МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО РАСЧЕТУ И ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ АНКЕРНЫХ УДЕРЖИВАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Москва 1981

gost.e-ecolog.ru

Министерство транспортного строительства

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО РАСЧЕТУ И ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ АНКЕРНЫХ УДЕРЖИВАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Одобрены Минтрансстроем

Москва 1981

УДК 624.023.843.04(075.5)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ И ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ АНКЕРНЫХ УДЕРЖИВАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ. Союздорнии. М., 1981.

Обобщены результаты научно-исследовательских, полевых и экспериментальных работ, выполненных в Союздорнии в 1972-1979 гг.

Приведены основные варианты использования анкерной конструкции. Содержатся рекомендации по расчету и технологии сооружения, требования к материалам и основным элементам анкерной удерживающей конструкции.

В приложениях к настоящим "Методическим рекомендациям" показаны способы закрепления нижнего анкера инъецированием химического или цементопесчаного раствора под давлением и дан пример расчета анкерной конструкции.

Табл. 9, рис. 6.

© Союздорнии, 1981 г.

УДК 624.023.943.04(075.5)

Предисловие

"Методические рекомендации по расчету и технологии сооружения анкерных удерживающих конструкций" разработаны на основе результатов полевых, лабораторных и теоретических исследований, выполненных в Союздорнии в 1972-1979 гг. Они предназначены для проектных организаций и содержат рекомендации по расчету и технологии сооружения анкерных конструкций, а также требования к материалам и основным элементам конструкции.

Настоящие "Методические рекомендации" разработали канд.техн.наук Э.М.Добров (разделы 1,2), инж. Ю.В.Пудов (разделы 1-4, приложения 1,2) и канд.техн. наук М.И.Шейнцвит (разделы 1,3).

Замечания и пожелания по работе просьба направлять по адресу: 143900, Московская обл., Балашиха-6, Союздорнии.

Общие положения

1. Анкерная конструкция состоит из одного или нескольких рядов анкерных затяжек, обычно располагаемых поперек оползневого склона.

Анкерная затяжка обычно представляет собой анкерную железобетонную плиту и анкерную тягу (рис.1). В качестве анкерной тяги используют пучки высокопрочной арматуры, снабженные верхним анкером. Нижнюю часть пучка заделывают в устойчивые, расположенные ниже поверхности скольжения оползня, грунты. Для повышения прочности заделки пучок может быть снабжен нижним анкером.

2. Анкерная конструкция (в отличие от известных конструкций подпорных стен, буронабивных свай и т.п. позволяет прижать смещающуюся массу грунта к устойчивым грунтам; тем самым создается упорная грунтовая призма, воспринимающая давление расположенных выше по склону оползневых масс грунта.

Гибкая анкерная тяга в случае неожиданного смещения оползневых масс, вызванного строительством ка-



Рис. 1. Схема работы анкерной конструкции:
1 – верхний анкер; 2 – железобетонная анкерная плита; 3 – анкерная тяга из высокопрочной арматуры; 4 – оползневые грунты; 5 – поверхность скольжения; 6 – нижняя анкерная заделка; 7 – устойчивые грунты

ких-либо сооружений или сильным динамическим воздействием (взрыв, землетрясение и т.п.), прижимает оползневые грунты к устойчивым породам со все возрастающим усилием, т.е. обладает эффектом самоанкеровки".

3. Анкерную конструкцию можно устраивать как с предварительным натяжением анкерных тяг, так и без него. Предварительное натяжение анкерных тяг позволяет полностью исключить дальнейшие подвижки оползня при определенной величине оползневого давления. При необходимости устраивать анкерную конструкцию с частичным предварительным натяжением или без него, т.е. с учетом проявления эффекта самоанкеровки, анкерную конструкцию следует рассчитывать в каждом конкретном случае по специальным рекомендациям Союздорнии.

4. Анкерную конструкцию следует применять для укрепления оползней, имеющих форму нарушения устойчивости в виде скольжения и обрушения со срезом и вращением, т.е. в случаях, когда поверхность скольжения известна или точно установлена.

5. Анкерные конструкции используют для укрепления откосов выемок; откосов насыпей земляного полотна автомобильных дорог; оползневого склона перед устройством земляного полотна автомобильной дороги или в процессе его устройства.

6. Виды конструкций укрепления откосов насыпей и выемок: сборные или монолитные заанкеренные решетчатые конструкции (рис.2,а); монолитные заанкеренные железобетонные плиты; отдельные плиты, распределенные по поверхности откоса (рис.2,б), назначают в зависимости от величины расчетного оползневого давления, а также от прочностных свойств оползневых масс грунта и грунтов, расположенных ниже поверхности скольжения.

7. При устройстве земляного полотна автомобиль-

ных дорог на оползневых склонах рекомендуется использовать анкерную конструкцию в виде отдельных плит, устанавливаемых в несколько рядов поперек оползневого массива (рис.2,в), чтобы исключить смещение оползневого массива как во время строительства автомобильной дороги, так и при ее эксплуатации.

8. Чтобы закрепить расположенный выше земляного полотна автомобильной дороги по склону (за пределами полосы отвода) оползневый массив, рекомендуется использовать "эффект самоанкеровки", т.е. устраивать анкерную конструкцию без предварительного натяжения или с частичным натяжением анкерных тяг.

9. Анкерные конструкции в сочетании с решетчатыми конструкциями или пневмонабрызгом по металличе-

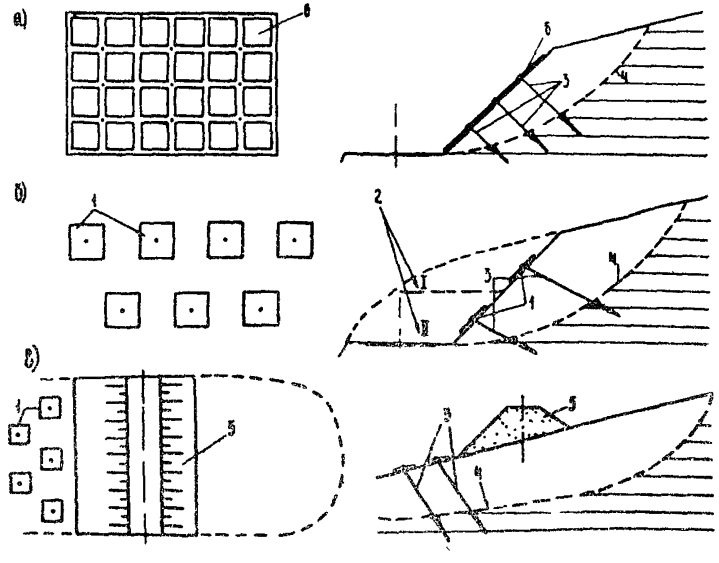


Рис.2. Виды анкерных конструкций (а,б,в):

1 - анкерные плиты; 2 - этапы разработки и закрепления откоса выемки; 3 - анкерные тяги; 4 - поверхность скольжения; 5 - насыпь; 6 - решетчатая железобетонная плита

ской сетке могут быть использованы для повышения местной устойчивости откосов насыпей и выемок. При этом откосы следует укреплять постепенно, ярусами, что, сокращая объем земляных работ, значительно упрощает организацию труда.

10. Если оползневые грунты представлены сильно переувлажненными глинистыми грунтами, то перед устройством анкерной конструкции оползневые грунты необходимо осушать.

11. Во всех случаях вид анкерной конструкции для укрепления земляного полотна автомобильных дорог следует выбирать на основе технико-экономического сравнения вариантов, исходя из условия минимума строительных и эксплуатационных затрат при требуемом коэффициенте запаса устойчивости.

12. Поверхность оползневого массива необходимо спланировать, а место установки анкерных плит с верховой стороны оползня защитить водоотводными канавами, чтобы исключить попадание воды под анкерные плиты.

Расчет анкерной конструкции

13. Предлагается такая последовательность расчета анкерной конструкции (общий случай):

оценивают степень устойчивости оползневого массива при наиболее неблагоприятных погодно-климатических условиях и определяют расчетную оползневую нагрузку J, приходящуюся на 1 м ширины оползневого массива и учитывающую требуемое (из условия сохранения длительной устойчивости) значение коэффициента запаса $K_{зап}$;

рассчитывают анкерное усилие R, необходимое для полного восприятия расчетной оползневой нагрузки J;

определяют общее анкерное усилие $R_{общ}$ с учетом

ширины B оползневого массива, т.е. усилие, необходимое для стабилизации всего массива, расположенного выше места установки анкерных затяжек;

назначают конструкцию анкерной тяги и расчетное усилие предварительного натяжения;

определяют безопасную удельную нагрузку $P_{без}$ от анкерной плиты на грунты оползневого массива;

выбирают конструкцию анкерной плиты;

определяют требуемое усилие предварительного натяжения анкерной тяги $\Omega_т$ с учетом осадки S анкерной плиты и деформативных свойств материала анкерной тяги;

оценивают потери предварительного натяжения от релаксации напряжений в арматуре и деформации анкеров;

определяют допустимую удельную нагрузку $P_{доп}$ от анкерной плиты на грунты оползневого массива;

в необходимых случаях уточняют размеры анкерной плиты и требуемое усилие предварительного натяжения анкерной тяги $\Omega_т$;

устанавливают количество анкерных затяжек n и места их размещения в плане откоса или склона;

назначают конструкцию и производят расчет нижней анкерной заделки.

14. Степень устойчивости оползневого массива следует оценивать для склонов и откосов с наиболее вероятной формой оползневой деформации в виде обрушения со срезом и вращением - по методу круглоцилиндрической поверхности скольжения, а для случаев с фиксированной поверхностью скольжения - по методу горизонтальных сил.

15. В случае применения метода горизонтальных сил Маслова-Берера расчетную оползневую нагрузку J определяют по формуле

$$J = k_{зап}\left[\Sigma(\pm H)+\Sigma W_{\Phi}\cos\beta_{\Phi}\right]-\Sigma T, \qquad (1)$$

где

$$T = H - R = P\left[\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}(\alpha - \Psi_p)\right], \qquad (2)$$

$$W_\varphi = \beta_\varphi \omega_i ; \qquad (3)$$

H – распор (нагрузка на стенку расчетного блока при ширине блока 1 м и отсутствии в грунте между блоками сил трения и сцепления), Н ;

W_φ – фильтрационное давление грунтовых вод, Н ;

β_φ – направление действия фильтрационной силы W_φ, совпадающее с углом наклона кривой депрессии в расчетном блоке, град.;

T – часть распора, воспринимаемая трением и сцеплением грунта по поверхности скольжения, Н ;

R – непогашенная (активная) часть распора, Н ;

P – вес расчетного блока, Н ;

α – угол наклона поверхности скольжения расчетного блока к горизонту, град.;

Ψ_p – угол сопротивления сдвигу на поверхности скольжения, град., при нормальном напряжении $P_н = \gamma_w h$, Па,

$$\Psi_p = \operatorname{arctg}\left(\operatorname{tg}\varphi_w + \frac{C_w}{P_н}\right);$$

ω – площадь сечения потока воды в плоскости чертежа, м^2;

i – гидравлический градиент, действующий в пределах расчетного блока;

γ_w – объемный вес грунта, Н/м^3;

h – средняя высота расчетного блока, м;

φ_w – угол внутреннего трения грунта, град.;

C_w – сцепление грунта, Па.

16. При расчете по методу круглоцилиндрической по-

верхности скольжения расчетную оползневую нагрузку J следует определять по формуле

$$J = k_{зап} \Sigma T_i - (\Sigma N_i + CL), \qquad (4)$$

где $\Sigma T_i = \Sigma P_i \sin \alpha_i$ – сумма сдвигающих сил, Н;

$\Sigma N_i = \Sigma P_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi$ – сумма удерживающих сил, Н;

C – сцепление грунта в зоне поверхности скольжения, Па;

L – длина поверхности скольжения, м;

P_i – вес расчетного блока, Н;

α_i – угол наклона поверхности скольжения, град.;

φ – значение угла внутреннего трения оползневых грунтов в зоне поверхности скольжения, град.

При оценке степени устойчивости склона или откоса, полностью находящегося в подводном состоянии, вес грунтовой толщи P_i следует определять с учетом взвешивания.

17. При наличии фильтрационного давления расчетную оползневую нагрузку J определяют по выражению

$$J = k_{зап} \Sigma P_i \sin \alpha_i - (\Sigma P_{iв} \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi + CL), \qquad (5)$$

где $P_{iв}$ – вес грунтовой толщи, заключенной между кривой депрессии и поверхностью скольжения, определяемый с учетом взвешивания, Н.

18. Для случая скольжения оползневого массива по плоской, не имеющей переломов поверхности скольжения расчетную оползневую нагрузку J с учетом фильтрационного давления W_φ и влияния напорных вод следует определять по формуле

$$J = k_{зап} (\gamma_w h \omega_1 \sin \alpha + W_\varphi) - [(\gamma_w h \omega_1 \cos \alpha - \rho_в h_в \omega_1) \operatorname{tg} \varphi_w + C\omega], \qquad (6)$$

где h – средняя высота расчетного блока, м;
ω_1 – площадь подошвы блока, $м^2$;
$\rho_в$ – объемный вес воды, $Н/м^3$;
$h_в$ – уровень напорных вод, м.

18. Минимальное требуемое значение коэффициента запаса устойчивости $k_{зап}$ при гарантированных значениях сдвиговых характеристик грунта для указанных выше случаев расчета составляет 1,3. При предварительных расчетах с использованием табличных данных коэффициент запаса устойчивости следует повышать не менее чем на 10%.

20. При оценке степени устойчивости склонов и откосов, характеризующихся наличием бровок срывов или иных форм нарушения первоначального состояния, расчетную оползневую нагрузку J следует определять из условия равенства общего сцепления связности породы, если оно присуще рассматриваемому грунту, т.е. $C=\Sigma_w$. Величину Σ_w определяют при сдвиговых испытаниях в лаборатории монолитов грунта, отобранных в зоне поверхности скольжения, по методу "сдвига плашек".

21. Анкерное усилие R, необходимое для полного восприятия расчетной оползневой нагрузки J, рассчитывают по формуле

$$R=\frac{J}{\sin\beta+\cos\beta\,tg\varphi}, \qquad (7)$$

где β – угол наклона анкерной тяги от нормали к плоскости скольжения (см.рис.1), град.

22. При назначении угла наклона анкерной тяги β следует учитывать, что наиболее интенсивный рост удерживающей способности анкерной конструкции происходит при величине β, превышающей 13°.

23. Величину общего анкерного усилия $R_{общ}$ определяют по выражению $R_{общ}=RB$, где B – ширина оползневого массива, м.

24. На основании полученных значений Ω и $\Omega_{общ}$ и требований "Технических указаний по проектированию, изготовлению и монтажу составных по длине мостовых железобетонных конструкций" ВСН 98-74 (Союздорнии. М., 1975) назначают конструкцию анкерной тяги и расчетное усилие предварительного ее натяжения Ω_p. Во всех случаях величина Ω_p не должна превышать величины расчетного сопротивления напрягаемой арматуры в стадии эксплуатации, установленного "Указаниями по проектированию железобетонных и бетонных конструкций железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб" СН 365-67 (М., Стройиздат, 1967) и "Техническими указаниями по применению стальных канатов для армирования предварительно напряженных конструкций железобетонных мостов" ВСН 71-70 (М., Оргтрансстрой. 1970).

25. Площадь анкерной плиты F назначают по величине безопасного удельного давления $P_{без}$ на грунт:

$$F=\frac{\Omega_p}{P_{без}}, \qquad (8)$$

где

$$P_{без}=\frac{\frac{\pi C}{tg\varphi}}{ctg\varphi+0{,}0174\varphi-\frac{\pi}{2}} \qquad (9)$$

26. При назначенном расчетном усилии предварительного натяжения анкерной тяги Ω_p и площади анкерной плиты F определяют требуемое усилие натяжения анкерной тяги $\Omega_т$ с учетом осадки анкерной плиты и деформативных свойств материала анкерной тяги

$$\Omega_т=\Omega_p\left[1+\frac{\omega_m\delta(1-\mu_a^2)E_aF_a}{E_oF\ell}\right], \qquad (10)$$

где ω_m – коэффициент, зависящий от жесткости плиты, отношения m длины плиты ℓ к ее ширине b и отношения толщины сжимаемого слоя h_z к ширине плиты b (табл.1);

μ_o – коэффициент бокового расширения грунта;

E_a – модуль упругости арматуры, Па;

F_a – площадь поперечного сечения арматуры анкерной тяги, м^2;

E_o – модуль общей деформации грунта, Па;

ℓ – длина анкерной тяги (от верха анкерной плиты до поверхности скольжения), м.

Таблица 1

Отношение толщины сжимаемого слоя к ширине плиты h_z/b	Значения коэффициента ω_m при форме подошвы плиты и разных значениях m			
	квадратной	прямоугольной		
	$m=1$	$m=2$	$m=3$	$m=10$
0,25	0,12	0,12	0,13	0,13
0,5	0,22	0,24	0,24	0,25
0,75	0,31	0,34	0,34	0,35
1,0	0,39	0,43	0,44	0,46
1,5	0,53	0,59	0,61	0,63
2,0	0,62	0,70	0,73	0,77
2,5	0,69	0,79	0,83	0,89
3,0	0,72	0,87	0,92	1,00
4,0	0,77	0,96	1,04	1,15
5,0	0,80	1,03	1,13	1,27
7,0	0,84	1,10	1,23	1,45
10,0	0,87	1,16	1,31	1,62
20,0	0,91	1,23	1,42	1,90
50,0	0,93	1,27	1,48	2,10
	0,95	1,30	1,53	2,25

27. На основании полученного значения Ω_T по СН 365-67 и ВСН 98-74 определяют величину потерь

предварительного натяжения от релаксации напряжений в арматуре и деформации верхнего анкера. При этом общее (с учетом потерь) предварительное усилие натяжения анкерной тяги не должно превышать предельной величины, установленной СН 365-67 и ВСН 71-70 для стадии создания предварительного натяжения, а удельное давление анкерной плиты на грунт - допустимой нагрузки $P_{доп}$, определяемой по выражению

$$p_{доп} = \frac{\pi \gamma_{ср} \left(b \operatorname{tg}\varphi + \frac{c}{\gamma_{ср} \operatorname{tg}\varphi} \right)}{\operatorname{ctg}\varphi + 0{,}0174\varphi - \frac{\pi}{2}}. \qquad (11)$$

При несоблюдении условия (11) необходимо уточнить размеры анкерной плиты и величину требуемого усилия предварительного натяжения анкерной тяги $Q_т$.

28. Расчет анкерных железобетонных плит следует производить в соответствии с требованиями СН 365-67. Во всех случаях такой расчет должен содержать расчет на продавливание от действия силы $Q_т$, равномерно распределенной по ограниченной площади, определяемой размерами верхнего анкерного крепления.

29. Необходимое количество анкерных затяжек n определяют по формуле

$$n = \frac{Q_{общ}}{Q_т}. \qquad (12)$$

Анкерные затяжки устанавливают в один или несколько рядов поперек оползневого массива. Расстояние ℓ' между рядами анкерных затяжек принимают таким, чтобы обеспечить удобство работ (бурение скважин, монтаж плит), но не более 3,5 b, где b - ширина анкерной плиты.

30. При расчете глубины заделки нижнего анкера z в случае уширения нижней части скважины следует исходить из условия

$$\Omega_\tau \cdot k'_{зап} = \pi R^2 \left[A_1 C' + \gamma_{ср}(h+z)\right] + 2\pi r z'' \left[\gamma_{ср}\left(h+\frac{z''}{2}\right)\xi_1 \operatorname{tg}\varphi_к + C_к\right], \quad (13)$$

где

$$A_1 = \frac{2}{\cos\varphi' - (1-\sin\varphi')\operatorname{tg}\varphi'}; \quad (14)$$

$$z'' = z - \frac{R}{\operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right)}; \quad (15)$$

$K'_{зап}$ – коэффициент запаса, учитывающий неоднородность грунтов коренных пород; $K'_{зап}=1,20$;

R – радиус уширенной части скважины, м;

$\gamma_{ср}$ – средний объемный вес грунта, Н/м^3;

h – толщина оползневых накоплений, м;

r – радиус скважины, м;

C' – сцепление грунта в зоне над уширенной частью скважины, Па;

$\xi_1 = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right)$ – коэффициент бокового давления;

φ' – угол внутреннего трения грунта, расположенного ниже поверхности скольжения, град.;

$\varphi_к, C_к$ – угол внутреннего трения и сцепление на контакте грунта с поверхностью свайной части анкерной заделки соответственно.

31. В случае закрепления нижнего анкера лишь за счет трения грунта по поверхности свайной заделки, образованной при твердении цементопесчаного раствора, залитого в скважину до поверхности скольжения оползня, глубину заделки следует рассчитывать по формулам

$$\Omega_\tau K_{зап} = 2\pi r z \left[\gamma_{ср}\left(H+\frac{z}{2}\right)\xi_1 \operatorname{tg}\varphi_к + C_к\right], \quad (16)$$

или, в случае наклонного расположения анкерной заделки,

$$\Omega_\tau K_{зап} = 2\pi r z \left[\gamma_{ср}\left(H+\frac{z}{2}\right)\xi_1 \operatorname{tg}\varphi_к \cos\beta + C_к\right], \quad (16')$$

где β – угол наклона анкерной тяги.

При закреплении нижнего анкера путем нагнетания раствора под давлением величину r следует принимать равной среднему радиусу закрепления.

32. При закреплении нижнего анкера в скальных грунтах глубину заделки z можно рассчитывать по формуле

$$z = \frac{Q_т K_{зап}}{2\pi r R_{сц}}, \qquad (17)$$

где $R_{сц}$ – сцепление цементопесчаного раствора со стенками скважины.

Технология сооружения анкерной конструкции

33. При устройстве анкерной затяжки рекомендуется следующая очередность работ (общий случай)[x]:

подготовительные работы;

бурение скважины на расчетную глубину буровыми станками любого типа, обеспечивающими заданный угол наклона скважины и необходимый для производства работ диаметр скважины;

устройство в необходимых случаях в нижней части скважины уширения для закрепления нижнего анкера;

введение в скважину пучка высокопрочной проволоки или стержневой арматуры с нижним анкером;

закрепление нижнего анкера в скважине цементо-песчаным раствором или химическими смолами;

заполнение верхней части скважины битумной мастикой или глиной;

---

x) Очередность работ может меняться в зависимости от принятой схемы закрепления нижнего анкера.

устройство в необходимых случаях щебеночной распределительной подушки под анкерную плиту;

установка анкерной плиты над устьем скважины с пропуском пучка проволоки через центральное отверстие анкерной плиты;

установка стальной распределительной плиты и обоймы верхнего анкера;

установка гидродомкрата и натяжение анкерной тяги с закреплением ее в верхнем анкере;

снятие гидродомкрата и обрезка арматуры;

изоляция верхнего анкерного закрепления от атмосферных воздействий.

34. Подготовительные работы включают очистку участка от растительности, планировку поверхности откоса или склона перед проведением буровых и монтажных работ, устройство дренажных и нагорных канав, предназначенных для отвода поверхностных вод с рабочей площадки, а также изготовление анкерных плит (если их не изготавливают непосредственно на месте производства работ), нижних анкеров, верхних анкерных креплений и анкерных тяг.

35. Изготовление анкерных тяг предусматривает обрезку арматуры и сборку ее в отдельные пряди, а также установку на конце анкерной тяги нижнего анкера. При сборке анкерной тяги производятся работы по антикоррозийной защите верхней части анкерной тяги: пропитка битумной или тиоколовой мастикой и последующее ее заключение в резиновую или поливинилхлоридную оболочку (рис.3). Длину защитной оболочки следует назначать таким образом, чтобы ее нижний конец располагался на 0,5–0,6 м ниже поверхности скольжения оползня, а верхний конец не доходил до верха анкерной плиты на величину осадки плиты, определяемую расчетом.

36. Длину анкерной тяги L (см.рис.3) следует принимать

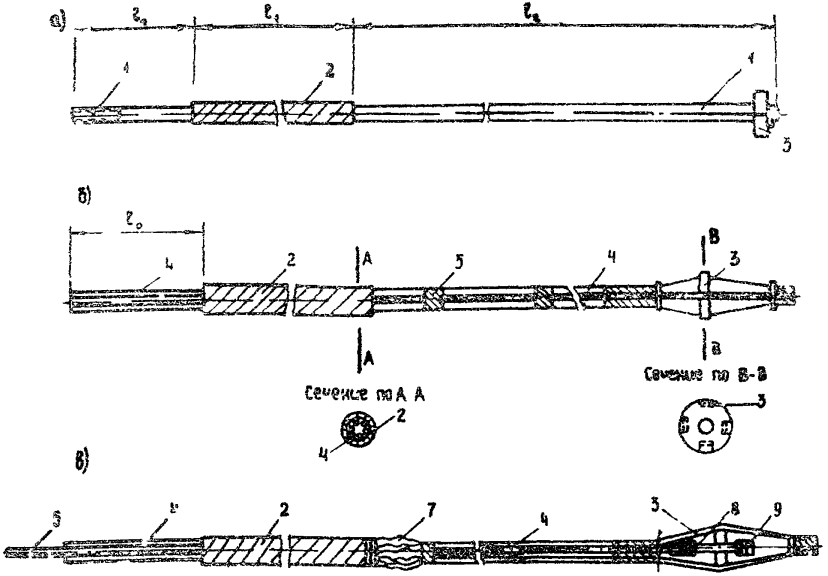


Рис. 3. Анкерная тяга из стержневой арматуры (а) и из пучка высокопрочной проволоки (б,в):

1 – стержневая арматура; 2 – часть анкерной тяги, пропитанная битумной мастикой и заключенная в полихлорвиниловую оболочку или резиновый шланг; 3 – нижний анкер; 4 – пучок высокопрочной проволоки; 5 – металлическая скрутка; 6 – центральная резиновая или полихлорвиниловая трубка; 7 – сальник; 8 – обратный клапан; 9 – пробка

$$L = \ell_0 + \ell_1 + \ell_2 , \qquad (18)$$

где

$$\ell_0 = h_1 + h_2 + h_3 + к ;$$

h_1 – толщина анкерной плиты, м;

h_2 – высота щебеночной подушки, м;

h_3 – высота верхнего анкерного крепления, м;

к – необходимая длина пучка проволоки для заправки его в гидродомкрат, назначаемая исходя из технических характеристик гидродомкрата, м;

ℓ_1 – длина анкерной тяги от поверхности грунта до поверхности скольжения оползневого массива +0,5 м;

ℓ_2 – глубина заделки нижнего анкера, м.

37. Чтобы исключить коррозию высокопрочной арматуры, сборку анкерных тяг следует производить на специальных монтажных столах под навесом. Изготовление анкерных тяг должно опережать буровые работы, чтобы не допускать разрыва во времени между окончанием буровых работ и введением в скважину анкерной тяги.

38. Минимальный диаметр скважины, необходимый для устройства анкерной затяжки, составляет 50мм. Однако при назначении диаметра скважины и при выборе типа бурового оборудования следует учитывать, что при закреплении нижнего анкера в скважине без ее уширения глубина его заделки в коренные породы существенно уменьшается при увеличении диаметра скважины.

39. Наиболее простой схемой закрепления нижнего анкера является омоноличивание этого анкера, представляющего собой шайбу с гайкой (в случае использования стержневой арматуры) либо каркасно-стержневой анкер МИИТа (в случае применения пучков высокопрочной проволоки), цементопесчаным раствором с передачей усилия от анкера через раствор на стенки скв-

жины. В этих случаях анкер удерживается на месте только вследствие сцепления раствора со стенками скважины.

40. В случаях, когда грунты, расположенные ниже поверхности скольжения, не обладают достаточной прочностью, что приводит к необходимости чрезмерно увеличивать глубину заделки нижнего анкера, рекомендуется устраивать последний в скважинах с уширением. Уширение скважины можно производить как путем камуфлетного взрывания, так и с помощью специальных буровых наконечников серийно выпускаемых отечественной промышленностью.

Уширение скважины камуфлетным взрыванием во всех случаях следует производить по специальному проекту с соблюдением требований "Единых правил безопасности при взрывных работах" (М., Госгортехиздат, 1963).

41. Сразу после окончания бурения скважин и устройства в необходимых случаях уширения в скважину осторожно вводят анкерную тягу, чтобы не допустить ее сильной деформации (искривления). Для исключения соприкосновения анкерной тяги со стенками скважины необходимо устраивать специальные направляющие (рис.4), а конец анкерной тяги, чтобы предотвратить попадание грунта внутрь скважины, должен иметь направляющий конус из антисептированной древесины, оцинкованного железа или пластмассы.

42. После установки анкерной тяги в скважине нижнюю часть последней (до поверхности скольжения оползня) заполняют цементопесчаным или цементным раствором. Раствор в скважины для закрепления нижнего анкера можно подавать различными способами, зависящими от угла наклона, глубины и диаметра скважины, а также консистенции применяемого раствора.

Для нисходящих скважин при длине до 20 м и диаметре не менее 150 мм можно использовать способ свободной заливки раствора.

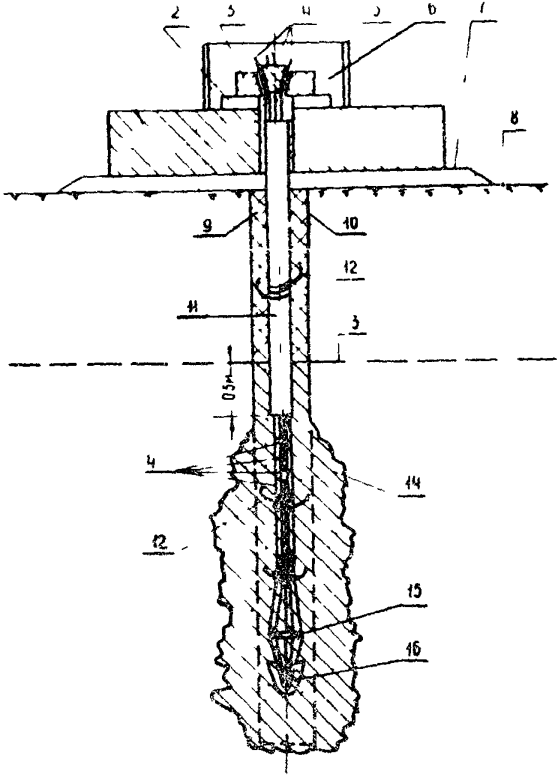


Рис. 4. Конструкция анкерной затяжки:

1 – анкерная плита; 2 – распределительная плита; 3 – верхний анкер 4 – высокопрочная проволока; 5 – опалубка; 6 – дементопесчаный раствор; 7 – щебеночная подушка; 8 – поверхность грунта; 9 – битум; 10 – скважина; 11 – резиновый или полихлорвиниловый шланг; 12 – направляющие; 13 – поверхность скольжения; 14 – инъекционный раствор; 15 – нижний анкер; 16 – направляющий конус;

▭ оползневые грунты,

▭ коренные породы;

Для закрепления нижнего анкера в трещиноватых коренных породах рекомендуется применять инъецирование цементного или цементопесчаного раствора под давлением (приложение 1). Раствор, проникающий в поры и трещины коренных пород вокруг скважины, создает цементированную зону, прочно закрепляющую нижний анкер.

43. При закреплении нижнего анкера нагнетание раствора под давлением необходимы растворосмесители (табл.2), растворонасосы (табл.3), нагнетательные трубопроводы, регулировочная и измерительная аппаратура.

Наиболее перспективным для дорожного строительства является использование передвижных цементационных установок (табл.4).

Таблица 2

Тип растворосмесителя	Характеристики растворосмесителя						
	Вместимость, $м^3$	Средняя производительность, $м^3$/смену	Мощность электродвигателя, Вт	Масса, т	Габариты, мм		
					Длина	Ширина	Высота
С-220	0,150	26	2800	1,300	1870	1660	2080
С-220А	0,150	26	3200	1,050	1770	1485	2050
С-219	0,325	45	4300	2,180	1890	2250	2370
С-289	0,325	45	4300	2,175	1975	2215	2585

44. Чтобы избежать обрушения стенок скважины, цементный раствор необходимо нагнетать непосредственно после установки анкерной тяги в скважину. Чтобы раствор не расслаивался, его следует инъецировать в скважину непрерывно; в соответствии с этим типы растворонасоса и растворосмесителя нужно подбирать для каждого отдельного случая по производительности.

45. При наличии в оползневом массиве грунтовых

Таблица 3

Растворонасосы	Характеристики растворонасоса						
	Производительность, м³/ч	Рабочее давление, МПа	Мощность двигателя, Вт	Масса, т	Габариты, мм		
					Длина	Ширина	Высота
Поршневой, типа							
ЗИФ 200/40	12	4,0	20000	0,75	1450	500	1550
ЗИФ 100/30	6	3,0	7500	0,56	1435	840	1090
ГГН-2	12	4,0	14000	0,49	1700	695	788
Р-200/40	12	4,0	-	0,80	1650	870	1550
НЦП-1	33	8,0	-	1,25	2110	1100	1250
НГ-80	57	4,0	-	1,50	2100	1080	780
Диафрагменный, типа							
С-251	1	1,9	1200	0,13	820	445	760
С-263	3	1,6	2200	0,13	820	445	760
С-317	6	1.5	5800	-	1200	560	100

Таблица 4

Тип цементационной установки	Тип растворонасоса	Характеристики растворонасоса	
		Производительность, $м^3/ч$	Рабочее давление, МПа
ЦА-150	Е-11-250	6,6-17,0	15,0-5,0
ЦА-151	НЦП-2	2,2-24,8	30,0-2
ЦА-2.9/150	НЦ-2	4,4-14,8	15,0-5,0
ЦА-1/150	1Т	4,0-18,5	15.0-3,0
ЦА-1.68/150	2Ц2	17,5	8,0

Примечание. Базовый автомобиль - ЯАЗ-210.

вод стенки скважины (до поверхности скольжения оползня) следует укреплять обсадными трубами, извлекаемыми из скважины лишь после закрепления нижнего анкера цементопесчаным раствором.

46. Непосредственно после установки анкерной тяги в скважину и закрепления нижнего анкера верхнюю часть скважины нужно заполнять глиной или битумом, чтобы исключить попадание влаги в скважину и защитить арматуру анкерной тяги от коррозии.

47. Перед началом работ по натяжению анкерных тяг на поверхность анкерной плиты необходимо укладывать металлическую распределительную плиту, размеры которой должны соответствовать требованиям ВСН 98-74 и СН 365-67, с отверстием в центре для пропуска арматуры. Плиту следует укладывать на свежеуложенный слой раствора толщиной 1,5-2 см.

Наиболее целесообразно заделывать распределительную плиту в тело анкерной железобетонной плиты заподлицо с поверхностью последней.

Поверхность металлической распределительной плиты должна быть расположена под прямым углом к продольной оси отверстия в анкерной плите, предназначен-

Таблица 5

Анкерная тяга		Усилие натяжения, кН[x]
Пучок	Анкер	
Из семипроволочных канатов класса К-7 (прядей) диаметром 15 мм[xx]	Конусный стальной	
из 7 прядей		1050
из 12 прядей		1800
из 19 прядей		2850
Из 24 проволок диаметром 5 мм[xxx]	То же	520
Из проволок диаметром 6 мм[xxx]	Высаженные на концах проволок головки в стальных анкерах	
из 24 проволок		700
из 36 проволок		1050
из 65 проволок		1900
Стальные канаты (в соответствии с ВСН 71-70)	Стаканного типа, заливаемые сплавами цветных металлов	До 1050

[x] Соответствует расчетному сопротивлению арматуры на стадии создания предварительного натяжения.

[xx] По ГОСТ 13840-68 "Канаты стальные арматурные 1х7".

[xxx] По ГОСТ 7348-63 "Проволока стальная круглая для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций".

Таблица 6

Вид домкрата	Характеристики домкрата						Масса, кг	
	Максимальное рабочее давление, МПа	Площадь поршня натяжения, см²	Ход поршня натяжения, см	Площадь поршня запрессовки, см²	Ход поршня запрессовки, см	Количество проволок в пучке, шт. (диаметр, мм)	домкрата	домкрата со столиком
Домкрат Союздорнии-Главстроймеханизации грузоподъемностью, т								
30,0	50	71	12	38,5	4	12(5)	35,0	–
60,0	50	113	20	56,5	4	24(5)	75,0	–
90,0	50	176	20–30	95,0	6	18(7)	112,0 125,0	–
120,0	50	254	37	154,0	8	7 прядей (15)	370,0	–
230,0	50	452	37	227,0	8	12 прядей (15)	570,0	–
350,0	50	800	50	380,0	11	19 прядей (15)	1100,0	–
Домкрат ЦНИИС								
60,0	16,5	363	12	–	–	–	–	130,0
90,0	23,5	385	20	–	–	–	–	210,0

ного для пропуска анкерной тяги через анкерную плиту (см.рис.4). Поверхность распределительной плиты в зоне установки колодки верхнего анкерного крепления не должна иметь неровностей и следов ржавчины.

48. В качестве анкерных тяг рекомендуется использовать арматурные пучки и анкеры, применяемые в соответствии с ВСН 98-74 в конструкциях железобетонных мостов (табл.5).

49. Порядок производства работ по изготовлению анкерных тяг, натяжению, контролю натяжения и анкеровке арматурных пучков анкерных тяг принимают в соответствии с указаниями ВСН 98-74. Основные параметры натяжного оборудования приведены в табл.6-8.

Таблица 7

Характеристики насосной станции	Значения характеристик насосной станции к домкратам грузоподъемностью, т	
	60,120 и 200	350
Номинальная производительность, л/мин	1,8	1,8-3,0
Максимальное рабочее давление, МПа	50,0	50,0
Потребляемая мощность, кВт	5,5	5,5
Номинальное число оборотов в минуту	1420	1420
Габариты, мм:		
ширина	720	880
длина	1250	1200
высота	1150	1150
Масса, т	0,3	0,32

Таблица 8

Характеристики подъемника	Значения характеристик подъемника		
Грузоподъемность, т	0,25	0,6	2,0[x)]
Высота подъема и опускания, м	3,0	3,5	–
Вылет стрелы, мм	600	600	–
Габариты, мм:			
ширина	700	1000	–
длина	1750	1900	–
высота	2800	3950	–
Масса, т	0,15	0,26	–

[x)] Электроталь марки ТЭ 2-621 в комплекте с мостовой балкой пролетом 2,18 м.

Требования к материалам

50. Для напрягаемой арматуры анкерной тяги следует применять марки стали в соответствии с требованиями ВСН 71-70, ВСН 98-74 и СН 365-67.

51. Цемент для раствора следует выбирать в зависимости от вида коренных пород и их трещиноватости, устойчивости цемента в агрессивной среде, срока его схватывания и твердения.

При неагрессивных грунтовых водах рекомендуется применять портландцементы марки 400 (не ниже).

При сульфатной агрессии грунтовых вод рекомендуется применять сульфатостойкий и пуццолановый портландцементы.

52. В качестве пластифицирующих добавок рекомендуются ССБ в количестве 0,2% сухого вещества от массы цемента или мылонафт в количестве 0,12-0,15%; при пластифицированных цементах количество добавок долж-

но быть уменьшено до 0,1% (ССБ) и до 0,05–0,07% (мылонафт).

53. Инъецируемые растворы должны иметь оптимальную консистенцию; надежное сцепление с арматурой, анкером и стенками скважин; морозостойкость не ниже Мрз.50; они должны надежно защищать арматуру от коррозии. Марка по водонепроницаемости должна быть не ниже В-8 (ГОСТ 4800–59 "Бетон гидротехнический. Методы испытания бетона"); иметь малую усадку; оседание раствора не должно превышать 2%; прочность раствора при сжатии в 7-суточном возрасте должна быть не менее 200 Па, в 28-суточном – не менее 300 Па.

54. Предельную крупность песка, его качество и зерновой состав следует подбирать с учетом диаметра скважины. Вода для приготовления раствора должна удовлетворять требованиям ГОСТ 4797–69 "Бетон гидротехнический. Технические требования к материалам для его приготовления".

55. Прочность раствора для закрепления нижнего анкера следует определять путем испытания контрольных кубиков размером 20х20х20 см или 15х15х15 см.

56. Натяжение арматуры анкерных тяг без предварительного испытания контрольных кубиков и определения прочности раствора не допускается.

ЗАКРЕПЛЕНИЕ НИЖНЕГО АНКЕРА ПУТЕМ ИНЪЕЦИРОВАНИЯ РАСТВОРА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

При использовании погружного инъектора (рис. 1 данного приложения) для закрепления нижнего анкера

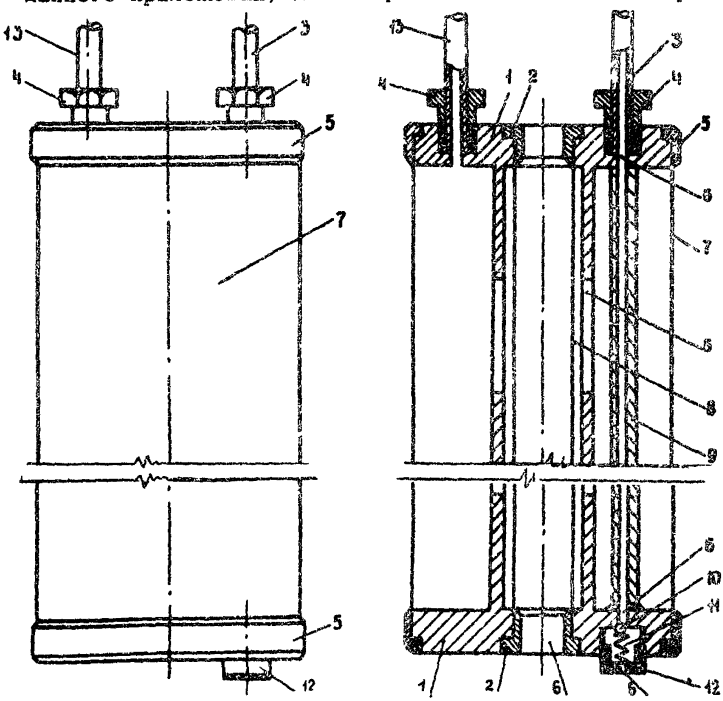


Рис. 1. Схема конструкции инъектора:

1 – металлический корпус инъектора; 2 – резьбовая втулка; 3 – нагнетательный трубопровод; 4 – штуцер; 5 – накидная гайка; 6 – отверстие; 7 – наружная гибкая оболочка; 8 – внутренняя гибкая оболочка; 9 – нагнетательная трубка; 10 – клапан; 11 – пружина; 12 – корпус клапана; 13 – запорный трубопровод

работы выполняют в следующей очередности.

бурят скважину на расчетную глубину;

промывают ее,

вводят в скважину пучок высокопрочной проволоки или стержневой проволоки, защищенный в верхней части от коррозии резиновой или полихлорвиниловой трубкой и имеющий нижний анкер (см.рис.4 настоящих "Методических рекомендаций"),

опускают в скважину (на необходимую глубину) погружной инъектор с пропуском пучка высокопрочной проволоки через центральное отверстие в корпусе инъектора,

присоединяют запорный трубопровод к компрессору и нагнетательный трубопровод к растворонасосу высокого давления. Нагнетательный трубопровод составляют из труб или шлангов необходимой прочности. Трубопровод не должен иметь резких поворотов, чтобы не вызывать преждевременного оседания твердых фракций инъецируемого раствора;

подают в корпус инъектора через запорный трубопровод воздух под давлением. Благодаря отверстиям в корпусе инъектора (см.рис.1 настоящего приложения), внутренняя и наружная гибкие оболочки плотно прижимаются к поверхности металлической арматуры и стенкам скважины и достигается герметизация части скважины;

нагнетают раствор в скважину под давлением. При доведении давления раствора в напорном трубопроводе до расчетного открывается клапан и раствор поступает в скважину. Усилие, необходимое для открытия клапана, регулируется ввинчиванием корпуса клапана в корпус инъектора,

снимают давление в нагнетательном трубопроводе по окончании инъецирования. При этом клапан (под действием пружины) возвращается в исходное положение, предотвращая тем самым выход укрепляющего раствора из зоны инъекции;

снимают давление воздуха в запорном трубопроводе;

при этом гибкие оболочки отходят от стенок скважины и металлической арматуры и инъектор можно легко извлечь из скважины,

извлекают инъектор из скважины и промывают нагнетательный трубопровод для повторного использования инъектора в другой скважине;

заполняют верхнюю часть скважины (до поверхности скольжения оползня) битумной или тиоколовой мастикой,

устанавливают анкерную плиту над устьем скважины с пропуском арматуры через центральное отверстие в плите;

натягивают арматуру и закрепляют ее верхним анкером;

устраивают гидроизоляцию.

Можно устраивать анкерную затяжку другим способом - подачей цементопесчаного раствора под давлением. В этом случае рекомендован следующий порядок (рис.2 данного приложения):

вводят во внутреннюю полихлорвиниловую трубку пучка высокопрочной проволоки инъектор, представляющий собой отрезок трубы длиной 0,7-1 м, наружный диаметр которой равен внутреннему диаметру полихлорвиниловой трубки, имеющей в верхней части резьбовой конусный наконечник с отверстием;

устраивают заглушку (пробку) и резиновый (обратный) клапан. Клапан представляет собой резиновую трубку высотой не менее 60 см, надеваемую на пучок высокопрочной проволоки и закрепляемую в верхней части проволочной стяжкой. Непосредственно перед устройством клапана в полихлорвиниловой трубке пучка (в месте устройства клапана) делают три продольных выреза высотой не более 10-15 см для подачи раствора в скважину. Резиновая трубка клапана должна перекрывать эти вырезы, чтобы после окончания инъецирования раствор не вышел из скважины в полихлорвиниловую трубку,

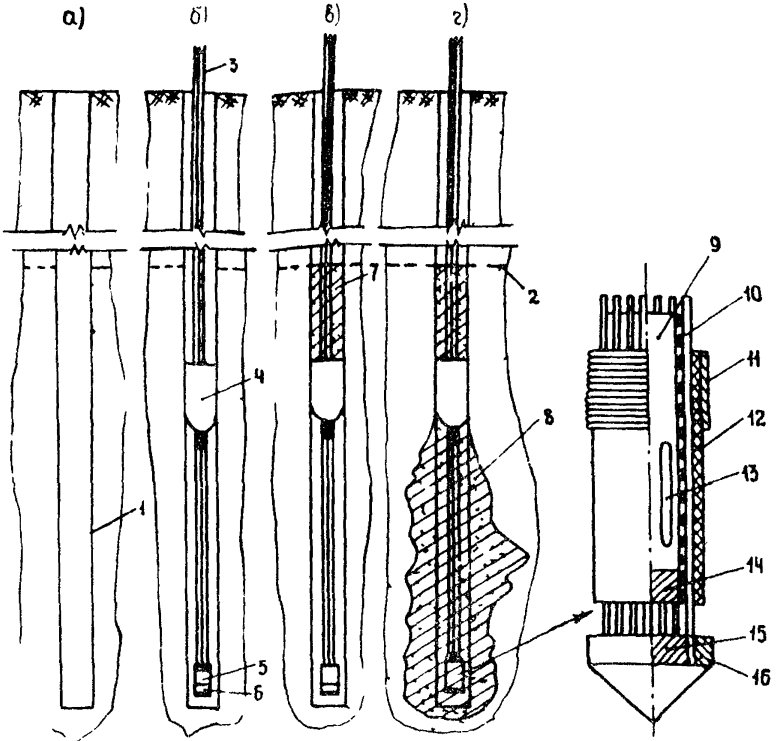


Рис. 2. Схема устройства анкерной затяжки с подачей раствора под давлением:

а – бурение скважины; б – установка пучка из высокопрочной проволоки в скважину; в – создание цементопесчаной пробки; г – нагнетание цементопесчаного раствора в скважину;

1 – скважина; 2 – линия скольжения оползня; 3 – пучок; 4 – сальник; 5 – обратный клапан; 6 – нижний анкер; 7 – цементопесчаная пробка; 8 – зацементированная зона; 9 – трубка пучка; 10 – высокопрочная проволока; 11 – проволочная стяжка; 12 – резиновая трубка клапана; 13 – прорези в трубке пучка; 14 – пробка; 15 – клиновый анкер; 16 – корпус нижнего анкера

устраивают резиновый или войлочный сальник диаметр которого должен быть равен диаметру скважины или несколько больше (см.рис.2,б настоящих "Методических рекомендаций");

бурят скважину на расчетную глубину;

вводят в скважину пучок высокопрочной проволоки.

промывают скважину водой;

соединяют инъектор с растворонасосом высокого давления трубкой с резьбовыми муфтами;

заливают в скважину (с помощью дополнительной трубки или шланга, вводимого в скважину между стенкой скважины и пучком до уровня сальника) цементо-песчаный раствор (от сальника до линии скольжения оползня, т.е. приблизительно на 1,5-2 м), чтобы создать плотную цементопесчаную пробку;

прерывают работу до окончательного твердения пробки;

нагнетают (без перерыва) цементопесчаный раствор в скважину (через инъектор) при расчетном давлении;

заканчивают инъецирование раствора, извлекают трубы инъектора из скважины и промывают их;

устанавливают фундаментную плиту над устьем скважины с пропуском пучка высокопрочной проволоки через центральное отверстие плиты;

заполняют верхнюю часть скважины битумной или тиоколовой мастикой;

после достижения раствором проектной прочности натягивают пучок гидродомкратами двойного действия и закрепляют проволоку в плите верхним клиновым анкером;

выполняют гидроизоляцию.

Приложение 2

ПРИМЕР РАСЧЕТА АНКЕРНОЙ УДЕРЖИВАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

Исходные данные для расчета:

Угол внутреннего трения грунта в зоне поверхности скольжения φ_w	10^o
Сцепление грунта в зоне поверхности скольжения C_w	0,0173МПа
Угол внутреннего трения грунтов оползневого массива φ	19^o
Сцепление грунтов оползневого массива C	0,061МПа
Коэффициент бокового расширения грунта μ_o	0,30
Модуль общей деформации E_o	40 МПа
Угол внутреннего трения грунтов, расположенных ниже поверхности скольжения $\varphi_к$	24^o
Сцепление грунтов, расположенных ниже поверхности скольжения, $C_к$	0,2 МПа
Ширина оползневого массива B	50 м

Предлагается оценить устойчивость склона до и после устройства насыпи и в случае необходимости разработать вариант закрепления склона анкерной конструкцией.

Устойчивость склона оценивается по методу горизонтальных сил Маслова-Бэрера.

Результаты расчета (см.таблицу данного приложения) показывают, что если до устройства насыпи коэффициент запаса устойчивости склона составляет 1,09, то после сооружения насыпи последний снижается до 0,993, т.е. во втором случае склон находится в предельном состоянии равновесия, поэтому необходимо проводить мероприятия по повышению его устойчивости.

Номер блока	Длина блока ℓ, м	Средняя высота блока h, м	Вес блока [x] ρ, кН	Угол наклона поверхности скольжения α, град.	$tg\alpha$	Распор $H=\rho tg\alpha$, кН
						До устройства
1	55	12	12200	17	0,306	3740
2	25	6	2770	0	0	0
						$\Sigma H=3740$
						С учетом веса
1	10	14,0	2590	17	0,306	793
2	10	19,5	3610	17	0,306	1105
3	15	16,5	4580	17	0,306	1400
4	20	12,0	4410	17	0,306	1355
5	25	6,0	2770	0	0	0
						$\Sigma H=4653$

x) Во всех случаях объемный вес грунта $\gamma=18,5$кН/м^3;

xx) $K_{зап}=\frac{\Sigma T}{\Sigma H}=\frac{4070}{3740}=1,09$;

xxx) $K_{зап}=\frac{\Sigma T}{\Sigma H}=\frac{4624}{4653}=0,993$

Среднее удельное давление $P_н = P/l$, кН/м^2	$tg\,\psi_p = tg\,\varphi_w + \frac{c_w}{P_н}$	Угол сдвига ψ_p, град.	$\alpha - \psi_p$	$tg\,(\alpha - \psi_p)$	$R = P\,tg\,(\alpha - \psi_p)$	$T = H - R$
насыпи$^{xx)}$						
222	0,254	14°15'	2°45'	0,048	585	3155
111	0,332	18°22'	-18°22'	-0,33	-915	915
						$\Sigma T = 4070$
насыпи$^{xxx)}$						
259	0,243	13°40'	3°20'	0,058	150	643
361	0,224	12°40'	4°20'	0,076	274	831
305	0,233	13°10'	3°50'	0,067	307	1093
222	0,254	14°14'	2°46'	0,048	213	1142
111	0,332	18°22'	-18°22'	-0,33	-915	915
						$\Sigma T = 4624$

ПОРЯДОК РАСЧЕТА АНКЕРНОЙ УДЕРЖИВАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

1. По формуле (1) настоящих "Методических рекомендаций" определяем расчетную, приходящуюся на 1 м ширины массива оползневую нагрузку J при требуемом значении коэффициента запаса устойчивости, равном 1,2:

$$J = k_{зап}\Sigma H - \Sigma T = 1{,}20 \cdot 4653 - 4624 = 960 \text{ кН/м}.$$

2. По формуле (7) определяем анкерное усилие Ω, необходимое для полного восприятия расчетной оползневой нагрузки J. Угол наклона β анкерных затяжек принят равным 40°.

$$\Omega = \frac{J}{\sin\beta + \cos\beta \operatorname{tg}\varphi_w} = \frac{960}{0{,}6428 + 0{,}766 \cdot 0{,}176} = 1240 \text{ кН/м}.$$

3. По формуле (см.п.23) устанавливаем общее анкерное усилие $\Omega_{общ}$ с учетом того, что ширина B оползневого массива составляет 50 м.

$$\Omega_{общ} = \Omega B = 1240 \cdot 50 = 62000 \text{ кН}.$$

4. Принимаем в качестве материала анкерной тяги семипроволочные пряди по ГОСТ 13840-68 из стальной круглой углеродистой холоднотянутой проволоки диаметром 7 мм, площадью поперечного сечения пряди $F_a^1 = 1{,}415 \text{ см}^2$ и расчетным сопротивлением $R_{н_2}$, в стадии эксплуатации равным 860 МПа (см.табл.16 "Технических условий проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб" СН 200-62). Каждая анкерная тяга состоит из 19 прядей (ВСН 98-74), при этом расчетное усилие предварительного натяжения анкерной тяги Ω_p в стадии эксплуатации составляет:

$$\Omega_p = R_{н_2} F_a^1 n = R_{н_2} F_a = 860 \cdot 10^6 \cdot 1{,}415 \cdot 10^{-4} \cdot 19 = 2312 \text{ кН}.$$

5. По формуле (13) определяем требуемое количество анкерных затяжек

$$n=\frac{\Omega_{общ}}{\Omega_p}=\frac{62000}{2312}=26{,}8\simeq 27 \text{ шт.}$$

Принимаем количество анкерных затяжек n=30шт., тогда усилие предварительного натяжения в стадии эксплуатации

$$\Omega_p=\frac{\Omega_{общ}}{n}=\frac{62000}{30}=2067 \text{ кН.}$$

6. По формуле (9) определяем безопасное удельное давление на поверхность грунта оползневого склона

$$p_{без}=\frac{\frac{\pi C}{tg\varphi}}{ctg\varphi+0{,}0174\varphi-\frac{\pi}{2}}=\frac{\frac{3{,}14\cdot 61}{0{,}3443}}{2{,}94+0{,}33-1{,}57}=329 \text{ кПа.}$$

7. По формуле (8) вычисляем площадь анкерной плиты

$$F=\frac{\Omega_p}{p_{без}}=\frac{2067}{329}=6{,}28 \text{ м}^2.$$

Принимаем форму анкерной железобетонной плиты квадратной с размерами в плане 2,5х2,5 м и общей площадью $F=6{,}25$ м^2.

8. По формуле (10) определяем требуемое усилие предварительного натяжения анкерных тяг $\Omega_т$ с учетом вытяжки арматуры и осадки анкерной плиты:

$$\Omega_т=\Omega_p\left[1+\frac{\omega_m b(1-\mu_o^2)E_a F_a}{E_o F \ell}\right]=$$

$$=2067\left[1+\frac{0{,}78\cdot 2{,}5\cdot(1-0{,}30^2)\cdot 210000\cdot 0{,}00269}{40\cdot 6{,}25\cdot 15{,}7}\right]=2600 \text{ кН.}$$

По СН 200-62 расчетное сопротивление $R_{н_1}$ арматуры при создании предварительных напряжений, транс -

портировании и монтаже (см.табл.16 СН 200-62) составляет 960 МПа. Отсюда

$$\Omega_{R_{H_1}} = R_{H_1} F_a = 960 \cdot 10^6 \cdot 0{,}00269 = 2580 \text{ кН},$$

т.е. полученная нами величина требуемого усилия предварительного натяжения анкерной тяги практически не превышает допустимых пределов.

9. По СНиП 11-21-75 "Бетонные и железобетонные конструкции" (М., Стройиздат, 1976) определяем потери предварительного натяжения арматуры, составляющие для нашего случая

$$\Omega' = F_a \left[\left(0{,}27 \frac{\sigma_0}{R_{a_{II}}} - 0{,}1\right) \sigma_0 \right] =$$

$$= 0{,}00269 \left[\left(0{,}27 \frac{960 \cdot 10^6}{1500 \cdot 10^6} - 0{,}1\right) \cdot 960 \cdot 10^6 \right] = 189 \text{ кН}.$$

С учетом потерь $\Omega_т$ составит

$$\Omega_т = 2600 + \Omega' = 2600 + 189 = 2789 \text{ кН},$$

что согласно п.1.24 СНиП 11-21-75 является допустимым, поскольку выполняется условие

$$F_a (\sigma_0 + P) \leq 0{,}8 R_{a_{II}} F_a$$

или

$$2789 < 0{,}8 \cdot 15 \cdot 10^5 \cdot 26{,}9 \cdot 10^{-4},$$

где $R_{a_{II}}$ – расчетное сопротивление растяжению для предельных состояний второй группы.

10. На основании выполненных расчетов назначаем схему размещения анкерных затяжек в плане. Для данного случая принято размещение анкерных плит в два ряда поперек оползневого массива с расстоянием между осями анкерных плит в ряду $\ell'' = 3{,}4$ м и расстоянием между рядами $\ell' = 5$ м.

11. При установленном расположении анкерных затяжек в плане склона по формуле (16') определяем глу-

бину заделки нижнего анкера в скважине диамет р о м 300 мм без уширения.

Формула справедлива при глубине заделки 13 м:

$$2600 \cdot 1,2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,15 \cdot 13 \cdot \left[19 \cdot \left(12 + \frac{13}{2}\right) \cdot 0,42 \cdot 0,45 \cdot 0,766 + 200\right].$$

Содержание

	Стр.
Предисловие	3
Общие положения	4
Расчет анкерной конструкции	7
Технология сооружения анкерной конструкции	16
Требования к материалам	28
Приложение 1	30
Приложение 2	35

Ответственный за выпуск инж.Е.И.Эппель

Редакторы В.П.Куракин, Н.В.Теплоухова
Технический редактор А.Б.Евстигнеева
Корректор И.А.Рубцова

Подписано к печати 31/XII 1980 г. Формат 60x84/16
Л 64368
Заказ 31-1 Тираж 550 1,9уч.-изд.л, Цена 30 коп.
2,7 печ.л.

Участок оперативной полиграфии Союздорнии
143900,Московская обл.,Балашиха-6,ш.Энтузиастов,79

gost.e-ecolog.ru