МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РУКОВОДСТВО

ПО УЧЕТУ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОРСКИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ТИПА «БОЛЬВЕРК»

РД 31.3.06-2000

МОСКВА 2001

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА МОРСКОГО ФЛОТА

Министерства транспорта Российской Федерации

РАСПОРЯЖЕНИЕ

20.04.2001 г.Москва № ВР-40-р

О введении в действие РД 31.3.06-2000 «Руководство по учету сейсмических воздействий при проектировании морских гидротехнических сооружений типа «Больверк»

В целях обеспечения сейсмостойкости проектируемых и эксплуатируемых причальных сооружений типа «больверк» для сейсмических районов ПРЕДЛАГАЮ:

1. Ввести в действие с 01.04.2001 г. утвержденное «Руководство по учету сейсмических воздействий при проектировании морских гидротехнических сооружений типа «больверк» РД 31.3.06-2000
2. Возложить издание, тиражирование и рассылку документа в подведомственные организации на ОАО «Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-изыскательский и конструкторско-технологический институт морского флота».

Первый заместитель Министра транспорта России, Руководитель государственной службы морского флота **В.В.Рукша**

Министерство транспорта Российской Федерации

Согласовано

Генеральный директор
Генеральной дирекции
государственного заказчика

В.В.Аристархов

«21» апреля 2001 г.

Утверждаю

Первый заместитель Министра
транспорта Российской Федерации



В.В.Рукша

_____ 2001 г.

РУКОВОДСТВО ПО УЧЕТУ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОРСКИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ТИПА «БОЛЬВЕРК»

РД 31.3.06-2000

Заместитель Генерального директора
ОАО «Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-изыскательский и конструкторско-технологический институт морского флота»

Е.М.Новосельцев

Москва
2001 год

Предисловие

1. РАЗРАБОТАН — Открытым акционерным обществом «Дальневосточный научно-исследовательский, проектно–изыскательский и конструкторско–технологический институт морского флота» (ОАО «ДНИИМФ»)

Руководитель темы, ответственный исполнитель, доктор транспорта, кандидат технических наук — Л.Ф. Штанько

Исполнитель — З.П. Андреева

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ — Распоряжением Минтранса России от 20.04.2001 №ВР-40-р. Первый заместитель Министра транспорта России, Руководитель государственной службы морского флота В.В.Рукша

3. ВВОДИТСЯ ВЗАМЕН — РД 31.31.26-81

Содержание

		Стр.
1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	1
3	Определения	2
4	Общие положения	5
5	Динамические расчетные схемы	6
6	Определение сейсмических нагрузок	12
7	Определение бокового давления грунта	14
8	Определение внутренних усилий в элементах конструкций	19
9	Проверки общей устойчивости	20
10	Особенности расчета реконструируемых больверков	25
11	Особенности расчета эксплуатируемых больверков	29
12	Антисейсмические конструктивные мероприятия и указания по строительству	31
13	Контрольные испытания	34
Приложение А	Пример расчета больверка на сейсмическое воздействие	36
Приложение Б	Пример расчета эксплуатируемого больверка на сейсмическое воздействие	46
Приложение В	Пример расчета реконструируемого больверка на сейсмическое воздействие	49
Приложение Г	Пример расчета общей устойчивости больверка по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения на сейсмическое воздействие	54
Приложение Д	Упрощенный алгоритм предварительного расчета сооружений типа «больверк» с учетом сейсмики	63
Приложение Е	Перечень рекомендуемых вычислительных программ	66
Приложение Ж	Заключение о сейсмостойкости сооружения	67

РУКОВОДСТВО ПО УЧЕТУ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОРСКИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ТИПА «БОЛЬВЕРК»

РД 31.3.06-2000

Дата введения
01.04.2001г.

1 Область применения

Настоящее Руководство следует соблюдать при проектировании морских причальных сооружений типа больверк, возводимых в районах с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов. Сейсмичность района устанавливается по картам сейсмического районирования территории России согласно СНиП II–7–81* «Строительство в сейсмических районах».

2 Нормативные ссылки

В настоящем документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. - М.: ГУП ЦПП, 2000, -44с. + прил. 2:10 карт.

СНиП 2.06.01-86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования/ Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. - 32 с.

СНиП 2.02.02-85. Основания гидротехнических сооружений/ Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. - 48 с.

СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений/ Минстрой России. - М.: ГП ЦПП, 1995. - 48 с.

РД 31.31.55-93. Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений/ Минморфлот, М., 1993. - 259 с.

РД 31.3.3-97. Руководство по техническому контролю гидротехнических сооружений морского транспорта/ Минтранс, М., 1997. - 185 с.

РД 31.3.4-97. Положение об организации технического контроля гидротехнических сооружений морского транспорта/ Минтранс, М., 1997. –50с.

РД 31.35.08-84. Ведомственное положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений на морском транспорте/ Минморфлот, М., 1984. - 68 с.

РД 31.35.06-81. Руководство по установлению норм эксплуатационных нагрузок на причальные сооружения распорного типа путем их испытания опытными статическими огрузками/ Ленморниипроект, Л., 1983. - 70 с.

РД 31.31.29-82. Руководство по проектированию илоцементных оснований и фундаментов портовых сооружений/ НИИ оснований им. Н.М.Герсеванова, М.: В/О «Мортехинформреклама», 1983. - 16с.

РД 31.31.34-85. Инструкция по проектированию причальных сооружений распорного типа на слабых грунтах/ Ленморниипроект, М.: В/О «Мортехинформреклама», 1986. - 103 с.

Р 31.3.02-98. Рекомендации по проектированию морских портовых гидротехнических сооружений в сейсмических районах при наличии в основании слабых грунтов (Пособие к РД 31.31.55-93)/ ДНИИМФ, Владивосток, 1998. - 50 с.

П 01-72. Методические рекомендации по определению динамических свойств грунтов, скальных пород и местных строительных материалов. Л. «Энергия», 1972. -35 с.

3 Определения

В настоящем документе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Сейсмическое воздействие – подземные удары и колебания земной поверхности, вызванные внутриземными процессами (главным образом тектоническими).

Сейсмичность – вероятная интенсивность землетрясения в баллах по шкале MSK-64.

Сейсмичность района (исходная сейсмичность) – сейсмичность в баллах сейсмической шкалы MSK-64, установленная согласно картам сейсмического районирования территории России.

Сейсмичность площадки строительства (уточненная сейсмичность) – сейсмичность в баллах сейсмической шкалы MSK-64, установленная по результатам сейсмического микрорайонирования или с учетом расположения в основании сооружения грунтов различной категории по сейсмическим свойствам.

Расчетная сейсмичность – сейсмичность в баллах сейсмической шкалы MSK-64, принятая для расчета проектируемых зданий и сооружений в зависимости от их степени ответственности и сейсмичности площадки строительства.

Сейсмическое районирование – разделение территории, подверженной землетрясениям, на районы с одинаковой сейсмической опасностью.

Сейсмическое микрорайонирование – уточнение сейсмичности на некоторой территории сейсмического района в зависимости от её геологических и гидрологических условий. Интенсивность землетрясений возрастает с уменьшением плотности грунта и увеличением его обводнения.

Сейсмические нагрузки – силы инерции, возбуждаемые массой сооружения вследствие её колебаний. Сейсмические силы при заданном законе движения основания зависят от динамических характеристик сооружения (периодов и форм собственных колебаний сооружения, демпфирования и т.д.).

Спектральный метод расчета – метод, основанный на разложении результирующего колебания сооружения при землетрясении в ряд по формам собственных колебаний.

Динамическая расчетная схема – упрощенная схема сооружения, включающая жесткостные и инерционные элементы, которые позволяют описать условия деформации конструкции и силовых воздействий в виде математических выражений для колебательных процессов.

Сейсмостойкость – способность сооружения противостоять сейсмическим воздействиям при сохранении работоспособности.

Уровень сейсмостойкости сооружения – оценка сейсмостойкости сооружения в баллах сейсмической шкалы.

Требуемый уровень сейсмостойкости сооружения – уровень сейсмостойкости, регламентируемый нормативными документами в зависимости от ответственности сооружения и срока его службы.

Проектный уровень сейсмостойкости сооружения – уровень сейсмостойкости, принятый в проекте.

Аналитический уровень сейсмостойкости сооружения – уровень сейсмостойкости, установленный расчетом при проектных (или фактических – с учетом износа) параметрах сооружения.

Фактический (оценочный) уровень сейсмостойкости сооружения – уровень сейсмостойкости, установленный на основании комплексного анализа данных об аналитическом уровне сейсмостойкости, эксплуатационной надежности и техническом состоянии.

Эксплуатационная надежность сооружения – свойство сооружения выполнять заданные функции, характеризуется совокупностью сведений о его техническом состоянии, работоспособности, включая данные об экстремальных воздействиях, и повреждениях, имевших место в период эксплуатации.

Техническое состояние сооружения – совокупность свойств сооружения, характеризующих данные об его исправности и работоспособности.

Дефицит сейсмостойкости сооружения – расхождение между требуемым и фактическим (оценочным) уровнями его сейсмостойкости в баллах сейсмической шкалы.

Коэффициент сейсмичности – расчетное ускорение сейсмических колебаний грунтов основания сооружения, выраженное в долях ускорения свободного падения.

Эффективный коэффициент сейсмичности – расчетное ускорение сейсмических колебаний элемента сооружения, выраженное в долях ускорения свободного падения.

4 Общие положения

4.1 Проектирование больверков для сейсмических районов необходимо производить согласно СНиП 2.06.01-86, СНиП 2.02.02-85, РД 31.31.55-93, РД 31.31.34-85, Р 31.3.02-98 с учетом дополнительных указаний настоящего Руководства.

4.2 Расчеты больверков на сейсмические воздействия должны включать:

- оценку сейсмичности площадки строительства;
- выбор динамической расчетной схемы сооружения (раздел 5);
- определение сейсмических нагрузок в узлах концентрации масс сооружения (раздел 6);
- определение бокового давления грунта на стенку (раздел 7);
- определение внутренних усилий в элементах конструкции и проверки прочности (раздел 8);
- проверки общей устойчивости сооружения (раздел 9).

4.3 Сейсмичность площадки строительства в баллах устанавливается по СНиП II-7-81* (или территориальным строительным нормам) в зависимости от сейсмичности района и уточняется по данным сейсмического микрорайонирования или в зависимости от категории грунтов (по сейсмическим свойствам), залегающих в основании сооружения.

4.4 В проектах сооружений следует предусматривать выполнение контрольно-исследовательских работ согласно Р 31.3.02-89, а также предсдаточных контрольных испытаний, состав которых приведен в разделе 13.

4.5 Примеры расчета на сейсмостойкость больверков приведены в приложениях А, Б, В, Г, а упрощенный алгоритм предварительного расчета –

в приложении Д. Перечень рекомендуемых вычислительных программ приведен в приложении Е.

5 Динамические расчетные схемы

5.1 Динамические расчетные схемы больверков, используемые для определения сейсмических нагрузок, формируются по методу конечных элементов (МКЭ). В них должны быть представлены конструктивные основные элементы: лицевая, экранирующая и анкерная стенки; анкерные тяги; грунты основания и засыпки. При расположении на территории причала массивных высотных конструкций (портальные краны, вышки), последние, для оценки их сейсмостойкости, также следует представить в динамической расчетной схеме.

5.2 Рекомендуемое положение границ динамической расчетной схемы сооружения приведено на рис. 5.1.

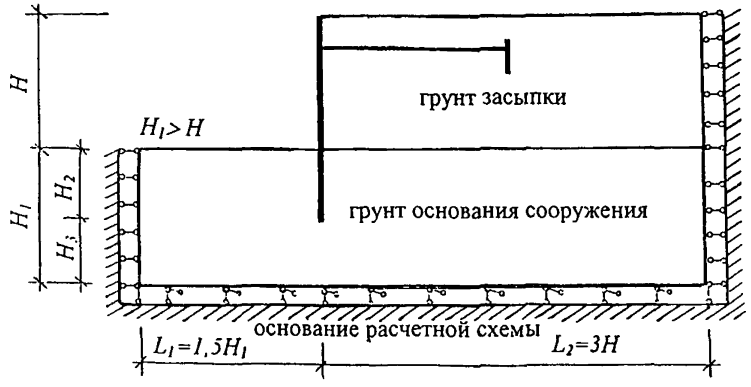


Рисунок 5.1 - Положение границ и граничные условия в расчетной схеме больверка

Положение нижней границы динамической расчетной схемы рекомендуется принимать совпадающей с кровлей грунтов категорий I и II по сейсмическим свойствам.

Если указанные грунты находятся от поверхности причала на расстоянии, превышающим двойную высоту стенки H, то положение нижней границы расчетной схемы допускается принимать от поверхности дна у причала на

расстоянии, равной двойной глубине забивки стенки $H_3=H_2$. Слой слабого грунта в основании сооружения следует включать в расчетную схему, увеличивая при необходимости расстояние H_1 до нижней границы.

5.3 Гибкие элементы сооружения: лицевые и анкерные стенки, козловые анкерные опоры, анкера, экранирующие стенки больверков следует представлять стержневыми элементами, а грунты основания и засыпки - континуальными (рис. 5.2, 5.3, 5.4).

Анкерные тяги в расчетной схеме соединяются в двух точках: в месте крепления с лицевой стенкой и в месте крепления с анкерной стенкой (плитой).

5.4 Массы сооружения в динамической расчетной схеме по МКЭ концентрируются в избранных узлах. Узлы концентрации масс следует размещать чаще в зонах характерных смещений грунта (зоны активного и пассивного давления) и реже у границ расчетной схемы. К узлу следует относить массу с площади, ограниченной: по горизонтали - половинами расстояний между смежными вертикалями сосредоточения масс, по вертикали - половинами расстояний между смежными узлами.

Масса грузов на причале сосредотачивается в верхних узлах расчетной схемы по правилу грузовых площадей.

В расчетных схемах МКЭ массы должны иметь одну степень свободы – перемещение в горизонтальном направлении.

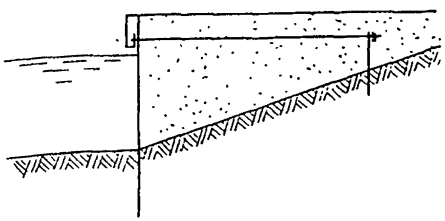
5.5 При определении сейсмических нагрузок от грунтов, расположенных ниже уровня воды в акватории, в расчетах необходимо принимать массу водонасыщенного грунта (массу грунта с учетом массы воды в порах). Массу водонасыщенного грунта (плотность) следует определять по формуле

$$\rho_s = \frac{\rho_s + \varepsilon \rho_s}{1+\varepsilon}, \qquad (5.1)$$

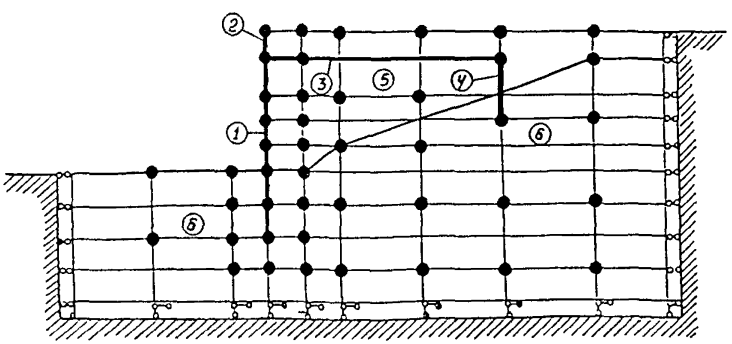
где ρ_s - плотность минеральных частиц скелета грунта, т/м^3;

ε - коэффициент пористости;

ρ_s - плотность воды, т/м^3.



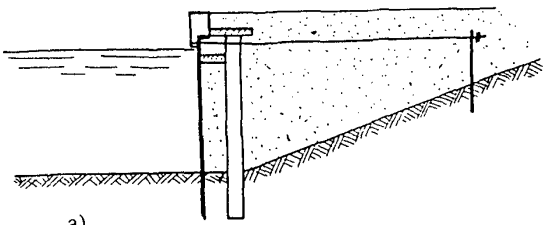
а)



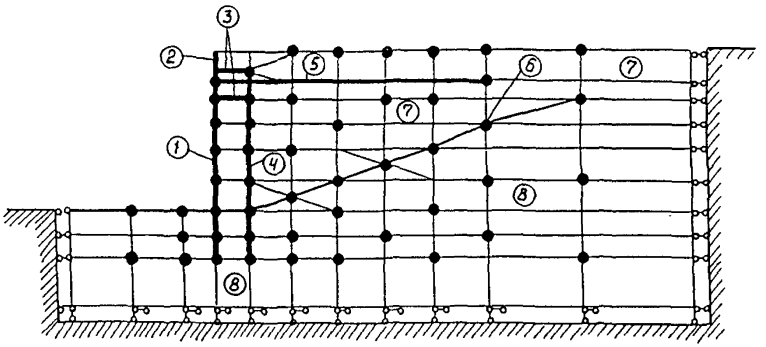
б)

1,2,3,4 – стержневые элементы;
5,6, – континуальные элементы.

Рисунок 5 2 – Разрез (а) и динамическая расчетная схема (б) больверка



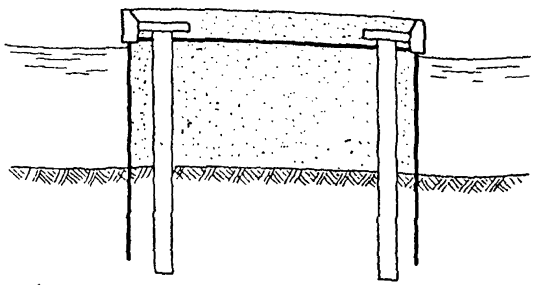
а)



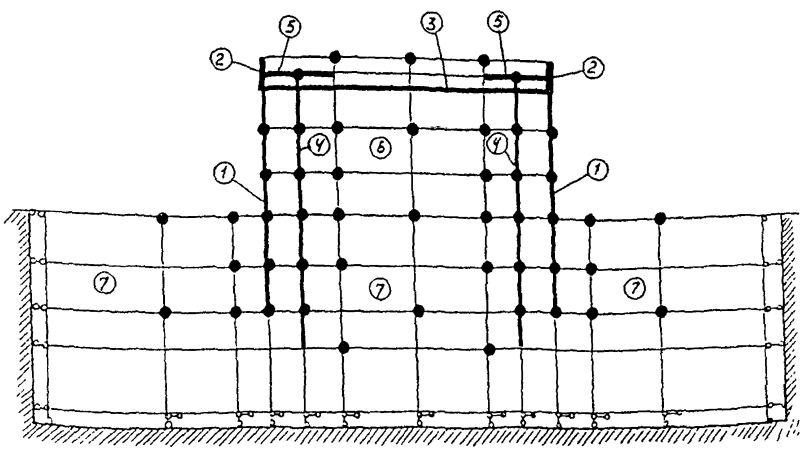
б)

1,2,3,4,5,6 – стержневые элементы;
7,8, – континуальные элементы

Рисунок 5.3 – Разрез (а) и динамическая расчетная схема (б) экранированного больверка



а)



б)

1,2,3,4,5 – стержневые элементы;
6,7 – континуальные элементы

Рисунок 5 4 – Разрез (а) и динамическая расчетная схема (б) взаимозаанкеренного больверка

5.6 Инерционное влияние воды, контактирующей с лицевой стенкой со стороны акватории, следует учитывать в виде присоединенной массы воды. Величина присоединенной массы воды, приходящаяся на единицу площади поверхности стенки, определяется согласно СНиП II-7-81* по формуле

$$m_в = \rho_в h \mu \psi , \qquad (5.2)$$

где h – глубина воды у сооружения, м;

μ – безразмерный коэффициент присоединенной массы воды;

ψ – коэффициент, учитывающий ограниченность длины водоема и принимаемый равным единице.

Примечание. Коэффициент μ для заанкеренного больверка рекомендуется принимать, как для сооружения с вертикальной напорной гранью, совершающего горизонтальные сдвиговые колебания при соотношении ускорений в верхней части сооружения к ускорению основания равном двум.

5.7 Динамические модули деформации песчаных и глинистых грунтов в первом приближении допускается определять по Методическим рекомендациям П 01-72 или формуле

$$E_{дин} \approx 3 E_{ст} , \qquad (5.3)$$

где $E_{ст}$ – статический модуль деформации грунта, принимаемый согласно СНиП 2.02.01-83*, кПа.

После определения периодов собственных колебаний сооружения принятые модули деформаций грунтов подлежат корректировке с целью приближения рассчитанного периода первого тона колебаний с полученным экспериментально (экспериментально полученные периоды основного тона колебаний заанкеренных больверков из стального шпунта с глубинами 9-12 м составляют 0,4-0,6 с). Корректировка модулей деформаций производится, если соотношение указанных периодов составляет более 1,2. При корректировке следует учитывать, что периоды собственных колебаний больверков обратно пропорциональны $\sqrt{E}$.

6 Определение сейсмических нагрузок

6.1 Сейсмические нагрузки для заанкеренных больверков необходимо рассчитывать при горизонтальном сейсмическом воздействии поперечного направления. Необходимо учитывать, что при сейсмическом воздействии происходят деформативные колебания сооружения, вследствие чего на каждый элемент сооружения действуют дополнительные сейсмические силы пропорциональные массе элемента и ускорению его сейсмических колебаний, а в элементах конструкции возникают дополнительные внутренние усилия.

6.2 Сейсмические нагрузки определяются по динамическому спектральному методу в виде разложения результирующего сейсмического колебания в ряд по главным (собственным) формам колебаний.

При определении сейсмических нагрузок необходимо учитывать: массы конструктивных элементов сооружения; массы полезных грузов на причале; массы грунтов основания и засыпки, включенных в динамическую расчетную схему (для водонасыщенных грунтов учитывается масса воды в порах грунта); присоединенную массу воды к лицевой стенке со стороны акватории.

6.3 Расчетная сейсмическая нагрузка S_{ik} (кН), действующая в точке k динамической расчетной схемы и соответствующая i-му тону собственных колебаний сооружения, определяется по формуле

$$S_{ik} = K_1 K_2 M_k g A_\tau \beta_i K_\psi \eta_{ik}, \qquad (6.1)$$

где K_1 - коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения сооружений, значение которого принимается согласно СНиП II-7-81* (для причальных сооружений K_1=0,25);

K_2 - коэффициент, учитывающий конструктивные решения сооружения, значение которого принимается согласно СНиП II-7-81* (для причальных сооружений K_2=1);

M_k - масса сооружения, отнесенная к точке k динамической расчетной схемы, определяемая согласно разделу 5, т;

g - ускорение свободного падения, м/с^2;

A_τ - расчетное ускорение в основании сооружения в долях g (коэффициент сейсмичности), определяемое согласно 6.4;

β_i - коэффициент динамичности, соответствующий i-му тону собственных колебаний сооружения, принимаемый по СНиП II-7-81*;

K_ψ - коэффициент диссипации, принимаемый для больверков равным 0,7 при расчетной сейсмичности 7 и 8 баллов, и 0,65 - при расчетной сейсмичности 9 баллов;

η_{ik} - коэффициент распределения сейсмических сил по сооружению, зависящий от формы деформации сооружения при его собственных колебаниях по i-му тону (коэффициент формы колебаний), определяемый по 6.5.

Примечание - $M_k \cdot g = Q_k$ -вес сооружения, отнесенный к точке k.

6.4 Расчетное ускорение в основании сооружения A_τ определяется в зависимости от расчетной сейсмичности и нормативного (остаточного) срока службы сооружения по формуле

$$A_\tau = A K_\tau, \qquad (6.2)$$

где A - коэффициент сейсмичности, значения которого согласно СНиП II–7–81* принимаются равными 0,1; 0,2 и 0,4 для расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов;

K_τ - коэффициент, учитывающий нормативный или остаточный срок службы сооружения τ (в годах), принимаемый по табл. 6.1.

Таблица 6.1

τ, годы	≤10	15	20	30	40	50	60	70	80	≥100
K_τ	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4

Примечания

1 Расчетная сейсмичность для гидротехнических сооружений принимается равной сейсмичности площадки. При определении сейсмических нагрузок сейсмичность площадки принимается согласно табл.1 СНиП II-7-81* в зависимости от категории грунта по

сейсмическим свойствам, расположенного в основании расчетной схемы. Для сооружений повышенной ответственности расчетное ускорение A, соответствующее сейсмичности площадки, принимается с коэффициентом 1,2.

2 Для промежуточных значений τ величина K_τ в таблице 6.1 принимается равной большему значению из интервала.

6.5 Значение коэффициента η_{ik} следует определять по формуле

$$\eta_{ik} = \frac{X_{ik} \sum_{k=1}^{n} M_j X_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} M_j X_{ij}^2}, \qquad (6.3)$$

где X_{ik} и X_{ij} - относительные смещения сооружения при собственных колебаниях по i-му тону в рассматриваемой точке k и во всех точках j, где в соответствии с динамической расчетной схемой его масса принята сосредоточенной;

M_j - масса сооружения, сосредоточенная в точке j динамической расчетной схемы, т.

7 *Определение бокового давления грунта на стенку*

7.1 Интенсивность горизонтальной составляющей активного P_a^s и пассивного P_p^s остаточных давлений грунта на стенку при сейсмическом воздействии, кПа, определяются по формулам

$$P_a^s = \left(q_z + mq^s\right)\lambda_a^s - C\lambda_{ac}, \qquad (7.1)$$

$$P_p^s = \left(q_z + mq^s\right)\lambda_p^s + C\lambda_{pc}, \qquad (7.2)$$

где λ_a^s и λ_p^s –коэффициенты горизонтальной составляющей активного и пассивного давления грунта при учете сейсмического воздействия, определяемые по 7.2;

q^s –интенсивность равномерно распределенной нагрузки на поверхности причала, кПа;

q_z –интенсивность вертикального давления грунта, определяемая в соответствии с РД 31.31.55-93, кПа;

m –коэффициент, определяемый согласно РД 31.31.55-93;

C –удельное сцепление грунта, кПа;

λ_{ac} и λ_{pc} –коэффициенты горизонтальной составляющей активного и пассивного давлений грунта от сил сцепления, определяемые в соответствии с РД 31.31.55-93.

Примечание - Учет равномерно–распределенной нагрузки на поверхности причала допускается производить в двух вариантах:

1 $q^s = q$ (q - расчетная нагрузка на поверхности причала), при этом значение коэффициента сочетания нагрузок γ_{lc} по РД 31.31.55-93 принимается равным 0,9;

2 $q^s = 0{,}5\,q$, при этом значение коэффициента сочетания нагрузок $\gamma_{lc} = 1$.

7.2 Коэффициенты горизонтальной составляющей активного и пассивного остаточных давлений грунта при сейсмическом воздействии определяются по формулам

$$\lambda_a^s = \lambda_a \left[1 + A_{эа} tg\left(45° + \frac{\varphi + \varepsilon_a}{2} \right) \right], \qquad (7.3)$$

$$\lambda_p^s = \lambda_p \left[1 - A_{эр} tg\left(45° - \frac{\varphi - \varepsilon_p}{2} \right) \right], \qquad (7.4)$$

где $A_{эа}$ и $A_{эр}$ –эффективные коэффициенты сейсмичности соответственно для зон активного и пассивного давлений, определяемые по 7.3;

ε_a и ε_p –углы отклонения от вертикали равнодействующих сил веса и сейсмических сил для зоны активного и пассивного давлений, определяемые по 7.4, град.

7.3 Эффективные коэффициенты сейсмичности для зон активного $A_{эа}$ и пассивного $A_{эр}$ давлений, учитывающие динамический характер сейсмического воздействия и водонасыщенность грунта, определяются по формулам

$$A_{эа} = \frac{\sum_{k=1}^{n_a} \sqrt{\sum_{i=1}^{\nu} S_{ki}^2}}{\sum_{k=1}^{n_a} G_k}, \qquad (7.5)$$

$$A_{эр} = \frac{\sum_{k=1}^{n_p} \sqrt{\sum_{i=1}^{\nu} S_{ki}^2}}{\sum_{k=1}^{n_p} G_k}, \qquad (7.6)$$

где G_k – вес сооружения, сосредоточенный в точке k динамической расчетной схемы (для грунта, расположенного ниже уровня воды в акватории принимается с учетом взвешивающего действия воды), кН;

n_a, n_p – количество сосредоточенных масс динамической расчетной схемы, расположенных соответственно в призме распора (активного давления) и выпора (пассивного давления), границы которых определяются приближенно по расчету без сейсмических воздействий;

ν – число учитываемых форм колебаний сооружения (от 5 до 10).

Для предварительных расчетов заанкеренных больверков допускается принимать

$$A_{эа} = K_1 A_\tau K_a; \qquad (7.7)$$

$$A_{эр} = K_1 A_\tau K_p, \qquad (7.8)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения сооружения, принимаемый согласно 6.3;

A_τ – коэффициент сейсмичности, значения которого принимаются согласно 6.4;

K_a, K_p – коэффициенты увеличения эффективной сейсмичности для массивов сдвигаемого грунта, соответственно в зонах активного и пассивного давлений, учитывающие динамический характер сейсмического

воздействия и водонасыщенность грунта, принимаемые K_a=2,7; K_p=2,2.

7.4 Углы отклонения от вертикали равнодействующих сил веса и сейсмических сил для зон активного и пассивного давлений определяются по формулам

$$\varepsilon_a = arctg\, A_{эа}\,, \qquad (7.9)$$

$$\varepsilon_p = arctg\, A_{эр}\,. \qquad (7.10)$$

7.5 Интенсивность горизонтальной составляющей силосного давления грунта, расположенного между лицевой и экранирующей стенками экранированного больверка, с учетом сейсмического воздействия определяется по формуле

$$P^s_{a,сил} = q_{z,сил}\lambda^s_a - \frac{C}{tg\varphi}\left[1 - \lambda^s_a\left(1 - m_{сил}\right)\right], \qquad (7.11)$$

где $q_{z,сил}$ – интенсивность вертикального давления грунта между стенками, определяемая согласно РД 31.31.55-93, кПа;

λ^s_a – коэффициент горизонтальной составляющей активного давления грунта, определяемый по формуле (7.3);

$m_{сил}$ – коэффициент, определяемый согласно РД 31.31.55-93.

7.6 При замене слабого грунта в основании перед лицевой стенкой больверка отпор от отсыпанной призмы следует определять как наименьший из расчетов: либо пассивного давления в предположении бесконечной длины отсыпанной призмы (при условии прорезания отсыпанной призмы) с использованием формулы (7.2), либо сопротивления сдвигу отсыпанной призмы по основанию с использованием формулы (7.12)

$$E_{sp} = \left(E_{sp1} + E_{sp2}\right)\cdot\left(1 + tg\delta \cdot tg\,\varphi_0\right) + C_0\left(b_1 + b_2\right), \qquad (7.12)$$

где E_{sp1} – сила сопротивления сдвигу прямоугольного элемента призмы, обусловленная внутренним трением грунта, кН;

E_{sp2} – сила сопротивления сдвигу треугольного элемента призмы, обусловленная внутренним трением грунта, кН;

δ – угол трения материала отсыпки по плоскости восприятия отпора лицевой стенкой, град;

φ_0 – угол внутреннего трения грунта основания, град;

C_0 – сцепление грунта основания, кПа;

b_1, b_2, h – размеры прямоугольного и треугольного элементов отсыпанной призмы грунта (рисунок 7.1,а).

Силы сопротивления сдвигу E_{sp1} и E_{sp2} определяются по формулам

$$E_{sp1} = G_1\left(tg\,\varphi_0 - A_{эр}\right), \qquad (7.13)$$

$$E_{sp2} = G_2\left[tg\left(\Theta + \varphi_0\right) - A_{эр}\right] \qquad (7.14)$$

где G_1 и G_2 - веса соответственно прямоугольного и треугольного элементов отсыпанной призмы грунта с учетом водонасыщенности грунта, кН;

Θ- угол наклона откоса котлована, который следует назначать меньшим угла выпора грунта основания при сейсмическом воздействии, град.

Эпюра пассивного давления по высоте призмы принимается треугольной (рисунок 7.1,б).

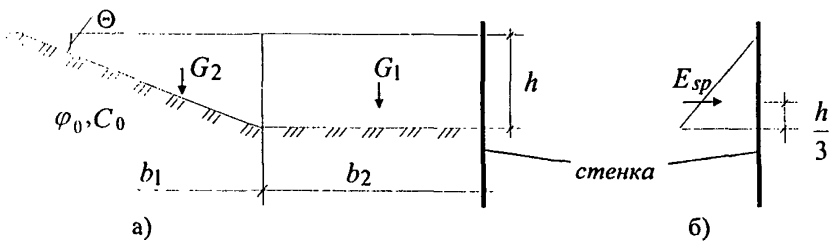


Рисунок 7.1 - Схема расчета сопротивления сдвигу элементов отсыпанной призмы грунта (а) и эпюра пассивного давления грунта (б)

8 Определение внутренних усилий в элементах конструкции

8.1 При проверке прочности элементов конструкции больверков необходимо учитывать две составляющие внутренних усилий – остаточную и флуктуационную. Остаточная составляющая обусловлена действием остаточного бокового давления грунта, вызванного необратимыми смещениями и уплотнением грунта, накапливающимися в процессе сейсмических колебаний. Флуктуационная составляющая обусловлена деформативными псевдоупругими колебаниями грунта и конструкции. Результирующие внутренние усилия и перемещения определяются суммированием остаточной и флуктуационной составляющих.

8.2 Расчетные значения внутренних усилий в элементах конструкции с учетом сейсмического воздействия (изгибающие моменты в лицевой, экранирующих и анкерной стенках, растягивающие усилия в анкерных тягах и др.) определяются по формуле

$$N = N_{ост} + N_{ф}, \qquad (8.1)$$

где $N_{ост}$ – остаточные внутренние усилия в элементах конструкции от действия остаточного бокового давления грунта, определяемые по 8.3;

$N_{ф}$ – флуктуационные внутренние усилия в элементах конструкции от действия сейсмических сил, определяемые по 8.4.

8.3 Остаточные усилия в элементах конструкции, возникающие в результате действия остаточного бокового давления грунта на стенку (формулы (7.1), (7.2) и (7.11)), следует определять согласно РД 31.31.55.93 по программе BOLVERK (приложение Е).

8.4 Флуктуационные усилия в элементах конструкции, возникающие при землетрясении в результате деформативных сейсмических колебаний сооружения, следует определять по формуле

$$N_{ф} = \sqrt{\sum_{i=1}^{\nu} N_{ф,i}^2}, \qquad (8.2)$$

где $N_{\phi,i}$ –флуктуационное (изменяющееся по направлению при землетрясении) усилие в рассматриваемом сечении от действия сейсмических нагрузок, определяемых по формуле (6.1), приложенных в местах концентрации масс динамической расчетной схемы.

Флуктуационные усилия $N_{\phi,i}$ определяются в результате динамического расчета при использовании вычислительных программ ЛИРА, МИРАЖ и др., реализующих метод конечных элементов и имеющих блок по определению сейсмических нагрузок (приложение Е).

Для предварительных расчетов флуктуационные усилия допускается определять по приложению Д.

9 Проверки общей устойчивости

9.1 Для заанкеренных больверков необходимо выполнить следующие виды проверок устойчивости:

- на поворот лицевой стенки больверка вокруг точки крепления анкера;
- на анкерующую способность массива грунта перед анкерными плитами или стенками (сдвиг анкерной плиты);
- на глубинный сдвиг по круглоцилиндрическим или ломанным поверхностям скольжения.

При проверке устойчивости на глубинный сдвиг следует рассмотреть и другие возможные формы сдвига грунтовых массивов с учетом реального расположения слоя слабого грунта в основании сооружения, например, сдвиг по смешанным поверхностям (комбинации прямолинейных и криволинейных участков поверхностей) или комбинированным круговым (рис.9.1).

9.2 При проверке устойчивости на поворот лицевой стенки вокруг точки крепления анкера, активное и пассивное давления грунта на лицевую стенку принимаются с учетом действия сейсмических нагрузок по формулам (7.1), (7.2) и (7.12). Согласно РД 31.31.55.93 расчет следует выполнять по программе BOLVERK.

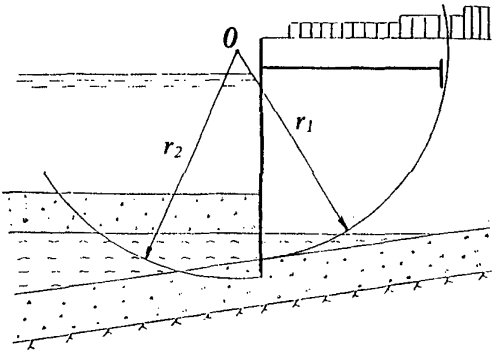


Рисунок 9.1 - Возможная форма сдвига грунтового массива при наличии слоя слабого грунта

9.3 При проверке устойчивости анкерной плиты на сдвиг активное и пассивное давления грунта на плиту принимаются с учетом действия сейсмических нагрузок согласно формулам (7.1) и (7.2). Анкерная реакция принимается по результатам расчета лицевой стенки согласно 8.2.

9.4 Горизонтальная сейсмическая сила, действующая на массив сдвигаемого j-го участка грунта при расчетах общей устойчивости по круглоцилиндрическим или ломаным поверхностям скольжения определяются по формуле

$$S_j = G_j A_{эу} , \qquad (9.1)$$

где G_j – вес сдвигаемого j-го участка грунта (для грунта, расположенного ниже уровня воды в акватории, принимается с учетом взвешивающего действия воды);

$A_{эу}$ – эффективный коэффициент сейсмичности, принимается осредненным для сдвигаемого массива и определяется по 9.5.

9.5 Эффективный коэффициент сейсмичности для расчета общей устойчивости определяется по формуле

$$A_{эу} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{\nu}\left(\sum_{k=1}^{n_y} S_{ki}\right)^2}}{\sum_{k=1}^{n_y} G_k}, \qquad (9.2)$$

где G_k – вес сооружения, сосредоточенный в точке k динамической расчетной схемы (для грунта, расположенного ниже уровня воды в акватории принимается с учетом взвешивающего действия воды), кН;

n_y – количество сосредоточенных масс динамической расчетной схемы, попадающих в сдвигаемую часть грунтового массива.

Для предварительных расчетов устойчивости $A_{эу}$ допускается определять по формуле

$$A_{эу} = K_1 A_\tau K_y, \qquad (9.3)$$

где K_y – коэффициент увеличения эффективной сейсмичности для сдвигаемого массива грунта, учитывающий динамический характер сейсмического воздействия и водонасыщенность грунта, принимаемый равным 2,4.

9.6 Момент от сдвигающих сейсмических сил относительно центра вращения, используемый при проверке общей устойчивости по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения, определяется по формуле

$$M_1^s = \sum_{j=1}^{n} S_j y_j, \qquad (9.4)$$

где y_j – ордината центра масс j-го сдвигаемого участка грунта (j-го вертикального элемента) относительно центра вращения;

n – количество участков грунта (вертикальных столбцов), на которые условно разделен сдвигаемый массив грунта.

9.7 Проверку общей устойчивости сооружения на глубинный сдвиг по круглоцилиндрическим или ломанным поверхностям скольжения рекомендуется выполнять по вычислительным программам, в которых предусмотрен учет сейсмических сил. При использовании вычислительных

программ, в которых учет сейсмических сил не предусмотрен, допускается использовать приближенный способ поворота расчетной схемы сооружения на сейсмический угол ε_y, в результате чего становится вертикальной равнодействующая веса и сейсмической силы.

Примечание - Далее в тексте основные положения расчета по указанному приближенному способу изложены применительно к расчету устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения. При расчете устойчивости по плоским ломаным поверхностям изложенный прием учета сейсмических сил аналогичен.

9.8 Согласно способу поворота расчетной схемы сооружения на сейсмический угол производится переформирование расчетной схемы сооружения и корректировки характеристик грунтов и грузов на причале. Дальнейший расчет производится по вычислительной программе для изменённой расчетной схемы. При использовании для проверки общей устойчивости вычислительной программы KREJ, разработанной Ленморниипроектом, лицевая стенка в переформированной расчетной схеме условно принимается вертикальной.

Поверхности причала и дна, а также слои грунтов получают по сравнению с исходным положением дополнительный наклон на сейсмический угол ε_y (рисунок 9.2), определяемый по формуле

$$\varepsilon_y = arctg\, A_{эy}, \qquad (9.5)$$

где $A_{эy}$ –осреднённый по массиву сдвигаемой части сооружения эффективный коэффициент сейсмичности, определяемый в соответствии с 9.5.

Допускается принимать дополнительный угол наклона для дна и слоев грунта перед стенкой равным ε_p (формула (7.10)), а для слоев грунта за стенкой равным ε_a (формула (7.9)).

Веса грунтов и грузов на причале корректируются по формуле

$$G' = \frac{G}{\cos\ \varepsilon_y}. \qquad (9.6)$$

Допускается в формуле (9.6) вместо ε_y использовать ε_a.

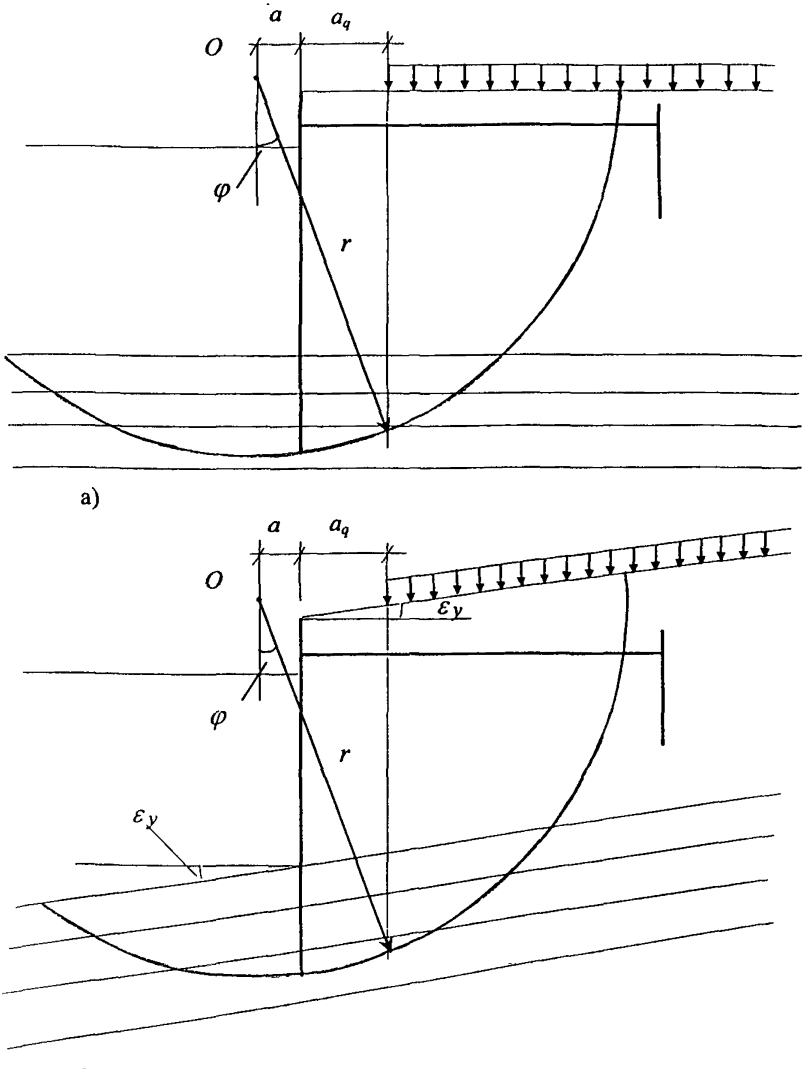


Рисунок 9.2 - Схема к расчету общей устойчивости при повороте расчетной схемы на сейсмический угол ε_y ; а) исходный разрез; б) переформированный (повернутый на угол ε_y) разрез (лицевая стенка условно принята вертикальной)

Дополнительно производится уменьшение углов внутреннего трения грунтов, обусловленное снижением сопротивления сдвигу при динамических воздействиях: для расчетной сейсмичности 7 и 8 баллов – на 1°; для расчетной сейсмичности 9 баллов – на 2°.

Длина участка a_q (см. рис.9.2), на котором при оценке устойчивости нагрузка на причале не учитывается, принимается согласно РД 31.31.55-93 по формуле

$$a_q = r \cdot \sin\varphi - a, \qquad (9.7)$$

где r – радиус поверхности скольжения, м;

φ – угол внутреннего трения грунта по поверхности скольжения под прикордонным участком, град;

a – расстояние от вертикали, проведенной от центра поверхности скольжения, до лицевой стенки причала, м

10 Особенности расчета реконструируемых больверков

10.1 Положения настоящего раздела распространяются на расчет причальных сооружений, реконструкция которых осуществляется путем забивки шпунтовой оторочки перед существующей стенкой с последующим заполнением пространства между стенками грунтом. Особенность изложенного метода расчета на сейсмические воздействия в учете истории загружения сооружения в течение его предыдущей эксплуатации и в учете последовательности строительства реконструированного сооружения.

10.2 Перед разработкой проекта реконструкции необходимо произвести подводное обследование существующего больверка. Состав и объем обследований принимаются по РД 31.3.3-97 и должны включать:

- визуальный контроль всей поверхности стенки;

- инструментальные измерения толщины металла (по лобовой и боковой поверхностям) с шагом измерений по длине стенки не более 20 м и по высоте

стенки в трех уровнях (в зоне переменного уровня воды, посередине высоты и у дна);

- освидетельствование и инструментальные измерения степени коррозии анкерных тяг;

- уточнение физико-механических характеристик грунтов в теле сооружения и перед сооружением (при необходимости).

Массив данных результатов измерений должен быть подвергнут статистическому анализу, в результате чего должны быть определены с обеспеченностью 0,9 фактические изгибающие моменты в стенке, остаточная толщина шпунта и анкерных тяг, а также скорости коррозии шпунта и анкерных тяг.

При расчетах момент сопротивления старой шпунтовой стенки и площадь сечения анкерных тяг принимаются с учетом коррозионного износа с обеспеченностью 0,9.

10.3 Последовательность расчета на сейсмостойкость реконструируемого причального сооружения соответствует последовательности расчета экранированного больверка, т.е. вначале формируется динамическая расчетная схема как для экранированного больверка. Затем определяются сейсмические силы в местах концентрации масс, флуктуационные изгибающие моменты в лицевой $M_{ф,л}$ и экранирующей $M_{ф,э}$ стенках, флуктуационные усилия в анкерных тягах $R_{ф,л}$ и $R_{ф,э}$. Определяются эффективные коэффициенты сейсмичности и коэффициенты остаточного бокового давления грунта на стенки с учетом сейсмического воздействия.

Рекомендуемая последовательность дальнейших расчетов с использованием программы BOLVERK, согласованная с этапами возведения (состояния) сооружения, следующая.

Этап I - Определение внутренних усилий в «обычном» больверке в эксплуатационном режиме до реконструкции.

Лицевая стенка существующего больверка после реконструкции будет экранирующей. Определяются остаточное боковое давление грунта на стенку, изгибающие моменты в стенке $M_{эI}$ и усилия в анкерных тягах $R_{эI}$, которые сформировались в течение срока эксплуатации сооружения до реконструкции. Учитываются расчетные эксплуатационные нагрузки на поверхности причала и сейсмические воздействия, имевшие место при эксплуатации. Изгибная жесткость стенки EI определяется с учетом коррозионного износа. Вычисленные значения изгибающих моментов в стенке сопоставляются с изгибающими моментами, полученными после обработки материалов обследований и инструментальных измерений. Эффективные коэффициенты сейсмичности на этом этапе расчета допускается принимать по приближенным формулам, приведенным в разделе 6 настоящего РД.

Этап II - Определение внутренних усилий в «обычном» больверке перед реконструкцией.

Отсутствует эксплуатационная нагрузка на причале и сейсмическое воздействие. Определяются остаточное боковое давление, изгибающие моменты в стенке $M_{эII}$ и усилия в анкерах $R_{эII}$. Разность результатов расчета I и II этапов дает степень преднапряжения лицевой стенки и тяг перед реконструкцией.

Этап III - Определение внутренних усилий в экранированном больверке в строительный период.

Забита шпунтовая оторочка, пространство между стенками заполнено грунтом. Определяется силосное давление грунта без учета сейсмического воздействия, и вызванные его действием:

– изгибающие моменты в оторочке (новой лицевой стенке) $M_{лIII}$ и усилия в анкерных тягах $R_{лIII}$, соединяющих оторочку со старой стенкой;

– изгибающие моменты преднапряжения в экранирующей стенке (старой лицевой стенке) $M_{эIII}$ и усилия преднапряжения в тягах $R_{эIII}$.

Этап IV - Определение внутренних усилий в экранированном больверке без учета сейсмического воздействия и эксплуатационной нагрузки.

Стандартный расчет экранированного больверка согласно программе BOLVERK. Определяются остаточные изгибающие моменты в стенках $M_{лIV}$, $M_{эIV}$ и усилия в анкерных тягах $R_{лIV}, R_{эIV}$.

Этап V - Определение внутренних усилий в экранированном больверке с учетом сейсмического воздействия и расчетной эксплуатационной нагрузки.

Стандартный расчет экранированного больверка согласно программе BOLVERK. Сейсмическое воздействие учитывается изменением бокового давления грунта. Определяются остаточные изгибающие моменты в стенках $M_{лV}$, $M_{эV}$ и усилия в анкерных тягах $R_{лV}, R_{эV}$.

Разность усилий на этапах V и IV дает приращение внутренних усилий от эксплуатационной нагрузки и сейсмического воздействия.

Этап VI - Определение результирующих значений остаточных внутренних усилий.

$$M_л = M_{лIII} + (M_{лV} - M_{лIV}) \qquad (10.1)$$

$$M_э = M_{эII} - M_{эIII} + (M_{эV} - M_{эIV}) \qquad (10.2)$$

$$R_л = R_{лIII} + (R_{лV} - R_{лIV}) \qquad (10.3)$$

$$R_э = R_{эII} - R_{эIII} + (R_{эV} - R_{эIV}) \qquad (10.4)$$

$$R_{э\Sigma} = R_л + R_э \qquad (10.5)$$

Полученные значения остаточных изгибающего момента $M_э$ в экранирующей стенке и усилий в основных анкерных тягах $R_{э\Sigma}$ сопоставляются с соответствующими усилиями этапа I расчета. Для дальнейших расчетов принимаются большие значения.

Этап VII - Определение расчетных значений внутренних усилий в элементах конструкций.

Расчеты выполняются согласно формуле (8.1).

11 Особенности расчета эксплуатируемых больверков

11.1 Оценку сейсмостойкости эксплуатируемых причальных сооружений необходимо производить при их паспортизации на основании поверочных расчетов (аналитический и фактический (оценочный) уровень сейсмостойкости) в соответствии с настоящим Руководством с учетом данных об эксплуатационной надежности и техническом состоянии сооружений. Оценка сейсмостойкости сооружения оформляется в виде «Заключения о сейсмостойкости» по форме, приведенной в приложении Ж, и включается в пополняемую часть паспорта причала составляемого согласно РД 31.3.4-97.

11.2 Данные об эксплуатационной надежности причала должны включать следующие сведения за время его строительства и эксплуатации:

- об аварийных ситуациях, связанных с повреждениями несущих элементов конструкции, с указанием даты, характера и причин повреждений, а также реализованных мероприятий по восстановлению работоспособности поврежденных элементов и сооружения в целом;

- о происшедших землетрясениях с указанием даты и интенсивности землетрясений, характера имевших место повреждений, а также реализованных мероприятий по восстановлению работоспособности поврежденных элементов и сооружения в целом.

11.3 Данные о техническом состоянии причала должны устанавливаться на основании его комплексного обследования в соответствии с РД 31.3.3-97. Для заанкеренных больверков из стального шпунта в обязательном порядке должны быть измерены:

- фактические глубины перед стенкой в пределах 20-метровой полосы;

- деформации (прогибы и наклоны) лицевой стенки по высоте;

- остаточные толщины шпунта лицевой стенки, а, при возможности, и анкерных тяг;

- деформации в плане железобетонного оголовка причала.

Отмеченные измерения должны быть выполнены в объеме, указанном в РД 31.3.3-97.

При анализе результатов измерения глубин необходимо указывать о наличии или отсутствии признаков дефектов, обусловленных нарушением общей устойчивости сооружения (выпучины грунта перед стенкой), увязывая их с наличием наклонов стенки.

При обследовании шпунтовой стенки необходимо отражать наличие или отсутствие поперечных трещин.

При невозможности обследования анкерных тяг необходимо указывать сведения о наличии или отсутствии косвенных признаков их обрыва или ослабления натяжения согласно РД 31.3.3-97 с учетом результатов измерений деформаций оголовка в плане.

11.4 Аналитический уровень сейсмостойкости причального сооружения устанавливается на основании расчетов, выполненных в соответствии с настоящим Руководством. При расчетах необходимо учитывать степень коррозионного износа несущих элементов конструкции.

11.5 Расчетную сейсмичность (расчетные сейсмические ускорения основания сооружения), используемые в расчетах сейсмостойкости, для эксплуатируемых причальных сооружений допускается уточнять по формуле (6.2) в зависимости от остаточного срока службы сооружения τ.

11.6 Остаточный срок службы сооружения τ в первом приближении допускается определять по формуле

$$\tau = T_н - T_ф, \qquad (11.1)$$

где $T_н$ – срок службы сооружения в годах по нормам амортизационных отчислений, определяемый согласно РД 31.35.08-84 (допускается принимать равным 50 годам);

$T_ф$ – фактический срок эксплуатации сооружения в годах, исчисляемый с года ввода сооружения в эксплуатацию до года составления «Заключения о сейсмостойкости» (приложение Ж).

Допускается изменять (увеличивать или уменьшать) остаточный срок службы сооружения, вычисленный по формуле (11.1), в зависимости от физического состояния сооружения на дату обследования, а также результатов расчета его на сейсмостойкость с учетом средней скорости коррозии основных несущих элементов конструкции.

11.7 При расчетах прочности конструктивных элементов эксплуатируемого заанкеренного больверка в обоснованных случаях (безаварийная эксплуатация сооружения, отсутствие горизонтальных деформаций оголовка, незначительные прогибы стенки и др.) допускается учитывать явления, связанные с выравниванием усилий в анкерных тягах и уплотнением грунтов засыпки, и вносить коррективы в соответствующие коэффициенты, предусмотренные в РД 31.31.55-93:

- при расчете анкерных тяг коэффициент K_a, учитывающий неравномерность натяжения анкерных тяг и перераспределение давления грунта по высоте стенки, допускается принимать равным 1,3 (вместо 1,5 предусмотренного в РД 31.31.55-93);

- при расчете лицевой стенки к коэффициенту снижения изгибающих моментов, учитывающему перераспределение давления грунта на стенку за счет ее деформации и перемещения, допускается применять дополнительный понижающий коэффициент, равный 0,85.

12 Антисейсмические конструктивные мероприятия и указания по строительству.

12.1 Конструкции причальных сооружений типа «больверк» в сейсмических районах следует принимать в соответствии с требованиями СНиП II-7-81*, СНиП 2.06.01-86, РД 31.31.55-93 и указаний настоящего раздела.

12.2 При наличии в основании заанкеренного больверка слабых грунтов необходимо предусматривать мероприятия по уменьшению деформаций основания как при обычных условиях эксплуатации, так и при землетрясении.

Указанные мероприятия следует принимать по СНиП 2.02.01-83, СНиП 2.02.02 -85, СНиП II-7-81*, а также Р 31.3.02-98.

Слабые грунты должны быть полностью или частично заменены на более качественные крупнообломочные грунты, либо закреплены. Необходимость замены или закрепления грунтов устанавливается на основании расчетов прочности и устойчивости с учётом сейсмических воздействий. Грунт замены либо закрепленный грунт рекомендуется располагать на плотных подстилающих грунтах за лицевой стенкой и перед ней. Ширина участка замены или закрепления грунта устанавливается расчетами устойчивости сооружения с учетом сейсмических воздействий. За лицевой стенкой рекомендуется слабый грунт заменять или закреплять до анкерной стенки.

Закрепление слабых грунтов буросмесительным или вибрационным способом с введением в толщу грунта отвердителя и перемешиванием его с грунтом следует выполнять согласно РД 31.31.29-82.

12.3 Способ строительства заанкеренного больверка (последовательность отсыпки грунта) должен исключать смещение оставляемых слабых грунтов при работах по засыпке пазухи причала и скопление их у лицевой стенки. Для этого необходимо отсыпку грунта производить со стороны стенки вглубь территории. Целесообразно также предусматривать уплотнение отсыпаемых грунтов перед лицевой стенкой.

12.4 Для засыпки за стенку рекомендуется применять малосжимаемые грунты (разработанный скальный грунт, щебень, гравийно-галечниковый и песчано-гравийный грунт, пески крупные и средней крупности). Не рекомендуется устройство засыпок из мелкозернистых несвязных грунтов, вследствие опасности их разжижения при землетрясении. Рекомендуется предусматривать послойную засыпку грунта за стенку с уплотнением.

12.5 В качестве элементов лицевых стенок больверков рекомендуется использовать стальные профили с замковым соединением их между собой, обеспечивающим грунтонепроницаемость стенки при землетрясении.

12.6 Анкеровку обычных и экранированных больверков следует выполнять согласно РД 31.31.55-93. В конструкциях сопряжения анкерных тяг с лицевой и анкерной стенками рекомендуется предусматривать мероприятия, обеспечивающие уменьшение изгибающих моментов в анкерах, а также выравнивание в них растягивающих усилий. В пределах секции сооружения длина тяг и марка стали должны быть идентичны.

12.7 В заанкеренных подпорных стенках с целью повышения сейсмостойкости анкерной плиты (анкерной стенки) перед её лицевой гранью рекомендуется устраивать плотное грунтовое ядро из камня или крупно–обломочных грунтов.

12.8 Во избежание увеличения сейсмических нагрузок на сооружение рекомендуется располагать площадки для складирования грузов, производственные корпуса и другие объекты порта в тыловой части причала за пределами призмы активного давления грунта на анкерную стенку.

12.9 Крановые пути за стенками рекомендуется устраивать на свайных фундаментах с передачей нагрузок на глубинные слои основания. При этом следует предусматривать мероприятия, обеспечивающие либо неизменность колеи кранового пути, либо возможность его рихтовки. Для сейсмических районов рекомендуется конструкция кранового пути, в котором рельс с закрепленными шпалами устанавливается в железобетонное корыто на слой щебня мелких фракций, что позволяет производить рихтовку пути при возникновении остаточных деформаций.

12.10 Антисейсмические швы в железобетонной надстройке сооружения целесообразно совмещать с температурно-осадочными швами.

12.11 Капитальное покрытие территории причала рекомендуется выполнять после стабилизации осадок территории, устанавливаемой по результатам инструментальных наблюдений.

12.12 При выполнении работ авторского надзора за строительством заанкеренных больверков необходимо обращать внимание на следующее:

- элементы лицевой стенки в месте крепления анкерных тяг, а также стяжных болтов должны иметь плотное прилегание к распределительному поясу. Наличие зазоров не допускается;

- концевые гайки анкерных тяг должны иметь плотное прилегание к подкладкам, а подкладки к элементам лицевой стенки. Наличие перекосов (клиновидных щелей) не допускается. При их обнаружении они должны быть выбраны путем забивки клиновидных пластин с последующей приваркой;

- при использовании в качестве распределительного пояса шпунта корытного профиля следует его полку располагать в сторону лицевой стенки, обеспечивая плотный контакт сопрягаемых поверхностей.

13 Контрольные испытания

13.1 Контрольные испытания сооружения должны включать:

- испытания анкерных тяг при строительстве на совместное действие осевых растягивающих и поперечных нагрузок;

– экспериментальные определения динамических характеристик сооружения (периодов, декрементов и форм горизонтальных колебаний);

– предсдаточную огрузку сооружений распорного типа временной нагрузкой.

Примечание – Перечисленные испытания производятся по специальным программам и под контролем проектной организации, разработавшей проект сооружения.

13.2 Контрольные испытания анкерных тяг при строительстве следует выполнять с целью проверки несущей способности тяг расчетным нагрузкам, установленным в проекте причала. Испытаниям должны быть подвергнуты полностью собранные тяги. Количество тяг, подлежащих контрольным испытаниям при строительстве, устанавливается техническим заданием в размере 5% от общего количества тяг на данном причале, но не менее 3–х штук.

13.3 Динамические характеристики сооружения следует определять возбуждением свободных колебаний: путем навала судна на причал (ударная нагрузка); путем разрыва калиброванной на расчетное усилие вставки,

соединяющей причал с отходящим от него судном; и т.д. Регистрирующими приборами являются сейсмоприемники, расставленные в различных точках по длине и ширине сооружения, и шлейфовые осциллографы.

Установленные экспериментально динамические характеристики сооружения заносятся в паспорт сооружения, а также сопоставляются с принятыми в расчете. Если расхождение теоретических и экспериментальных значений периодов и декрементов колебаний превышает 20%, и это расхождение может привести к увеличению сейсмических нагрузок, делается поверочный расчет сейсмостойкости при использовании экспериментальных значений периодов и декрементов.

13.4 Предсдаточной контрольной огрузке следует подвергать сооружения, опираемые на сжимаемые грунты. Цели предсдаточной огрузки – уплотнить сжимаемые грунты на стадии строительства с тем, чтобы уменьшить осадки территории в процессе эксплуатации и при землетрясении, а также, чтобы проверить эксплуатационную надежность построенного сооружения. Испытания больверков огрузкой следует выполнять согласно РД 31.35.06-81.

13.5 Величина контрольной нагрузки при предсдаточной огрузке для заанкеренных больверков принимается в зависимости от расчетной сейсмичности по таблице 13.1

Таблица 13.1

Сейсмичность, баллы	Контрольная нагрузка, в долях от нормативной
7	1,0
8	1,3
9	2,4

Приложение А
(справочное)

Пример расчета больверка на сейсмические воздействия

А.1 *Исходные данные*

А.1.1 Сооружение выполнено в виде заанкеренного больверка из стального шпунта. Исходные геометрические параметры сооружения, эксплуатационные нагрузки и геологический разрез, необходимые для расчета, приведены на рисунке А.1. Класс сооружения - III. Сейсмичность района строительства - 9 баллов.

А.1.2 Наименование грунтов и их расчетные характеристики приведены в таблице А.1

Таблица А.1 - Расчетные характеристики грунтов

Шифр слоя	Наименование грунта	Объемный вес, кН/м^3		φ_{II}	C_{II}
		$\gamma_{нас.}$	$\gamma_{взв.}$	град.	кПа
1	Насыпной грунт - песок крупнозернистый с гравием и галькой выше уровня воды	19,5	-	35	0
2	То же, ниже уровня воды	19,5	10,0	35	0
3	Песок мелкозернистый с галькой и ракушей заиленный	19,5	10,0	20	7
4	Гравий мелкий с песком и галькой	22,5	11,0	36	1
5	Щебень и дресва	21,5	11,0	36	1

А.1.3 Определение сейсмических нагрузок и эффективных коэффициентов сейсмичности выполнено по спектральному методу с использованием вычислительной программы ЛИРА, реализующей метод конечных элементов.

Динамическая расчетная схема причала по МКЭ включает элементы конструкции (лицевую стенку, анкерные тяги, анкерные плиты), массивы грунтов основания и засыпки (рисунок А.2).

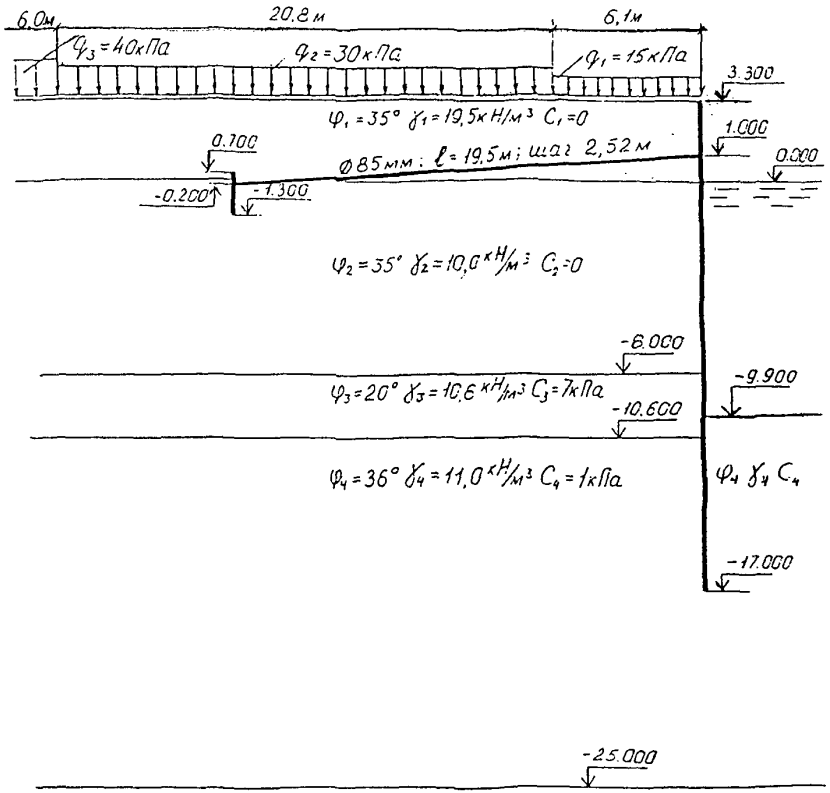
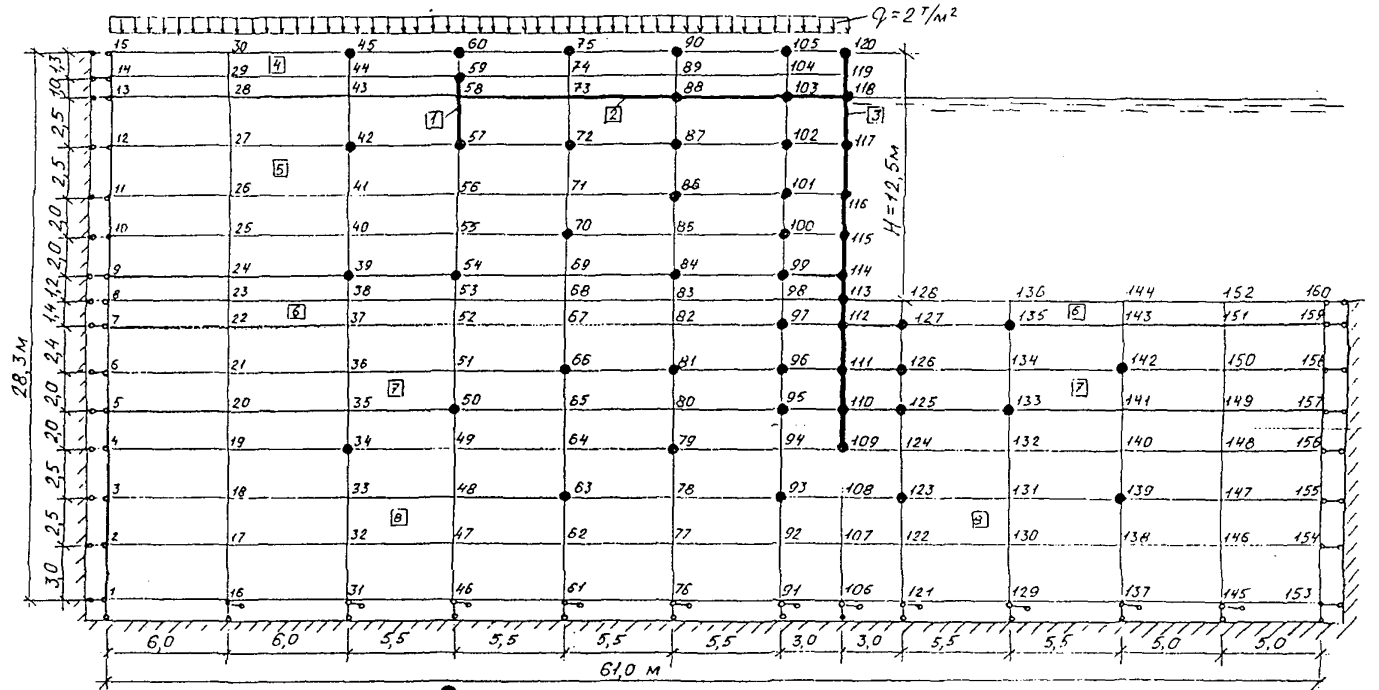


Рисунок А.1 - Поперечный разрез больверка



● - узлы концентрации масс;

1-160 - номера узлов;

[1] - [8] - номера типов жесткостей.

Рисунок А.2 - Динамическая расчетная схема больверка по МКЭ

Поскольку в основании динамической расчетной схемы расположены грунты II категории по сейсмическим свойствам, сейсмичность площадки строительства принимается равной сейсмичности района, т.е. 9 баллам. Исходные данные для динамической расчетной схемы приведены ниже.

Таблица А.2 - Характеристики грунтов

Номер грунта	Тип жесткости	Объемный вес, кН/м^3		Модуль деформации, кПа(кН/м^2)	Коэффициент Пуассона
		$\gamma_{нас.}$	$\gamma_{взв.}$		
1	4	19,5	-	90000	0,43
2	5	19,5	10,0	100000	0,43
3	6	19,5	10,0	100000	0,43
4	7	22,5	11,0	100000	0,43
5	8	21,5	11,0	200000	0,33

Таблица А.3 - Сосредоточенные веса

Номер узла	Вес, кН		Номер узла	Вес, кН		Номер узла	Вес, кН	
	$Q_{нас.}$	$Q_{взв.}$		$Q_{нас.}$	$Q_{взв.}$		$Q_{нас.}$	$Q_{взв.}$
34	1620	820	86	350	180	112	130	70
39	1370	700	87	270	140	113	170	140
42	960	490	88	260	190	114	140	120
45	590	580	90	230	230	115	140	110
50	1020	510	93	460	230	116	130	100
54	740	380	95	300	150	117	120	80
57	540	280	96	210	100	118	80	60
59	260	220	97	220	110	120	70	70
60	180	180	99	190	100	123	460	230
63	710	360	100	170	90	125	300	150
66	810	400	101	190	100	126	210	100
70	620	320	102	210	110	127	230	120
72	500	260	103	200	150	133	860	440
75	370	360	105	180	180	135	420	210
79	710	360	109	320	170	139	1000	510
81	560	270	110	130	70	142	1190	590
84	480	250	111	150	80			

А.1.4 Результаты расчета сейсмических нагрузок приведены на листе 40. Последовательность значений сейсмических нагрузок (сил) по строчкам соответствует номерам узлов сосредоточения масс по таблице А.3.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

СЕЙСМИЧЕСКИЕ СИЛЫ 1 ФОРМА КОЛЕБАНИЙ

3.6257	11.8459	12.0770	8.4225	4.0017	8.1695	8.8603	4.7967	3.2813	1.4705
5.6440	9.4233	9.5842	8.1706	2.4503	4.0061	6.5861	5.4641	5.5758	5.8410
5.3597	.9146	1.3298	1.3600	2.0932	2.5550	2.8325	3.6461	4.5196	4.6100
4.3558	.9876	.5306	.8614	1.0845	1.8020	1.8301	2.3628	2.5505	2.5893
1.8012	1.6908	.9579	1.0540	1.0747	1.5246	2.3707	1.6430	1.1244	2.6402

СЕЙСМИЧЕСКИЕ СИЛЫ 2 ФОРМА КОЛЕБАНИЙ

9.5009	7.9143	-4.8890	-6.9769	8.8103	4.5748	-2.9233	-2.7134	-1.9317	4.3237
9.4492	2.3780	-2.6689	-4.7005	6.4954	6.7816	4.0361	.1764	-1.2720	-2.4119
-2.7198	3.1278	3.1410	2.5673	2.7954	1.8580	1.0088	.2318	-.9550	-1.8813
-2.2830	2.8431	1.3634	1.8849	1.7726	2.1817	1.5299	.8934	.1756	-.5460
-.7471	-.9186	2.6322	3.1114	2.7023	3.2738	8.8170	6.0689	3.8273	14.5636

СЕЙСМИЧЕСКИЕ СИЛЫ 3 ФОРМА КОЛЕБАНИЙ

.8059	1.9819	.3222	-.1941	.4779	.6542	.1016	-.0559	-.0517	.0883
.3445	.1973	-.0133	-.1326	.0161	.0019	-.0383	-.0645	-.0679	-.0794
-.0709	-.0400	-.0632	-.0626	-.0834	-.0797	-.0729	-.0805	-.0834	-.0696
-.0511	-.0731	-.0387	-.0605	-.0648	-.0888	-.0730	-.0706	-.0623	-.0502
-.0257	-.0186	-.0887	-.1066	-.1047	-.1340	-.4421	-.3088	-.2027	-.9572

СЕЙСМИЧЕСКИЕ СИЛЫ 4 ФОРМА КОЛЕБАНИЙ

-1.2808	1.9235	5.3580	7.4664	-.6449	.2764	1.5237	1.0324	.7043	-.0376
-.3581	-.3740	-.2127	-.3370	.2238	-.0561	-.7644	-.9602	-.8947	-1.0417
-1.0493	.2925	.1837	.0797	-.1020	-.3779	-.5613	-.7974	-1.0014	-1.0303
-1.0570	.2783	.1104	.1075	.0020	-.1528	-.2769	-.5127	-.6121	-.5773
-.3406	-.3878	.3294	.3266	.2321	.1808	1.5493	.9897	.6987	3.9507

СЕЙСМИЧЕСКИЕ СИЛЫ 5 ФОРМА КОЛЕБАНИЙ

.2285	-.4301	-.0060	.2065	.1838	-.0338	-.0139	.0079	.0055	.0719
.1799	.0333	-.0203	-.0570	.0880	.1068	.0749	.0164	-.0096	-.0317
-.0418	.0224	.0247	.0217	.0297	.0269	.0211	.0135	-.0035	-.0215
-.0317	.0097	.0052	.0083	.0112	.0194	.0189	.0183	.0104	-.0009
-.0070	-.0122	-.0041	-.0004	-.0010	.0020	-.1143	-.0784	-.0544	-.4567

В результате расчета получено: период основного тона колебаний T=0,516 сек; Флуктуационные составляющие изгибающего момента в лицевой стенке $M_ф$=21 кН·м, растягивающего усилия в анкерной тяге $R_ф$=72 кН (результаты даны на один метр длины причала).

А.1.5 Эффективные коэффициенты сейсмичности определялись по формулам (7.5), (7.6), (9.2) настоящего документа. При этом учитывалось изменение графиков коэффициентов динамичности β новой редакции СНиП II-7-81* (издание 1995 г.) по сравнению с графиками прежней редакции (заложенных в программе ЛИРА). Коэффициент перехода, вычисленный при T=0,52 сек., равен 0,91. Получены следующие значения эффективных коэффициентов сейсмичности: $A_{эа}$= 0,27; $A_{эр}$= 0,23; $A_{эпл}$= 0,23; $A_{эу}$ = 0,25.

А.1.6 Определение остаточных внутренних усилий выполнялось по вычислительной программе BOLVERK, разработанной в Ленморниипроекте. Сейсмическое воздействие учитывалось корректировкой коэффициентов бокового давления грунта в зависимости от значений эффективных коэффициентов сейсмичности. Ниже, в таблице А.4, приведены результаты расчета причала по программе BOLVERK, где обозначено:

$M_{пов}$ и $M_{уд}$ - соответственно поворачивающий и удерживающий моменты для проверки устойчивости на поворот вокруг точки крепления анкера;

$M_{ост}$ - максимальный расчетный изгибающий момент в лицевой стенке;

$R_{ост}$ - расчетная анкерная реакция (определена на один метр длины).

Таблица А.4 -Результаты расчета причала

Вариант расчета	$M_{пов}$ кН·м	$M_{уд}$ кН·м	$M_{ост}$ кН·м	$R_{ост}$ кН
Статика	7890	38770	364	163
Сейсмика 9 баллов	13650	33020	735	305

А.2 Результаты расчетов прочности и устойчивости

А.2.1 Состав расчетов регламентирован РД 31.31.55-93 и включает проверки:

- устойчивости шпунтовой стенки на поворот вокруг точки крепления анкера;
- прочности шпунта лицевой стенки;
- прочности анкерных тяг;
- устойчивость анкерной плиты на сдвиг;
- общей устойчивости причала по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения.

А.2.2 Условие устойчивости лицевой стенки на поворот вокруг точки крепления анкера:

$$\gamma_{lc} M_{пов} = \frac{\gamma_c}{\gamma_n} M_{уд}, \qquad (А.1)$$

где γ_{lc} - коэффициент сочетаний нагрузок, принимаемый равным 1,0 для основного сочетания нагрузок и 0,9 для особого сочетания;

γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,15 для причальных и берегоукрепительных сооружений;

γ_n - коэффициент надежности по ответственности, принимаемый равным 1,15 для III класса сооружений;

$M_{пов}, M_{уд}$ - соответственно поворачивающий и удерживающий моменты;

А.2.3 Условие прочности шпунта лицевой стенки

$$\gamma_{lc} \frac{M_{ост} + M_{ф}}{W} \le \frac{\gamma_c}{\gamma_n} R_y, \qquad (А.2)$$

где γ_{lc}, γ_c и γ_n - то же, что и в формуле (А.1);

$M_{ост}, M_{ф}$ - соответственно остаточная и флуктуационная составляющие изгибающего момента;

W - момент сопротивления шпунта;

R_y - расчетное сопротивление стали шпунта.

А.2.4 Условие прочности анкерной тяги

$$\gamma_{lc}\frac{R_{am}}{A_n} \le \frac{\gamma_c}{\gamma_n} R_y \qquad (A.3)$$

где γ_{lc} и γ_n - то же, что и в формуле (А.1);

γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0 для анкерных тяг;

R_{am} - растягивающее усилие в анкере, определяется по формуле (А.4);

A_n - площадь сечения тяги;

R_y - расчетное сопротивление стали тяги.

Растягивающее усилие в анкере

$$R_{am} = K_a\left(R_{ocm} + R_\phi\right)\cdot S_a, \qquad (A.4)$$

где K_a - коэффициент, учитывающий перераспределение эпюры активного давления грунта, неравномерность натяжения анкеров, зависание грунта на анкере и принимаемый равным 1,5;

R_{ocm}, R_ϕ - соответственно остаточная и флуктуационная составляющие анкерных усилий;

S_a - шаг анкеров,

А.2.5 Условие устойчивости анкерной плиты на сдвиг

$$\gamma_{lc} K_a\left(R_{ocm} + R_\phi\right) \le \frac{\gamma_c}{\gamma_n}\left(E_p - E_a\right), \qquad (A.5)$$

где γ_{lc} и γ_n - то же, что и в формуле (А.1);

γ_c - то же, что и в формуле (А.3);

K_a, R_{ocm}, R_ϕ -см. формулу (А.4);

E_p - равнодействующая пассивного давления в пределах отметки территории и подошвы анкерной плиты от веса грунта;

E_a - равнодействующая активного давления в пределах отметки территории и подошвы анкерной плиты от веса грунта и эксплуатационной нагрузки.

А.2.6 Проверка устойчивости лицевой стенки на поворот вокруг точки крепления анкера выполнялась в соответствии с формулой (А.1). Значения поворачивающего и удерживающего моментов для проверки устойчивости лицевой стенки на поворот вокруг точки крепления анкера приняты по таблице А.4. Результаты расчетов представлены в таблице А.5

Таблица А.5 - Результаты проверки устойчивости лицевой стенки на поворот вокруг точки крепления анкера

Вариант расчета	Результат расчета, кН·м	Вывод
Статика	7890<38770	Устойчивость обеспечивается
Сейсмика 9 баллов	12280<33020	Устойчивость обеспечивается

А.2.7 Проверка прочности шпунта лицевой стенки выполнена в соответствии с формулой (А.2).

Проектный разрез причала представлен на рисунке А.1. Лицевая стенка выполнена из шпунта Ларсен V стали Бст3кп. Момент сопротивления W сечения одного метра длины шпунтовой стенки $W = 3{,}0 \cdot 10^{-3}$ м^3. Расчетное сопротивление стали шпунта $R_y = 22{,}5 \cdot 10^4$ кПа. Результаты расчетов даны в таблице А.6.

Таблица А.6 - Результаты проверки прочности шпунта лицевой стенки

Вариант расчета	Результат расчета, кПа	Вывод
Статика	$12{,}1 \cdot 10^4 < 22{,}5 \cdot 10^4$	Прочность обеспечивается
Сейсмика 9 баллов	$22{,}7 \cdot 10^4 \approx 22{,}5 \cdot 10^4$	Прочность обеспечивается

А.2.8 Проверка прочности анкерных тяг выполнена в соответствии с формулой (А.3). Анкерные тяги выполнены из стального круглого проката диаметром 85 мм и установлены с шагом 2,52 м. Площадь сечения тяги $A_n = 5{,}674 \cdot 10^{-3}$ м^2. Сталь Ст3сп5, расчетное сопротивление стали $R_y = 21{,}5 \cdot 10^4$ кПа. Результаты расчетов даны в таблице А.7.

Таблица А.7 - Результаты проверки прочности анкерных тяг

Вариант расчета	Результат расчета, кПа	Вывод
Статика	$10{,}9 \cdot 10^4 < 18{,}7 \cdot 10^4$	Прочность обеспечивается
Сейсмика 9 баллов	$22{,}6 \cdot 10^4 > 18{,}7 \cdot 10^4$	Прочность не обеспечивается

Диаметр анкерных тяг по результатам расчета необходимо увеличить до 95 мм.

А.2.9 Проверка устойчивости анкерной плиты на сдвиг выполнена в соответствии с формулой (А.5). Анкерные плиты выполнены из пакетов стального шпунта Ларсен V. Данные о высоте плиты и её заглублении приведены на рис А.1. Равнодействующая активного E_a и пассивного E_p давлений грунта на плиту равны: при расчете на основное сочетание нагрузок (без учета сейсмики) E_a=77 кН, E_p=1047 кН; при расчете на особое сочетание нагрузок (сейсмика 9 баллов) E_a=124 кН, E_p=884 кН.

Таблица А.8-Результаты проверки устойчивости анкерных плит на сдвиг

Вариант расчета	Результат расчета, кН	Вывод
Статика	245 < 842	Устойчивость обеспечивается
Сейсмика 9 баллов	509 < 661	Устойчивость обеспечивается

Приложение Б
(справочное)

Пример расчета эксплуатируемого больверка на сейсмические воздействия

Б.1 Исходные данные

Б.1.1 Сооружение эксплуатируется в районе с сейсмичностью 9 баллов в течение 35 лет. Параметры сооружения и грунты соответствуют приложению А. По данным подводных обследований, коррозионный износ шпунта составляет 30%. Коррозионный износ анкерных тяг в расчетах не учитывался.

Б.1.2 Сейсмические нагрузки и эффективные коэффициенты сейсмичности приняты по расчету, приведенному в приложении А.

Б.1.3 Остаточные внутренние усилия в элементах конструкции для статического расчета и сейсмичности 9 баллов приняты согласно приложению А. Дополнительно, выполнен расчет для сейсмического воздействия 8 баллов. В таблице Б.1, приведен результат расчета по программе BOLVERK, где $R_{ост}$ принято с учетом K_a=1,5.

Таблица Б.1 -Результат расчета причала

Вариант расчета	$M_{пов}$ кН·м	$M_{уд}$ кН·м	$M_{ост}$ кН·м	$R_{ост}$ кН
Статика	7890	38770	364	245
Сейсмика 8 баллов	10270	36240	507	330
Сейсмика 9 баллов	13650	33020	735	458

Б.2 Результаты расчетов прочности и устойчивости

Б.2.1 Проверка устойчивости лицевой стенки на поворот вокруг точки крепления анкера выполнена в приложении А. Устойчивость обеспечивается.

Б.2.2 Проверка прочности шпунта лицевой стенки выполнена в соответствии с формулой (А.2).

При учете коррозионного износа шпунта в размере 30% момент сопротивления стенки уменьшен на 30% и составил $W = 2{,}1 \cdot 10^{-3}$ м^3. Результаты расчетов даны в таблице Б.2

Таблица Б.2 - Результаты проверки прочности шпунта лицевой стенки

Вариант расчета	Результат расчета, кПа	Вывод
Статика с учетом износа 30%	$17{,}3 \cdot 10^4 < 22{,}5 \cdot 10^4$	Прочность обеспечивается
Сейсмика 9 баллов с учетом износа 30 %	$32{,}4 \cdot 10^4 > 22{,}5 \cdot 10^4$	Прочность не обеспечивается
Сейсмика 8 баллов с учетом износа 30 %	$22{,}2 \cdot 10^4 < 22{,}5 \cdot 10^4$	Прочность обеспечивается

Б.2.3 Проверка прочности анкерных тяг выполнена в соответствии с формулой (А.3). Диаметр анкерных тяг принят равным 85 мм. Данные по материалу анкерных тяг приведены в приложении А. Результаты расчетов даны в таблице Б.3

Таблица Б.3 - Результаты проверки прочности анкерных тяг

Вариант расчета	Результат расчета, кПа	Вывод
Статика	$10{,}9 \cdot 10^4 < 18{,}7 \cdot 10^4$	Прочность обеспечивается
Сейсмика 8 баллов	$15{,}4 \cdot 10^4 < 18{,}7 \cdot 10^4$	Прочность обеспечивается
Сейсмика 9 баллов	$22{,}6 \cdot 10^4 > 18{,}7 \cdot 10^4$	Прочность не обеспечивается

Б.2.4 Проверка устойчивости анкерной плиты на сдвиг выполнена в приложении А. Устойчивость обеспечивается.

Б.3 *Уточнение сейсмостойкости эксплуатируемого причала*

Б.3.1 Нормативный срок службы металлических причалов по нормам амортизационных отчислений согласно РД 31.35.08-84 равен 43 годам.

Учитывается, что причал эксплуатировался 35 лет, следовательно, остаточный срок службы его составляет 8 лет.

Б.3.2 В соответствии с разделами 11 и 6 при остаточном сроке службы менее 10 лет расчетное сейсмическое ускорение в основании сооружения может быть принято уменьшенным в два раза по сравнению с исходным расчетным сейсмическим ускорением, принимаемым для вновь строящегося сооружения. Это равносильно снижению расчетной сейсмичности на один балл. Согласно выполненным расчетам при расчетной сейсмичности 8 баллов сейсмостойкость причала обеспечивается.

Приложение В
(справочное)

Пример расчета реконструируемого больверка на сейсмическое воздействие

В.1 Исходные данные

В.1.1 Исходные геометрические параметры эксплуатируемого сооружения, характеристики грунтов приведены на рисунке В.1 (а). Причал построен в 1956 г. Конструктивно причал выполнен в виде заанкеренного больверка из стального шпунта Ларсен V. Анкерные тяги длиной 19,5 м, диаметром 85 мм установлены с шагом 2,52 м. Анкерные плиты собраны из шпунта Ларсен V размером 3,78 × 3,50 м. Сейсмичность района - 9 баллов.

В.1.2 В результате комплексных обследований больверка установлено следующее:

- степень коррозионного износа лицевой стенки с обеспеченностью 0,5 составляет 13% (средняя величина), а с обеспеченностью 0,9 -25%. Степень коррозии по высоте стенки примерно одинакова;

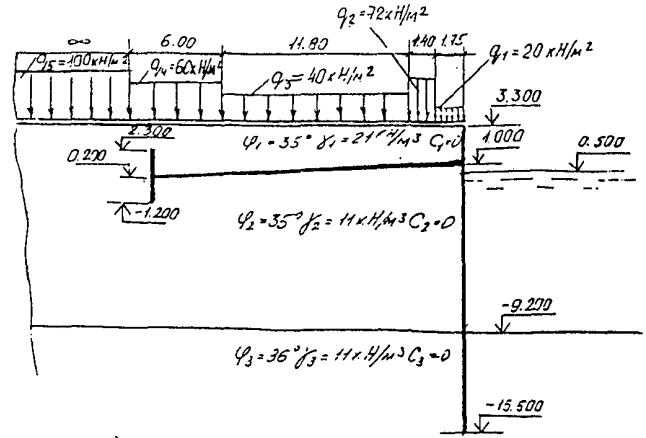
- крены и деформации стенки по высоте стенки в пределах допустимого;

- коррозия анкерных тяг несущественна.

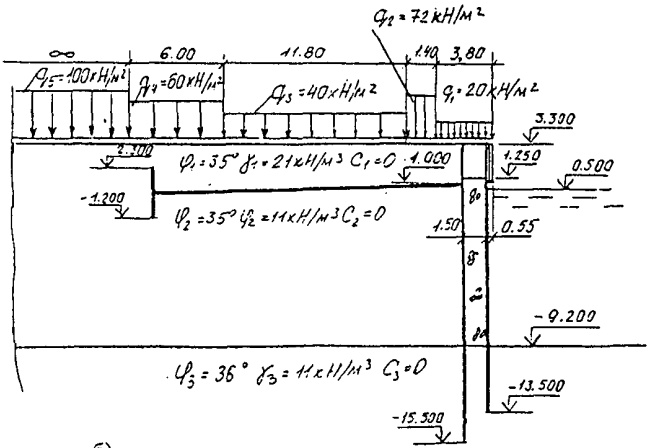
В.1.3 Выполненные поверочные расчеты больверка на сейсмические воздействия показали, что прочность лицевой стенки при расчетной сейсмичности 9 баллов и при учете износа не обеспечивается.

Из изложенного следует необходимость реконструкции причала. Рекомендуемый вариант реконструкции - устройство шпунтовой оторочки перед существующей стенкой с заполнением пространства между стенками грунтом, разрез приведен на рисунке В.1 (б).

В.1.4 В результате динамического расчета экранированного больверка, выполненного по программе ЛИРА, получены следующие значения флуктуационных внутренних усилий на один метр длины сооружения:



а)



б)

Рисунок В.1 - Поперечный разрез больверка до реконструкции (а), после реконструкции (б)

- изгибающих моментов для обеих стенок $M_ф$=21,0 кН·м;

- усилия в основном (длинном) анкере $R_ф$ = 72,0 кН и в коротком анкере $R_ф$ = 43,0 кН.

Получены следующие значения эффективных коэффициентов сейсмичности: $A_{эа}$ = 0,27; $A_{эр}$ = 0,23; $A_{эпл}$ = 0,23; $A_{эу}$ = 0,25.

В.1.5 Остаточные внутренние усилия в элементах конструкции определены по программе BOLVERK, разработанной в Ленморниипроекте. Учет сейсмических воздействий произведен в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделе 6 настоящего документа с помощью корректировки коэффициентов бокового давления грунта.

В.1.6 Для учета последовательности возведения экранированного больверка расчеты выполнялись в соответствии со схемой, рекомендованной в подразделе 10.3 настоящего документа. В таблице В.1 приведена сводка основных результатов расчета.

Таблица В.1 - Результаты расчета обычного и экранированного больверков

Этап Расчета	Изгибающие моменты,кН·м		Анкерные усилия, кН		
	$M_л$	$M_э$	$R_л$	$R_э$	$R_{э\Sigma}$
I	-	924	-	326	-
II	-	347	-	126	-
III	123	-123	44	-44	-
IV	230	71	73	30	103
V	551	276	180	98	278
VI	444	429	151	150	301

В.1.7 В расчете по этапу III изгибная жесткость экранирующей стенки принята в тысячу раз большей, чем у лицевой. Это позволяет определить изгибающий момент в лицевой стенке только от силосного давления грунта. Изгибающий момент в экранирующей стенке $M_э$ = -123 кН·м и анкерная реакция $R_э$ =–44 кН от силосного давления грунта приняты равными значениям момента и анкерной реакции в лицевой стенке. Это изгибающий момент

«преднапряжения» экранирующей стенки и анкерная реакция «преднапряжения» длинной (основной) тяги. Проявляется только при определении результирующего момента в экранирующей стенке и результирующего усилия в длинной анкерной тяге.

В таблице В.1 обозначено:

- этапы расчета I-VI - в соответствии с подразделом 10.3;

- $M_л$ и $R_л$ - соответственно изгибающий момент в лицевой стенке экранированного больверка (оторочке) и растягивающее усилие в короткой анкерной тяге;

- $M_э$ и $R_э$ - соответственно изгибающий момент в экранирующей стенке (старой) и растягивающее усилие в длинной анкерной тяге ($R_э$ – неполное усилие по результатам распечатки программы BOLVERK;

- $R_{э\Sigma}$ - полное (результирующее) усилие в длиной анкерной тяге.

Результирующие внутренние усилия в стенках и тягах, вычисленные в соответствии с рекомендациями подраздела 10.3, равны:

$M_л$ = 123 + (551-230) = 444 кН·м;

$M_э$ = 347 –123 + (276–71) = 429 кН·м;

$R_л$ = 44 + (180-73) = 151 кН;

$R_э$ = 126 –44 + (98 – 30) = 150 кН.

$R_{э\Sigma}$ = 151+150 =301 кН.

Сопоставление полученных результатов с результатами расчета по V этапу (расчет экранированного больверка по традиционной схеме, соответствующей одновременной засыпке грунта за лицевую и экранирующую стенки) показывает, что учет последовательности возведения сооружения при реконструкции приводит:

- к уменьшению изгибающих моментов в лицевой стенке (444<551) и к уменьшению усилий в коротких тягах (151<180);

- к увеличению изгибающих моментов в экранирующей стенке (429>276) и к увеличению результирующих усилий в длинных тягах (301>278).

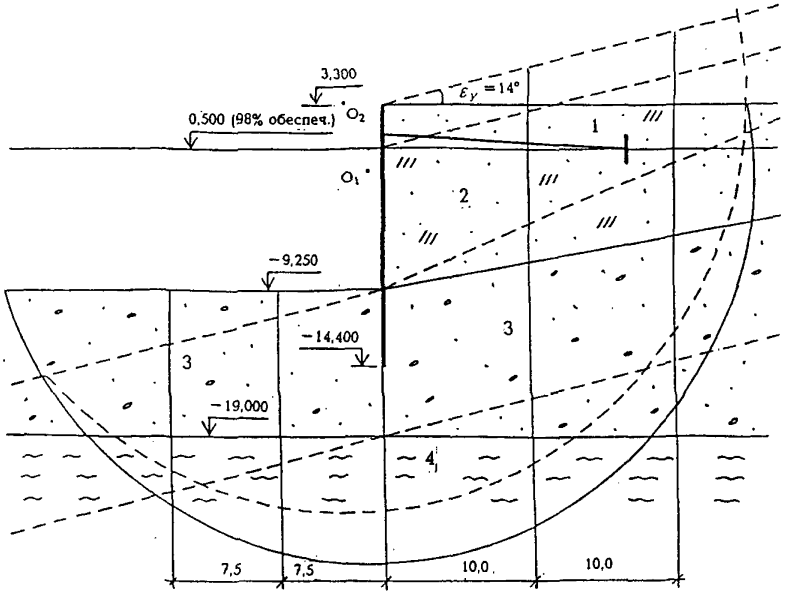
Дальнейший расчет осуществляется по рекомендациям настоящего документа. Необходимые проверки прочности и устойчивости выполняются аналогично примеру расчета простого больверка, изложенному в приложении А.

Приложение Г
(справочное)

Пример расчета общей устойчивости больверка по круглоцилиндрическим поверхностям вращения на сейсмическое воздействие

Г.1 *Исходные данные*

Г.1.1 Сооружение выполнено в виде заанкеренного больверка из стального шпунта. Исходные геометрические параметры сооружения, эксплуатационные нагрузки и геологический разрез, необходимые для расчета общей устойчивости, приведены на рисунке Г.1. Класс сооружения – III.



1÷4 - шифр слоя грунта по таблице Г.1;
O_1; O_2 - центры круглоцилиндрических поверхностей соответственно для статического и сейсмического расчетов;
- - - - положение переформированной схемы и круглоцилиндрическая поверхность вращения для расчета на сейсмическое воздействие.

Рисунок Г.1 - Расчетная схема сооружения к программе KREJ (эксплуатационные нагрузки условно не показаны)

Г.1.2 Наименование грунтов и их расчетные характеристики приведены в таблице Г.1

Таблица Г.1-Расчетные характеристики грунтов

Шифр слоя	Наименование грунта	Объемный вес, кН/м^3		φ_{II}	C_{II}
		$\gamma_{нас.}$	$\gamma_{взв.}$	град.	кПа
1	Скальный гравийно-песчаный грунт выше уровня воды	18,0	-	35	0
2	То же, ниже уровня воды	-	10,0	35	0
3	Гравийный грунт с галькой, битой ракушей, с песчаным заполнителем	-	10,0	34	0
4	Ил с гравием, галькой, ракушей до 20%	-	5,6	14	3

Как следует из рисунка Г.1 и таблицы Г.1, в основании сооружения расположен слой слабых грунтов - илов.

Необходимо отметить, что согласно СНиП 2.02.02-85 «Основания гидротехнических сооружений» и РД 31.31.55-93 «Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений» при расчете общей устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения коэффициенты надежности по нагрузке, грунту и материалу принимаются равными единице. Т.е. расчет производится при нормативных значениях нагрузок и характеристик грунтов.

Г.2 Расчет общей устойчивости сооружения при основном сочетании нагрузок

Г.2.1 Расчет выполняется по вычислительной программе KREJ, разработанной Ленморниипроектом. Были выполнены расчеты по режимам KREJ-L, KREJ-AK и при совместном использовании указанных режимов. Наименьшие коэффициенты устойчивости были получены при расчете по режиму KREJ-L, что согласуется с рекомендациями об использовании режима KREJ-L при наличии в основании сооружения слоя слабого грунта,

изложенными в инструкции по использованию программы KREJ. Расчеты выполнялись при различных координатах начального центра вращения и координатах точки, через которую должны проходить все кривые скольжения. Ниже приведены распечатки исходных данных (таблицы Г.2-Г.7) и результатов расчета по режиму KREJ-L (таблицы Г.8-Г.9) для наиболее невыгодного случая.

Таблица Г.2 - Комментарии

ПРИМЕР РАСЧЕТА **СТАТИКА** KREJ-L

Таблица Г.3 - Общие данные

Позиция	Наименование величины	Размерность	Величина
1	Шаг изменения положения центра вращения	м	1
2	Минимально требуемый коэффициент устойчивости	б/р	0
3	Срок службы сооружения	год	0
4	Абцисса кордона	м	0
5	Отметка кордона	м	3.30
6	Отметка дна	м	-9.25
7	Абцисса начального центра вращения	м	0
8	Отметка начального центра вращения	м	-5.00
9	Координаты точки, выше которой кривые скольжения проходить не могут: -абцисса	м	0
	-отметка	м	-14.40
10	Координаты точки, через которую должны проходить все кривые скольжения: -абцисса	м	-25.00
	-отметка	м	-3.30

Таблица Г.4 - Координаты скважин

Позиция	Наименование величины	Размерность	Величина
1	Абцисса 1-й скважины со стороны территории	м	-10.0
2	Абцисса 2-й скважины со стороны территории	м	-20.0
3	Абцисса 1-й скважины со стороны акватории	м	7.5
4	Абцисса 2-й скважины со стороны акватории	м	15.0

Таблица Г.5 - Описание геологического разреза на территории

Шифр слоя	Отметка слоя грунта (м)			Характеристики слоев		
	по линии кордона	по 1-й скважине	по 2-й скважине	угол внут. трения (град.)	сцепление (кПа)	объемный вес (кН/м^3)
1	3.30	3.30	3.30	35	0	18.0
2	0.50	0.50	0.50	35	0	10.0
3	-9.25	-7.30	-5.40	34	0	10.0
4	-19.00	-19.00	-19.00	14	3	5.6

Таблица Г.6 -Описание геологического разреза на акватории

Шифр слоя	Отметка слоя грунта (м)			Характеристики слоев		
	по линии кордона	по 1-й скважине	по 2-й скважине	угол внут. трения (град.)	сцепление (кПа)	объемный вес (кН/м^3)
3	-9.25	-9.25	-9.25	34	0	10.0
4	-19.00	-19.00	-19.00	14	3	5.6

Таблица Г.7 - Равномерно-распределенные нагрузки

Интенсивность нагрузки (кН/м^2)	Полоса нагрузки (м)	Расстояние от кордона (м)
15	6.25	0
30	10.50	6.25
40	6.00	16.75
60	1e3	22.75

Таблица Г.8 - Результаты расчета

Коэффициент устойчивости	Момент удерживающий (кН·м)	Момент поворачивающий (кН·м)	Координаты центра вращения		
			абцисса (м)	отметка (м)	радиус (м)
1.110	71980	64837	0.00	-5.00	26.34
1.097	70855	64615	0.32	-4.05	26.36
1.102	71075	64524	0.63	-3.10	26.42
1.092	70501	64557	0.95	-2.15	26.51
1.087	70345	64721	1.26	-1.20	26.64
1.096	71265	64995	1.58	-0.25	26.81
1.107	72366	65377	1.89	0.69	27.02
1.120	73738	65858	2.21	1.64	27.26
1.134	75343	64429	2.52	2.59	27.53
1.155	77496	67078	2.84	3.54	27.84
1.176	79580	67687	3.15	4.49	28.18
1.201	81513	67878	3.47	5.44	28.55

Таблица Г.9 - Координаты точки, через которую проходят все кривые скольжения

Координаты точки, через которую проходят все кривые скольжения	
абцисса (м)	отметка (м)
-25.00	3.30

Г.2.2 Проверка общей устойчивости сооружения выполняется по формуле

$$\gamma_{lc} \cdot M_t \le \frac{\gamma_c \cdot \gamma_{dc}}{\gamma_n} \cdot M_r \qquad (Г.1)$$

где M_t и M_r - соответственно моменты сдвигающих и удерживающих сил относительно центра круглоцилиндрической поверхности;

γ_{lc} - коэффициент сочетаний нагрузок;

γ_c - коэффициент условий работы;

γ_n - коэффициент надежности по ответственности сооружения;

γ_{dc} - дополнительный коэффициент условий работ.

При расчете на основное сочетание нагрузок γ_{lc}=1,00; γ_c=1,15; γ_n = 1,15; γ_{dc}=1,05.

Из формулы (Г.1) следует, что общая устойчивость сооружения по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения при основном сочетании нагрузок обеспечивается, если выполняется условие $K \ge 0{,}95$, где $K = M_r / M_t$ коэффициент устойчивости.

Как следует из результатов расчета (таблица Г.8), полученный наименьший коэффициент устойчивости K =1,087 превышает минимально требуемый K =0,950. Общая устойчивость причала обеспечивается.

Г.3 Расчет общей устойчивости сооружения при особом сочетании нагрузок

Г.3.1 Расчетная сейсмичность для сооружения - 9 баллов. Сейсмические воздействие принято горизонтальным и направленным в сторону акватории.

Г.3.2 Расчет общей устойчивости с учетом сейсмических нагрузок выполняется по способу поворота расчетной схемы сооружения на сейсмический угол ε_y в соответствии с п.9.7 настоящих Рекомендаций.

Эффективный коэффициент сейсмичности определяется по формуле (9.2)

$A_{эy}$=0,25·0,4·2,4 = 0,24.

Сейсмический угол ε_y определяется по формуле (9.5)

$$\varepsilon_y = arctg\ 0{,}24 = 14°.$$

Производится наклон поверхности причала и дна у причала на сейсмический угол ε_y (п. 9.8), а также корректировка веса грунта, веса грузов на причале (п.9.8) и углов внутреннего трения грунтов (п. 9.8).

Переформированная расчетная схема сооружения представлена пунктиром на рисунке Г.1. По сравнению с расчетом на основное сочетание изменены таблицы Г.5 (Г.13), Г.6 (Г.14) и Г.7 (Г.15). Ниже приведены распечатки исходных данных (таблицы Г.10-Г.15) и результатов расчета по режиму KREJ-L (таблицы Г.16-Г.17).

Таблица Г.10 - Комментарии

ПРИМЕР РАСЧЕТА **СЕЙСМИКА 9 БАЛЛОВ** KREJ-L

Таблица Г.11 - Общие данные

Позиция	Наименование величины	Размерность	Величина
1	Шаг изменения положения центра вращения	м	1
2	Минимально требуемый коэффициент устойчивости	б/р	0
3	Срок службы сооружения	год	0
4	Абцисса кордона	м	0

продолжение таблицы Г.11

Позиция	Наименование величины	Размерность	Величина
5	Отметка кордона	м	3.30
6	Отметка дна	м	-9.25
7	Абцисса начального центра вращения	м	0
8	Отметка начального центра вращения	м	-5.00
9	Координаты точки, выше которой кривые скольжения проходить не могут: -абцисса	м	0
	-отметка	м	-14.40
10	Координаты точки, через которую должны проходить все кривые скольжения: -абцисса	м	-25.00
	-отметка	м	3.30

Таблица Г.12 - Координаты скважин

Позиция	Наименование величины	Размерность	Величина
1	Абцисса 1-й скважины со стороны территории	м	-10.0
2	Абцисса 2-й скважины со стороны территории	м	-20.0
3	Абцисса 1-й скважины со стороны акватории	м	7.5
4	Абцисса 2-й скважины со стороны акватории	м	15.0

Таблица Г.13 - Описание геологического разреза на территории

Шифр слоя	Отметка слоя грунта (м)			Характеристики слоев		
	по линии кордона	по 1-й скважине	по 2-й скважине	угол внут. трения (град.)	сцепление (кПа)	объемный вес (кН/м^3)
1	3.30	5.70	8.10	33	0	18.55
2	0.50	2.90	5.30	33	0	10.31
3	-9.25	-4.90	-0.60	32	0	10.31
4	-19.00	-16.60	-14.20	12	3	5.77

Таблица Г.14 -Описание геологического разреза на акватории

Шифр слоя	Отметка слоя грунта (м)			Характеристики слоев		
	по линии кордона	по 1-й скважине	по 2-й скважине	угол внут. трения (град.)	сцепление (кПа)	объемный вес (кН/м^3)
3	-9.25	-11.05	-12.85	32	0	10.31
4	-19.00	-20.80	-22.60	12	3	5.77

Таблица Г.15 -Равномерно-распределенные нагрузки

Интенсивность нагрузки ($кН/м^2$)	Полоса нагрузки (м)	Расстояние от кордона (м)
15.46	6.25	0.00
30.92	10.50	6.25
41.22	6.00	16.75
61.84	1e3	22.75

Таблица Г.16 - Результаты расчета

Коэффициент устойчивости	Момент удерживающий (кН·м)	Момент поворачивающий (кН·м)	Координаты центра вращения		
			абцисса (м)	отметка (м)	радиус (м)
0.914	57215	62623	0.00	-5.00	26.34
0.892	56030	62788	0.32	-4.05	26.36
0.880	55555	63095	0.63	-3.10	26.42
0.864	54890	63527	0.95	-2.15	26.51
0.854	54695	64040	1.26	-1.20	26.64
0.847	54764	64661	1.58	-0.25	26.81
0.838	54821	65384	1.89	0.69	27.02
0.834	55217	66168	2.21	1.64	27.26
0.835	55992	67018	2.52	2.59	27.53
0.831	56449	67917	2.84	3.54	27.84
0.845	58102	68787	3.15	4.49	28.18
0.862	59996	69634	3.47	5.44	28.55
0.876	61731	70465	3.78	6.39	28.95
0.898	64006	71262	4.10	7.34	29.37
0.940	67733	72030	4.41	8.29	29.83
0.968	70436	72774	4.73	9.24	30.31
1.023	74741	73081	5.04	10.18	30.82
1.102	80233	72830	5.36	11.13	31.35

Таблица Г.17 - Координаты точки, через которую проходят все кривые скольжения

Координаты точки, через которую проходят все кривые скольжения	
абцисса (м)	отметка (м)
-25.00	3.30

Г.3.3 При расчете на особое сочетание нагрузок γ_{lc}=0,90; γ_c=1,15; γ_n=1,15; γ_{dc}=1,05. Из формулы (Г.1) следует, что общая устойчивость сооружения по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения при особом сочетании нагрузок обеспечивается, если выполняется условие $K \geq 0{,}857$.

Как следует из результатов расчета (таблица Г.16), полученный наименьший коэффициент устойчивости K =0,831 меньше минимально требуемого K =0,857 примерно на 3%, что находится в пределах точности использованных способов расчета. Допустимо считать, что общая устойчивость причала обеспечивается.

Приложение Д
(справочное)

Упрощенный алгоритм предварительного расчета сооружений типа «больверк» с учетом сейсмики

1. В настоящем приложении приведены рекомендации по выполнению упрощенного предварительного расчета больверков с учетом сейсмики, согласованные с последовательностью, указанной в пункте 4.2 основной части РД.

2. Эффективные коэффициенты сейсмичности для бокового активного *Аэа* и пассивного *Аэр* давлений определяются по формулам (7.7) и (7.8), а для расчета общей устойчивости *Аэу*- по формуле (9.3).

3. Остаточные составляющие внутренних усилий в несущих элементах заанкеренного больверка (изгибающих моментов в лицевой и экранирующих стенках *Мост*, растягивающих усилий в анкерных тягах *Rост*) определяются по программе BOLVERK при использовании коэффициентов бокового давления грунта $\lambda^s a$ и $\lambda^s p$, вычисленных с учетом сейсмики по формулам (7.3) и (7.4) или принятых по графикам на рис.Д.1, Д.2.

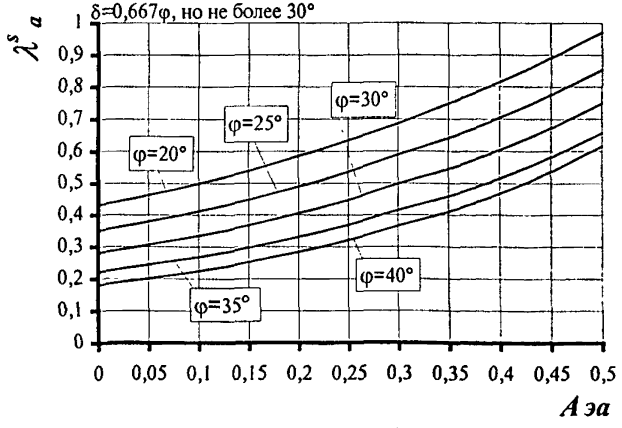


Рис.Д.1 – График зависимости коэффициента горизонтальной составляющей активного остаточного давления $\lambda^s a$ от эффективного коэффициента сейсмичности *Аэа*

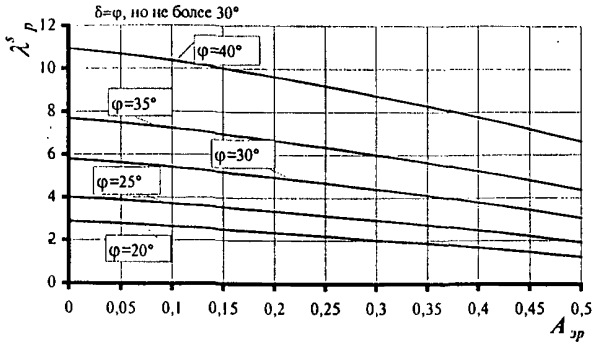


Рис.Д.2 – График зависимости коэффициента горизонтальной составляющей пассивного остаточного давления $\lambda^s p$ от эффективного коэффициента сейсмичности $Aэр$

Для предварительных оценок остаточные составляющие внутренних усилий допускается определять по формулам

$$M_{ост} = K_M M_o; \qquad (Д.1)$$

$$R_{ост} = K_R R_o, \qquad (Д.2)$$

где K_M, K_R – коэффициенты, учитывающие влияние сейсмики, определяемые по графикам на рис.Д.3;

M_o,R_o – изгибающий момент и усилие в анкерной тяге при статическом расчете (без учета сейсмики).

4. Флуктуационные составляющие внутренних усилий в несущих элементах заанкеренного больверка допускается принимать в долях от приращения остаточных составляющих по формулам

$$M_ф = 0{,}1\cdot(M_{ост}-M_o) = 0{,}1\cdot M_o\cdot(K_M-1); \qquad (Д.3)$$

$$R_ф = 0{,}5\cdot(R_{ост}-R_o) = 0{,}5\cdot R_o\cdot(K_R-1). \qquad (Д.4)$$

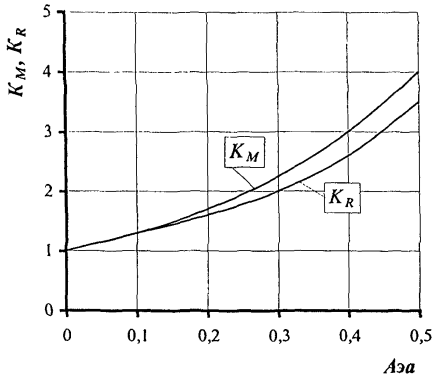


Рис. Д.3 – Графики зависимости коэффициентов K_M и K_R от эффективного коэффициента сейсмичности *Аэа*.

Приложение Е
(справочное)

Перечень рекомендуемых вычислительных программ

Название программы и шифр	Выполняемый расчет, согласно п.4.2	Разработчик
Программный комплекс расчета конструкций на прочность (ЛИРА-ППП АПЖБК, МИРАЖ, ЛИРА-WINDOWS).	Определение сейсмических нагрузок и флуктуационных составляющих внутренних усилий в элементах конструкции	Научно-исследовательский институт автоматизированных систем в строительстве Госкомградостроительства Украины
Программа статического расчета больверка (BOLVERK, BOMAIN)	Определение бокового давления грунта и остаточных внутренних усилий в элементах конструкции, проверка устойчивости на поворот вокруг точки крепления анкера	Ленморниипроект
Программа расчета устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения (KREJ, KRMAIN)	Проверка общей устойчивости больверка	Ленморниипроект

Приложение Ж
(рекомендуемое)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЯ*)

1. Морской торговый порт Петропавловск-Камчатский

2. Наименование сооружения *Причал № 3*

3. Год строительства (реконструкция) 1955-1956 (1957,1980)

4. Конструкция Заанкеренный больверк из стального шпунта

5. Требуемый уровень сейсмостойкости сооружения 9 баллов

6. Проектный уровень сейсмостойкости сооружения 8 баллов

7. Данные об эксплуатационной надежности сооружения

Сооружение перенесло два сильных землетрясения: в 1959 г. интенсивностью 7–8 баллов; в 1971 г. интенсивностью 7 баллов – без повреждений. За время эксплуатации не наблюдалось аварийных ситуаций, связанных с повреждениями несущих элементов конструкции.

8. Техническое состояние сооружения в целом, установленное по результатам обследований, оценивается как работоспособное при ограничениях согласно извещению №1 от 30.10.97 г., коррозионный износ лицевой стенки составляет 25%, повреждений несущих конструктивных элементов сооружения не выявлено.

9. Аналитический уровень сейсмостойкости сооружения установлен на основании расчетов, выполненных в соответствии с действующими нормативными документами: СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах», Минстрой России, М., 1995 г.; РД 31.31.55-93 «Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений», Союзморниипроект, М., 1993 г.; «Временные рекомендации по расчету на сейсмостойкость эксплуатируемых причальных сооружений», Владивосток, ДНИИМФ, 1998 г.

Расчеты выполнялись по вычислительным программам Ленморниипроекта BOLVERK и KREJ.

При расчетах принято: глубина у причала – проектная; коррозионный износ лицевой стенки – 25%; остаточный срок службы сооружения – до 10 лет.

В результате расчетов установлено:

– при основном сочетании нагрузок (без учета сейсмики) выполняются все условия прочности и устойчивости;

– при особом сочетании нагрузок с учетом расчетного сейсмического воздействия и остаточного срока службы сооружения менее 10 лет

выполняются все условия прочности и устойчивости. При этом, в случае землетрясения интенсивностью 9 баллов (вероятность которого, в течение остаточного срока службы менее 10 лет, ниже расчетной) в сооружении возможно возникновение деформаций, трещин и повреждений отдельных элементов, затрудняющих или временно приостанавливающих нормальную эксплуатацию, что допускается СНиП II-7-81* для сооружений, эксплуатируемых в сейсмических районах, и согласовано с органом госнадзора – МАП Петропавловск-Камчатский.

10. Заключение о сейсмостойкости сооружения

Фактический уровень сейсмостойкости сооружения, установленный на основании данных пп. 7, 8 и 9, оценивается как достаточный для эксплуатации в сейсмических условиях Петропавловск-Камчатского до даты последующего освидетельствования, указанного в Свидетельстве о годности.

Организация - контролер

Инспектор (эксперт
по сейсмическим вопросам)

gost.e-ecolog.ru