi_{ср})] \sin(0{,}50\alpha_{ср} + \varphi_{ср}) tg\, \varphi_{ср} =$$

$$= \Big\{ 72710 \cos(38^\circ40' - 26^\circ00') - 71800 \cos[(26^\circ00' - (-4^\circ35')] + 48330 \cos(45^\circ00' + 0{,}50 \cdot 26^\circ00') \Big\} \sin(0{,}50 \cdot 32^\circ00' + 26^\circ00') \cdot tg\, 26^\circ00' = 11337 \text{ кН},$$

где $T_{сдвi}$, $T^{\circ}_{удi}$, $\beta_{сдвi}$, $\beta^{\circ}_{удi}$ определены в п.3.1.2;

$T_n' = T_4'$ определено в п.3.1.1. настоящего Приложения;

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

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

$T_{уд\,1} = 77700$ кН;

$T_{уд\,2} = 82500$ кН.

Углы наклона $T_{уд.1}$ и $T_{уд\,2}$ к горизонту:

$\beta'_{уд\,1} = -8^\circ32'$;

$\beta'_{уд.2} = -6^\circ34'$.

3.2. Определение равнодействующей удерживающих сил $\Sigma T_{удi}$ с учетом пространственной работы основания пала

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

(продолжение)

3.2.1. Равнодействующие сил трения на торцевые поверхности блоков:

$$\Sigma t_1 = 0{,}17\,\gamma h_1^3 \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0{,}50\varphi_1)\ \frac{\operatorname{tg}\varphi_1}{\operatorname{tg}\alpha_1} =$$

$$= 0{,}17 \cdot 10{,}00 \cdot 10{,}00^3 \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0{,}50 \cdot 26^\circ)\ \frac{\operatorname{tg}\ 26^\circ}{\operatorname{tg}\ 58^\circ} =$$

$$= 202{,}30 \text{ кН};$$

$$\Sigma t_{(2+3)} = 0{,}33 D (E'_a + E''_a + \sqrt{E'_a\, E''_a}\ )\operatorname{tg}\varphi_{(2+3)} =$$

$$= 0{,}33 \cdot 18{,}00 (194{,}00 + 562{,}00 + \sqrt{194{,}00 \cdot 562{,}00})\operatorname{tg}\ 26^\circ =$$

$$= 3146{,}82 \text{ кН};$$

$$\Sigma t_4 = 0{,}17\,\gamma h_2^3 \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0{,}50\varphi_4)\ \frac{\operatorname{tg}\varphi_4}{\operatorname{tg}\alpha_4} =$$

$$= 0{,}17 \cdot 10{,}00 \cdot 17{,}00^3 \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0{,}50 \cdot 26^\circ)\ \frac{\operatorname{tg}\ 26^\circ}{\operatorname{tg}\ 32^\circ} =$$

$$= 2545{,}43 \text{ кН},$$

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

α_1 и α_4 определены в п.2.1 настоящего Приложения;

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

Соответственно, по двум торцам:

Σt_1 = 404,60 кН; $\Sigma t_{(2+3)}$ = 6293,64 кН;

Σt_4 = 5090,86 кН.

3.2.2. Равнодействующие сил сцепления по торцевым поверхностям блоков:

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

(продолжение)

$$\Sigma C_{(2+3)} = 0{,}50\, c_{(2+3)}\, \ell_б\, (h_1 + h_2) =$$

$$= 0{,}50 \cdot 15{,}00 \cdot 18{,}00\ (10{,}00+17{,}00) = 3645{,}00 \text{ кН};$$

$$\Sigma C_4 = \frac{0{,}50\, c_4\, h_2^2}{tg\alpha_4} = \frac{0{,}50 \cdot 15{,}00 \cdot 17{,}00^2}{tg\ 32^0} = 3468{,}72 \text{ к Н};$$

где h_1 и h_2 определены в п.3.2.1;

α_1 и α_4 определены в п.2.1 настоящего Приложения;

$\ell_б = 20$.

Соответственно, по двум торцам:

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

$\Sigma C_4 = 6937{,}44$ кН.

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

$$\Sigma T_{уд1} = 102000 \text{ кН};$$

$$\Sigma T_{уд2} = 107000 \text{ кН}.$$

Углы наклона $\Sigma T_{уд1}$ и $\Sigma T_{уд2}$ к горизонту:

$$\beta_{уд1} = -7^0 08' ;$$

$$\beta_{уд2} = -5^0 44' .$$

4. Проверка устойчивости основания пала

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

(продолжение)

$$T_{сдв\,пр}=\sqrt{T^2_{сдв1}+L^2+2T_{сдв1}\cdot L\cdot\cos(\alpha'_1-\psi')}=$$

$$=\sqrt{56400{,}00^2+101214{,}34^2+2\cdot56400{,}00\cdot101214{,}34\cdot\cos(34^\circ32'-25^\circ48')}=$$

$$=157193{,}65\ \text{кН};$$

с учетом пространственной работы основания пала

$$T_{сдв\,пр}=\sqrt{T^2_{сдв1}+L^2+2T_{сдв1}L\cdot\cos(\alpha'_1-\psi)}=$$

$$=\sqrt{56400{,}00^2+167738{,}14^2+2\cdot56400{,}00\cdot167738{,}14\cos(33^\circ06'-27^\circ23')}=$$

$$=223925{,}73\ \text{кН},$$

где $T_{сдв1}$ определено в п.3.1.2;

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

4.2. Величина L без учета пространственной работы основания пала

$$L=\frac{T_{уд1}+T_{сдв1}(\sin\alpha'_1\cdot tg\varphi_{ср}-\cos\alpha'_1)}{\cos\psi'-\frac{\ell_{уд}}{\ell_{сдв}}-\sin\psi'\cdot tg\varphi_{ср}}=$$

$$=\frac{77700+56400(\sin 34^\circ32'\cdot tg21^\circ36'-\cos 34^\circ32')}{\cos 25^\circ48'-\frac{4800}{16310}-\sin 25^\circ48'\cdot tg21^\circ36'}=$$

$$=101214{,}34\ \text{кН},$$

где $T_{сдв1}$, $T_{уд1}$ определены соответственно в пп.3.1.2, 3.1.4 настоящего Приложения;

$\alpha'_1=\beta_{сдв1}-\beta_{уд1}=26^\circ-(-8^\circ32')=34^\circ32'$;

$\ell_{уд}=T_{уд2}-T_{уд1}=82500-77700=4800$ кН;

$\ell_{сдв}=T_{сдв2}-T_{сдв1}=72710-56400=16310$ кН;

$\psi'=25^\circ48'$ (см.рис.2в),

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

(продолжение)

$T_{уд.2}$, $\beta_{уд.1}$ определены в п.3.1.4;

$T_{сдв2}$, $\beta_{сдв.1}$ определены в п.3.1.2 настоящего Приложения.

Так как $\beta_{сдв1}$ больше $\varphi_{ср.}$, то принимается

$$\beta_{сдв1} = \varphi_{ср.} = 26^{\circ}.$$

4.3. Величина L с учетом пространственной работы основания пала

$$L = \frac{\Sigma T_{уд.1} + T_{сдв1}\,(\sin\alpha_1' \cdot tg\varphi_{ср} - \cos\alpha_1')}{\cos\psi - \frac{\ell_{уд.}}{\ell_{сдв.}} - \sin\psi \cdot tg\varphi_{ср.}} =$$

$$= \frac{102000+56400(\sin 33^{\circ}08' \cdot tg\ 21^{\circ}36' - \cos 33^{\circ}08')}{\cos 27^{\circ}23' - \frac{5000}{16310} - \sin 27^{\circ}23' \cdot tg\ 21^{\circ}36'} =$$

$$= 167738{,}14 \text{ кН},$$

где $T_{сдв.1}$ определено в п.3.1.2;

$\Sigma T_{уд.1}$ определено в п.3.2.3 настоящего Приложения;

$\alpha_1' = \beta_{сдв1} - \beta_{уд.1} = 26^{\circ} - (-7^{\circ}08') = 33^{\circ}08'$;

$\ell_{уд.} = \Sigma T_{уд2} - \Sigma T_{уд1} = 107000 - 102000 = 5000$ кН;

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

$\psi = 27^{\circ}23'$ (см.рис.2в),

где $\Sigma T_{уд2}$, $\beta_{уд}$ определены в п.3.2.3;

$\beta_{сдв1}$ определено в п.3.1.2 настоящего Приложения.

Так как $\beta_{сдв.1}$ больше $\varphi_{ср.}$, то принимается

$$\beta_{сдв1} = \varphi_{ср} = 26^{\circ}.$$

4.4. Условие устойчивости основания пала считается выполненным, когда

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

(продолжение)

$$n_c\, n\, T_{сдв1} \leq \frac{m}{K_н}\, m_g\, T_{сдв\,пр},$$

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

$T_{сдв1}$ определено в п.3.1.2;

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

без учета пространственной работы основания пала

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

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

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 МУРБ, разработанной Ленморниипроектом.

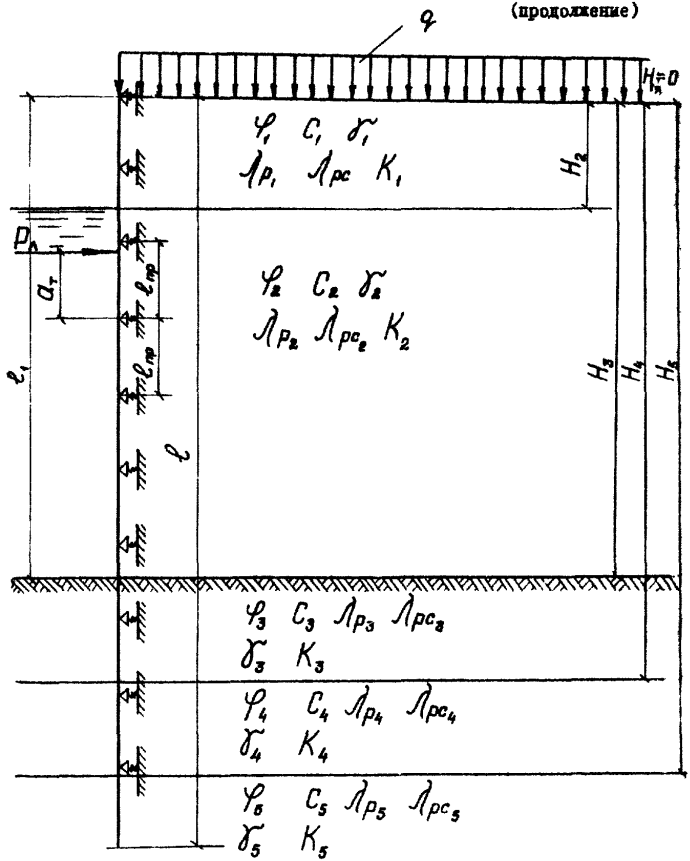


Рис.I. Расчетная схема сооружения

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

(продолжение)

Определение дополнительных величин приводится ниже.

Податливость условных опор K_R определяется по формуле

$$K_R = K \cdot LO \cdot \ell' \cdot H_i, \qquad (I)$$

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

LO - расстояние между условными опорами, м;

ℓ' - 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

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

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

λ_p - коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления грунта;

C - сцепление грунта, кПа;

λ_{pc} - коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давление грунта от сил сцепления.

Приведенная высота слоя грунта H_i определяется по формуле

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

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

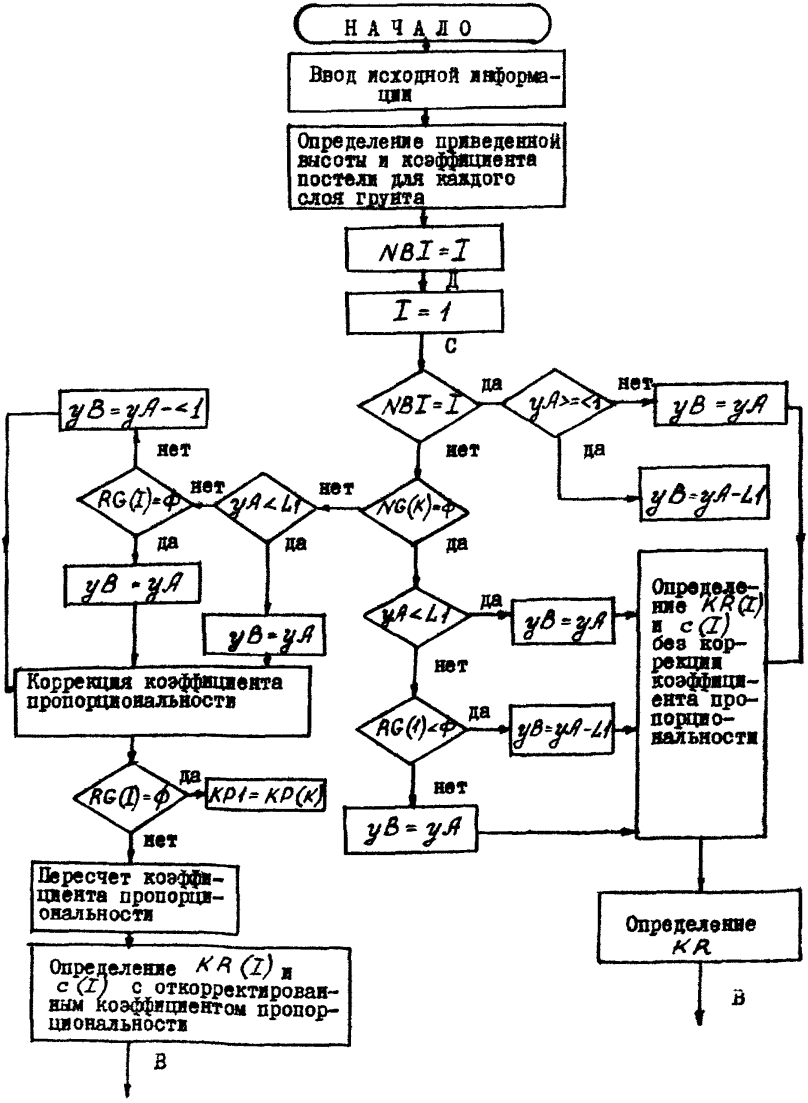
γ_i - объемный вес каждого слоя грунта расположенного над слоем грунта, в котором находится расчетная условная опора, кН/м^3;

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

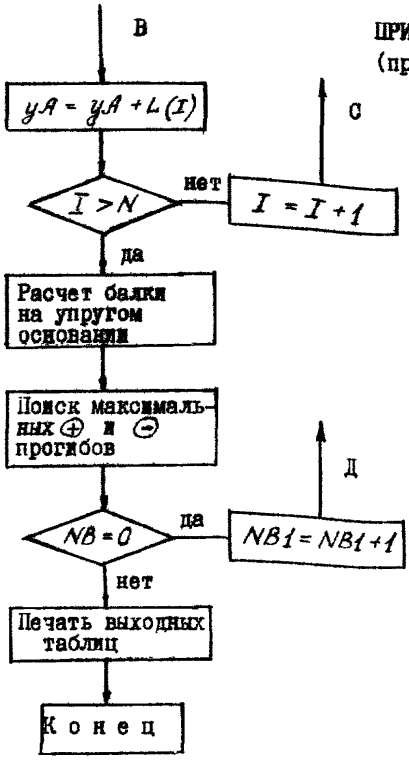
Расчет ведется итерационным методом до тех пор, пока деформация стенки по высоте не будет отличаться более чем на 10% от предыдущего расчета.

2. Блок - схема

ПРИЛОЖЕНИЕ 8
(продолжение)



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 в I-ой опоре
- $NG(K)$ – эмпирический показатель степени для грунта
- $RP(I)$ – предельная несущая способность условной опоры
- $L(I)$ – величина I-го пролета
- $L1$ – расстояние от поверхности земли до дна
- N – количество опор
- yA – ордината опоры относительно земли
- yB – расчетная ордината опоры.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

(продолжение)

3. Условные обозначения для составления исходных данных

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

(продолжение)

1	2	3	4
I	$м^4$	$II(N-1)$	массив моментов инерции сечений
$P_л$	кН	$S(2,T)$	$S(1,T)$ величины горизонтальных сил
i	-	-	$S(2,T)$ номер пролета, к которому приложена сила
$a_т$	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 больверка 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 - $кН/м^2$; углы - град.

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

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

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

5.4. Контрольный пример расчета

Исходные данные

Количество опор N = 54

Количество слоев грунта KG = 5

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

Расчетная ширина сооружения BS = 1.00

Высота сооружения $L1$ = 18.00

Расчетный шаг SH = 0,50

Характеристики грунтов

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

Вертикальная нагрузка QQQ = 0.00

Горизонтальная сила P = 1000.000, Точка приложения: пролет № 12 Расстояние от верхней опоры = 0.3000.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

(продолжение)

Результаты расчета

№ опоры	Отметка от верха сооружения, м	Момент на опоре, кНм	Реакция грунта, кН	Несущая способность грунта, кН	Прогиб, м
1	2	3	4	5	6
1	0.00	0.00	0.65	3.19	0.00416
2	0.50	0.32	5.22	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	283.50	0.00368
14	6.50	375.28	88.35	297.67	0.00337
15	7.00	173.88	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	-289.82	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	106.87	-0.00020
34	21.50	-6.11	-0.16	49.14	-0.00019
35	22.00	-4.98	-0.17	53.64	-0.00017
36	22.50	-3.94	-0.17	58.14	-0.00015
37	23.00	-2.99	-0.16	62.64	-0.00013
38	23.50	-2.12	-0.15	67.14	-0.00011
39	24.00	-1.32	-0.14	71.64	-0.00009
40	24.50	-0.60	-0.60	237.52	-0.00007
41	25.00	-0.17	-0.47	251.70	-0.00005
42	25.50	0.02	-0.32	265.87	-0.00003
43	26.00	0.04	-0.15	280.05	-0.00001
44	26.50	0.00	0.09	457.19	0.00000

ПРИЛОЖЕНИЕ 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

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Обозначения	Идентификатор	Величина
1	Ширина балки	м	B	BS	1
2	Высота сооружения	м	H_A	L1	18
3	Количество опор	ед.	N	N	54
4	Расчетный шаг	м	$\ell_{пр}$	SH	0,5
5	Модуль упругости материала	кПа	E	E	$19,25 \times 10^5$
6	Количество грунтов	ед.	$K_{гр}$	KG	5
7	Количество горизонтальных нагрузок	ед.	T	T	1
8	Величина вертикальной нагрузки	кН/м^2	q	QQQ	0
9	Ординаты слоев грунта	м	H	ZG(KG)	0,0,5.0, 18.0, 21.5, 24.5,
10	Объемная масс	кН/м^3	γ	GM(KG)	18, 10, 10, 10, 10
11	Эмпирический коэффициент	б/р	A	AG(NG)	1,0 1.0 1.0 1.0 1.0
12	Эмпирический показатель степени	б/р	N	KP(KG)	0,0,0,0,0
13	Коэффициент пропорциональности	кН/м^4	K	KP(KG)	5000, 5000, 2000, 500, 2500
14	Угол трения и сцепления	град. кПа	φ, C	FC(2,KG)	30, 30, 26, 12, 30 0.0, 15. 12., 15,
15	Коэффициент горизонтальной составляющей давления	б/р	λ_p, λ_{pc}	LMD(2KG	5.67, 5.67, 4.23, 1.80, 5.67, 0.00, 0.00, 5.79, 2.94, 7.10
16	Моменты инерции сечения	м^4	$\mathcal{J}$	II(N-1)	1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1. 1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1. 1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.
17	Горизонтальная нагрузка	кН/м	$P_A N_{пр}$	S(2,T)	1000, 12
18	Привязка горизонтальной нагрузки	м	a_T	A(T)	0.3

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

(продолжение)

6.2. Пример заполнения исходных данных

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

1-ый набор

количество вариантов
1

2-ой набор

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

3-ий набор

Массив характеристик грунта

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

i - номер слоя грунта

Массив горизонтальных нагрузок

P_{nj}	1000		
N_{np_i}	12,		
$a_{\tau j}$	0.3,		

j - номер нагрузки

Массив моментов инерции

J_K	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,
	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,

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 ЭВМ ТИПА ЕС

Программа 1R15NA 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 верхности скольжения относительно конструкции сооружения.

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

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

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

$n=1,2,3.$

а) $TД=0$ б) $TД=-n$ в) $TД=+n$

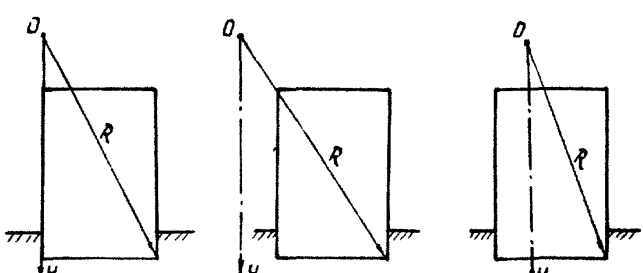
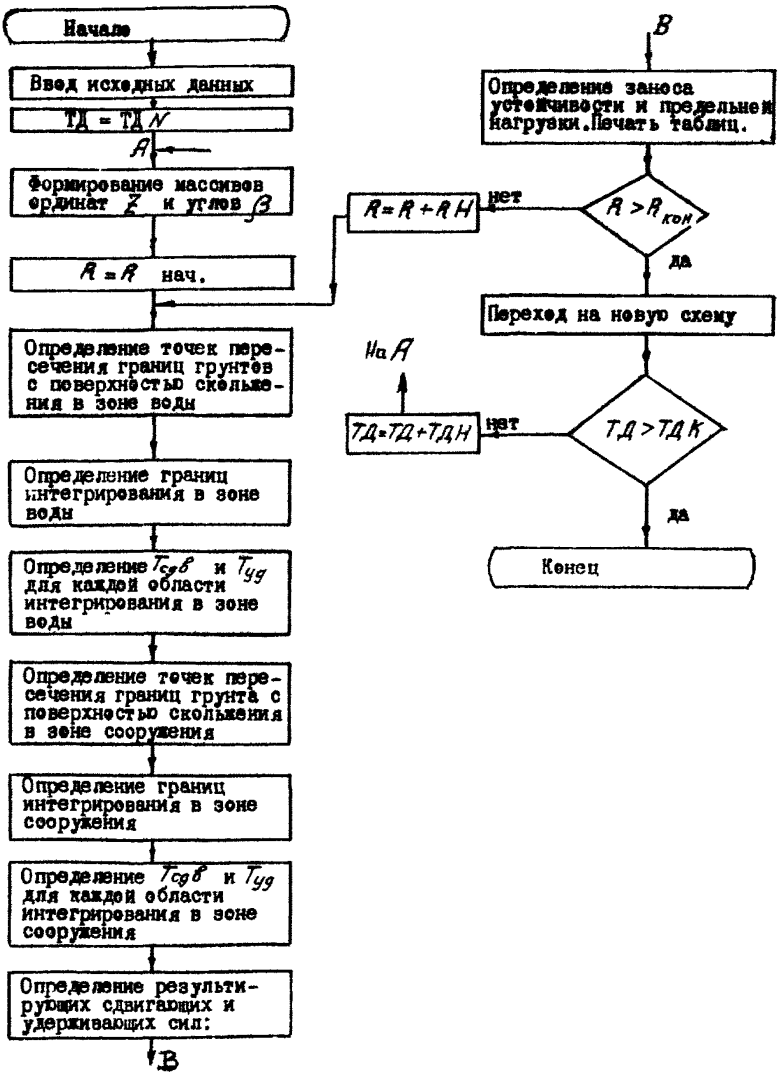


Рис.I. Возможные схемы расчета.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

(продолжение)

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



ПРИЛОЖЕНИЕ 9

(продолжение)

2. Условные обозначения для составления исходных данных

Обозначение	Размерность	Идентификатор	Наименование величин
1	2	3	4
		NMC	Наименование сооружения.
$a_{нач.}$	м	AA	Начальное расстояние от центра поверхности скольжения до верхней отметки сооружения по вертикали.
$a_{кон.}$	м	R2	Конечное расстояние от центра поверхности скольжения до верхней отметки сооружения по вертикали.
RH	м	RH	Шаг изменения длины радиуса.
ТДN	м	ТДN	Начальное расстояние от лицевой стенки сооружения (в сторону приложения нагрузки -) до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
ТДК	м	ТДК	Конечное расстояние от лицевой стенки сооружения до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
ТДН	м	ТДН	Шаг изменения расстояния от лицевой стенки сооружения до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
B	м	КТД	Ширина сооружения (диаметр пала).
H	м	H	Расстояние по вертикали от верхней отметки сооружения до отметки дна. (высота сооружения).
$\mathcal{H}$	м	TD	Глубина погружения сооружения в грунт основания.
γ	кН/м^3	GM	Объемный вес грунта основания
K1	ед	K1	Количество слоев грунта в зоне сооружения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

(продолжение)

1	2	3	4
$K2$	eg	$K2$	Количество слоев грунта в зоне воды.
N	eg	$N1$	Количество ступеней нагрузок.
HP	м	HP	Плечо приложенной горизонтальной нагрузки относительно точки зацепления.
-	-	PRZ	Признак печати: если $PRZ = 1$, то на печать выводятся все промежуточные величины, а именно: $TД, R, Q, T_{cg}, T_{yg}, \alpha_1, \alpha, \Psi, Z_{yg}, Z_{cg}, K, Q_{пр}$ если $PRZ = 2$, то на печать выводятся: $R, TД, K, Q_{пр}$.
		$JJ(K,I)$	Массивы характеристик грунтов основания.
φ_i	град		Угол трения i -того слоя грунта $JJ(1, K1+1) = \phi$; $JJ(2, K2+1) = 0$
C_i	кПа	$S(K,I)$	Величина сцепления i -того слоя грунта $S(1, K1+1) = 0$; $S(2, K2+1) = \phi$;
Z_i	м	$Z1(K,I)$	Ордината точек пересечения верхней границы i -того слоя грунта с вертикалью, проходящей через точку А пала, при $TД = 0$ $Z1(1, K1+1) = 0$; $Z1(2,1) = 0$ Значение Z - выше дна со знаком (+) ниже дна со знаком (-)
β	град	$B(K,I)$	Угол наклона верхней границы i -того слоя грунта к оси X со знаками: (+) - по направлению часовой стрелки, (-) - против направления часовой стрелки.
		$Q(N)$	Массив нагрузок:

ПРИМЕЧАНИЯ: при K=1 - характеристики грунтов, расположенных в зоне сооружения (начинать с верхнего слоя грунта);

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

N - количество ступеней нагрузок;

Верхняя отметка сооружения принята 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.

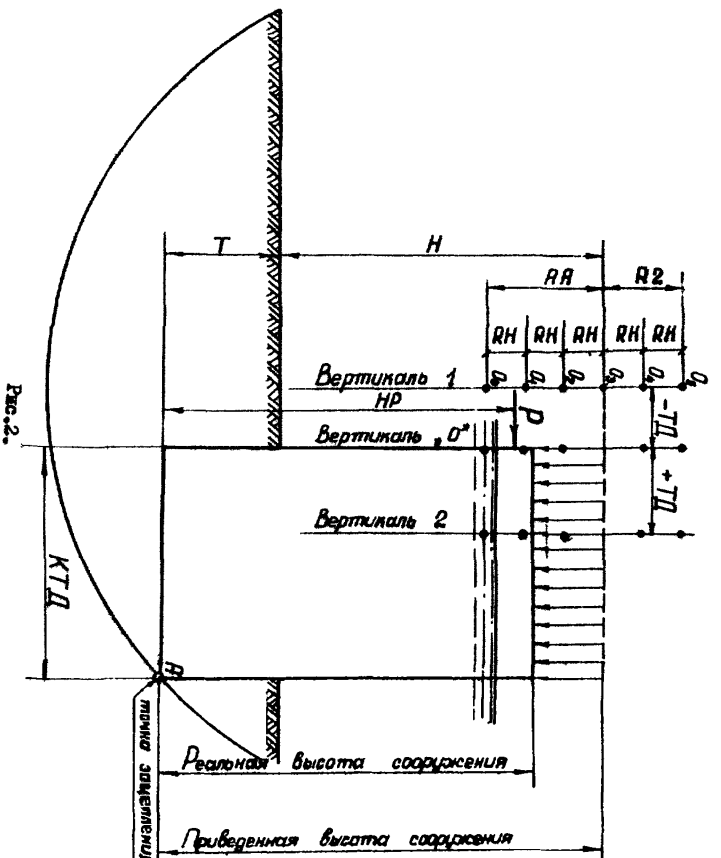


Рис.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
(продолжение)

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
(продолжение)

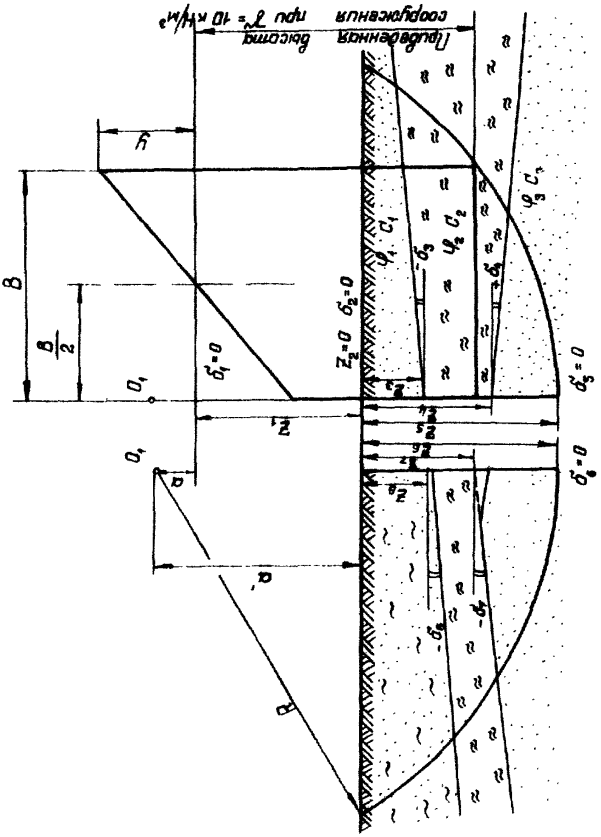


Рис.3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

(продолжение)

4. Пример заполнения исходных данных

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

1 -ый набор

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

2 - ой набор

$\alpha_{нач}$	$\alpha_{кон}$	RH	ТДN	ТДК	ТДН	B	H	t	γ	K1	K2	N	HP	PR7
0,	-30,	-5,	-2,	2,	2,	20,	30,	8,	10,	2,	2,	9,	36,	1

3 - ий набор

ДД(1,1)	ДД(1,2)	ДД(1,3)	ДД(2,1)	ДД(2,2)	ДД(2,3)	S(1,1)	S(1,2)	S(1,3)	S(2,1)	S(2,2)	S(2,3)	Z1(1,1)	Z1(1,2)	Z1(1,3)	Z1(2,1)	Z1(2,2)	Z1(2,3)	B(1,1)	B(1,2)	B(1,3)	B(2,1)
10,	20,	0,	20,	10,	0,	0,	100,	0,	10,	0,	0,	0,	10,2,	0,	0,	10.2,	0,	0,	-155,	0,	0
φ град.						C кПа						Z м						β град.			

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

5. Таблица исходных данных

Сооружение:	Мурманский порт причал 5		
ТДН = -2	ТДК = 2		ТДН = 2
$\alpha_{нач}$ = ф	$\alpha_{кон}$ = -30		АН = 5
Наименование параметра	Идентификатор		Величина
B	КТД	м	20
H	H	м	30
t	ТФ	м	8
γ	GM	кН/м^3	10
K1	K1	ед.	2
K2	K2	ед.	2
N	N1	ед.	9
HP	HP	м	38
PAZ	PAZ	-	1

Массивы		Зоны	1	2	3	4	5	6	7	8	9
JJ(2,max(K1+1;K2+1))	ф град.	зона берега	10	20	0						
		зона воды	20	10	0						
S(2,max(K1+1;K2+1))	C кПа	зона берега	0	10	0						
		зона воды	10	0	0						
Z1(2,max(K1+1;K2+1))	Z м	зона берега	0	10.2	0						
		зона воды	0	10.2	0						
B(2,max(K1+1;K2+1))	β град.	зона берега	0	-155	0						
		зона воды	0	-155	0						
Q(N1)	P кН	теле пирса	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1500

6. Расшифровка результатов расчета

В результате расчета на печать выводится:

если PRZ = 1:

6.1. Наименование сооружения.

6.2. Радиус поверхности скольжения (R).

6.3. Величины нагрузок (Q).

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

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

6.6. Величина угла между равнодействующими удерживающих и сдвигающих сил (А1).

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

6.8. Величина угла, характеризующего изменение равнодействующей сдвигающих сил с увеличением нагрузки от Р1 до Р2 (PS).

6.9. ($ТУД_2$-$ТУД_1$) - увеличение равнодействующей ТУД с увеличением нагрузки от Р1 до Р2 ($ZУД$).

6.10. ($ТСД_2$-$ТСД_1$) - увеличение равнодействующей ТСД с увеличением нагрузки от Р1 до Р2 ($ZСД$).

K - запас устойчивости основания сооружения (К).

$РП$ - предельное значение горизонтальной нагрузки на сооружение.

Если PRZ = 2, то печатается только К и РП.

7. Инструкция оператору

Подготовить пакет, состоящий из:

7.1. Карт управления заданием в соответствии с требованием 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 I R I S H A - 1 разработана для расчета устойчивости нескальных 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, $ТД = 0$ (рис.Iа).

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

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

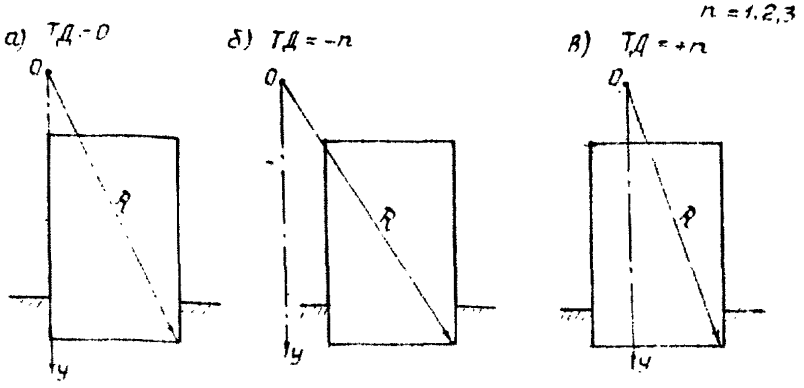
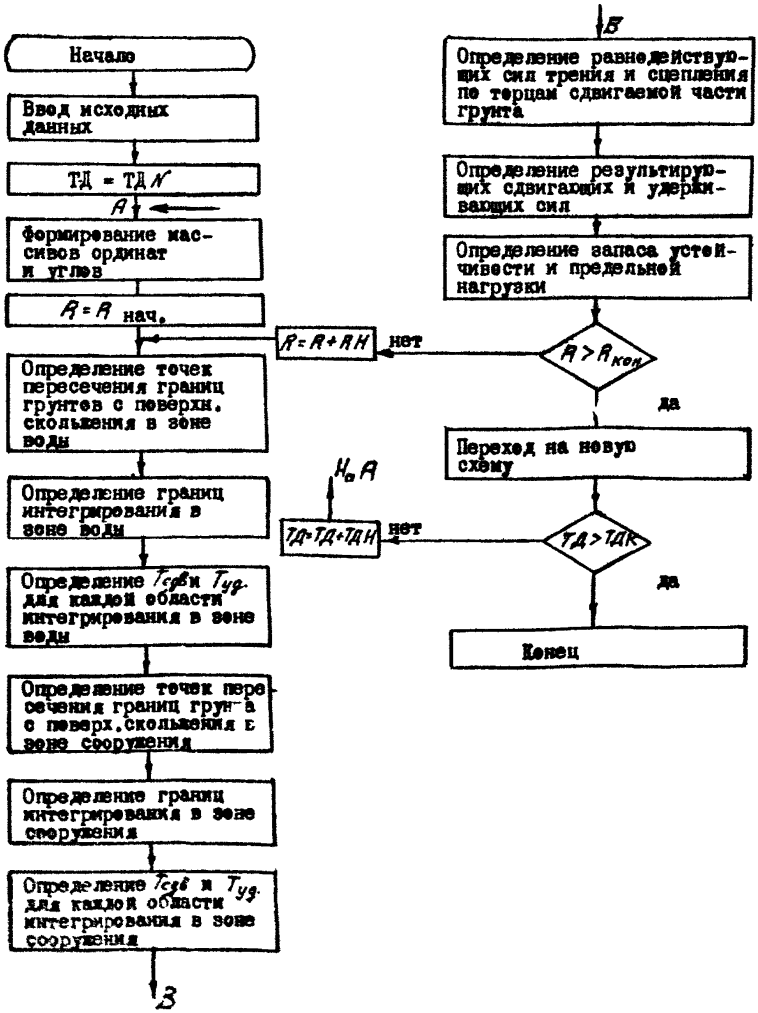


Рис.I. Возможные схемы расчета.

ПРИЛОЖЕНИЕ IO

(продолжение)

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



ПРИЛОЖЕНИЕ 10

(продолжение)

2. Условные обозначения для составления исходных данных

Обозначение	Размерность	Идентификатор	Наименование величин
1	2	3	4
		NMC	Наименование сооружения.
$a_{нач.}$	м	AA	Начальное расстояние от центра поверхности скольжения до верхней отметки сооружения по вертикали.
$a_{кон}$	м	R2	Конечное расстояние от центра поверхности 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 приложения нагрузки $\overline{P}$) до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
TДK	м	TДK	Конечное расстояние от лицевой стенки сооружения до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
TДH	м	TДH	Шаг изменения расстояния от лицевой стенки сооружения до вертикали, проходящей через центр поверхности скольжения.
B	м	KTД	Ширина сооружения (диаметр пала).
H	м	H	Расстояние по вертикали от верхней отметки сооружения до отметки дна. (высота сооружения).
t	м	TO	Глубина погружения сооружения в грунт основания.
γ	кН/м^3	GM	Объемный вес грунта основания
K1	ед	K1	Количество слоев грунта в зоне сооружения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

(продолжение)

1	2	3	4
K2	ед	K2	Количество слоев грунта в зоне воды.
N	ед	N1	Количество ступеней нагрузок.
HP	м	HP	Плечо приложенной горизонтальной нагрузки относительно точки зацепления.
-	-	PAZ	Признак печати: если ПАЗ = 1, то на печать выводятся все промежуточные величины, а именно TД, R, Q, T_{cy}, T_{yy}, d_1, d, Ψ, Z_{yy}, Z_{cy}, K, $Q_{пр}$ если ПАЗ = 2, то на печать выводятся: R, TД, K, $Q_{пр}$
φ_i	град	JJ(K,I)	Массивы характеристик грунтов основания. Угол трения i -того слоя грунта JJ(1, K1+1) = ϕ; JJ(2, K2+1) = 0
C_i	к Па	S(K,I)	Величина сцепления i -того слоя грунта S(1, K1+1) = 0; S(2, K2+1) = ϕ
Z_i	м	Z1(K,I)	Ордината точек пересечения верхней границы i -того слоя грунта с вертикалью, проходящей через точку А пала, при TД = 0 Z1(1, K1+1) = 0; Z1(2,1) = 0 Значение Z - выше дна со знаком (+) ниже дна со знаком (-)
β_i	град	B(K,I)	Угол наклона верхней границы i -того слоя грунта к оси X со знаками (+) - по направлению часовой стрелки, (-) - против направления часовой стрелки.
-	-	TSS(3,M)	Массив характеристик приведенных грунтов
		TSS(1,M)	Ордината точки пересечения верхней границы слоя (M) грунта с линией кордона относительно отметки дна.
		TSS(2,M)	Величина угла трения M^{20} слоя грунта.
		TSS(3,M)	Величина сцепления M^{20} слоя грунта.
		G(N1)	Массив нагрузок

ПРИМЕЧАНИЯ: при K=1 - характеристики грунтов расположенных в зоне сооружения (начинать с верхнего слоя грунта);

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

M - количество приведенных слоев грунта;

$N1$ - 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.

H
AA
R2
RH
RH
RH
RH
RH
Вертикаль 1
Q0
Q1
Q2
Q3
Q4
Q5
HP
Вертикаль „0"
R
-ТД
+ТД
Вертикаль 2
КТД
A
точка зацепления
Реальная высота сооружения
Приведенная высота сооружения

Рис.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10
(продолжение)

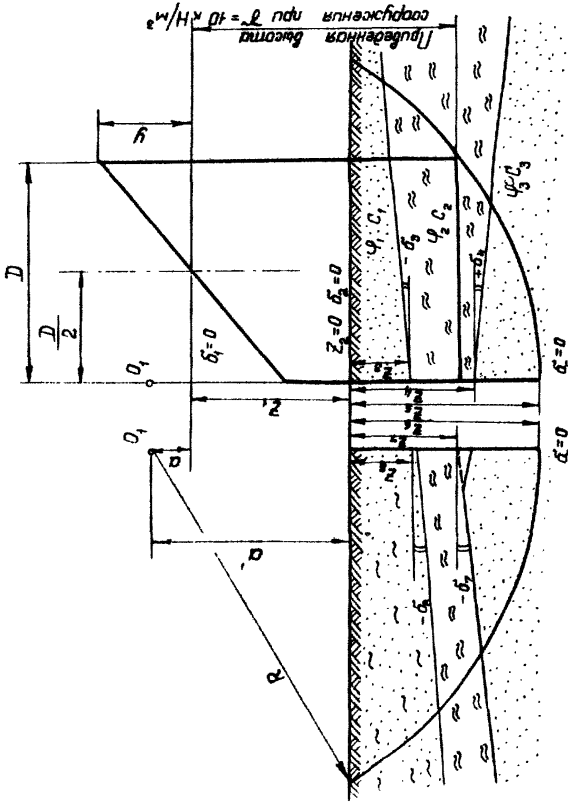


Рис.3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

(продолжение)

4. Пример заполнения исходных данных

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

1 -ый набор

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

2-ой набор

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

3-ий набор

DX(1)	DZ(1,2)	DZ(1,3)	DX(2,1)	DZ(2,2)	DZ(2,3)	S(1,1)	S(1,2)	S(1,3)	S(2,1)	S(2,2)	S(2,3)	Z1(1,1)	Z1(1,2)	Z1(1,3)	Z1(2,1)	Z1(2,2)	Z1(2,3)	B(1,1)	B(1,2)	B(1,3)	B(2,1)
10,	20,	0	20,	10,	0,	0,	10,	0,	10,	0,	0,	0,	10,2,	0,	0,	10.2,	0,	0,	-15.5,	0,	0
φ град.						C к Па						Z м						β град.			

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

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

5. Таблица исходных данных

Сооружение: Мурманский порт, причал 5			
$TДN = -2$	$TДK = 2$		$TДH = 2$
$\alpha_{нач} = \phi$	$\alpha_{кон} = -30$		$RH = -5$
Наименование параметра	Идентификатор		Величина
B	$KTД$	м	20
H	H	м	30
t	$T\phi$	м	8
γ	GM	кН/м^3	10
$K1$	$K1$	ед.	2
$K2$	$K2$	ед.	2
N	$N1$	ед.	9
M	$N5$	ед.	2
HP	HP	м	38
PRZ	PRZ	-	1

Массивы		Зон:	I	2	3	4	5	6	7
$JJ(2,max\{K1+1uK2+1\})$ φ град.		зона берега	10	20	0				
		зона воды	20	10	0				
$S(2,max\{K1+1uK2+1\})$ C к Па		зона берега	0	I0	0				
		зона воды	I0	0	0				
$Z1(2,max\{K1+1uK2+1\})$ Z м		зона берега	0	102	0				
		зона воды	0	102	0				
$B(2,max\{K1+1uK2+1\})$ β град.		зона берега	0	-155	0				
		зона воды	0	-155	0				
$T^*S(3,M)$	Z	$TSS(1,M)$	0	165					
	φ	$TSS(2,N)$	20	10					
	C	$TSS(3,M)$	0	I0					
$Q(N)$	P	тело пала	0	200	400	600	800	I000	I200
		I400, I500							

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

(продолжение)

6. Расшифровка результатов расчета

В результате расчета на печать выводится:

если PRZ = 1:

6.1. Наименование сооружения.

6.2. Радиус поверхности скольжения (R).

6.3. Величины нагрузок (Q).

6.4. Величина равнодействующей сдвигающих сил (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 (AI).

6.7. Величина, характеризующая увеличение равнодействующей сдвигающих сил, вызванное увеличением временной нагрузки от Q_1 до Q_2 (LP).

6.8. Величина угла, характеризующего изменение равнодействующей сдвигающих сил с увеличением нагрузки от P1 до P2 (PS).

6.9. ($ТУД_2$ - $ТУД_1$) - увеличение равнодействующей ТУД с увеличением нагрузки от P1 до P2 ($^{Z}УД$).

6.10. ($ТСД_2$ - $ТСД_1$) - увеличение равнодействующей ТСД с увеличением нагрузки от P1 до P2 ($^{Z}СД$).

K - запас устойчивости основания сооружения (K).

РП - предельное значение горизонтальной нагрузки на сооружение.

Если PRZ = 2, то печатается только K и РП.

7. Инструкция оператору

Подготовить пакет, состоящий из:

7.1. Карт управления заданием в соответствии с требованием языка управления заданиями ОСЭС (д 51.804.001.Д2).

7.2. Текста программы.

7.3. Исходных данных.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11
(справочное)

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 ~ $9{,}8 \cdot 10^3$ Н ~ 10 кН 10 мН
Линейная нагрузка	килограмм-сила на метр	кгс/м	ньютон на метр	Н/м	1 кгс/м ~ 10 Н/м
Поверхностная нагрузка	килограмм-сила на квадратный метр	$кгс/м^2$	ньютон на квадратный метр	$Н/м^2$	1 $кгс/м^2$ ~ 10 $Н/м^2$
Давление	килограмм-сила на квадратный сантиметр миллиметр водяного столба миллиметр ртутного столба	$кгс/см^2$ мм вод. ст. мм рт.ст.	паскаль	Па	1 $кгс/см^2$ ~ $9{,}8 \cdot 10^4$ Па ~ 10^5 Па ~ 0,1 МПа 1 мм вод.ст. ~ 9,8 Па ~10 Па 1 мм рт.ст. ~ 133,3 Па
Механическое напряжение Модуль продольной упругости; модуль сдвига; модуль объемного сжатия	килограмм-сила на квадратный миллиметр килограмм-сила на квадратный сантиметр	$кгс/мм^2$ $кгс/см^2$	паскаль	Па	1 $кгс/мм^2$ ~ $9{,}8 \cdot 10^6$ Па ~10^7 Па ~10 МПа 1 $кгс/см^2$ ~ $9{,}8 \cdot 10^4$ Па 10^5 Па ~ 0,1 МПа
Момент силы; момент пары сил	килограмм-сила-метр	кгс.м	ньютон-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 Минморфлот	Указания по расчету общей устойчивости портовых причальных сооружений по методу разрушающих усилий.
ВСН 3-80 Минморфлот	Инструкция по проектированию морских причальных сооружений.
ВНТП 01-78 Минморфлот	Нормы технологического проектирования морских портов.
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 больверков с учетом перемещений и деформаций элементов.
ВСН 6/116-74 Минморфлот, Минтрансстрой	Указания по обеспечению долговечности бетонных и железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	I
2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОМПОНОВКЕ СООРУЖЕНИЙ	5
3. УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАГРУЗОК НА СООРУЖЕНИЕ	8
3.I. Указания по определению давления грунта на сооружения	8
3.2. Указания по определению ледовых нагрузок на сооружения	I9
4. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ СООРУЖЕНИЙ	I8
5. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ . . .	2I
5.I. Указания по назначению основных размеров сооружения и определения нагрузок	2I
5.2. Указания по расчету устойчивости узких засыпных пирсов	22
5.3. Общие указания по расчету элементов конструкции	26
6. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ЗАСЫПНЫХ ПАЛОВ	29
6.I. 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 шунтовых ограждений	33
6.4. Указания по проверке устойчивости грунта основания перед палом и определению смещений верхней части пала	35
7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ	38
ПРИЛОЖЕНИЕ I. Расчет устойчивости оснований узких засыпных пирсов и палов по глубинному сдвигу	42

Стр.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Расчет устойчивости оснований узких засыпных пирсов и палов по плоским поверхностям скольжения 5I

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Значения дополнительных коэффициентов условий работы (рекомендуемое) 6I

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Рекомендуемые схемы компоновки сооружений (рекомендуемое) 62

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Коэффициенты λ_e равнодействующих удерживающих сил T'_{iq} 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) II0

ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Программа расчета устойчивости оснований узких засыпных пирсов по глубинному сдвигу на ЭВМ (справочное) I23

ПРИЛОЖЕНИЕ I0. Программа расчета устойчивости оснований засыпных палов по глубинному сдвигу на ЭВМ (справочное) I33

ПРИЛОЖЕНИЕ II. Таблица физических величин I43

ПРИЛОЖЕНИЕ I2. Перечень заимствованных нормативно-технических документов (справочное) I44

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

РД.31.31.23-81

ЦЕНТРАЛЬНОЕ РЕКЛАМНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ АГЕНТСТВО
(ЦРИА "МОРФЛОТ")

Редактор Г.Г.Тимофеева

Подписано в печать 26.10.81. Формат 60x84/16. Печать офсетная. Усл.печ.л.8,71.
Уч.-изд.л. 4,96. Печ.л. 9,37. Тираж 330. Заказ 905. Бесплатно

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

gost.e-ecolog.ru