

РСФСР  
МИНИСТЕРСТВО РЕЧНОГО ФЛОТА

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ  
"ГИПРОРЕЧТРАНС"

УКАЗАНИЯ  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРИЧАЛЬНЫХ НАБЕРЕЖНЫХ  
СН-РФ 54.1-85

КНИГА 4

ДОПОЛНЕНИЕ № 1

РАСЧЁТ АНКЕРНЫХ ТЯГ В ОСОБЫХ СЛУЧАЯХ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, СТЕРЕОТИПНОЕ

МОСКВА-1987

РСФСР  
МИНИСТЕРСТВО РЕЧНОГО ФЛОТА  
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ  
"ГИПРОРЕЧТРАНС"

*Утверждены Министерством речного флота РСФСР  
6 февраля 1985г.*

УКАЗАНИЯ  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРИЧАЛЬНЫХ НАБЕРЕЖНЫХ  
СН-РФ 54.1-85

КНИГА 4

ДОПОЛНЕНИЕ № 1

РАСЧЁТ АНКЕРНЫХ ТЯГ В ОСОБЫХ СЛУЧАЯХ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, СТЕРЕОТИПНОЕ

МОСКВА-1987

Настоящий том включает дополнение № I к разделу I СН-РФ 54.1-85 (к приложению 3 "Расчет и конструирование анкерных устройств").

Дополнение разработано отделом научных исследований и экспериментального проектирования Гипроречтранс (ответственные исполнители к.т.н. В.Э.Дарвокий, инж.В.А.Боиновский и М.А.Орлова) на основании исследований, выполненных в 1975-80 г.г. Настоящая редакция составлена М.А.Орловой в 1981 г.

При издании в 1987 г. исправлены осылки на нормативные документы и внесены незначительные редакционные уточнения. Система буквенных обозначений принята той же, что и в ранее выпущенных разделах I+7, и не приведена в соответствие с использованной во вновь выпускаемых главах СНиП.

Министерство речного флота	Ведомственные строительные НОДМБ	СН-РФ 54.1-85
	Указания по проектированию причалных набережных (дополнение № I)	Вводится впервые

## РАСЧЕТ АНКЕРНЫХ ТЯГ В ОСОБЫХ СЛУЧАЯХ

### Общие положения.

Г. В соответствии с указаниями настоящего дополнения производятся расчёты стальных и железобетонных анкерных тяг с учётом:

- осадки грунта под тягой;
- строительного подъёма или провиса тяги;
- различных способов закрепления концов тяги;
- пружинных или резных компенсаторов;
- промежуточных не смещаемых по высоте опор;
- изменения температуры тяги после засыпки её грунтом;
- смещения концов тяги.

Примечание. Расчёт стальных анкерных тяг круглого и прямоугольного сечений с учетом перечисленных факторов может быть выполнен на ЭВМ "Наирн-3" по программе РАПИТ -81, разработанной Гипроречтрансом (и на ЭВМ ЕС 1035 по программе РАПИТ, являющейся составной частью I очереди САПР "Гидротехника").

2. Расчёт анкерных тяг должен включать:

- определений усилий;
- расчёт прочности;
- расчет по раскрытию трещин для железобетонных анкерных тяг;
- расчёт компенсаторов.

Внесены Государственным институтом проектирования на речном транспорте	Утверждены Министерством речного флота РСФСР 6 февраля 1985 г.	Срок введения 06.02.85 г.
---	---	---------------------------------

Усилия в анкерной тяге определяются в соответствии с указаниями п.3, расчет прочности выполняется по указаниям пп.10 и 11. Расчет железобетонных тяг по раскрытию трещин производится в соответствии с требованиями СНиП П-56-77 "Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений", при этом усилия в тяге определяются согласно указаниям п.3 при нагрузках и характеристиках грунтов, вычисленных соответственно с коэффициентами надежности по нагрузке и грунту, равными единице. Расчет компенсаторов следует выполнять согласно указаниям пп.12 и 13.

Определение усилий в анкерных тягах (рис.1)

3. В анкерных тягах определяются следующие усилия:

максимальная растягивающая сила  $T_{\text{макс}}$  ;

максимальный изгибающий момент  $M_{\text{макс}}$  от зависания грунта на тяге при осадке нижележащего грунта;

растягивающая сила  $T$  в сечениях с максимальным изгибающим моментом.

Значения усилий вычисляются по формулам:

при шарнирном закреплении концов тяги (рис. 1,а)

$$T_{\text{макс}} = m_k \sqrt{H^2 + R_{\text{вн}}^2 + 2HR_{\text{вн}} S_{\text{лп}}' d} ; \quad (1)$$

$$M_{\text{макс}} = \frac{\gamma l^2}{8} \beta_1 ; \quad (2)$$

$$T = m_k H ; \quad (3)$$

при жестком закреплении (защемлении) концов тяги (рис. 1,б)

$$T_{\text{макс}} = m_k H ; \quad (4)$$

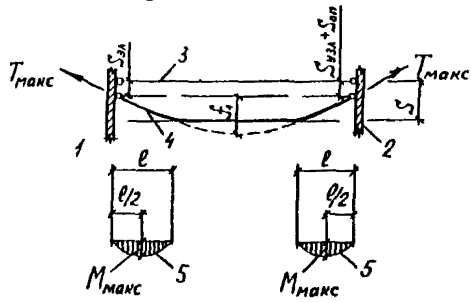
$$M_{\text{макс}} = \frac{\gamma l^2}{8} \beta_2 ; \quad (5)$$

$$T = T_{\text{макс}} ; \quad (6)$$

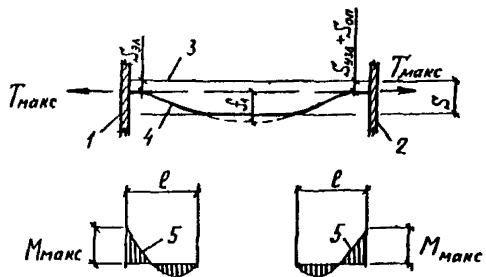
при шарнирном закреплении одного конца тяги и жестком закреплении другого (рис. 1,в)

$T_{\text{макс}}$  - по формуле (1),

a)



б)



в)

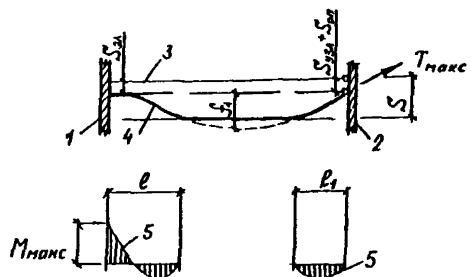


Рис. 1. Расчетные схемы к определению усилий в анкерной тяге

[ при  $\alpha = 0$ ,  $S_n = 0$ ,  $S_{ан} = S_{взл} + S_{оп}$  и  $L = L_1$  ]

а- схема при шарнирном закреплении концов анкерных тяг ; б- то же, при заделке ; в- то же, при заделке одного конца тяги и шарнирном закреплении другого ; 1- лицевой элемент набережной ; 2- анкерная плита ; 3- положение анкерной тяги до осадки грунта под ней ; 4- то же, после осадки грунта ; 5- эпюра изгибающих моментов

$M_{\max}$  - по формуле (5),

$T$  - по формуле (6).

В формулах (1) - (6):

$m_n$  - коэффициент условий работы, принимаемый при наличии срезных компенсаторов равным 0,9, а в остальных случаях - 1;

$N$  - растягивающая сила в середине длины анкерной тяги (распор), определяемая в соответствии с указаниями п.4;

$R_{оп}$  - опорная реакция от зависания грунта на тяге, определяемая по формуле

$$R_{оп} = \frac{q l}{2} \beta_{оп} i \quad (7)$$

$q$  - равномерно распределенная нагрузка от зависания грунта на анкерной тяге, определяемая согласно указаниям п.5; при  $N > T_a$  значение  $q$  то же, что и при определении величины  $N$ ; при  $N = T_a$  значение  $q$  вычисляется при коэффициенте  $\eta$ , определенном по указаниям п.8;

$T_a$  - растягивающее усилие в анкерной тяге, определяемое из расчёта лицевого элемента набережной по формуле (8);

$\beta_{оп}, \beta_1, \beta_2$  - коэффициенты, определяемые по указаниям п.9;

$l$  - горизонтальная проекция длины анкерной тяги; при наличии под анкерной тягой промежуточных неомещаемых по высоте опор следует принимать  $l = l_1$ ;

$l_1$  - расстояние между промежуточными опорами;

$\alpha$  - угол наклона анкерной тяги к горизонтали.

4. Растягивающую силу  $N$  в середине длины анкерной тяги (распор) определяют путём последовательных приближений следующим образом:

а) вычисляют растягивающее усилие  $T_a$  в анкерной тяге по формуле

$$T_a = \frac{R_a \cdot l_a}{\cos \alpha} + \Delta T_1 \quad (8)$$

где  $R_a$  - максимальная горизонтальная реакция в месте крепления анкерной тяги к лицевому элементу (на единицу длины сооружения), определяемая в соответствии с указаниями по расчёту отдельных видов причальных набережных;

$l_a$  - расстояние между анкерными тягами;

$\alpha$  - угол наклона анкерной тяги к горизонтали;

$\Delta T_T$  - растягивающая сила, вызванная изменением температуры анкерной тяги после её засыпки грунтом (см. п.14); сила  $\Delta T_T$  учитывается только при возведении набережных в районах со среднегодовой температурой воздуха  $T_c \leq 0^0$  в случае выполнения засыпки анкерных тяг летом;

б) вычисляют в соответствии с указаниями п.5 величину равномерно распределенной нагрузки  $q$  от засыпания грунта на анкерной тяге;

в) принимают в первом приближении величину распора  $H-T_a$ ;

г) определяют во втором приближении значение распора  $H$  по формуле

$$H = 2,5 \frac{E F_{HT}}{L^2 \omega} f^2, \quad (9)$$

где  $E, F_{HT}, L, \omega$  - те же значения, что и в п.5 при определении нагрузки  $q$ ;

$f$  - прогиб анкерной тяги, определяемый по формулам:

$$\begin{aligned} \text{при } f_1 < S_{yca} \\ f = f_1, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{при } f_1 \geq S_{yca} \\ f = \frac{S_{yca}}{\sqrt{R}}, \end{aligned} \quad (11)$$

$f_1$  - прогиб анкерной тяги под действием нагрузки  $q$  (без учёта опирания анкерной тяги на нижележащий грунт), определяемый при  $H-T_a$  по формуле



$$f_1 = \frac{\varphi k^2}{8H} \frac{I - \frac{80B \cdot S_n}{\varphi k^2} m_1}{I + \frac{10B}{H k^2} m_1}, \quad (12)$$

где  $B, S_n, m_1, S_{усл}, R_c$  - те же значения, что и в п.5 при определении нагрузки  $\varphi$  ;

д) если во втором приближении получили значение  $H \leq T_a$ , то следует принять  $H = T_a$ ;

е) если полученное во втором приближении значение  $H > T_a$ , то следует продолжать приближения, определяя величину  $H$  по формуле (9) и принимая в формуле (12) значение  $H$ , вычисленное в предыдущем приближении; приближения повторяют до тех пор, пока значения  $H$  в двух последующих приближениях не будут равными.

Примечания: 1. Если получили  $H > T_a < \Delta T_{\tau}$ , то это означает, что статический расчёт лицевого элемента набережной должен быть уточнен с тем, чтобы в месте крепления анкерной тяги к лицевому элементу горизонтальная реакция была  $R_a = \frac{H \cdot \cos \alpha}{l_a}$ .

2. Усилия в анкерных тягах следует определять также и при минимальном  $R_a$ .

5. Равномерно распределенная нагрузка  $\varphi$  от зависания грунта на анкерной тяге (на  $l$  м длины) определяется по формулам:

$$\begin{aligned} &\text{при } S_{усл} \geq S_{пр} \\ &\varphi = \varphi_{пр}; \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} &\text{при } S_{усл} < S_{пр} \\ &\varphi = \varphi_{пр} \sqrt{\frac{S_{усл}}{S_{пр}}}, \end{aligned} \quad (14)$$

где  $S_{усл}$  - уловная осадка грунта основания под анкерной тягой, определяемая по формуле

$$S_{усл} = \left[ S - R_c \left( S_a + \frac{S_{ан} + S_{усл} + S_{эл}}{2} \right) \right] \cos \alpha, \quad (15)$$

при  $S_{усл} \leq 0$  тяга рассчитывается только на растяжение от усилия  $T_{\max} = T_a + \Delta T_{\tau}$  (см. п.10);

$S, S_{оп}$  - соответственно средняя осадка грунта под анкерной тягой и осадка анкерной опоры; [для засыпки] при отсутствии данных значения  $S$  и  $S_{оп}$  допускается определять по указаниям п.15;

$R$  - коэффициент, определяемый путём последовательных приближений (см. примечание) по формуле

$$R = \sqrt[3]{R_1 + \frac{R_2}{R}}, \quad \text{но не более } 1; \quad (16)$$

$$R_1 = \frac{20EF_{нт} \cdot S_{усл}^2}{qk^3 \cdot \omega}; \quad (17)$$

$$R_2 = \frac{80m_1 \cdot B \cdot S_{усл}}{qk^3}; \quad (18)$$

$E$  - модуль упругости материала анкерной тяги (для железобетонных тяг - модуль упругости арматуры);

$F_{нт}$  - площадь сечения анкерной тяги (нетто);

$k$  - то же значение, что и в п.3;

$\omega$  - коэффициент, учитывающий податливость анкерных опор и пружинного компенсатора и определяемый по указаниям п.6;

$m_1$  - коэффициент условий работы: при шарнирном закреплении обоих концов анкерной тяги  $m_1 = 1$ ; при жестком -  $m_1 = 4,8$ ; при жестком закреплении одного конца  $m_1 = 2,4$ ;

$B$  - жесткость анкерной тяги: для стальных тяг  $B = EJ$ ; для железобетонных тяг  $B = 0,5EJ_{np}$ ; для анкерных тяг из шарнирно соединённых отдельных звеньев или тросов  $B = 0$ ;

$E_c$  - начальный модуль упругости бетона;

$J$  и  $J_{np}$  - моменты инерции соответственно сечения стальной и приведенного сечения железобетонной анкерной тяги;

$S_n$  - строительный подъем или провис анкерной тяги; величина провиса принимается со знаком минус;

$S_{\text{узл}}, S_{\text{эл}}$  - вертикальные перемещения конца тяги в узлах крепления соответственно к анкерной опоре и в лицевому элементу, принимаемые не более предельной величины перемещения, возможного для рассматриваемой конструкции узла; в узлах, выполненных по типу скользящей опоры, значения  $S_{\text{узл}}$  и  $S_{\text{эл}}$  допускается определять по указаниям п.7;

$d$  - то же значение, что и в формуле (I);

$S_{\text{пр}}$  - осадка грунта под тягой, при которой реализуется предельная нагрузка  $q_{\text{пр}}$  от зависания грунта на анкерной тяге; допускается значение  $S_{\text{пр}}$  определять по формуле

$$S_{\text{пр}} = 0,05 (I-K) \frac{q_{\text{пр}}}{d \gamma_w}; \quad (19)$$

$K$  - коэффициент уплотнения грунта засыпки над анкерной тягой; при отсутствии опытных данных допускается принимать значение  $K$  по п.15 (табл. 5);

$d$  - диаметр или ширина сечения анкерной тяги с учётом толщины антикоррозионного покрытия; при отсутствии данных толщину антикоррозионного покрытия допускается принимать равной 1 мм;

$\gamma_w$  - удельный вес воды;

$q_{\text{пр}}$  - предельное значение нагрузки  $q$ , определяемое:

а) для анкерных тяг из круглой или полосовой стали по формуле

$$q_{\text{пр}} = \lambda d (\gamma_{\text{зас}} h_{\text{г}} + q_0) \cos^2 \alpha + q_{\text{тр}}; \quad (20)$$

б) для всех других случаев по формулам:

$$\text{при } 2 h_{\text{г}} \text{tg} \varphi_{\text{зас}} > l_{\text{г}}$$

$$q_{\text{пр}} = [(\gamma_{\text{зас}} h_{\text{г}} + q_0) l_{\text{г}} - 0,5 \gamma_{\text{зас}} (l_{\text{г}} - d)^2 \text{ctg} \varphi_{\text{зас}}] \cos^2 \alpha, \quad (21)$$

но не более, чем по формуле (20);

при  $2h_a \operatorname{tg} \gamma_{зас} \leq l_a$

$$q_{np} = [( \gamma_{зас} h_a + q_0 ) ( 2h_a \operatorname{tg} \gamma_{зас} + d ) - \gamma_{зас} h_a^2 \operatorname{tg} \gamma_{зас}] \cos^2 \alpha, \quad (22)$$

но не более, чем по формуле (20);

где  $h_a$  - глубина от поверхности засыпки до оси анкерной тяги в середине её длины;

$\gamma_{зас}$  и  $\delta_{зас}$  - соответственно угол внутреннего трения и удельный вес грунта засыпки выше анкерной тяги;

$l_a$  - расстояние между анкерными тягами;

$q_0$  - максимальная равномерно распределенная нагрузка на поверхности засыпки в пределах участка длиной  $l$  или  $0,5L$ , примыкающего к лицевому элементу; неравномерную нагрузку допускается заменять равномерной, осредняя её в пределах указанных протяженностей;

$\lambda$  - коэффициент давления грунта, определяемый по формулам:

$$\begin{aligned} \text{при } l_a \geq 5d \\ \lambda = \lambda_{np}; \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \text{при } d \leq l < 5d \\ \lambda = 1 + 0,25(\lambda_{np} - 1) \left( -\frac{l_a}{d} - 1 \right). \end{aligned} \quad (24)$$

$\lambda_{np}$  - предельное значение коэффициента давления грунта, определяемое по табл. I или по формуле

$$\lambda_{np} = \left( \operatorname{tg} \gamma_{зас} \sqrt{4 + \sqrt{2}} \operatorname{tg} \gamma_{зас} + \frac{1}{\cos \gamma_{зас}} \right)^2; \quad (25)$$

$q_{тр}$  - сила трения по боковой поверхности анкерной тяги на  $l$  м её длины; для анкерных тяг круглого сечения

$q_{тр} = 0$ , в остальных случаях значение  $q_{тр}$  вычисляется по формуле

$$q_{тр} = \sigma (1 - \sin \gamma_{зас}) (\gamma_{зас} h_a + q_0) \operatorname{tg} \gamma_{зас}; \quad (26)$$

$a$  - высота сечения анкерной тяги.

Таблица I

$\varphi_{зос}$ , град.	26	28	30	32	34	36	38	40	42
$\lambda_{пр}$	4,7	5,2	5,9	6,6	7,2	8,2	9,5	10,4	11,7

Примечания: I. Коэффициент  $R_c$  определяется следующим образом:

- а) принимают в первом приближении  $R_c = 0,3$  и вычисляют значения  $S_{усл}$  и  $q$ ;
  - б) затем, при этих значениях  $R_c$ ,  $S_{усл}$  и  $q$  определяют по формуле (16) значение  $R_c$  во втором приближении и снова вычисляют значения  $S_{усл}$  и  $q$  для следующего приближения;
  - в) аналогичным образом производят последующие приближения до тех пор, пока значения  $R_c$  в двух последовательных приближениях не будут равны с точностью до двух значащих цифр.
2. В тех случаях, когда значение  $S_{усл} \leq 0$ , анкерную тягу следует рассчитывать только на растяжение по формуле (4I).
  3. В тех случаях, когда площадь сечения анкерной тяги не задана, предварительно значение  $F_{нт}$  можно определять из условия (4I), принимая  $T_{макс} = T_a$ .
  4. Если возможна осадка грунта основания ниже заспики, то это должно быть учтено при определении  $S$ ,  $S_{оп}$  и  $S_{зл}$ .
  5. Если анкерная тяга укладывается на промежуточные несмещаемые по высоте опоры, то значения  $S$  и  $S_{оп}$  определяются в середине участка анкерной тяги длиной  $L_1$  между промежуточными опорами, а  $S_{оп}$ ,  $S_{зл}$  и  $S_{зл}$  - относятся к концам этого участка.

6. Коэффициент  $\omega$ , учитывающий податливость анкерной опоры и компенсатора, вычисляется по формулам:

- а) при отсутствии под тягой промежуточных опор:

при пружинном компенсаторе

$$\omega = I + \frac{EF_{HT}(\nu + \nu_1)}{k}; \quad (27)$$

при срезном компенсаторе

$$\omega = \frac{I + \frac{EF_{HT}}{k} \nu}{1 - \beta}; \quad (28)$$

б) при наличии промежуточных опор:

при пружинном компенсаторе

$$\omega = I + \frac{EF_{HT}(\nu + \nu_1)}{k^2} k_1; \quad (29)$$

при срезном компенсаторе

$$\omega = \frac{I + \frac{EF_{HT}}{k^2} k_1 \nu}{I - \beta \frac{k_1}{k}}. \quad (30)$$

где  $E, F_{HT}, k, k_1$  - те же значения, что и в п.5;

$\nu$  - податливость анкерной опоры от единичной силы, принимаемая не менее 0,01 м/МН (0,0001 м/то);

при известном горизонтальном смещении  $U_{гг}$  анкерной опоры под действием известной силы  $T_{оп}$

$$\nu = \frac{U_{гг}}{T_{оп}}; \quad (31)$$

для вертикальных анкерных плит

$$\nu = \frac{l}{b_{пл} h_{пл} K_n}; \quad (32)$$

$b_{пл}, h_{пл}$  - соответственно ширина и высота анкерной плиты;

$K_n$  - коэффициент постели грунта перед анкерной плитой;

для песчаных засыпок средней плотности (коэффициент уплотнения грунта  $K=0,9$ ) допускается принимать

$K_n = 10 \text{ МН/м}^3$  ( $1000 \text{ то/м}^3$ ), в других случаях  $K_n$  (в  $\text{МН/м}^3$ ) допускается определять по формуле

$$K_n = \frac{1}{1-K} ; \quad (33)$$

$V_i$  - податливость пружинного компенсатора, определяемая по формуле (44);

$\beta$  - коэффициент снижения усилия в анкерной тяге срезами компенсатором, принимаемый в пределах от 0,1 до 0,2.

7. Вертикальное перемещение конца анкерной тяги в узле крепления к анкерной опоре ( $S_{\text{ан}}$ ) или к лицевому элементу ( $S_{\text{л}}$ ), выполняемому по типу окользающей опоры, следует учитывать только в том случае, если в рассматриваемом узле соблюдается следующее условие

$$H + R_{\text{оп}} \operatorname{ctg} \alpha > 2f_{\text{тр}} (H \operatorname{ctg} \alpha + R_{\text{оп}}) , \quad (34)$$

где  $H$  и  $R_{\text{оп}}$  - значения, определяемые соответственно по указаниям п.4 и п.3 при  $S_{\text{ан}}=0$  и  $S_{\text{л}}=0$ ;

$f_{\text{тр}}$  - коэффициент трения в рассматриваемом узле крепления.

Если условие (34) выполнено, то значения  $S_{\text{ан}}$  и  $S_{\text{л}}$  определяются подбором следующим образом:

а) задаются значениями  $S_{\text{ан}}$  и  $S_{\text{л}}$  (1+2 см) и определяют по указаниям п.4 величину  $H$ , а по формуле (7) - величину  $R_{\text{оп}}$ ;

б) затем по полученным значениям  $H$  и  $R_{\text{оп}}$  для каждого узла крепления конца анкерной тяги проверяют условие (34).

Если при этом условие (34) выполняется, то снова увеличивают  $S_{\text{ан}}$  и  $S_{\text{л}}$  на 1+2 см, вычисляют  $H$  и  $R_{\text{оп}}$  и проверяют условие (34). Приближения производят, пока соблюдается условие (34).

8. В тех случаях, когда величина распора  $H$  принимается равной  $T_a$  (см. п.4, д), значение коэффициента  $R$  для определения величины  $\varphi$ ,  $\beta_{an}$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  уточняется следующим образом:

а) принимают сначала значение  $S_{yca}$ , вычисленное по указаниям п.4 (то же значение, что и при определении  $H$ ), и определяют коэффициент  $R$  по формуле

$$R = 2,5 \frac{E F_{нт} S_{yca}^2}{L^2 \omega T_a} \quad (35)$$

но не более 1,

где  $E$ ,  $F_{нт}$ ,  $L$ ,  $\omega$ ,  $T_a$  - те же значения, что и в п.4 при определении распора  $H$ ;

б) при полученном значении  $R$  определяют по формуле (15) величину  $S_{yca}$ , при которой по формуле (35) определяют искомое значение коэффициента  $R$ .

9. Коэффициенты  $\beta_{an}$ ,  $\beta_1$  и  $\beta_2$  вычисляются соответственно по формулам:

$$\beta_{an} = R (\psi_1 + \psi_2 \cdot \eta) ; \quad (36)$$

$$\beta_1 = R^2 (\psi_3 + \frac{\psi_4}{\eta}) ; \quad (37)$$

$$\beta_2 = R^2 (\psi_3 + \psi_4 \cdot \eta) , \quad (38)$$

где  $R$  - коэффициент, определяемый при  $H > T_a$  по указаниям п.5 (то же значение, что и при определении  $H$ ), при  $H = T_a$  - по указаниям п.8;

$H$  - распор, определяемый по указаниям п.4;

$T_a$  - то же значение, что и в формуле (8);

$\psi_1, \psi_2, \psi_3$  и  $\psi_4$  - безразмерные параметры, определяемые по табл. 2+4 в зависимости от способа закрепления концов анкерной тяги и параметра  $u$  ;

$u$  - параметр, вычисляемый по формуле

$$u = \ell \sqrt{\frac{H}{B}} , \quad (39)$$



Таблица 2

Параметры	Шарнирное закрепление концов тяги				
	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_3$	$\psi_4$	$\psi_5$
0	0,375	0,625	1,19	-0,188	0,2
0,5	0,376	0,624	1,09	-0,186	0,215
1	0,379	0,621	0,888	-0,182	0,256
1,5	0,383	0,617	0,686	-0,175	0,313
2	0,389	0,611	0,533	-0,166	0,377
3	0,398	0,602	0,348	-0,148	0,436
4	0,414	0,586	0,249	-0,129	0,589
5	0,426	0,574	0,192	-0,113	0,657
7	0,44	0,56	0,13	-0,089	0,745
10	0,456	0,544	0,087	-0,067	0,816
15	0,469	0,531	0,055	-0,046	0,874
20	0,476	0,524	0,041	-0,036	0,904
25	0,515	0,485	0,032	-0,029	0,923
30	0,549	0,451	0,026	-0,024	0,935
40	0,582	0,418	0,019	-0,018	0,951

Таблица 3

Параметр $u$	Жесткое закрепление (заземление) концов тяги			
	$\psi_1 = \psi_2$	$\psi_3$	$\psi_4$	$\psi_5$
0	0,5	0,25	0,75	0,333
0,5	--	0,249	0,735	0,339
1	--	0,246	0,693	0,355
1,5	--	0,241	0,635	0,38
2	--	0,235	0,571	0,411
3	--	0,219	0,453	0,484
4	--	0,201	0,362	0,557
5	--	0,184	0,296	0,622
7	--	0,153	0,214	0,717
10	--	0,12	0,15	0,8
15	--	0,087	0,1	0,867
20	--	0,068	0,075	0,9
25	--	0,055	0,06	0,92
30	--	0,047	0,05	0,934
40	--	0,035	0,038	0,95

Таблица 4

Параметр $U$	Шарнирное закрепление одного конца анкерной тяги и жесткое закрепление другого				
	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_3$	$\psi_4$	$\psi_5$
0	0,685	0,571	0,143	0,857	0,3
0,5	0,673	0,569	0,143	0,825	0,309
1	0,657	0,565	0,143	0,744	0,333
1,5	0,635	0,562	0,142	0,645	0,369
2	0,613	0,56	0,142	0,548	0,411
3	0,576	0,559	0,137	0,398	0,499
4	0,549	0,558	0,129	0,3	0,578
5	0,539	0,552	0,12	0,236	0,642
7	0,521	0,545	0,101	0,163	0,733
10	0,505	0,542	0,08	0,11	0,808
15	0,499	0,533	0,058	0,071	0,87
20	0,499	0,525	0,045	0,052	0,903
25	0,493	0,52	0,036	0,042	0,922
30	0,495	0,511	0,032	0,034	0,935
40	0,51	0,492	0,023	0,026	0,951

$l$  - длина участка анкерной тяги, примыкающего к лицевому элементу и не опирающегося на грунт (см. рис. I), определяемая по формуле

$$l = 0,5 R_N l, \quad (40)$$

$B$  - то же значение, что и в п.5;

$l$  - то же значение, что в п.3;

$\zeta$  - величина, принимаемая равной  $\frac{S_{усл}}{f}$ , но не более единицы и не менее  $\psi_5$ ;

$S_{усл}$  - условная осадка грунта основания под анкерной тягой, определяемая по формуле (15) при  $R_N$ , вычисленном по указаниям п.5 (то же значение, что и при определении  $H$ ), если  $H > T_R$ , и по указаниям п.8, если  $H = T_R$ ;

$f$  - прогиб анкерной тяги, вычисляемый по указаниям п.4 при том же значении  $R_N$ , что и величина  $S_{усл}$ ;

$\psi_5$  - безразмерный параметр, определяемый по табл.2+4 в зависимости от способа закрепления концов анкерной тяги и параметра  $U$ .

#### Расчёт прочности анкерных тяг

10. Расчёт прочности стальных анкерных тяг следует производить на растяжение и на растяжение с изгибом, исходя из следующих условий:

на растяжение

$$n_c \frac{T_{max}}{F_{HT}} \leq \frac{m m_{\sigma}}{R_N} R_y; \quad (41)$$

на растяжение с изгибом

$$n_c \left( \frac{T}{F_{HT}} + \frac{M_{max}}{W} \right) \leq \frac{m m_{\sigma}}{R_N} R_y. \quad (42)$$

В формулах (41) - (42):

[ $n_c$ ,  $m$  и  $R_N$  - те же значения, что и в формуле (I.I) раздела I Указаний;]

$T_{max}$ ,  $T$ ,  $M_{max}$  - усилия в анкерной тяге, определяемые в соответствии с указаниями п.3;

$F_{нт}$  - площадь оечения тяги нетто;

$m_{\phi}$  - дополнительный коэффициент условий работы, принимаемый равным I для анкерных тяг из стали марок ВСт.Зпс, ВСт.Зсп, 09Г2С, 10Г2С 1Д; для других классов стали (при отсутствии специальных обоснований)  $m_{\phi} = 0,8$ ;

$R_y$  - расчетное сопротивление стали растяжению, принимаемое по табл.2 СНиП П-23-81 ["Стальные конструкции. Нормы проектирования"];

$w$  - момент сопротивления оечения анкерной тяги.

II. Расчет прочности железобетонных анкерных тяг следует производить на растяжение и на растяжение с изгибом в соответствии с требованиями СНиП 2.06.08-87. Растягивающие силы и изгибающий момент определяются в соответствии с указаниями п.3.

#### Расчет компенсаторов (рис.2)

12. Расчет пружинного компенсатора состоит из подбора пружины на усилие  $T_1$  и определения по данным ГОСТ'а или проекта податливости  $\nu_1$  компенсатора по формуле

$$\nu_1 = \frac{f_{\kappa}}{T_1}, \quad (43)$$

где  $f_{\kappa}$  - максимально допустимая величина рабочей деформации под действием силы  $T_1$  ;

$T_1$  - сила, соответствующая деформации  $f_{\kappa}$ , принимая равной  $R_{\sigma} l_{\sigma}$  ;

$R_{\sigma}$  и  $l_{\sigma}$  - те же значения, что и в формуле (8).

Примечание. В качестве пружинных компенсаторов, как правило, принимают тарельчатые пружины по ГОСТ 3057-79 [рис.2,а)].

13. Расчет орезного компенсатора состоит из определения величины смещения  $S_{\kappa}$  компенсатора и размеров сварного шва или опорных кривов.

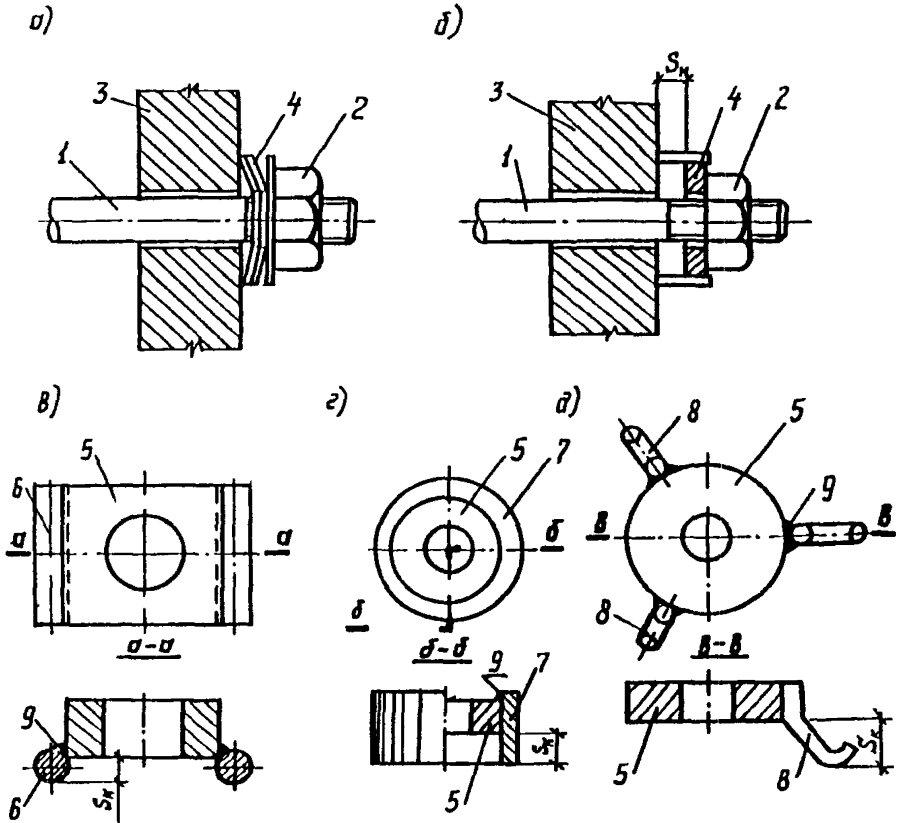


Рис.2. Конструкции компенсаторов в узлах соединения с анкерной плитой или с лицевым элементом

а- схема пружинного компенсатора в виде пакета тарельчатых пружин ; б- схема срезного компенсатора ; в- срезной компенсатор из пластины и стержней ; г- срезной компенсатор из пластины и отрезка трубы д- срезной компенсатор из пластины и крюков ;  
 1- анкерная тяга ; 2- гайка ; 3- анкерная плита ; 4- компенсатор ;  
 5- пластина компенсатора ; 6- опорный стержень ; 7- отрезок трубы ; 8- крюк ; 9- сварной шов

Величина смещения  $S_n$  резных компенсаторов (рис.2,б+д) определяется по формуле

$$S_n = \beta \omega \frac{T_n h}{E F_{HT}} \quad (44)$$

где  $\beta, \omega$  - те же значения, что и в п.6;

$T_n$  - максимальное усилие, воспринимаемое компенсатором и определяемое по формуле

$$T_n = T_{max} \cdot \cos \alpha \quad (45)$$

$T_{max}$  - максимальное растягивающее усилие в анкерной тяге, определяемое по указаниям п.3;

$\alpha, h$  - те же значения, что и в п.3;

$E, F_{HT}$  - соответственно модуль упругости материала и площадь сечения нетто анкерной тяги.

Размеры сварного шва или опорных крюков резных компенсаторов назначаются на основании испытаний таким образом, чтобы под действием усилия  $T_n$  произошел рез сварного шва или отгиб опорных крюков.

Определение растягивающей силы в анкерной тяге при изменении её температуры

14. Растягивающая сила  $\Delta T_T$  в анкерной тяге, вызванная изменением температуры тяги, определяется по формуле

$$\Delta T_T = \frac{\alpha_T \Omega E F_{HT}}{L \omega \cos \alpha} \quad (46)$$

где  $\alpha_T$  - коэффициент температурного расширения материала, принимаемый для стальных и железобетонных тяг равным

$$1 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{град.}} ;$$

$E, F_{HT}, \omega, \alpha$  - те же значения, что и в п.5 настоящего дополнения;

$L$  - горизонтальная проекция анкерной тяги (рис.3,а);

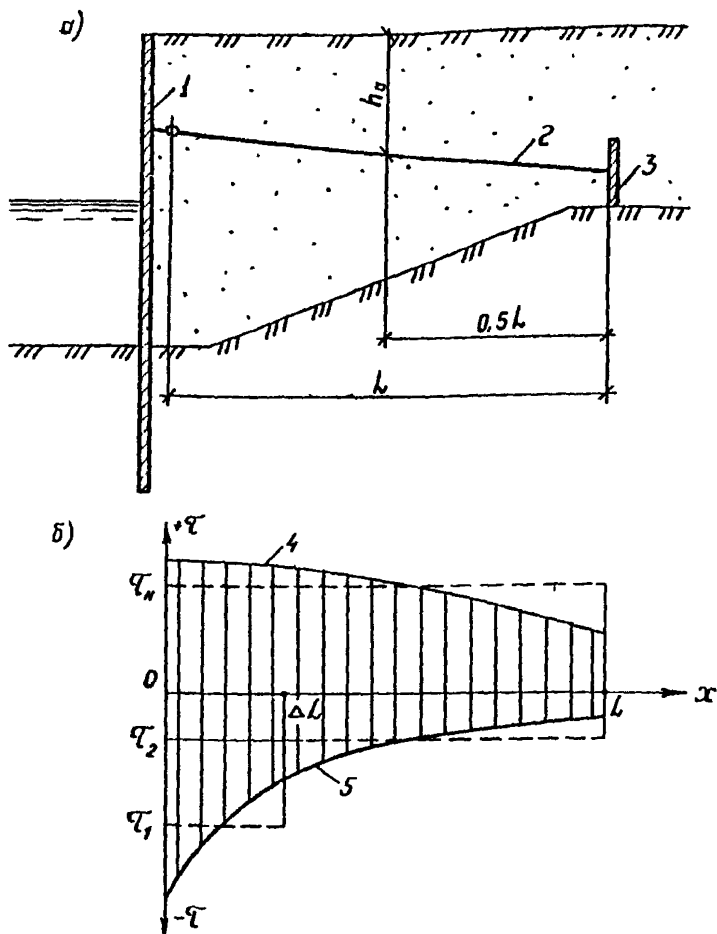


Рис. 3. Схемы к определению  $\Delta T_q$

а- расчетная схема набережной ; б- эпюра изменения температуры вдоль анкерной тяги ; 1- лицевой элемент набережной ; 2- анкерная тяга ; 3- анкерная плита ; 4- начальная температура в анкерной тяге (во время засыпки ее грунтом) ; 5- минимальная температура в анкерной тяге во время эксплуатации набережной



$\Omega$  - площадь эпюры изменения температуры вдоль анкерной тяги (заштрихована на рис.3,б), определяемая на основании теплотехнических расчётов; допускается значение  $\Omega$  вычислять по формуле (47), если при этом полученное значение  $\Delta T_T$  будет менее 0,2 Н,

$$\Omega = (\tau_n - \tau_2) k - (\tau_1 - \tau_2) \Delta k, \quad (47)$$

$\tau_n$  - [средняя по длине  $k$ ] начальная температура в анкерной тяге во время засыпки ее грунтом;

при отсутствии данных допускается принимать  $\tau_n = \tau_{гр}$ ;

$\tau_{гр}$  - максимально возможная температура грунта в ядре на глубине  $I$  м, определяемая по рис.4;

$\tau_1, \tau_2$  - средние минимальные температуры в анкерной тяге во время эксплуатации набережной соответственно на участке длиной  $\Delta k$ , и на участке  $(k - \Delta k)$ , определяемые соответственно по формулам:

для набережных из стального шпунта

$$\tau_1 = 0,25 (3 \tau_2 + \tau_n), \quad (48)$$

для набережных из железобетона

$$\tau_1 = 0,25 (3,5 \tau_2 + 0,5 \tau_n); \quad (49)$$

для набережных из стального шпунта или железобетона

$$\tau_2 = \tau_n - (\tau_n - \tau_2) \sqrt[3]{\frac{h_a}{h_T}}; \quad (50)$$

$\tau_n$  и  $\tau_c$  - соответственно средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки и средняя годовая температура воздуха, определяемые по схеме на рис.4 или по СНиП 2.01.01-82 ["Строительная климатология и геофизика"];

$h_a$  - расстояние от поверхности засыпки до оси анкерной тяги в середине её длины (см.рис.3,а);

$h_T$  - глубина от поверхности засыпки, в пределах которой наб-



подаются значительные сезонные изменения температуры грунта засыпки; при отсутствии теплоизоляции грунта допускается принимать  $h_T = 3$  м;

$\Delta l$  - горизонтальная проекция участка тяги, примыкающего к лцевому элементу, в пределах которого происходят значительные сезонные изменения температуры (см.рис.3); допускается принимать в набережных из стального шпунта  $\Delta l = 3$  м, из железобетонного -  $\Delta l = 2$  м.

$H$  - распор в анкерной тяге, определяемый по указаниям п.4 настоящего дополнения.

#### Определение осадок грунта засыпки

15. Осадка  $S$  грунта засыпки за счёт его самоуплотнения в процессе эксплуатации набережной вычисляется по формуле

$$S = \sum_i^n h_i \zeta_i, \quad (51)$$

где  $h_i$  - средняя толщина  $i$ -го слоя грунта засыпки с одинаковыми  $\zeta_i$ ; при определении осадки грунта засыпки под анкерной тягой значение  $h_i$  допускается принимать равным  $\frac{1}{3} (h_{1i} + h_{2i} + h_{ci})$ ;

$h_{1i}$ ,  $h_{2i}$  и  $h_{ci}$  - соответственно толщины  $i$ -го слоя грунта засыпки под концами ( $h_{1i}$  и  $h_{2i}$ ) и в середине ( $h_{ci}$ ), анкерной тяги;

$\zeta_i$  - коэффициент, вычисляемый по формулам (52) или (53), но принимаемый не менее 0,01;

$$\zeta_i = \frac{\epsilon_{N_i} - \epsilon_{K_i}}{\epsilon_{N_i} + 1}; \quad (52)$$

$$\text{или } \zeta_i = 1 - \frac{K_i}{K_{N_i}}; \quad (53)$$

$\epsilon_{N_i}$  и  $K_i$  - коэффициенты соответственно пористости и уплотнения  $i$ -го слоя грунта засыпки после его уплотнения в период строительства;

$\xi_{K_i}$  и  $K_{K_i}$  - коэффициенты соответственно пористости и уплотнения  $i$ -го слоя грунта после его дополнительного самоуплотнения в процессе эксплуатации набережной;

$n$  - количество слоев грунта в пределах засыпки с разными коэффициентами  $\xi$  .

При отсутствии данных или аналогов допускается принимать  $K_i$  по табл.5, а  $K_{K_i} = 0,88+0,9$ .

Таблица 5

Способ укладки и уплотнения песчаного грунта засыпки	Значения $K_i$
1. Отсыпка насухо без уплотнения, укладка бульдозером	0,75 + 0,80
2. Отсыпка насухо с последующим глубинным виброуплотнением или с обильным проливом водой	0,80 + 0,85
3. Замыв гидромеханизацией, омыв из резерва гидромонитором:	
под уровень воды	0,85 + 0,90
выше уровня воды	0,88 + 0,95
4. Послойная укладка с уплотнением виброкатком или поверхностным вибратором	0,87 + 0,90

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Общие положения	3
Определение уюлий в анкерных тросах	4
Расчёт прочности анкерных тросов	19
Расчёт компенсаторов	20
Определение растягивающей силы в анкерной тросе при изменении её температуры	22
Определение осадок грунта засыпки	26