

РСФСР  
МИНИСТЕРСТВО РЕЧНОГО ФЛОТА

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

УКАЗАНИЯ  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРИЧАЛЬНЫХ НАБЕРЕЖНЫХ  
СН-РФ 54. I-85

КНИГА 4

ДОПОЛНЕНИЕ № 1

РАСЧЕТ 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 1985 г.*

У К А З А Н И Я  
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-РУ 54.1-85 (к приложению З "Расчет и конструирование анкерных устройств").

Дополнение разработано отделом научных исследований и экспериментального проектирования Гипроречтранса (ответственные исполнители к.т.н. В.Э.Даревский, инж.В.А.Есиновский 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 ссылки 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 второй выпускаемых главах СНиП.

|                               |  |   |
|-------------------------------|--|---|
| Министерство<br>речного флота | Ведомственные строительные<br>нормы<br><br>Указания по проектированию<br>причальных набережных<br>(дополнение № I) | СН-Р 54.1-85<br><br>Вводится<br>впервые |
|-------------------------------|--|---|

## РАСЧЕТ АНКЕРНЫХ ТЯГ В ОСОБЫХ СЛУЧАЯХ

### Общие положения.

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

- осадки грунта под тягой;
- строительного подъёма или провиса тяги;
- различных способов закрепления концов тяги;
- пружинных или срезных 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 "Наира-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;
- расчёта прочности;
- расчет по раскрытию трещин для железобетонных анкерных тяг;
- расчёта компенсаторов.

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

Усилия в анкерной тяге определяются в соответствии с указаниями п.3, расчет прочности выполняется по указаниям пп.10 и II. Расчет железобетонных тяг по раскрытию трещин производится в соответствии с требованиями СНиП II-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. I)

3. В анкерных тягах определяются следующие усилия:

максимальная растягивающая сила  $T_{\max}$ ;

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

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

Значения усилий вычисляются по формулам:

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

$$T_{\max} = m_k \sqrt{H^2 + R_{\text{on}}^2 + 2HR_{\text{on}} \sin \alpha} ; \quad (1)$$

$$M_{\max} = \frac{\frac{q}{8} l^2}{8} \beta_1 ; \quad (2)$$

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

при жестком закреплении (зашемлении) концов тяги (рис. I, б)

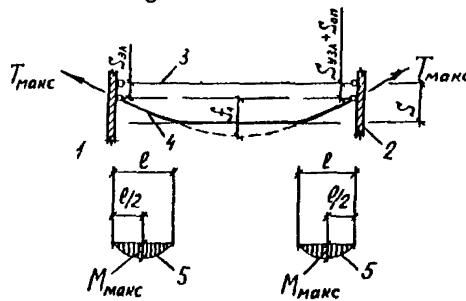
$$T_{\max} = m_k H ; \quad (4)$$

$$M_{\max} = \frac{\frac{q}{8} l^2}{8} \beta_2 ; \quad (5)$$

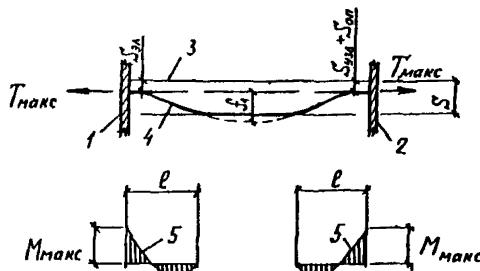
$$T = T_{\max} ; \quad (6)$$

при шарнирном закреплении одного конца тяги и жестком закреплении другого (рис. I, в)  $T_{\max}$  – по формуле (1),

а)



б)



в)

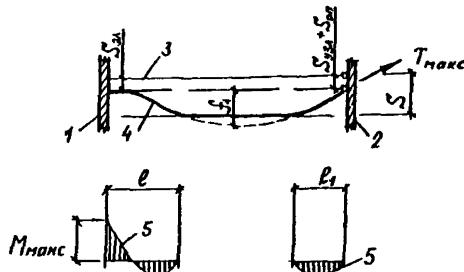


Рис. I. Расчетные схемы к определению усилий в анкерной тяге  
[при  $\alpha = 0$ ,  $S_n = 0$ ,  $S_{\alpha} = S_{\alpha 3} + S_{\alpha 2}$  и  $L = L_1$ ]

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):

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

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

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

$$R_{op} = \frac{q \cdot l}{2} \beta_{op} ; \quad (7)$$

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

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

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

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

$L$  - расстояние между промежуточными опорами;

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

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

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

$$T_a = \frac{R_a \cdot l_a}{C_{op} \cdot d} + \Delta T_1 , \quad (8)$$

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;  
 $\rho_a$  - расстояние между анкерными тягами;  
 $\vartheta$  - 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;  
d) вычисляют в соответствии с указаниями п.5 величину равномерно распределенной нагрузки  $q$  от засыпки 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:

при  $f_1 < S_{ycl}$   
 $f = f_1, \quad (10)$

при  $f_1 \geq S_{ycl}$   
 $f = \frac{S_{ycl}}{\sqrt{R}}, \quad (II)$

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

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

где  $B, S_n, m_1, S_{ycA}, H$  - те же значения, что и в п.5 при определении нагрузки  $q$ ;

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  $H > T_a + \Delta T_T$ , то это означает, что статический расчет лицевого элемента набережной должен быть уточнен о 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  $q$  от зависания грунта на анкерной тяге (на 1 м длины) определяется по формулам:

$$\text{при } S_{ycA} > S_{np} \quad q = q_{np}; \quad (13)$$

$$\text{при } S_{ycA} < S_{np} \quad q = q_{np} \sqrt{\frac{S_{ycA}}{S_{np}}}, \quad (14)$$

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

$$S_{ycA} = [S - R_a (S_{np} + \frac{S_{np} + S_{ycA} + S_{3A}}{2})] \cos \alpha, \quad (15)$$

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

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

$k$  – коэффициент, определяемый путём последовательных приближений (см.примечание) по формуле

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

$$R_1 = \frac{20 E F_{nt} \cdot S_{usl}^3}{q k^3 \cdot \omega}; \quad (17)$$

$$R_2 = \frac{80 m_1 \cdot B \cdot S_{usl}}{q k^3}; \quad (18)$$

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

$F_{nt}$  – 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  $B = E J$ ; для железобетонных тяг  $B = 0,5 E J_{np}$ ; для анкерных тяг из шарнирно соединенных отдельных звеньев или тросов  $B = 0$ ;

$E_s$  – начальный модуль упругости бетона;

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

$S_n$  – строительный подъём или провис анкерной тяги; величина провиса принимается со знаком минус;

$S_{yA}, S_{yA}$  - 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

$S_{узл}$  и  $S_{взл}$  допускается определять по указаниям п.7;

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

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

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

$K$  - 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 см;

$f_w$  - удельный вес воды;

$q_{np}$  - предельное значение нагрузки  $q$ , определяемое:

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

$$q_{np} = \lambda d (\gamma_{зас} h_a + q_s) \cos^2 d + q_{tr}; \quad (20)$$

б) для всех других случаев по формулам:

при  $2 h_a \operatorname{tg} \Psi_{зас} > l_a$

$$q_{np} = \left[ (\gamma_{зас} h_a + q_s) l_a - 0,5 \gamma_{зас} (l_a - d)^2 \operatorname{ctg} \Psi_{зас} \right] \cos^2 d, \quad (21)$$

но не более, чем по формуле (20);

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

$$q_{ap} = [(r_{soc} h_a + q_0)(2h_a \operatorname{tg} \gamma_{soc} + d) - r_{soc} h_a^2 \operatorname{tg} \gamma_{soc}] \cos^2 \lambda, \quad (22)$$

но не более, чем по формуле (20);

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

$\gamma_{soc}$  - 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, осядая её в пределах указанных протяженностей;

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

$$\text{при } l_a \geq 5d \quad \lambda = \lambda_{ap}; \quad (23)$$

при  $d \leq l_a < 5d$

$$\lambda = 1 + 0.25(\lambda_{ap} - 1) \left( \frac{l_a}{d} - 1 \right). \quad (24)$$

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

$$\lambda_{ap} = \left( \operatorname{tg} \gamma_{soc} \sqrt{4 + \sqrt{2} \operatorname{tg} \gamma_{soc}} + \frac{l}{C_{ap} \gamma_{soc}} \right)^2; \quad (25)$$

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

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

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

$a$  - высота сечения анкерной тяги.

Таблица I

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

Примечания: 1. Коэффициент  $\beta$  определяется следующим образом:

- принимают в первом приближении  $\beta = 0,3$  и вычисляют значения  $S_{усл}$  и  $q$ ;
- затем, при этих значениях  $\beta$ ,  $S_{усл}$  и  $q$  определяют по формуле (16) значение  $\beta$  во втором приближении и снова вычисляют значения  $S_{усл}$  и  $q$  для следующего приближения;
- аналогичным образом производят последующие приближения до тех пор, пока значения  $\beta$  в двух последовательных приближениях не будут равны с точностью до двух значащих цифр.
- В тех случаях, когда значение  $S_{усл} \leq 0$ , анкерную тягу следует рассчитывать только на растяжение по формуле (41).
- В тех случаях, когда площадь сечения анкерной тяги не задана, предварительно значение  $F_{нр}$  можно определять из условия (41), принимая  $T_{МАКС} = T_a$ .
- Если возможна осадка грунта основания ниже засыпки, то это должно быть учтено при определении  $S$ ,  $S_{оп}$  и  $S_{зл}$ .
- Если анкерная тяга укладывается на промежуточные несмещаемые по высоте опоры, то значения  $S$  и  $S_{оп}$  определяются в середине участка анкерной тяги длиной  $L$ , между промежуточными опорами, а  $S_{оп}$ ,  $S_{узл}$  и  $S_{зл}$  - относятся к концам этого участка.
- Коэффициент  $\omega$ , учитывающий податливость анкерной опоры и компенсатора, вычисляется по формулам:
  - при отсутствии под тягой промежуточных опор:

при пружинном компенсаторе

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

при срезном компенсаторе

$$\omega = \frac{I + \frac{EF_{NT}}{L} \nu}{I - \beta}; \quad (28)$$

б) при наличии промежуточных опор:

при пружинном компенсаторе

$$\omega = I + \frac{EF_{NT}(\nu + \nu_1)}{L^2} L_1; \quad (29)$$

при срезном компенсаторе

$$\omega = \frac{I + \frac{EF_{NT}}{L^2} L_1 \nu}{I - \beta \frac{L_1}{L}}. \quad (30)$$

где  $E, F_{NT}, L, L_1$  – 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  $U_m$  анкерной опоры под действием известной силы  $T_{op}$

$$\nu = \frac{U_m}{T_{op}}; \quad (31)$$

для вертикальных анкерных плит

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

$b_{nA}, h_{nA}$  – 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

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

$\sqrt{}$  - податливость пружинного компенсатора, определяемая по формуле (44);

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

7. Вертикальное перемещение конца анкерной тяги в узле крепления к анкерной опоре ( $S_{yM}$ ) или к лицевому элементу ( $S_M$ ), выполненному по типу скользящей опоры, следует учитывать только в том случае, если в рассматриваемом узле соблюдается следующее условие

$$H + R_{op} \operatorname{ctg} \alpha \geq 2 f_{tp} (H \operatorname{ctg} \alpha + R_{op}) , \quad (34)$$

где  $H$  и  $R_{op}$  - значения, определяемые соответственно по указаниям п.4 и п.3 при  $S_{yM}=0$  и  $S_M=0$ ;

$f_{tp}$  - коэффициент трения в рассматриваемом узле крепления.

Если условие (34) выполнено, то значения  $S_{yM}$  и  $S_M$  определяют подбором следующим образом:

- задаются значениями  $S_{yM}$  и  $S_M$  (1+2 см) и определяют по указаниям п.4 величину  $H$ , а по формуле (7) - величину  $R_{op}$ ;
- затем по полученным значениям  $H$  и  $R_{op}$  для каждого узла крепления конца анкерной тяги проверяют условие (34).

Если при этом условие (34) выполняется, то снова увеличивают  $S_{yM}$  и  $S_M$  на 1+2 см, вычисляют  $H$  и  $R_{op}$  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  $\eta$  для определения величин  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  уточняется следующим образом:

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

$$R = 2.5 \frac{E F_{nt} S_{ysa}^2}{L^2 \omega T_a} . \quad (35)$$

но не более 1.

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

б) при получении значения  $R$  определяют по формуле (15) величину  $S_{ysa}$ , при которой по формуле (35) определяют искомое значение коэффициента  $\eta$ .

9. Коэффициенты  $\beta_1, \beta_2$  и  $\beta_3$  вычисляются соответственно по формулам:

$$\beta_1 = R (\gamma_1 + \gamma_2 \cdot \eta) ; \quad (36)$$

$$\beta_2 = R^2 (\gamma_3 + \frac{\gamma_4}{\eta}) ; \quad (37)$$

$$\beta_3 = R^2 (\gamma_3 + \gamma_4 \cdot \eta) , \quad (38)$$

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);

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  и  $\gamma_4$  - безразмерные параметры, определяемые по табл. 2+4 в зависимости от способа закрепления концов анкерной тяги и параметра  $u$ ;

$u$  - параметр, вычисляемый по формуле

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

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    | 0,886    | -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   | 0,496    |
| 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<br>$u$ | Жесткое закрепление (зашемление) 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<br><i>U</i> | Шарнирное закрепление одного конца анкерной<br>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    |

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

$$\ell = 0.5 \beta L, \quad (40)$$

$\beta$  - 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  $\psi_s$ ;

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

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

$\psi_s$  - 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 произвести на растяжение и на растяжение с изгибом, исходя из следующих условий:

на растяжение

$$n_t \frac{T_{max}}{F_{Ht}} \leq \frac{m m_f}{R_H} R_y; \quad (41)$$

на растяжение с изгибом

$$n_t \left( \frac{T}{F_{Ht}} + \frac{M_{max}}{W} \right) \leq \frac{m m_f}{R_H} R_y. \quad (42)$$

В формулах (41) - (42):

[ $n_t$ ,  $m$  и  $R_H$  - те же значения, что и в формуле (I.1) раздела I Указаний;]

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

$F_{нг}$  - площадь сечения тяги нетто;

$m_g$  - дополнительный коэффициент условий работы, принимаемый равным I для анкерных тяг из стали марок ВСт.Эис, ВСт.Зап, 09Г2С, 10Г2С IД; для других классов стали (при отсутствии специальных обоснований)  $m_g = 0,8$ ;

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

$W$  - момент сопротивления сечения 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 ГОСТа или проекта податливости  $\psi_1$  компенсатора по формуле

$$\psi_1 = \frac{f_k}{T_1}, \quad (43)$$

где  $f_k$  - максимально допустимая величина рабочей деформации под действием силы  $T_1$ ;

$T_1$  - сила, соответствующая деформации  $f_k$ , принимая равной  $R_g l_g$ ;

$R_g$  и  $l_g$  - 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  $S_k$  компенсатора и размеров сварного шва или опорных крюков.

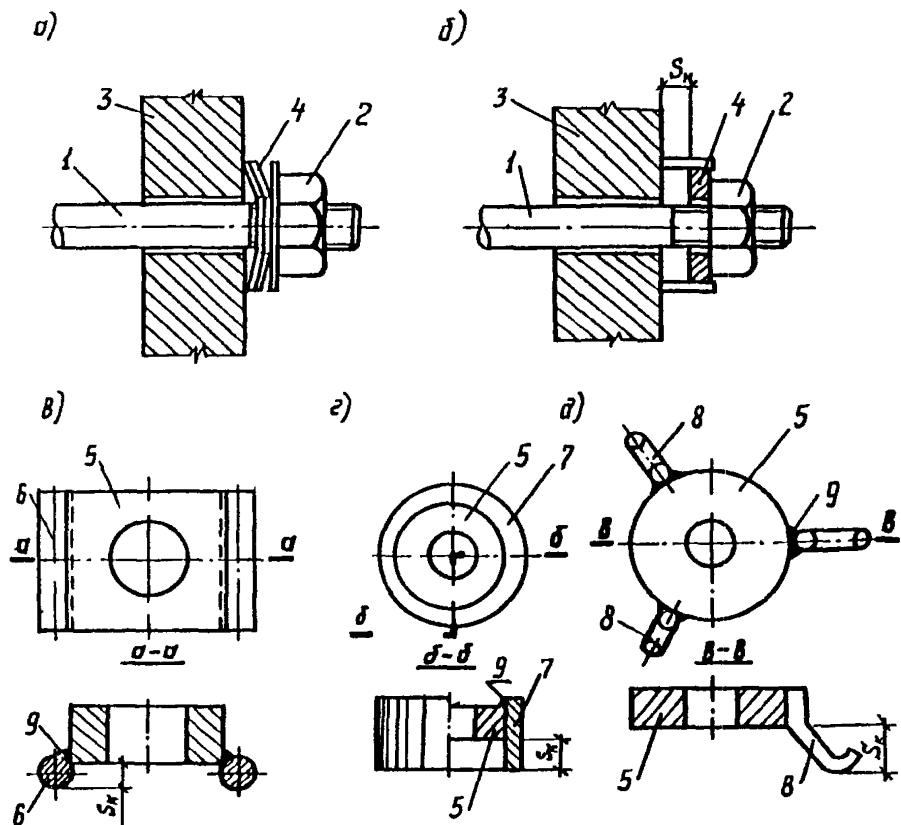


Рис.2. Конструкции компенсаторов в узлах соединения с анкерной плитой или с лицевым элементом

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  $S_k$  орезных компенсаторов (рис.2, б + д) определяется по формуле

$$S_k = \beta \omega \frac{T_k l}{E F_{nr}}, \quad (44)$$

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

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

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

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

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

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

Размеры сварного шва или опорных крюков орезных компенсаторов назначаются на основании испытаний таким образом, чтобы под действием усилия  $T_k$  произошел срез сварного шва или отгиб опорных крюков.

Определение растягивающей силы в анкерной тяге  
при изменении её температуры

14. Растягивающая сила  $\Delta T_{\zeta}$  в анкерной тяге, вызванная изменением температуры тяги, определяется по формуле

$$\Delta T_{\zeta} = \frac{\alpha_{\zeta} \Delta E F_{nr}}{l \omega \cos \alpha}, \quad (46)$$

где  $\alpha_{\zeta}$  - коэффициент температурного расширения материала, принимаемый для стальных и железобетонных тяг равным  $1 \cdot 10^{-5} \frac{1}{град.}$ ;

$E, F_{nr}, \omega, \alpha$  - те же значения, что и в п.5 настоящего дополнения;  
 $l$  - горизонтальная проекция анкерной тяги (рис.3, а);

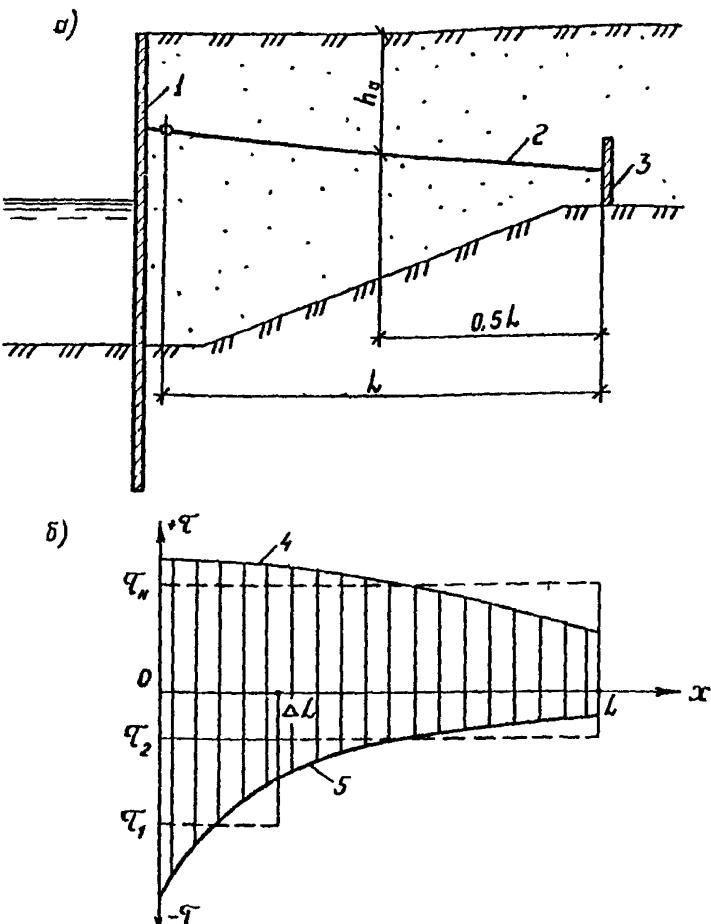


Рис. 3. Схемы к определению  $\Delta T_q$

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,

$$\Omega = (\bar{T}_n - \bar{T}_s) L - (\bar{T}_1 - \bar{T}_s) \Delta L, \quad (47)$$

$\bar{T}_n$  - [осредненная по длине  $L$ ] начальная температура в анкерной тяге во время засыпки ее грунтом;

при отсутствии данных допускается принимать  $\bar{T}_n = \bar{T}_{rp}$ ;

$\bar{T}_{rp}$  - максимально возможная температура грунта в иле на глубине 1 м, определяемая по рис.4;

$\bar{T}_1, \bar{T}_s$  - средние минимальные температуры в анкерной тяге во время эксплуатации набережной соответственно на участке длиной  $\Delta L$ , и на участке  $(L - \Delta L)$ , определяемые соответственно по формулам:

для набережных из стального шпунта

$$\bar{T}_s = 0,25 (3\bar{T}_s + \bar{T}_n), \quad (48)$$

для набережных из железобетона

$$\bar{T}_s = 0,25 (3,5\bar{T}_s + 0,5\bar{T}_n); \quad (49)$$

для набережных из стального шпунта или железобетона

$$\bar{T}_s = \bar{T}_n - (\bar{T}_n - \bar{T}_c) \sqrt[3]{\frac{h_a}{h_T}}; \quad (50)$$

$\bar{T}_n$  и  $\bar{T}_c$  - 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-

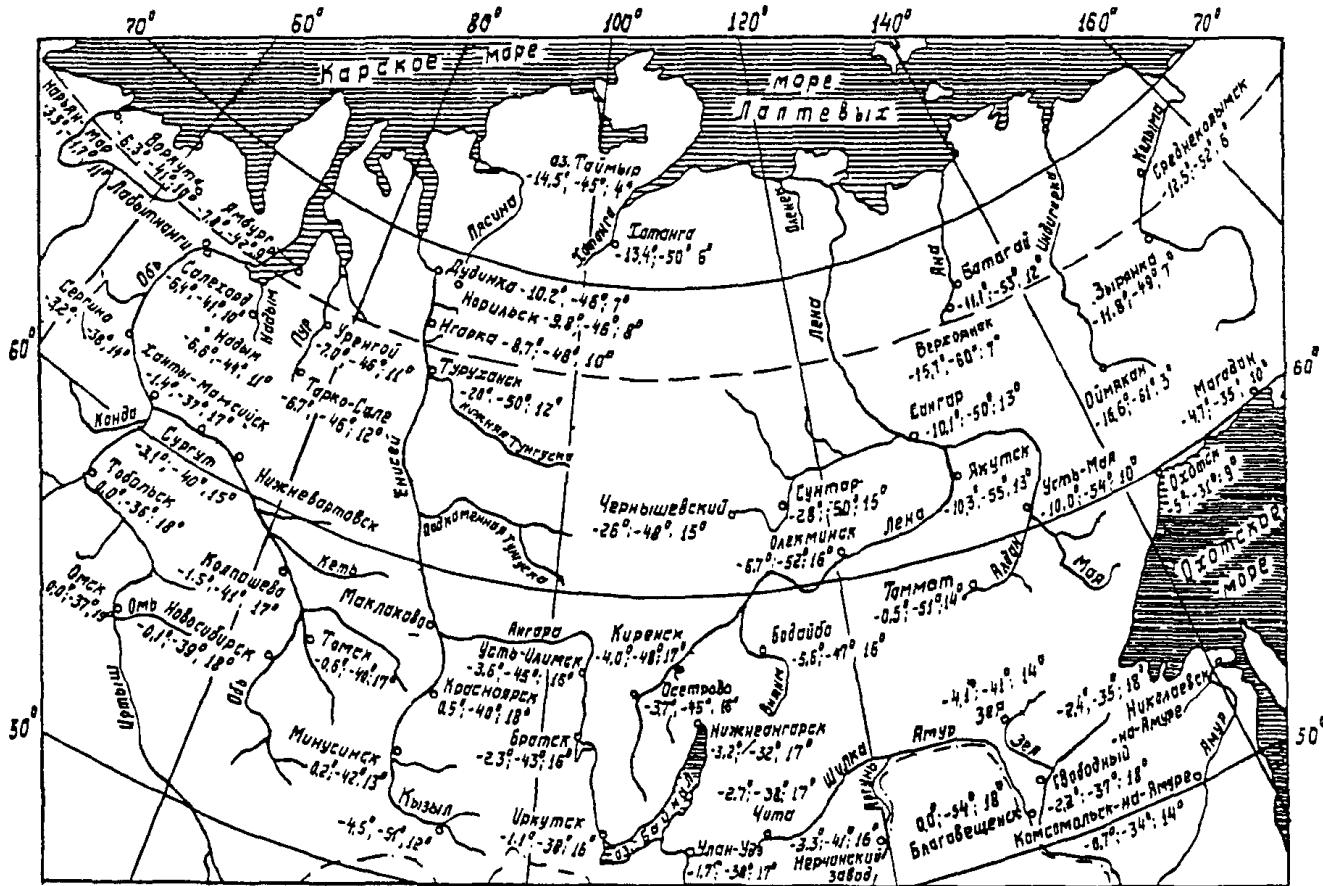


Рис. 4. Схема речных путей с указанием расчетных температур соответственно  $\tau_c$ ,  $\tau_n$ ,  $\tau_{cr}$

людятся значительные сезонные изменения температуры грунта засыпки; при отсутствии теплоизоляции грунта допускается принимать  $h_{\tau} = 3$  м;

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

$$S = \sum_i h_i \gamma_i , \quad (51)$$

где  $h_i$  - средняя толщина  $i$ -го слоя грунта засыпки с одинаковыми  $\gamma_i$ : 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;

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

$$\gamma_i = \frac{\epsilon_{h_i} - \epsilon_{h_i}}{\epsilon_{h_i} + 1} ; \quad (52)$$

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

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

$\xi_{K_1}$  и  $K_{K_1}$  – коэффициенты соответственно пористости и уплотнения i-го слоя грунта после его дополнительного самоуплотнения в процессе эксплуатации набережной;  
п – количество слоев грунта в пределах засыпки с разными коэффициентами  $\xi$ .

При отсутствии данных или аналогов допускается принимать  $K_1$  по табл.5, а  $K_{K_1} = 0,88 \pm 0,9$ .

Таблица 5

| Способ укладки и уплотнения песчаного грунта засыпки                                    | Значения $K_1$  |
|---|-----------------|
| 1. Отсыпка насухо без уплотнения, укладка бульдозером                                   | $0,75 \pm 0,80$ |
| 2. Отсыпка насухо с последующим глубинным виброуплотнением или о бильным проливом водой | $0,80 \pm 0,85$ |
| 3. Замыв гидромеханизацией, омыв из резерва гидромонитором:                             |                 |
| под уровень воды  | $0,85 \pm 0,90$ |
| выше уровня воды  | $0,88 \pm 0,95$ |
| 4. Послойная укладка с уплотнением виброкатком или поверхностным вибратором             | $0,87 \pm 0,90$ |

С О Д Е Р Ж А Н И Е

|   | Стр. |
|---|------|
| Общие положения   | 3    |
| Определение усилий в анкерных тягах   | 4    |
| Расчёт прочности анкерных тяг   | 19   |
| Расчёт компенсаторов  | 20   |
| Определение растягивающей силы в анкерной тяге при изменении её температуры | 22   |
| Определение осадок грунта засыпки   | 26   |