МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

# ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ С ПОМОЩЬЮ АНКЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Москва 1976

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

# ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ С ПОМОЩЬЮ АНКЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Одобрены Минтрансстроем*

Москва 1976

УДК 625.731:624.137.002.73

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ С ПОМОЩЬЮ АНКЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. Союздорнии. М., 1976.

Приведены рекомендации по расчету и технологии сооружения анкерных конструкций, разработанные на основе результатов научно-исследовательских и опытных работ Союздорнии 1972-1975гг., изложены требования к материалам анкерной конструкции, а также приведены ориентировочные стоимости различных способов укрепления оползней.

Табл.11, рис.9.

© Союздорнии, 1976г.

УДК 625.731:624.137.002.73

## Предисловие

Оползни являются серьезным препятствием для обеспечения нормальных условий эксплуатации автомобильных дорог в ряде районов.

Разработка экономичных и эффективных противооползневых конструкций представляет весьма актуальную научно-техническую проблему в области дорожного строительства.

Одной из конструкций, которая решает эту проблему, является анкерная. До настоящего времени метод анкеровки успешно применялся либо для увеличения устойчивости бортов ущелий, сложенных скальными породами, либо для увеличения несущей способности конструкций плотин или подпорных стен. Однако его можно с успехом применить и для повышения устойчивости откосов и склонов, сложенных связными грунтами. Первые положительные результаты использования анкерной конструкции для повышения устойчивости откосов, сложенных глинистыми грунтами, были получены в Чехословакии.

Настоящие "Методические рекомендации по обеспечению устойчивости земляного полотна автомобильных дорог в сложных инженерно-геологических условиях с помощью анкерных конструкций" разработаны по результатам проведенных в Союздорнии с 1972г. теоретических, экспериментальных и опытных работ.

"Методическими рекомендациями" следует руководствоваться при составлении проектов закрепления оползневых участков на строящихся или на ранее построенных автомобильных дорогах, включая сейсмически активные районы.

"Методические рекомендации" составили канд. техн. наук Э.М.Добров и инж. Ю.В.Пудов. В работе принима-

ли участие Е.Т.Семенова (лабораторные испытания), В.А.Пронин (полевые работы).

Замечания и предложения по настоящим "Методическим рекомендациям" просьба направлять по адресу: 143900 Московская обл., Балашиха-6, Союздорнии.

## I. Общие положения

1.1. Анкерная конструкция относится к удерживающим противооползневым конструкциям.

Применение анкерной конструкции позволяет прижать смещающуюся массу грунта к коренным, устойчивым породам и тем самым создать упорную грунтовую призму, воспринимающую активное оползневое давление.

Кроме того, гибкая анкерная связь позволяет в случае смещения оползневых масс, вызванного строительством сооружений или динамическим воздействием, увеличивать давление на грунты оползневого массива, т.е. обладает эффектом самоанкеровки.

1.2. Анкерные конструкции заменяют некоторые конструкции для обеспечения устойчивости оползневых склонов (табл.1 и приложение 1) и позволяют иногда полностью исключить устройство дорогостоящих и трудоемких дренажных сооружений.

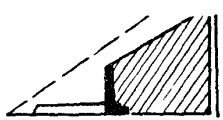
1.3. Анкерная конструкция состоит из одного или нескольких рядов анкерных затяжек, обычно располагаемых поперек склона, устойчивость которого требуется обеспечить.

1.4. Анкерная затяжка состоит из четырех основных элементов (рис.1): верхнего анкера; анкерной плиты, укладываемой на поверхность грунта, устойчивость которого требуется обеспечить; анкерной тяги, состоящей из пучка высокопрочной проволоки или стержневой арматуры; нижнего анкера, заделанного в коренные устойчивые грунты.

1.5. Анкерную конструкцию можно устраивать как без натяжения анкерных тяг, так и с предварительным их натяжением.

Следует учитывать, что предварительное натяжение анкерной тяги позволяет исключить дальнейшие подвижки оползня при определенной величине оползневого давления (рис.2).

Таблица 1

| Применяемые конструкции | | Анкерные конструкции | Технико-экономическое сравнение |
|---|---|---|---|
| Уположение откосов или устройство пригрузочных берм (контрбанкетов) из дренирующих грунтов |  |  | Экономия 30–60%<br>Уменьшение объемов земляных работ<br>Сокращение полосы отвода |
| Устройство подпорных стен или свайных конструкций |  |  | Экономия 50–80%<br>Исключение застенного дренажа<br>Возможность быстрого закрепления оползневого склона при применении карбамидных смол |
| То же |  |  | Экономия 70–90%<br>Уменьшение объемов земляных работ<br>Возможность укрепления откоса выемки в процессе разработки грунта |
| -"- |  |  | Экономия 50–80%<br>Исключение застенного дренажа<br>Возможность укрепления склона до разработки выемки |
| | |  | Возможность усиления существующих подпорных или свайных стен |

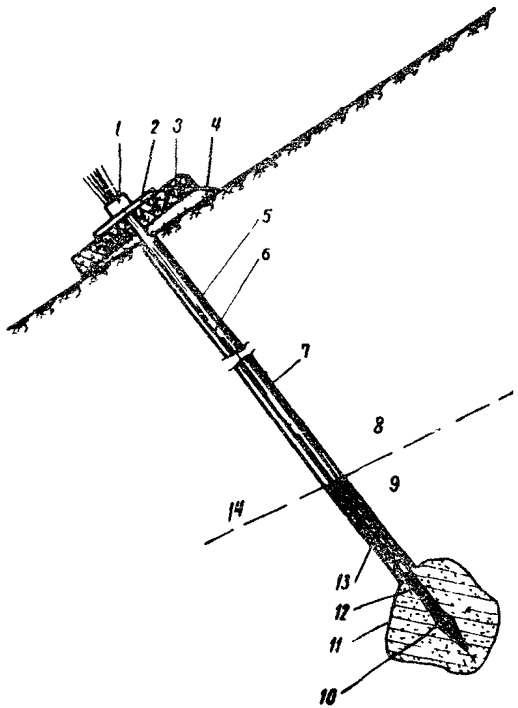



Рис.1. Конструкция анкерной затяжки: 1–верхний анкер; 2–распределительная плита; 3–бетонная плита; 4–щебень; 5–скважина; 6–трубка; 7–песок или битум; 8–оползневый грунт: 9–коренные породы; 10–нижний анкер; 11–камуфлетное уширение; 12–раствор; 13–пучок из высокопрочной проволоки; 14–плоскость скольжения

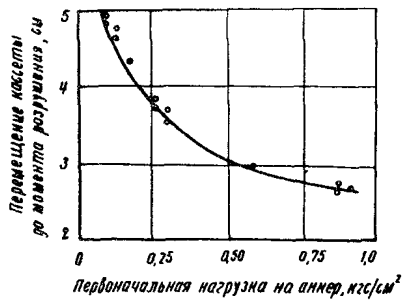



Рис.2. Зависимость перемещения кассеты с грунтом от первоначальной нагрузки на анкер

## 2. Расчет анкерной затяжки

**2.1.** Анкерное усилие в тяге без учета самоанкеровки рассчитывают по формуле

$$R = S(\sin\beta + \cos\beta \cdot tg\varphi), \qquad (1)$$

где $R$ – сдвигающее усилие, полученное при расчете устойчивости оползневого склона, кгс;

$S$ – требуемое усилие натяжения анкерной тяги, кгс;

$\beta$ – угол наклона анкерной тяги от вертикали к плоскости скольжения (в сторону движения оползня), град;

$\varphi$ – угол внутреннего трения грунта, град,

при $\beta = 0$ $\quad R = S \cdot tg\varphi.$ (2)

Наиболее интенсивный рост несущей способности анкерной конструкции происходит при начальном отклонении анкерных тяг от вертикали к плоскости скольжения на угол $\beta$, равный 12–15°.

**2.2.** Анкерное усилие в тяге с учетом самоанкеровки, т.е. увеличения анкерного усилия в тяге при смещении оползневого склона, определяют по формуле

$$R = S(\sin\beta_0 + \cos\beta_0 \cdot tg\varphi) + \qquad (3)$$

$$+ E\mathcal{F}\,\frac{\left(1-\frac{\cos\beta}{\cos\beta_0}\right)(tg\varphi + tg\beta)}{1+\frac{E}{E_{ст}}\left(1-\frac{\cos\beta}{\cos\beta_0}\right)\left(tg\varphi + tg\beta\right)},$$

где $E$ – модуль деформации грунта, кгс/см$^2$;

$E_{ст}$ – модуль деформации стали анкерной тяги кгс/см$^2$;

$\mathcal{F}$ – площадь анкерной плиты, см$^2$;

$\beta_0$ – первоначальный угол наклона анкерной тяги, град;

$\beta$ – угол наклона анкерной тяги, полученный при смещении оползневого склона, град.

2.3. При назначении расчетного усилия натяжения анкерной тяги следует учитывать осадку анкерной плиты, для этого определяют удлинение пучка высокопрочной проволоки по формуле

$$\Delta_T = \frac{0{,}8\,S \cdot \ell_1}{E_a \cdot F_a}, \qquad (4)$$

где $S$ – начальное, вычисленное по формуле (1), натяжение анкерной тяги, кгс;

$\ell_1$ – длина пучка от поверхности грунта до плоскости скольжения оползня, см;

$E_a$ – модуль упругости проволок пучка, равный 1800000кгс/см$^2$;

$F_a$ – площадь пучка, см$^2$.

Далее, при том же значении $S$ вычисляют конечную величину осадки плиты:

$$\eta = H \cdot \ell_{\rho z}, \qquad (5)$$

где $H$ – мощность слоя оползневых грунтов;

$\ell_{\rho z}$ – модуль относительной деформации, определяемый при компрессионных испытаниях оползневого грунта.

2.4. Ориентировочно конечную величину осадки анкерной плиты квадратного очертания можно определить по формуле Н.Н.Маслова

$$\eta = 0{,}55 \cdot \ell_S \cdot 2b, \qquad (6)$$

где $\ell_S$ – модуль осадки, соответствующий нагрузке $S$, мм/м;

$2b$ – ширина анкерной плиты, м.

2.5. Расчетное начальное натяжение анкерной тяги с учетом осадки анкерной плиты назначают по формуле

$$S_{расч} = \frac{(\Delta_T + \eta)(E_a \cdot F_a)}{0{,}8\,\ell_1} \qquad (7)$$

или, подставив выражение (7) в формулу (1), находят $P$:

$$R = \frac{E_a \cdot F_a(\Delta_T + \eta)(\sin\beta + \cos\beta \cdot tg\varphi)}{0{,}8\ l_1}. \quad (8)$$

2.6. После расчета устойчивости оползневого склона и определения необходимой величины усилия в анкерной тяге назначают количество и места размещения анкерных затяжек в плане откоса или склона.

2.7. Анкерные затяжки следует устанавливать в 2–3 ряда в шахматном порядке. Расстояние между рядами анкерных затяжек $d$ рассчитывают по формуле

$$d = H \cdot tg\varphi + 2b, \quad (9)$$

где $H$ – мощность оползневого массива, м;

$\varphi$ – угол внутреннего трения грунта, град.

2.8. Ширину анкерной плиты назначают исходя из величины безопасного удельного давления на грунт $P_{доп}$, определенного по формуле Н.Н.Маслова

$$P_{доп} = \frac{\pi\gamma_{ср}\left(2b tg\varphi + \frac{c}{\gamma_{ср}} \cdot tg\varphi\right)}{ctg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}}, \quad (10)$$

где $\gamma_{ср}$ – объемная масса грунта оползневого массива, кг/см$^3$;

$c$ – сцепление грунта, кгс/см$^2$;

2.9. Толщину анкерной плиты следует рассчитывать по условию прочности на продавливание по формуле

$$S_{расч} \leq 0{,}75 \cdot R_p^н \cdot h_0 \cdot 2b, \quad (11)$$

где $R_p^н$ – нормативное сопротивление бетона на растяжение, кгс/см$^2$;

$h_0$ – полезная толщина анкерной плиты, см.

2.10. Длина анкерной тяги (рис.3) должна быть равна

$$L = t_0 + l_1 + l_2, \quad (12)$$

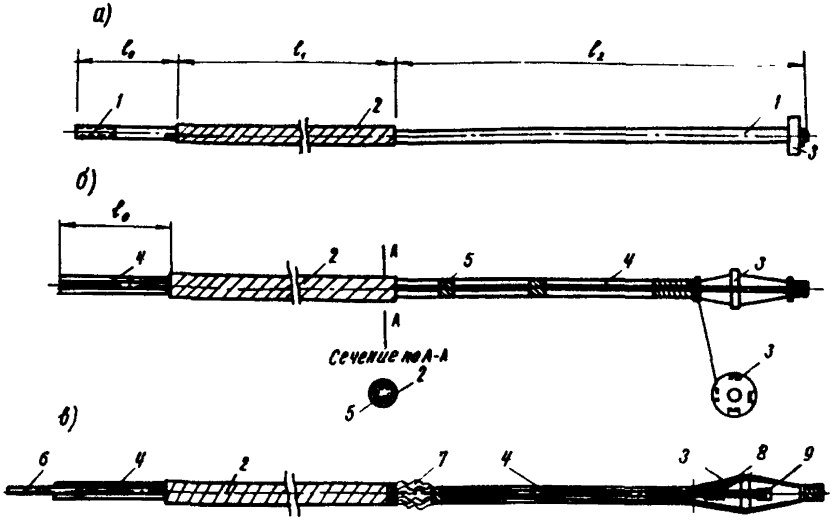



Рис.3. Анкерная тяга из стержневой арматуры (а) и пучка из высокопрочной проволоки (б) и (в):
1–стержневая арматура; 2–часть анкерной тяги, защищенная битумной мастикой и заключенная в полихлорвиниловую оболочку или резиновый шланг; 3–нижний анкер; 4–пучок из высокопрочной проволоки; 5–металлическая скрутка; 6–центральная резиновая или полихлорвиниловая трубка; 7–сальник; 8–обратный клапан; 9–пробка

где $$l_0 = h_1 + h_2 + h_3 + K;$$

$h_1$ – толщина анкерной плиты, см;

$h_2$ – высота щебеночной подушки, см;

$h_3$ – высота анкерного крепления, см;

$K$ – необходимая длина пучка для заправки проволок пучка в гидродомкрат;

$l_1$ – длина анкерной тяги от поверхности грунта до плоскости скольжения оползня;

$l_2$ – глубина заделки нижнего анкера в коренные породы.

## 3. Технология сооружения анкерной конструкции

3.1. При устройстве анкерной затяжки следует соблюдать очередной порядок работ:

а) бурение скважины на расчетную глубину буровыми станками (приложение 2), обеспечивающими заданный угол наклона скважины $\beta$ и требуемый диаметр скважины, а также при необходимости уширение нижней части скважины для закрепления нижнего анкера;

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

в) закрепление нижнего анкера в скважине цементопесчаным раствором или синтетическими смолами;

г) заполнение верхней части скважины битумной мастикой или глиной;

д) устройство щебеночной распределительной подушки под анкерную плиту;

е) укладка анкерной плиты над устьем скважины с пропуском пучка через центральное отверстие в анкерной плите, установка стальной распределительной плиты и обоймы верхнего анкера;

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

з) снятие гидродомкрата и обрезка арматуры;

и) гидроизоляция верхнего анкерного закрепления.

Технологическая последовательность изготовления анкерной затяжки может изменяться в зависимости от принятой схемы закрепления нижнего анкера в скважине.

3.2. Наиболее простой схемой закрепления нижнего анкера является его омоноличивание химическим или цементопесчаным раствором. В этих случаях анкер удерживается на месте только благодаря сцеплению раствора со стенками скважины.

3.3. При закреплении нижнего анкера анкерной тяги в скважине без уширения глубину заделки анкера в коренные породы следует рассчитывать по формуле

$$l_2 = \frac{S_{расч.} \cdot 1{,}5}{R_{сц}\ \pi D}\ , \qquad (13)$$

где $l_2$ – глубина заделки анкерной тяги в коренные породы, см;

$R_{сц}$ – сцепление раствора с поверхностью коренных пород, кгс/см$^2$;

$D$ – диаметр скважины, см;

$S_{расч}$ – расчетное усилие натяжения анкерной тяги, кгс.

3.4. Минимальный диаметр скважины, необходимый для устройства анкерной затяжки, составляет 50 мм. Увеличение диаметра скважины (рис.4) при закреплении нижнего анкера в скважине без уширения существенно уменьшает глубину его заделки в коренные породы.

3.5. Если коренные породы не обладают достаточной прочностью, рекомендуется устройство нижнего анкера в скважинах с уширением. Скважины уширяют взрывом зарядов ВВ или с помощью специальных буровых наконечников (рис.5,6).

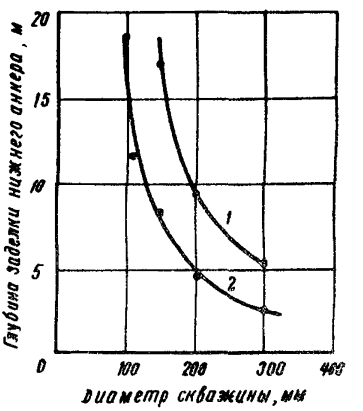



Рис.4. Зависимость глубины заделки нижнего анкера от диаметра скважины:
1–для глинистых сланцев; 2–для песчаников

3.6. В трещиноватых коренных породах рекомендуется инъецировать химический или цементопесчаный раствор под давлением (приложение 3). Заполнение трещин вокруг скважины создает зацементированную зону, прочно закрепляющую нижний анкер.

3.7. Анкерная тяга перед установкой в скважину должна быть очищена от грязи и ржавчины, а та ее часть, которая будет находиться в оползневых грунтах (см. рис.4), должна быть защищена от коррозии битумной или тиоколовой мастиками и заключена в резиновую или полихлорвиниловую оболочку.

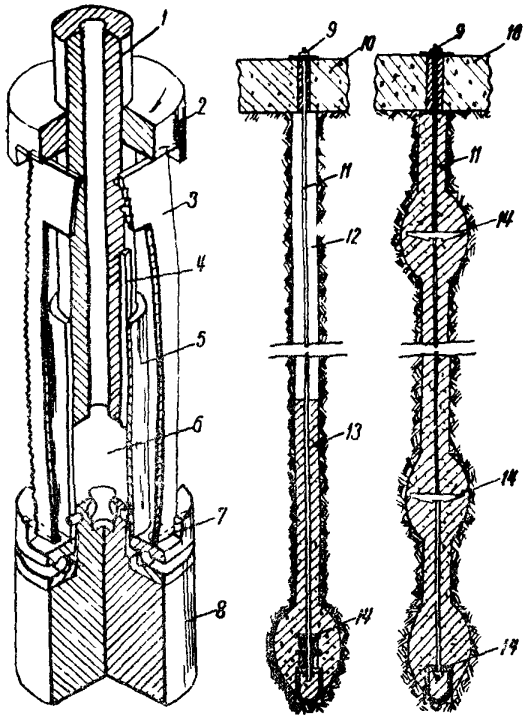



Рис.5. Уширитель скважины и анкерное крепление (патент США № 320075, кл. 61-39): 1-сердечник; 2-верхний фланец; 3-нож; 4-замковое соединение; 5-направляющая труба; 6-полость; 7-роликовая опора; 8-нижний фланец; 9-верхний анкер; 10-бетонная плита; 11-стержень; 12-скважина; 13-бетонный раствор; 14-нижний анкер

3.8. Цементо-песчаный раствор в скважины можно подавать различными способами, зависящими от угла наклона и диаметра скважины, а также от консистенции раствора. Для нисходящих скважин при жидкой консистенции раствора возможна свободная заливка раствора.

3.9. Для закрепления нижнего анкера с помощью инъецирования необходимы растворосмесители (табл.2), растворонасосы (табл.3,4), нагнетательные трубопроводы, регулировочная и измерительная аппаратура.

Для дорожного строительства рационально использовать передвижные цементирующие установки (табл.5).

3.10. Для исключения обрушения стенок скважины цементный раствор нагнетают в скважину сразу после установки анкерной тяги.

3.11. При наличии в оползневом массиве грунтовых вод следует укреплять стенки скважины (до поверхности скольжения оползня) обсадными трубами, извлекаемыми из скважины после подачи цементопесчаного раствора.

3.12. После закрепления нижнего анкера верхняя часть скважины сразу же должна быть заполнена глиной или битумом для дополнительной защиты арматуры анкерной тяги от коррозии.

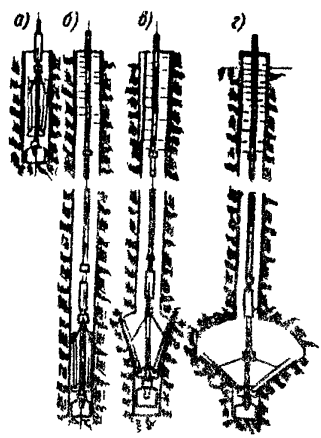



Рис.8. Механический разбуриватель скважин конструкции ЦНИИС:
а-бурение скважины; б-установка опорного башмака; в-расширение скважины; г-скважина с уширением

3.13. Перед натяжением анкерных тяг на поверхность анкерной плиты должна быть уложена металлическая распределительная плита размером не менее 200х200мм с отверстием в центре для пропуска арматуры. Плиту следует укладывать на свежеуложенный раствор толщиной 1,5-2см.

3.14. Для закрепления анкерной тяги разрешается

Таблица 2

| Параметры растворосмесителей | Типы растворосмесителей | | | |
|---|---|---|---|---|
| | С-220 | С-220А | С-219 | С-289 |
| Емкость барабана, $м^3$ | 0,15 | 0,15 | 0,325 | 0,325 |
| Средняя сменная производительность, $м^3$ | 26 | 26 | 45 | 45 |
| Мощность электродвигателя, кВт | 2,8 | 3,2 | 4,3 | 4,5 |
| Габариты, мм | | | | |
| длина | 1870 | 1770 | 1890 | 1975 |
| ширина | 1660 | 1496 | 2250 | 2215 |
| высота | 2080 | 2050 | 2370 | 2585 |
| Масса, кг | 1300 | 1050 | 2180 | 2175 |

использовать любые типы анкеров, обеспечивающие передачу и распределение на анкерную плиту усилия от предварительного натяжения арматуры анкерных тяг и надежность их заделки в процессе эксплуатации.

3.15. Детали анкеров перед установкой на место должны быть очищены от грязи и смазки.

3.16. Пучки с конусными анкерами натягивают гидродомкратами двойного действия (табл.6).

Для закрепления прядей из высокопрочной проволоки анкерная колодка должна выполняться из стали марки Ст.45, анкерные конуса - из стали Ст.45 или Ст.40Х с закалкой до $HR_C$ = 45÷55 единиц по Роквеллу. Анкерные конуса должны иметь на своей поверхности нарезку.

Пучки с анкерами типа Коровкина натягивают домкратами конструкции ЦНИИС (табл.7) и закрепляют в натянутом состоянии с помощью специальных вилкообразных шайб.

3.17. Непосредственно перед натяжением пучка проволоки должны быть равномерно распределены в отверстии обоймы и закреплены в этом положении конусом.

Таблица 3

| Параметры растворонасосов | Типы поршневых растворонасосов | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ЗИФ-200/40 | ЗИФ-100/30 | ГГН-2 | Р-200/40 | НЦП-1 | НГ-80 |
| Производительность, $м^3/ч$ | 12 | 6 | 12 | 12 | 33 | 57 |
| Рабочее давление, ати | 40 | 30 | 40 | 40 | 80 | 40 |
| Мощность, л.с. / кВт | 25 / 20 | - / 7,5 | - / 14 | 27 / - | 60 / - | 100 / - |
| Габариты, мм | | | | | | |
| длина | 1450 | 1435 | 1700 | 1650 | 2110 | 2100 |
| ширина | 500 | 840 | 696 | 970 | 1100 | 1030 |
| высота | 1550 | 1090 | 786 | 1550 | 1250 | 780 |
| Масса, кг | 750 | 565 | 490 | 800 | 1250 | 1500 |

Таблица 4

| Параметры растворонасосов | Типы диафрагменных растворонасосов | | |
|---|---|---|---|
| | С-251 | С-263 | С-317 |
| Производительность, $м^3/ч$ | 1 | 3 | 6 |
| Максимальное рабочее давление, ати | 10 | 15 | 15 |
| Мощность электродвигателя, кВт | 1,2 | 2,2 | 5,8 |
| Габаритные размеры, мм | | | |
| длина | 820 | 820 | 1200 |
| ширина | 445 | 445 | 560 |
| высота | 760 | 760 | 100 |
| Масса, кг | 130 | 130 | - |

Таблица 5

| Тип установки на базе автомобиля ЯАЗ-210 | Растворонасос | | |
|---|---|---|---|
| | Тип | Производительность, л.с. | Рабочее давление, ати |
| ЦА-150 | Е-11-250 | 6,6-17,0 | 150-50 |
| ЦА-151 | НЦП-2 | 2,2-24,8 | 300-26 |
| ЦА-2,9/150 | НЦ-2 | 4,4-14,8 | 150-50 |
| ЦА-1/150 | 1Т | 4,0-18,5 | 150-30 |
| ЦА-1,68/150 | 2Ц2 | 17,5 | 80 |

Таблица 6

| Параметры домкрата | Грузоподъемность, тс | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | домкратов Союздорнии | | | | домкратов завода им.Калинина | |
| | 30 | 60 | 90 | 125 | 30 | 60 |
| Максимальное рабочее давление, ати | 500 | 500 | 500 | 500 | 400 | 400 |
| Площадь поршня натяжения, $см^2$ | 71 | 113 | 176 | 254 | 80 | 163 |
| Площадь поршня запрессовки, $см^2$ | 38,5 | 56,5 | 95 | 133 | 57 | 101 |
| Ход поршня натяжения, см | 12 | 20 | 20-30 | 30 | 20 | 30 |
| Ход поршня запрессовки, см | 4 | 4 | 6 | 8 | 4 | 5 |
| Максимальное количество, шт. и диаметр натягиваемых проволок, мм | 12 ($d$=5) | 20 ($d$=5)<br>16 ($d$=7) | 18 ($d$=7)<br>18 ($d$=8) | 7 ($d$=15)[x] | 12 ($d$=5) | 24 ($d$=5) |
| Масса, кг | 35 | 65 | 112 | 190 | 38 | 87 |

[x] 7 проволочных прядей диаметром 15 мм

Таблица 7

| Параметры домкрата | Грузоподъемность домкратов ЦНИИС, тс | |
|---|---|---|
| | 60 | 90 |
| Максимальное рабочее давление, ати | 165 | 235 |
| Площадь поршня, $см^2$ | 363 | 385 |
| Ход поршня, см | 12 | 20 |
| Размеры основания опорного столика, см | 26х33 | 29,6х35 |
| Масса домкрата со столиком, кг | 130 | 210 |

## 4. Требования к материалам

4.1. Для напрягаемой арматуры анкерной затяжки следует применять марки стали в соответствии с действующими нормативными документами (СНиП Ш-Д.2-62, СНиП 1-В.4-62, СНиП Ш-А.11-70, а также ВСН 79-62, ВСН 117-65, ВСН 71-62, ВСН 15-60).

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

4.3. При неагрессивных грунтовых водах применяют портландцементы марки не ниже "400".

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

4.4. В качестве пластифицирующих добавок рекомендуются ССБ в количестве 0,2% сухого вещества от массы цемента или мылонафт - 0,12-0,15%; при пластифицированных цементах количество добавок должно быть уменьшено до 0,1% для ССБ и до 0,05-0,07% для мылонафта.

4.5. К инъецируемым растворам предъявляются следующие требования:

а) оптимальная консистенция;

б) прочное сцепление с арматурой, анкером и стенками скважин;

в) морозостойкость;

г) надежная защита арматуры от коррозии;

д) малая усадка;

е) прочность раствора при сжатии в 7-суточном возрасте не менее 200кгс/см$^2$, а в 28-суточном - не менее 300кгс/см$^2$.

4.6. Предельную крупность песка, его качество и зерновой состав следует подбирать с учетом диаметра скважины.

4.7. Вода, применяемая для приготовления раствора, не должна содержать вредных примесей, препятствующих нормальному твердению раствора.

4.8. Прочность раствора определяется испытанием контрольных кубиков размером 20х20х20см или 15х15х15см.

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

# ПРИЛОЖЕНИЯ

*Приложение 1*

## Технико-экономическое сравнение способов укрепления оползней

| Тип противооползневого сооружения | Область применения | Условия применения | Ориентировочная стоимость укрепления породы, руб/м³ |
|---|---|---|---|
| Подпорные стены | На всех типах оползней, за исключением оползней-потоков и оползней выдавливания, при мощности оползневых накоплений до 7–10м | Заглубление фундамента подпорных стен в прочные коренные породы и создание застенного дренажа | Каменная кладка на растворе – 0,78–1,4; кирпичная кладка на растворе – 1,0–1,65. Бетон – 1,5–2,1. Железобетон – 1,9–2,7 |
| Свайные конструкции | На всех типах оползней, за исключением оползней-потоков и оползней выдавливания, при мощности оползневых накоплений до 15–20м | Заглубление свай в прочные коренные породы и создание в ряде случаев застенного дренажа | 1–3 |
| Цементация | На всех типах оползней | При ширине трещин в породах более 10мк и коэффициенте фильтрации $K_ф$ = 50÷80м/сутки | 0,55–0,7 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Силикатизация | То же | Для песчаных грунтов с $K_ф$ =2÷50м/сутки. Неприменимо при наличии подземной воды, имеющей кислотность $pH = 7 \div 9$ | 2,8–3 |
| Синтетические смолы (смолизация) | На всех типах оползней | Для сыпучих грунтов (песков и гравийно-песчаных смесей). Возможно укрепление мелких пылеватых песков с $K_ф$ = 0,5÷5м/сутки | 30–40 |
| Термический способ укрепления | То же | Для глинистых грунтов | 4–7 |
| Анкерные конструкции | На всех типах оползней, включая оползни выдавливания, кроме оползней-потоков | Возможно применение в сейсмических районах | 0,4–0,7 |
| Контрбанкеты | На всех типах оползней, кроме оползней-потоков | Для всех типов оползневых грунтов | 1–3 |
| Контрфорсы | На оползнях, оползневые грунты которых состоят из жестких оползневых масс | Заглубление фундамента контрфорса в прочные коренные породы | – |

*Приложение 2*

## Технические характеристики буровых станков

Таблица 1

Техническая характеристика станков вращательного (шнекового) бурения

| Параметры станков | СВБ-2 (гусеничный) | СБР-160 (гусеничный) | СБР-125 (шагающий) | ВС-110/25 | ПВС-110 (на салазках) |
|---|---|---|---|---|---|
| Угол наклона скважины, град. | 90-60 | 90-60 | 90-60 | 90-60 | 90-60 |
| Диаметр скважины,мм | 150 | 160-200 | 125 | 110 | 110-120 |
| Максимальная глубина бурения, м | 24 | 25 | 25 | 25 | 50 |
| Скорость вращения бурового инструмента, об/мин | 153 | 248 | 220 | 220 | 220 |
| Длина штанги, м | 1,95 | 4,2 | 2,0 | - | - |
| Скорость передвижения станка, км/ч | 1,36 | 0,66 | 0,3 | 0,3 | - |
| Среднее удельное давление на грунт,кгс/см$^2$ | 0,52 | 0,59 | 0,58 | - | - |
| Общая мощность электродвигателя, кВт | 40,56 | 90 | 24,8 | 10 | 10 |
| Габариты станка, м | 4,9x2,8x0,7 | 6x3,1x6,2 | 3,4x2x4,5 | 3,3x2x3,8 | 3,3x2x3,8 |
| Общая масса станка, т | 9,8 | 16,8 | 2,3 | 1,2 | 0,5 |

Таблица 2

Техническая характеристика станков вращательного (шарошечного) бурения

| Параметры станков | П-20 | СШ-1 | БТС-2 | СБШ-250 |
|---|---|---|---|---|
| Диаметр скважин, мм | 228-230 | 190-214 | 225-350 | 243-269 |
| Среднесменная производительность, м/смену | 40-60 | До 120 | 20-160 | - |
| Глубина бурения, м | 18 | 25 | 30 | 32 |
| Угол бурения скважин, град. | 90-55 | 90-60 | 0-90 | 60;75;90 |
| Скорость вращения инструмента, об/мин | 40-120 | 30-300 | 60;120;180 | 81;157 |
| Максимальное осевое давление, тс | 29 | 13 | 10 | 30 |
| Установленная мощность двигателя, кВт | 334 | 218 | 94л.с.(дизель) | 75 |
| Расход сжатого воздуха, $м^3$/мин | 9 | 18 | 4-9 | 18 |
| Габариты, м | | | | |
| ширина | 10 | 8,5 | 5,1 | 4,7 |
| длина | 6,4 | 3,5 | 3,1 | 7,8 |
| высота | 23 | 11,2 | 5,6 | 14,4 |
| Масса станка, т | 70 | 36 | 15 | 50 |
| Скорость передвижения, км/ч | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 0,6 |

Техническая характеристика

| Параметры станков | НСБ-2 | БМК-4 | СУВБ | СБ2-125 |
|---|---|---|---|---|
| Диаметр скважин, мм | 155 | 106 | 108 | 105; 125 |
| Глубина бурения, м | 18 | 50 | 40 | 22 |
| Угол бурения скважин, град. | 60-90 | 0,90 | - | 14-144 |
| Среднесменная производительность, м | 10-25 | 10-25 | 28,4 | - |
| Скорость вращения бурового става, об/мин | 70 | 41 | 22 | 27<br>40<br>80 |
| Тип ходовой части станка | Гусеничный | Переносной | Гусеничный | Пневматический |
| Давление в гидросистеме, атм | - | 7 | - | 50-65 |
| Установленная мощность двигателя, кВт | 45,8 | 0,6х0,6 | - | 17,2 |
| Габариты станка, м | | | | |
| длина | 4 | - | 4 | 3,6 |
| ширина | 7 | - | 2,3 | 1,85 |
| высота | - | - | 6,8 | - |
| Масса станка, т | 22,3 | 0,42 | 5,4 | 4,6 |

**Таблица 3**

станков пневмоударного действия

| 1СБУ 125п | 2СБУ 125/160 | СБУ-200 | Урал-64 | БАП-290 |
|---|---|---|---|---|
| 105;125 | 105;125 | 200 | 155–165 | 250–290 |
| 22 | 22 | 36 | 34 | 25 |
| 20–104 | 60–90 | 60–90 | – | – |
| – | – | – | 36,8 | 17–22 |
| 0,65<br>40<br>80 | 25–50 | 25–50 | 25–50 | 25 |
| | Гусеничный | | | – |
| 100 | 50;100 | 50 | – | – |
| 38,2 | 155 | 250 | 197 | 42,7 |
| 4 | 5 | 7,8 | 8 | 7 |
| 2,5 | 3,2 | 12,6 | 4,1 | 3,1 |
| 6,9 | – | – | 23 | 15 |
| 4 | 12 | 36 | 29 | 18 |

*Приложение 3*

## Закрепление нижнего анкера с помощью инъецирования раствора под давлением

В отличие от способа "свободной заливки" раствора в скважину инъецирование растворов под давлением позволяет увеличить удерживающую способность нижнего анкера благодаря прониканию раствора в мелкие трещины и поры коренных пород.

В настоящее время в Союздорнии разработана конструкция погружного инъектора разборного типа (рис.1), позволяющая вести работы по укреплению горных пород как с введенными в скважину арматурными элементами (прядями, канатами, стержнями и т.п.), так и без них.

При использовании погружного инъектора необходимо выполнять работы в следующей очередности(рис.2):

1) бурят скважину на расчетную глубину;

2) промывают ее;

3) вводят в скважину пучок из высокопрочной проволоки или стержневой проволоки, защищенный в верхней части от коррозии резиновой или полихлорвиниловой трубкой и имеющий нижний анкер (см.рис.3,б настоящих "Методических рекомендаций");

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

5) присоединяют запорный трубопровод к компрессору и нагнетательный трубопровод к растворонасосу высокого давления;

6) подают в корпус инъектора через запорный трубопровод воздух под давлением. При этом, благодаря наличию прорезей в корпусе инъектора (см.рис.1),внутренняя и наружная гибкие оболочки плотно прижимаются к поверхности металлической арматуры и стенкам

скважины. Тем самым достигается герметизация части скважины, подлежащей инъецированию;

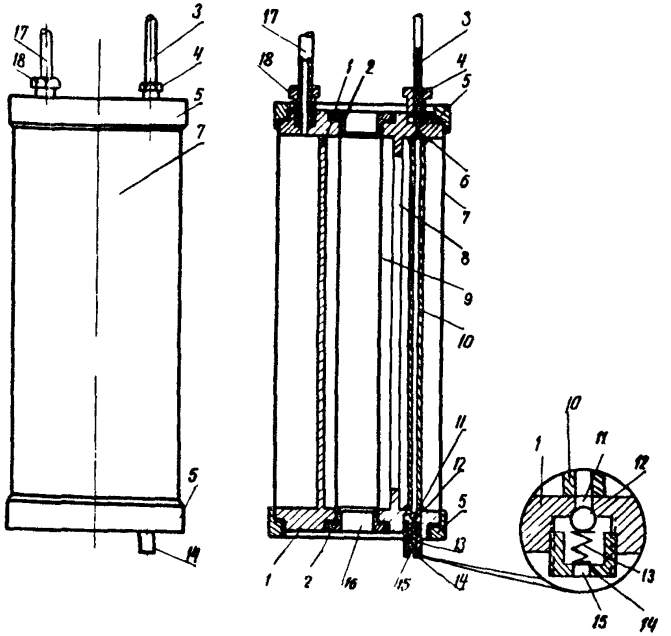



Рис.1. Схема конструкции инъектора:
1-металлический корпус; 2-резьбовая втулка; 3-нагнетательный трубопровод; 4-штуцер; 5-накидная гайка; 6-отверстие; 7-наружная гибкая оболочка; 8-отверстие; 9-внутренняя гибкая оболочка; 10-нагнетательная трубка; 11,15,16-отверстие; 12-клапан; 13-пружина; 14-корпус ; 17-запорный трубопровод; 18-штуцер

7) нагнетают раствор в скважину под давлением. При доведении давления раствора в напорном трубопроводе до расчетного открывается клапан и раствор по-

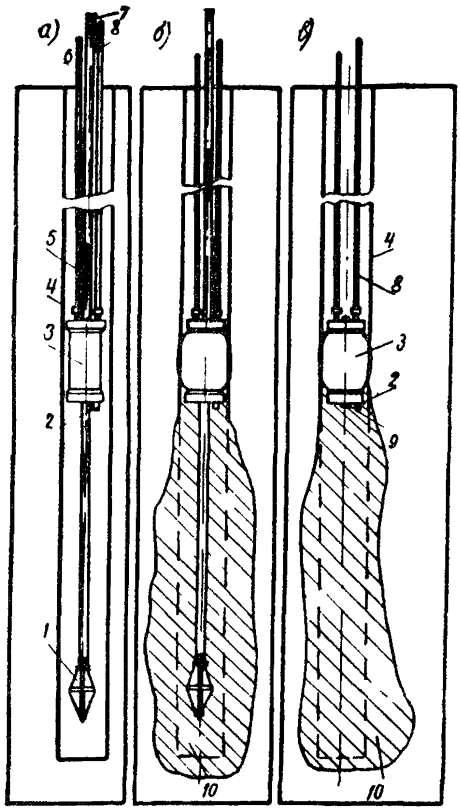



Рис.2. Схема закрепления нижнего анкера с помощью погружного инъектора:

а–установка инъектора; б–нагнетание цементопесчаного раствора в скважину с введенным кабелем из высокопрочной проволоки; в–то же, без металлической арматуры; 1–нижний анкер; 2–клапан; 3–инъектор; 4–стенка скважины; 5–полихлорвиниловая оболочка кабеля; 6–запорный трубопровод; 7–пучок; 8–нагнетательный трубопровод; 9–металлический стержень; 10–зацементированная зона

ступает в скважину.

Усилие открытия клапана регулируется посредством ввинчивания корпуса клапана в корпус инъектора;

8) 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;

9) снимают давление воздуха в запорном трубопроводе; при этом гибкие оболочки отходят от стенок скважины и металлической арматуры и инъектор можно легко извлечь из скважины;

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

11) устанавливают анкерную плиту над

устьем скважины с пропуском арматуры через центральное отверстие в плите;

12) натягивают арматуру и закрепляют ее верхним анкером;

13) устраивают гидроизоляцию.

Возможно устройство уширения другим способом - с помощью подачи цементопесчаного раствора под давлением.

При изготовлении анкерной затяжки этим способом (рис.3):

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

2) устраивают заглушку (пробку) и резиновый (обратный) клапан на конце пучка из высокопрочной проволоки. Клапан представляет собой резиновую трубку высотой не менее 60см, надеваемую на пучок из 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 10-15см для подачи раствора в скважину. Трубка клапана должна перекрывать эти вырезы, чтобы после окончания инъецирования не допустить проникания раствора в полихлорвиниловую трубку из скважины;

3) устраивают резиновый или войлочный сальник. Сальник должен иметь диаметр, равный диаметру скважины или несколько больше (см.рис.3,в настоящих "Методических рекомендаций");

4) бурят скважину на расчетную глубину;

5) вводят в скважину пучок из высокопрочной проволоки;

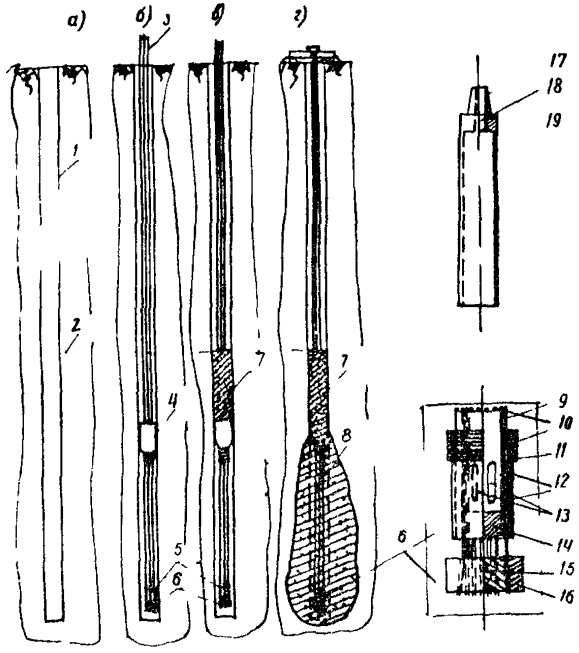



Рис.3. Схема устройства анкерной затяжки подачей раствора под давлением:
а–бурение скважины; б–установка кабеля из высокопрочной проволоки в скважину; в–создание цементопесчаной пробки; г–нагнетание цементопесчаного раствора в скважину; 1–скважина; 2–линия скольжения; 3–кабель; 4–сальник; 5–обратный клапан; 6–нижний анкер; 7–цементопесчаная пробка; 8–зацементированная зона; 9–трубка пучка; 10–высокопрочная проволока кабеля ; 11–проволочная стяжка; 12–резиновая трубка клапана; 13–прорези в трубке пучка; 14–пробка; 15–клиновый анкер; 16–корпус нижнего анкера; 17–конусный резьбовой наконечник инъектора ; 18–отверстие; 19–инъектор

6) промывают скважину водой;

7) соединяют инъектор с растворонасосом высокого давления трубкой с резьбовыми муфтами;

8) заливают в скважину (с помощью дополнительной трубки или шланга, вводимого в скважину между стенкой скважины и пучком до уровня сальника) цементопесчаный раствор на уровень от сальника до линии скольжения оползня, т.е. приблизительно 1,5-2 м. Необходимость данной операции заключается в создании плотной цементопесчаной пробки;

9) прерывают работу до окончательного твердения раствора-пробки;

10) нагнетают цементопесчаный раствор в скважину (через инъектор) при расчетном давлении. Нагнетание раствора должно проводиться без перерыва;

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

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

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

14) выполняют гидроизоляцию.

## Оглавление

Стр.

Предисловие. . . . . 3
1. Общие положения . . . . . 5
2. Расчет анкерной затяжки. . . . . 8
3. Технология сооружения анкерной конструкции. . . . . 12
4. Требования к материалам. . . . . 20

Приложения:
1. Технико-экономическое сравнение способов укрепления оползней. . . . . 22
2. Технические характеристики буровых станков. . . . . 24
3. Закрепление нижнего анкера с помощью инъецирования раствора под давлением. . . . . 28

Ответственный за выпуск инж.В.Е.Губанов

Редактор О.А.Ильина
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор И.А.Рубцова

Подписано к печати 19/1У 1976г. Формат 60х84/16
Л 86985
Заказ 111-6 2,1 печ.л. Тираж 600 Цена 23 коп.
1,2 уч.-изд.л.

Ротапринт Союздорнии

gost.e-ecolog.ru