РСФСР
МИНИСТЕРСТВО РЕЧНОГО ФЛОТА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ
(ГИПРОРЕЧТРАНС)

УКАЗАНИЯ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРИЧАЛЬНЫХ НАБЕРЕЖНЫХ

СН-РФ 54.1-85

РАЗДЕЛ 2
Набережные шпунтовые безанкерные

РАЗДЕЛ 3
Набережные шпунтовые одноанкерные

РАЗДЕЛ 4
Набережные шпунтовые одноанкерные с надстройкой

РАЗДЕЛ 5
Набережные шпунтовые, заанкеренные наклонными сваями

МОСКВА 1986 г.

gost.e-ecolog.ru

Р С Ф С Р
МИНИСТЕРСТВО РЕЧНОГО ФЛОТА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ
(Г И П Р О Р Е Ч Т Р А Н С)

Утверждены Министерством речного флота РСФСР
28 января 1986 г.

УКАЗАНИЯ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРИЧАЛЬНЫХ НАБЕРЕЖНЫХ

СН-РФ 54. I-85

РАЗДЕЛ 2
Набережные шпунтовые безанкерные

РАЗДЕЛ 3
Набережные шпунтовые одноанкерные

РАЗДЕЛ 4
Набережные шпунтовые одноанкерные с надстройкой

РАЗДЕЛ 5
Набережные шпунтовые, заанкеренные наклонными сваями

МОСКВА 1986 г.

Настоящий том включает разделы 2, 3, 4 и 5 Указаний, выпускаемые взамен разделов II, III, VI СН-РФ 54.I-68, а также "Технических указаний по проектированию разрезных двуханкерных железобетонных больверков" (Гипроречтранс, 1973 г.).

Основные положения проектирования (разд.I Указаний), приложения I - I2 и список литературы выпущены отдельным томом.

Разделы 2, 3 и 4 разработаны отделом научных исследований и экспериментального проектирования Гипроречтранса (к.т.н. В.Э.Даревский - руководитель и ответственный исполнитель разработки, инж. Г.А.Глинка - ответственный исполнитель, В.Н.Грачева, А.А.Меркулова, М.А.Орлова - руководитель и ответственный исполнитель I редакции раздела 3, инж. И.А.Шифрина).

Раздел 5 разработан отделом проектирования портов и гидротехнических сооружений Ленгипроречтранса (инж. Г.А.Дамина - руководитель и ответственный исполнитель разработки, инж. Ф.И.Ксенофонтова, Т.Н.Моганова и В.В.Соломинский - ответственный исполнитель) при участии В.Э.Даревского и И.А.Шифриной (Гипроречтранс).

Ссылки на пункты разд.I, приложения и список литературы в разд. 2 - 5 даны без дополнительного указания номера раздела и тома.

Министерство речного флота	Ведомственные строительные нормы	СН-РФ 54.I-85
	Указания по проектированию причальных набережных (раздел 2)	Взамен раздела III СН-РФ 54.I-68

Р А З Д Е Л 2

НАБЕРЕЖНЫЕ ШПУНТОВЫЕ БЕЗАНКЕРНЫЕ

2.I. Настоящий раздел Указаний распространяется на проектирование безанкерных шпунтовых набережных, а также других конструкций набережных с аналогичным принципом работы (например, из свай-оболочек с диаметром меньше 0,2 высоты набережной).

2.2. При проектировании безанкерных шпунтовых набережных выполняются расчеты:

I) общей устойчивости по схеме глубинного сдвига (см. приложение 2);

2) прочности

шпунта, сваи-оболочки и пр. (на усилия, определяемые по указаниям пп. 2.5-2.I0);

шапочной балки (на усилия, определяемые по указаниям п.4 приложения 5 и п. 2 приложения 6);

тумбового массива (приложение I2);

3) по деформациям (п. 2.II);

4) по образованию и раскрытию трещин в железобетонных элементах (пп. 2.I2, 2.I3.I).

2.3. Основные сочетания нагрузок и соответствующие расчетные

Внесены Государственным институтом проектирования на речном транспорте	Утверждены Министерством речного флота РСФСР 28.0I.86	Срок введения I.06.86

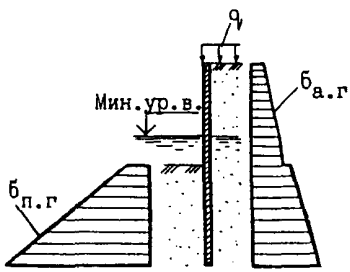
Таблица 2.I

Наименование нагрузки	Нагрузки, входящие в основное сочетание №									Примечание
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	
	при определении									
	$t_{ш}$, M<0, Q				M<0	M>0				
Боковое давление грунта:										См. приложение 8,
а) от собственного веса	+	+	+	+	+	+	+	+	+	шт. I.52, I.53, 2.9
б) от временных нагрузок	+	+	+	+	+	–	–	–	–	
Давление воды:										
а) фильтрационное	–	+	+	+	+	–	–	–	–	См. приложение 9
б) волновое	–	–	+	–	–	–	–	–	–	См. СНиП 02.06.04-82; учитывается при высоте волны не менее I м
Давление льда:										
а) при навале	–	–	–	–	–	–	+	–	–	См. приложение 6;
б) при температурном расширении	–	–	–	–	–	–	–	+	–	↓ - при понижении уровня воды;
в) при изгибе примерзшего льда	–	–	–	–	+ ↓	–	–	–	+ ↑	↑ - при повышении уровня воды
От судов:										
а) при навале	–	–	–	–	–	+	–	–	–	См. приложение 5
б) швартовная	–	–	–	+	–	–	–	–	–	Учитывается при отсутствии анкеровки тумбовых массивов

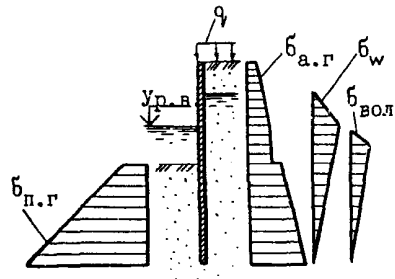
Таблица 2.2

Наименование расчетного условия	Значение при сочетании нагрузок №									Примечание
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	
Коэффициент m_2	I				I	0,7				
Дополнительный коэффициент условий работы m_g при расчете прочности	I				I	I				
Уровень воды	min	med	med	min	med	max				min – минимальный med – уровень определяется подбором от min и выше max – наивысший, при котором возможна кратковременная нагрузка

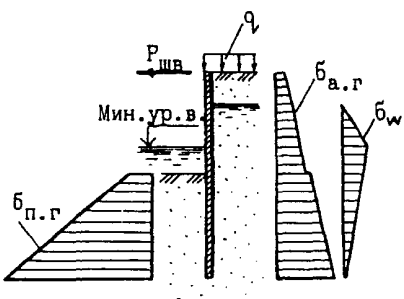
Сочетание I (для $t_{шп}$ и M<0)



Сочетание 3 (для $t_{шп}$ и M<0)



Сочетание 4 (для $t_{шп}$ и M<0)



Сочетание 6 (пля M>0)

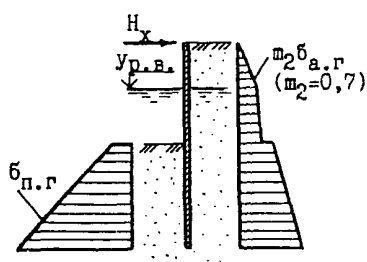


Рис.2.1. Расчетные схемы к некоторым основным сочетаниям нагрузок

условия принимаются по табл. 2.I и 2.2; расчетные схемы для некоторых сочетаний нагрузок показаны на рис. 2.I.

Примечание. В табл.2.I $M<0$ соответствует растяжению тыловой грани шпунта, $M>0$ - лицевой.

При наличии особых нагрузок следует рассматривать особые сочетания, включающие кроме указанных в табл. 2.I одну из особых нагрузок.

2.4. Заглубление шпунта $t_{шп}$ должно быть не меньше определенного по указаниям п. 2.7 при I - 4 сочетаниях нагрузок по (табл. 2.I), а также требуемого из расчета общей устойчивости набережной.

2.5. Полки железобетонного шпунта таврового и ребристого профиля рассчитывают аналогично указанному в п. 3.7.

2.6. Усилия в поперечных сечениях шпунта и его заглубление $t_{шп}$ находят с помощью ЭВМ или графо-аналитически следующим образом (рис. 2.2,а-д).

Строят суммарную эпюру горизонтальных составляющих бокового давления грунта и воды до глубины, несколько большей ожидаемого заглубления шпунта. Полученную эпюру разбивают на I0-I5 полосок, которые заменяют силами, приложенными в центрах тяжести полосок (рис. 2.2,б,в). От всех действующих сил, кроме ледовых и от навала судов (которые учитываются отдельно по приложениям 5 и 6), строят силовой и веревочный многоугольники (рис. 2.2,г,д), располагая полюс под началом первой силы. Отрезки веревочной линии между силами P_i и P_{i+1} параллельны лучам, соединяющим полюс 0 с концами сил P_i на силовом многоугольнике. Замыкающая веревочного многоугольника является продолжением первого луча, т.е. вертикалью. Точка пересечения первого и последнего лучей определяет глубину t_o, считая от проектного дна, на которой приложена равнодействующая эпюры обратного отпора $E'_{п.г.}$

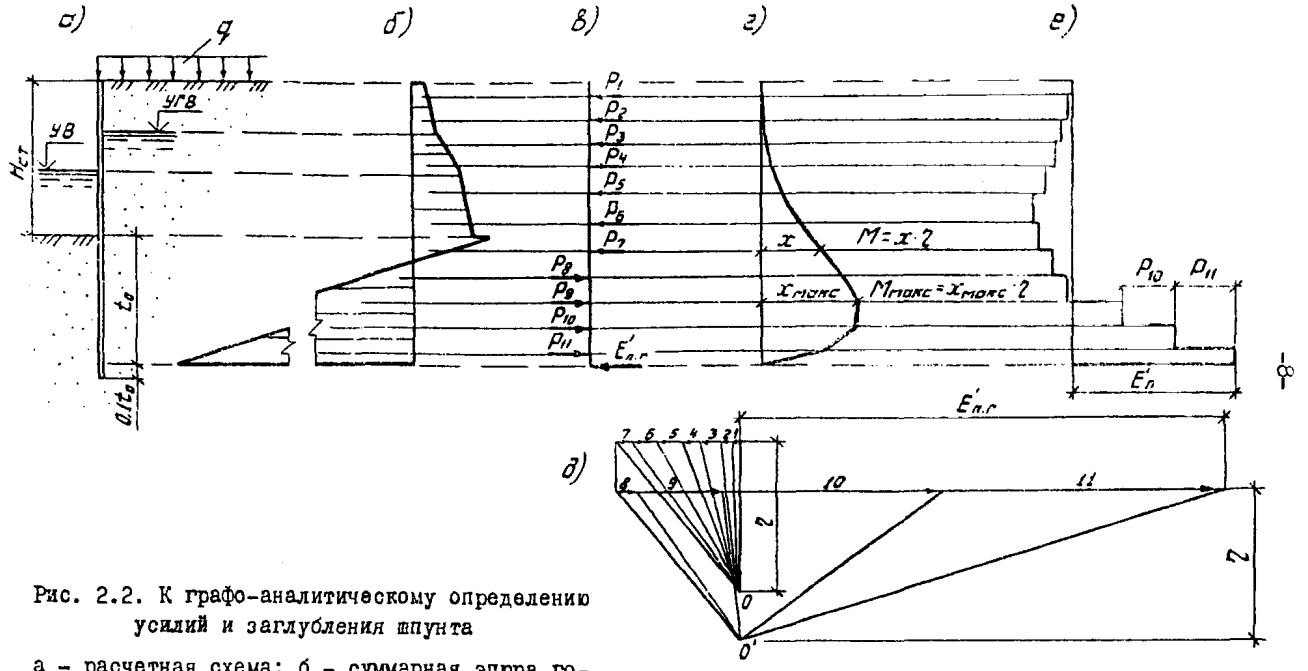


Рис. 2.2. К графо-аналитическому определению усилий и заглубления шпунта

а – расчетная схема; б – суммарная эпюра горизонтальных составляющих бокового давления грунта и воды; в – система горизонтальных сил, действующих на шпунт; г – веревочный многоугольник; д – силовой многоугольник; е – эпюра поперечных сил

Изгибающие моменты М вычисляют по формулам, приведенным на рис. 2.2, где полюсное расстояние η принимается в масштабе сил, а ординаты Х веревочного многоугольника (условной эпюры изгибающих моментов) - в масштабе длин шунта.

К полученным указанным выше способом изгибающим моментам от постоянных и длительных временных нагрузок следует прибавить изгибающие моменты от одной из кратковременных нагрузок (ледовой или от навала судна), определенных соответственно по приложениям 5 и 6, если указанные нагрузки входят в расчетное сочетание.

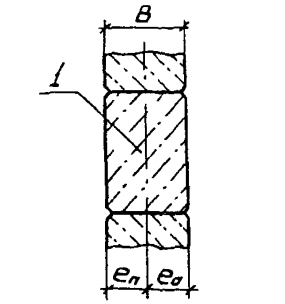
Заглубление шунта в грунт $t_{шп}$ должно быть не меньше $1{,}1\, t_0$.

2.7. Усилия в поперечных сечениях шунта повышенной жесткости ($B \geq 0{,}04\, H_{ст}$) и его заглубление следует определять с учетом вертикальных составляющих бокового давления грунта. Допускается вместо этого изгибающие моменты М и заглубление шунта $t_{шп}$, определенные в соответствии с п. 2.6, умножать на коэффициент условий работы $m_1 = 1 - B/H_{ст}$, где В - приведенная высота сечения шунта, определяемая по рис. 2.3.

Примечание. При расчете набережных из шунта, забитого по волнообразной линии, вертикальные составляющие бокового давления грунта учитывать не следует ($m_1 = 1$).

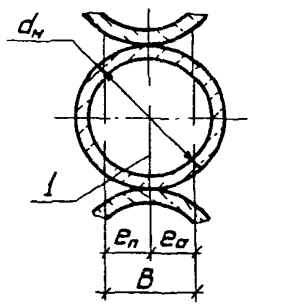
2.8. Горизонтальные составляющие активного $\sigma_{а.г}$ и пассивного $\sigma_{п.г}$ давления грунта определяются по приложению 8. При этом $\sigma_{а.г}$ следует умножать на коэффициент условий работы m_2 из табл. 2.2.

2.9. Если в пределах заглубления t_0 оказалось два или более слоев глинистого грунта с более прочным внизу, то расчет усилий в шунте следует повторить, используя указания п. 3.11, но приняв в формуле (3.10) $y_в$ и $y_н$ равными расстоянию от середины верхнего и нижнего слоя у шунта до сечения на глубине t_0.



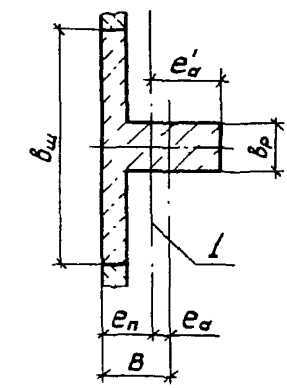
$B = e_п + e_а$

$e_п = e_а$



$B = e_п + e_а$

$e_п = e_а = 0{,}3\ d_н$



$B = e_п + e_а$

$e_а = e'_а \cdot \frac{b_р}{b_ш}$

Рис. 2.3. К определению приведенной высоты сечения железобетонных шунтов

I – ось, проходящая через центр тяжести сечения

2.IO. При расчете прочности набережной из стального шпунта, забитого по волнообразной линии (рис. 2.4,а), расчетный момент сопротивления шпунта, приведенный к I м длины набережной, определяется по формуле

$$W = \frac{4\, m \sum (J_i + F_{шп} \cdot a_i^2)}{H_в\, L_в}, \qquad (2.I)$$

где m – коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,7;

J_i – моменты инерции отдельных шпунтин в пределах $0,5\, L_в$ относительно собственных центральных осей, параллельных средней линии стены А–А (рис. 2.4,б)

$$J_i = J_x \cos^2 \alpha_i + J_y \sin^2 \alpha_i \; ; \qquad (2.2)$$

J_i и J_y – собственные моменты инерции шпунтины относительно главных осей Х–Х и У–У (см. рис. 2.4,б);

α_i – углы наклона главных осей Х–Х отдельных шпунтин к линии А–А;

$F_{шп}$ – площадь поперечного сечения шпунтины;

a_i – расстояние от центра тяжести шпунтины до оси А–А;

$H_в$ и $L_в$ – соответственно высота и длина волны.

Для восприятия касательных напряжений в замках между шпунтинами производится сварка замков. Длину ℓ прерывистых сварных швов между шпунтинами на участках высотой h_i определяют по разд. II СНиП II-23-8I [8], вычисляя величину условной продольной силы N по формуле (2.3), но всегда принимают ℓ не менее I5 см

$$N = \frac{0,5\, Q_{ср.i} \cdot h_i \cdot S \cdot L_в}{\sum (J_i + F_{шп} \cdot a_i^2)}, \qquad (2.3)$$

где $Q_{ср.i}$ – среднее значение поперечной силы на участке h_i ;

S – статический момент сдвигающейся части сечения в пределах $0,5 L_в$ относительно оси А–А $(S = F_{шп} \cdot \sum a_i)$;

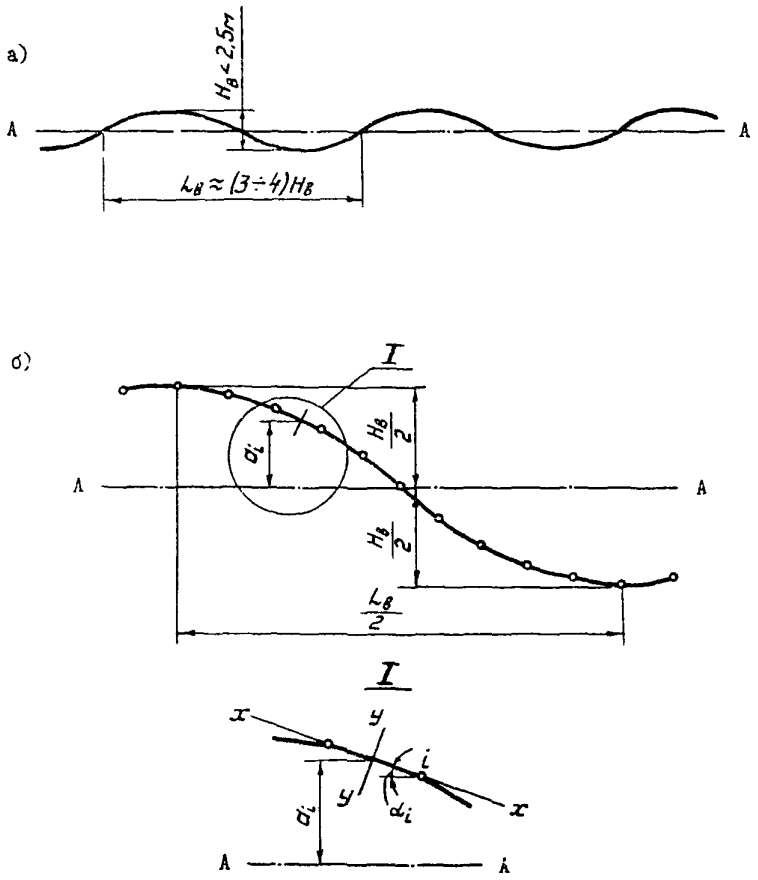


Рис. 2.4. К расчету набережной из шпунта, забитого по волнообразной линии

а – основные размеры профиля волнообразных стен; б – к определению геометрических характеристик сечения условной балки для участка стены длиной $L_в/2$

остальные обозначения теже, что и в формуле (2.I).

2.II. Расчет по деформациям следует производить только для шунта. При основных сочетаниях нагрузок I - 4 по табл. 2.I (при коэффициентах надежности по нагрузке и грунту, равных единице) горизонтальные смещения U (рис. 2.5,а), вычисленные по формуле (2.4), не должны превышать $U_{пр} = 0{,}02\ H_{ст}$, если нет других ограничений (например, связанных с эксплуатацией подъемно-транспортного и иного оборудования).

$$U = U_{ст} + U_{шп} + H_{ст}\, tg\,\omega_{шп}\ , \qquad (2.4)$$

где $U_{ст}$ - прогиб верха стены, который определяется как для консольной балки, заделанной на уровне дна;

$U_{шп}$ - перемещение стены на уровне дна

$$U_{шп} = \frac{m_ч \cdot 18\, t_{шп} \cdot \Sigma X - m_з \cdot 24 M'}{m_5 \cdot K' t^3_{шп}}; \qquad (2.5)$$

$tg\,\omega_{шп}$ - тангенс угла наклона заглубленной части стены, если пренебречь её прогибом

$$tg\,\omega_{шп} = \frac{m_2 \cdot 1{,}5 K' \cdot t^2_{шп} \cdot U_{шп} - 3\Sigma X}{m_з K' t^3_{шп}}. \qquad (2.6)$$

В формулах (2.5) и (2.6)

ΣX - сумма всех горизонтальных составляющих нагрузок X_i, входящих в расчетное сочетание, кроме пассивного давления $E_{п.г}$ (рис. 2.5,в);

$$M' = \Sigma M - \Sigma X\ (e_п\, tg\,\delta_п + e_а\, tg\,\delta_а); \qquad (2.7)$$

где ΣM - сумма моментов всех горизонтальных нагрузок, кроме $E_{п.г}$, относительно точки, расположенной на уровне дна;

$e_а$ и $e_п$ - соответственно расстояния по горизонтали от плоскости

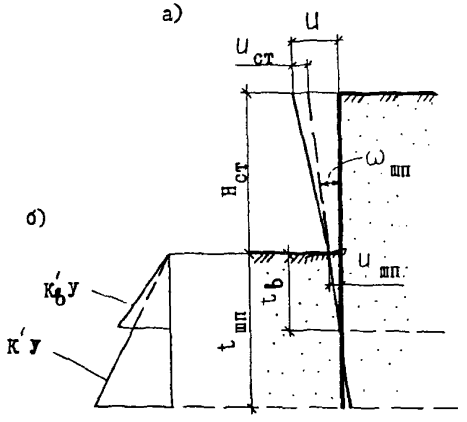


Рис. 2.5. К расчету шпунта по деформациям

а - расчетная схема; б - принятое изменение коэффициента постели по глубине

действия вертикальных составляющих активного и пассивного давления грунта до оси, проходящей через центр тяжести горизонтального сечения стены, определяются по рис. 2.3;

$\delta_п$ и $\delta_а$ – углы трения грунта по стене соответственно в пассивной и активной зоне;

K' – коэффициент, определяемый по табл. 8 приложения 7.

Если основание является однородным, то $m_2 = m_3 = m_ч = m_5 =$ $= I$; если основание в пределах заглубления шунта состоит из двух слоев грунта, то

$$m_2 = I + \frac{t_в^2}{t_{шп}^2} \cdot \frac{K_в' - K'}{K'}; \qquad (2.8)$$

$$m_3 = I + \frac{t_в^3}{t_{шп}^3} \cdot \frac{K_в' - K'}{K'}; \qquad (2.9)$$

$$m_ч = I + \frac{t_в^ч}{t_{шп}^ч} \cdot \frac{K_в' - K'}{K'}; \qquad (2.I0)$$

$$m_5 = 9 m_2 \cdot m_ч - 8 m_3^2, \qquad (2.II)$$

где $t_в$ – толщина верхнего слоя грунта;

K' и $K_в'$ – значения коэффициента K', относящиеся соответственно к нижнему и к верхнему слою грунта (рис. 2.5,б).

При трех и более слоях грунтов в основании последнее приводится к двухслойному путем осреднения коэффициентов K'.

При толщине железобетонного шунта $B < 0,I\ H_{ст}$ (см. рис. 2.3), а также для стального шунта допускается принимать $M' = \Sigma M$.

2.I2. Расчеты железобетонных элементов по образованию или раскрытию трещин следует производить в соответствии с указаниями пп. I.23–I.26. Расчеты следует вести на усилия, определенные для тех

же расчетных условий и теми же способами, что и для расчетов прочности, но нагрузки и характеристики грунтов вычисляются при коэффициентах надежности по нагрузке и грунту, равных единице.

Допускается использовать усилия, полученные для расчетов прочности, умноженные на коэффициент условий работы $m = 0,85$.

Если при этом не обеспечивается требуемая трещиностойкость и величина раскрытия трещин, то для рассматриваемой расчетной схемы следует выполнить уточненные расчеты по определению усилий.

2.I3. При проектировании шпунтовых безанкерных набережных следует учитывать общие конструктивные требования раздела I , а также следующие дополнительные указания.

I) Для набережных из железобетонных свай-оболочек следует проверить расчетом и соответствующими конструктивными мероприятиями исключить возможность образования продольных трещин из-за градиента температуры по высоте стены, из-за напряжений усадочных, а также связанных с заполнением и погружением свай-оболочек. Для этого следует использовать нормативные и методические документы, разработанные Минтрансстроем для цилиндрических опор мостов.

2) При относительно большой высоте стены может быть использован плоский стальной шпунт, забитый по волнообразной в плане линии. В этом случае рекомендуется (см. рис. 2.4) принимать $L_в$ в пределах 6-8 м, а $H_в$ – не более 2,5 м. Т.к. максимальные касательные напряжения имеют место в замках между шпунтинами у оси А-А, то погружение шпунта целесообразно производить пакетами из предварительно сваренных замками 2-3 и более шпунтин. Остальные замки проваривают расчетными швами только выше строительного уровня воды.

3) При $H_{ст} < 4$ м и слабых грунтах основания рекомендуется погружать шпунт со строительным наклоном на засыпку $2-4^0$. При специальном обосновании допускается увеличение наклона, что должно учитываться в расчете.

Министерство речного флота	Ведомственные строительные нормы	СН-РФ 54.I-85
	Указания по проектированию причальных набережных (раздел 3)	Взамен раздела II СН-РФ 54.I-68

Р А З Д Е Л 3

НАБЕРЕЖНЫЕ ШПУНТОВЫЕ ОДНОАНКЕРНЫЕ

3.I. Настоящий раздел Указаний распространяется на проектирование одноанкерных шпунтовых набережных из железобетонного и стального шпунта.

3.2. Состав и последовательность расчётов, как правило, соответствуют приведённым на рис.3.I.

3.3. Основные сочетания нагрузок и соответствующие расчётные условия принимаются по табл.3.I и 3.2. Расчётные схемы для некоторых сочетаний нагрузок показаны на рис.3.2.

При наличии особых нагрузок следует рассматривать особые сочетания, включающие кроме указанных в табл.3.I одну из особых нагрузок.

3.4. Заглубление шпунта $t_{ш}$ должно быть не меньше:

а) определенного по п.3.8 при I-3 сочетаниях нагрузок по табл.3.I;

б) требуемого из расчёта общей устойчивости (для сооружений Ш и IУ классов – только методом ломаных поверхностей скольжения);

в) как правило, 2,5 м и 0,35 $H_{от}$.

Внесены Государственным институтом проектирования на речном транспорте	Утверждены Министерством речного флота РСФСР 28.0I.86	Срок введения I.06.86

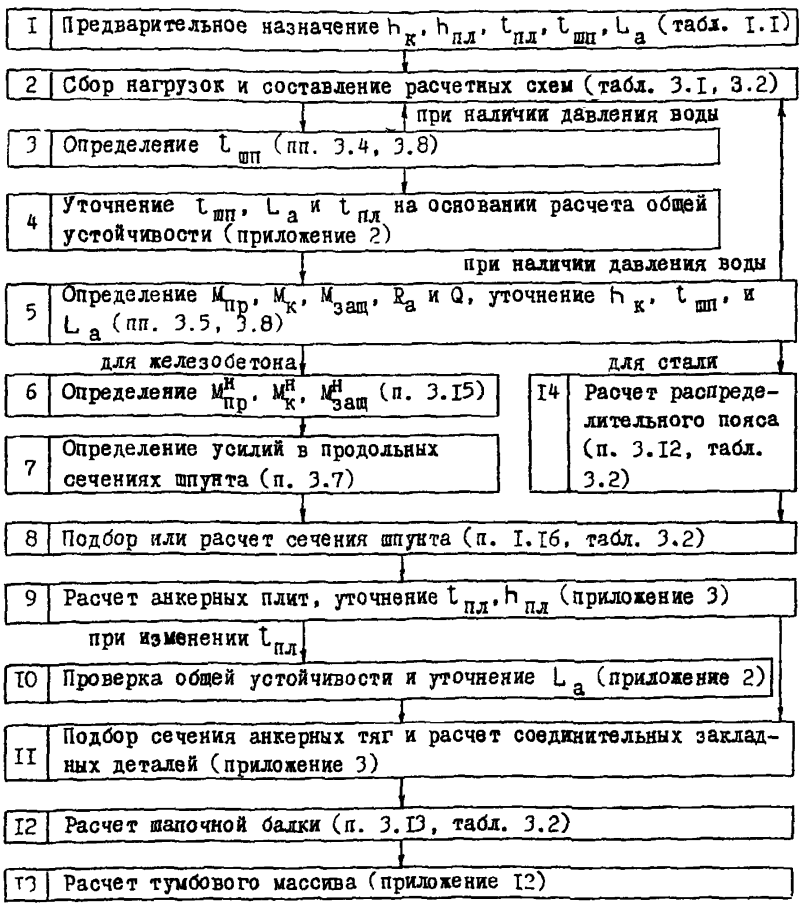


Рис. 3.I. Состав и рекомендуемая последовательность расчетов одноанкерных шпунтовых набережных

Таблица 3.I

Наименование нагрузки	Нагрузки, входящие в основное сочетание №															Примечание
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	
	при определении															
	$t_{шп}$, $M_{пр}$ $M_{защ}$, Q			$M_{пр}$, $M_{защ}$, Q			$M_к<0$, Q, $M_{защ}$, R_a	$M_к<0$, $M_{защ}$, Q				$M_к>0$, Q			R_a, Q	
Боковое давление грунта:																См. пп. I.42-I.44,
а) от собственного веса	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	I.52, I.53, 3.9, 3.I0
б) от временных нагрузок	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	+	
Давление воды:																
а) фильтрационное	–	+	+	+	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	+	См. приложение 9
б) волновое при подходе ложбины волны	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	См. СНиП 02.06.04-82; учитывается при высоте волны не менее Iм
Давление льда:																
а) при навале	–	–	–	+	–	–	–	–	+[а]	–	–	+[в]	–	–	–	См. приложение 6; а – на уровне анкерных тяг; в – на уровне верха стены; ↑ – при повышении уровня воды
б) при температурном расширении	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+[а]	–	–	+[в]	–	–	
в) при изгибе примерзшего льда	–	–	–	–	+↑	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
От судов:																
а) при навале	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	+[а]	–	–	+[в]	–	См. приложение 5
б) швартовная	–	–	–	–	–	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–	См. СНиП 02.06.04-82; учитывается при отсутствии анкеровки тумбовых массивов

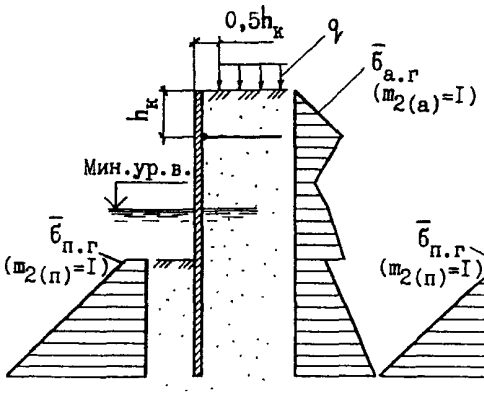
Таблица 3.2

Наименование расчетного условия	Значения при сочетании нагрузок №							
	I	2 3	4 6	5	7	8 9-II	I2 I3	I4	I5
Растояние от начала эквивалентной нагрузки 0_y до линии кордона	$0{,}5h_к$				0	0	-		0
Коэффициенты условий работы									
$m_{2(а)}$	I				I	I	0,7		I
$m_{2(п)}$	I				I	I	0,4		I
Дополнительный коэффициент условий работы m_9 при расчете прочности									
а) стального шпунта на $M_{пр}$	I,2				I	I	I		I
б) в других, не оговоренных специально случаях	I				I	I	I		I
Уровень воды	min_1	med_1 min_1		max_2 min_2	min_1	med_2 med_3	max_1	max_2	med_1 min_1

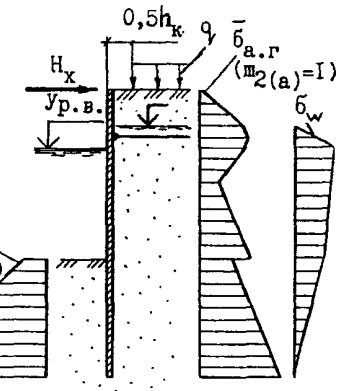
Примечания: I. Коэффициент m_2 = I,2 учитывает перераспределение усилий между шпунтовыми сваями различной прочности.

2. Уровни воды: min_1 - минимальный; min_2 - наинизший, при котором возможна кратковременная нагрузка; max_1 - максимальный; max_2 - наивысший, при котором возможна кратковременная нагрузка; med_1 - ниже уровня анкеровки на высоту волны и фильтрационного напора; med_2 - на уровне анкеровки; med_3 - соответствующий уровню приложения кратковременной нагрузки.

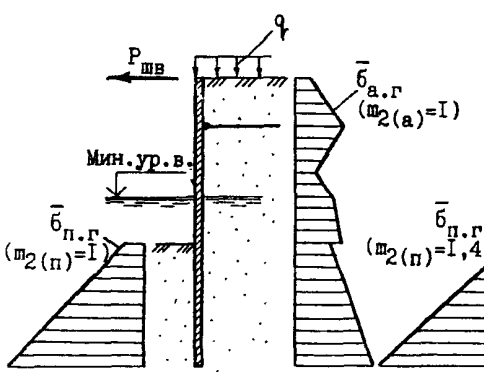
Сочетание I (для $M_{пр}$, $M_{защ}$, $t_{шп}$)



Сочетание 6 (для $M_{пр}$ и $M_{защ}$)



Сочетание 7 (для $M_к<0$, $M_{защ}$, $R_а$)



Сочетание I4 (для $M_к>0$)

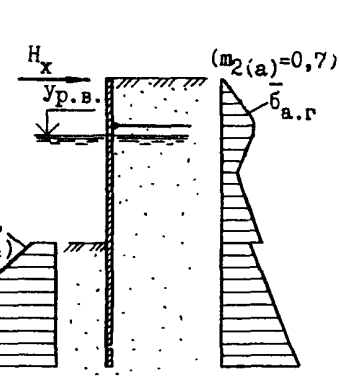


Рис. 3.2. Расчетные схемы к некоторым основным сочетаниям нагрузок

3.5. Расстояние L_a от шпунта до анкерной плиты (рис.3.3) должно быть не менее требуемого для обеспечения общей устойчивости набережной и, как правило, не менее I,5 $H_{ст}$.

Расчёты устойчивости допускается вести только методом ломаных поверхностей скольжения.

3.6. Шпунт рассчитывают на действие следующих усилий:

а) изгибающего момента $M_{пр}$ в пролетной части шпунта, растягивающего лицевую грань, и продольной сжимающей силы (если анкерная тяга имеет наклон более 10°);

б) изгибающего момента на консоли, растягивающего тыловую грань шпунта (в табл.3.I и на рис.3.2 обозначено $M_к < 0$);

в) изгибающего момента на консоли, растягивающего лицевую грань шпунта ($M_к > 0$);

г) изгибающего момента $M_{защ}$ в защемленной части шпунта, растягивающего тыловую грань шпунта;

д) поперечных сил Q на уровне крепления анкерной тяги и в защемленной части шпунта.

3.7. Полки шпунта таврового или ребристого профиля в местах примыкания их к ребру рассчитывают на действие положительных и отрицательных изгибающих моментов.

При этом полка шпунта таврового профиля рассматривается как консольная балка, а плита между рёбрами ребристого шпунта - как балка, заделанная по концам. Допускается расчётную ширину балки принимать равной $10\,б_{пол}$ ($б_{пол}$ - толщина полки или плиты), а в пределах ширины балки нагрузку осреднять.

Рассматривают два случая. Для первого наиболее опасные сечения и соответствующие им нагрузки выбирают на основании анализа суммарных эпюр давления грунта и воды для всех рассмотренных расчётных схем. Во втором изгибающие моменты, вызванные навалом судна при подходе к сооружению, определяют по указаниям п.6 приложения 5.

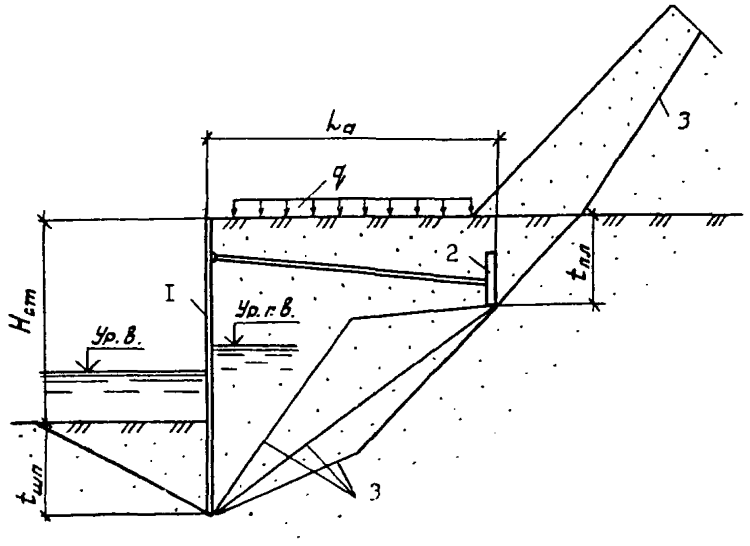


Рис.3.3. Схема к определению величины L_a

I- шпунт; 2- анкерная плита; 3- возможные поверхности скольжения

3.8. Усилия в поперечных сечениях шпунта и его заглубление $t_{шп}$ находят с помощью ЭВМ или графо-аналитически следующим образом (рис.3.4,а-и).

Строят суммарную эпюру горизонтальных составляющих бокового давления грунта и воды до глубины, несколько большей ожидаемого заглубления шпунта. Полученную эпюру разбивают на 12-20 полосок, которые заменяют силами, приложенными в центрах тяжести полосок (рис.3.4,б-д). От всех действующих на шпунт сил, кроме ледовых и навала судов, строят силовой и веревочный многоугольники (рис.3.4, и,е), выбирая удобное положение полюса. Отрезки веревочной линии между силами P_i и P_{i+1} параллельны лучам, соединяющим полюс О с концами сил P_i на силовом многоугольнике.

Первый луч в веревочном многоугольнике на рис.3.4,е, параллельный линии О-О силового многоугольника (см.рис.3.4,и), доводят до уровня крепления анкерной тяги (точка В). Затем через точку В проводят замыкающую ВF таким образом, чтобы обеспечивалось соотношение $x_{защ} \leq 0,9\, x_{пр}$.

Изгибающие моменты М вычисляют по формулам, приведённым на рис.3.4, где полюсное расстояние η принимается в масштабе сил, а ординаты x веревочного многоугольника (условной эпюры изгибающих моментов) – в масштабе длин шпунта.

Горизонтальную реакцию R_a в месте крепления анкерной тяги получают из силового многоугольника между первым лучом и лучом, параллельным замыкающей веревочного многоугольника.

Точка F пересечения замыкающей с веревочной линией определяет глубину t_o, считая от проектного дна, на которой приложена равнодействующая эпюры обратного отпора $E'_{п.г}$. Требуемое при этом заглубление шпунта в грунт

$$t_{шп} = t_o + \Delta t, \qquad (3.1)$$

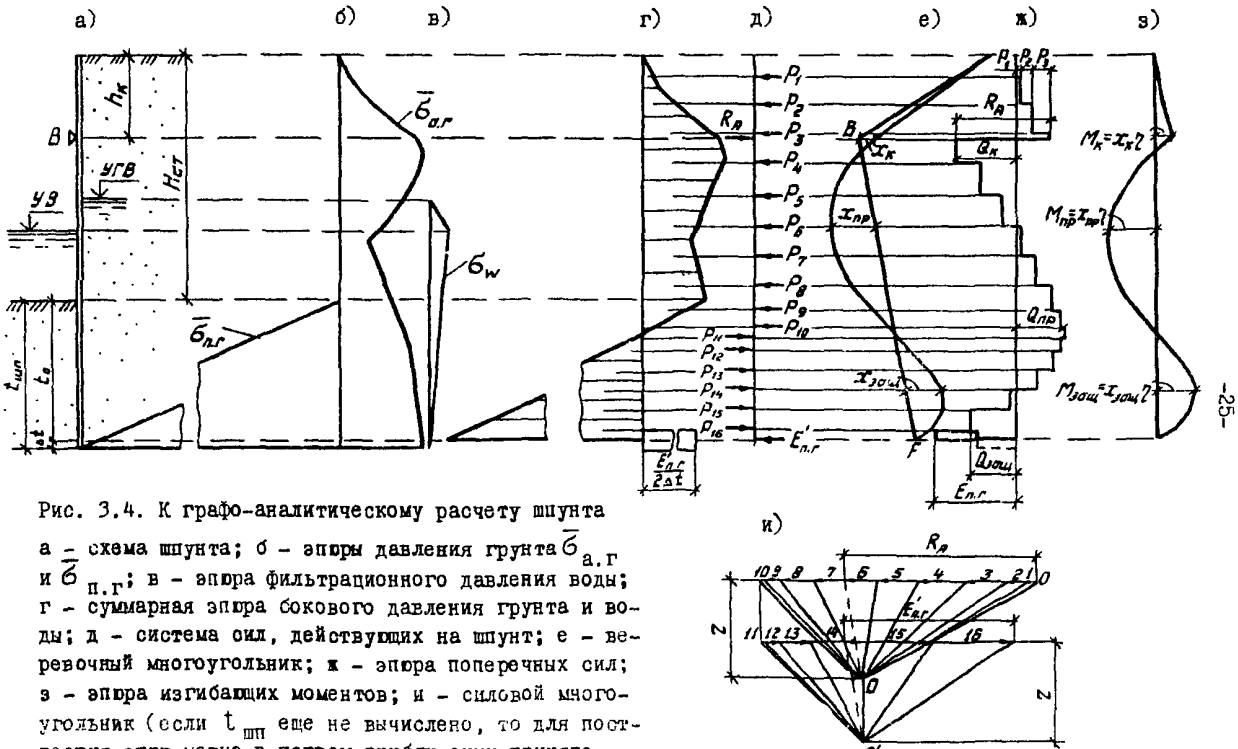


Рис. 3.4. К графо-аналитическому расчету шпунта

а – схема шпунта; б – эпюры давления грунта $\bar{\sigma}_{а.г}$ и $\bar{\sigma}_{п.г}$; в – эпюра фильтрационного давления воды; г – суммарная эпюра бокового давления грунта и воды; д – система сил, действующих на шпунт; е – веревочный многоугольник; ж – эпюра поперечных сил; з – эпюра изгибающих моментов; и – силовой многоугольник (если $t_{шп}$ еще не вычислено, то для построения эпюр можно в первом приближении принять $t_{шп} = 0{,}5\ H_{ст}$)

где допускается принимать

$$\Delta t = 0{,}1 t_o \frac{x_{защ}}{x_{пр}} \qquad (3.2)$$

При построении эпюры поперечных сил (рис.3.4,к) горизонтальная составляющая $E'_{п.г}$ обратного отпора, определяемая из силового многоугольника между лучом, параллельным проходящему через точку F, и лучом, параллельным замыкающей веревочного многоугольника (рис.3.4,и), равномерно распределяется на высоте $2\Delta t$ (рис.3.4,г).

Для железобетонного шпунта обычно принимают: для расчётной схемы, дающей самое большое заглубление, $x_{защ} \approx 0$, а для других схем - какое получается при выбранном ранее заглублении шпунта.

Для стального шпунта $x_{защ}$ выбирают таким образом, чтобы при расчётной схеме, дающей максимальный изгибающий момент в пролетной части шпунта, максимально использовать несущую способность наиболее легкого из возможных или принятого шпунта. Поэтому для стального шпунта обычно $x_{защ} \neq 0$.

В тех случаях, когда в расчётное сочетание входят нагрузки от льда или навала судна, следует к полученным указанным выше способом изгибающим моментам от постоянных и длительных временных нагрузок прибавить изгибающие моменты, определенные соответственно по приложениям 5 и 6.

3.9. Горизонтальная составляющая интенсивности давления грунта со стороны засыпки при $h_к \leq 0{,}35\ H_{ст}$ и жесткости приведенного сечения шпунта $EI \leq 120$ МН·м^2 определяется по формуле

$$\bar{\sigma}_{а.г} = \sigma_{а.г} \cdot m_{2(а)} \cdot m_I \quad , \qquad (3.3)$$

где $\sigma_{а.г}$ - горизонтальная составляющая интенсивности активного давления, определяемая по приложению 8;

$m_{2(а)}$ - коэффициент условий работы, принимаемый по табл.3.2;

m_I - коэффициент условий работы, учитывающий деформацию шпунта и податливость анкеровки; определяется по формулам:

при $y \leq h$

$$m_I = I + \frac{y}{h}\left(3 - \frac{5h}{H}\right); \qquad (3.4)$$

при $h < y \leq 0{,}5\,(H + h)$

$$m_I = 0{,}5 + \frac{0{,}5\,(H + h) - y}{H - h}\left(7 - \frac{10h}{H}\right); \qquad (3.5)$$

при $0{,}5\,(H + h) < y < H$

$$m_I = 0{,}I + 0{,}8\,\frac{y - h}{H - h}; \qquad (3.6)$$

при $y \geq H$

$$m_I = 0{,}9\ , \qquad (3.7)$$

где y – глубина от верха набережной;

$h = h_к$, но не менее $0{,}I5\ H_{ст}$;

$H = I{,}I5\ H_{ст}$.

При $h_к > 0{,}35\ H_{ст}$ или $EI > I20$ МН·м^2 для определения бокового давления грунта следует пользоваться результатами специальных исследований, но допускается на предварительной стадии и для опытного проектирования пользоваться формулой (3.3), принимая m_I при $EI \geq 300$ МН·м^2 по формуле

$$m_I = I{,}8 - \frac{y}{H_{ст}}, \qquad (3.8)$$

а при $EI < 300$ МН·м^2 – по линейной интерполяции между вычисленными по формулам (3.4)-(3.7) и (3.8).

3.I0. Горизонтальные составляющие интенсивности давления грунта со стороны отпора определяются по формуле

$$\bar{б}_{п.г} = б_{п.г} \cdot m_{2(п)}\ , \qquad (3.9)$$

где $б_{п.г}$ – горизонтальная составляющая пассивного давления, определяемая по приложению 8;

$m_{2(п)}$ – коэффициент условий работы, принимаемый по табл.3.2

3.II. Если в пределах заглубления шпунта t_0 оказалось два слоя глинистого грунта с более прочным внизу, то расчёты усилий в шпунте для сочетаний нагрузок, давших максимальные $M_{пр}$ и R_a, следует повторить с $б_{п.г}$, умноженным для этих слоев на коэффициенты условий работы m_3, определяемые по графикам на рис.3.5, где

$$\beta = \frac{б_{п.г(в)}\, t_в\, y_в}{б_{п.г(н)}\, t_н\, y_н}; \qquad (3.10)$$

$б_{п.г(в)}$ и $б_{п.г(н)}$ – ординаты эпюры пассивного давления соответственно на уровне середины верхнего и нижнего слоя;

$t_в$ и $t_н$ – соответственно толщина верхнего и нижнего слоя;

$y_в$ и $y_н$ – расстояния от уровня анкеровки соответственно до середины верхнего и нижнего слоя грунта;

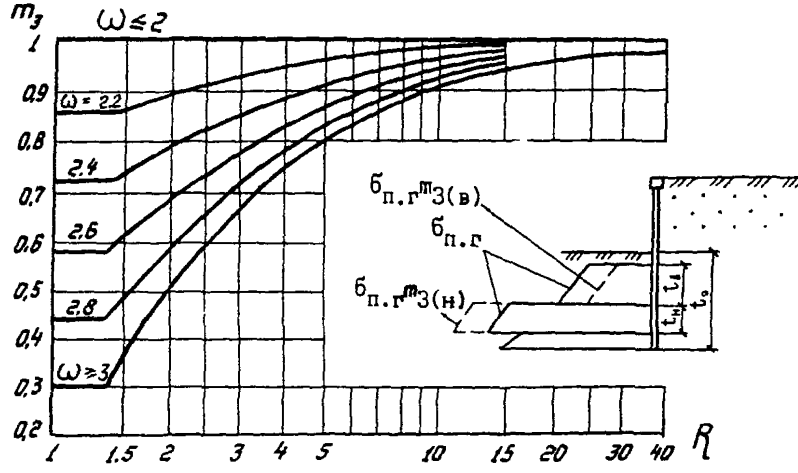
$$\omega = \frac{P_{п(в)}}{P_{п(н)}}; \qquad (3.11)$$

$P_{п(в)}$ и $P_{п(н)}$ – удельные сопротивления пенетрации соответственно для верхнего и нижнего слоя.

При отсутствии данных о пенетрации образцов ненарушенного сложения допускается принимать $\omega = I_{L(в)}/I_{L(н)}$, где $I_{L(в)}$ и $I_{L(н)}$ – показатели консистенции соответственно верхнего и нижнего слоя грунта.

Если имеется более двух слоёв с различными $P_п$ или I_L, то необходимо уменьшить их число до двух, объединяя (начиная сверху), в один слой те, у которых $P_п$ или I_L отличаются менее, чем в 2 раза и принимая для этого слоя средневзвешенное значение.

Для верхнего слоя грунта



Для нижнего слоя грунта

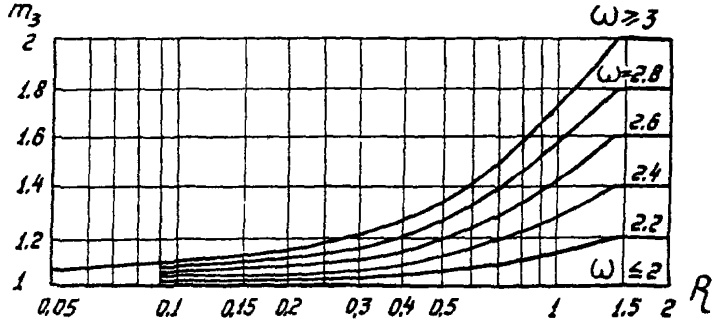


Рис. 3.5. Графики для определения коэффициента условий работы m_3

Примечание. Если в пределах заглубления шпунта имеются грунты, несущая способность которых может изменяться во времени, например, недоуплотнённые глинистые грунты, мерзлые и оттаивающие грунты и др., необходимо дополнительно выполнять расчёты с учётом возможного изменения прочностных характеристик грунта по соответствующим методикам или с привлечением в необходимых случаях специализированных организаций.

3.12. Распределительный пояс в набережных из стального шпунта рекомендуется выполнять из двух швеллеров (рис.3.6,а,б). Расстояние между швеллерами должно быть таким, чтобы при возможной осадке или прогибе тяги последняя не опиралась на швеллер. Минимальный зазор между тягой и швеллером должен быть не менее 15 мм.

Изгибающие моменты M и поперечные силы Q определяют как для многопролетной неразрезной балки с учётом пластических деформаций материала. Допускается определять максимальные значения M и Q по формулам:

$$M = \pm 0{,}085 R_a \cdot \ell_a^2 \quad ; \qquad (3.12)$$

$$Q = 0{,}5 R_a \cdot \ell_a \quad ; \qquad (3.13)$$

где R_a – величина анкерной реакции на единицу длины сооружения;

ℓ_a – расстояние между анкерными тягами.

Усилие P, на которое следует подбирать болт и рассчитывать подкладку под гайку, определяется по указаниям на рис.3.6 в зависимости от расчётной схемы.

Расчёт прочности подкладок (рис.3.6,б) производится аналогично указанному в п.16 приложения 3.

3.13. Шапочную балку рассчитывают на изгибающий момент $M_ш$ от навала судна при подходе к сооружению (п.4 приложения 5) и от ледовых воздействий (п.2 приложения 6).

В набережных из плоского железобетонного шпунта, заанкерованного за верх, прочность шапочной балки следует проверять также

а)

Схема I

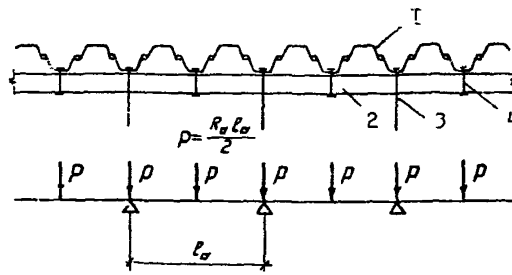
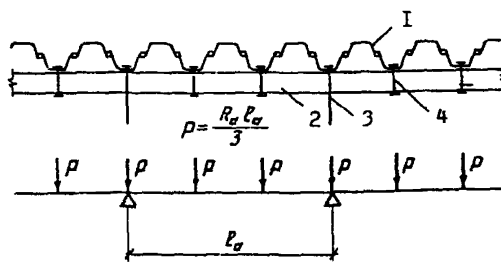


Схема 2



б)

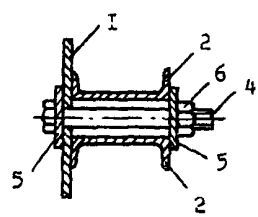


Рис. 3.6. К расчету распределительного пояса и узлов крепления его к стальному шунту

а - схемы к определению усилий в распределительном поясе; б - узел крепления распределительного пояса к стальному шунту; I - стальной шунт; 2 - распределительный пояс; 3 - анкерная тяга; 4 - соединительный болт; 5 - подкладка; 6 - гайка

на действие положительного и отрицательного изгибающих моментов и поперечных сил, определенных по формулам (3.12) и (3.13).

3.14. Расчёты по деформациям производятся в соответствии с указаниями пп.1.19 - 1.21.

Расчёты по деформациям шпунта, анкерных тяг, шапочных балок и распределительных поясов допускается не производить.

Расчёт по деформациям вертикальных анкерных плит производится по п.6 приложения 3 при тех же значениях R_a, что и в расчёте их прочности.

3.15. Расчёты железобетонных элементов по образованию или раскрытию трещин должны производиться в соответствии с указаниями пп.1.23-1.26 и пп.11 и 12 приложения 3.

Расчёты следует вести на усилия, определенные из тех же расчётных условий и теми же способами, что и для расчёта прочности, но нагрузки и характеристики грунтов вычисляются при коэффициентах надёжности, равных единице.

Допускается проверять сечения на усилия, полученные для расчётов прочности и умноженные на коэффициент условий работы $m_4 = 0,7$ для $M_{пр}$ и $M_{защ}$ и $m_4 = 0,85$ для других усилий.

Если при этом не обеспечивается требуемая трещиностойкость или величина раскрытия трещин, то для рассматриваемой расчётной схемы следует выполнить уточнённые расчёты по определению усилий.

3.16. При проектировании одноанкерных шпунтовых набережных следует учитывать общие конструктивные требования раздела I, а также требования к анкерным устройствам, указанные в пп.20-28 приложения 3.

Министерство речного флота	Ведомственные строительные нормы	СН-РФ 54.I-85
	Указания по проектированию причальных набережных (раздел 4)	Введен впервые

Р А З Д Е Л 4

НАБЕРЕЖНЫЕ ШПУНТОВЫЕ ОДНОАНКЕРНЫЕ С НАДСТРОЙКОЙ

4.I. Настоящий раздел Указаний распространяется на проектирование одноанкерных шпунтовых набережных с надстройкой в виде тонких лицевых элементов, опирающихся на шапочную балку шпунта и заанкеренных тягами за вертикальные анкерные плиты.

Примечание. Шпунтовые стены других типов с надстройками проектируются по аналогии с рассматриваемой конструкцией.

4.2. Состав и последовательность расчётов, как правило, соответствует приведенным на рис.4.I.

4.3. Основные сочетания нагрузок и соответствующие расчётные условия принимаются по табл.4.I и 4.2. Расчётные схемы к некоторым сочетаниям нагрузок показаны на рис.4.2.

При наличии особых нагрузок следует рассматривать особые сочетания, включающие, кроме указанных в табл.4.I, одну из особых нагрузок.

4.4. Лицевой элемент надстройки рассчитывают на действие следующих усилий:

а) изгибающего момента $M_{пр}$ в пролетной части, растягивающего лицевую грань;

б) изгибающего момента на консоли, растягивающего тыловую грань (в табл.4.I обозначено $M_к < 0$);

Внесены Государственным институтом проектирования на речном транспорте	Утверждены Министерством речного флота РСФСР 28.0I.86	Срок введения I.06.86

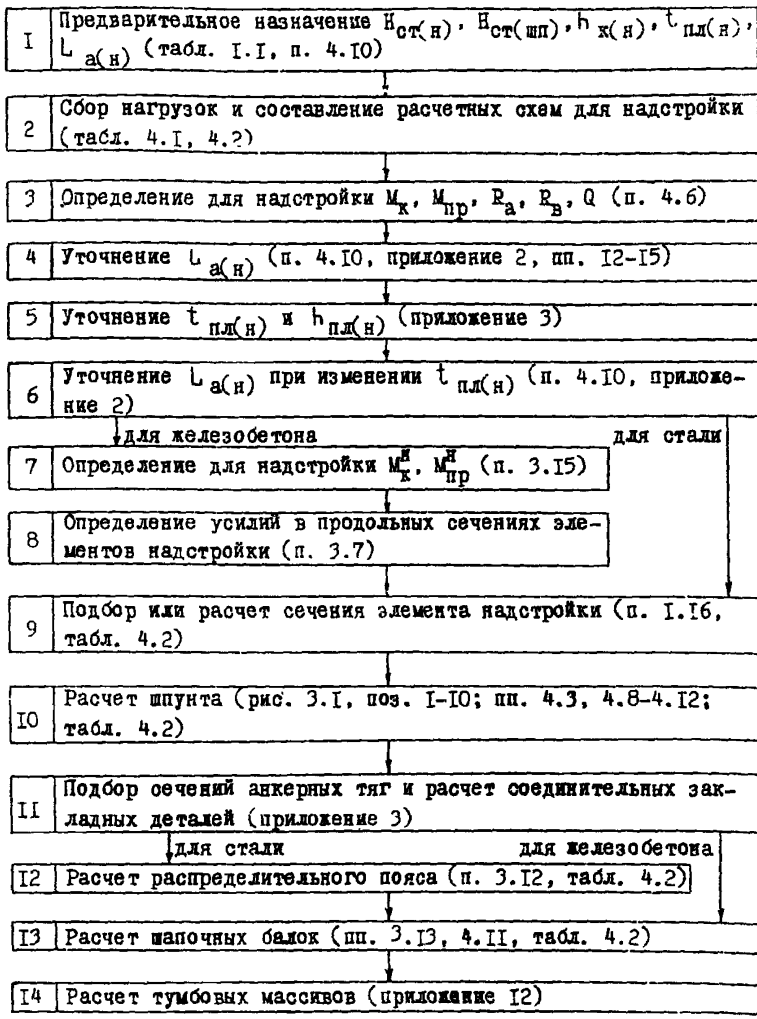


Рис. 4.I. Состав и рекомендуемая последовательность расчетов одноанкерных шпунтовых набережных с надстройкой

Таблица 4.I

Наименование нагрузки	Нагрузки, входящие в основное сочетание № при определении в элементе надстройки									Нагрузки, входящие в основное сочетание № при определении в шпунте										Примечание
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I	2	3	4	5	6	7				
	$M_{пр}$, $R_в$, Q				$M_к<0$, $R_а$, Q	$M_к<0$, Q		$M_к>0$, Q		шп, $M_{пр}$, $M_{защ}$, $M_к<0$, $R_а$, Q				$M_{пр}$, Q, $M_к>0$			$M_{пр}$, Q			
Боковое давление грунта:																				См. пп. I.42-I.44,
а) от собственного веса	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				I.52, I.53, 4.7, 4.9
б) от временных нагрузок	+	+	+	+	+	+	+	–	–	+	+	+	+	+	+	+				
Давление воды:																				
а) фильтрационное	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+				См. приложение 9
б) волновое при подходе ложбины волны	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–				См. СНиП 02.06.04-82; учитывается при высоте волны не менее Iм
Давление льда:																				
а) при навале	–	+[а]	–	–	–	+[а]	–	+[б]	–	–	–	–	+[в]	–	–	–				См. приложение 6; а – на уровне анкерных тяг и выше; б – на уровне верха набережной; в – на уровне анкерных тяг; г – на уровне верха шапочной балки
б) при температурном расширении	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+[г]	–	–				
в) при изгибе примерзшего льда	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+				
От судов:																				
а) при навале	–	–	+[а]	–	–	+[а]	–	+[б]	–	–	–	–	–	–	+[г]	–				См. приложение 5
б) швартовная	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				См. СНиП 02.06.04-82; учитывается при отсутствии анкеровки тумбовых массивов
От надстройки ($R_в$)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+	+				

Таблица 4.2

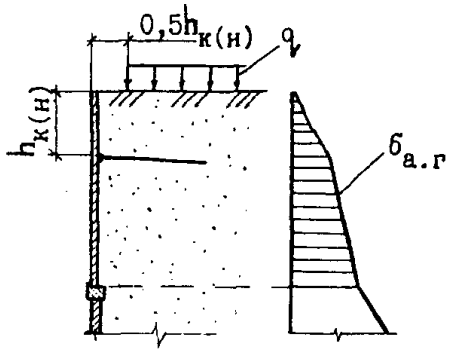
Наименование расчетного условия	Значения при сочетании нагрузок №									
	для элемента надстройки						для шпунта			
	I	2 3	4	5	6 7	8 9	I	2 3	4-6	7
Расстояние от начала эквивалентной нагрузки q до линии кордона	$0{,}5\,h_{к(н)}$			0	0		0			
Коэффициенты условий работы										
m_I	I			≠I	I		≠I			
$m_{2(а)}$	I			I	I	0,7	I			
$m_{2(п)}$	-			-	-		I			
Дополнительный коэффициент условий работы m_g при расчете прочности										
а) стального шпунта на $M_{пр}$	I			I	I		I			
б) в других, не оговоренных специально случаях	I			I	I		I			
Уровень воды	min_1	max	med_1 min_1	min_1	med_2	max	min_1	med_1 min_1	med_2	min_2

Примечание. Уровни воды: min_1 - минимальный; min_2 - наинизший, при котором возможна кратковременная нагрузка; max - наивысший, при котором возможна кратковременная нагрузка; med_1 - ниже уровня анкеровки на высоту волны и фильтрационного напора; med_2 - соответствующий уровню приложения кратковременной нагрузки.

Для надстройки

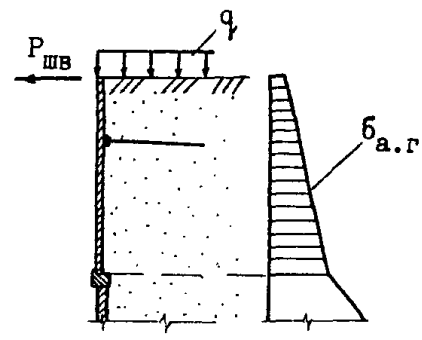
Сочетание I

(для $M_{пр}$, $R_в$, Q)



Сочетание 5

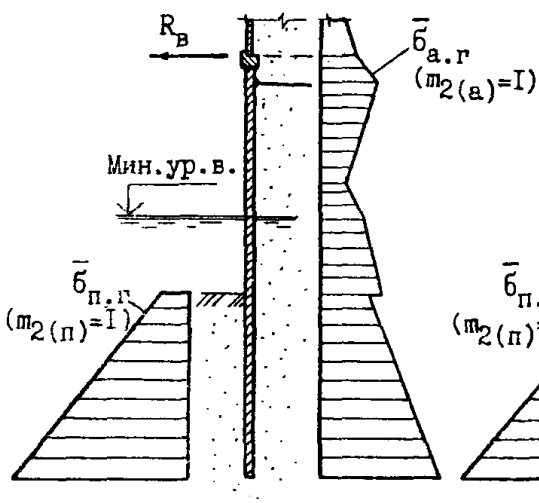
(для $M_к < 0$, $R_а$, Q)



Для шпунта

Сочетание I

(для $t_{шп}$, $M_{пр}$, $M_{защ}$, $M_к < C$, $R_а$, Q)



Сочетание 6

(для $M_{пр}$, $M_к > 0$, Q)

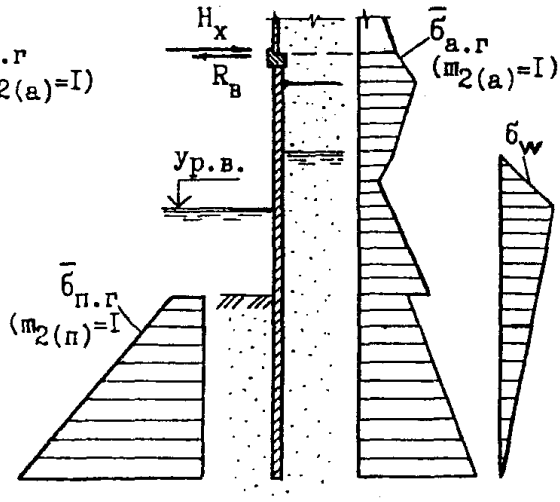


Рис.4.2. Расчетные схемы к некоторым основным сочетаниям нагрузок

в) изгибающего момента на консоли, растягивающего лицевую грань ($M_к > 0$);

г) поперечных сил Q на уровне крепления анкерной тяги и нижней опорной реакции надстройки.

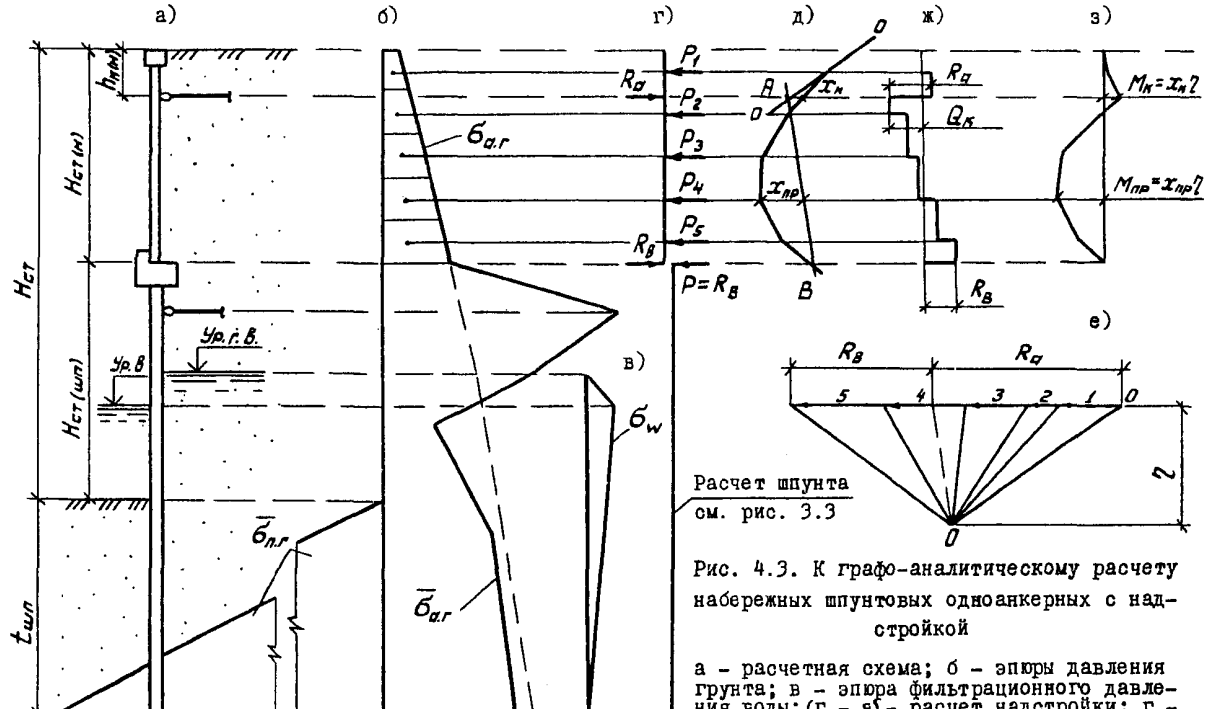
4.5. Полки лицевых железобетонных элементов надстройки рассчитывают по указаниям п.3.7.

4.6. Усилия в поперечных сечениях лицевых элементов надстройки находят аналитически, с помощью ЭВМ или графо-аналитически следующим образом (рис.4.3,а-е).

Строят эпюру горизонтальных составляющих давления грунта и воды. Затем её разбивают на 8-12 полосок, которые заменяют силами, приложенными в центрах тяжести полосок (рис.4.3,б-г). От всех действующих на элемент сил, кроме сил навала льда и судов, строят силовой и веревочный многоугольники, выбирая удобное положение полюса (рис.4.3,д,е). Отрезки веревочной линии между силами P_i и P_{i+1} параллельны лучам, соединяющим полюс 0 с концами сил P_i на силовом многоугольнике. Первый луч веревочного многоугольника, параллельный линии 0-0, доводят до линии крепления анкерной тяги (точка А), а затем проводят замыкающую, соединяя точку А с точкой В веревочного многоугольника на уровне низа элемента.

Изгибающие моменты вычисляют по формулам на рис.4.3,з, где η (полюсное расстояние) принимается в масштабе сил, а ординаты x веревочного многоугольника (условной эпюры изгибающих моментов) - в масштабе длин. Горизонтальную реакцию $R_а$ в месте крепления анкерной тяги получают из силового многоугольника между первым лучом и лучом, параллельным замыкающей веревочного многоугольника АВ. Нижняя опорная реакция $R_в$ определяется из силового многоугольника между последним лучом и лучом, параллельным замыкающей.

В тех случаях, когда в расчётное сочетание входят нагрузки от льда или навала судна, следует к полученным указанным способом



Расчет шпунта см. рис. 3.3

Рис. 4.3. К графо-аналитическому расчету набережных шпунтовых одноанкерных с надстройкой

а - расчетная схема; б - эпюры давления грунта; в - эпюра фильтрационного давления воды; (г - з) - расчет надстройки: г - система сил, действующих на лицевой элемент, д - веревочный многоугольник, е - силовой многоугольник, ж - эпюра поперечных сил, з - эпюра изгибающих моментов

изгибающим моментам от постоянных и длительных временных нагрузок прибавить изгибающие моменты, определенные соответственно по приложениям 5 и 6. При этом под высотой стены следует понимать $H_{ст(н)}$.

4.7. Боковое давление грунта $б_{а.г}$ при расчёте лицевых элементов надстройки определяется по приложению 8 и умножается на коэффициенты условий работы m_I и $m_{2(а)}$ из табл.4.2.

Для расчётного сочетания нагрузок 5 коэффициент m_I вычисляется по формулам (3.4)-(3.6) при $H=H_{ст(н)}$ и с заменой $H_{ст}$ на $H_{ст(н)}$, однако допускается принимать $m_I=I$, но полученные расчётом $M_к$ и $R_а$ умножать на дополнительный коэффициент условий работы $m_д$, соответственно равный I,3 и I,6.

4.8. Заглубление шпунта $t_{шп}$ должно быть не меньше определенного по п.3.8 при сочетании нагрузок I-3 по табл.4.I, а также требуемого из расчёта общей устойчивости. При этом минимальная глубина погружения шпунта $t_{шп}$ должна быть, как правило, не меньше $0.3\ H_{ст}$.

4.9. При расчёте шпунта следует пользоваться указаниями пп. 3.6-3.II. При этом эпюру давления грунта $б_{а.г}$ допускается определять без учёта влияния анкерной реакции надстройки $R_{а(н)}$ на усилия в шпунте. Допускается выполнять расчёты шпунта, прикладывая к шапочной балке шпунта только величину нижней опорной реакции надстройки $R_в$, полученную при сочетании нагрузок 5, а эквивалентную нагрузку q на территории располагать непосредственно от линии кордона.

Примечание. При использовании рекомендаций приложений 5 и 6 в высоту стены не следует включать высоту надстройки.

4.I0. Расстояние $L_{а(н)}$ от лицевого элемента до анкерной плиты надстройки (см.рис.4.4) должно быть не менее I 3 $H_{ст(н)}$ и не менее требуемого для обеспечения общей устойчивости надстройки с учётом силы сопротивления упора шапочной балки шпунта. Эта сила

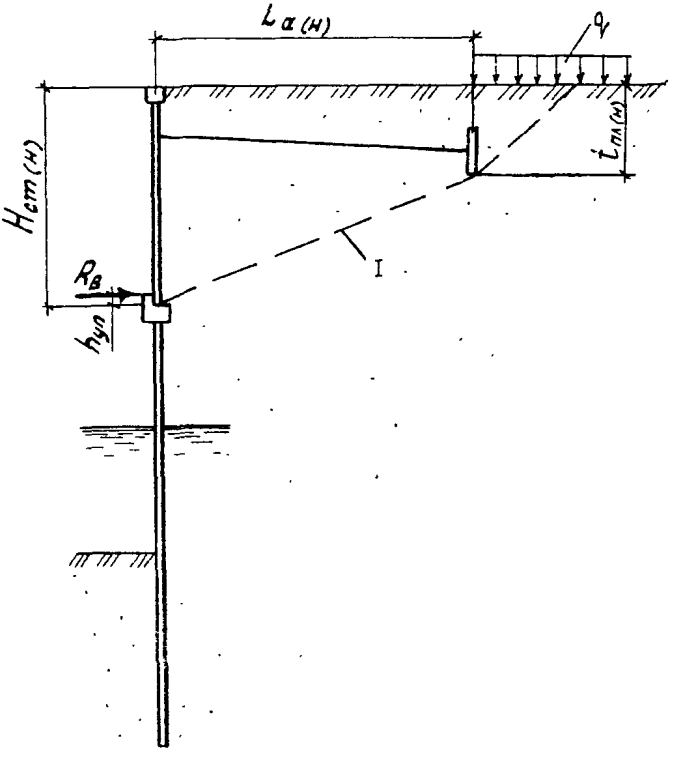


Рис.4.4. К определению расстояния до анкерной плиты надстройки $L_{\alpha(н)}$ и высоты упора $h_{уп}$

I- поверхность скольжения при определении $L_{\alpha(н)}$

принимается равной нижней опорной реакции $R_в$, определяемой при сочетании нагрузок 5 или 6, дающем максимальное значение анкерной реакции $R_{а(н)}$ надстройки.

Минимальное расстояние $L_а$ от шпунта до анкерной плиты шпунта определяется по п.3.5.

4.II. Упорный зуб шапочной балки шпунта рассчитывают на действие максимальной опорной реакции надстройки $R_в$ и изгибающего момента $M_{уп} = R_в \cdot h_{уп}$, где $h_{уп}$ - высота упорного зуба см.рис. 4.4, принимаемая равной 0,I5-0,25 м.

4.I2. Расчёт по деформациям вертикальных анкерных плит производится по указаниям п.6 приложения 3 при тех же значениях анкерных реакций, что и для расчёта прочности.

Расчёты по деформациям шпунта, лицевых элементов надстройки, шапочных балок, распределительных поясов и анкерных тяг допускается не производить.

4.I3. При проектировании следует учитывать общие конструктивные требования раздела I , требования к анкерным устройствам, указанные в пп.20-28 приложения 3, а также следующее:

I) При небольшой высоте надстройки, а также при строительстве в особо суровых природно-климатических условиях рекомендуются плоские лицевые элементы из железобетона толщиной 0,2-0,3 м.

2) Горизонтальный шов между надстройкой и шапочной балкой шпунта должен быть закрыт обратным фильтром по всей длине набережной. При водонепроницаемой конструкции перекрытия швов между элементами надстройки нижнюю часть швов, перекрываемую горизонтальным фильтром, рекомендуется не заделывать.

3) Температурно-осадочные швы в шапочных балках шпунта и надстройки следует располагать в одних и тех же сечениях набережной.

Министерство речного флота	Ведомственные строительные нормы	СН-РФ 54.I-85
	Указания по проектированию причальных набережных (раздел 5)	Взамен раздела УI СН-РФ 54.I-68

Р А З Д Е Л 5

НАБЕРЕЖНЫЕ ШПУНТОВЫЕ, ЗААНКЕРЕННЫЕ НАКЛОННЫМИ СВАЯМИ

5.I. Настоящий раздел Указаний распространяется на проектирование набережных из шпунта, заанкеренного наклонными сваями (рис. 5.I,а,б) с уклоном свай от 3:I до 2,5:I ($\varepsilon = I8 \div 22^{o}$) при

$$\zeta = \frac{E_{шп}\ I_{шт}}{E_{св}\ I_{св}} \leqslant I0 \ ,$$

где $E_{шп}$ и $E_{св}$ – модули упругости материала шпунта и свай;

$I_{шт}$ и $I_{св}$ – моменты инерции сечений шпунта (на ширину, равную шагу свай) и свай.

5.2. Состав и последовательность расчетов, как правило, соответствует приведенным на рис. 5.2.

5.3. При определении усилий в шпунте и сваях, а также их заглубления основные сочетания нагрузок должны включать боковое давление грунта с учетом временных вертикальных и горизонтальных нагрузок на территории, определяемое по пп. 5.I0; 5.II, фильтрационное давление воды, действующее на шпунт и определяемое по приложению 9, вертикальную нагрузку от веса ригеля, грунта и временной нагрузки над ригелем, а также одну из следующих кратковременных нагру-

Внесены Государственным институтом проектирования на речном транспорте	Утверждены Министерством речного флота РСФСР 28.0I.86	Срок введения I.06.86

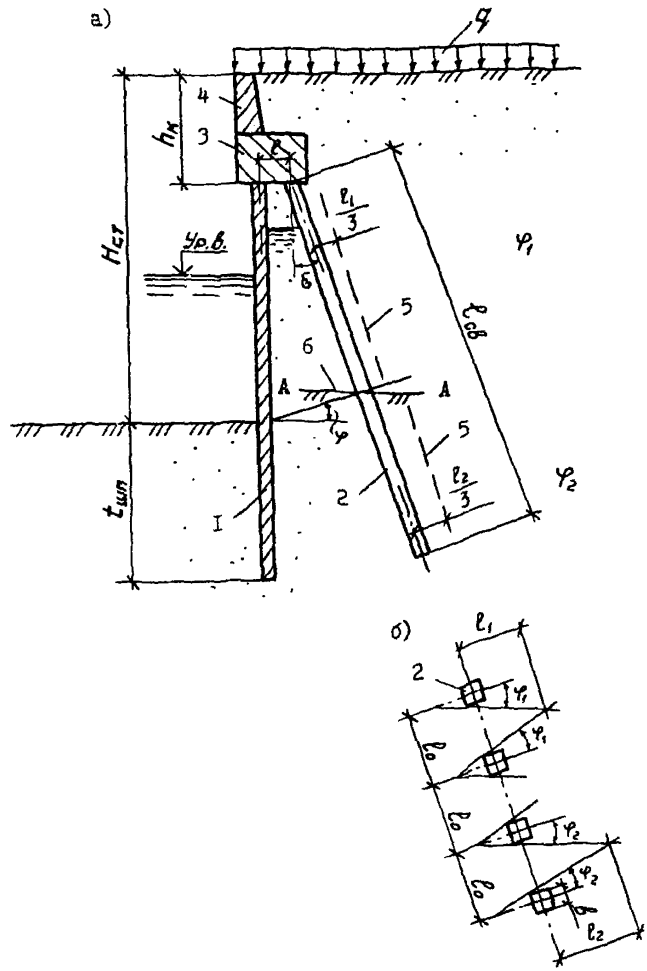


Рис. 5.I. К расчету шпунтовой набережной, заанкеренной наклонными сваями

а - расчетная схема; б - схема к определению положения экранирующей плоскости по сваям; I - шпунт; 2 - сваи; 3 - ригель; 4 - стенка верхнего строения; 5 - экранирующие плоскости; 6 - условная поверхность для определения пассивного давления грунта на сваи

I	Назначение предварительных размеров сечения шпунта и свай, шага свай, $h_к$, ℓ, $t_{шп}$ (табл. I.I, п. 5.5)
2	Сбор нагрузок и составление расчетных схем (п. 5.9)
3	Определение давления грунта на свайный ряд (п. 5.IO) и шпунт (п. 5.II)
4	Определение равнодействующей горизонтальных сил $P_к$, действующих на верхнее строение и ригель, и момента $M_к$ этих сил (формулы 5.4 и 5.5, п. 5.6)
5	Определение реакций $R_{шп}$ и $R_{св}$ и изгибающих моментов M в шпунте и сваях от внешних нагрузок (п. 5.7)
6	Расчет рамной системы: определение перемещения U (п. 5.6) и изгибающих моментов M_A, M_B, M_C, M_D в местах заделок стоек от полного смещения (п. 5.8)
7	Определение суммарных изгибающих моментов ΣM, продольных N и поперечных Q сил в шпунте и сваях (п. 5.8)
8	Определение заглубления $t_{шп}$ и $t_{св}$ (п. 5.4)
9	Проверка общей устойчивости и уточнение $t_{шп}$ и $t_{св}$ (приложение 2)
IO	Определение $M^н$, $Q^н$, $N^н$ (п. 3.I5)
II	Подбор сечения шпунта и свай (п. 5.5)
I2	Расчет и конструирование стенки верхнего строения (п. 5.I2) и ригеля (п. 5.I3)

Рис. 5.2. Состав и последовательность расчетов шпунтовых набережных, заанкеренных наклонными сваями

зок:

волновое давление при подходе ложбины волны, (только при высоте волны больше I м), определяемое по главе СНиП 02.06.04-82;

нагрузку от навала судна при подходе его к сооружению, если возможен навал в пределах ригеля (при возможности навала ниже ригеля следует устраивать пониженный козырек);

нагрузку от навала льда в пределах ригеля;

нагрузку от примерзшего ледяного покрова при изменении уровня воды (учитываемую только в особо суровых природно-климатических условиях при специальном обосновании);

от натяжения швартовов (только при отсутствии анкеровки тумбовых массивов).

Временная нагрузка на территории должна располагаться непосредственно от линии кордона.

При отсутствии кратковременных нагрузок уровень воды в акватории принимается наинизшим, а при их наличии - на отметках, при которых возможно их действие.

При наличии особых нагрузок сечения элементов должны быть проверены на особое сочетание нагрузок в соответствии с указаниями п. I.36.

5.4. Заглубление шпунта $t_{шп}$ и свай $t_{св}$ должно быть не меньше определенного по п. 5.7, исходя из полного их защемления в грунте при расчетных условиях по п. 5.3, но принимается не менее требуемого из расчета общей устойчивости, а также несущей способности основания шпунта и свай, определяемой по СНиП II-I7-77.

5.5. Шпунт и сваи рассчитывают: I) на совместное действие изгибающих моментов от внешних сил (п. 5.7), изгибающих моментов от полного смещения конструкции (п. 5.8) и продольных сил (п. 5.9), растягивающих для свай и сжимающих для шпунта; 2) на действие по-

перечных сил (п. 5.9).

При расчете прочности сечений дополнительный коэффициент условий работы m_g принимается равным: для шунта - I, для свай - 0,9.

5.6. Усилия в поперечных сечениях шунта и свай определяют как для гибких защемленных в грунте стоек плоской рамной системы с абсолютно жестким ригелем, работающей совместно с грунтом, заключенным между шунтом и сваями.

Ширину ригеля принимают в пределах I,2-I,6 м, высоту I,0-I,4 м, расчетную длину ℓ - равной расстоянию между осями шунта и сваи на уровне низа ригеля.

Расчет рамной системы выполняют методом перемещений (рис. 5.3, а-г). Для этого в точке пересечения низа ригеля со свайным рядом (рис. 5.3,а) устанавливается условная связь, перпендикулярная сваям, препятствующая линейным перемещениям узла. Исходя из того, что фактически усилие в условной связи отсутствует, перемещение U узла по направлению связи определяется по формуле

$$U = -\frac{r_p}{r}, \qquad (5.I)$$

где r_p и r - реакция в линейной связи соответственно от единичного смещения и от внешних сил, определяемая по формулам:

$$r_p = R_{св} + (R_{шп} + P_к)\cos\varepsilon + (6_\delta - \frac{M_к}{\ell})\sin\varepsilon; \qquad (5.2)$$

$$r = 6\left(\frac{2i_2}{\ell_{св}^2} + \frac{i_2}{\ell_{св}} \cdot \frac{\sin\varepsilon}{\ell} + \frac{2i_1}{\ell_{шп}^2} \cdot \cos^2\varepsilon + \right.$$

$$\left. + \frac{i_1}{2\ell_{шп}} \cdot \frac{\sin 2\varepsilon}{\ell}\right) + \frac{M'_в + M'_с}{\ell} \cdot \sin\varepsilon; \qquad (5.3)$$

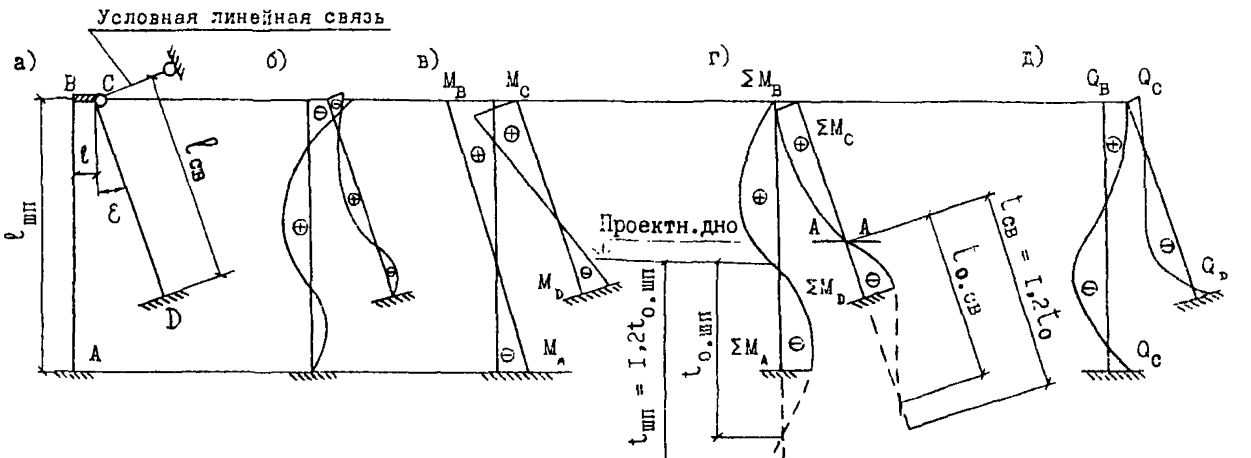


Рис. 5.3. К определению расчетных изгибающих моментов и поперечных сил в шпунте и сваях на I п.м. набережной

а – расчетная схема рамы; б – эпюры изгибающих моментов от внешних сил; в – эпюры изгибающих моментов от смещения рамы U ; г – эпюры суммарных изгибающих моментов; д – эпюры поперечных сил Q

$R_{св}$ и $R_{шп}$ - соответственно анкерные реакции свай и шпунта (поперечные силы на уровне низа ригеля) от внешних нагрузок, определяемые по п. 5.7;

$P_к$ - равнодействующая горизонтальных сил, действующих на верхнее строение и ригель, как правило, равная сумме горизонтальной составляющей активного давления $E_{а.г}$ (с учётом вертикальных и горизонтальных нагрузок на территории), действующей на расчётную поверхность ВД (рис. 5.4), и швартовной нагрузки $P_{шв}$, приходящейся на расчетную длину стенки

$$P_к = E_{а.г} + P_{шв} ; \qquad (5.4)$$

G_δ - вертикальная нагрузка, приходящаяся на свайный ряд (см. рис. 5.4)

$$G_\delta = \frac{G_1 x_1 + G_2 x_2 + G_3 x_3 + E_{а.в} x_4}{\ell} \qquad (5.5)$$

G_1 и G_2 - соответственно вес стенки верхнего строения и ригеля ;

G_3 - вес грунта в объёме АВДС и временной нагрузки на поверхности АВ;

$E_{а.в}$ - вертикальная составляющая давления грунта на расчётную поверхность ВД с учетом временных нагрузок на территории;

$M_к$ - момент силы $P_к$ относительно низа ригеля: вычисляется, как правило, по формуле (см. рис. 5.4)

$$M_к = E_{а.г} y_1 + P_{шв} y_2 ; \qquad (5.6)$$

i - приведённая жесткость соответственно шпунта и сваи

$$i_1 = \frac{E_{шп} I_{шп}}{\ell_{шп}} ; \qquad (5.7)$$

$$i_2 = \frac{E_{св} I_{св}}{\ell_{св}} ; \qquad (5.8)$$

$\ell_{шп}$ и $\ell_{св}$ - длины стоек рамной системы, определяемые по п. 5.7;

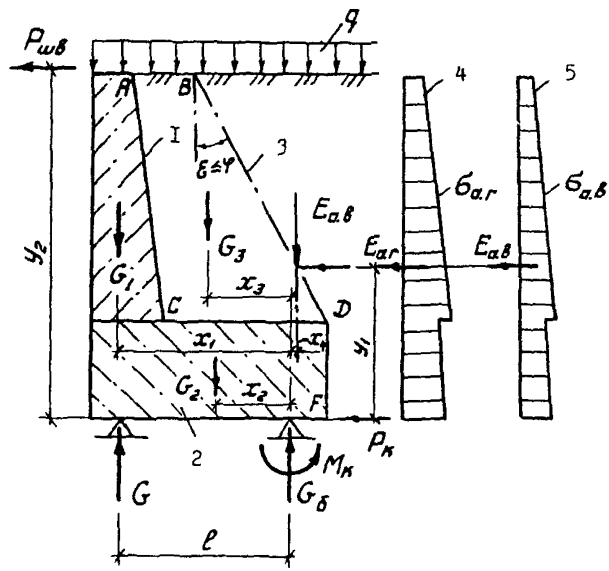


Рис. 5.4. Расчетная схема к определению $G_б$, $P_к$, $M_к$

I - стенка верхнего строения; 2 - ригель; 3 - расчетная поверхность в грунте; 4 - эпюра горизонтальных составляющих интенсивности активного давления грунта на расчетную поверхность BDF; 5 - то же, вертикальных составляющих

M'_B и M'_C – соответственно изгибающие моменты в узлах рамы B и C (рис. 5.3,а) от единичного смещения по направлению связи, определяемые по п. 5.8.

5.7. Реакции $R_{шп}$ и $R_{св}$ и изгибающие моменты M в шпунте и сваях от внешних нагрузок определяют из расчета стоек рамы как балок с защемленными концами.

Расчет производят аналитически или графо-аналитически (рис. 5.5, а-г; 5.6, а-г), аналогично расчету шпунта (см., например, п. 3.8). Заданные условия заделки стоек рамы обеспечиваются при проведении замыкающих веревочных многоугольников таким образом, чтобы были равны площади отрицательных и положительных частей эпюр.

Правильность проведения замыкающих проверяется построением упругих осей шпунта и сваи, для чего эпюры изгибающих моментов принимают за фиктивные нагрузки, по которым строится эпюра фиктивных изгибающих моментов для стоек длиной соответственно $\ell_{шп}$ и $\ell_{св}$, имеющих свободные от опор концы (рис. 5.5, д-ж; 5.6, д-ж). Последний луч упругой оси должен совпадать с первым.

5.8. Изгибающие моменты в местах заделок стоек от полного смещения U рамной системы (см. рис. 5.3, в) определяют по формулам:

$$M_A = M'_A \cdot U;\ M_B = M'_B \cdot U;\ M_C = M'_C \cdot U;\ M_D = M'_D \cdot U, \qquad (5.9)$$

где M'_A, M'_B, M'_C, M'_D – опорные моменты от единичного смещения системы, определяются по формулам:

$$\left.\begin{aligned} M'_A &= -6i_1\cdot\left(\frac{\cos\varepsilon}{\ell_{шп}} + \frac{I}{3}\cdot\frac{\sin\varepsilon}{\ell}\right);\\ M'_B &= -6i_1\left(\frac{\cos\varepsilon}{\ell_{шп}} + \frac{2}{3}\cdot\frac{\sin\varepsilon}{\ell}\right);\\ M'_C &= -6i_2\left(\frac{I}{\ell_{св}} + \frac{2}{3}\cdot\frac{\sin\varepsilon}{\ell}\right);\\ M'_D &= -6i_2\left(\frac{I}{\ell_{св}} + \frac{I}{3}\cdot\frac{\sin\varepsilon}{\ell}\right). \end{aligned}\right\} \qquad (5.10)$$

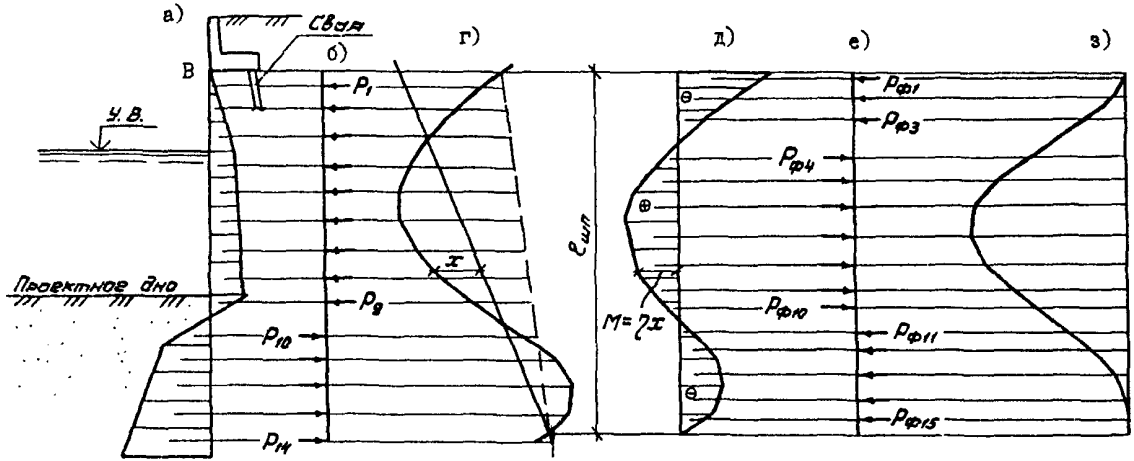
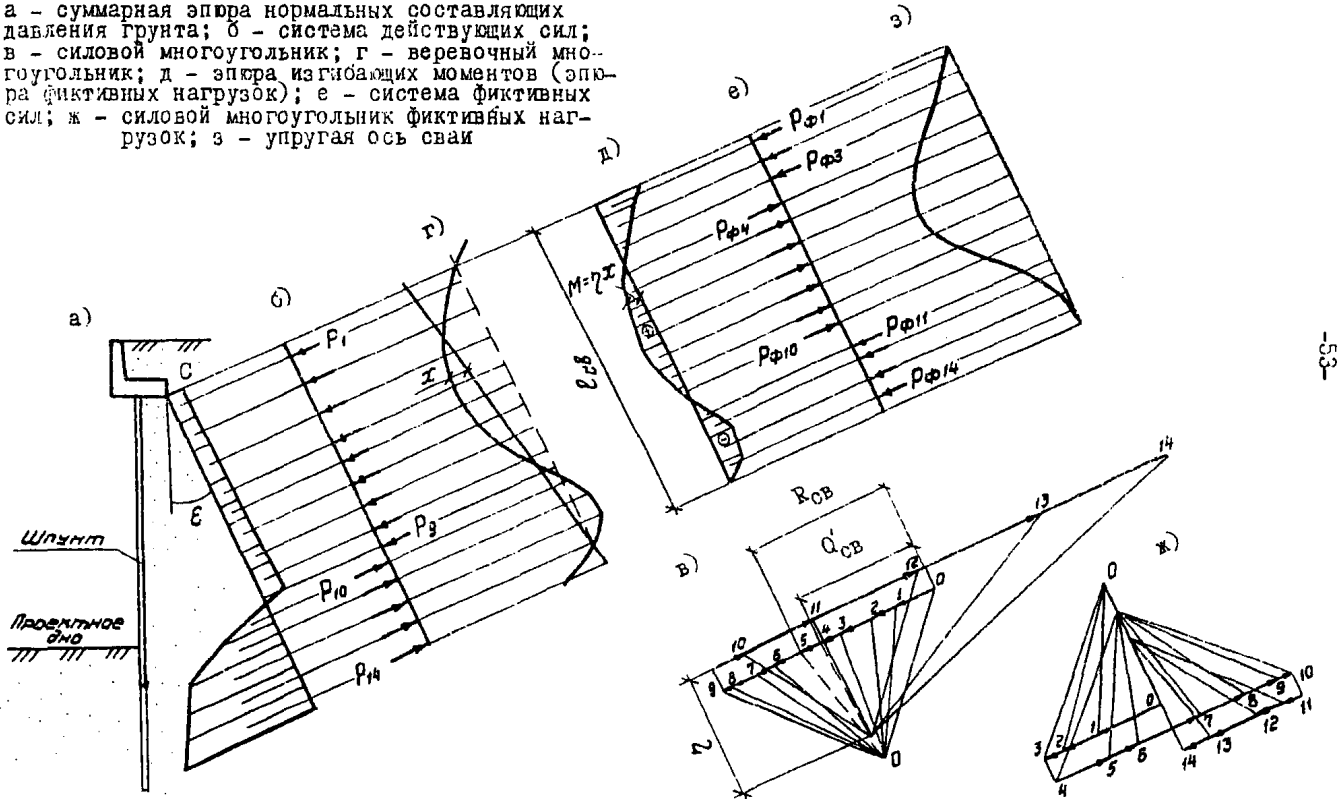


Рис. 5.5. К определению изгибающих моментов в шпунте от внешних нагрузок

а - суммарная эпюра давления грунта и воды; б - система действующих сил; в - силовой многоугольник; г - веревочный многоугольник; д - эпюра изгибающих моментов (эпюра фиктивных нагрузок); е - система фиктивных сил; ж - силовой многоугольник фиктивных нагрузок; з - упругая ось шпунта

Рис. 5.6. К определению изгибающих моментов в сваях от внешних нагрузок

а - суммарная эпюра нормальных составляющих давления грунта; б - система действующих сил; в - силовой многоугольник; г - веревочный многоугольник; д - эпюра изгибающих моментов (эпюра фиктивных нагрузок); е - система фиктивных сил; ж - силовой многоугольник фиктивных нагрузок; з - упругая ось сваи



5.9. Расчетные поперечные $Q_{шп}$ и $Q_{св}$ и продольные $N_{шп}$ и $N_{св}$ силы в шпунте и сваях определяют по формулам:

$$\left.\begin{aligned} Q_{шп} &= Q'_{шп} + \frac{\sum M_a - \sum M_B}{\ell_{шп}} \quad ; \\ Q_{св.} &= Q'_{св} + \frac{\sum M_D - \sum M_C}{\ell_{св}} \quad ; \end{aligned}\right\} \quad (5.11)$$

$$\left.\begin{aligned} N_{св} &= \left(Q_{шп} + Q_{св} \cdot \cos\varepsilon + P_к\right)' \frac{\beta}{\sin\varepsilon} \quad ; \\ N_{шп} &= N_{св} \frac{\cos\varepsilon}{\beta} + Q_{св} \cdot \sin\varepsilon + G_\delta \quad , \end{aligned}\right\} \quad (5.12)$$

где $Q'_{шп}$ и $Q'_{св}$ – поперечные силы в шпунте и свае от внешней нагрузки, определяемые как для балки длиной соответственно $\ell_{шп}$ и $\ell_{св}$, опертой по концам; для узлов B и C они могут быть определены графо-аналитически проведением замыкающей веревочных многоугольников через точки B и C (рис. 5.5,б; 5.6,б);

$\sum M_a, \sum M_B, \sum M_C, \sum M_D$ – суммарные изгибающие моменты от внешних нагрузок и полного смещения конструкции, принимаемые по рис. 5.3,г;

остальные обозначения те же, что в п. 5.6.

5.10. Горизонтальные составляющие интенсивности давления грунта на шпунт со стороны засыпки $\sigma_{а.г\,(шп)}$ определяют по формуле

$$\sigma_{а.г(шп)} = \sigma_{а.г\,I} + \frac{\xi\,(\sigma_{а.г} - \sigma_{а.г\,I})}{1 + \xi} \quad . \qquad (5.13)$$

Нормальные составляющие интенсивности давления грунта на сваи вычисляют по формуле

$$\sigma_{а.н(св)} = \sigma_{а.г(св)} \cdot \frac{\cos\varepsilon \cdot \cos\delta}{(1+\zeta)\cos(\varepsilon+\delta)} , \qquad (5.14)$$

В формулах (5.13) и (5.14)

$\sigma_{а.г_I}$ - горизонтальная составляющая интенсивности активного давления грунта, заключенного между шунтом и экранирующей плоскостью свайного ряда (см. рис. 5.1), определяемая по приложению 8, пп. 6 и 7;

$\sigma_{а.г}$ - горизонтальная составляющая активного давления грунта на шунт, определяемая без учета экранирования по приложению 8, пп. 3 и 7;

$\sigma_{а.г(св)}$ - то же, на сваи (приложение 8, п. 10);

ζ - отношение жесткостей шунта и свай (см. п. 5.1).

5.11. Горизонтальные составляющие интенсивности давления грунта со стороны отпора для шунта определяют по п. 3.10.

Нормальные составляющие пассивного давления грунта на наклонный свайный ряд вычисляют только ниже условной плоскости А-А без учета пригрузки от вышележащего грунта (рис. 5.1,а и 5.6,а) по формуле

$$\sigma_{п.н} = \sigma_{п.г.о} \frac{\cos\delta \cdot \cos\varepsilon}{\cos(\varepsilon+\delta)} , \qquad (5.15)$$

где $\sigma_{п.г.о}$ - горизонтальная составляющая интенсивности пассивного давления грунта на отдельно стоящую опору, определяемая по приложению 8, п. 13.

5.12. Стенку верхнего строения рассчитывают на те же усилия и при тех же расчетных условиях, что и консольную часть одноанкерных

шпунтовых стен (п.3.6,б табл. 3.I), но при определении давления грунта принимают $m_1 = I$.

5.I3. Ригель рассчитывают на горизонтальные нагрузки строительного периода, как балку на упругом основании. Длина балки принимается равной длине секции набережной. Коэффициент постели упругого основания, роль которого играет шпунт и сваи, допускается принимать равным 6 МН/м^3 (600 тс/м^3).

Нагрузка распределяется вдоль ригеля по треугольному или трапецоидальному закону с максимальной ординатой

$$q_r = \frac{N_{св} \cdot \sin \varepsilon}{l_0} ; \qquad (5.I6)$$

где $N_{св}$ – осевое усилие в свайном ряду, вычисляемое по формуле (5.I2).

Расположение нагрузки находят подбором, с тем чтобы в результате получить наибольшее значение изгибающего момента.

5.I4. При проектировании шпунтовых набережных, заанкеренных наклонными сваями, следует учитывать общие конструктивные требования раздела I.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
Раздел 2. НАБЕРЕЖНЫЕ ШПУНТОВЫЕ БЕЗАНКЕРНЫЕ	3
Раздел 3. НАБЕРЕЖНЫЕ ШПУНТОВЫЕ ОДНОАНКЕРНЫЕ	I7
Раздел 4. НАБЕРЕЖНЫЕ ШПУНТОВЫЕ ОДНОАНКЕРНЫЕ С НАДСТРОЙКОЙ	33
Раздел 5. НАБЕРЕЖНЫЕ ШПУНТОВЫЕ, ЗААНКЕРЕННЫЕ НАКЛОННЫМИ СВАЯМИ	43

gost.e-ecolog.ru