МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА

РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ПЕРЕГРУЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ

РД 31.31.31—83

МОСКВА
В/О «МОРТЕХИНФОРМРЕКЛАМА»
84

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА

РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ПЕРЕГРУЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ

РД 31.31.31—83

МОСКВА
В/О «МОРТЕХИНФОРМРЕКЛАМА»
1984

Руководство по проектированию причальных сооружений для перегрузки крупногабаритных и тяжеловесных грузов. РД 31.31.31—83. — М.: В/О «Мортехинформреклама», 1984, — 52 с.

РАЗРАБОТАН Одесским филиалом Государственного проектно-изыскательского и научно-исследовательского института морского транспорта «Союзморниипроект» — Черноморниипроектом

Директор — *канд. техн. наук В. А. Яценко*

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

Руководитель разработки — *канд. техн. наук Д. А. Шварцман*

Исполнители: *Э. Ф. Шихиева, В. С. Зеленский, Н. И. Драненко, Ю. М. Омельченко*

УТВЕРЖДЕН Союзморниипроектом

Главный инженер *Ю. А. Ильницкий*

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МОРСКОГО ТРАНСПОРТА «СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ»

РАСПОРЯЖЕНИЕ

30 декабря 1983 г. г. Москва № 64

Содержание: Утверждение Руководства по проектированию причальных сооружений для перегрузки крупногабаритных и тяжеловесных грузов.

Черноморниипроектом разработано Руководство по проектированию причальных сооружений для перегрузки крупногабаритных и тяжеловесных грузов, одобренное секцией НТС ЧМНИИП в качестве пособия к $\frac{\text{ВСН 3—80}}{\text{Минморфлот}}$ «Инструкция по проектированию морских причальных сооружений».

На основе действующих Правил разработки РНД и имеющегося согласия В/О «Морстройзагранпоставка» (письмо от 19.11.80 г. № УКС/3/5332)

ПРЕДЛАГАЮ:

1. Утвердить и ввести в действие с 01.07.84 г. для опытного проектирования «Руководство по проектированию причальных сооружений для перегрузки крупногабаритных и тяжеловесных грузов» РД 31.31.31—83 в качестве пособия к $\frac{\text{ВСН 3—80}}{\text{Минморфлот}}$ «Инструкция по проектированию морских причальных сооружений».

2. Главному инженеру ЧМНИИП т. Тарану В. М. обеспечить издание РД 31.31.31—83 и рассылку его всем заинтересованным организациям, а также сбор и обработку предложений по результатам внедрения указанного Руководства.

Главный инженер **Ю. А. Ильницкий**

Руководство по проектированию причальных сооружений для перегрузки крупногабаритных и тяжеловесных грузов

РД 31.31.31—83
Вводится впервые

Срок введения в действие установлен с 1 июля 1984 г.

Настоящее Руководство распространяется на проектирование причальных сооружений (далее — причалов), возводимых в морских портах для переработки крупногабаритных и тяжеловесных грузов (КГ и ТГ) массой не более 500 т.

Руководство не распространяется на причальные сооружения, возводимые в сейсмических районах (с сейсмичностью 7 баллов и выше), в зонах распространения вечномерзлых и просадочных грунтов, на территориях, подверженных оползням и карстам, в суровых ледовых условиях при толщине ледового покрова свыше 1,0—1,5 м.

Проектирование в этих случаях ведется с учетом дополнительных требований соответствующих нормативных документов, а при их отсутствии — на основе специально проводимых исследований.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Причальные сооружения для переработки крупногабаритных и тяжеловесных грузов (КГ и ТГ) в соответствии с главой СНиП по основным положениям проектирования морских гидротехнических сооружений относятся к сооружениям III и IV классов.

1.2. При проектировании причальных сооружений для переработки КГ и ТГ надлежит руководствоваться требованиями главы СНиП по проектированию морских гидротехнических сооружений, других соответствующих глав СНиП, общесоюзных и ведомственных нормативных документов в той их части, которая не охватывается настоящим РД.

1.3. При проектировании необходимо обеспечить применение технологических, компоновочных и конструктивных схем, допускающих изменения в условиях возрастающего грузооборота; оптимизацию выбранного типа конструкции; максимальное использование при строительстве причалов существующих индустриальных конструктивных элементов и строительного оборудования.

2. КОМПОНОВКА ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

2.1. Компоновка причалов для переработки КГ и ТГ должна выполняться в соответствии с указаниями $\frac{\text{ВНТП 01—78}}{\text{Минморфлот}}$ «Нормы

технологического проектирования морских портов», РД 31.30.05—73 «Указания по компоновке морских портов» и дополнительными требованиями, установленными пп. 2.2—2.10 настоящего РД.

При выборе вариантов причалов для КГ и ТГ следует рассматривать следующие типы их компоновочных решений:

фронтальный — с расположением вдоль береговой линии; с расположением вдоль береговой линии с уступом, а в отдельных случаях и с доковой камерой;

пирсовый — с выносом причального фронта в акваторию;

причалы в ковшах с одной или двумя опорными эстакадами.

Рекомендуемые схемы компоновки приведены на рис. П.2.1—П.2.3.

2.2. Фронтальное расположение причала рекомендуется применять в неспециализированных для перегрузки КГ и ТГ портах и допускается использовать в портах, имеющих специализированный причальный фронт для перегрузки КГ и ТГ, при наличии обоснования (оборудование судов аппарелями, могущими располагаться под углом к продольной оси судна, или боковыми платформами при условиях, оговоренных в п. 2.3) (см. рис. П.2.1).

2.3. Фронтальное расположение причала с уступом (см. рис. П.2.1,*б*) следует применять при создании специализированных комплексов перегрузки КГ и ТГ, существенном удельном весе прямого варианта перегрузки, наличии значительного числа трейлеров, платформ на железнодорожном, гусеничном или пневмоходу, обеспечивающих все грузы массой свыше 100 т, одновременно хранящиеся на складе, и при периодически возникающих перевозках крупных (больше 10 шт.) партий КГ и ТГ.

Устройство доковой камеры у уступа фронтально расположенного причала (см. рис. П.2.1,*в*) допускается при существенных ($\geqslant$1,5 м) колебаниях уровня, регулярной переработке грузов, обладающих плавучестью, на рейде с помощью плавкранов и при наличии технико-экономического обоснования.

2.4. Причалы пирсового типа, специализированные для перегрузки КГ и ТГ, рекомендуется применять при наличии свободной акватории:

в виде широкого пирса (см. рис. П.2.2,*а*), если планируемый грузооборот не может быть обеспечен работой одного причала, либо при расположении на одной стороне пирса причала для КГ и ТГ, а на другой — контейнерного терминала;

в виде узкого пирса (см. рис. П.2.2,*б*) при технико-экономической целесообразности выноса причала на естественные глубины или углубляемый рейд внутри защищенной акватории, при недостаточной протяженности причального фронта порта или района, существенном удельном весе прямого варианта перегрузки, наличии значительного числа трейлеров, самоходных платформ, обеспечивающих все грузы, одновременно хранящиеся на складе, массой свыше 100 т, ограничении габаритов перерабатываемых грузов величиной пролета крановой эстакады в поперечном направлении.

2.5. Причалы ковшового типа, обслуживаемые козловыми кранами большой грузоподъемности, с двумя опорными эстакадами (см. рис. П.2.3,*а*) допускается применять в составе специализированного для переработки КГ и ТГ комплекса при наличии свободной акватории, больших складских площадей, отсутствии или существенной нехватке трейлеров, самоходных тележек и т. п., большей величине грузооборота КГ и ТГ, чем это может обеспечиваться причалом, оборудованным мачтовыми деррик-кранами.

Причалы ковшового типа с одной опорной эстакадой (см. рис. П.2.3,*б*) допускается применять в тех же случаях, что указаны выше в данном пункте, но при отсутствии свободной акватории и наличии резервов длины берегового причального фронта.

Рациональным является размещение причалов ковшового типа в местах поворота причального фронта.

2.6. При перегрузке способом докования следует предусматривать участок свободной, защищенной от волнения акватории, размеры которой и глубина должны обеспечивать возможность погружения судна длиной $L=150$ м и производства необходимых маневров.

2.7. При наличии существенных колебаний уровня ($\geqslant 1{,}5$ м) рекомендуется устройство стационарных пандусов с уклоном менее 1:10 на концевых участках причалов либо других опорно-соединительных устройств (промежуточных понтонов, шарнирно прикрепленных к причалу в месте уступа, и т. п.).

2.8. Тыловые складские площадки должны иметь прочное покрытие на площади, обеспечивающей хранение одновременно находящихся там КГ и ТГ, в соответствии с грузооборотом причала и емкостью складов, определяемой по указаниям Норм технологического проектирования морских портов.

2.9. Стоянка судов у причала допускается при высотах волн, не превышающих принятых постановлением по порту, и уточняется расчетами, производимыми по указаниям Руководства по определению нагрузок на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов) в зависимости от дедвейта судна и конструкции отбойных устройств.

2.10. Существующие причалы или их участки, используемые для перегрузки КГ и ТГ, должны удовлетворять следующим условиям:

располагаться в торцевой части причальной линии во избежание влияния перегрузки КГ и ТГ на работу соседних причалов;

иметь в кордонной зоне железнодорожные пути, а также пути для трейлеров и платформ;

обладать зонами складирования тяжеловесов в местах расположения проектных нагрузок большой интенсивности (крановых, железнодорожных).

3. ВЫБОР ГАБАРИТОВ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

3.1. Причальные сооружения должны иметь такие размерения и устройства, которые обеспечивали бы перегрузку тяжеловесных

грузов расчетной массы и крупногабаритных грузов расчетной длины при проектной производительности перегрузочного оборудования и безопасных условиях его эксплуатации.

3.2. Длину причала рекомендуется определять при фронтальном расположении причалов и для причалов широкого пирса по формуле

$$L_{\text{п}} = L_{\text{с}} + a + b. \qquad (1)$$

где $L_{\text{п}}$ — длина причала, м;

$L_{\text{с}}$ — наибольшая длина судна, обрабатываемого у причала, м;

a — запас, обеспечивающий безопасную стоянку судна и принимаемый по табл. 20 $\frac{\text{ВНТП 01—78}}{\text{Минморфлот}}$ «Нормы технологического проектирования морских портов», м;

b — технологический запас, принимаемый равным $0{,}25L_{\text{с}}$ при стационарном положении перегружателей, мачтовых деррик-кранов или козловых кранов, учитывающий возможность перешвартовки судна (протяжки его вдоль линии причала) и уточняемый технологическим заданием, м.

Длина уступа для обработки грузов горизонтальным способом $l_{\text{у}}$ определяется по формуле

$$l_{\text{у}} = (1{,}5 \div 2{,}0)\, L_{\text{гр}} + l_{\text{а}}, \qquad (2)$$

где $L_{\text{гр}}$ — максимальная длина прогнозируемых КГ и ТГ, м;

$l_{\text{а}}$ — длина аппарели расчетного судна, м.

$l_{\text{у}} = (3{,}0 \div 4{,}0)\, L_{\text{гр}}$ — при наличии доковой камеры у причала, м;

$l_{\text{у}} = 0$ — в остальных случаях.

Величина $l_{\text{у}}$ может быть уточнена в соответствии с особенностями переработки конкретных партий КГ и ТГ.

Для причалов в виде узкого пирса длина технологической площадки $l_{\text{т.п}}$ определяется пролетом крановой эстакады $l_{\text{к}}$:

$$l_{\text{т.п}} = l_{\text{к}} + 2C, \qquad (3)$$

где C — запас безопасности, принимаемый $\approx 2{,}25$ м.

Для причалов ковшового типа длина причала $L_{\text{п}}$, равная длине опорной эстакады, принимается $0{,}90L_{\text{с}} + a$.

3.3. Ширина уступа $b_{\text{у}}$ фронтально расположенного причала должна приниматься равной сумме ширины наибольшего судна, обрабатываемого горизонтальным способом, и толщины отбойных устройств причала, у которого судно располагается лагом.

Минимальная ширина широкого пирса определяется принятой технологической схемой переработки КГ и ТГ в зависимости от наибольшей ожидаемой ширины перерабатываемого груза и ширины операционной зоны, принимаемой равной для мачтовых деррик-кранов 16—26 м, а для контейнерных перегружателей расстоянию от кордона до тыловой нитки подкранового пути.

3.4. Ширину ковша в ковшовом варианте компоновки либо расстояние между двумя причальными линиями внешнего и внутреннего рядов палов в конструкциях в виде узкого пирса рекомендуется принимать больше ширины наиболее широкого судна, обрабатываемого у причала, не менее чем на 5,0 м, но не более половины ширины этого судна.

3.5. В конструкции причала ковшового типа с двумя опорными эстакадами ширина одной и эстакад, являющейся соединительной, должна определяться с учетом запасов безопасного прохода как со стороны подкранового рельса ($C \approx 2{,}25$ м), так и со стороны автодороги и пешеходного тротуара шириной $b_а = (3{,}5 \div 4{,}0)$ м и $b_т = (0{,}75 \div 1)$ м соответственно. Прокладка эксплуатационных и пожарных трубопроводов производится в потернах.

Ширина опорных эстакад, не используемых в качестве соединительных, принимается из условия обеспечения безопасного ремонта и прохода $C \approx 2{,}25$ м с обеих сторон подкранового рельса.

3.6. Возвышение отметки кордона причалов для перегрузки КГ и ТГ следует принимать в соответствии с указаниями ВНТП 01—78 Минморфлот «Нормы технологического проектирования морских портов». Низ плиты верхнего строения эстакадных конструкций должен быть выше на 1,0 м гребня волны при максимальном расчетном уровне.

3.7. Глубину у причала следует назначать в соответствии с требованиями Норм технологического проектирования морских портов с учетом изменения осадок специализированных судов у причалов при выполнении технологических операций. У специализированных причалов для перегрузки КГ и ТГ глубину у причалов рекомендуется принимать не менее 11,5 м.

Глубина в доковой камере определяется наибольшей осадкой перерабатываемого груза, обладающего плавучестью, и запасами на крен груза и волну. Запас на заносимость учитывается, если дно доковой камеры менее чем на 1,0 м выше отметки дна у причала.

3.8. Длина соединительной эстакады конструкции типа узкого пирса принимается в соответствии с длиной $l_г$, необходимой для выхода на проектную глубину и определяемой из условия наименьшей общей стоимости соединительной эстакады и требуемого дноуглубления.

Ширина соединительной эстакады определяется из условия размещения на ней автодороги шириной 3,5—4,0 м пешеходного тротуара шириной 0,75—1,0 м, а также пожарных, а при обосновании — и бункеровочных трубопроводов.

Отметку верхнего строения соединительной эстакады следует принимать равной отметке технологической площадки.

3.9. При длинах соединительных эстакад, превышающих 100 м, необходимо устройство разъездов для автомобильного транспорта. Интервал между разъездами принимается не менее 100, но не более 250 м. Ширину проезжей части на разъездах следует принимать 10 м, а наименьшую длину разъезда — 30 м. Переход к разъезду следует осуществлять на протяжении 10 м.

3.10. Плановое и высотное положение отбойных и швартовных палов определяется в соответствии с указаниями Пособия по проектированию глубоководных узких пирсов эстакадного типа и пирсов мостового типа на опорах из массивов-гигантов и из оболочек большого диаметра.

Число отбойных палов во внешнем ряду палов узкого пирса рекомендуется принимать не более двух, располагая их напротив внутренних отбойных палов на основной причальной линии.

4. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

4.1. Общие положения

4.1.1. Конструкции причальных сооружений для переработки КГ и ТГ должны обеспечить: удобство обслуживания судов, восприятие нагрузок от судов, технологического оборудования и транспортных средств с учетом перерабатываемых и транспортируемых КГ и ТГ, нагрузок от складируемых КГ и ТГ, восприятие ветровых, волновых и ледовых нагрузок и воздействий; производство работ по возведению причалов с наименьшими возможными сроками, стоимостью и трудоемкостью, а также долговечность причального сооружения.

4.1.2. Выбор конструктивного решения причалов для переработки КГ и ТГ должен производиться на основе сопоставления технико-экономических показателей вариантов, обеспечивающих необходимую прочность, устойчивость и пространственную неизменяемость сооружения на всех этапах его строительства и эксплуатации, а также выполнение требований долговечности в сочетании со сроком морального старения сооружения.

Рекомендуемые типы конструкций приведены в приложении 3 настоящего Руководства.

4.1.3. При проектировании причалов для переработки КГ и ТГ на слабых грунтах необходимо учитывать большую сжимаемость, медленное протекание осадок во времени, существенную изменчивость и анизотропию прочностных, деформационных, фильтрационных и реологических характеристик, присущих слабым грунтам, а также их тиксотропность, вызывающую временное разжижение ила при воздействии на него динамических нагрузок в соответствии с Рекомендациями по расчету свайных фундаментов в слабых грунтах.

4.1.4. Допускается применение конструкций причалов на специальных опорах в виде колонн и пространственных блоков, опирающихся на свайные кусты и ячейки из металлического шпунта, при больших толщах слабых грунтов (свыше 10—15 м) или интенсивном истирающем действии наносов.

4.1.5. Конструкции гравитационного типа должны обладать большой жесткостью в продольном направлении с целью распределения нагрузок от КГ и ТГ вдоль причала и обеспечения устой-

чивости к местным повреждениям. Рекомендуется применять массивы-гиганты, особенно с откидной панелью, а при наличии специального обоснования — уголковые конструкции с толщиной передней стенки не менее 30 см, шириной монтажного блока более 6 м и сооружения из массивовой кладки с перевязкой швов и массой массивов не менее 200 т.

4.1.6. Для повышения несущей способности и устойчивости причалов для перегрузки КГ и ТГ, уменьшения длины свай, их количества, уменьшения ширины профиля гравитационного сооружения необходимо применять конструктивные меры:

экранирование лицевых стенок причалов свайными рядами, разгрузочными анкерными плитами и платформами, в том числе опирающимися на тыловые опоры;

устройство анкерующих и экранирующих железобетонных плит верхнего строения причала, в том числе с тыловыми опорами;

анкеровку гравитационных конструкций;

прокладку анкерных тяг в коробах с запасом по высоте на осадку территории;

применение сборно-монолитного верхнего строения эстакадных конструкций с толщиной плит не менее 0,5 м;

повышение жесткости свай путем усиления существующих сечений свай и создания новых рациональных типов их сечений, заполнения свай-оболочек на необходимую по расчету высоту бетоном;

устройство уширений на стволе свай или уширенной пяты в основании сваи;

забуривание нижних концов свай-стоек в скальный грунт (с анкеровкой или без анкеровки) с заполнением цементным раствором околосвайного пространства;

устройство металлических бурозаливных свай, усиленных анкерами, установленными в полость свай, при слабых грунтах основания.

4.1.7. Тонкостенные конструкции в зоне истирающего действия наносов следует защищать железобетонными или металлическими кожухами (коробами) с бетонным заполнением, в необходимых случаях объединяя сваи в свайные кусты.

4.2. Конструирование вновь строящихся причальных сооружений

4.2.1. Конструкцию причального сооружения из заанкерованных массивов-гигантов с откидной панелью следует применять при наличии в основании плотных или скальных грунтов с отметки, не более чем на 3—4 м превышающей требуемую глубину у причала, и специальной строительной базы на бассейне по изготовлению массивов-гигантов.

4.2.2. Конструкции эстакадного типа рекомендуется использовать для причалов типа узкого пирса, опорных эстакад, при су-

щественном влиянии типа профиля причала (откосный или вертикальный) на волновой режим прилегающего участка акватории, а также в условиях дефицита металлического шпунта.

4.2.3. Больверки из металлического шпунта с экранированием их свайными рядами и причальные сооружения с экранирующей надстройкой, опирающейся на экранирующие больверк свайные ряды и тыловые опоры, могут применяться во всех случаях, за исключением оговоренных в пп. 4.2.1 и 4.2.2.

4.2.4. В составе конструкции причала необходимо предусматривать усиленный участок длиной не менее 60 м с допускаемой нагрузкой 0,1 МПа (10 тс/м^2) у кордона и 0,12 МПа (12,0 тс/м^2) в переходной зоне с целью повышения пропускной способности причала, расширения его оперативной и складской зон, ликвидации жесткого и неэффективного контроля за типами используемых трейлеров, платформ, кильблоков, специальных распределительных устройств, строгих ограничений при перегрузке к вылетам судовых стрел плавучих кранов. Длина такого участка уточняется в зависимости от схемы компоновки технологическим заданием.

Конструкцию остальной части причала рекомендуется принимать по типу конструкции его усиленного участка из элементов облегченного профиля по сравнению с используемыми на усиленном участке (сваи меньшего диаметра и площади, разгрузочные платформы меньшей толщины и пролета и т. п.).

4.2.5. Рекомендации по конструированию сооружений из заанкерованных массивов-гигантов с откидной панелью следует принимать в соответствии с указаниями РД 31.31.05—79 «Руководство по проектированию глубоководных причальных сооружений из заанкерованных массивов-гигантов» (см. рис. П.3.1).

4.2.6. Рекомендации по конструированию больверка, экранированного свайными рядами, необходимо принимать в соответствии с РТМ 31.3016—78 «Указания по проектированию больверков с учетом перемещений и деформаций элементов» (см. рис. П.3.2).

4.2.7. В качестве анкерующих элементов больверка с двухрядным экранированием рекомендуется применять 2 ряда свай 0,45×0,45 м шагом 1,5—3,0 м, объединенных оголовком толщиной не менее 0,8 м, могущим быть опорой тылового пути перегружателя. Расстояние между осями свайных рядов (в поперечном направлении) должно составлять не менее 2,5 м.

Анкерные тяги должны прокладываться по днищу прямоугольных железобетонных коробов шириной до 0,15 м и высотой не меньше 0,5 м или прогнозируемой осадки территории.

4.2.8. Лицевые стенки больверков следует устраивать из шпунта типа «Ларсен», коробчатых шпунтовых свай, образуемых из этого шпунта, комбинированными из попеременно забиваемых шпунтин и коробчатых шпунтовых свай (через 1—2 шпунтины) и из железобетонных свай-оболочек. При соответствующем обосновании шпунтины могут быть погружены на меньшую глубину, чем коробчатые шпунтовые сваи, но не менее чем на глубину, равную

глубине прохождения кривой скольжения, с коэффициентом запаса K, равным 0,95, плюс запас, определяемый $\frac{\text{ВСН 3—80}}{\text{Минморфлот}}$ «Инструкция по проектированию морских причальных сооружений».

4.2.9. Толщина экранирующей плиты верхнего строения в конструкции причала с экранирующей надстройкой (см. рис. П.3.3) должна приниматься по расчету, но не менее 0,8 м при монолитной конструкции плиты, а ее ширина определяется либо колеей перегрузочной машины с учетом зон омоноличивания на тыловых опорах, либо из условия полного экранирования шпунта выше уровня дна от действия бокового давления, вызванного полезной нагрузкой. При требуемой по расчету толщине плиты более 1 м рекомендуется забивка промежуточного свайного ряда, располагаемого между свайными рядами-опорами подкранового пути.

4.2.10. Величина консольного тылового свеса, служащего опорой анкера, принимается не более 0,5 м.

При соответствующем расчетном обосновании допускается анкеровка шпунта за анкерную опору, не связанную с основной конструкцией (анкерную плиту, анкерующий ростверк и т. п.). В этом случае часть анкерной тяги за пределами экранирующей надстройки должна располагаться в коробе согласно указаниям п. 4.2.7.

4.2.11. Рекомендуется шарнирное сопряжение шпунта с экранирующей надстройкой на отметке, превышающей отметку крепления анкерной тяги, с целью передачи на шпунт разгружающего момента от навала экранирующей конструкции на шпунт.

4.2.12. В качестве опор для кордонной подкрановой нитки следует применять составные сваи из шпунта типа «Ларсен», металлические трубы диаметром 0,52—1,02 м (при специальном обосновании), призматические железобетонные сваи 0,45×0,45 м. В качестве тыловых опор рекомендуется использовать: козловые опоры из призматических железобетонных свай 0,45×0,45 м, из металлических труб диаметром 0,52—1,02 м (при специальном обосновании); железобетонные оболочки диаметром 1,6 м и шагом до 6,0 м; металлические трубы диаметром 0,82—1,42 м; ячейки из плоского шпунта; составные сваи из шпунта типа «Ларсен»; шпунтовые ряды.

4.2.13. Потерны для инженерных коммуникаций рекомендуется располагать у кордонной грани плиты верхнего строения.

Температурные швы, разделяющие монолитную плиту на блоки, рекомендуется устраивать только в продольном направлении причала с шагом, определяемым по указаниям СНиП II-56—77 по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений. В монолитной плите верхнего строения следует предусматривать каналы с закладными деталями для устройства подкрановых и железнодорожных путей.

4.2.14. Верхнее строение причалов эстакадного типа должно быть сборно-монолитной конструкции (см. рис. П.3.4), сборная часть которого состоит из продольных или поперечных железобетонных ригелей таврового сечения и укладываемых по ним ребри-

стых панелей, а монолитная часть образована сплошной армированной бетонной плитой толщиной 0,8—1,0 м, опалубкой которой являются ребристые панели. Марка монолитного бетона принимается не менее «400». Устройство коммуникаций производится в соответствии с указаниями п. 4.2.13.

4.2.15. В качестве свайных опор следует применять железобетонные оболочки либо металлические трубы (диаметром не менее 1,0 м) при наличии специального обоснования. Шаг свай в поперечном и продольном направлениях рекомендуется принимать не более 8,0 м.

4.2.16. При недостаточной несущей способности верхнего слоя скальных грунтов или нарушении устойчивости сваи по грунту основания при действии горизонтальных нагрузок, устанавливаемых по методике Руководства по проектированию свайных фундаментов, сваи-стойки необходимо заделывать в скальный грунт на величину, определяемую расчетом. При этом величина заделки должна быть не менее 0,5 м в сплошной скале с пределом прочности на сжатие более 40 МПа и не менее 1,5 м в остальных скальных грунтах.

4.2.17. Диаметры боковых уширений створа сваи, уширенной пяты, требования по заделке верхних концов свай в верхнее строение и по устройству в основании свай бетонных пробок необходимо принимать в соответствии с указаниями Руководства по проектированию свайных фундаментов.

4.2.18. В зоне возможного льдообразования при наличии соответствующего обоснования необходимо предусматривать во внутренних полостях свай устройство сплошных пробок из асфальтобетона или цементобетона.

4.2.19. В местах расположения на причале свайной конструкции швартовных устройств, неподвижных опор мачтовых дерриккранов и другого оборудования, передающего на верхнее строение сосредоточенные горизонтальные, вертикальные и моментные нагрузки, необходимо устраивать опоры из козловых и вертикальных свай. Верхнее строение этих опор выполняется совместно с верхним строением причала либо отделяется от него деформационными швами.

4.3. Реконструкция существующих причальных сооружений для организации перегрузки КГ и ТГ

4.3.1. Реконструкцию гравитационных причальных сооружений уголкового типа с внешней и внутренней анкеровкой, из массивовой кладки и больверков из металлического или железобетонного шпунта рекомендуется проводить путем разборки существующего покрытия и путей и устройства монолитных железобетонных платформ, опирающихся для сооружений из массивовой кладки и из шпунта на существующую конструкцию причального сооружения и тыловые опоры (см. рис. П.3.5, П.3.7), а в конструкциях уголко-

вого типа на свайный ряд, забиваемый впереди существующей конструкции, и тыловые опоры (см. рис. П.3.6).

4.3.2. Монолитная железобетонная платформа должна быть соединена шарнирно с обвязочными балками причалов шпунтовой конструкции, свободно опираться на массивы верхнего курса в конструкциях из массивовой кладки, а на оголовок уголковой конструкции опираться с помощью упругой металлорезиновой прокладки.

При этом в целях уменьшения разности краевых напряжений в основании гравитационной стенки центр находящейся на стенке опорной части монолитной платформы должен быть на одной вертикали с серединой подошвы массивовой стенки, а зазор между монолитной платформой и оголовком лицевой плиты уголковой стенки должен быть больше осадки кордонного и тыловых свайных рядов не менее чем на две трети толщины упругой прокладки.

Указания по конструированию монолитной платформы приведены в пп. 4.2.9 и 4.2.13 настоящего Руководства.

Конструкции тыловых опор следует принимать по указаниям п. 4.2.12.

4.3.3. Реконструкцию причальных сооружений эстакадного типа рекомендуется проводить путем увеличения толщины плиты ростверка и устройства дополнительных опор (см. рис. П.3.8).

4.3.4. Увеличение толщины плиты ростверка следует производить за счет устройства монолитной железобетонной плиты на поверхности существующего ростверка после снятия цементно-бетонного покрытия. Толщина монолитной плиты определяется по расчету. Для связи нового и старого верхних строений рекомендуется в конструкции существующего ростверка устройство «окон», омоноличиваемых с новым верхним строением, как в местах установки дополнительных опор, так и в пролетах ростверка.

4.3.5. Дополнительные опоры рекомендуется выполнять из коробчатых свай, образованных сваркой шпунтин типа «Ларсен», либо при наличии специального обоснования — из металлических труб диаметром 0,6—1,02 м.

Количество дополнительных опор в одном поперечном ряду ростверка устанавливается расчетом, но принимается не менее двух. Шаг дополнительных опор в продольном направлении следует принимать кратным шагу свай в существующей конструкции, но не более 6,0 м. При реконструкции эстакадных сооружений на опорах из свай-оболочек диаметром 1,6 м дополнительные опоры могут не устанавливаться при соответствующем расчетном обосновании.

5. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

5.1. Расчет причальных сооружений для переработки КГ и ТГ следует производить по предельным состояниям.

Состав расчетов и значения коэффициентов перегрузки, условий работы и динамичности следует принимать в соответствии с

указаниями главы СНиП по проектированию морских гидротехнических сооружений и Инструкции по проектированию морских причальных сооружений.

5.2. Характер и значение нагрузок, воздействий и сочетаний необходимо определять в соответствии с требованиями глав СНиП по нагрузкам и воздействиям, по основным положениям проектирования морских гидротехнических сооружений, по нагрузкам и воздействиям на гидротехнические сооружения (волновым, ледовым и от судов), по основаниям гидротехнических сооружений, в соответствии с ВНТП 01—78/Минморфлот «Нормы технологического проектирования морских портов» и дополняющими их положениями пп. 5.3—5.8 настоящего Руководства.

5.3. Нагрузки на причалах для переработки КГ и ТГ от массы складируемых тяжеловесов следует принимать:

в прикордонной зоне, обслуживаемой стационарными перегружателями, судовыми кранами специализированных судов, и на площадках, предназначенных для грузов, выгружаемых плавучими кранами, на участке длиной не менее 60 м, уточняемой технологическим заданием, — 0,1 МПа (10 тс/м^2);

в переходной зоне, соответствующей этому участку, — 0,12 МПа (12,0 тс/м^2);

в тыловой зоне всего причала — 0,12 МПа (12,0 тс/м^2).

Нагрузки на остальной территории причала следует относить к категории 0-К по Нормам технологического проектирования морских портов и принимать:

в прикордонной зоне — 0,04 МПа (4,0 тс/м^2);

в переходной зоне — 0,06 МПа (6,0 тс/м^2).

5.4. Нагрузку от перегрузочного оборудования необходимо принимать по фактическим характеристикам перегружателей, трейлеров с учетом перспективных типов оборудования, но не менее крановой нагрузки К-35, а от безрельсового транспорта — КВ-70, определяемых по ВНТП 01—78/Минморфлот «Нормы технологического проектирования морских портов». Допускается в качестве нормативной нагрузки от безрельсового транспорта принимать нагрузку КВ-35 при наличии соответствующего обоснования.

5.5. Покрытие портовой территории следует рассчитывать на нагрузку от безрельсового транспорта КВ-70 или КВ-35 (при обосновании) и местную полосовую равномерную нагрузку не менее 0,3 МПа (30 тс/м^2) при ширине полос нагрузки не более 0,4 м.

5.6. Нагрузка от автотранспорта на технологических площадках и соединительных эстакадах принимается в соответствии с ВНТП 01—78/Минморфлот «Нормы технологического проектирования морских портов» по классу Н-10, а при требованиях переработки спецгрузов — с учетом их габаритно-весовых характеристик.

5.7. Расчет конструкций причальных сооружений для переработки КГ и ТГ необходимо производить по программе «PORT» ме-

тодом конечных элементов с учетом взаимодействия их в грунтовой среде по указаниям, приведенным в приложении 4.

5.8. Рекомендации по расчету сооружений из заанкерованных массивов-гигантов с откидной панелью (см. рис. П.3.1) надлежит принимать в соответствии с указаниями РД 31.31.05—79 «Руководство по проектированию глубоководных причальных сооружений из заанкерованных массивов-гигантов».

5.9. Рекомендации по расчету больверка, экранированного свайными рядами (см. рис. П.3.2), необходимо принимать в соответствии с РТМ 31.3016—78 «Указания по проектированию больверков с учетом перемещений и деформаций элементов».

5.10. В качестве расчетной схемы причала с экранирующей надстройкой (см. рис. П.3.3) следует принимать рамную конструкцию, роль передней стойки которой выполняет шпунтовая стенка, ригелем служит надстройка, а роль остальных стоек выполняют сваи экранирующих рядов.

Активная нагрузка на сваи экранирующих рядов и шпунт принимается по программе «PORT» в виде активного или силосного распорных давлений в зависимости от расстояний между осями экранирующих рядов и шпунта.

При определении активного давления грунта следует учитывать экранирующее влияние плиты верхнего строения и принимать действие полезных нагрузок распространяющимся в засыпке под углом $\alpha = 45° - \varphi/2$ к вертикали.

В качестве расчетной схемы шпунта принята балка на упругом основании с линейно нарастающим ниже уровня дна коэффициентом постели, шарнирно-опертая на уровне анкера и нагруженная усилием, передаваемым экранирующей надстройкой на консоль шпунта, активным силосным давлением от массы засыпки, расположенной между шпунтом и первым экранирующим рядом, и реактивным давлением, передающимся на шпунт от свай экранирующих рядов.

5.11. Для предварительного определения сечений в конструкции причального сооружения с экранирующей надстройкой рекомендуется производить поэлементный расчет несущих элементов конструкции: лицевой стенки, как одноанкерного больверка; плиты верхнего строения, как балки на упруго-податливых опорах; экранирующих опор, как балок, лежащих на упругом основании ниже уровня дноуглубления и жестко заделанных в верхнее строение.

5.12. Расчет плоских рамных систем следует производить по программе «PORT» (приложение 4).

Расчет эстакадных конструкций по пространственной схеме необходимо производить методом конечных элементов по программе «PAL—4» в соответствии с указаниями Пособия по проектированию глубоководных узких пирсов эстакадного типа и мостового типа на опорах из массивов-гигантов и из оболочек большого диаметра.

5.13. Расчет общей устойчивости причальных сооружений для переработки КГ и ТГ по схеме глубинного сдвига необходимо вы-

полнять в соответствии с указаниями $\frac{\text{ВСН 3—80}}{\text{Минморфлот}}$ «Инструкция по проектированию морских причальных сооружений».

5.14. При реконструкции гравитационных причальных сооружений из массивовой кладки необходимой является расчетная проверка напряжений по подошве конструкции с учетом вертикальной реакции, передаваемой экранирующей надстройкой.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ И НЕСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СУДОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КГ И ТГ

Тип специализированного судна	Главные размерения и основные характеристики судна											
	Длина наибольшая, м	Длина между перпендикулярами, м	Ширина по миделю, м	Высота борта до верхней палубы, до палубы главной, м	Осадка, м	Дедвейт, т	Чистая грузоподъемность, кН	Контейнеровместимость, шт.	Размеры грузового трюма, м	Глубина воды в трюме в доковом варианте, м	Грузовые устройства	Способ погрузки
«Стахановец Котов»	139,5	121,0	20,2	12,6/6,4	6,2/5,1	5425	42000	265	90×13,6 2,6×8,0	2,6	2 козловых крана грузоподъемностью по 3500 кН 2 крана грузоподъемностью по 1600 кН 4 лебедки грузоподъемностью по 300 кН	Горизонтальный, доковани-ем Горизонтальный Полупогруженное судно Полупогруженное судно Вертикальный Горизонтальный
«Happy Rider»	81,8	74,4	15,5	9,1/5,6	5,5	2766	10000		62,1×12,0			
«Ocean Servant»	108,0		30,0	5,3			125000			4,5		
«Flo-Flo»	61,0				1,8		10000			4,8		
«Mammoth Sean»	106,4	98,9	17,2		6,1	5150		219	60×13,1		2 деррика по 3500 кН 2 крана грузоподъемностью по 900 кН и 6 стрел грузоподъемностью по 100 кН	
«Атлас»	98,0	90,0	18,0	11,2/6,5	6,3	4100			8,0×6,3 40,3×8,0			

«Bärenfels»	149,1	140,0	22,8	13,0/9,0	9,7/8,1	18500/13935		45,0×23,0	2 тяжеловесные стрелы грузоподъемностью по 1000 кН, 8 легких стрел грузоподъемностью по 50 кН, 2 электрогидравлических крана грузоподъемностью по 50 кН	Вертикальный
«Navipesa Uno»	76,9	71,9	13,0	8,4/2,9	2,8	1100				
«Starman»	93,6	83,5	15,2	6,7/3,7	3,6/4,1	1585			1 тяжеловесная стрела грузоподъемностью 1520 кН	Вертикальный
«Craftsman»	162,2	150,0	22,4	12,5/9,2	9,3	12830		21,5×10,7 18,5×10,7	2 тяжеловесные стрелы грузоподъемностью по 2500 кН, 2 крана грузоподъемностью по 100 кН, 2 крана грузоподъемностью по 50 кН, 3 стрелы грузоподъемностью по 100 кН	Вертикальный

Приложение 1 (продолжение)

Тип специализированного судна	Главные размерения и основные характеристики судна										Грузовые устройства	Способ погрузки
	Длина наибольшая, м	Длина между перпендикулярами, м	Ширина по миделю, м	Высота борта до верхней палубы, до палубы главной, м	Осадка, м	Дедвейт, т	Чистая грузоподъемность, кН	Контейнеровместимость, шт.	Размеры грузового трюма, м	Глубина воды в трюме в доковом варианте, м		
«Samson Sean»	94,5	85,0	17,0	10,0/5,5	7,9	6653	23300		52,0×13,0		2 тяжеловесные стрелы грузоподъемностью по 1500 кН, 2 легкие стрелы грузоподъемностью по 100 кН	Вертикальный
«Unit Sean»	70,4	65,7	13,2	6,3/4,0	3,9			77	43,7×10,6			
«Supper Sean»	80,5	74,5	13,6	8,5/6,4	5,4/6,1	3600			15,9×19,1 25,2×10,1		Деррик грузоподъемностью 1250 кН	Вертикальный
«Docklift—I»	104,4	94,9	20,5	10,5	4,9/6,9		70000		87,6×12,0		2 козловых крана грузоподъемностью по 3200 кН	Горизонтальный, докованием
«Internavis I»	105,4	98,9	17,8	8,1/5,1	6,3	5000					2 стрелы «Stulken» грузоподъемностью по 3500 кН, 1 стрела грузоподъемностью 150 кН, 1 кран грузоподъемностью 100 кН	

Приложение 1 (продолжение)

Тип неспециализированного судна	Главные размерения и основные характеристики судна									
	Длина судна наибольшая, м	Длина между перпендикулярами, м	Ширина по миделю, м	Высота борта до палубы главной, м	Осадка в грузу, м	Водоизмещение, т	Чистая грузоподъемность, кН	Размеры грузовых люков, м	Грузовые устройства	Способ погрузки
«Ладогалес»	102,0	93,2	14,0	6,8	6,0	5697	31300	10,0×7,0 10,0×8,4 10,0×8,4 10,0×8,4	8 легких стрел грузоподъемностью по 50 кН, вылет стрел за борт 4,0 м; 1 тяжеловесная стрела грузоподъемностью 350 кН, вылет стрелы за борт 5,0 м; 8 электрических лебедок грузоподъемностью по 50 кН	Вертикальный
«Коломна»	102,3	95,8	14,4	7,9	6,6	6739	36340	8,4×5,0 11,7×5,0 8,4×5,0 7,1×5,0	8 легких стрел грузоподъемностью по 30/50 кН, вылет стрел за борт 1,4—5 м; 1 тяжеловесная стрела грузоподъемностью 350 кН, вылет стрелы за борт 1,6 м; 1 тяжеловесная стрела грузоподъемностью 150 кН, вылет стрелы за борт 1,5 м; 6 электрических лебедок грузоподъемностью по 30 кН; 2 электрические лебедки грузоподъемностью по 50 кН	Вертикальный

Приложение 1 (продолжение)

Тип неспециализированного судна	Главные размерения и основные характеристики судна								Грузовые устройства	Способ погрузки
	Длина судна наибольшая, м	Длина между перпендикулярами, м	Ширина по миделю, м	Высота борта до палубы главной, м	Осадка в грузу, м	Водоизмещение, т	Чистая грузоподъемность, кН	Размеры грузовых люков, м		
«Инженер Мачульский»	124,0	110,0	19,2	7,3	7,0	10213	42000	12,4×6,4	2 контейнеровоза типа «С» «Валмет» 206-26/10/14 грузоподъемностью по 200 кН; 1 вильчатый автопогрузчик типа «Валмет» ТД 126-А1240 грузоподъемностью 120 кН; 1 вильчатый автопогрузчик типа «Валмет» Д-4072-А3560 грузоподъемностью 40 кН	Горизонтальный
«Архангельск»	139,4	130,3	17,6	8,7	7,8	12740	67770	9,6×7,2 9,9×7,2 9,9×7,2 9,9×7,2 9,9×7,2	16 легких стрел грузоподъемностью по 50 кН; 16 электрических лебедок грузоподъемностью по 50 кН	Вертикальный
«Владимир Ильич»	151,4	140,0	20,2	11,9	8,9	18450	115680	10,4×9,3 11,7×12,1 11,7×12,1 11,7×12,1 9,9×10,3	4 легкие стрелы грузоподъемностью по 50/30 кН, вылет стрел за борт 5,0 м; 1 тяжеловесная стрела грузоподъемностью 600 кН, вылет стрелы за борт 6,0 м; 4 электрические лебедки грузоподъемностью по 50/30 кН; 6 кранов грузоподъемностью по 50/30 кН, вылет стрел за борт 2,5—18 м	Вертикальный

«Муром»	155,0	143,2	20,2	11,8	8,9	18110	110100	13,0×4,2 15,4×11,0 25,9×11,0 13,9×11,0 14,6×5,7	8 легких стрел грузоподъемностью по 50 кН; 4 легкие стрелы грузоподъемностью по 100 кН; 1 легкая стрела грузоподъемностью 30 кН, вылет легких стрел за борт 5,5 м; 1 тяжеловесная стрела грузоподъемностью 600 кН, вылет стрелы за борт 6,0 м; 2 лебедки электрические грузоподъемностью по 100 кН; 10 лебедок электрических грузоподъемностью по 50/30 кН	Вертикальный
«Пула»	159,4	148,3	21,2	12,6	9,7	20510	114250	9,8×9,5 12,8×11,1 20,0×11,1 12,0×11,1 10,4×9,5	12 легких стрел грузоподъемностью по 50 кН; 2 тяжеловесные стрелы грузоподъемностью по 600 кН; 8 электрических лебедок грузоподъемностью по 50 кН; 4 электрические лебедки грузоподъемностью по 100 кН	Вертикальный
«Задонск»	187,0	172,9	22,9	14,6	9,5	30280	205130	13,6×11,2 16,6×12,2 17,6×12,2 24,2×12,2 15,4×12,2 21,6×12,2 12,2×12,2	3 легкие стрелы грузоподъемностью по 15 кН, вылет стрел за борт 5,5 м	Вертикальный
«Скульптор Коненков»	181,9	165,0	28,2	18,0	9,6	29170	124400	6,4×3	Контейнеровозы грузоподъемностью по 300 кН; вилочные автопогрузчики грузоподъемностью по 203 кН; автопогрузовозы грузоподъемностью по 250 кН; ролл-трейлеры грузоподъемностью 120—480 кН	Горизонтальный

Приложение 1 (окончание)

Тип неспециализированного судна	Главные размерения и основные характеристики судна								Грузовые устройства	Способ погрузки
	Длина судна наибольшая, м	Длина между перпендикулярами, м	Ширина по миделю, м	Высота борта до палубы главной, м	Осадка в грузу, м	Водоизмещение, т	Чистая грузоподъемность, кН	Размеры грузовых люков, м		
«Магнитогорск»	205,8	190,6	31,4	22,0	9,7	37502	157500	12,6×7,6 12,6×7,6 12,6×7,6 12,6×7,6	2 автомобильных контейнеровоза типа «Сван Валмет» 3012-26/10/4 грузоподъемностью по 300 кН; 1 автомобильный контейнеровоз грузоподъемностью 200 кН; 3 вилочных автопогрузчика типа «Валмет» ТД 251-С25032 грузоподъемностью по 203 кН; 2 вилочных автопогрузчика типа «Валмет» ТД 1610-В16031 грузоподъемностью по 160 кН	Горизонтальный
«Зоя Космодемьянская»	215,4	201,6	31,8	16,8	11,7	62555	463850	12,8×13,6 12,8×17,0 12,8×17,0 12,8×17,0 12,8×17,0 12,8×17,0 12,8×17,0 12,8×17,0	7 поворотных балок грузоподъемностью по 16 кН; 6 лебедок типа ЛЭ31-2 грузоподъемностью по 5 кН; кран типа КЭ32-2 грузоподъемностью 32 кН	Вертикальный

СХЕМЫ КОМПОНОВКИ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

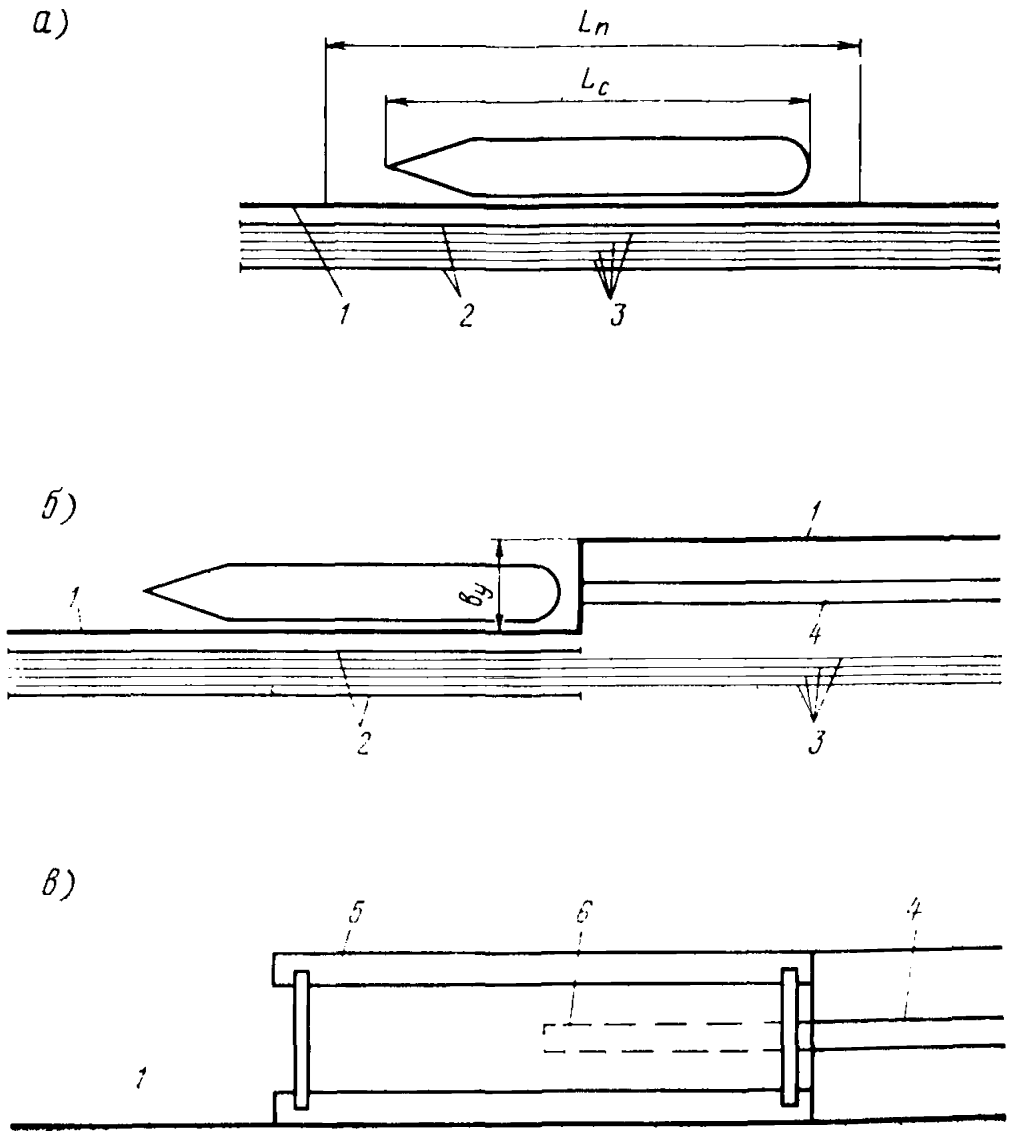
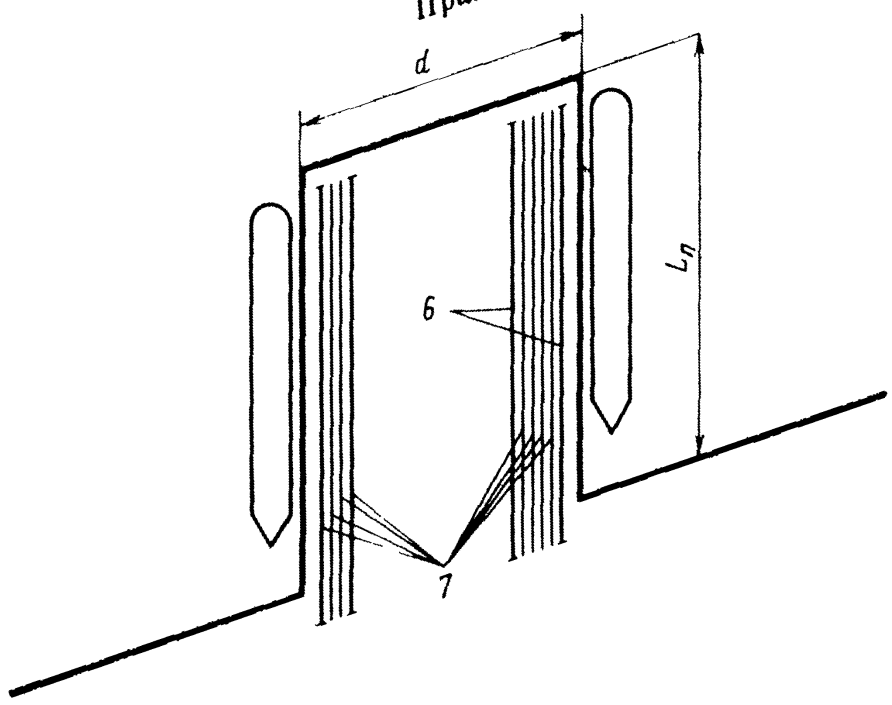


Рис. П.2.1. Схемы компоновки причальных сооружений фронтального типа:

а — фронтальное расположение; *б* — фронтальное расположение с уступом; *в* — фронтальное расположение с доковой камерой; *1*—причальная линия; *2*— подкрановые пути; *3* — железнодорожные пути; *4* — трейлерная дорожка; *5* — доковая камера; *6* — стапель

а)



б)

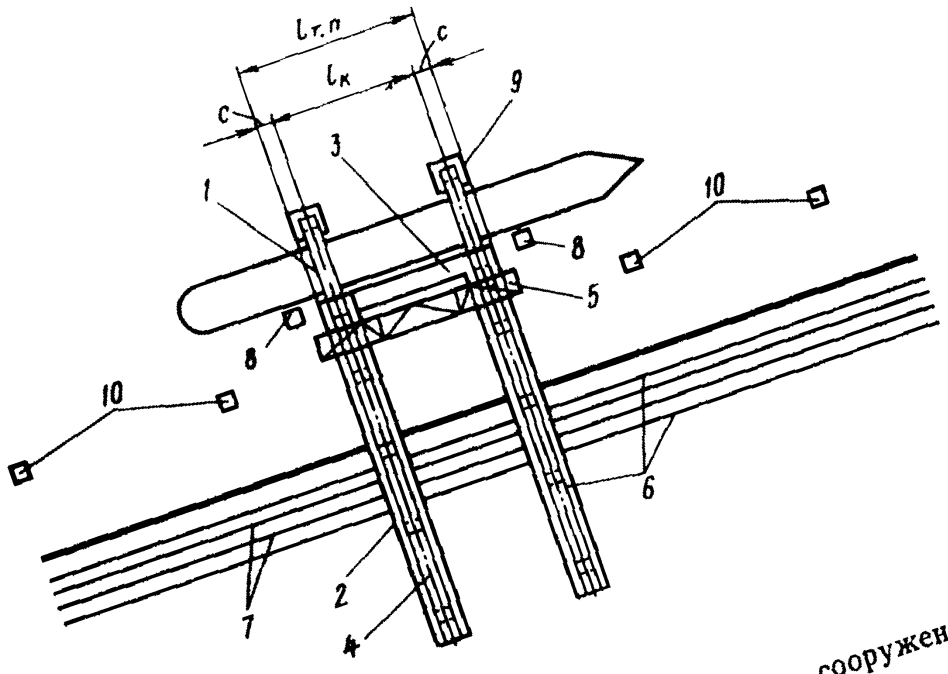
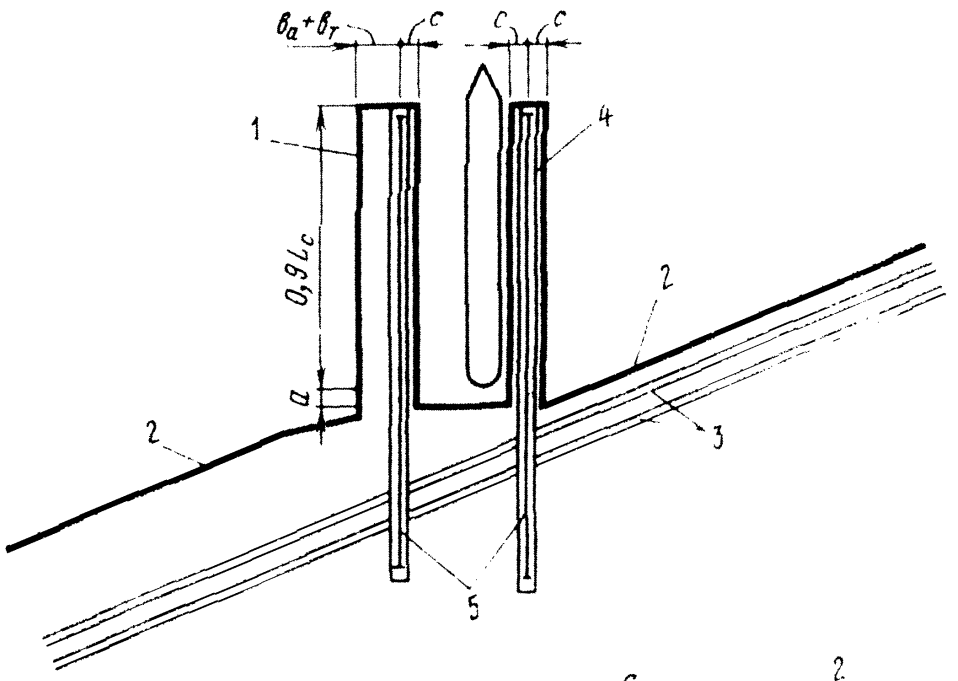


Рис. П.2.2. Схемы компоновки причальных сооружений пирсового типа:

а — широкий пирс; *б* — узкий пирс; *1* — опорная эстакада; *2* — соединительная и опорная эстакада; *3* — технологическая площадка; *4* — крановая эстакада; *5* — мостовой перегружатель; *6* — подкрановые пути; *7* — железнодорожные пути; *8* — направляющие и причальные палы внутреннего ряда палов; *9* — направляющие и причальные палы внешнего ряда палов; *10* — швартовные палы

а)



б)

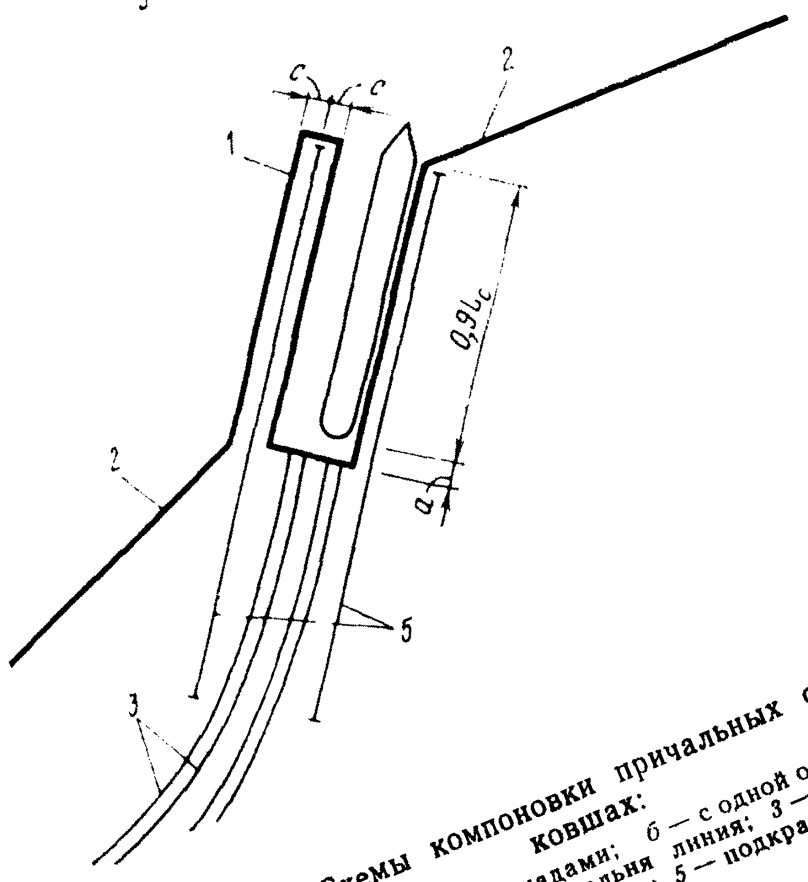


Рис. П.2.3. Схемы компоновки причальных сооружений в ковшах:

а — с двумя опорными эстакадами; *б* — с одной опорной эстакадой; *1* — опорная эстакада; *2* — причальная линия; *3* — железнодорожные пути; *4* — крановая эстакада; *5* — подкрановые пути

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(рекомендуемое)

КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

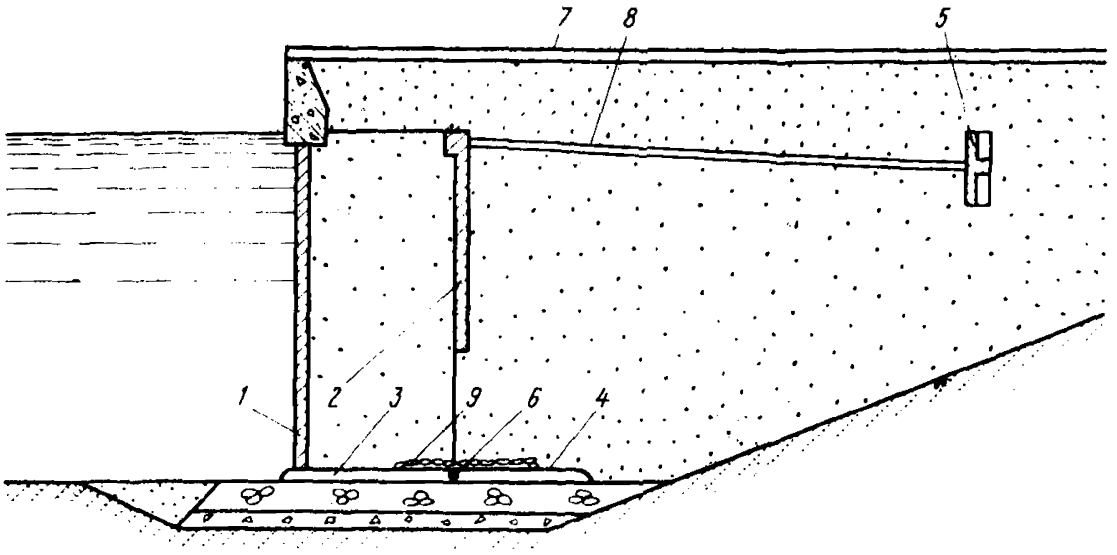


Рис. П.3.1. Причальное сооружение из заанкерованных массивов-гигантов с откидной панелью:

1 — лицевая стенка; *2* — тыловая стенка; *3* — днище; *4* — откидная панель; *5* — анкерная плита; *6* — шарнирное соединение; *7* — цементобетонное покрытие, *8* — анкерная тяга; *9* — гибкие тяги

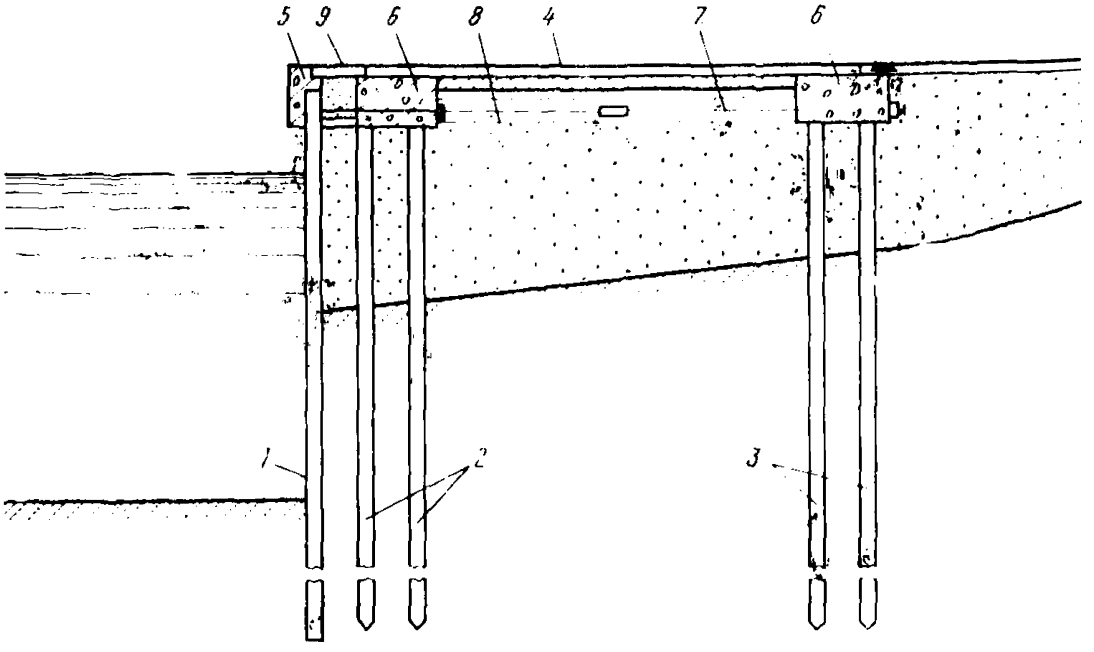


Рис. П.3.2. Причальное сооружение типа «больверк» с двухрядным свайным экранированием:

1 — шпунт; *2* — экранирующие свайные ряды; *3* — тыловые свайные ряды; *4* — цементобетонное покрытие; *5* — обвязочная балка; *6* — ростверк; *7* — анкерная тяга; *8* — короб; *9* — плита перекрытия потерн

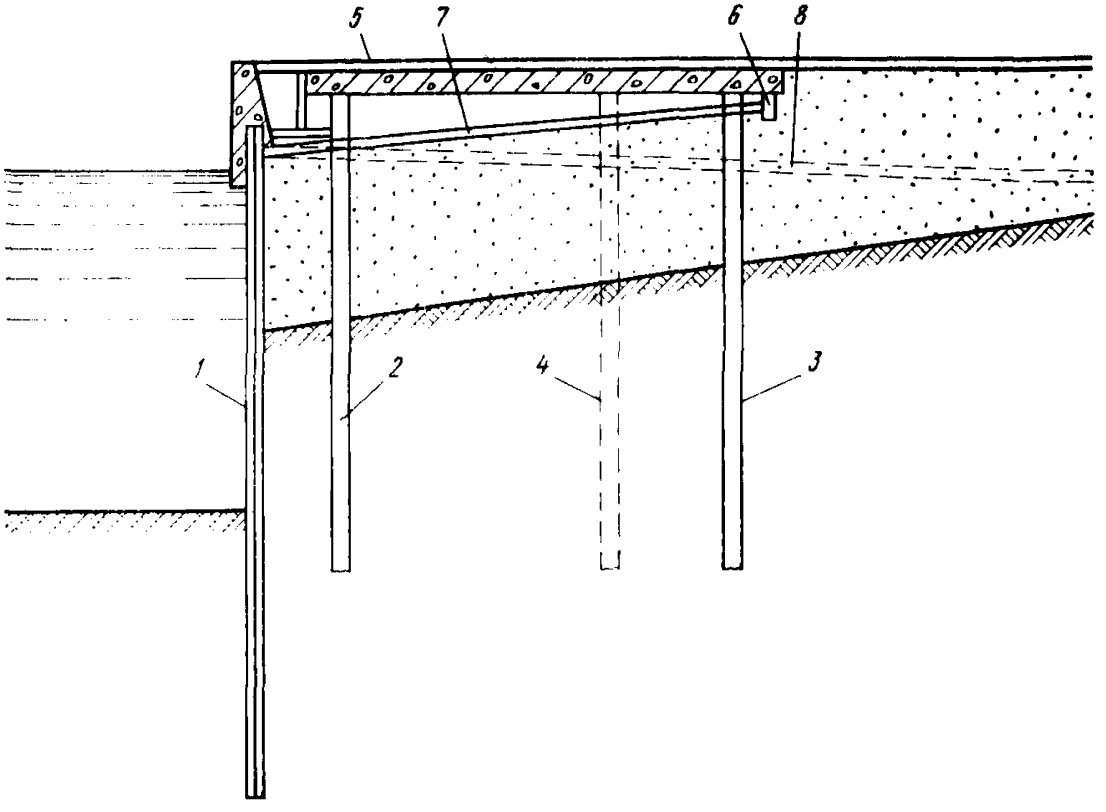


Рис. П.3.3. Причальное сооружение с экранирующей надстройкой:

1 — лицевая стенка; *2* — экранирующий свайный ряд; *3* — тыловая опора; *4* — промежуточный свайный ряд; *5* — плита верхнего строения; *6* — консольный свес; *7* — анкерная тяга; *8* — вариант расположения анкерной тяги

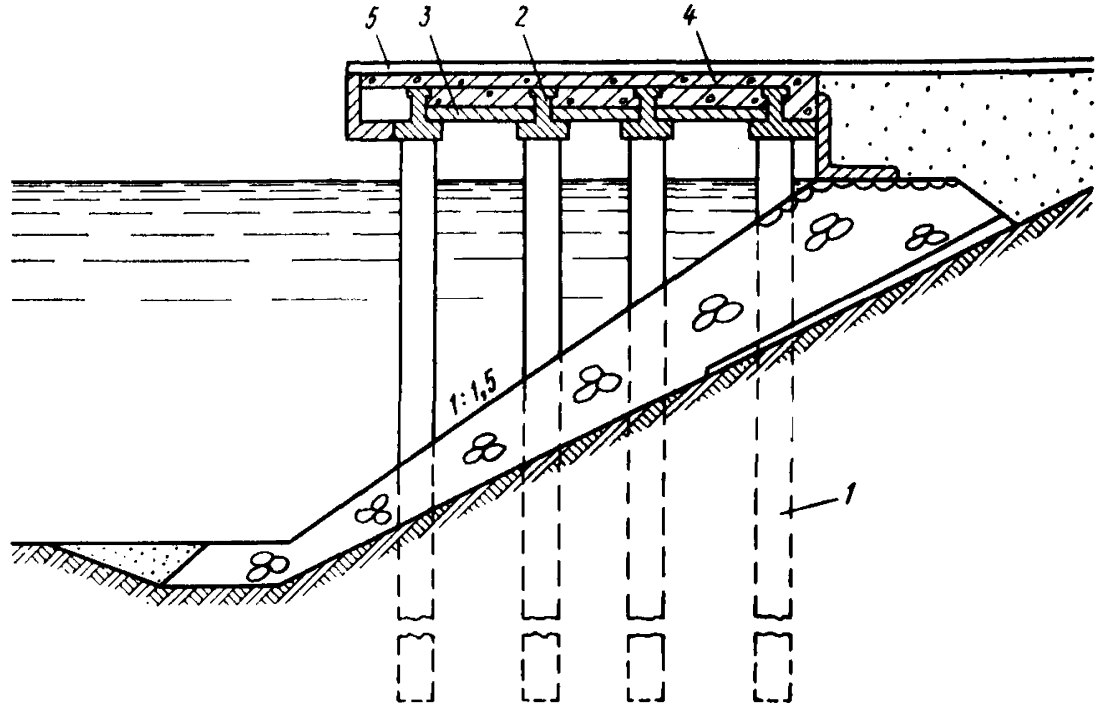


Рис. П.3.4. Причальное сооружение эстакадного типа:

1 — свайное основание из железобетонных оболочек; *2* — сборные железобетонные ригели; *3* — сборные железобетонные плиты; *4* — монолитная часть верхнего строения; *5* — плиты перекрытия потерн

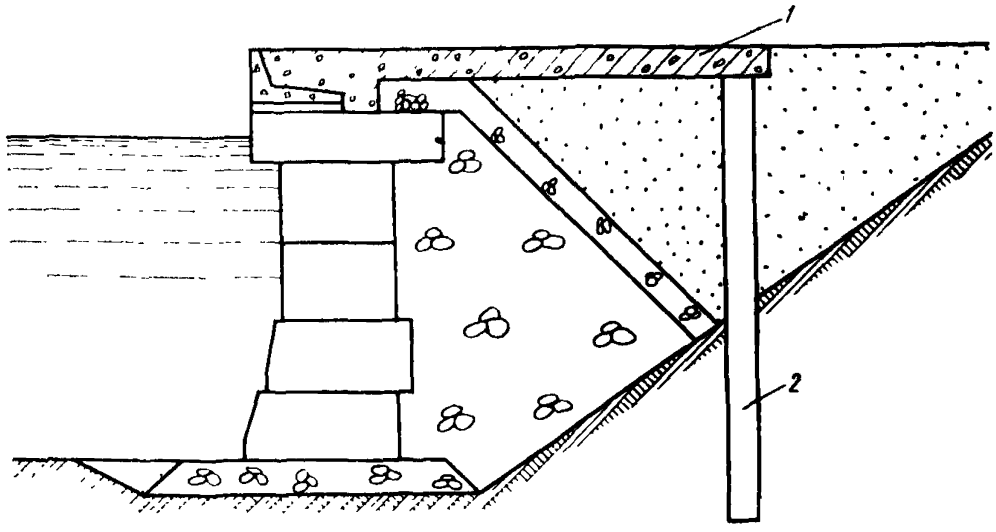


Рис. П.3.5. Реконструкция причального сооружения гравитационного типа из массивовой кладки:
1 — монолитная железобетонная плита; *2* — тыловая опора

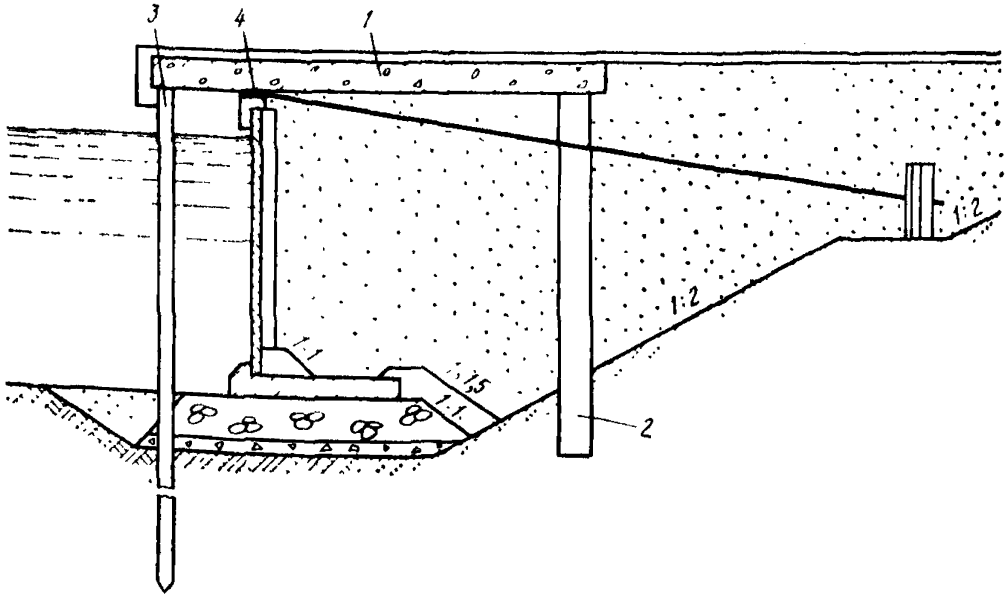


Рис. П.3.6. Реконструкция причального сооружения уголкового типа:
1 — монолитная железобетонная плита; *2* — тыловая опора; *3* — прикордонная опора; *4* — упругая прокладка

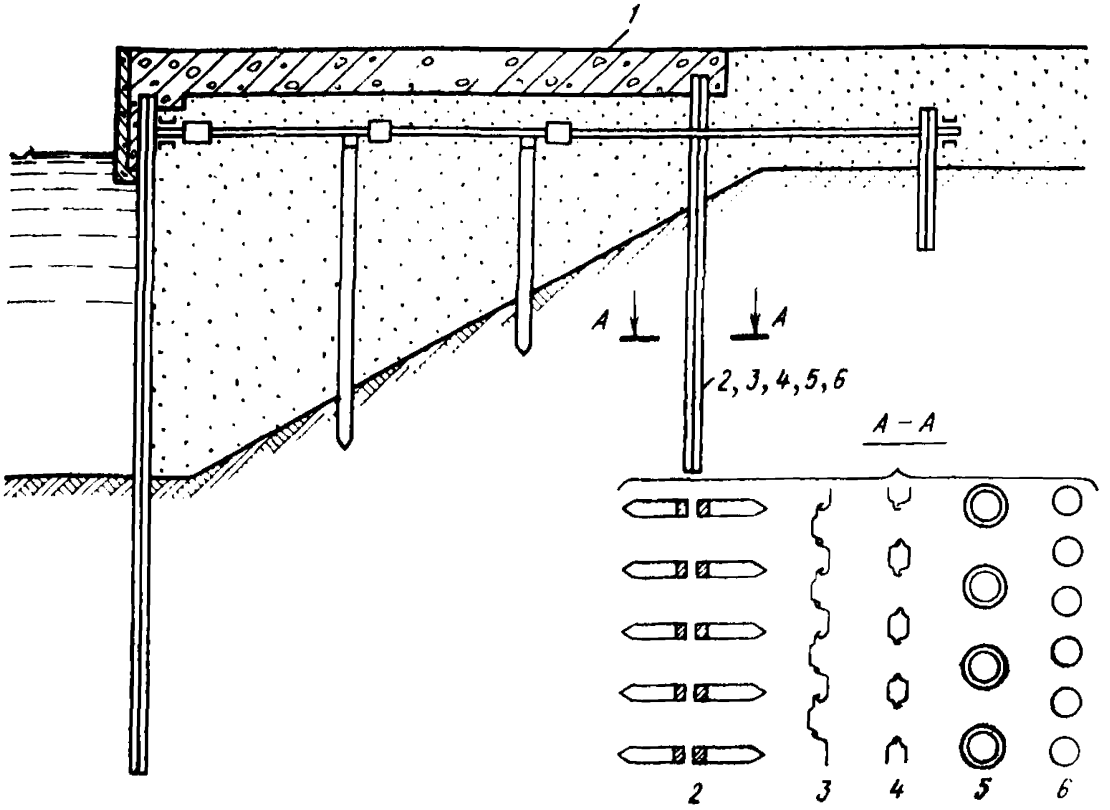


Рис. П.3.7. Реконструкция причального сооружения типа «больверк»:

1 — монолитная железобетонная плита; *2* — тыловые опоры из призматических железобетонных свай; *3* — тыловые опоры из металлического шпунта; *4* — тыловые опоры в виде коробчатых свай из металлического шпунта; *5* — тыловые опоры из железобетонных оболочек ⌀ 1,6 м; *6* — тыловые опоры из металлических труб

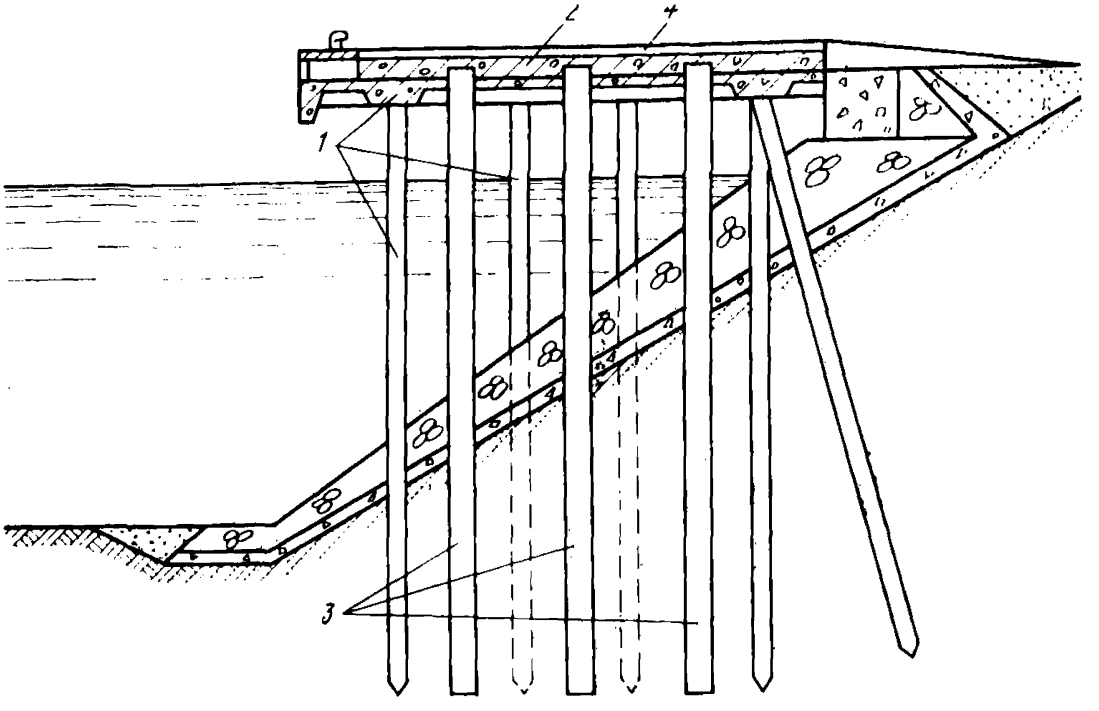


Рис. П.3.8. Реконструкция причального сооружения эстакадного типа:

1 — существующая эстакада; *2* — монолитная железобетонная плита; *3* — дополнительные опоры из металлических труб; *4* — цементно-бетонное покрытие

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
(обязательное)

РАСЧЕТ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПО ПРОГРАММЕ «PORT»

П.4.1. Программа «PORT» предназначена для расчета плоских конструкций гидротехнических сооружений, взаимодействующих с грунтовой средой.

Материал конструкции является линейно-деформируемым, грунт описывается моделью упругого основания типа Фусса—Винклера, коэффициент постели которого может изменяться по глубине по любому заданному закону. Взаимодействие между конструктивными элементами, находящимися в грунтовой среде, предусматривается с помощью использования теории составных стержней с упругим слоем.

П.4.2. В основу программы положен алгоритм метода конечных элементов в форме метода перемещений, язык программирования — ФОРТРАН-IV. Исходной информацией являются параметры конструкции (геометрические размеры, число элементов, узлов, нагружений и т. п.), жесткостные характеристики сечения, коэффициенты жесткости упругого основания, данные о топологии, координаты узлов, величины и места приложения нагрузки.

Структура программы принята блочной, благодаря чему допускается возможность ее модернизации в соответствии с накопленным опытом расчетов и разработкой новых теоретически и экспериментально обоснованных расчетных схем.

Программа состоит из следующих основных блоков:

а) ввода исходных данных;

б) формирования матрицы коэффициентов системы уравнений и вектора правых частей;

в) решения системы уравнений;

г) вычисления усилий.

При формировании матрицы коэффициентов системы уравнений учитываются ленточная структура и симметричность матрицы, при этом формируется только верхний треугольник матрицы, включая главную диагональ и правые части, объединенные в один массив.

Система уравнений решается методом исключений.

Для каждого нагружения на печать выдаются перемещения узлов и компоненты усилий для всех конечных элементов.

П.4.3. Конструкция представляется в виде набора стержней, в том числе составных с упругим слоем, присоединенных к узловым точкам.

Следует применять основную систему координат, связанную с конструкцией в целом, и местные системы координат, связанные с каждым конечным элементом. Все системы координат правые, декартовые.

На порядок системы уравнений, ширину ленты и количество загружений (столбцов свободных членов) системы накладываются следующие ограничения:

$$N\,(H + Q) < 15\,000,$$

$$N = NU \times 3 - S,$$

где N — число неизвестных;
H — ширина ленты системы уравнений;
Q — число нагружений;
NU — число узлов в расчетной схеме;
S — число наложенных связей.

Рекомендуется размерность массивов исходной информации принимать не более, чем указано в табл. П.4.1.

Таблица П.4.1

Параметр	Величина параметра
Число узлов	200
» элементов	**250**
» типов параметров	160
» загруженных узлов	**200**
» типов сосредоточенных нагрузок	200/NQ
» элементов, загруженных распределенной нагрузкой	200
» типов распределенной нагрузки	400/NQ
» узлов с заданными перемещениями	100

Здесь NQ — количество вариантов нагружения.

Типы конечных элементов

П.4.4. Элемент первого типа (стержень произвольно ориентированный в упругой среде) используется при расчете свай-балок на упругом основании, плоских рам (рис. П.4.1).

Порядок задания параметров элемента:

$$I,\ F,\ K_1,\ K_2,\ C_к.$$

где I — момент инерции поперечного сечения относительно его нейтральной оси *OY* в местной системе координат;

F — площадь сечения;

K_1 — коэффициент постели в начале элемента;

K_2 — то же, в конце элемента;

$C_к$ — коэффициент жесткости, численно равный сумме коэффициентов жесткостей, учитывающих сопротивляемость грунта перемещению сваи вдоль ее оси и сопротивляемость грунта под острием сваи.

Различаются начальный и конечный узлы элемента. В конечном узле элемента, находящегося у острия сваи, предполагается наличие «пружины» с жесткостью $C_к$. В узлах остальных элементов значения $C_к = 0$.

Корректность матрицы жесткости конечного элемента проверяется методами численного анализа. В случае некорректности матрицы выдается на печать рекомендация о назначении новой длины элемента.

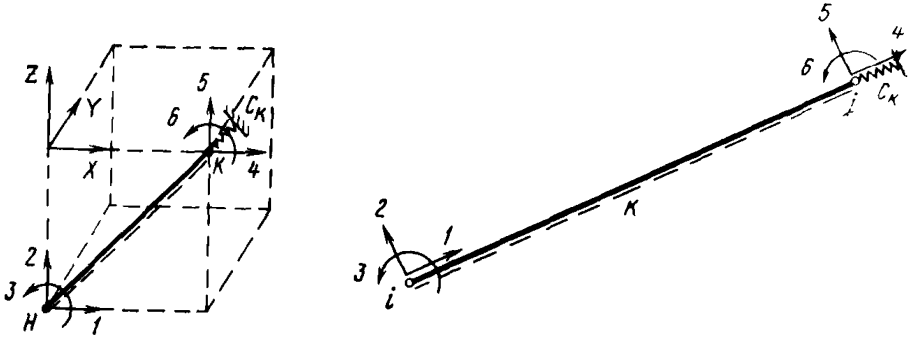


Рис. П.4.1. Элемент первого типа в общей и местной системах координат (показаны положительные направления узловых неизвестных)

П.4.5. Элемент второго типа (стержень, произвольно ориентированный в плоскости) следует использовать при расчете неразрезных плоских рам, арок,

ферм. При расчете учитываются изгибные, продольные и сдвиговые деформации.

Порядок задания параметров элемента:

I, F, W,

где W — приведенная площадь сдвига, $1/м^2$, принимаемая равной: $10/b^2$ — для прямоугольного сечения; $14{,}4/d^2$ — для круглого сечения и $1{,}5\pi/d^2$ — для тонкостенных труб (b — ширина прямоугольного сечения; d — внешний диаметр круглого или кольцевого сечения).

П.4.6. Элемент третьего типа (стержень, шарнирно прикрепленный к узлам) следует использовать при расчете систем с шарнирно-сочлененными стержнями, анкерных тяг и т. п.

Параметр элемента F

П.4.7. Одноузловой элемент четвертого типа (упругая опора) следует применять для моделирования упругого опирания.

Порядок задания параметров элемента:

C_1, C_2, C_3,

где C_1 и C_2 — коэффициенты жесткости опоры в направлении осей X и Z общей системы координат;

C_3 — коэффициент жесткости опоры при ее повороте относительно оси Y.

П.4.8. Элемент пятого типа (составной стержень с внутренним упругим слоем, в том числе расположенный на упругом основании) следует применять при расчете ортогональных конструкций с экранирующими элементами (рис. П.4.2).

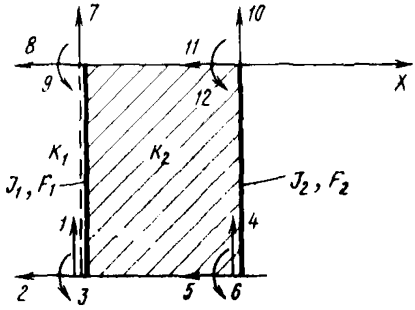


Рис. П.4.2. Элемент составного стержня с внутренним упругим слоем

Порядок задания параметров элемента:

I_1, I_2, F_1, F_2, H_1, H_2, K_1, K_2,

где I_1 и I_2 — моменты инерции взаимодействующих элементов конструкции;

F_1 и F_2 — площади их поперечных сечений;

H_1 и H_2 — расстояния от поверхности грунта до оси X в основной системе координат для упругого основания и упругого слоя соответственно;

K_1 и K_2 — коэффициенты пропорциональности упругого основания и упругого слоя на всю ширину элемента.

Нагрузки от бокового давления грунта, действующие на данный элемент, определяются по специальной подпрограмме с использованием следующих предпосылок:

нумерация элементов данного типа производится в направлении сверху вниз,

начиная от кордона причала; оси координат основной системы следует располагать на уровне поверхности грунта засыпки;

значения бокового давления грунта, в том числе силосного, определяются по указаниям СНиП II-55—79 по проектированию подпорных стен, судоходных шлюзов, рыбопропускных и рыбозащитных сооружений с корректировкой формулы силосного давления при наличии сцепления грунта;

давление грунта при сейсмических воздействиях определяется по указаниям СНиП II-7—81 по строительству в сейсмических районах.

Подготовка входной информации

П.4.9. Для подготовки входной информации необходимо:

составить подробную идеализированную схему сооружения с указанием всех геометрических размеров, жесткостей, коэффициентов упругого основания, условий опирания, расчленить конструкцию на конечные элементы, образовавшиеся при этом узлы и элементы пронумеровать; нумерацию следует вести с таким расчетом, чтобы разность номеров узлов одного элемента была минимальной;

выбрать общую систему координат;

выполнить проверку расчетной схемы на геометрическую неизменяемость;

задать физико-механические характеристики грунтов и величины эксплуатационных нагрузок.

К расчетной схеме следует прилагать следующие списки:

общих характеристик (число элементов, узлов) &XAR;
топологии конструкции &TOP;
типов элементов &TM;
жесткостных характеристик &GE;
координат узлов &UZL;
узлов с заданными перемещениями &SM;
особых узлов &OU;
шарнирных узлов &SCU;
сосредоточенных нагрузок &NAGR;
распределенных нагрузок &RNAGR.

Указанные материалы являются проектными документами, прилагаемыми к результатам расчета сооружения.

П.4.10. Пакет перфокарт должен начинаться со служебных карт, первая из которых содержит шифр решаемой задачи, а вторая — информацию о составителе исходных данных.

Список общих характеристик должен состоять из 12 управляющих чисел:

элементов расчетной схемы NM;
узлов расчетной схемы NU;
особых узлов расчетной схемы NO;
вариантов нагружения NQ;
элементов, загруженных распределенной нагрузкой, NR;
сосредоточенных нагрузок NS;
параметров элемента NP;
степеней свободы узла NC;
узлов элемента NZ;
заданных перемещений NW;
групп шарнирных узлов NN;
параметров эпюры грунтового давления NG.

Схема списка: & XAR MX=NM,NU,NO,NQ,NR,NS,NP,NC,NZ,NW,NN,NG, &END.

П.4.11. Связь элементов расчетной схемы друг с другом задается при помощи матрицы топологии, число строк которой равно числу элементов расчетной схемы, а число столбцов равно трем для элементов первого, второго, третьего и четвертого типов и пяти для элементов пятого типа.

Строка матрицы топологии, относящаяся к j-му элементу расчетной схемы, имеет следующий вид:

$$N_j,\ K_j,\ ТЖ_j,$$

где N_j — номер узла начала j-го элемента;
K_j — номер узла конца j-го элемента;
$ТЖ_j$ — тип параметров j-го элемента.

Схема списка: & TOP IA=$N_1,K_1,ТЖ_1, N_2,K_2,ТЖ_2,\ldots,N_j,K_j,ТЖ_j$,& END

П.4.12. Компонентами третьего списка являются номера типов элементов (матриц жесткости). Описания типов элементов приведены в пп. 4.4—4.8.

Схема списка: & TM IA=$T_1,T_2,T_3,\ldots,T_j$ & END,

где T_j — тип элемента, к которому принадлежит j-й конечный элемент расчетной схемы.

П.4.13. Список типов параметров элементов конструкции должен представлять собой матрицу, число строк которой равно числу типов параметров, а число столбцов равно максимальному числу параметров элемента.

Строка матрицы имеет следующий вид:

$I,F,K_1,K_2,C_к$,	(для элементов первого типа),
I,F,W,	(» » второго »),
F,	(» » третьего »),
C_1,C_2,C_3,	(» » четвертого »).

Физические константы материала конструкции: модуль Юнга и коэффициент Пуассона — задаются в массиве E:

E_1 — модуль Юнга,
E_2 — коэффициент Пуассона,
E_3 — модуль Юнга для элементов третьего типа,
E_4 — коэффициент сейсмичности давления грунта,
E_5 — угол наклона засыпки.

Схема списка: & GE A=I,F,W,..., E=E_1,E_2,E_3,E_4,E_5,& END.

П.4.14. Порядок следования координат узлов зависит от знака константы номер 9 списка общих характеристик. При знаке «минус» для каждого узла записываются координаты X и Z, при знаке «плюс» — вначале координаты X всех узлов, затем Z всех узлов.

Схема списка: & UZL A=$X_1,X_2,\ldots,Z_1,Z_2,\ldots,[X_1,Z_1,X_2,Z_2,\ldots]$ & END

П.4.15. Строка списка узлов с заданными перемещениями для j-го узла имеет следующий вид:

j, k, v,

где j — номер перемещаемого узла;
k={1,2,3} — направления обобщенного перемещения узла в основной системе координат: 1 — вдоль оси X; 2 — вдоль оси Z; 3 — поворот вокруг оси Y;
v — значение перемещения.

Схема списка: & SM WZ=j,k,v,..., & END

П.4.16. Особым следует считать узел, число степеней свободы которого меньше трех.

В программе предусмотрено задание семи типов особых узлов.

В табл. П.4.2 число «0» означает, что по направлению данного обобщенного перемещения наложена связь.

Схема списка: & OU IA=$U_1,T_1,U_2,T_2,\ldots,U_j,T_j$,& END

Здесь U_j — номер особого узла;
T_j — тип особого узла.

П.4.17. Для расчета конструкции с шарнирными узлами необходимо после списка особых узлов & OU поместить список

& SCU IA= ... ... & END

Для образования одного шарнира (вращения или скольжения) требуется введение в расчетную схему двух узлов.

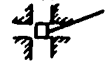
Вводом информации о шарнирных узлах управляет NN 11-я константа в массиве характеристик.

Исходная информация о группе шарнирных узлов имеет следующий вид:

N, NP_1, NP_2, NU (NNN),

где N — число пар шарнирных узлов в группе (N<15);
NP_1, NP_2 — номера одинаковых обобщенных перемещений в узлах пары;
NU — массив номеров узлов (каждый последующий номер должен быть больше предыдущего).

Таблица П.4.2

Номер типа	Обобщенные перемещения			Вид опоры
	1	2	3	
1	0	0	0	
2	1	0	0	
3	0	1	0	
4	0	0	1	
5	1	1	0	
6	0	1	1	
7	1	0	1	

Если задается несколько списков, то номер первого узла для каждого последующего списка должен быть больше последнего номера узла предыдущего списка.

Пример.

Шарнир скольжения (NN=1)

& SCU IA=1, 2,2, 87,92 & END

Шарнир вращения (NN=2)

& SCU IA=1, 1,1, 87,92, 1, 2,2, 87,92 & END

При определении давления грунта в списке & RNAGR (массив A) для каждого типа загрузки элементов задают:
1) удельный вес γ (кН/м³); 2) угол φ (град); 3) сцепление c (МПа); 4) распределенная нагрузка q (кН/м); 5) угол трения грунта на контакте с расчетной плоскостью δ (град);

для ячеек и экранированных конструкций:
6) отношение площади ячейки к ее периметру S_1/u_1 — для замкнутой ячейки; или половинное расстояние между стенками $b_1/2$ — для незамкнутой ячейки (экранов), расположенной слева от элемента; 7) то же — S_2/u_2 или $b_2/2$ — для ячейки, расположенной справа от элемента.

Для лицевой стенки $S_1/u_1=0$ $(b_1/2=0)$; *для тыловой стенки* $S_2/u_2=0$ $(b_2/2=0)$.

Если за тыловой стенкой грунт отсутствует или в силу каких-либо обстоятельств не должен быть учтен, то отношение $b/2(S/u_2)$ задается равным «—1».

Для элементов, не загруженных грунтом, величины распределенной нагрузки задаются как обычно, но при этом добавляются нули, чтобы число параметров для элемента равнялось заданному MX(12).

П.4.18. Массив сосредоточенных нагрузок состоит из матрицы узлов, загруженных сосредоточенными нагрузками (массив IA), и матрицы типов нагрузок (массив A).

Число строк матрицы IA равно числу загруженных узлов, а строка ее, относящаяся к j-му узлу, имеет следующий вид:

V, U, П. N,

где V — номер загружения;
U — номер загруженного узла;
П — номер обобщенного перемещения, по направлению которого приложена сила;
N — номер типа нагрузки (номер строки матрицы типов нагрузок, где находятся значения сосредоточенной нагрузки для данного узла).

Матрица типов нагрузок A представляет собой вектор P_j с числом строк, равным числу сосредоточенных нагрузок NS.

Схема списка: & NAGR IA=V,U,П,N_1, . . . , A=P_1,. . .,& END

П.4.19. Массив распределенных нагрузок состоит из матрицы элементов, загруженных распределенной нагрузкой (массив IA), и матрицы типов распределенных нагрузок (массив A).

Число строк матрицы IA равно числу элементов NR, загруженных распределенной нагрузкой; строка этой матрицы, относящаяся к j-му загруженному элементу, имеет следующий вид:

V, E, N,

где V — номер загружения;
E — номер загруженного элемента;
N — номер типа распределенной нагрузки.

Строка матрицы типов распределенной нагрузки при числе вариантов нагружений NQ=2 имеет следующий вид:

$\underbrace{V_1, Q1, Q2,}_{\text{1-й вар.}}$ $\underbrace{V_2, Q1, Q2}_{\text{2-й вар.}}$

где Q1 и Q2 — интенсивность погонной нагрузки у начала и конца элемента.

Положительной считается нагрузка, действующая по направлению оси oz_1 в местной системе координат (см. рис. П.4.1, П.4.2).

Схема списка при NQ=2: & RNAGR IA=V_1;E_3;N_1. . .V_i;E_j;N_k. . .A=V_1,Q1,Q2,& END

П.4.20. Исходные данные перфорируются на перфокартах и вводятся в машину списками в таком порядке, как приведено в П.4.9. Первым символом должен быть пробел, затем следует имя списка. Все члены списка разделяются запятыми, информация каждого списка кончается & END. Члены списка могут быть двух видов:

а) имя переменной =const
б) имя массива =множеству const

Константы могут быть записаны в форме: повторитель const. Действительные константы могут задаваться в степенной форме, где буква E, за которой следует целая константа, означает, что вещественное число должно быть умножено на определенную степень 10. Запись вида 2.1E+7 означает 2.1×10 в степени 7.

Если в данных списка имя какой-нибудь переменной будет повторено дважды, то в памяти ЭВМ останется последнее значение, присвоенное этой переменной. Это можно использовать для исправления ошибок ввода.

Вся исходная информация должна быть перенесена на бланки для перфорации, при этом необходимо руководствоваться следующими правилами:

при записи целых чисел (INTEGER) символ «.» употреблять нельзя;

десятичные дроби (REAL) рекомендуется записывать с точкой, при этом нули после точки и нуль перед точкой можно не ставить;

при отсутствии каких-либо значений характеристик в списке & XAR,— MX(j) = =0 — соответствующие им списки опускаются.

П.4.21. При первой постановке пакета исходная информация проходит контроль с целью выявления ошибок. Информация об ошибках выводится на АЦПУ. Распечатываются все массивы исходных данных, что позволяет визуально контролировать правильность их перфорации.

После сверки выведенной исходной информации с бланками все замеченные ошибки, а также ошибки, обнаруженные программой при контроле, устраняются. Особое внимание нужно обратить на ошибки перфорации, вызванные неправильной перфорацией отдельных кодов или наличием дефектов на перфокарте. После устранения ошибок постановка пакета повторяется.

Если при постановке пакета ошибок не обнаружено, то на АЦПУ будет выведена вся исходная информация в табличной форме и программа приступит к выполнению расчета.

Признаком конца расчета является распечатка на АЦПУ результатов для каждого варианта нагружения.

Результаты счета распечатываются на АЦПУ в виде таблиц.

П.4.22. При решении задачи на ЭВМ выпечатываются исходная информация, вспомогательная информация и результаты расчета.

Все массивы исходных данных выдаются на АЦПУ в виде таблиц. Каждая клетка таблицы имеет номер NN, равный:

$$NN = i \times 10 + j,$$

где i — номер строки таблицы;

j — номер столбца таблицы.

Каждая строка распечатываемых матриц исходных данных занимает одну клетку таблицы. Строка матрицы распечатывается в клетке в виде столбца.

При вводе данных программой распечатывается вспомогательная информация:

число типов параметров;

число неизвестных в расчетной схеме N;

ширина ленты системы уравнений H;

номер элемента с максимальной разностью номеров узлов.

Результаты расчета представляются в виде двух таблиц для каждого варианта нагружения: а) таблицы перемещений узлов; б) таблицы внутренних усилий на концах расчетных элементов.

Таблица перемещений узлов

Для каждого узла в таблице (номер клетки таблицы равен номеру узла) распечатываются значения перемещений данного узла. Количество перемещений узла зависит от величины NC (числа степеней свободы в узле). Знаки обобщенных перемещений определяются согласно правилу знаков в общей системе координат. Порядок распечатки обобщенных перемещений определяется порядком их нумерации (см. рис. П.4.1):

1) линейное перемещение вдоль оси X;
2) то же, вдоль оси Z;
3) угол поворота относительно оси Y, в радианах.

Таблица внутренних усилий

Для каждого элемента расчетной схемы в таблице (номер клетки таблицы равен номеру элемента) распечатываются значения внутренних усилий на концах элемента. Порядок распечатки усилий для элемента первого типа:

1) N_1 — нормальное усилие в начале элемента;
2) Q_1 — перерезывающее усилие в начале элемента;
3) M_1 — изгибающий момент в начале элемента;
4) N_2 — нормальное усилие в конце элемента;

5) Q_2 — перерезывающее усилие в конце элемента;
6) M_2 — изгибающий момент в конце элемента;
7) S_1 — реактивное давление грунта в начале элемента;
8) S_2 — то же, в конце элемента.

Для элемента второго типа порядок распечатки усилия отличается от вышеприведенного тем, что отсутствуют строки 7 и 8.

Для элемента третьего типа распечатываются два значения: 1) осевое усилие; 2) напряжение.

Для элементов четвертого типа распечатываются усилия, возникающие в направлениях наложенных связей.

Для элементов пятого типа порядок распечатки усилий указан на рис. П.4.2.

При построении эпюр нужно менять на обратный знак перерезывающие усилия в начале элементов и изгибающие моменты в конце элементов.

Условия применения программы

П.4.23. Программа разработана и отлажена на ЭВМ ЕС-1022 в операционной системе ОС с объемом памяти 512К.

В процессе счета программа занимает оперативную память размером 264К.

Для работы программы в операционной системе ОС необходим следующий минимальный комплект технических средств ЭВМ:

объем оперативной памяти	— 512К;
накопители на магнитных дисках	— 1 шт. (кроме необходимых для ОС);
устройство ввода с перфокарт	— 1 шт.;
АЦПУ	— 1 шт.

Обращение к программе

Ниже приведены операторы управления заданием, необходимые для вызова и выполнения программы «PORT».

```
//PORT   JOB   REGION=264K, MSGLEVEL=(2,0)
//JOBLIB   DD   DSN=CLNF2,DISP=SHR
//   EXEC   PGM=PORT
//SYSPRINT   DD   SYSOUT=A
//FT06F001   DD   SYSOUT=A
//FT03F001   DD   SYSOUT=A
//FT01F001   DD   DDNAME=IN
//IN   DD
```

<ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ>

```
. . . . . (ЗАДАЧА)
. . . . . (СОСТАВИТЕЛЬ)
& XAR   MX= . . . . . & END
& TOP       IA= . . . . . & END
& TM        IA= . . . . . & END
& GE    A= . . . . . E= . . . . . & END
& UZL       A= . . . . . & END
& SM      WZ= . . . . . & END
& OU        IA= . . . . . & END
& SCU       IA= . . . . . & END
& NAGR      IA= . . . . . A= . . . . . & END
& RNAGR      IA= . . . . . A= . . . . . & EDN
/*
//
```

Тексты программы «PORT» на исходном языке ФОРТРАН-IV и в кодах машины хранятся на машинных носителях в Черноморниипроекте и распространяются в установленном порядке.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
(справочное)

ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИЧАЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ

Проектирование причального сооружения выполнено применительно к условиям специализированного на Черном море порта по переработке тяжеловесов.

Специализированный причал предназначен для переработки тяжеловесов массой до 600 т с учетом возможности применения вертикального и горизонтального способов перегрузки и приема как специализированных, так и обычных транспортных судов. Грузооборот тяжеловесов в 1975—1979 гг. колебался в пределах 75—250 тыс. т, расчетный грузооборот не превышает 350 тыс. т, что полностью обеспечивает переработку грузов на одном специализированном причале

Расчетные суда:

с вертикальным способом погрузки — «Пула»;
с горизонтальным способом погрузки — «Скульптор Коненков».

Основные характеристики расчетных судов приведены в табл. П.5.1.

Таблица П.5.1

Характеристики расчетных судов

Характеристика	Параметры судов	
	«Пула»	«Скульптор Коненков»
Водоизмещение в грузу, т	20510	29170
Чистая грузоподъемность, кН	114250	124400
Длина наибольшая, м	159,42	181,9
Длина между перпендикулярами, м	148,38	165,0
Ширина по миделю, м	21,24	28,2
Высота борта до главной палубы, м	12,65	18,0
Осадка, м	9,72	9,64

Метеоусловия района

Преобладающими являются ветры северо-западного направления частотой 21,8% и южного направления — 16,2%. Максимальная скорость ветра 34 м/с от северного направления.

Высота волн на акватории порта не превышает 1,6 м.

Наибольший подъем уровня 0,25 м, а наибольший спад — 1,32 м в Балтийской системе. Средний многолетний уровень — минус 0,28 м.

Абсолютная амплитуда колебания температуры воздуха 65,7°С.

Среднее количество ледовых дней 30, максимальное — 64. Толщина льда может достигать 0,4 м. При наличии буксиров и ледоколов навигация возможна круглогодично даже в самые суровые зимы.

Инженерно-геологические условия

В районе предполагаемого строительства причала для КГ и ТГ до отметки минус (4,0÷14,0) м расположены илы глинистые слаботекучие, подстилаемые глинами и суглинками мягкопластичными, а в ряде мест щебеночными отложениями.

Коренные породы — меотические глины, кровля которых размыта в сторону лимана с уклоном 0,2—0,3 с отметки минус 4,0 м до отметки минус 23,0 м.

Характеристики грунтов основания приведены в табл. П.5.2.

Таблица П.5.2

Характеристики грунтов основания

Грунт	Удельный вес γ, кН/м^3	Угол внутреннего трения φ, град	Сцепление c, МПа	Модуль деформации E, МПа
Ил слаботекучий	6	7	0,03	0,8
Суглинки мягкопластичные и тугопластичные	7	12	0,1	5,0
Глины мягкопластичные	10	18	0,31	12,0
Глины тугопластичные и полутвердые	10	20	0,47	12,0

Характерной особенностью геологии порта являются резкие колебания отметок кровли и подошвы слоев в районе предполагаемого строительства в зависимости от расположения линии кордона причала.

Ввиду отсутствия достаточной ясности в плановом положении причала и для разработки вариантов конструкции, пригодных к применению в неблагоприятных в геологическом отношении условиях (в том числе с учетом длительной прочности меотических глин в соответствии с исследованиями района Нового порта на Черном море), были приняты следующие данные:

грут засыпки: $\gamma=10$ кН/м^3; $\varphi=25°$; $c=0$;

грунт основания: с отметки минус 4,0 м до отметки минус 17 м — суглинки мягкопластичные; с отметки минус 17 м до отметки минус 22 м — глины мягкопластичные; ниже отметки минус 22 м — глины тугопластичные.

Кровля грунта основания принята на отметке минус 4,0 м.

Компоновка причала

В соответствии с технологическими требованиями, предъявляемыми к специализированному причалу, компоновочное решение должно обеспечить условия для производства перегрузочных работ вертикальным и горизонтальным способами, причем один из перегружателей должен иметь грузоподъемность более 3000 кН. Отсутствие свободной акватории и возможности оборудования складских площадок с большой площадью хранения предопределяет необходимость выбора фронтально расположенного причала с уступом и оснащения его в кордонной зоне вантово-мачтовым деррик-краном грузоподъемностью 6000 кН. Для переработки грузов весом до 800 кН могут быть использованы 2 портальных крана грузоподъемностью 400 кН каждый. Тыловые складские площадки обслуживаются козловым краном грузоподъемностью 3000 кН, благодаря чему значительно может быть сокращено число трейлеров для хранения ТГ и КГ (только грузы весом более 3000 кН). Ситуационный план и компоновочная схема приведены на рис. П.5.1 и П.5.2.

Выбор габаритов причального сооружения

Глубина у причала H в соответствии с рекомендациями п. 3.7 должна приниматься не менее 11,5 м и слагаться согласно указаниям Норм технологического проектирования морских портов из осадки расчетного судна $T=9{,}72$ м, навигационного запаса $z_1=0{,}05T=0{,}488$ м; запаса на волну $z_2=0{,}15$ м (для судна длиной до 200 м и при волне высотой до 1,5 м), скоростного запаса $z_3=0{,}15$ м; запа-

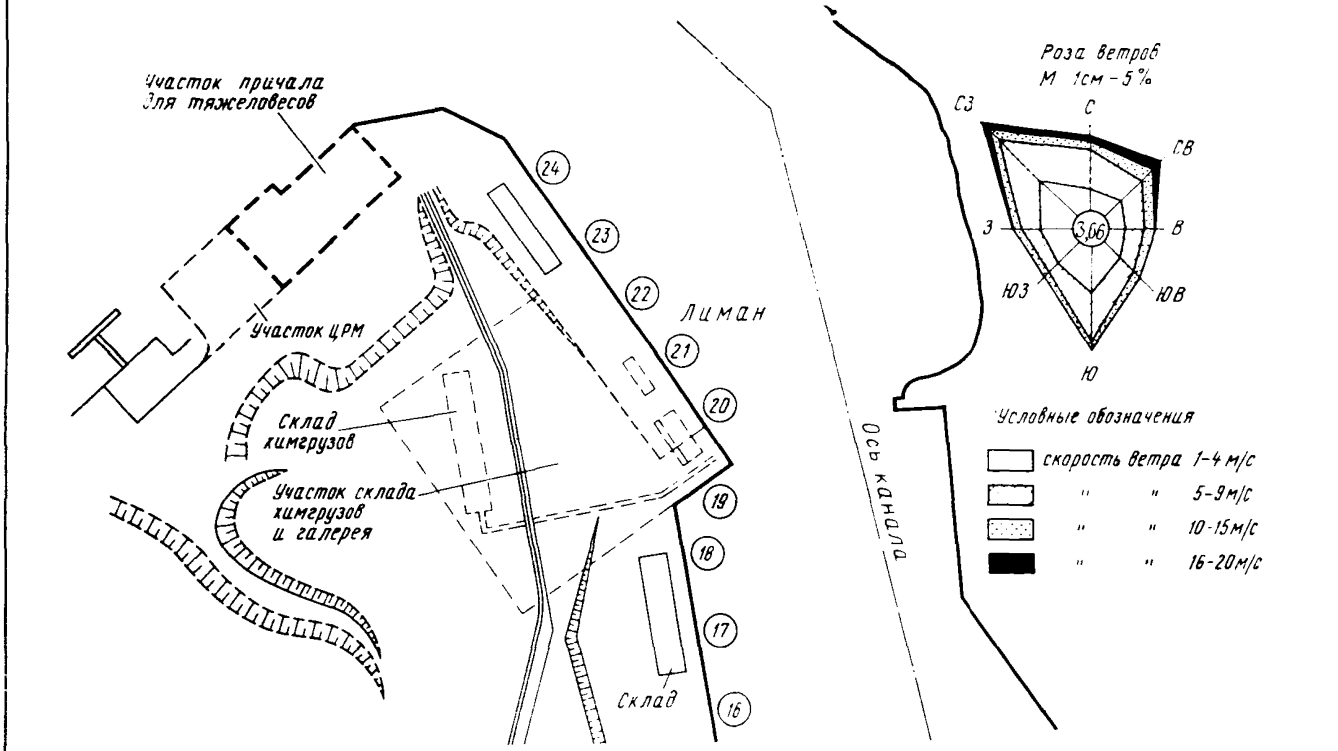


Рис. П.5.1. Ситуационный план

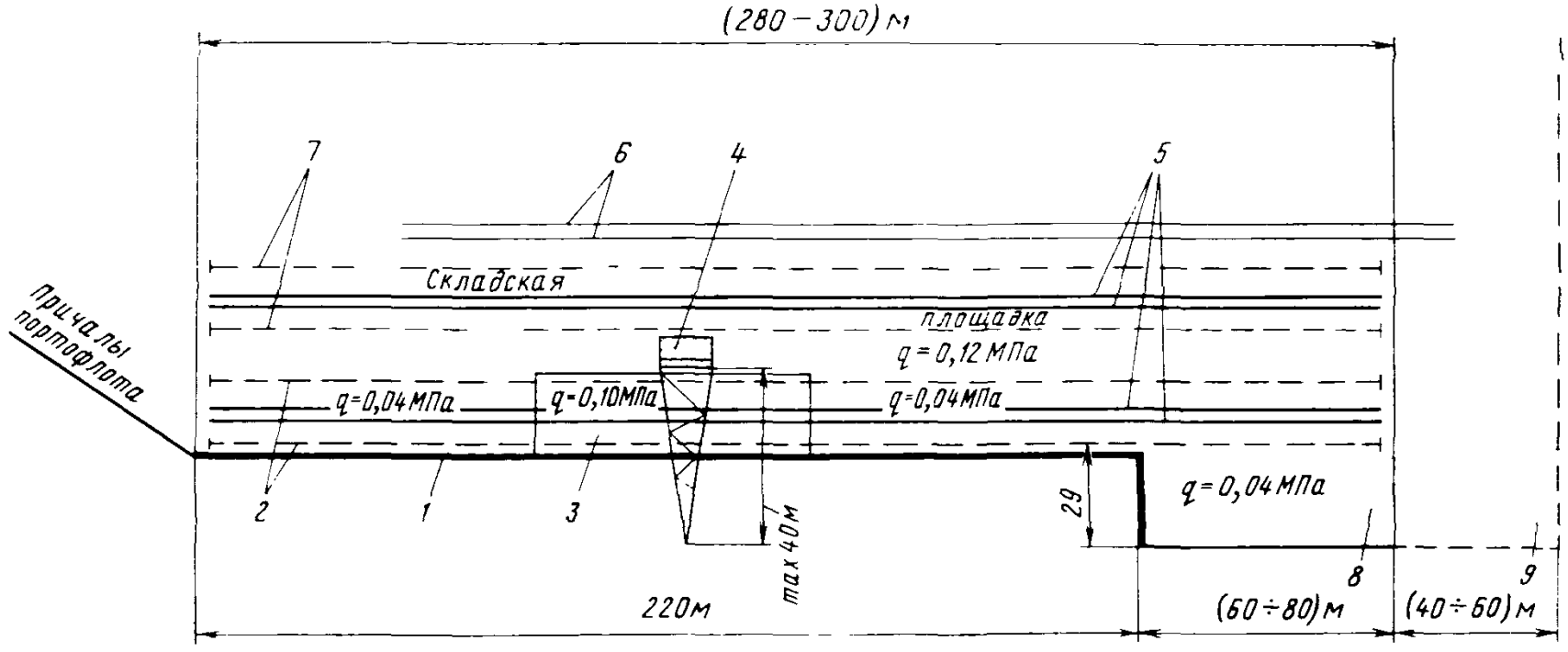


Рис. П.5.2. План причала для переработки КГ и ТГ:

1 — линия кордона; *2* — подкрановые пути портального крана грузоподъемностью 400 кН; *3* — платформа для временного хранения супертяжеловесов весом до 6000 кН; *4* — вантово-мачтовый перегружатель грузоподъемностью 6000 кН; *5* — проектируемые железнодорожные пути; *6* — существующие железнодорожные пути; *7* — подкрановые пути козловых кранов; *8* — зона обработки накатных грузов; *9* — зона маневрирования

са на крен $z_0 = 0{,}026B = 0{,}73$ м и запаса на заносимость $z_4 = 0{,}40$ м. Таким образом, проектная глубина

$$H = 9{,}72 + 0{,}488 + 0{,}15 + 0{,}15 + 0{,}73 + 0{,}40 = 11{,}64 \text{ м}.$$

Принимаем проектную глубину у причала $H = 11{,}5$ м.

Длину причальной линии определяем как наибольшую, исходя из возможности обработки судов вертикальным и горизонтальным способами.

Для вертикального способа [формула (1) настоящего Руководства] ($L_c = 159{,}42$ м; $a = 20$ м; $b = 0{,}25 \cdot 159{,}42 \approx 40$ м)

$$L_{п_1} = 159{,}42 + 20 + 40 \approx 220 \text{ м}.$$

Для горизонтального способа ($a = 0$; $b = 0$)

$$L_{п_2} = 181{,}9 \text{ м}.$$

Принимаем $L_п = 220$ м.

Ширина уступа $b_у$ определяется по указаниям п. 3.3 для судна, обрабатываемого горизонтальным способом (ширина судна $b_c = 28{,}2$ м; ширина отбойного устройства $d = 0{,}4$ м):

$$b_у = 28{,}2 + 0{,}4 = 28{,}6 \text{ м}.$$

Принимаем $b_у = 29{,}0$ м.

Отметка кордона причала в соответствии с указаниями Норм технологического проектирования морских портов равна:

$$0{,}5 + 2{,}0 = 2{,}5 \text{ м}.$$

Конструкции причального сооружения

В соответствии с инженерно-геологическими условиями района строительства для проектирования были приняты две основные конструкции: причальное сооружение с экранирующей надстройкой и причал эстакадного типа. В качестве аналога выбрана одна из наиболее экономичных конструкций — больверк, экранированный сваями-оболочками диаметром 1,6 м (рис. П.5.3).

Расчетное сочетание нагрузок для каждого элемента выбирается из условия максимальной величины рассматриваемого усилия, возникающего в конструкции от действия навала пришвартованного судна, натяжения швартовов и полезной нагрузки.

Нагрузка от навала пришвартованного судна и от натяжения швартовов определялась в соответствии с указаниями Руководства по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов).

Площадь боковой парусности

$$F_x = f_x L_{нб}^2 = 0{,}1 \; ; \; 181{,}9^2 = 3308{,}76 \text{ м}^2.$$

Поперечная составляющая нагрузки

$$R_x = 7{,}5 \cdot 10^{-5} F_x W_x \chi = 7{,}5 \cdot 10^{-5} \cdot 3308{,}76 \cdot 34^2 \cdot 0{,}77 = 220{,}88 \text{ тс} = 2208{,}8 \text{ кН}.$$

Нагрузка от навала

$$q_н = 1{,}1 \frac{R_x}{L_{пп}} = 1{,}1 \frac{220{,}88}{148{,}38} = 1{,}637 \text{ тс/м} = 16{,}37 \text{ кН/м}.$$

Принимая число тумб $n = 6$, находим силу, воспринимаемую одной тумбой:

$$N = \frac{R_x}{n \sin \alpha \cos \beta} = \frac{220{,}88}{6 \sin 30^\circ \cos 20^\circ} = 78{,}35 \text{ тс} = 783{,}5 \text{ кН}.$$

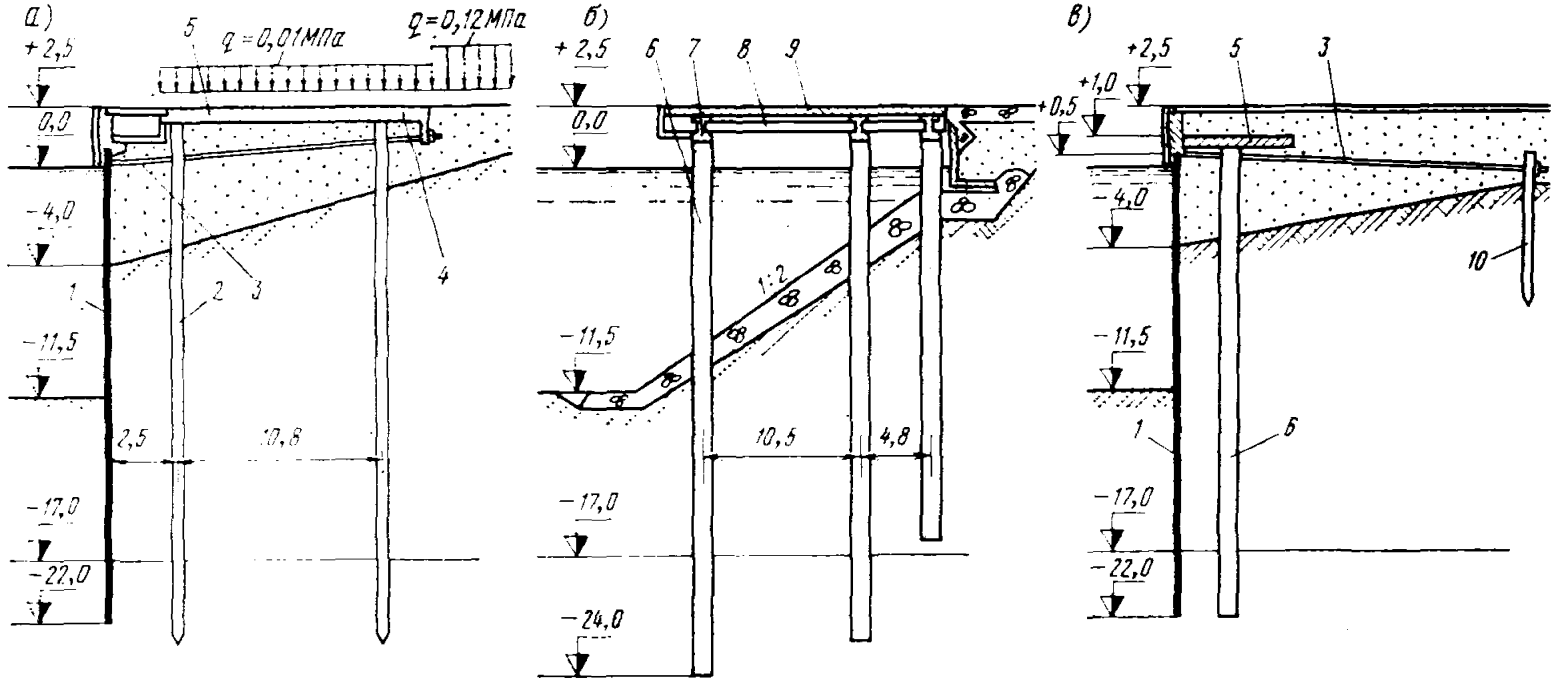


Рис. П.5.3. Варианты конструкции причала для переработки КГ и ТГ:

а — конструкция с экранирующей надстройкой; *б* — набережная-эстакада; *в* — экранированный больверк; *1* — лицевой ряд из шпунта Л-V; *2* — экранирующие свайные ряды из металлических труб Ø 0,92 м; *3* — анкерная тяга ⌀ 90 мм; *4* — свес надстройки; *5* — экранирующая надстройка; *6* — сваи-оболочки Ø 1,6 м; *7, 8* — унифицированные ригели и панели; *9* — монолитная часть верхнего строения; *10* — шпоровая часть из шпунта Л-V

Принимаем тумбы с расчетным усилием 750 кН.

При шаге тумб 25,0 м приведенная погонная швартовная нагрузка составит:

$$q_{\text{шв}} = \frac{75{,}0 \sin 30^\circ \cos 20^\circ}{25} = 1{,}4 \text{ т/м} = 14 \text{ кН/м}.$$

Полезная нагрузка q=0,1 МПа в пределах ширины ростверка и 0,12 МПа в переходной и тыловой зонах причала.

В варианте причала с экранирующей надстройкой в качестве лицевой стенки принят больверк из шпунта Л-V (EI=113,4 МПа·м⁴/м). Экранирующий и тыловой свайные ряды образованы из металлических труб d=920 мм с толщиной стенки 12 мм, забитых с шагом 3,36 м (см. рис. П.5.3). Экранирующая надстройка представляет собой монолитную железобетонную плиту толщиной 1,2 м, за консоль которой заанкерена на отметке плюс 0,5 м лицевая стенка.

Расчет причального сооружения производился по программе «PORT» (приложение 4) методом конечных элементов в соответствии с расчетной схемой и схемой приложения нагрузок (см. рис. П.5.3,*а*).

Результаты расчета приведены в табл. П.5.3, где использованы следующие обозначения: M — изгибающий момент; N — осевая сила; Q — поперечная сила; U и V — перемещения вдоль осей x и y.

Таблица П.5.3

Расчетные усилия и перемещения элементов причала

Параметр	Элементы причала				
	Верхнее строение	Лицевая стенка	Экранирующие сваи	Тыловые сваи	Анкер
M, кН·м	1090,0	312	557,76	762,72	—
N, кН	149,0	293	2872,8	2022,72	606,0
Q, кН	554	142	420,0	8097,6	—
U, м	0,0489	0,0792	0,048	0,0487	0,054
V, м	0,014	0,0116	0,0122	0,0086	0,0116

Максимальное значение изгибающего момента в ригеле 1090 кН·м может быть воспринято железобетонной плитой верхнего строения толщиной 1,2 м при недопущении в ней трещинообразования.

Максимальные значения усилий в лицевой стенке вызывают в шпунте эксплуатационные напряжения

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{N}{F} = \frac{312000}{3 \cdot 10^{-3}} + \frac{293 \cdot 10^3}{3{,}02 \cdot 10^{-2}} = 113{,}668 \cdot 10^6 \text{ Па} = 113{,}668 \text{ МПа},$$

не превышающие расчетные в стали:

$$\sigma_p = \frac{210{,}0}{1{,}25 \cdot 1 \cdot 1{,}25 \cdot 0{,}85} = 158{,}11 \text{ МПа}.$$

Эксплуатационные напряжения в сваях экранирующего и тылового рядов также находятся в допустимых пределах:

$$\sigma_{\text{экр.ряда}} = \frac{557{,}76 \cdot 10^3}{0{,}00767} + \frac{2872{,}8 \cdot 10^3}{0{,}0346} = 155{,}747 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{тыл.ряда}} = \frac{762{,}72 \cdot 10^3}{0{,}00767} + \frac{2022{,}72 \cdot 10^3}{0{,}0346} = 157{,}901 \text{ МПа}.$$

В варианте причала эстакадного типа свайное основание образовано тремя рядами свай-оболочек диаметром 1,6 м (в продольном направлении). Шаг свай кордонного и второго ряда 4,0 м, а тылового ряда — 8,0 м. Верхнее строение

состоит из унифицированных ригелей типа Р и панелей типа П с увеличенной на 0,8 м толщиной верхней полки ригеля и полки панели, причем панель укладывается ребрами вверх.

Внешние нагрузки аналогичны принятым по первому варианту. В расчете учтено воздействие грунта подпричального откоса на свайное основание эстакады (табл. П.5.4).

Таблица П.5.4

Расчетные усилия и перемещения

Параметр	Элементы причала			
	Верхнее строение	Кордонные сваи	Сваи второго ряда	Сваи тылового ряда
M, кН·м	1330	2124	2428	3144
N, кН	121,0	3068	2596	3032
Q, кН	627,0	50,4	84,6	968
U, м	0,0568	0,0568	0,0567	0,0567
V, м	0,0115	0,0115	0,00904	0,0070

С помощью графиков, приведенных в типовом проекте «Набережные типа „больверк" из оболочек Д-160 см» № 504-20, можно сделать вывод о допустимости усилий в сваях-оболочках ($M_{тр}$=2792 кН·м при толщине стенки оболочки 15 см, арматуре Ø 28 мм, значении нормальной силы N=0; при значениях нормальной силы до N=2000 кН $M_{тр}$ достигает 3300 кН·м). Усилия в верхнем строении также являются допустимыми, так как при значении момента сопротивления сечения с учетом неупругой работы бетона W_0=0,528 м³/м растягивающие напряжения в бетоне $\sigma=\frac{1330\cdot10^3}{0{,}528\cdot10^6}=2{,}516$ МПа гасятся до допустимых значений $R_р^н$=1,8 МПа (в соответствии со СНиП II-21—75 «Бетонные и железобетонные конструкции») усилиями в предварительно напряженной арматуре.

Конструкция-аналог представляет собой больверк из шпунта Л-V, экранированный сваями-оболочками d=1,6 м и заанкерованный за тыловую шпунтовую стенку из шпунта Л-V.

Результаты расчета приведены в табл. П.5.5.

Таблица П.5.5

Расчетные усилия и перемещения

Параметр	Элементы причала			
	Верхнее строение	Лицевая стенка	Экранирующий ряд	Тыловая стенка
M, кН·м	587,0	367,0	4788,0	342,0
N, кН	373,0	33,8	1887,5	0
Q, кН	437,0	451	937,44	448,0
U, м	0,0535	0,0828	0,0621	0,044
V, м	0,0096	0,0141	0,00377	0

Как видно из таблицы, перемещения и усилия в верхнем строении, лицевой и тыловой шпунтовых стенках не превышают допустимых (для шпунта 500 кН·м/м; в верхнем строении допустимый уровень усилий достигается увеличением его толщины). Недопустимо большими являются усилия в сваях экранирующего ряда, достигающие 4788 кН·м (по сравнению с $M_{тр}$=3300 кН·м), ввиду чего конструкция экранированного больверка не может быть использована в данном случае.

Проведенный анализ технико-экономической эффективности рассмотренных вариантов конструкций свидетельствует о рациональности применения варианта причального сооружения с экранирующей надстройкой.

ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

СНиП II-6—74. Нагрузки и воздействия

СНиП II-55—79. Проектирование подпорных стен, судоходных шлюзов, рыбопропускных и рыбозащитных сооружений

СНиП II-15—74. Основания зданий и сооружений

СНиП II-16—76. Основания гидротехнических сооружений

СНиП II-21—75. Бетонные и железобетонные конструкции

СНиП II-23—81. Стальные конструкции. Нормы проектирования

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

СНиП II-7—81. Строительство в сейсмических районах

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

СНиП 2.06.04—82. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)

ГОСТ 4795—68. Бетон гидротехнический

ГОСТ 22132—76. Камень бутовый

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

Руководство по проектированию свайных фундаментов. — М.: Стройиздат, 1980

Рекомендации по расчету свайных фундаментов в слабых грунтах. — М.: Стройиздат, 1975

РД 31.31.05—79. Руководство по проектированию глубоководных причальных сооружений из заанкерованных массивов-гигантов. — М.: ЦРИА «Морфлот», 1981

РТМ 31.3016—78. Указания по проектированию больверков с учетом перемещений и деформаций элементов. — М.: ЦРИА «Морфлот», 1979

Пособие по проектированию глубоководных узких пирсов эстакадного типа и пирсов мостового типа на опорах из массивов-гигантов и из оболочек большого диаметра. — Одесса: ЧМНИИП, 1983

РТМ 31.3008—75. Рекомендации по выбору конструктивных схем причальных сооружений при их усилении и реконструкции. — Л.: ЛМНИИП, 1975.

РД 31.30.05—73. Указания по компоновке морских портов. — М.: Рекламинформбюро ММФ, 1975

Содержание

1. Общие положения 4
2. Компоновка причальных сооружений . . . . . .
3. Выбор габаритов причальных сооружений 6
4. Конструктивные решения 9
4.1. Общие положения . . . . . .
4.2. Конструирование вновь строящихся причальных сооружений . . 10
4.3. Реконструкция существующих причальных сооружений для организации перегрузки КГ и ТГ 13
5. Расчет конструкций причальных сооружений 14
Приложение 1. Характеристики специализированных и неспециализированных судов для перевозок КГ и ТГ 18
Приложение 2 (обязательное). Схемы компоновки причальных сооружений 25
Приложение 3 (рекомендуемое). Конструктивные схемы причальных сооружений 28
Приложение 4 (обязательное). Расчет причальных сооружений по программе «PORT» 32
Приложение 5 (справочное). Пример проектирования причального сооружения 41
Приложение 6. Перечень нормативной литературы 49

Руководство по проектированию причальных сооружений для перегрузки крупногабаритных и тяжеловесных грузов
РД 31.31.31—83

Отв. за выпуск Д. А. Шварцман

Редактор Г. М. Двоскина

Художественный редактор З. П. Фролова

Технический редактор Б. Г. Колобродова

Корректор И. А. Денежкина

Сдано в набор 14.08.84 г. Подписано в печать 1.11.84 г. Формат изд. 60×90/16. Бум. кн.-журн. Гарнитура литератур. Печать высокая. Печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 4,38. Тираж 300 экз. Изд. № 1620/5-В. Заказ тип. № 733. Цена 65 коп.
В/О «Мортехинформреклама»
125080, Москва, Волоколамское шоссе, 14

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

gost.e-ecolog.ru