

**МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА**

**РУКОВОДСТВО  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ  
ГЛУБОКОВОДНЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ УГОЛКОВОГО ТИПА**

**РД 31.31.04—79**

**МОСКВА • ЦРИА «МОРФЛОТ»  
1981**

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА

РУКОВОДСТВО  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ  
ГЛУБОКОВОДНЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ УГОЛКОВОГО ТИПА

РД 31.31.04—79

**РАЗРАБОТАН** Одесским филиалом Черноморниипроект Государственного проектно-изыскательского и научно-исследовательского института морского транспорта (Союзморниипроект)

**Зам. директора по научной работе канд. техн. наук В. С. Зеленский**

**Руководитель разработки А. П. Черепяхин**

**Исполнитель А. А. Лифар**

**Одесским институтом инженеров морского флота (ОИИМФ)**

**Проректор по научной работе канд. техн. наук П. С. Никеров**

**Исполнитель канд. техн. наук П. И. Яковлев**

**УТВЕРЖДЕН** и введен в действие с 1 ноября 1979 г. приказом директора Государственного проектно-изыскательского и научно-исследовательского института морского транспорта (Союзморниипроект) от 14 февраля 1979 г. № 23.

**Руководство по проектированию глубоководных причальных сооружений уголкового типа.** РД 31.31.04—79. М., ЦРИА «Морфлот», 1981. 44 с.

Приказом Союзморпроект  
от 14 февраля 1979 г. № 23  
срок введения в действие  
установлен с 1 ноября 1979 г.

Настоящий руководящий нормативный документ (РД) распространяется на проектирование глубоководных причальных сооружений уголкового типа с внешней анкерровкой, лицевая стенка которых опирается и анкеруется за верх ребер (контрфорсов) фундаментной плиты, возводимых укрупненными блоками или монтируемых из элементов по месту строительства в морских портах и на судоремонтных заводах и относящихся в соответствии с главой СНиП по проектированию морских гидротехнических сооружений к сооружениям I и II классов.

Основные положения РД могут быть использованы при проектировании причальных сооружений III и IV классов.

Основным условием применения глубоководной конструкции на бережной уголкового типа является наличие скальных, плотных и средней плотности грунтов или слабых, но специально закрепленных для восприятия расчетных нагрузок, передаваемых сооружением на основание.

Требования РД не распространяются на причальные сооружения, возводимые в сейсмических районах (с сейсмичностью свыше 7 баллов), в зонах вечной мерзлоты, на просадочных и слабых (илы, рыхлые пески и т. п.) грунтах, а также на территориях, подверженных оползням и карстам.

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1.1. Конструкция глубоководного причального сооружения уголкового типа с внешней анкерровкой (рис. 1) состоит из лицевой стенки 1, опертой на ребра 5 фундаментной плиты 6 и анкеруемой с помощью анкерных связей 7, элементов внешнего анкерующего устройства (анкерных тяг 3 и анкерующей стенки 4 из плит) и верхнего строения 2. Фундаментный блок, образуемый фундаментной плитой и ребрами (контрфорсами), устанавливается на каменную постель, подстилаемую щебеночным контрфильтром. До установки и включения в работу внешнего анкерующего устройства устойчивость лицевой стенки обеспечивается с помощью монтажного приспособления (рис. 2,а) — в случае монтажа элементов по месту строительства или с помощью стопорного устройства (рис. 2,б) — при возведении сооружения укрупненными блоками. Конструкция сооружения предназначена для строительства на закрытых акваториях.

1.2. Засыпка пазухи причального сооружения уголкового типа

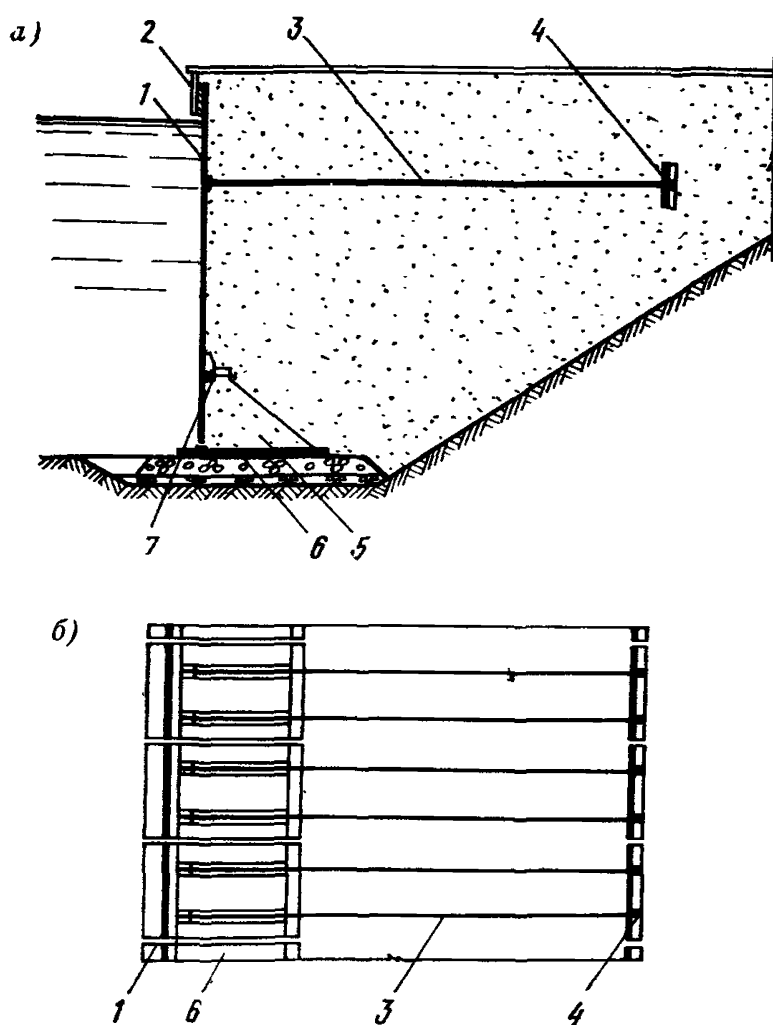


Рис. 1. Схема глубоководного причального сооружения углового типа с внешней анкерровкой:  
а — поперечный разрез; б — план

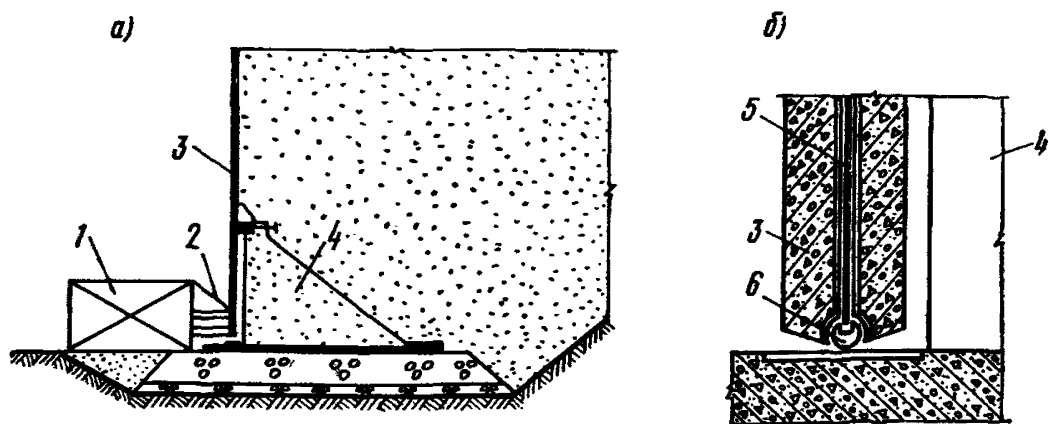


Рис. 2. Схемы монтажных опор лицевой стенки:  
а — с использованием бетонного массива; б — с использованием стопора:  
1 — бетонный массив; 2 — упорный элемент; 3 — лицевая панель; 4 — фунда-  
ментная плита с контрфорсом; 5 — стопор; 6 — каток

с внешней анкерровкой должна выполняться в три стадии (рис. 3). На первой стадии засыпки стенка работает на двух нижних опорах. После первой стадии выполняется монтаж внешнего анкерующего устройства, а после второй стадии засыпки исключается из работы монтажная связь. Третья стадия засыпки соответствует проектной отметке территории причала.

1.3. Основные строительные материалы причального сооружения углового типа с внешней анкерровкой должны удовлетворять требованиям действующих ведомственных нормативных документов. Выбор конструкции стенки должен осуществляться с учетом конкретных условий строительства и возможностей строительной организации на основании сопоставления технико-экономических показателей вариантов.

1.4. Целесообразность возведения глубоководного причального сооружения углового типа с внешней анкерровкой устанавливается путем технико-экономического сравнения вариантов конструкций, применяемых в заданных условиях строительства.

1.5. Проект причального сооружения должен разрабатываться на основании исходных данных, определяемых технологической частью проекта, естественными условиями участка строительства, а также условиями производства строительно-монтажных работ. Состав необходимых исходных данных определяется действующими ведомственными нормативными документами.

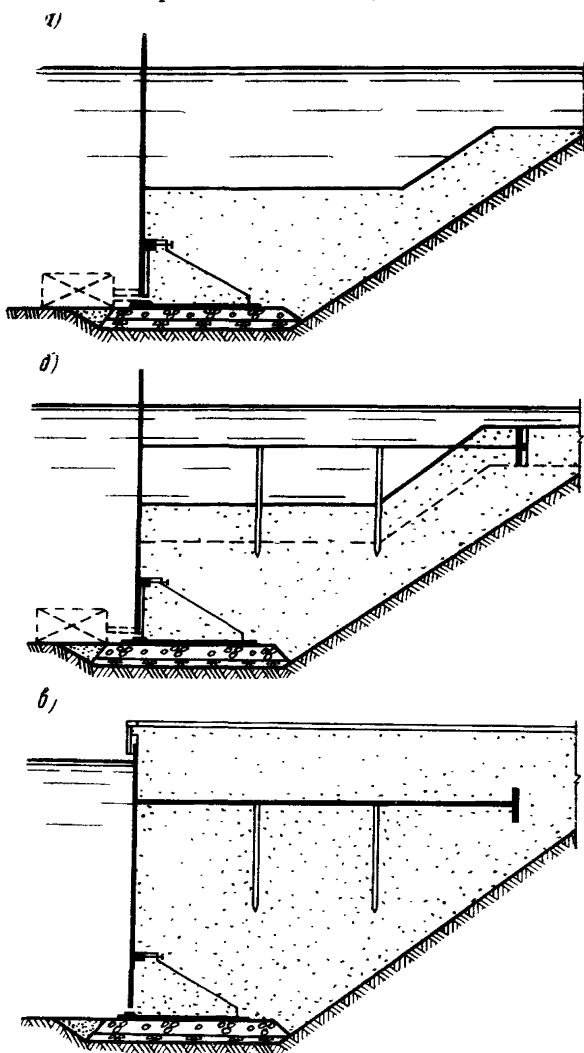


Рис. 3. Стадии образования засыпки:  
а — первая; б — вторая; в — третья

## 2. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ

### 2.1. Общие положения

2.1.1. Расчет глубоководного причального сооружения уголкового типа с внешней анкерровкой следует выполнять по методу предельных состояний в соответствии с требованиями главы СНиП на проектирование морских гидротехнических сооружений.

2.1.2. При проектировании сооружения должны быть выполнены следующие расчеты:

*по первой группе предельных состояний:*

несущей способности — прочности конструктивных элементов — в соответствии с требованиями действующих ведомственных нормативных документов, глав СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений и по проектированию стальных конструкций, а также настоящего РД;

устойчивости по схеме плоского сдвига — в соответствии с требованиями действующих ведомственных нормативных документов и главы СНиП по проектированию оснований гидротехнических сооружений и настоящего РД;

общей устойчивости анкерующего массива грунта — в соответствии с требованиями настоящего РД;

общей устойчивости сооружений — в соответствии с действующими ведомственными нормативными документами и настоящим РД;

на температурно-влажностные воздействия — в соответствии с главой СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений;

на выносливость по многократно-повторным загрузкам — в соответствии с главой СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений;

*по второй группе предельных состояний:*

осадок, горизонтальных перемещений и углов поворота — в соответствии с главами СНиП по проектированию оснований гидротехнических сооружений и по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений;

образования и раскрытия трещин железобетонных конструкций — в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений.

2.1.3. Расчет основных элементов конструкции производится на действие нагрузок, возникающих в периоды строительства и эксплуатации сооружения и определяемых в соответствии с настоящим РД.

2.1.4. Расчетные коэффициенты следует принимать в соответствии с Инструкцией по проектированию морских причальных сооружений.

**Примечание.** Приведенные в приложении I к настоящему РД значения обобщенных расчетных коэффициентов получены на основании расчетных коэффициентов, определяемых Инструкцией по проектированию морских при-

чальных сооружений, и введены для удобства использования программ автоматизированного расчета.

## **2.2. Нагрузки и воздействия**

2.2.1. Нагрузки и воздействия следует принимать в соответствии с требованиями глав СНиП на нагрузки и воздействия, на нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) и на проектирование морских гидротехнических сооружений.

2.2.2. Нагрузки от ветрового навала и удара судна в расчете сооружения не учитываются, но подлежат учету при расчете прочности надстройки и отбойных устройств. В случаях, когда удельная величина нагрузки от навала или удара судна превышает 0,75 величины анкерной реакции на метр сооружения, необходимо произвести поверочный расчет лицевой стенки. Дополнительный расчет причального сооружения на нагрузки от судов выполняется в соответствии с указаниями действующих ведомственных нормативных документов.

2.2.3. Горизонтальная составляющая швартовного усилия распределяется по длине сооружения, равной длине панелей, омолоченных с тумбовым массивом. Распределение швартовного усилия оголовком на другие элементы сооружения должно быть обосновано расчетом.

2.2.4. Величина и характер воздействия крановой нагрузки определяются в соответствии с требованиями Норм технологического проектирования морских портов.

2.2.5. Величина и распределение эпюры волнового воздействия определяются в соответствии с требованиями главы СНиП на нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) для строительного и эксплуатационного периодов.

## **2.3. Расчет усилий в элементах лицевой стенки**

2.3.1. Расчет лицевой стенки должен выполняться в вертикальном и горизонтальном направлениях. В вертикальном направлении стенка рассчитывается как балка на двух (трех) опорах. Расчетная схема стенки в горизонтальном направлении должна приниматься в зависимости от конструкции ее элементов:

лицевая стенка (в случае сплошных, в том числе плоских и ребристых, панелей) — плита, опертая в четырех точках;

распределительный пояс (в случае составных панелей в виде наборов из железобетонного и металлического шпунта, свай, труб, двутавров и т. п.) — двухконсольная балка на двух опорах.

Примечание. Приведенные в РД рекомендации по расчету лицевых стенок из составных панелей относятся к панелям в виде набора из металлического шпунта.



2.3.2. Расчет активного давления грунта на лицевую стенку должен выполняться в соответствии с требованиями приложения 3 главы СНиП по проектированию подпорных стен, судоводных шлюзов, рыбопропускных и рыбозащитных сооружений. Угол поверхности трения материала засыпки по контакту с расчетной плоскостью восприятия давления принимается равным:

0,5 $\phi$  — для лицевой стенки;

0,333 $\phi$  — для анкерной плиты,

где  $\phi$  — угол внутреннего трения грунта засыпки.

Примечание. За расчетную плоскость восприятия давления принимается:

средняя плоскость стенки — для лицевой стенки из составных панелей в виде набора из металлического шпунта;

тыловая плоскость панели — для лицевой стенки из сплошных железобетонных панелей в случае расположения центра тяжести сечения в полке;

плоскость, проходящая через центр тяжести таврового сечения, — для лицевой стенки из сплошных железобетонных панелей в случае расположения центра тяжести сечения в ребре лицевой панели.

2.3.3. Расчет в горизонтальном направлении выполняется на полное давление грунта и действие временной нагрузки.

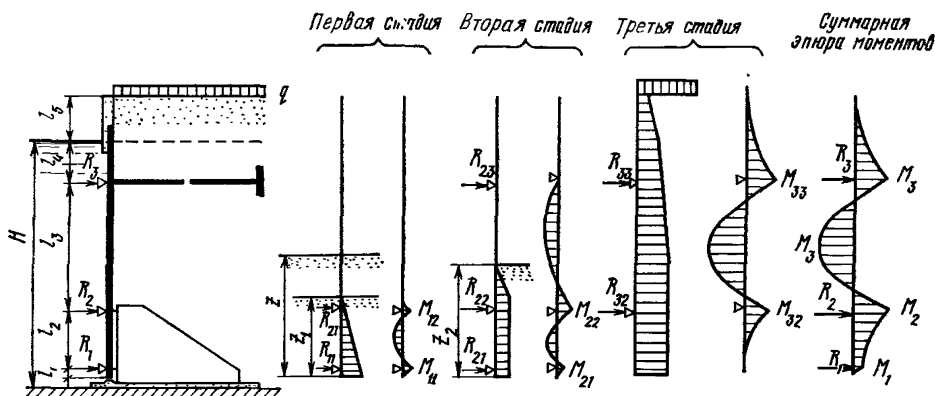


Рис. 4. Схемы к расчету усилий в лицевой стенке

2.3.4. Расчет усилий в вертикальном направлении должен выполняться для трех стадий засыпки (рис. 4):

первой — промежуточной, предшествующей включению в работу внешнего анкерующего устройства, но обеспечивающей достижение максимального усилия в монтажных связях (при условии обеспечения расчетных коэффициентов метода расчета по предельным состояниям);

второй — промежуточной, соответствующей достижению в монтажной связи предельного усилия и включению в работу внешнего анкерующего устройства;

третьей — завершающей, соответствующей полной высоте засыпки.

Примечание. Действие временной нагрузки необходимо учитывать на завершающей стадии.

2.3.5. Высота слоя грунта  $z_1$ , соответствующая первой стадии засыпки, определяется из условия прочности монтажной связи (устойчивости монтажного массива) с учетом коэффициента  $k_m$  монтажной связи (опоры) решением уравнения

$$z_1^3 - 3z_1^2(l_1 + l_2) + \frac{6R_{11}l_2}{\gamma_2\lambda_a} = 0, \quad (1)$$

где

$$l_1 + l_2 < z_1 < 2(l_1 + l_2);$$

$$R_{11} = \frac{2}{3} \gamma_2 \lambda_a \frac{(l_1 + l_2)^3}{k_m l_2}.$$

Примечание. Коэффициент для расчета устойчивости  $k_m$  монтажного массива следует принимать равным коэффициенту для расчета прочности монтажной связи по приложению 1.

2.3.6. Усилия на средней опоре, опорные и пролетные моменты на первой стадии засыпки определяются расчетом однопролетной балки с консолями, загруженной активным давлением грунта, отсыпанного на высоту  $z_1$ .

2.3.7. Высота грунта  $z_2$ , соответствующая второй стадии засыпки, определяется уравнением

$$\left\{ \left\{ 0,5(z_2^2 - z_1^2) - \frac{\psi}{l_2 + l_3} - \frac{1}{40l_2^2(l_2 + l_3)} \left\{ 20[(l_2 + l_3)^2 - l_3^2] \psi + \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + (z_1 - l_1)^5 - (z_2 - l_2)^5 + \frac{(l_2 + l_3)}{l_3} [(z_2 - l_1 - l_2)^5 - (z_1 - l_1 - l_2)^5] \right\} \right\} \right\} \times \\ \times \gamma_2 \lambda_a - R_{11}(k_m - 1) = 0, \quad (2)$$

где

$$\psi = (z_2 - z_1) \left[ z_1(0,5z_1 - l_1) + 0,5(z_2 - z_1) \left( \frac{z_2 + 2z_1}{3} - l_1 \right) \right].$$

2.3.8. Расчет усилий в элементах лицевой стенки, соответствующих второй стадии засыпки, выполняется по расчетной схеме двухпролетной неразрезной балки с двумя консолями. При этом из общей эпюры активного давления грунта должна вычитаться часть давления, воспринятая стенкой на первой стадии засыпки.

2.3.9. Расчет усилий в элементах лицевой стенки, соответствующих третьей стадии засыпки, производится путем расчета однопролетной балки (верхняя и средняя опоры) с двумя консолями. При этом из общей эпюры активного давления вычитается часть давления, воспринятая стенкой на первых двух стадиях засыпки.

2.3.10. Временная нагрузка должна располагаться в соответствии с требованиями Инструкции по проектированию морских причальных сооружений от линии кордона или линии возможного нагружения по технологическим условиям работы перегрузочных механизмов.

2.3.11. Расчетные значения опорных усилий и опорных и пролетных моментов должны определяться суммированием соответствующих величин по всем трем стадиям засыпки:

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= R_{11} + R_{21} + R_{31}; \\ R_2 &= R_{12} + R_{22} + R_{32}; \\ R_3 &= R_{13} + R_{23} + R_{33}; \\ M_1 &= M_{11} + M_{21} + M_{31}; \\ M_2 &= M_{12} + M_{22} + M_{32}; \\ M_3 &= M_{13} + M_{23} + M_{33}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

2.3.12. Нижняя опора должна располагаться на расстоянии 0,2—0,5 м от низа лицевой стенки.

2.3.13. Положение верхней опоры предварительно назначается равным  $l_3 = 0,3H$ , где  $H$  — глубина у причала, но не более величины, определяемой требованием, чтобы момент на этой опоре не превышал максимального расчетного значения. Величина максимального расчетного значения изгибающего момента должна определяться из расчета стенки как двухопорной балки, подверженной действию активного давления грунта. Пролет балки должен приниматься равным полной высоте стенки.

2.3.14. Оптимальное положение средней опоры соответствует условию равенства расчетных опорных и максимальных пролетных моментов.

2.3.15. Расчет усилий в элементах лицевой стенки с определением оптимального положения опор рекомендуется выполнять с использованием ЭВМ по программе «Ралис» (приложение 2).

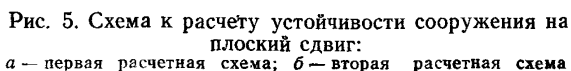
**Примечание.** Для сокращения времени расчета поиск оптимального положения опор в программе «Ралис» выполняется исходя из условия равенства расчетного пролетного момента и момента на средней опоре.

2.3.16. Жесткость лицевой стенки рекомендуется учитывать путем расчета ее как балки на упругом основании, загруженной расчетными значениями опорных усилий. Величина коэффициента постели принимается на основании опытных данных или определяется аналитическим методом (приложение 5).

## 2.4. Расчет устойчивости на плоский сдвиг и определение напряжений в основании сооружения

2.4.1. Расчет устойчивости сооружения на плоский сдвиг и определение напряжений в его основании должны производиться применительно к двум расчетным случаям: при высоте слоя грунта, соответствующей первой стадии (рис. 5,а), и при полной высоте засыпки и действии временной нагрузки, соответствующей третьей стадии (рис. 5,б).

2.4.2. Величины опорных реакций в лицевой стенке необходимо принимать согласно расчетам усилий в элементах лицевой стенки.



2.4.4. Величины вертикальных и горизонтальных составляющих давления грунта на основание сооружения должны определяться

в соответствии с указаниями Инструкции по проектированию морских причальных сооружений.

2.4.5. Оценку устойчивости сооружения следует производить по указаниям главы СНиП на проектирование оснований гидротехнических сооружений.

2.4.6. Расчет устойчивости сооружения на плоский сдвиг, соответствующий первой расчетной схеме (см. рис. 5,а), должен выполняться на воздействие давления грунта при высоте засыпки  $z_1$ , определяемой по п. 2.3.5. Допускается давление грунта определять методом теории предельного равновесия (приложение 7).

2.4.7. Расчет устойчивости сооружения на плоский сдвиг, соответствующий второй расчетной схеме (см. рис. 5,б), необходимо выполнять на воздействие давления грунта при полной высоте засыпки и временную нагрузку, расположенную над всей призмой обрушения засыпки.

2.4.8. Напряжения в основании причального сооружения следует определять в соответствии с требованиями СНиП на проектирование оснований гидротехнических сооружений.

2.4.9. Максимальные краевые напряжения не должны превышать нормативного давления на каменную постель, а минимальные — должны быть не меньше нуля. Нормативное давление на каменную постель определяется в зависимости от марочной прочности камня с учетом его водонасыщенности по СНиП на проектирование оснований зданий и сооружений.

2.4.10. Определение напряжений в основании сооружения первой расчетной схемы (см. рис. 5,а) следует выполнять на воздействие грунта засыпки высотой  $z_1$  и веса элементов сооружения.

2.4.11. Определение напряжений в основании сооружения, соответствующих второй расчетной схеме (см. рис. 5,б), следует выполнять от воздействия грунтового давления при полной высоте засыпки и веса элементов сооружения в соответствии с требованиями действующих ведомственных нормативных документов.

2.4.12. Величина удерживающего момента относительно переднего ребра вращения, соответствующего второй расчетной схеме (см. рис. 5,б), должна определяться с учетом момента от усилий на нижней и средней опорах лицевой стенки. При этом момент от активного давления грунта должен учитываться на участке стенки от нижней грани лицевой панели до подошвы фундаментной плиты.

2.4.13. За оптимальную ширину фундаментной плиты следует принимать такую ширину, при которой обеспечивается устойчивость сооружения на плоский сдвиг в соответствии с требованиями главы СНиП на проектирование оснований гидротехнических сооружений. При этом минимальные напряжения под подошвой сооружения должны быть не меньше нуля, а максимальные — не превышать расчетного сопротивления каменной постели.

2.4.14. Расчет оптимальной ширины фундаментного блока рекомендуется выполнять с использованием ЭВМ по программе «Сдвиг» (приложение 3).

2.4.15. Расчет прочности ребра (контрфорса) фундаментного блока производится по расчетной схеме консольной балки переменного сечения на действие силы, равной величине реакции на средней опоре, отнесенной к ширине лицевой стенки, соответствующей расстоянию между ребрами (контрфорсами).

2.4.16. Расчет фундаментной плиты должен производиться с учетом неполноты контакта поверхности плиты с постелью на суммарную нагрузку от реактивного давления постели снизу и от пригрузки сверху от веса сооружения, веса грунта засыпки и временной нагрузки.

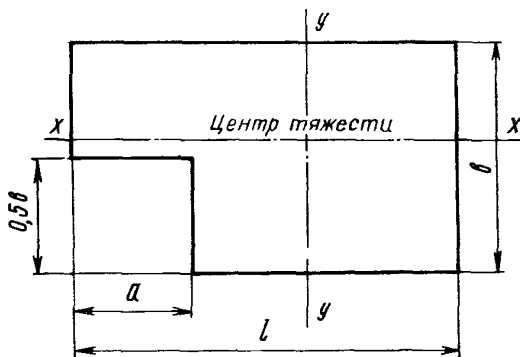


Рис. 6. Схема к учету неполноты контакта

2.4.17. Неполнота контакта должна учитываться исключением из расчета площади фундаментной плиты в размере квадрата  $0,5b \times a$ , как показано на рис. 6. В этом случае краевые нормальные контактные напряжения должны определяться по формуле

$$\sigma_{\max}^{\min} = \frac{q}{F} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y}, \quad (4)$$

где  $q$  — сумма вертикальных сил, действующих на основание сооружения;

$F$  — площадь фундаментной плиты с учетом неполноты контакта;

$M_x$  и  $M_y$  — моменты от вертикальной составляющей равнодействующей всех нормативных нагрузок относительно соответствующих осей, проходящих через центр тяжести фундаментной плиты, с учетом неполноты контакта;

$W_x$  и  $W_y$  — моменты сопротивления площади фундаментной плиты с учетом неполноты контакта относительно соответствующих осей.

2.4.18. Передний выступ фундаментной плиты необходимо считать как консольную балку, а тыловую часть фундаментной плиты — как балку на двух опорах с консолями. При этом необходимо выделять сечение плиты шириной 1 м и загружать нагрузкой, равной интенсивности по суммарной эпюре давления (рис. 7).

2.4.19. Толщина  $h_n$  каменной постели определяется по формуле

$$h_n \geq \frac{2R_{гр}^H - \gamma_k b}{4\gamma_k} - \sqrt{\left(\frac{2R_{гр}^H - \gamma_k b}{4\gamma_k}\right)^2 - \frac{b(\sigma_{\max}^H - R_{гр}^H)}{2\gamma_k}},$$

где  $h_n$  — толщина каменной постели;

$R_{гр}^н$  — нормативное сопротивление грунта основания, принимаемое по данным инженерно-геологических изысканий или по СНиП на проектирование оснований зданий и сооружений;

$\gamma_k$  — объемный вес камня;

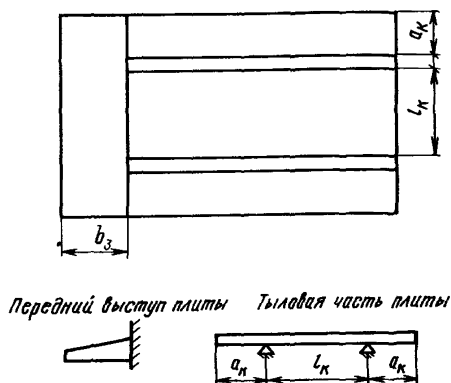


Рис. 7. Схемы к расчету переднего выступа и тыловой части фундаментной плиты

$b$  — ширина блока;

$\sigma_{\max}^к$  — максимальное краевое напряжение в каменной постели на контакте с основанием сооружения.

## 2.5. Расчет устойчивости анкерующего массива грунта

2.5.1. Расстояние от линии кордона до анкерной опоры из плит (рис. 8) определяется зависимостью

$$L = B + H_c \operatorname{tg} \beta + t \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right), \quad (5)$$

где  $B$  — ширина фундаментной плиты (без учета передней консоли);

$H_c$  — разность отметок кордона и низа лицевой стенки плиты;

$t$  — разность отметок кордона и низа анкерной опоры;

$\beta$  — угол наклона к вертикали тыловой плоскости обрушения, полученный на основании расчета сооружения на плоский сдвиг;

$\varphi$  — угол внутреннего трения грунта засыпки.

2.5.2. В случае, когда по общим компоновочным требованиям (стесненность территории, расположение складских площадей и пр.) допустимо уменьшить расстояние  $L$  от линии кордона до анкерной опоры, расчет устойчивости анкерующего массива должен выполняться с учетом следующих условий:

расстояние между линиями пересечения плоскостей выпора и обрушения с поверхностью засыпки не должно превышать ширины фундаментной плиты;

величины расчетных коэффициентов при расчете устойчивости анкерующего массива следует определять в соответствии с указаниями Инструкции по проектированию морских причальных сооружений или приложения 1 настоящего РД.

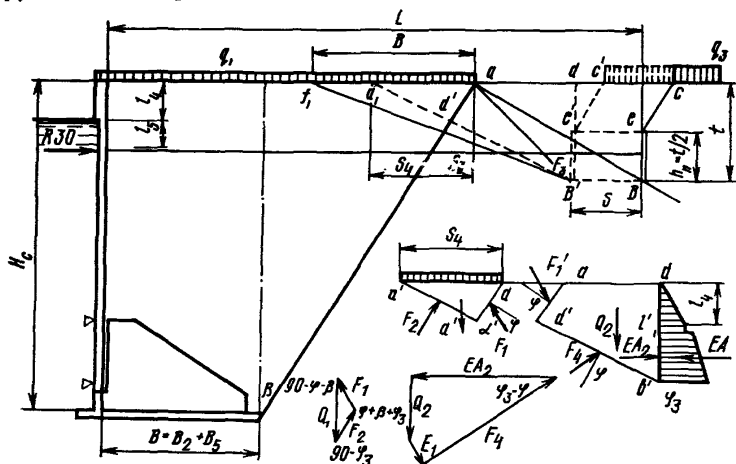


Рис. 8. Схема к расчету положения анкерующей стенки

2.5.3. Временная нагрузка должна располагаться в пределах призмы обрушения на лицевую стенку и за плоскостью обрушения, проведенной из верхней точки анкерной плиты.

2.5.4. Усилие в анкерной тяге и элементах ее крепления следует определять по формуле

$$R^* = R_3 / i_a, \quad (6)$$

где  $R_3$  — опорное усилие на верхней опоре, определяемое расчетом лицевой стенки (см. п. 2.3.11);

$i_a$  — шаг анкерных тяг.

2.5.5. Заглубление плит анкерной опоры устанавливается в соответствии с требованиями Инструкции по проектированию морских причальных сооружений. Высоту плит анкерной опоры рекомендуется принимать равной половине ее заглубления. При соответствующем обосновании допускается применение плит с высотой, отличающейся от рекомендуемой.

2.5.6. В расчете, соответствующем п. 2.5.2, принимается, что призма выпора  $a'b'd$  и клин  $add'$  (см. рис. 8) находятся в состоянии предельного равновесия.

Примечание. Углы отклонения реакций  $F_1$  и  $F_4$  от нормалей плоскостей  $ad'$  и  $a'b'$  принимаются равными  $\varphi$ , а направление реакции  $F_2$  с плоскостью  $a'd'$  должно совпадать с нормалью плоскости.



2.5.7. Оптимальным следует считать такое положение анкерной опоры, при котором обеспечивается получение нормированного коэффициента запаса устойчивости анкерующего массива с заданной точностью (приложение 1).

2.5.8. Расчет оптимального положения анкерной плиты рекомендуется выполнять с использованием ЭВМ по программе «Анкер» (приложение 4).

## 2.6. Расчет общей устойчивости причального сооружения

2.6.1. Расчет общей устойчивости причального сооружения должен выполняться в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию оснований гидротехнических сооружений.

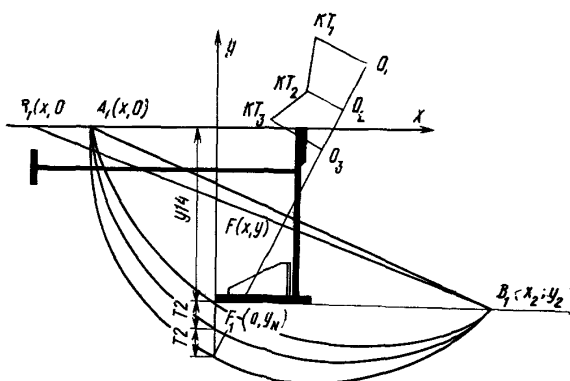


Рис. 9. Схема к расчету общей устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения

2.6.2. Расчетное положение временной нагрузки должно устанавливаться согласно требованиям Инструкции по проектированию морских причальных сооружений.

2.6.3. При расположении центра кривой скольжения ниже поверхности засыпки производится перенос поверхности засыпки на отметку с ординатой центра кривой, а вес вышележащего массива грунта должен быть приведен к распределенной нагрузке.

2.6.4. В случае пересечения анкерной тяги кривой скольжения необходимо учитывать момент, создаваемый анкерным усилием относительно центра кривой скольжения, в соответствии с требованиями действующих ведомственных нормативных документов.

2.6.5. При расчете устойчивости кривые скольжения (рис. 9) должны проходить через нижнее ребро тыловой грани фундаментной плиты.

2.6.6. Расчетные коэффициенты для расчета общей устойчивости сооружения по круглоцилиндрическим поверхностям скольже-

ния назначаются в соответствии с указаниями Инструкции по проектированию морских причальных сооружений или приложения 1 настоящего РД.

2.6.7. Определение параметров расчетной кривой скольжения рекомендуется выполнять с использованием ЭВМ по программе «Пурс» в соответствии с инструкцией по расчету общей устойчивости гидротехнических сооружений.

2.6.8. При наличии потенциальной (прослойки и т. п.) поверхности возможного сдвига расчет общей устойчивости сооружения необходимо дополнительно производить по методу ломаных поверхностей скольжения (метод горизонтальных сил Берера с учетом влияния сил сцепления в грунте по Н. Н. Маслову) (рис. 10).

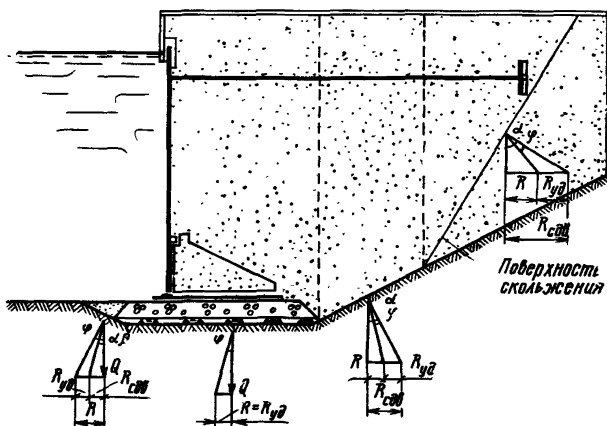


Рис. 10. Схема к расчету общей устойчивости по методу ломаных поверхностей скольжения

Для однородных грунтов основания ниже каменной постели допускается применение метода теории предельного равновесия в соответствии со СНиП по проектированию оснований гидротехнических сооружений (приложение 3). В этом случае трапециевидальная эпюра напряжений от сооружения по подошве каменной постели заменяется расчетной равномерной эпюрой шириной

$$B = b - 2e,$$

где  $b$  — ширина зоны передачи давления от сооружения на уровне подошвы постели;  
 $e$  — эксцентриситет равнодействующей всех сил на уровне подошвы постели.

Слой грунта, расположенный выше подошвы постели, рассматривается как пригрузка над зоной выпирания.

2.6.9. Устойчивость сооружения при наличии потенциальной поверхности возможного сдвига необходимо определять по формулам:

$$R_{\text{сдв}} = Q_i \operatorname{tg} \alpha_i; \quad (7)$$

$$R_{\text{уд}} = \left( Q_i + \frac{c_{oi} b_i}{\operatorname{tg} \varphi_i} \right) [\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg} (\alpha_i - \varphi_i)]; \quad (8)$$

$$k_{\phi} = \frac{\Sigma R_{\text{уд}}}{\Sigma \pm R_{\text{сдв}}}, \quad (9)$$

где  $R_{\text{сдв}}$  — активное давление грунта при отсутствии в грунте трения и сцепления;

$Q_i$  — вес расчетного блока единичной длины;

$\alpha_i$  — наклон плоскости скольжения к горизонтальной поверхности;

$R_{\text{уд}}$  — часть активного давления, воспринимаемая трением и сцеплением в грунте;

$c_{oi}$  — сцепление грунта;

$b_i$  — ширина расчетного блока;

$\varphi_i$  — угол внутреннего трения грунта;

$k_{\phi}$  — коэффициент устойчивости.

2.6.10. При пересечении основания блока грунтом с различными физико-механическими характеристиками в расчет принимаются их осредненные значения. Осреднение характеристик должно выполняться по ширине расчетного блока.

2.6.11. При пересечении анкерных тяг плоскостью скольжения необходимо в удерживающих силах дополнительно учесть величину анкерной реакции.

2.6.12. Временная нагрузка должна располагаться только на неустойчивых блоках, т. е. на блоках, у которых сдвигающая сила больше удерживающей.

2.6.13. Величина обобщенного расчетного коэффициента  $k_{\phi}$  для расчета устойчивости по методу ломаных поверхностей скольжения должна быть не ниже значения, определяемого приложением 1 настоящего РД.

### 3. УКАЗАНИЯ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ

3.1. При проектировании глубоководного сооружения уголкового типа с внешней анкерровкой необходимо руководствоваться общими конструктивными требованиями действующих ведомственных нормативных документов с учетом дополнительных требований настоящего раздела РД.

3.2. Габариты причального сооружения определяются глубиной у причала, действующими нагрузками, физико-механическими свойствами грунта основания и засыпки на основании прочностных расчетов и расчетов устойчивости.

3.3. Размеры сечений лицевой и фундаментной плит, контрфорсов, распределительных балок устанавливаются на основании рас-

четов их прочности с учетом нагрузок, действующих в строительный и эксплуатационный периоды.

Для предварительных расчетов рекомендуется принимать: ширину фундаментной плиты —  $0,5 H$ , где  $H$  — глубина у причала;

высоту контрфорса —  $0,3 H$ ;

толщину полки лицевой панели —  $0,20$  м;

толщину фундаментной плиты —  $0,50$  м;

толщину контрфорса —  $0,30$  м;

сечение распределительных балок —  $1,0 \times 0,5$  м.

**Примечание.** Толщина полки лицевой панели указана для сплошных железобетонных панелей. При применении набора из металлического шпунта рекомендуется предварительно принимать набор из шпунта Ларсен V.

3.4. Размеры каменной постели необходимо назначать согласно п. 2.4.19 настоящей РД и действующим ведомственным нормативным документам.

3.5. Размеры щебеночного контрфильтра необходимо назначать, руководствуясь указаниями действующих ведомственных нормативных документов.

3.6. Ширина лицевых панелей вдоль кордона должна приниматься наибольшей из условий технологии заводского изготовления и возможностей подъемно-транспортного оборудования, обслуживающего строительство.

**Примечания:** 1. В случае монтажа конструкции укрупненными блоками ширина лицевых панелей должна назначаться из расчета веса укрупненного блока.

2. Ширина лицевых панелей из набора металлического шпунта должна обеспечивать возможность равномерной расстановки анкерных тяг.

3.7. Распределительные балки (ребра) необходимо располагать стыковой стороны панели. Верхняя распределительная балка предназначена для распределения анкерного усилия и закрепления в ней анкерной тяги внешнего анкерующего устройства. Нижняя распределительная балка предназначена для передачи веса лицевой панели на ребро (контрфорс) фундаментной плиты, распределения анкерного усилия и закрепления в ней анкерных тяг.

3.8. Лицевая панель закрепляется двумя анкерными тягами и опирается на два ребра (контрфорса) фундаментной плиты.

**Примечание.** В случае раздельного монтажа конструкции число анкерных тяг и число контрфорсов может быть увеличено при соответствующем расчетном обосновании.

3.9. Фундаментный блок должен состоять из фундаментной плиты и двух плит ребер (контрфорсов). Соединение элементов фундаментного блока необходимо осуществлять посредством стыка Передерия с омоноличиванием швов бетоном, марка которого не ниже марки бетона элементов.

3.10. Выпуски арматуры необходимо соединять сваркой при помощи накладок или внахлестку с соблюдением указаний по сварке

соединений арматуры и закладных деталей железобетонных конструкций.

3.11. Рекомендуемые конструкции узлов опирания лицевой панели на контрфорсы представлены на рис. 11. Конструкция узла опирания лицевой панели должна обеспечивать надежное опирание при возможной раздельной осадке лицевой и фундаментной плит при осадке постели и основания. Выбор варианта узла опирания следует выполнять на основе технико-экономического сравнения вариантов.

Примечание. Допускается применение двух вариантов узла опирания при соответствующем обосновании.

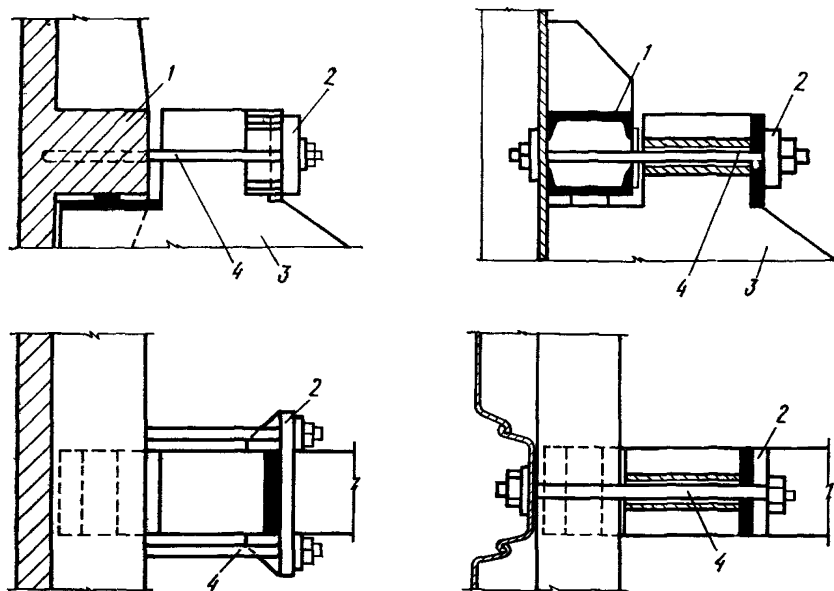


Рис. 11. Варианты опирания лицевой панели:  
1 — распределительная балка; 2 — накладка; 3 — контрфорс; 4 — анкерная тяга

3.12. Подбор сечения нижней распределительной балки, элементов крепления ее к лицевой панели и опорной плиты контрфорса необходимо выполнять на основании расчетов прочности при действии веса лицевой стенки, вертикальной составляющей распорного давления при полной высоте засыпки и действии временной нагрузки. Размеры верхнего выступа контрфорса определяются расчетом на прочность при действии усилия на средней опоре, определяемого по формуле

$$R'_a = R_2 k_a l_a, \quad (10)$$

где  $R_2$  — опорное усилие на средней опоре, определяемое расчетом лицевой стенки (см. п. 2.3.11);

$k_a$  — обобщенный расчетный коэффициент для расчета прочности анкерной связи, определяемый на основании приложения 1 настоящего РД;

$l_a$  — шаг анкерных тяг (контрфорсов).

3.13. Конструкция внешнего анкерующего устройства и требования к ней определяются действующими ведомственными нормативными документами.

3.14. Длина секции причального сооружения должна назначаться в зависимости от геологического строения основания, толщины каменной постели и ширины блока в соответствии с требованиями Инструкции по проектированию морских причальных сооружений.

3.15. Температурно-осадочные швы в железобетонном верхнем строении следует располагать на расстоянии: не более 45 м — для скального основания при толщине выравнивающего слоя из каменной наброски до 1,5 м, для нескальных оснований при глубине у причала до 13 м — не более 30 м, при глубине 13 м и более — не более 40 м.

Примечания: 1. Увеличение длины секции допускается при соответствующем обосновании.

2. Разбивка на секции должна выполняться с учетом размещения температурно-осадочных швов в местах резкого изменения грунтовых условий, способных вызвать разницу в величинах осадок отдельных частей сооружения.

3.16. Для засыпки пазухи причального сооружения допускается применять песок, содержащий более 90 % (по массе) фракций крупнее 0,1 мм, в том числе не менее 50 % фракций крупнее 0,1 мм и не менее 50 % фракций крупностью 0,25 мм и более.

Допускается применять другие песчаные грунты, вплоть до пылеватых песков, если количество илистых и глинистых частиц с размерами фракций менее 0,1 мм не превышает 5 %.

3.17. Конструкция сборно-монолитного верхнего строения должна обеспечивать монолитность секции и состоять из бортовой плиты и элемента омоноличивания. Лицевая поверхность бортовой плиты должна выступать за плоскость лицевой панели в сторону акватории на величину, допускающую крен судна у причала до 3° с учетом выноса отбойного устройства, но не менее 0,3 м.

3.18. Рекомендуются конструкцию уплотнения вертикальных стыков между лицевыми панелями выполнять в соответствии с вариантами, представленными на рис. 12. Выбор конструкции уплотнения стыков следует выполнять на основе технико-экономического сравнения вариантов.

Примечание. Допускается применение других вариантов уплотнения вертикальных стыков при соответствующем обосновании.

3.19. При монтаже конструкции причального сооружения из отдельных элементов устойчивость лицевой стенки на первой стадии засыпки должна обеспечиваться с помощью инвентарного бетонного массива, вес которого определяется его устойчивостью на сдвиг под действием максимального опорного усилия на нижней

опоре (см. п. 2.3.11) с учетом волновой нагрузки от волны обеспеченностью 50 %.

3.20. Мероприятия по повышению долговечности бетонных и железобетонных элементов сооружения необходимо выполнять в соответствии с Указаниями по обеспечению долговечности бетонных и железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений.

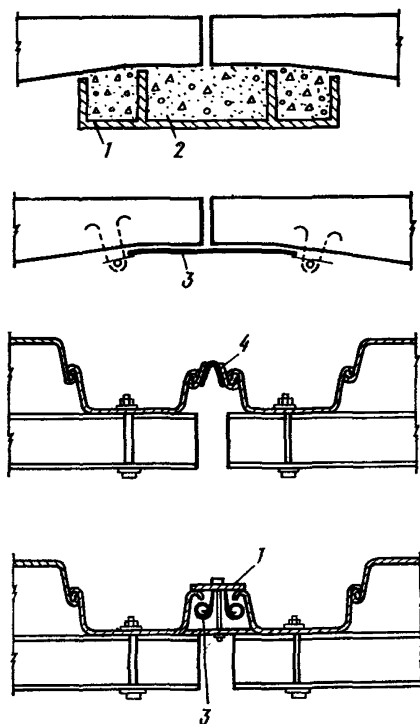


Рис. 12. Варианты конструкций уплотнения вертикальных стыков:  
1 — нащельник; 2 — щебеночный контр-фильтр; 3 — гибкий изоляционный материал (бидим, полифелд и т. п.); 4 — компенсатор

3.21. Мероприятия по защите от коррозии металлических конструкций и элементов сооружения должны назначаться в соответствии с указаниями Инструкции по проектированию морских причальных сооружений.

3.22. Элементы опирания и анкеровки лицевых панелей на ребра (контрфорсы) фундаментных плит необходимо выполнять из сталей с присадками, обеспечивающими высокую коррозионную стойкость.

ОБОБЩЕННЫЕ РАСЧЕТНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ

Коэффициент для расчета	Класс сооружения											
	I			II			III			IV		
	Сочетание нагрузок и силовых воздействий											
	Основное	Особое	Строй- тельный период	Основное	Особое	Строй- тельный период	Основное	Особое	Строй- тельный период	Основное	Особое	Строй- тельный период
Прочности монтажной связи $k_m = n_c n m_d k_n$	1,33	1,05	1,19	1,27	1,08	1,21	1,29	1,03	1,16	1,17	0,93	0,99
Устойчивости при скольжении по плоскости $k_{сд} = \frac{n_c n m_d k_n}{m}$	1,55	1,10	1,22	1,23	1,11	1,18	1,19	1,06	1,12	1,14	1,07	1,07
Устойчивости анкерной опоры из плит $k_a = \frac{n_c n m_d k_n}{m}$	2,13	1,89	2,00	2,04	1,82	1,92	1,92	1,75	1,85	1,85	1,67	1,79
Устойчивости причального сооружения при скольжении по круглоцилиндрической поверх- ности $k_y = \frac{n_c n m_d k_n}{m}$	1,02	0,98	1,03	0,98	0,94	0,99	1,00	0,95	0,95	0,96	—	—
Устойчивости причального сооружения при скольжении по фиксированным поверхностям $k_{\phi} = \frac{n_c n m_d k_n}{m}$	1,55	1,10	1,22	1,23	1,11	1,18	1,19	1,06	1,12	1,14	1,07	1,07



# **ПРОГРАММА «РАЛИС» АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ЛИЦЕВОЙ СТЕНКИ**

Программа предназначена для расчета в вертикальном направлении элементов лицевой стенки глубоководного причального сооружения углового типа с внешней анкерровкой.

Определение усилий в элементах лицевой стенки выполняется на основе расчета стенки методами строительной механики при трех расчетных стадиях процесса образования засыпки.

Программа позволяет определять усилия на опорах стенки, опорные и максимальные пролетные моменты в процессе засыпки при заданных геометрических размерах конструкции и обеспечивает поиск оптимального положения опор при условии равенства опорного на средней опоре и максимального пролетного моментов.

Программа разработана на языке АЛМИР применительно к ЭВМ МИР-1. В программе учитываются характеристики двух слоев грунтовой засыпки и действие временной нагрузки не более чем на пяти участках, включая участки с нулевой интенсивностью нагрузки. Выбор материала стенки не ограничивается.

Вывод результатов расчета выполняется при каждом шаге поиска.

Длина программы — 5751<sub>8</sub>.

Основные положения алгоритма программы изложены в разд. 2.3 настоящего РД.

Алгоритм поиска оптимального положения опор предусматривает: определение положения верхней опоры, обеспечивающего требование, чтобы опорный момент на этой опоре не превышал допускаемого значения;

корректировку положения опор с целью выравнивания опорных моментов на средней и верхней опорах;

определение максимального пролетного момента;

корректировку положения опор с целью обеспечения равенства (с заданной точностью) опорного на средней опоре и расчетного пролетного моментов.

Блок-схема программы представлена на рис. П.2.1.

В соответствии с описанием алгоритма расчета и входного языка ЭВМ МИР в программе «Ралис» приняты следующие условные обозначения:

## **Условные обозначения**

По программе	По алгоритму	Наименование обозначения
L1	$l_1$	Расстояние от нижней опоры до низа лицевой стенки
L2	$l_2$	Расстояние между нижней и средней опорами
L3	$l_3$	Расстояние между средней и верхней опорами
L4	$l_4$	Расстояние от верхней опоры до уровня воды
L5	$l_5$	Высота надводной части причального сооружения
H	H	Высота подводной части лицевой стенки
G1	$\gamma_1$	Объемный вес грунта надводной части засыпки
G2	$\gamma_2$	Объемный вес грунта подводной части засыпки
LS	—	Начальный шаг поиска
LA	$\lambda_a$	Коэффициент активного давления засыпки
MD	$M_p$	Максимальный расчетный изгибающий момент в стенке
K	$k_a$	Обобщенный расчетный коэффициент для расчета прочности монтажной связи

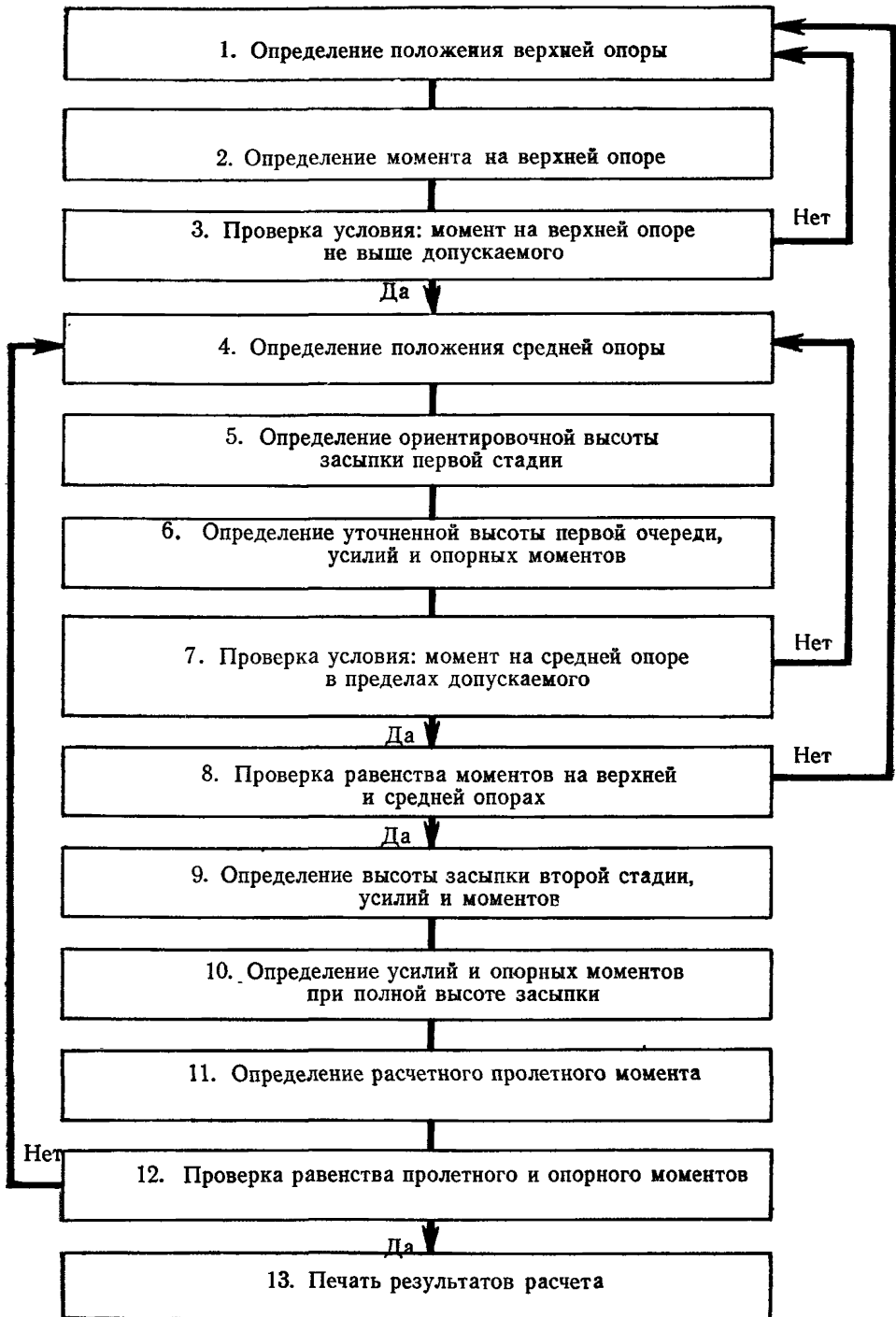


Рис. П.2.1. Блок-схема программы «Ралис» расчета усилий в элементах лицевой стенки

По программе	По алгоритму	Наименование обозначения
Z	z	Высота слоев по стадиям засыпки
Z1	z <sub>1</sub>	
Z2	z <sub>2</sub>	
N	n	Число элементов массива А, характеризующих временную нагрузку $n=2 \times K$ , где К — количество участков временной нагрузки
R1	R <sub>1</sub>	Суммарное усилие в нижней опоре
R11	R <sub>11</sub>	
R21	R <sub>21</sub>	
R31	R <sub>31</sub>	Усилия в нижней опоре по стадиям засыпки
R2	R <sub>2</sub>	
R12	R <sub>12</sub>	
R22	R <sub>22</sub>	Суммарное усилие в средней опоре
R32	R <sub>32</sub>	
R3	R <sub>3</sub>	
R13	R <sub>13</sub>	Усилия в средней опоре по стадиям засыпки
R23	R <sub>23</sub>	
R33	R <sub>33</sub>	
M1	M <sub>1</sub>	Суммарное усилие в верхней опоре
M11	M <sub>11</sub>	Суммарный изгибающий момент на нижней опоре
M21	M <sub>21</sub>	
M31	M <sub>31</sub>	
M2	M <sub>2</sub>	Изгибающие моменты на нижней опоре по стадиям засыпки
M12	M <sub>12</sub>	Суммарный изгибающий момент на средней опоре
M22	M <sub>22</sub>	
M32	M <sub>32</sub>	
M5	M <sub>5</sub>	Изгибающие моменты на средней опоре по стадиям засыпки
M4	M <sub>4</sub>	Максимальный пролетный момент в верхнем пролете
X4	X <sub>4</sub>	Максимальный пролетный момент в нижнем пролете
X5	X <sub>5</sub>	Положение максимального пролетного момента в нижнем пролете
		Положение максимального пролетного момента в верхнем пролете

Подготовка исходной информации выполняется на основе поперечного разреза причального сооружения, включающего предварительные размеры сооружения (глубину у причала, высоту надводной части, размеры контрфорсов, размеры фундаментной плиты и т. д.) в соответствии с рис. П.2.2, данные о физико-механических характеристиках грунта основания и грунтовой засыпки, данные о временной нагрузке и величине обобщенного расчетного коэффициента для расчета прочности монтажной связи и положении опор лицевой стенки и т. п.

Предварительные размеры сооружения назначаются в соответствии с рекомендациями разд. 3 настоящего РД.

Информация о временной нагрузке вводится в виде массива исходной информации А, в котором каждый участок временной нагрузки задается расстоянием от линии кордона до конца участка и интенсивностью нагрузки.

В результате расчета на каждом шаге поиска на печать выводятся:

положения средней и верхней опор лицевой стенки;

усилия на нижней, средней и верхней опорах по стадиям засыпки;

изгибающие моменты на нижней, средней и верхней опорах по стадиям засыпки;

суммарные усилия и изгибающие моменты на нижней, средней и верхней опорах.

В программе приняты следующие размерности исходных и расчетных величин:

углы	рад
линейные размеры	м
временная нагрузка	тс/м <sup>2</sup>
анкерные усилия, реакции	тс/м стенки
объемный вес	тс/м <sup>3</sup>
изгибающие моменты	тс·м

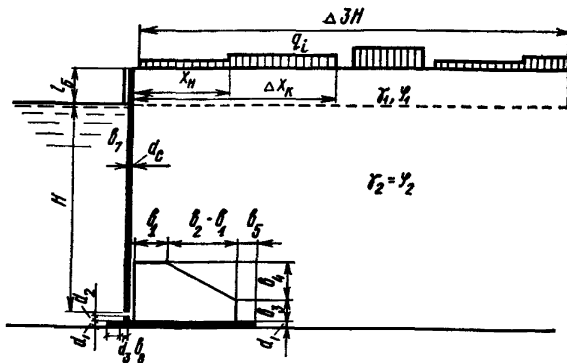


Рис. П.2.2. Схема к составлению задания на расчет

```

""5.ВЫВ""ПР""25,[ПАЛИС—1],""СТРО"";1.TA=TG(.785—F/2);""ДЛ""I=1
""П""2""ВЫП""(A[I]=A[I]/TA;A[I+1]=A[I+1]×LA;""Е""A[I]≥H+L5""ТО""
(A[I]=H+
L5;V=1;""HA""23));23.G3=G1×LA;I1=0;J1=0;J2=0;G4=G2×LA;G5=Q×LA;
G6=G
3×L5;G7=G6+G5;G8=G4×H+G7;L4=H/6;LD1=LS;L2=H/6;2.MB=
G5×L5×(L5/2+L
4)+G6×L5×(L5/3+L4)/2+G7×L4↑2/2+G4×L4↑3/6;3.L12=L1+L2;
K1=0;K2=0;K
3=0;Y=0;Q1=0;U=0;L54=L5+L4;L3=H+L5—L12;""ДЛ""I=1""Ш""2""ДО""
V+1""ВЫП""(A
=(A[I]—Y)×A[I+1];Q1=Q1+A;""Е""A[I]≤L54""ТО""(K3=K3+A×
(L54—(A[I]+Y)/2
))""ИН""(""Е""U<1""ТО""(K3=K3+A[I+1]×(L54—Y)↑2/2;U=1));""Е""A
[I]≤L3""ТО""(
K2=K2+A×(L3—(A[I]+Y)/2))""ИН""(""Е""U<2""ТО""(K2=K2+A
[I+1]×(L3—Y)↑2/2;
U=2);""Е""Y≥L3""ТО""(Y1=Y)""ИН""(Y1=L3);K1=K1+A[I+1]×
((A[I]+Y1)/2—L3)×
(A[I]—Y1));Y=A[I];F3=(K2—K1)/(L3—L54);F2=Q1—F3;K2=K1;
M3=MB+K3;""
Е""M3>MD""ТО""(L4=L4—LS;""HA""2);Z=2×L12;R1=G4×Z↑2×
(L12—Z/3)/(2×L2);R
11=R1/K;DR=R1—R11;A=—3×L12;C=6×R11×L2/G4;""ДЛ""Z1=
L12+LS""Ш""01""ВЫП
""(Y=Z1↑3+A×Z1↑2+C;""Е""Y>—LS""ТО""(""Е""Y≤LS""ТО""(""HA""5));
5.L3=H—L12—L
4;L23=L2+L3;Z11=Z1—L12;R12=G4×Z1↑2/2—R11;M12=G4×
Z11↑3/6;M11=G4×Z
1×L1↑2/2—G4×L1↑3/6;LD=LS;Z2=Z1;6.Z2=Z2+LD;X=Z2—Z1;
Y=Z1+X/2;P=G4×

```

$X;RD = (L12 \uparrow 2 \times L3 \times (4 \times L3 + 3 \times L12) - (Z2 - L12) \uparrow 2 \times (2 \times L3 - Z2 + L12) \uparrow 2) \times P / (8 \times L3 \times L12 \times (L3 + L12));$   
 $"E"RD > .95 \times DR"TO" ("E"RD < 1.05 \times DR"TO" ("HA"7);$   
 $LD = LD/2; ("HA"6); 7.M22 = L12 \times (P \times L12/2 - RD); B = G4 \times Z2; C = G8 - B; M32 = C \times L12 \uparrow 2/2; M2 = K2$   
 $+ M22 + M32; "E"ABS(M2) > MD"TO" (L2 = L2 - LS; "E"J1 = 1"TO" ("СТОП");$   
 $"E"L2 = L1$   
 $"TO" ("СТОП"); "HA"8); 12. ("E"ABS(M2) > 1.05 \times ABS(M3) "TO"$   
 $("E"J2 = 2"TO" ($   
 $LD1 = LD1/2); L4 = L4 + LD1; I1 = 1; "E"L4 > H/3"TO" (L4 = H/3; L2 =$   
 $L2 + LD1; I1 = 0; J1$   
 $= 1); J2 = 1; "HA"2); "E"ABS(M2) < .95 \times ABS(M3) "TO" ("E"J2 = 1"TO"$   
 $(LD1 = LD1/2$   
 $); L4 = L4 - LD1; I1 = 1; "E"L4 < 0"TO" (L4 = 0; L2 = L2 - LD1; I1 = 0);$   
 $J2 = 2; "HA"2); R$   
 $23 = (2 \times RD \times L12 - P \times (L12 \uparrow 2 - (Z2 - L12) \uparrow 2)) / (2 \times L3); R21 = RD;$   
 $R22 = P \times Z2 - RD - R23$   
 $; Z31 = Z2 - L12; Z32 = L3 - Z31; R32 = (C \times L3 \uparrow 2/2 - G4 \times Z32 \uparrow 3/6 + C \times L12$   
 $\times (L12/2 + L3)$   
 $- M3) / L3; R33 = C \times Z2 + (G7 + C) \times (L4 + Z32) / 2 + (G5 + G7) \times L5/2 - R32;$   
 $M31 = C \times L1 \uparrow 2/2$   
 $; R1 = R11 + R21; R2 = R12 + R22 + R32 + F2; R3 = R23 + R33 + F3; M1 = K1 + M11$   
 $+ M31; "БЫБ" L$   
 $2. "ПР"3, L4, "СТОП", R1, "ПР"2, R2, "ПР"2, R3, "СТОП", M1, "ПР"2, M2, "ПР"2,$   
 $M3, "СТОП"; K1 \leq L54; P = G6 + G4 \times (L4 - LS/2); U = 0; V = 0; Q1 = G6 \times$   
 $(L5/2 + L4) + G4 \times L4$   
 $\uparrow 2/2 - R3; "ДЛ" I = 1 "Ш"2 "БЫП" ("E" A[I] \leq L54"TO" (Q1 = (A[I] - V) \times$   
 $A[I + 1] + Q1)$   
 $ИИ" ("E" U < 1"TO" (Q1 = Q1 + A[I + 1] \times (L54 - V); U = 1); 8. K1 = K1 + LS;$   
 $P = P + G4 \times LS; "E$   
 $"K1 \leq A[I]"TO" (Q1 = Q1 + (P + A[I + 1]) \times LS; "E" Q1 \geq 0"TO" (X5 =$   
 $H + L5 - K1; "HA"9);$   
 $HA"8); V = A[I]; 9. U = 1; M5 = G6 \times (L5 \times (K1 - 2 \times L5/3) + (K1 - L5) \uparrow 2) / 2$   
 $+ G4 \times (K1 - L$   
 $5) \uparrow 3/6 - R3 \times (K1 - L54); I = -1; V = 0; 10. I = I + 2; "E" I < U"TO" (M5 =$   
 $M5 + A[I + 1] \times A[I$   
 $I - V) \times (K1 - (A[I] + V) / 2); V = A[I]; "HA"10); M5 = M5 + A[I + 1] \times$   
 $(K1 - V) \uparrow 2/2 "БЫ$   
 $B" M5, "ПР"2, X5, "СТОП"; "E"ABS(M5) > .95 \times ABS(M3) "TO" ("E"ABS$   
 $(M5) < 1.05 \times$   
 $ABS(M3) "TO" ("HA"13); L2 = L2 + LD1; I1 = 0; "HA"3); L2 = L2 - LD1;$   
 $I1 = 0; "HA"3; 1$   
 $3. "СТОП"$   
 $"ГДЕ" J = 1; F = .5236; H = 17.25; L1 = .25; L5 = 2.5; Q = 0; G1 = 1.8; G2 = 1; L$   
 $A = .333; LS = .2; K = 1.5; MD = 40; A[10] = 14.25, 4, 20.25, 6, 22, 10, 32, 10, 35, 10$   
 $"K" \diamond$

Приложение 3  
(рекомендуемое)

### **ПРОГРАММА «СДВИГ»** **АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ШИРИНЫ** **ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ**

Программа предназначена для определения ширины фундаментной плиты глубоководного причального сооружения углового типа с внешней анкерровкой.

Определение ширины фундаментной плиты основано на расчетах устойчивости сооружения на плоский сдвиг и распределения напряжений в основании сооружения.

Программа позволяет определять обобщенный расчетный коэффициент для расчета устойчивости сооружения на плоский сдвиг, углы наклона плоскостей обрушения, максимальное и минимальное напряжения в основании сооружения при заданных геометрических размерах конструкции и обеспечивает поиск оптимальной ширины фундаментной плиты при заданных значениях обобщенного расчетного коэффициента и напряжениях в основании сооружения.

Программа разработана на языке АЛМИР применительно к ЭВМ МИР-1.

В программе учитываются характеристики двух слоев грунтовой засыпки, действие временной нагрузки, число участков которой не должно превышать пяти. Выбор материала и конструкции лицевой стенки причального сооружения не ограничивается. В программе принято, что фундаментная плита и контрфорсы изготавливаются из железобетона.

Длина программы — 6004<sub>8</sub>.

Основные положения алгоритма программы изложены в разд. 2.4 настоящей РД.

```

""5.1."ВЫВ""ПР"15;"ВЫВ"[С Д В И Г — 3],"СТРО";J=0;H12=H+L5—L1—L
2;HD=H+D1+D2;L3=H12—L5—L4;D=F;T=B8+D3;10.Q1=N1×
D4×.75/LB;9.(I1=0
;SH=.1396;AH=SH;AK=.7;BH=.279;BK=.7);Q2=Q1×(B2×(2×B3
+B4)+B1×B4);
M2=Q1(3×T×(2×B2×B3+B4×(B1+B2))+3×B3×B2↑2+B4×(B1↑2
+B2↑2+B1×B2))/
3;Q1=GS×H×N/LB;Z1=Z+D1+D2;M2=M2+Q1×(T—5×(B6+B7);
Q2=Q2+Q1;Q1=1.
5×D2×D3;M2=Q1×(B8+D3/2)+M2;Q2=Q2+Q1;E1=G2×LA×Z1↑2/2;
E11=E1×Z1/3;
I=1;L=Z;H4=0;2.KCD=100;BF=B2+B5;B=BF+T;Q1=1.5×B×D1;4.
"ДЛ"BE=BH"Ш"
"SH"ДО"БК"ВЫП"(TB=TG(BE);TBF=TG(BE+F);"ДЛ"А=АН"Ш"
SH"ДО"АК"ВЫП"(Т
А=ТG(А);ТАD=ТG(А+D);L12=L×ТА;RC=0;A1=B—T—L12;AB=
ТА+ТB;LX=AB/(ТBF
+ТАD);EX=0;"E"Л12<BF"ТО"(H1=A1/ТB;H2=0;"E"Н1>L"ТО"
(H1=L);A2=A1)"
ИН"(H1=0;H2=—A1/ТА;A2=0;LX1=ТB/ТBF);S=L5—H2;"E"И>I
"ТО"(RC=R3;EX=
0;GL=0;Q3=0;H3=0;H4=0;H5=H2;"ДЛ"12=1"Ш"2"ДО"N2"ВЫП"
(Y=C[I2]/ТB;"
E"C[I2]<A1"ТО"(E=H4)"ИН"(E=(C[I2]—A1)/AB);"E"Y>H1"ТО"
(Y=H1);RC=R
C—LA×C[I2+1]×(Y—H3)×(H12—(Y+H3)/2)/L3;H3=Y;"E"E<H2
"ТО"(EX=EX+C[I
2+1]×(E—H4);H4=E)"ИН"(EX=EX+C[I2+1]×(H2—H4);"E"E
>L"ТО"(E=L);H4=H
2;GL=GL+C[I2+1]×(E—H5);H5=E);"E"Л12>BF"ТО"("E"Н2<L5
"ТО"(EX=LX1×
(EX+5×G1×H2↑2);GL=G1×S×(L—.5×(L5+H2))+G1×H2×
(L—H2)+G2×(L—H2)↑2/
2+GL;Q3=G1×S↑2×ТА/2+G2×(BF+ТА×S)×(L—L5)/2;"HA"5);
EX=LX1×(G4×(H2—
L5/2)+G2×(—S)↑2/2+EX);GL=(G4+G2×(—S))×(L—H2)+G2×
(L—H2)↑2/2+GL;Q3
=G2×(L—H2)×BF/2;"HA"5)"ИН"(A2=2×A1+L5×ТА;Q3=(G1×
L5×A2+G2×(A2+ТА×
L)×(L—L5))/2;GL=G4×(L—.5×L5)+G2×(L—L5)↑2/2+GL;"HA"5));
"E"Л12<BF"
ТО"(EX=G2×LX1×H2↑2/2;GL=G2×(L—H2)↑2/2;Q3=G2×(L—H2)×BF/2;
"HA"5)"И
H"(Q3=G2×(2×A1+L12)×L/2;GL=G2×L↑2/2;J1=0;J2=1);5.
EX=EX+LX×GL;EY=

```

$EX \times TAD; E = EX - RC; "E" E \leq 0 "TO" ("HA" 3); Y = EY + Q1 + Q2 + Q3;$   
 $KC = Y \times FC / E; 3. "E" KC$   
 $< KCD "TO" (A5 = A; BE1 = BE; KCD = KC)); BE = BE1; A = A5; I1 = I1 + 1;$   
 $"E" I1 < 4 "TO" (A$   
 $H = A - SH; AK = A + SH; BH = BE - SH; BK = BE + SH; SH = SH/2; "HA" 4);$   
 $"ВЫВ" "СТРО", I, "П$   
 $P" 3, B2, "П" 3, B5; "ВЫВ" "ТА" 1, A, BE, KCD; "E$   
 $"KCD < KD "TO" (6. ("E" J = 2 "TO" (SD = SD/2); B5 = B5 + SD; J = 1); "HA"$   
 $2); "E" I > 1$   
 $TO" ("E" KCD > 1.05 \times KD "TO" ("E" J = 1 "TO" (SD = SD/2); B5 = B5 - SD;$   
 $J = 2; J1 = 1; "E$   
 $"B5 < 0 "TO" (B5 = 0; B2 = B2 - SD; "HA" 10); "HA" 2)); "E" I > 1 "TO"$   
 $("HA" 7); 8. BF =$   
 $B2 + B5; B = BF + T; Q3 = (B - T) \times L \times G2; PL = .5 \times BF + T; M3 = Q3 \times PL;$   
 $Q1 = 1.5 \times B \times D1; M1 = Q$   
 $1 \times .5 \times B; SQ = Q1 + Q2 + Q3; MQ = M1 + M2 + M3; MQ1 = MQ - E11; E = .5 \times$   
 $B - MQ1 / SQ; A1 = SQ / B$   
 $; A2 = A1 \times 6 \times E / B; GX = A1 + A2; GN = A1 - A2; "ВЫВ" "СТРО", GN, "П" 2,$   
 $GX; "E" GX > GD$   
 $"TO" ("ИДТИ" "HA" 6; "HA" 8); "E" GN < 0 "TO" ("ИДТИ" "HA" 6; "HA" 8); J2 = J2 + 1;$   
 $"E" J2 = 3 "TO" ("HA" 11); "E" J1 = 1 "TO" (J1 = 0; "HA" 11); A1 = 2.5 \times L5 \times (B6 + B7);$   
 $M2 = M2 + A1 \times (T - .5 \times (B6 + B7)); Q2 = Q2 + A1; I = 2; L = HD + L5; G4 =$   
 $G1 \times L5; "ИДТИ" "HA$   
 $"9; "HA" 2; 7. A = 0; P1 = 0; "ДЛ" 12 = 1 "Ш" 2 "ДО" N2 "ВЫП" ("E" C[I2]$   
 $< BF "TO" (P1 =$   
 $P1 + C[I2 + 1] \times (C[I2] - A); A = C[I2]) "ИН" (P1 = P1 + C[I2 + 1] \times (BF - A);$   
 $A = BF); "E$   
 $"C[I2] > (BF + HD \times TB) "TO" (P2 = C[I2 + 1]); L = (P1 / BF + G4 + G2 \times$   
 $(HD - D1)) / G2; E$   
 $I1 = R1 \times (D1 + D2 + L1) + R2 \times (D1 + D2 + L1 + L2) + D2 \times LA \times (P2 + G4$   
 $+ G2 \times H + .5 \times G2 \times D2); "$   
 $HA" 8; 11. "E" J1 = 1 "TO" ("HA" 10) \diamond$   
 $"ГДЕ" N = 17; N1 = 3; N2 = 10; LB = 7.14; F = .5236; H = 17.25; L1 = .25; L2 = 3.275; L4$   
 $= 2$   
 $.87; L5 = 2.5; R1 = 1.98; R2 = 60.89; R3 = 42.81; B1 = 1.5; B2 = 7; B3 = 1; B4 = 2.6; B5$   
 $= 1$   
 $; B6 = 6; B7 = .4; B8 = 1; D1 = .4; D2 = .35; D3 = .4; D4 = .5; G1 = 1.8; G2 = 1; GS = .872;$   
 $LA$   
 $= .333; KD = 1.3; GD = 50; FC = .5; SD = .8; Z = 2 \times (L1 + L2); C[10] = 1.57, 0.292, 12$   
 $, 1$   
 $4.25, 4, 20.25, 6, 25, 10 "K" \diamond$

Величины опорных реакций и положения опор лицевой стенки определяются по результатам расчета лицевой стенки (см. инструкцию к программе «Ралис», приложение 2 настоящего РД).

Алгоритм поиска оптимальной ширины фундаментной плиты предусматривает:

определение ширины фундаментной плиты, обеспечивающей устойчивость причального сооружения на плоский сдвиг и максимальные расчетные значения краевых напряжений в основании при первой расчетной схеме образования засыпки (см. п. 2.4.1);

определение ширины фундаментной плиты, удовлетворяющей требованиям, чтобы при полной высоте засыпки и действии временной нагрузки минимальный обобщенный коэффициент для расчета устойчивости сооружения на плоский сдвиг находился в 5%-ном интервале заданного нормированного значения коэффициента, максимальные краевые напряжения были не больше расчетного сопротивления каменной постели а минимальные краевые напряжения не были отрицательными.

Блок-схема программы представлена на рис. П.3.1.

В соответствии с описанием алгоритма расчета и входным языком ЭВМ МИР в программе «Сдвиг» приняты следующие условные обозначения:



Рис. П.3.1. Блок-схема программы «Сдвиг» расчета ширины фундаментной плиты



# Условные обозначения

По программе	По алгоритму	Наименование обозначения
B1	$b_1$	Ширина контрфорса по верху
B2	$b_2$	Ширина контрфорса по низу
B3	$b_3$	Высота тыловой грани контрфорса
B4	$b_4$	Высота скошенной части контрфорса
B5	$b_5$	Тыловая консоль фундаментной плиты
B6	$b_6$	Толщина лицевой стенки
B7	$b_7$	Ширина выступающей части
B8	$b_8$	Передняя консоль фундаментной плиты
D1	$d_1$	Толщина фундаментной плиты
D2	$d_2$	Высота упора фундаментной плиты
D3	$d_3$	Ширина упора фундаментной плиты
D4	$d_4$	Толщина контрфорса
кД	$k_{сд}$	Значение обобщенного расчетного коэффициента для расчета устойчивости сооружения на плоский сдвиг
GD	G	Расчетное сопротивление каменной постели
FC	f	Коэффициент трения сооружения по каменной постели
SD	—	Начальный шаг поиска
N	n	Число элементов в лицевой панели
N1	$n_1$	Число контрфорсов
N2	$n_2$	Число элементов массива С, характеризующего временную нагрузку $p_2=2 \times k$ , где k — число участков временной нагрузки
A	$\alpha$	Угол между вертикалью и разделяющей (кордонной) плоскостью обрушения
BE	$\beta$	Угол между вертикалью и тыловой плоскостью обрушения
KCD	$k_{сд}$	Текущий расчетный коэффициент для расчета устойчивости сооружения на плоский сдвиг
GN	$\sigma_{min}$	Минимальное напряжение в основании сооружения
GX	$\sigma_{max}$	Максимальное напряжение в основании сооружения

Остальные условные обозначения приведены в приложении 2 настоящего РД.

Подготовка исходной информации выполняется на основе поперечного разреза причального сооружения, включающего предварительные размеры сооружения (приложение 2), данные о значениях обобщенного расчетного коэффициента для расчета устойчивости сооружения на плоский сдвиг, давления в основании сооружения.

Информация о временной нагрузке вводится в виде массива исходной информации С, в котором каждый участок временной нагрузки задается расстоянием от линии кордона до конца участка и интенсивностью нагрузки.

В результате расчета на каждом шаге поиска на печать выводятся:

ширина контрфорса по низу и размер тыловой фундаментной плиты;

угол между вертикалью и кордонной плоскостью обрушения;

угол между вертикалью и тыловой плоскостью обрушения;

величина текущего расчетного коэффициента для расчета устойчивости на плоский сдвиг по каждой расчетной схеме;

максимальное и минимальное напряжения в основании набережной по каждой расчетной схеме.

В программе приняты следующие размерности исходных и расчетных величин:

угол	рад
линейные размеры	м
временная нагрузка	тс/м <sup>2</sup>
объемный вес грунта	тс/м <sup>3</sup>
изгибающий момент	тс·м
напряжение	тс/м <sup>2</sup>

#### Приложение 4 (рекомендуемое)

### ПРОГРАММА «АНКЕР» АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ПОЛОЖЕНИЯ АНКЕРУЮЩЕЙ СТЕНКИ

Программа предназначена для расчета высоты и положения анкерующей стенки из плит.

Определение высоты и положения анкерующей стенки основано на расчете устойчивости анкерующего массива в условиях стесненности территории (см. п. 2.5.2).

Программа позволяет определить исходное (в соответствии с требованиями норм) и расчетное положение анкерующей стенки, высоту, заглубление и обобщенный расчетный коэффициент устойчивости анкерующей стенки при условии ее приближения к линии кордона.

Программа разработана на языке АЛМИР применительно к ЭВМ МИР-Р.

Длина программы — 37728.

Основные положения алгоритма программы изложены в разд. 2.5 настоящего РД.

Величины опорных реакций лицевой стенки определяются по результатам расчета лицевой стенки (см. инструкцию к программе «Ралис», приложение 2), а угол между вертикалью и тыловой плоскостью обрушения — по результатам расчета ширины фундаментной плиты (см. инструкцию к программе «Сдвиг», приложение 3).

Алгоритм поиска расчетного положения анкерующей стенки предусматривает расчет устойчивости анкерующей стенки в процессе последовательного приближения последней к линии кордона. В качестве расчетного принимается такое положение стенки, которое обеспечивает получение нормативного значения обобщенного расчетного коэффициента устойчивости.

Блок-схема программы представлена на рис. П.4.1.

В соответствии с описанием алгоритма расчета и входным языком ЭВМ МИР в программе «Анкер» приняты следующие условные обозначения.

#### Условные обозначения

По программе	По алгоритму	Наименование обозначения
C1	c <sub>1</sub>	Расстояние от линии кордона до начала переходной зоны временной нагрузки
C2	c <sub>2</sub>	Расстояние от линии кордона до начала тыловой зоны временной нагрузки
P2	q <sub>2</sub>	Интенсивность нагрузки переходной зоны
P3	q <sub>3</sub>	Интенсивность нагрузки тыловой зоны
КД	k <sub>a</sub>	Нормативное значение обобщенного расчетного коэффициента устойчивости анкерных плит
S	s	Расстояние между положением анкерной плиты, установленным по нормам, и расчетным положением

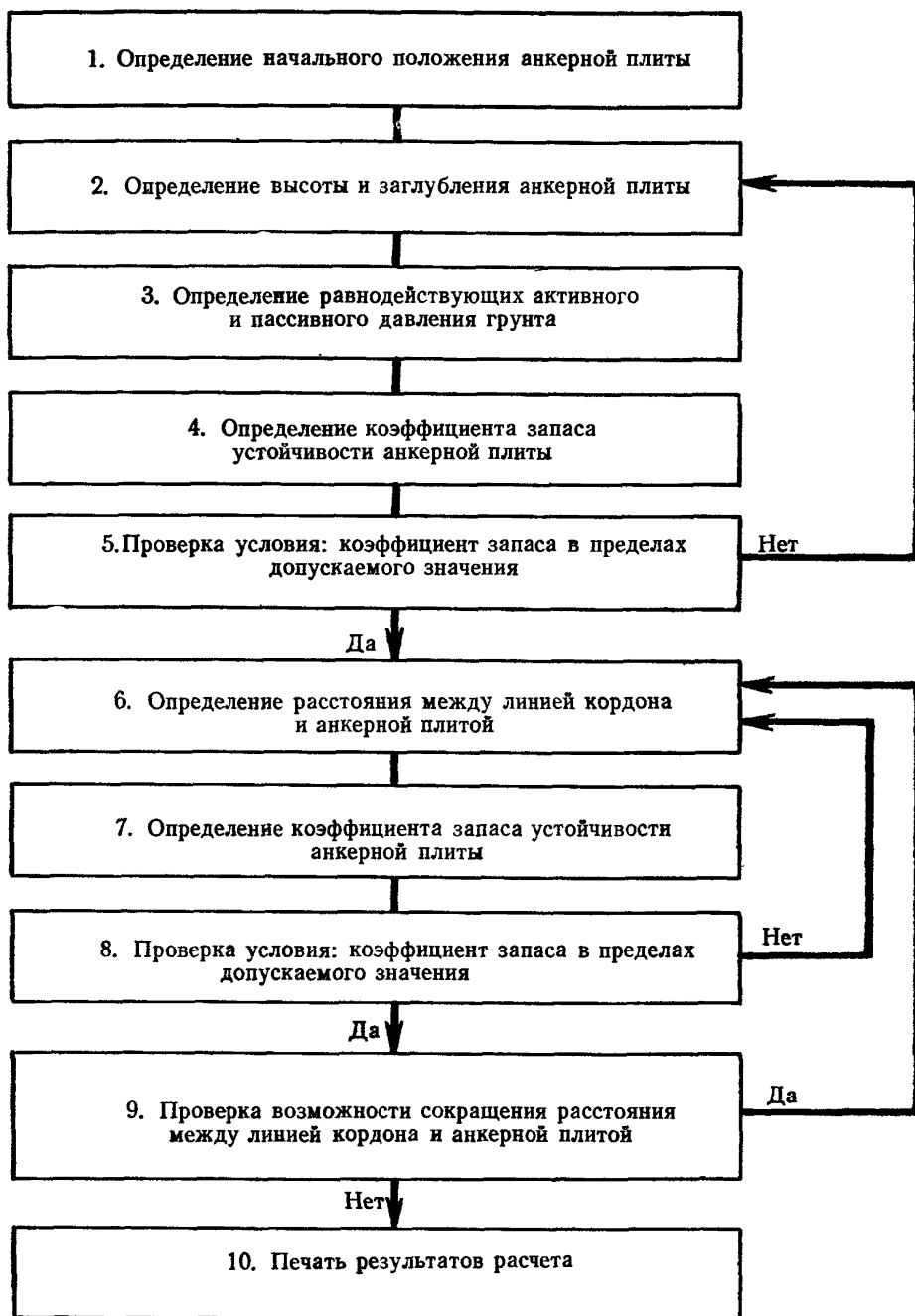


Рис. П.4.1. Блок-схема программы «Анкер» расчета положения анкерующей стенки

По программе	По алгоритму	Наименование обозначения
S4	s <sub>4</sub>	Расстояние между точками выхода плоскостей выпора, определенных по нормам и расчету
F3	f <sub>3</sub>	Угол наклона к вертикали плоскости выпора, определенный по расчету
EA	E <sub>a</sub>	Равнодействующая активного давления грунта, определенная по нормам
EP	E <sub>p</sub>	Равнодействующая пассивного давления грунта, определенная по нормам
T1	t	Отметка низа анкерной плиты
P11	—	Интенсивность нагрузки на призме выпора анкерной плиты
S1	L	Расстояние от линии кордона до анкерной плиты
НП	h <sub>п</sub>	Высота анкерной плиты
EA2	—	Минимальное значение равнодействующей пассивного давления грунта
K	—	Текущий расчетный коэффициент устойчивости

Остальные условные обозначения приведены в приложениях 2 и 3.

Подготовка исходной информации выполняется на основе поперечного разреза прищального сооружения (см. приложение 2):

В результате расчета на печать выводятся:

положение анкерующей стенки, величины равнодействующих активного и пассивного давлений грунта, определенные по нормам;

положение анкерующей стенки, минимальное значение текущего расчетного коэффициента устойчивости анкерной плиты, высота плиты и минимальное значение равнодействующей пассивного давления грунта, определенные по расчету.

В программе приняты следующие размерности исходных и расчетных величин:

угол	рад
линейные размеры	м
временная нагрузка	тс/м <sup>2</sup>
объемный вес	тс/м <sup>3</sup>
давление	тс/м <sup>2</sup>

```

""5.1.I=0;"ВЫВ""ПР"25.[A H K E P],"СТРО";RA=R3×KD;"ВЫВ"RA,
"СТРО";G4=G1×L4;TF1=TG(B);TF2=TG(A);SF1=COS(B+F);
CF1=γ(1-SF1↑2
);T1=L4+L5+.5;J=0;2.S1=B2+B5 +(H+D1)×TF1+T1×TF2;S2=0;
EP1=(G4×(T
1-.5×L4)+.5×G2×(T1-L4)↑2);НП= 5×T1;S11=S1+T1×TF1;6.
("E"S11<C1"
TO"(P12=P1;"HA"7);"E"S11<C2"TO"(P12=P2;"HA"7);P12=P3;7.EA=(EP1
+P12×НП)×LA;EP=EP1×LP;"ВЫВ"Т1,"ПР"2,EA,"ПР"2,EP,"ПР"2,P12,"ПР
"2,S11,"СТРО";"E"EP-EA<RA"TO"("E"J= 2"TO"(ST=ST/2);T1=
T1+ST;J=1
;"HA"2);"E"EP-EA>1.05×RA"TO"("E"J= 1"TO"(ST=ST/2);T1=
T1-ST;J=2;
"HA"2);X1=T1×TF2;P11=P1;R31=R3;8.SK=0;S6=0;F5=0;K2=0;
EA4=0;K2=
100;"ДЛ"S=SH"Ш" SH"ДО"B2+B5"ВЫП"(X2=X1-S;S11=S11-SH;
"ИДТИ""HA"6

```

;K1=100;"ДЛ" S4=0"Ш" SH"ДО" B2+B5"ВЫП"(X3=X2+S4;TF3  
 =X3/T1;F3=ARCT  
 G(TF3);CF=COS(F3);SF3=SIN(B+F+F3);TF4=TG(F3-F);CF4=1/√  
 (1+TF4<sup>2</sup>)  
 );T2=S/(TF1+TF3);"E" T2≤L4"ТО"(Q1=G1×T2×S×.5;"HA"3);  
 T3=L4-T2;S3  
 =T3×(TF1+TF3);Q1=.5×(G2×T3×S3+T2×(S+S3)×G1);3."E"  
 T1≤L4"ТО"(Q2=  
 .5×G1×TF3×T1<sup>2</sup>-Q1;"HA"4);T3=T1-L4;Q2=.5×G2×TF3×T3<sup>2</sup>+  
 5×G1×TF3×  
 (T1<sup>2</sup>-T3<sup>2</sup>)-Q1;4Q1=Q1+P11×S;F1=Q1×CF/SF3;EA1=F1×  
 (SF1+CF1/TF4)  
 +Q2/TF4;EA2=EA1;K=(EA1-EA)/R31;"E" K<0"ТО("HA"10);"E"  
 K<KД"ТО"(  
 "HA"11);"E" K1<K"ТО"(K=K1;S4=S5;F3=F4;EA2=EA3;"HA"9);  
 K1=K;S5=S4  
 ;F4=F3;EA3=EA2;10.S=S);9."E" S4>B2+B5"ТО"(11.S=SK,S4=S6;  
 F3=F5;K  
 =K2;EA2=EA4;"HA"5);SK=S;S6=S4;F5=F3;K2=K;EA4=EA2);5.  
 S1=S1-S;"B  
 ЫВ""ПР";"СТРО",S;"ПР"2,S4;"ПР"5,F3;"ПР"3,K;"ПР"2,EA2;"ПР"3,S1,  
 "ПР"2,T1;"ПР"2,ИП;"ПР"2,P11;"ПР"2,P12;"E" I=0"ТО"(I=1;S1=S1+S;P  
 11=0;R31=R30;"HA"8)  
 "ГДЕ"KD=1.8;R3=43.23;C1=14.75;C2=20.75;P2=6  
 ;P3=10;R30=36.9095;G1=1.8;G2=1;L4=2.5;L5=3.275;B2=7.7;B5=.8;H=  
 19.75;D1=.4;LA=.333;LP=3;P1=4;F=.5236;A=1.047198;B=.61055;SH=  
 5;ST=.8"K" ◇

Приложение 5  
 (рекомендуемое)

### АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОСТЕЛИ ПРИ РАСЧЕТЕ ЛИЦЕВОЙ СТЕНКИ

Коэффициент постели определяется на основе кинематической теории давления грунтов по следующей формуле:

$$k = \frac{\gamma \lambda_a}{\eta_{кр} \sin^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)},$$

где  $\eta_{кр}$  — критический угол сдвига грунта засыпки, определяемый по формуле

$$\eta_{кр} = \frac{4a_0 \lambda_0 \operatorname{tg} \varphi}{1 - \lambda_0^2} \ln \frac{1 + \lambda_0}{1 + \lambda_a};$$

$a_0$  — коэффициент уплотнения при напряжениях  $\sigma = 1$  кгс/см<sup>2</sup>;

$\lambda_a, \lambda_0$  — коэффициент бокового давления грунта в активном состоянии и при покое;

$\gamma$  — объемный вес грунта засыпки;

$\varphi$  — угол внутреннего трения грунта.

В зонах изогнутой оси стенки с перемещениями  $u_\varphi$ , превышающими предельные перемещения  $u_{кр} = \eta_{кр} z \sin^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)$ , коэффициент постели следует принимать равным

$$k_z = \frac{k_{у_{кр}}}{u_\varphi}.$$

В указанных зонах для упрощения расчетов изменение коэффициента постели может быть аппроксимировано по линейному закону.

## Приложение 6 (справочное)

### ПРИМЕР

#### статического расчета причального сооружения углового типа с внешней анкерровкой для глубины 15,0 м

Исходные данные (рис. П.6.1).

Засыпка — песок с  $\varphi = 30^\circ$ .

Материал фундаментной плиты и контрфорсов — железобетон.

Материал лицевой панели — шпунт типа Ларсен.

Высота надводной части — 2,50 м.

Коэффициент бокового давления — 0,33.

Временная нагрузка: I зона (ширина 14,25 м) — 4 тс/м<sup>2</sup>; II зона (ширина 6,00 м) — 6 тс/м<sup>2</sup>; III зона — 10 тс/м<sup>2</sup>.

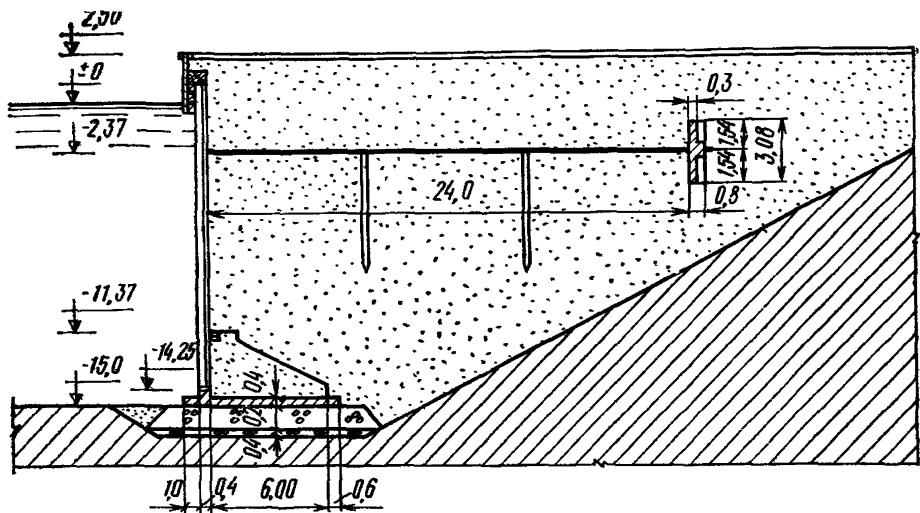


Рис. П.6.1. Конструкция глубоководного причального сооружения с металлической лицевой панелью

Расчет усилий в элементах лицевой стенки выполнен на ЭВМ МИР с помощью программы автоматизированного расчета «Ралис».

Порядок составления исходных данных:

1. Глубина у причала  $H = 14,25$  (м).
2. Расстояние от низа лицевой стенки до уровня нижней опоры  $L_1 = 15,0$  (м).
3. Высота надводной части сооружения  $L_5 = 2,50$  (м).
4. Допускаемый изгибающий момент в лицевой стенке  $MD = 40$  (тс·м).
5. Шаг поиска оптимального положения опор  $LS = 0,2$  (м).
6. Обобщенный расчетный коэффициент прочности монтажной связи  $k = 1,33$ .

В результате расчета (с. 39) определено положение опор, при котором изгибающие моменты на средней опоре и в пролете отличаются не более чем на 5%.

При расстоянии между нижней и средней опорами  $L_2 = 2,375$  м и расстоянии от уровня воды до отметки внешнего анкера  $L_4 = 2,375$  м реакции на оп-

рах составляют: на нижней —  $R_1=1,12706$  тс, на средней —  $R_2=43,64$  тс, на верхней —  $R_3=36,693$  тс.

При этом изгибающие моменты на соответствующих опорах:  $M_1=0,32623$  тс·м,  $M_2=22,429$  тс·м и  $M_3=24,43$  тс·м.

Максимальный изгибающий момент в пролете на расстоянии  $z=10,132$  м составляет 31,59 тс·м.

Так как максимальные изгибающие моменты в пролете и на средней опоре отличаются более чем на 5%, то выполняется поиск оптимального положения опор.

Оптимальное положение опор определено на шестом шаге поиска. При этом средняя опора расположена на  $L_2=2,625$  м, верхняя опора — на  $L_4=2,375$  м.

Усилия на опорах составляют:  $R_1=1,3398$  тс;  $R_2=44,571$  тс.

Изгибающие моменты:  $M_1=0,0358$  тс·м;  $M_2=26,48$  тс·м;  $M_3=24,43$  тс·м;  $M_5=26,27$  тс·м.

Таким образом, лицевая стенка набережной может быть выполнена из шпунта типа Ларсен IV с  $W=2200$  см<sup>3</sup>.

Сечение анкерных тяг: на нижней опоре  $d_1=15,99$  мм; на средней опоре  $d_2=92,27$  мм; на верхней опоре  $d_3=82,41$  мм.

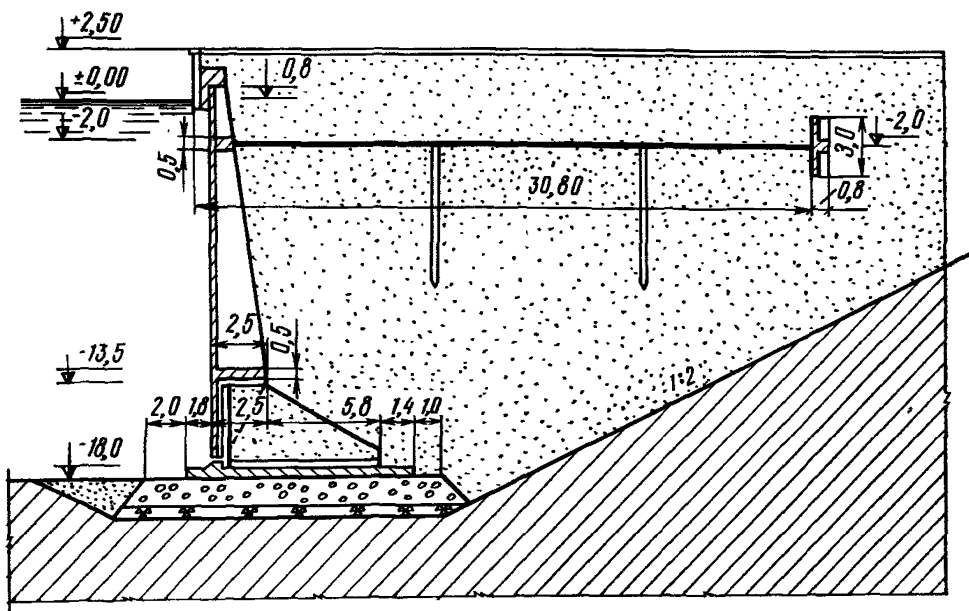


Рис. П.6.2. Конструкция глубоководного причального сооружения с железобетонной лицевой панелью

Расчет ширины фундаментной плиты выполнен на ЭВМ МИР с помощью программы автоматизированного расчета «Сдвиг-2».

Основные конструктивные величины приведены на рис. П.6.1 и приняты из результатов расчета лицевой стенки.

Расчет выполнен для двух стадий образования засыпки: в строительный период ( $I=1$ ) и эксплуатационный период ( $I=2$ ).

Результаты расчета приведены на с. 39

Как следует из результатов расчета, в строительный период (высота засыпки  $z=5,75$  м) при ширине контрфорса  $B_2=6,0$  м и вылете тыловой консоли  $B_3=0,6$  м расчетный коэффициент устойчивости на сдвиг сооружения по каменной постели составляет  $k=6,3336$ . При этом угол наклона кордонной плоскости обрушения  $\alpha=0,50605$  рад ( $\alpha=28^\circ$ ), а угол наклона тыловой плоскости обрушения  $\beta=0,5233$  рад ( $\beta=30^\circ$ ).

Напряжения в основании сооружения:

максимальное  $\sigma_{\max} = 17,497 \text{ тс/м}^2$ ;

минимальное  $\sigma_{\min} = 1,44 \text{ тс/м}^2$ .

При полной высоте засыпки и действии временной нагрузки расчетный коэффициент устойчивости на плоский сдвиг составляет  $k = 1,328$ , а углы наклона плоскостей обрушения  $\alpha = 0,4188 \text{ рад } (24^\circ)$ ,  $\beta = 0,5582 \text{ рад } (32^\circ)$ . В эксплуатационный период напряжения в основании сооружения составляют:

максимальное  $\sigma_{\max} = 42,696 \text{ тс/м}^2$ ;

минимальное  $\sigma_{\min} = 7,044 \text{ тс/м}^2$ .

Поскольку полученные величины напряжений и расчетных коэффициентов устойчивости на плоский сдвиг находятся в пределах нормативных, то окончательно принимаем ширину фундаментной плиты  $B = B_2 + B_5 = 6,6 \text{ м}$ .

Расчет положения анкерной плиты выполнен на ЭВМ МИР с помощью программы «Анкер» автоматизированного расчета. Результаты расчета приведены на с. 40.

На основании расчета, выполненного в соответствии с рекомендациями ВСН 3—80

ММФ —, максимальное расстояние от кордона до анкерной плиты  $S_{11} = 31,862 \text{ м}$ .

В соответствии с методикой расчета (см. п. 2.5.2) расстояние между линией кордона и анкерующей стенкой может быть уменьшено до  $S_1 = 24,006 \text{ м}$ . При этом расчетный коэффициент устойчивости анкерной плиты равен  $k = 2,267 \text{ м}$ .

Высота анкерной плиты  $h_{\text{п}} = 3,087 \text{ м}$ . Отметка низа плиты  $t = 6,175 \text{ м}$ .

На рис. П.6.2 представлен вариант конструкции глубоководной набережной с железобетонной лицевой панелью, разработанной для глубины 18,0 м.

#### «Р а л и с»

L2=.2375<sub>101</sub> L4=.2375<sub>101</sub>  
R11=1.12706 R2=.4364<sub>102</sub> R23=36692<sub>102</sub>  
M11=.32623<sub>10-1</sub> M2=.22429<sub>102</sub> M23=.2443<sub>102</sub>  
M5=-.03159<sub>103</sub> Z=.10182<sub>102</sub>  
L2=.2575<sub>101</sub> L4=.2375<sub>101</sub>  
R11=1.29586 R2=.44387<sub>102</sub> R23=.35779<sub>102</sub>  
M11=.35178<sub>10-1</sub> M2=.25651<sub>102</sub> M23=.2443<sub>102</sub>  
M5=-.02732<sub>103</sub> Z=.09886<sub>102</sub>  
L2=.2775<sub>101</sub> L4=.2375<sub>101</sub>  
R11=1.47626 R2=.45154<sub>102</sub> R23=.34830<sub>102</sub>  
M11=.37726<sub>10-1</sub> M2=.29039<sub>102</sub> M23=.2443<sub>102</sub>  
M5=-.02302<sub>103</sub> Z=.09642<sub>102</sub>  
L2=.2675<sub>101</sub> L4=.2375<sub>101</sub>  
R11=1.3844 R2=.44765<sub>102</sub> R23=.35311<sub>102</sub>  
M11=.36448<sub>10-1</sub> M2=.27324<sub>102</sub> M23=.2443<sub>102</sub>  
M5=-.02519<sub>103</sub> Z=.09764<sub>102</sub>  
L2=.2575<sub>101</sub> L4=.2375<sub>101</sub>  
R11=1.29586 R2=.44387<sub>102</sub> R23=.35779<sub>102</sub>  
M11=.35178<sub>10-1</sub> M2=.25651<sub>102</sub> M23=.2443<sub>102</sub>  
M5=-.02732<sub>103</sub> Z=.09886<sub>102</sub>  
L2=.2625<sub>101</sub> L4=.2375<sub>101</sub>  
R11=1.3398 R2=.44571<sub>102</sub> R23=.35547<sub>102</sub>  
M11=.35813<sub>10-1</sub> Z=.09825<sub>102</sub> M2=.2648<sub>102</sub>  
M5=-.02627<sub>103</sub> M23=.2443<sub>102</sub>  
L2=.2625<sub>101</sub> L4=.2375<sub>101</sub>

#### «С д в и г-2»

I=1 B2=6 B5=.6

ТАБЛИЦА 1

A	BE	KCD
.50605	.5233	.63836 <sub>101</sub>
B5=.6	GN=.144 <sub>101</sub>	GX=.17497 <sub>102</sub>
I=2	B2=6 B5=6	
.4188	.5582	1.32834
B5=.6	GN=.07044 <sub>102</sub>	GX=.42696 <sub>102</sub>



$RA = .6399_{10}2$   
 $T1 = .5375_{10}1$   $EA = .16506_{10}2$   $EP = .68082_{10}2$   $P12 = 10$   $S11 = .29977_{10}2$   
 $T1 = .6175_{10}1$   $EA = .1991_{10}2$   $EP = .86745_{10}2$   $P12 = 10$   $S11 = .31862_{10}2$   
 $S = .4_{10}1$   $S4 = .6_{10}1$   $F3 = .11181_{10}1$   $K = 2.26722$   $EA2 = .10051_{10}3$   
 $S1 = .24006_{10}2$   $T1 = .6175_{10}1$   $HP = .30875_{10}1$   $P11 = 4$   $P12 = 10$

Приложение 7  
(рекомендуемое)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ГРУНТА  
ПРИ РАСЧЕТЕ УСТОЙЧИВОСТИ СООРУЖЕНИЯ  
НА ПЛОСКИЙ СДВИГ  
(первая расчетная схема)**

1. При определении давления грунта на условную расчетную грань стенки  $CD$  или  $CB$  (рис. П.7.1) возможны две расчетные схемы:

- $\alpha \leq 45^\circ - \varphi/2$  — крутая стенка с образованием переходной зоны;
- $\alpha > 45^\circ - \varphi/2$  — пологая стенка.

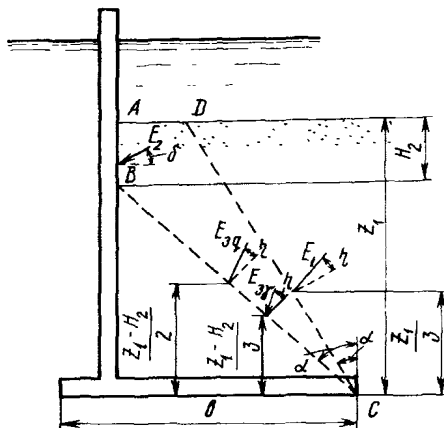


Рис. П.7.1. Схема определения давления грунта при расчете устойчивости сооружения на плоский сдвиг

2. Определение равнодействующей давления грунта  $E$  на условную расчетную грань стенки  $CD$ .

2.1. Для случая крутой стенки с образованием переходной зоны величина  $E_1$  определяется по формуле

$$E_1 = \frac{1}{2} \gamma z^2 \xi_{\gamma k} \quad (1)$$

где

$$\xi_{\gamma k} = S_{\gamma k} (b + d);$$

$$S_{\gamma k} = \frac{\sin (\psi + \alpha) \cos \varphi}{\cos (\psi - \varphi) \cos (\varepsilon - \delta) \cos^2 \alpha};$$

$$\gamma = \frac{\exp \left[ \left( \alpha + \frac{\varphi}{2} - \frac{\pi}{4} \right) \operatorname{tg} \varphi \right]}{\sin (\psi + \alpha)} \left[ \sin \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} - \psi - \alpha \right) \cos \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) + \right. \\ \left. + \cos \varphi \sin (\psi + \alpha) \right]; \\ d = \frac{\operatorname{ctg} \varphi}{2} \left\{ 1 - \exp \left[ \left( \alpha + \frac{\varphi}{2} - \frac{\pi}{4} \right) \operatorname{tg} \varphi \right] \right\}; \\ \psi = \varphi + \operatorname{arctg} \left\{ \frac{\exp \left[ \left( \alpha + \frac{\varphi}{2} - \frac{\pi}{4} \right) \operatorname{tg} \varphi \right] - \cos \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} - \alpha \right)}{\sin \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} - \alpha \right)} \right\}.$$

Сила  $E_1$  отклонена от нормали к грани  $CD$  на угол  $\eta = \varphi$ .

2.2. Для случая пологой стенки  $E_1$  определяется по формуле

$$E_1 = \frac{1}{2} \gamma z_1^2 \xi_{\gamma n}, \quad (2)$$

где

$$\xi_{\gamma n} = \frac{\sin \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \left[ \cos \varphi \cos \alpha + \sin \left( \alpha - \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \sin \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \right]}{\cos \alpha \sin \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} + \mu \right) \sin^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)}; \\ \mu = \operatorname{arctg} \left[ \frac{\sin \left( \alpha - \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \sin \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)}{\cos \alpha \sin^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)} + \operatorname{ctg} \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \right].$$

Сила  $E_1$  отклонена от нормали на угол  $\eta = \frac{\pi}{2} - \alpha - \mu$ .

3. Равнодействующая давления грунта  $E_2$  на участок стенки  $AB$  определяется в соответствии с требованиями главы СНиП на проектирование подпорных стен судоходных шлюзов, рыбопропускных и рыбозащитных сооружений.

4. Определение давления грунта на условную расчетную грань стенки  $BC$ .

4.1. Для случая крутой стенки с образованием переходной зоны равнодействующая давления только от собственного веса грунта высотой  $z_1 - H_2$  находится по формуле

$$E_{3\gamma} = \frac{1}{2} \gamma (z_1 - H_2)^2 \xi_{\gamma k}, \quad (3)$$

где коэффициент  $\xi_{\gamma k}$  определяется по формуле п. 2.1 данного приложения.

Равнодействующая давления от грунтовой пригрузки интенсивностью  $q = \gamma H_2$  вычисляется по формуле (остальные формулы были приведены в п. 2.1 данного приложения)

$$E_{3q} = q (z_1 - H_2) \xi_q, \quad (4)$$

где

$$\xi_q = S_{\gamma k} b \frac{\cos \alpha}{\sin \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)}.$$

При этом силы  $E_{3\gamma}$  и  $E_{3q}$  отклонены от нормали к грани  $BC$  на угол  $\varphi$ .

4.2. Для случая пологой стенки равнодействующая давления только от собственного веса грунта высотой  $z_1 - H_2$  находится по формуле

$$E_{3\Gamma} = \frac{1}{2} \gamma (z_1 - H_2)^2 \xi_{\Gamma\Gamma}, \quad (5)$$

где  $\xi_{\Gamma\Gamma}$  и  $\eta$  определяются по формуле, приведенной в п. 2.2 данного приложения.

Равнодействующая давления от грунтовой пригрузки интенсивностью  $q = \gamma H_2$  вычисляется по формуле

$$E_{3q} = q (z_1 - H_2) \xi_q, \quad (6)$$

где

$$\xi_q = \frac{\xi_{\Gamma\Gamma}}{1 + \lg \alpha};$$

$\xi_{\Gamma\Gamma}$  — определяется по формуле, приведенной в п. 2.2 данного приложения.

## Приложение 8

### ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

СНиП II-A.10—71. Строительные инструкции и основания. Основные положения проектирования.

СНиП II-6—74. Нагрузки и воздействия.

СНиП II-15—74. Основания зданий и сооружений.

СНиП II-16—76. Основания гидротехнических сооружений.

СНиП II-B.3—72. Стальные конструкции.

СНиП II-51—74. Гидротехнические сооружения морские. Основные положения проектирования.

СНиП II-56—77. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.

СНиП II-57—75. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).

СНиП III-A.62. Организационно-техническая подготовка к строительству. Основные положения.

СНиП III-И.1—62. Гидротехнические сооружения морские и речные транспортные. Правила организации и приемки в эксплуатацию.

ВСН 3—80

ММФ . Инструкция по проектированию морских причальных сооружений.

ВСН 9—69

ММФ . Указания по расчету общей устойчивости портовых причальных сооружений по методу разрушающих усилий.

ВСН 6—69

ММФ . Указания по обеспечению долговечности бетонных и железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений.

СН 393—69. Указания по сварке соединений арматуры и закладных деталей железобетонных конструкций.

Нормы технологического проектирования морских портов. ВНТП 01—78  
Минморфлот .

Инструкция по расчету обидей устойчивости гидротехнических сооружений (Черноморниипроект).

СНиП II-55—79. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие положения . . . . .	3
2. Указания по расчету . . . . .	6
2.1. Общие положения . . . . .	—
2.2. Нагрузки и воздействия . . . . .	7
2.3. Расчет усилий в элементах лицевой стенки . . . . .	—
2.4. Расчет устойчивости на плоский сдвиг и определение напряжений в основании сооружения . . . . .	10
2.5. Расчет устойчивости анкерующего массива грунта . . . . .	14
2.6. Расчет общей устойчивости причального сооружения . . . . .	16
3. Указания по конструированию . . . . .	18
Приложение 1. Обобщенные расчетные коэффициенты . . . . .	23
Приложение 2. Программа «Ралис» автоматизированного расчета усилий в элементах лицевой стенки . . . . .	24
Приложение 3. Программа «Сдвиг» автоматизированного расчета ширины фундаментной плиты . . . . .	28
Приложение 4. Программа «Анкер» автоматизированного расчета положения анкерующей стенки . . . . .	33
Приложение 5. Аналитический метод определения коэффициента постели при расчете лицевой стенки . . . . .	36
Приложение 6. Пример статического расчета причального сооружения углового типа с внешней анкерровкой для глубины 15,0 м . . . . .	37
Приложение 7. Определение давления грунта при расчете устойчивости сооружения на плоский сдвиг (первая расчетная схема) . . . . .	40
Приложение 8. Перечень использованных нормативных документов . . . . .	42

**Руководство по проектированию  
глубоководных причальных сооружений углового типа**

**РД 31.31.04—79**

Отв. за выпуск А. П. Черепяхин

Редактор Э. А. Андреева

Технический редактор Б. Г. Колобродова

Корректор И. А. Денежкина

---

Л-88075 Сдано в набор 25/III-81 г. Подписано в печать 5/VIII-81 г.  
Формат изд. 60×90/16. Бум. тип. № 1. Гарнитура литературная.  
Печать высокая. Печ. л. 2,75 Уч.-изд. л. 2,99 Тираж 500 экз. Изд.  
№ 1013-Г. Заказ тип. № 625. Цена 45 коп.

Центральное рекламно-информационное агентство  
ММФ (ЦРИА «Морфлот»)

---

Типография «Моряк», Одесса, ул. Ленина, 26