

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
ССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ УСТОЕВ  
АНКЕРНО-КОНТРФОРСНОГО ТИПА  
ДЛЯ МАЛЫХ И СРЕДНИХ МОСТОВ  
НА АВТОДОРОГАХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РСФСР

Москва 1990

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА СССР  
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

"УТВЕРЖДАЮ"

Зам. директора института

\_\_\_\_\_ Г.Д. Хасхакиш

30 марта 1990 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ УСТОВ АНЧЕРНО-КОНТРОЛЬНОГО ТИПА  
ДЛЯ МАЛЫХ И СРЕДНИХ МОСТОВ НА АВТОДОРОГАХ  
НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РСФСР

Москва 1990

УДК 666.97:666.94.052:625

© Всесоюзный ордена Октябрьской Революции  
научно-исследовательский институт  
транспортного строительства, 1990

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие Методические рекомендации разработаны в соответствии с заданием ИС-ОІ-І2 "Программы по достижению мирового уровня в транспортном строительстве" на основе экспериментальных и теоретических исследований, проведенных в ЦНИИСе, опытного проектирования, осуществленного институтами Совзедсрпроект и Гипростроймост.

Применение устоев анкерно-контрфорсного типа позволяет значительно снизить стоимость и упростить технологию строительства мостов.

Рекомендации предназначены для проектирования опытных автодорожных мостов и путепроводов при реализации "Государственной программы строительства и реконструкции автомобильных дорог в Нечерноземной зоне РСФСР".

Методические рекомендации разработаны инж. А.Д. Соколовым. При этом использованы материалы кандидатов техн. наук Л.Р. Мороза, Э.А.Балючика, В.И.Руденко, инженеров М.М. Зуевой, Э.А. Титовой (ЦНИИС); инженеров И.Г.Прохорова, Е.Б.Мухиной, А.Т. Васина (Совзедсрпроект), Л.С.Новоходского (Гипростроймост).

Замечания и предложения направлять по адресу: І29329, Москва, ул. Кольская, д. І, Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства.

Зав. отделением мостов

И.Д.Рассказов

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Методические рекомендации составлены в развитие СНиП 2.05.03-84, "Региональных норм на проектирование и строительство автомобильных дорог в Нечерноземной зоне РСФСР" и "Рекомендаций по проектированию и строительству устоев диванного типа для малых и средних автодорожных мостов" (М., ЦНИИС, 1988).

1.2. Приведенные в Рекомендациях методы расчета устоев анкерно-контрфорсного типа основаны на простых и апробированных многолетней практикой проектирования моделей грунтовой среды. Они сочетают простоту инженерных расчетов с достаточной для обеспечения требуемой надежности сооружений точностью.

1.3. Нагрузки и воздействия (кроме давления грунта), их сочетания, коэффициенты надежности должны приниматься в соответствии с требованиями разд. 2 СНиП 2.05.03-84.

1.4. Габариты проезжей части и временные нагрузки должны приниматься в соответствии с указаниями "Региональных норм на проектирование и строительство автомобильных дорог в Нечерноземной зоне РСФСР".

## 2. КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ УСТОЕВ АНКЕРНО-КОНТРФОРСНОГО ТИПА

2.1. В конструкцию устоя анкерно-контрфорсного типа входят (рис. 1):

сборный, монолитный или комбинированный железобетонный диванный блок уголкового или таврового сечения, состоящий из фундаментной плиты, на которую опирается пролетное строение, шкафной стенки и открылков;

ограждающая конструкция, состоящая из лицевой вертикальной стенки и заанкеренных в грунте обратной засыпки контрфорсов, обеспечивающих устойчивость конструкции;

переходные плиты, опирающиеся одним концом на шкафную стенку дивана, а другим на лежень с подготовкой из утрамбованного щебня или гравия;

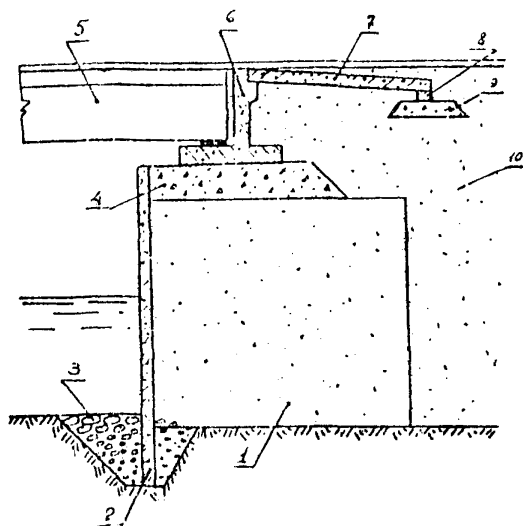


Рис. 1. Схема устоя анкерно-контрфорсного типа:

1 - контрфорс; 2 - лицевая стенка; 3 - крепление от разрыва в виде каменной рибберы; 4 - распределительная подушка из щебня или гравия; 5 - пролетное строение; 6 - диванный блок; 7 - переходные плиты; 8 - лежень переходных плит; 9 - подготовка из щебня или гравия; 10 - дренирующий грунт обратной засыпки

единения элементов целесообразно использовать трокатные профили в виде шпунтовых замков.

Примечание. Стальные прокатные профильные элементы в виде шпунтовых замков выпускаются заводом "Азовсталь" (ТУ-14-2-566-84); прокатные профили из высокопрочных пластиковых материалов могут изготавливаться НПО "Композит".

2.3. Расположенная над верхом контрфорсов подушка из щебня или гравия, необходимая для равномерного распределения и передачи нагрузки от диванного блока на грунт обратной засыпки, может удерживаться со стороны пролета возвышающейся над контрфорсами лицевой стенкой (рис. 3, а), угловой стенкой (рис. 3, б),

обратная засыпка ограждающей конструкции из уплотненного дренирующего грунта и расположенная над верхом контрфорсов распределительная подушка из утрамбованного щебня или гравия, на которую опирается диванный блок.

2.2. Секции лицевой стенки ограждающей конструкции между собой и с контрфорсами могут быть соединены жестко или шарнирно, либо вся ограждающая конструкция может быть собрана из объемных Т-образных блоков (рис. 2). Для шарнирного со-

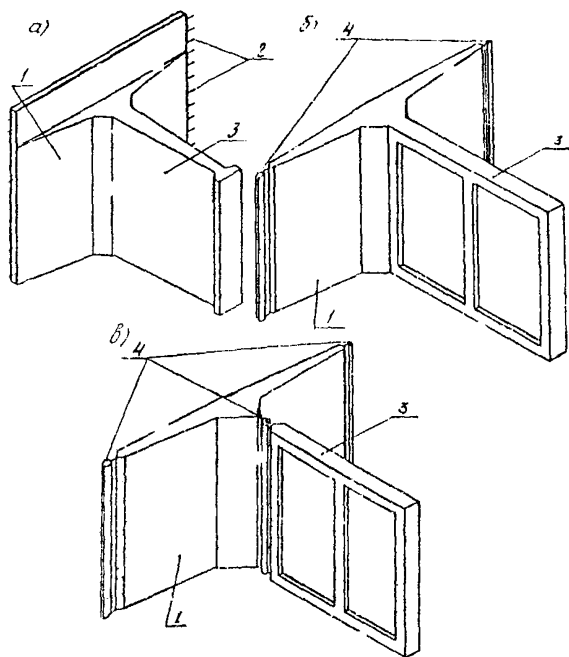


Рис. 2. Варианты соединения элементов ограждающей конструкции устоя анкерно-контрфорсного типа:  
 а - жесткое соединение из объемных Т-образных блоков;  
 б - шарнирное соединение между секциями с помощью шпунтовых замков; в - шарнирное соединение между секциями, лицевой стенкой и контрфорсами; 1 - лицевая стенка; 2 - выпуски арматуры для омоноличивания стыка; 3 - контрфорс; 4 - шарнирное соединение

объединяющей по верху секции ограждающей конструкции, или консольной стенкой Т-образного объемного блока (рис. 3,в).

2.4. Ограждающая конструкция может быть выполнена из целых плит или с разделением лицевой стенки и контрфорсов по высоте на блоки, монтируемые поярусно (см. рис. 3,б), что определяется наличием соответствующих грузоподъемных и транс-

портных средств и высотой подходной насыпи; при этом соединение между блоками ярусов ограждающей конструкции должно обеспечивать устойчивость их положения на сдвиг.

2.5. Контрфорсы должны выполняться в виде ребристой или сквозной конструкции для обеспечения их надежного зацепления в грунте и максимальной реализации сил трения между боковыми поверхностями контрфорсов и грунтом.

2.6. Лицевая стенка ограждающей конструкции анкерно-контрфорсного устоя может выполняться прямолинейной в плане (рис. 4,а), полигональной (рис. 4,б) или с обратными стенками (рис. 4,в).

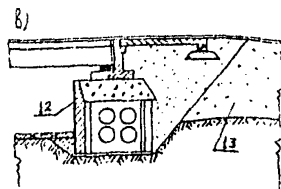
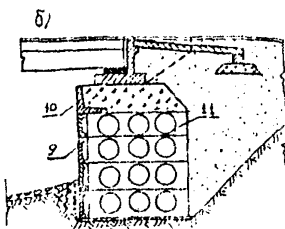
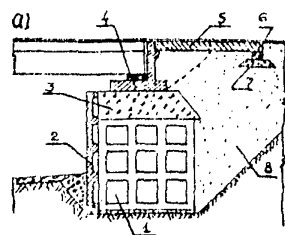


Рис. 3. Варианты конструктивных решений устоев анкерно-контрфорсного типа:

а - лицевая стенка и контрфорсы из целых по высоте ребристых плит; б - конструкция с поярусной разрезкой по высоте устоя на блоки и контрфорсами в виде сквозных элементов; в - конструкция из Т-образных объемных блоков; 1 - ребристая плита контрфорса; 2 - ребристая плита лицевой стенки; 3 - распределительная подушка из гравия или щебня; 4 - диванный блок; 5 - переходная плита; 6 - лежачь переходной плиты; 7 - подготовка из гравия или щебня; 8 - дренирующий грунт; 9 - ребристые блоки лицевой стенки; 10 - уголкообразная стенка для удержания распределительной подушки; 11 - сквозные блоки контрфорсов; 12 - Т-образный объемный блок; 13 - грунт подходной насыпи

2.7. Внутреннюю, обращенную к грунту сторону лицевой стенки, желательно проектировать ребристой, что даст возможность учесть силы трения между грунтом обратной засыпки и лицевой стенкой (см.

рис. 3,а,б)

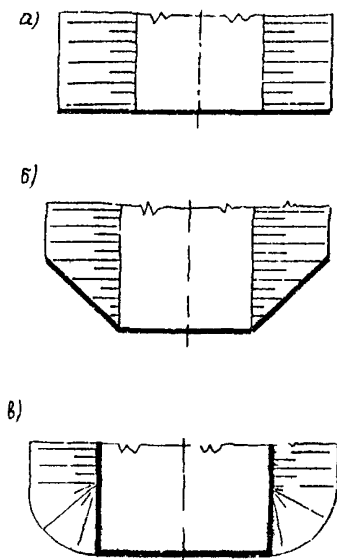


Рис. 4. Варианты выполнения лицевой стенки ограждающей конструкции анкерно-контрфорсного устоя:  
а-прямолинейная лицевая стенка;  
б-лицевая стенка полигонального очертания в плане;  
в-конструкция с обратными стенками

2.8. Длина контрфорсов должна быть достаточной для их заделки в запризменной части грунтовой засыпки по условиям устойчивости положения конструкции на сдвиг и опрокидывание.

2.9. Расстояние между контрфорсами назначается из условий возможности уплотнения грунта обратной засыпки в зависимости от вида применяемых для этого механизмов, а также из условий оптимального пролеза элементов лицевой стенки; соотношения между высотой лицевой стенки  $H$ , ее пролетом  $B$  и длиной контрфорса  $C$  назначается для предварительного расчета примерно равным 1,0:0,8:0,8.

2.10. Швы между секциями или блоками ограждающей конструкции должны быть перекрыты полосами дорнита или аналогичного материала для предотвращения суффозии грунта обратной засыпки через эти швы.

2.11. Соединение между блоками лицевой стенки и контрфорсов может осуществляться с помощью зуба в блоке контрфорса и ответного отверстия в полке блока лицевой стенки. Такое соединение не требует сварных или иных трудоемких работ при монтаже устоя. Вариант такой конструкции запатентован институтом Союздизпроект (рекомендуемое приложение 1).

### 3. УСЛОВИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УСТОВ АНКЕРНО-КОНТРОФОРНОГО ТИПА

3.1. Применение устоев анкерно-контрфорсного типа, обеспечивающих бесконустое сопряжение моста с подходной насыпью, дает возможность изменить схему моста, значительно сократить его длину, число пролетов и промежуточных опор (рис. 5). Данную конструкцию устоев целесообразно применять для однопролетных мостов, что позволяет унифицировать технологию их строительства, отказавшись от применения дефицитной сваебойной или буровой техники, используя простейший парк машин, имеющийся в строительных подразделениях не только мостостроительного профиля.

3.2. Устои анкерно-контрфорсного типа целесообразно применять для пролетов высотой не более 24 м и подходов насыпей высотой не более 7 м.

3.3. При естественном основании устоя, сложенного гравелистыми, песчаными или другими непучинистыми грунтами, ограждающая конструкция может не заглубляться в грунт основания на глубину промерзания; при этом для устоев мостов должны быть предусмотрены необходимые конструктивные мероприятия по их защите от размыва (рис. 6).

3.4. При залегании в основании устоя пучинистых грунтов низ ограждающей конструкции заглубляется ниже уровня промерзания грунта на 0,25 м. При этом контрфорсы могут не заглубляться, или заглубляться на меньшую величину при условии устройства под их подошвой подушки из щебня или гравия до уровня заложения подошвы лицевой стенки.

3.5. Анкерно-контрфорсные ограждающие конструкции в двувальных устоях мостов могут применяться в сочетании с армированием грунта обратной засыпки и концевой части подходной насыпи геотекстильными материалами для повышения их устойчивости по отношению на плоский сдвиг или по круглоцилиндрической поверхности.

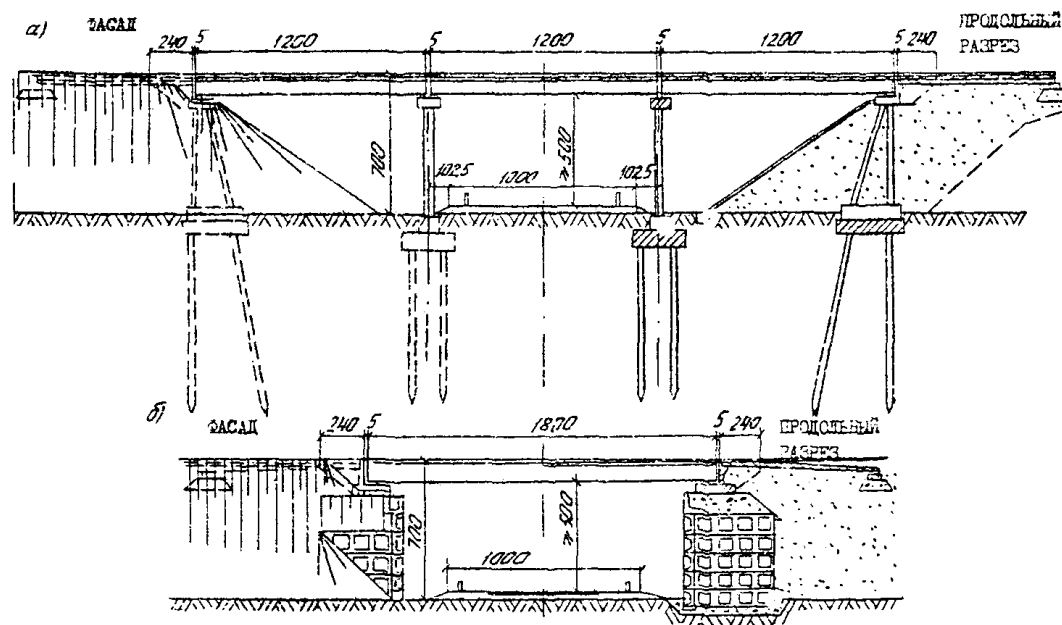


Рис. 5. Сравнение вариантов путепроводов:

а-трехпролетный путепровод по типовому проекту с обсыпными устоями и опорами на свайных фундаментах;  
 б-однопролетный путепровод с устоями анкерно-контрфорсного типа

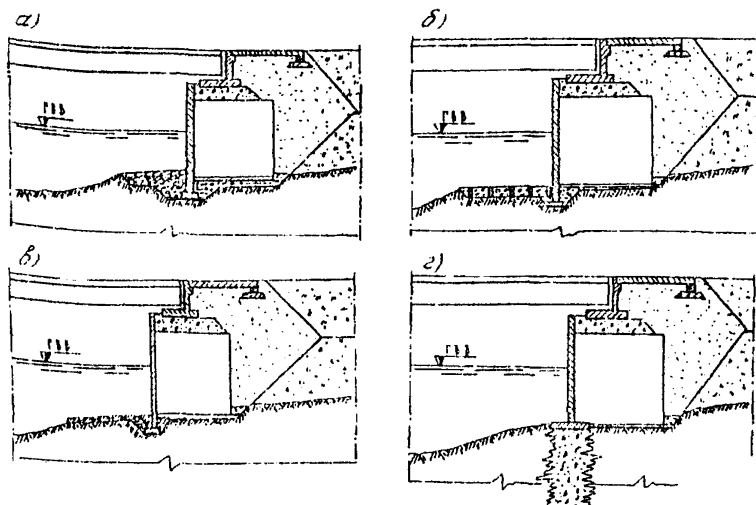


Рис. Конструктивные мероприятия по защите устоев от размыва:  
а-устройство каменной рибармы с обратным фильтром;  
б-крепление решетчатыми б оками с заполнением ячеек камнем или гравием; в-крепление с помощью гибких железобетонных покрытий; г-устройство завес с помощью струйной технологии

#### 4. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА

4.1. Расчеты устоев анкерно-контрфорсного типа проводятся по двум группам предельных состояний.

По первой группе предельных состояний выполняются расчеты: устойчивости положения на сдвиг по подошве ограждающей конструкции устоя;

устойчивости положения на опрокидывание ограждающей конструкции устоя;

устойчивости конструкции на сдвиг по круглоцилиндрической поверхности вместе с грунтом засыпки;

устойчивости на сдвиг по подошве и на опрокидывание диванного блока;

устойчивости на сдвиг отдельных ярусов ограждающей конструкции; прочности по материалу всех элементов конструкции; прочности основания по подошве диванного блока.

По второй группе предельных состояний проверяется:  
положение равнодействующей внутренних сил в сечении по  
подопье диванного блока;

трещиностойкость железобетонных элементов конструкции.

4.2. Расчеты устойчивости положения на сдвиг и опрокидывание выполняются для одной секции сооружения, включающей контрфорс и два примыкающих к нему полупролета лицевой стенки (рис. 7)

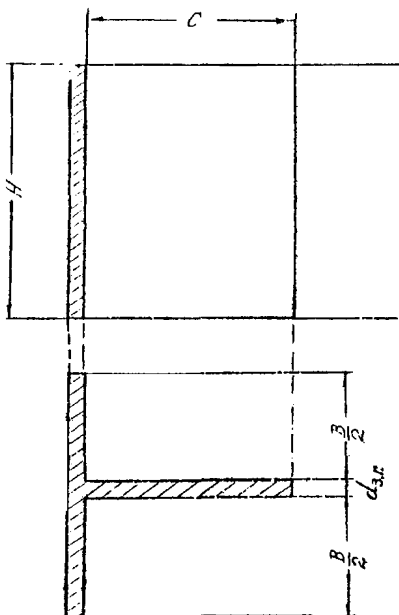


Рис. 7. Расчетная секция устоя, состоящая из контрфорса и двух примыкающих к нему полупролетов лицевой стенки

4.3. Расчет железобетонных элементов устоя должен выполняться в соответствии с требованиями разд. 3 СНиП 2.05.03-84.

4.4. Расчеты оснований, а также принимаемые характеристики грунтов должны соответствовать требованиям СНиП 2.02.01-83 и разд. 7 СНиП 2.05.03-84.

## 5. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ГРУНТА

5.1. Давление грунта на лицевую стенку ограждающей анкерно-контрфорсной конструкции устоя диванного типа определяется как активное с учетом его снижения за счет вертикальных сил трения  $2T_v$ , развивающихся по боковым поверхностям контрфорсов и контактирующих с ними основаниям призмы обрушения грунта.

Примечание. Давление грунта и вызываемые этим давлением силы трения, определяемые в соответствии с настоящими Рекомендациями, являются нормативными и в расчет должны включаться с учетом коэффициента надежности по нагрузке.

5.2. Равнодействующая давления грунта  $E_g$  от его соб -

ственного веса  $\gamma$  в расчете на 1 м длины пролета лицевой стенки определяется по формуле

$$E_{\gamma} = E_{\gamma}^{кул} - \Delta E_{\gamma}, \quad (1)$$

где  $E_{\gamma}^{кул}$  - равнодействующая активного давления грунта на 1 м длины пролета лицевой стенки, определяемая по теории Кулона:

$$E_{\gamma}^{кул} = \lambda \cdot \frac{\gamma H^2}{2}; \quad (2)$$

$\Delta E_{\gamma}$  - равнодействующая снижения давления грунта на 1 м длины пролета лицевой стенки за счет сил трения призмы обрушения по боковым поверхностям контрфорсов, определяемая по формуле

$$\Delta E_{\gamma} = \lambda \cdot \bar{\varrho} \cdot \frac{\gamma H^3}{3}, \quad (3)$$

где  $\lambda$  - коэффициент активного давления грунта, определяемый для вертикальных лицевых стенок при горизонтальной поверхности засыпки по формуле

$$\lambda = \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \delta \left( 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin \varphi}{\cos \delta}} \right)^2}, \quad (4)$$

$\bar{\varrho}$  - коэффициент снижения активного давления на 1 м длины пролета лицевой стенки, определяемый по формуле

$$\bar{\varrho} = \frac{\varrho}{B} = \frac{\xi \cdot \lg \delta_K}{B}; \quad (5)$$

$\xi$  - коэффициент бокового давления грунта на контрфорсы в условиях стесненной ими деформации, определяемый по формуле

$$\xi = \frac{1}{1 + 2 \lg^2 \varphi + 2 \sqrt{(1 + \lg^2 \varphi) \cdot (\lg^2 \varphi - 0,875 \lg^2 \delta_K)}}, \quad (6)$$

$H$  - высота лицевой стенки до зеркала контрфорсов;

$B$  - длина пролета лицевой стенки, равная расстоянию в свету между контрфорсами;

$\gamma$  - удельный вес грунта;

$\varphi$  - нормативный угол внутреннего трения грунта;

$\delta$  - угол внешнего трения грунта по поверхности лицевой стенки, который может быть принят равным  $\varphi$ , если ее внутренняя поверхность, обращенная к грунту, выполнена ребристой;

$\delta_k$  - угол внешнего трения грунта по боковым поверхностям контрфорсов, который может быть принят равным  $\varphi$ , если контрфорсы выполнены в виде ребристых или сквозных конструкций.

Коэффициент бокового давления грунта на контрфорсы  $\xi$  может определяться по графику на рис. 8, а коэффициент снижения активного давления  $\eta$  - по графику на рис. 9.

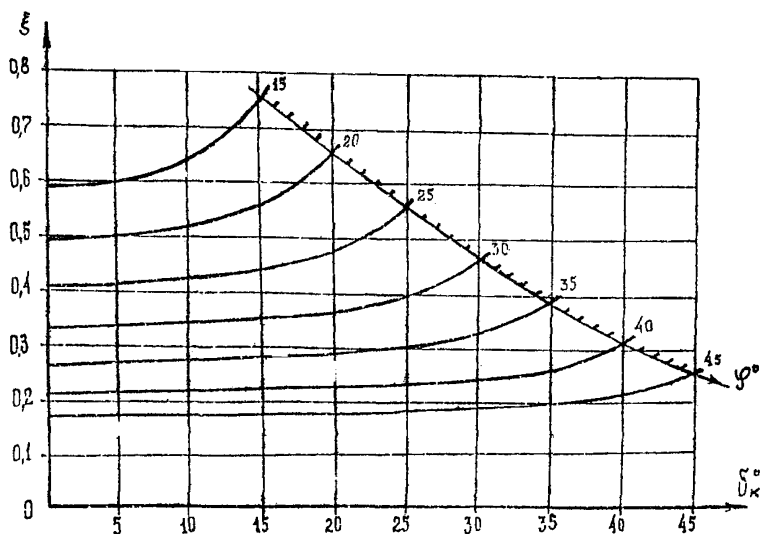


Рис. 8. График зависимости коэффициента  $\xi$  бокового давления грунта на контрфорсы от нормативных значений углов внутреннего трения  $\varphi$  и внешнего трения грунта о контрфорсы  $\delta_k$

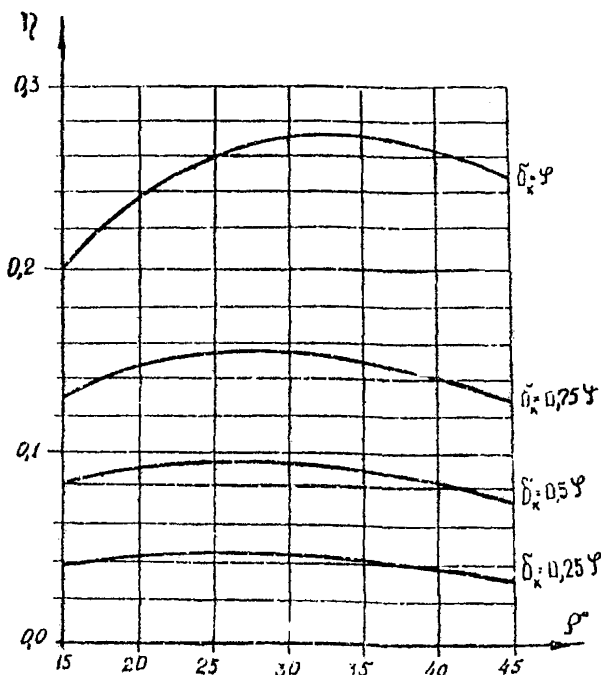


Рис. 9. График зависимости коэффициента  $q$  снижения давления грунта на лицевую стенку от нормативных значений углов внутреннего трения  $\varphi$  и внешнего трения грунта о контрфорс  $\delta_k$

5.3. Интенсивность давления на 1 м длины пролета лицевой стенки от собственного веса грунта  $\gamma$  определяется по формуле

$$P_{(h)}^r = P_{(h)}^{кул} - \Delta P_{(h)}^r, \quad (7)$$

где  $P_{(h)}^{кул}$  — интенсивность активного давления на 1 м длины пролета лицевой стенки по теории Кулона

$$P_{(h)}^{кул} = 2 \cdot \gamma \cdot h; \quad (8)$$

$\Delta P_{(h)}^r$  — интенсивность снижения давления на 1 м длины пролета лицевой стенки за счет сил трения призмы обрушения по боковым поверхностям контрфорсов, равная

$$\Delta p_{(h)}^{\sigma} = \lambda \cdot \bar{\sigma} \cdot \gamma \cdot h^2 \quad (9)$$

где  $\lambda$  - заглубление точки от верха контрфорса.

Остальные величины см. п. 5.2.

Эпюры интенсивности давления грунта и ее снижения показаны на рис. 10. Там же показаны точки приложения и направления равнодействующих давления грунта  $E_{\gamma}^{Кул}$  и  $\Delta E_{\gamma}$ .

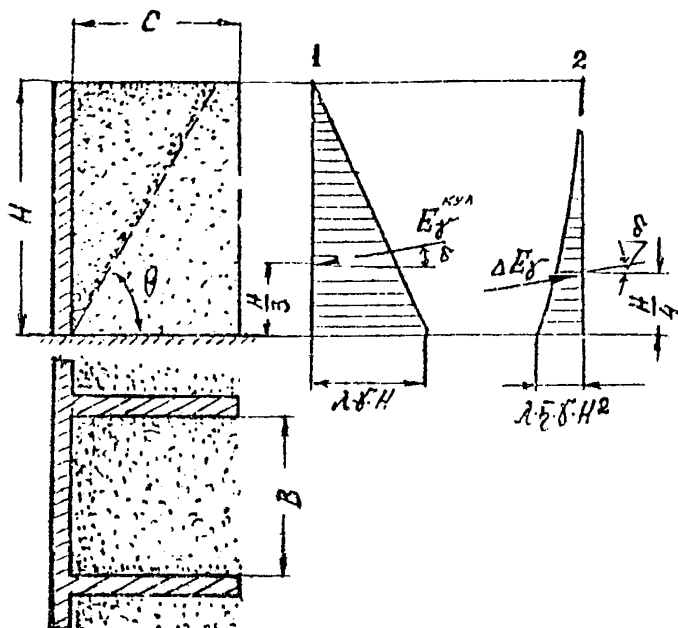


Рис. 10. Давление грунта от собственного веса  $\gamma$  на секцию анкерно-контрфорсного устоя;

1 - эпюра интенсивности давления грунта для плоской задачи по теории Кулона; 2 - эпюра интенсивности снижения давления за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов

5.4. Равнодействующая давления грунта  $E_{\gamma}$  от равномерно распределенной нагрузки  $q$  на поверхности засыпки, прило-

женной в уровне верха контрфорсов, в расчете на 1 м длины пролета лицевой стенки определяется по формуле

$$E_g = E_g^{кул} - \Delta E_g, \quad (10)$$

где  $E_g$  - равнодействующая активного давления грунта на 1 м длины пролета лицевой стенки от равномерно распределенной нагрузки  $q$  на поверхности засыпки по теории Кулона

$$E_g^{кул} = \lambda \cdot q \cdot H; \quad (11)$$

$\Delta E_g$  - равнодействующая снижения давления грунта от равномерно распределенной нагрузки  $q$  на 1 м длины пролета лицевой стенки за счет сил трения призмы обрушения грунта по боковым поверхностям контрфорсов, определяемая по формуле

$$\Delta E_g = \lambda \cdot \bar{\sigma} \cdot q \cdot H^2. \quad (12)$$

5.5. Интенсивность давления грунта на 1 м длины пролета лицевой стенки от равномерно распределенной нагрузки  $q$  на поверхности засыпки определяется по формуле

$$p_{(h)}^g = p_{(h)}^{gкул} - \Delta p_{(h)}^g, \quad (13)$$

где  $p_{(h)}^{gкул}$  - интенсивность активного давления грунта от нагрузки  $q$  по теории Кулона, равная

$$p_{(h)}^{gкул} = \lambda \cdot q; \quad (14)$$

$\Delta p_{(h)}^g$  - интенсивность снижения давления грунта на 1 м длины пролета лицевой стенки от нагрузки  $q$ , определяемая по формуле

$$\Delta p_{(h)}^g = 2\lambda \cdot \bar{\sigma} \cdot q \cdot h. \quad (15)$$

Эти интенсивности давления грунта от нагрузки  $q$  и ее снижения показаны на рис. II. Там же показаны точки приложения и направления равнодействующих  $E_g^{кул}$  и  $\Delta E_g$  давления грунта от нагрузки  $q$ .

5.6. При частичном загрузении поверхности засыпки равномерно распределенной нагрузкой  $q_c$ , сдвинутой на расстояние  $c_g$  от лицевой стенки, дополнительное давление грунта  $E_{gc}$  на 1 м длины пролета лицевой стенки рекомендуется определять в соответствии с приемом, показанным на рис. 12:

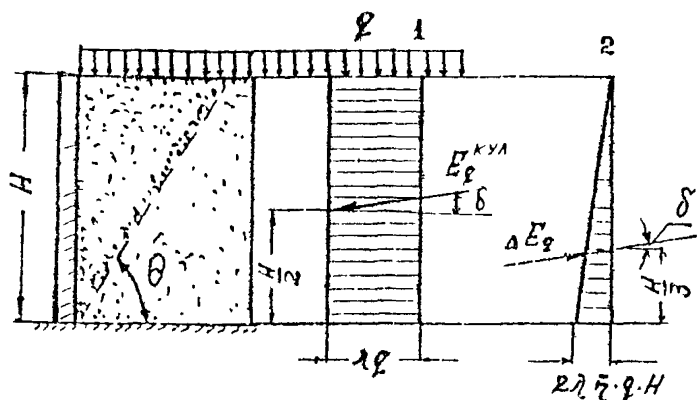


Рис. 11. Давление грунта от нагрузки  $q$  на поверхность засыпки на секцию анкерно-контрфорсного устоя:  
1 - эпюра интенсивности давления грунта для плоской задачи по теории Кулона; 2 - эпюра интенсивности снижения давления за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов

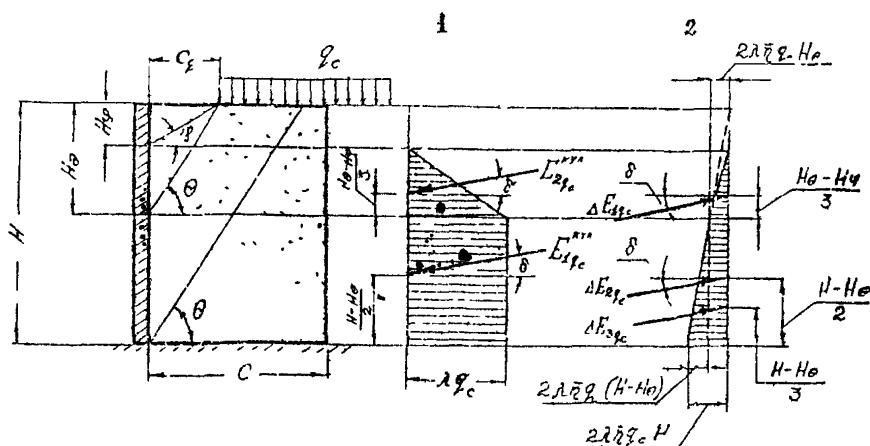


Рис. 12. Давление грунта на линейную стенку устоя анкерно-контрфорсного типа при частичном загрузении призмы обрушения нагрузкой  $q_c$ :  
1 - эпюра интенсивности активного давления от нагрузки  $q_c$  для плоской задачи по теории Кулона; 2 - эпюра интенсивности снижения давления от нагрузки  $q_c$  за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов

$$E_{qc} = E_{qc}^{кул} - \Delta E_{qc}, \quad (16)$$

где  $E_{qc}^{кул}$  - давления грунта от нагрузки  $q_c$  на I м длины пролета лицевой стенки, определяемое по теории Кулона как сумма сил  $E_{1qc}^{кул}$  и  $E_{2qc}^{кул}$

$$E_{qc}^{кул} = E_{1qc}^{кул} + E_{2qc}^{кул} \quad (17)$$

где

$$E_{1qc}^{кул} = 2 \cdot q_c \cdot (H - H_\theta); \quad (18)$$

$$E_{2qc}^{кул} = 2 \cdot q_c \cdot \frac{H_\theta - H_\varphi}{2}, \quad (19)$$

где

$$H_\theta = c_\theta \cdot \operatorname{tg} \theta; \quad (20)$$

$$H_\varphi = c_\varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (21)$$

$\theta$  - угол наклона к горизонтали плоскости обрушения грунта, определяемый по формуле

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{1 + K_0 \cdot \sin \varphi}{K_0 \cdot \cos \varphi}, \quad (22)$$

$$K_0 = \sqrt{1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \delta}{\operatorname{tg}^2 \varphi}} \quad (23)$$

или по графику, приведенному на рис. I3;

$\Delta E_{qc}$  - равнодействующая снижения давления грунта от нагрузки  $q_c$ , определяемая как сумма сил:

$$\Delta E_{qc} = \Delta E_{1qc} + \Delta E_{2qc} + \Delta E_{3qc} = 2 \cdot \bar{c} \cdot q_c (H^2 - H_\theta \cdot H_\varphi). \quad (24)$$

Эпюры интенсивности давления грунта, интенсивности его снижения за счет сил трения, точки приложения равнодействующих и их направления показаны на рис. I2

Для приближенных расчетов допускается использовать упрощенный прием, представленный на рис. I4. В соответствии с этим приемом будем иметь:

$$E_{qc}^{кул} = 2 \cdot q_c (H - H_\theta); \quad (25)$$

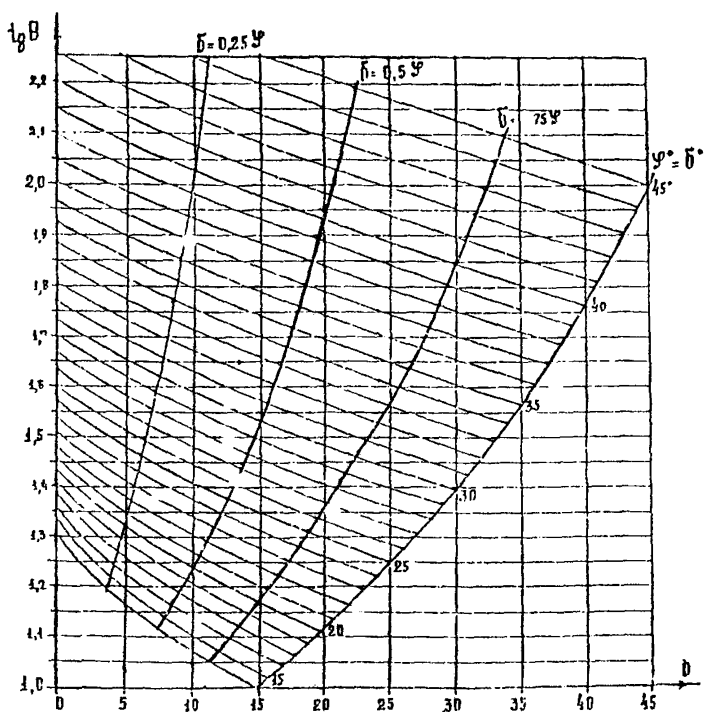


Рис. 13. График зависимости  $\operatorname{tg} \theta$  от углов внутреннего  $\varphi$  и внешнего  $\delta$  трения грунта ( $\theta$  - угол наклона к горизонтали плоскости обрушения грунта)

$$\Delta E_{\rho c} = 2 \cdot \bar{c} \cdot q_c (H^2 H_0^2). \quad (26)$$

5.7 При загрузке поверхности насыпи в уровне верха контрфорсов полосовой равномерно распределенной нагрузкой  $p_a$  на расстоянии  $c_p$  от лицевой стенки рекомендуется пользоваться приемом, показанным на рис. 15. При этом давление грунта на 1 м длины пролета лицевой стенки от полосовой нагрузки определяется по формуле

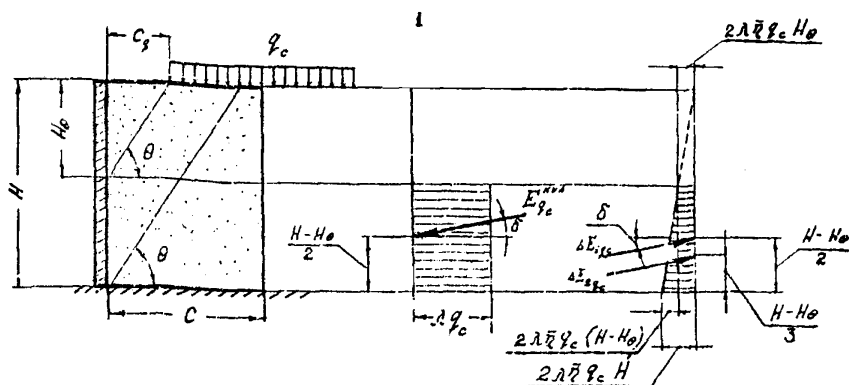


Рис. 14. Давление грунта на левую стенку устоя анкерно-контрфорсного типа при частичном загрузении призмы обрушения нагрузкой  $q_c$ :  
1 - эпюра интенсивности активного давления от нагрузки для плоской задачи по теории Кулона; 2 - эпюра интенсивности снижения давления от нагрузки  $q_c$  за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов

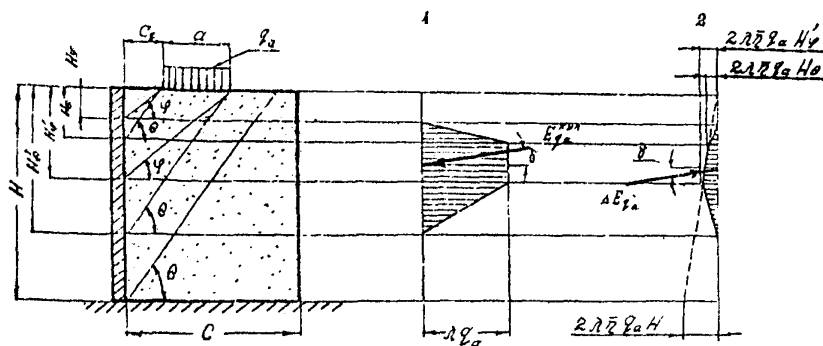


Рис. 15. Давление грунта на левую стенку устоя анкерно-контрфорсного типа при загрузении призмы обрушения горизонтальной нагрузкой  $q_a$ :  
1 - эпюра интенсивности активного давления от нагрузки  $q_a$  для плоской задачи по теории Кулона; 2 - эпюра интенсивности снижения давления от нагрузки  $q_a$  за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов

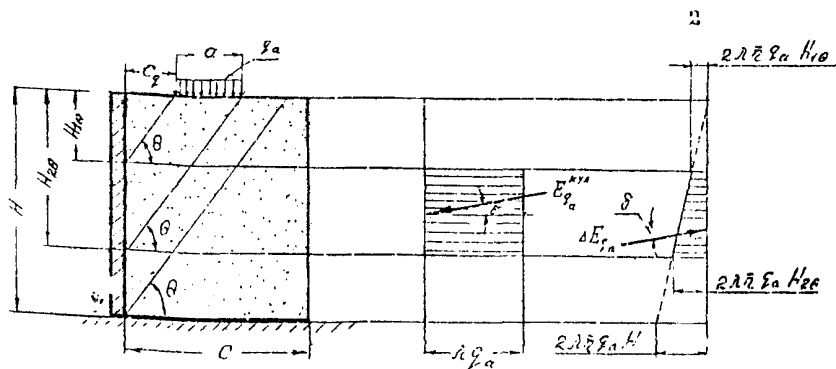


Рис. 16. Давление грунта на лицевую стенку устоя анкерно-контрфорсного типа I при загрузении призмы обрушения полосовой нагрузкой  $q_a$ :  
 1 - эпюра интенсивности активного давления от полосовой нагрузки  $q_a$  для плоской задачи по теории Кулона;  
 2 - эпюра интенсивности снижения давления от нагрузки  $q_a$  за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов

$$E_{q_a} = E_{q_a}^{\text{Кул}} - \Delta E_{q_a}, \quad (27)$$

где  $E_{q_a}^{\text{Кул}}$  - равнодействующая давления грунта на I м длины пролета лицевой стенки от полосовой нагрузки, определяемая по формуле

$$E_{q_a}^{\text{Кул}} = \lambda \cdot q_a \cdot a \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (28)$$

$\Delta E_{q_a}$  - равнодействующая снижения давления грунта за счет сил трения, определяемая по формуле

$$\Delta E_{q_a} = \lambda \cdot \bar{c}_f \cdot q_a \cdot (a + 2c_f) \operatorname{tg} \theta \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (29)$$

где  $a$  - ширина полосы загрузки поверхности засыпки нагрузкой  $q_a$ .

Эпюра интенсивности давления грунта, интенсивности его снижения за счет сил трения и их равнодействующая показаны на рис. 15. Точки приложения равнодействующих расположены на уровнях центров тяжести соответствующих эпюр. Для приближенных расчетов допускается использование упрощенного приема, приведенного на рис. 16. В соответствии с этим приемом будем иметь

$$E_{ga}^{xy, n} = 2 \cdot q_a \cdot \alpha \cdot \operatorname{tg} \theta; \quad (30)$$

$$\Delta E_{ga} = 2 \cdot \bar{\sigma} \cdot q_a \cdot \alpha (\alpha + 2c_g) \cdot \operatorname{tg}^2 \theta. \quad (31)$$

5.8. При наличии в обратной засыпке слоя водонасыщенного грунта на глубине  $H_2$  от верха контрфорсов равнодействующая давления грунта определяется в соответствии со схемой, представленной на рис. 17, как сумма сил:

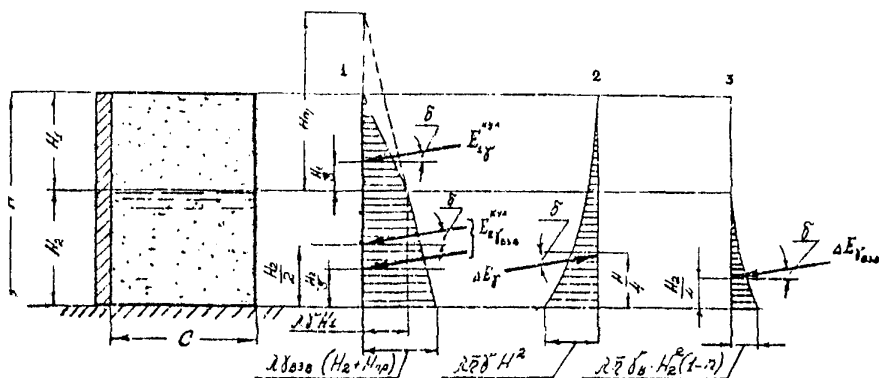


Рис. 17. Спределение давления грунта на лицевую стенку устоя анкерно-контрфорсного типа при наличии водонасыщенного слоя грунта:  
1 - эпюра интенсивности активного давления грунта для плоской задачи по теории Кулона; 2 - эпюра интенсивности снижения давления от собственного веса грунта  $\gamma$  за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов; 3 - отрицательная поправка к эпюре интенсивности снижения давления

$$E_{\gamma}^{\sigma} = E_{1\gamma}^{кул} + E_{2\gamma\delta}^{кул} - \Delta E_{\gamma} + \Delta E_{\gamma\delta}, \quad (32)$$

где  $E_{1\gamma}^{кул}$  - равнодействующая давления грунта в верхнем неводонасыщенном слое, определяемая в соответствии с п. 5.2 по формуле (2);

$E_{2\gamma\delta}^{кул}$  - равнодействующая давления водонасыщенного грунта, определяемая по теории Кулона:

$$E_{2\gamma\delta}^{кул} = \lambda \frac{H_2}{2} [\gamma H_1 + \gamma_{\delta\delta} (H_2 + H_{np})], \quad (33)$$

где  $\gamma_{\delta\delta}$  - удельный вес грунта с учетом взвешивающего влияния грунтовой воды, определяемый по формуле

$$\gamma_{\delta\delta} = \gamma - \gamma_w (1 - n); \quad (34)$$

$\gamma_w$  - удельный вес воды;

$n$  - пористость грунта, которая связана с коэффициентом пористости  $e$  зависимостью:

$$n = \frac{e}{1 + e}; \quad (35)$$

$H_2$  - толщина слоя водонасыщенного грунта;

$H_{np}$  - приведенная высота, определяемая по формуле

$$H_{np} = \frac{\sigma \cdot H_1}{\gamma_{\delta\delta}}; \quad (36)$$

$\Delta E_{\gamma}$  - равнодействующая снижения давления грунта за счет сил трения, определяемая в соответствии с п. 5.2 по формуле (3);

$\Delta E_{\gamma\delta}$  - отрицательная поправка к равнодействующей снижения давления, определяемая по формуле

$$\Delta E_{\gamma\delta} = \lambda \gamma_{\delta\delta} \frac{H_2^3}{3} \bar{\sigma} (1 - n) \quad (37)$$

Эпюры интенсивности давления грунта, интенсивности его снижения, интенсивности отрицательной поправки, а также соответствующие равнодействующие, точки их приложения и направления показаны на рис. 17.

5.9. Для различных конструктивных решений устоев анкерно-контрфорсного типа по п. 1.4 эпюры интенсивности давления грун-

та и интенсивности его снижения за счет сил трения строится:

при устройстве консольной части лицевой стенки, возникающей над верхом контрфорсов, для удержания распределительной подушки под диванным блоком — по схемам, приведенным в справочном приложении 2 (табл. I, пп. 7-10);

при устройстве уголковой стенки над верхом контрфорсов — по схемам, приведенным в справочном приложении 2, учитывающим экранирующее влияние горизонтальной полки уголковой стенки, аналогично известному приему учета влияния разгружающих плит на напорных гранях подпорных стен (см. табл. I, пп. II, II\* )

Б.10. Расстояние  $c_g$  от лицевой стенки до диванного блока и фронта полосовой нагрузки  $q_a$ , передаваемой на засыпку, следует назначать так, чтобы давление от полосовой нагрузки не передавалось на консольный участок лицевой стенки или вертикальную плиту уголковой стенки, т.е. чтобы выполнялось условие

$$c_g \geq \frac{H_f}{tg \theta}, \quad (38)$$

где  $H_f$  — высота консольной части лицевой стенки или высота уголковой стенки над верхом контрфорсов.

Б.11. Давление грунта на заднюю вертикальную торцевую грань контрфорса определяется с учетом особенностей пространственной задачи как для узких граней по формуле

$$E_{gr} = E_{кул} \cdot \gamma. \quad (39)$$

где  $E_{кул}$  — активное давление, определяемое по теории Кулона для плоской задачи по формуле

$$E_{кул} = tg^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \frac{\gamma H^2}{2} \cdot \alpha; \quad (40)$$

$\alpha'$  — ширина задней торцевой грани контрфорса;

$\gamma$  — коэффициент снижения активного давления, принимаемый для узких граней ( $\frac{\alpha'}{H} \leq 0,1$ ) равным 0,25.

Экспра интенсивности давления грунта на заднюю торцевую грань контрфорса, равнодействующая давления  $E_{gr}$ , ее положение и направление показаны на рис. 18.

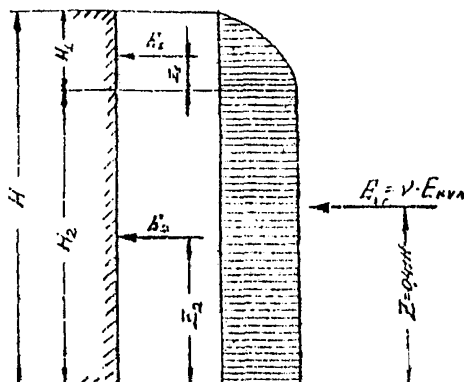


Рис. 18. Давление грунта на заднюю торцевую грань контрфорса

## 6. ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ НА СДВИГ СЕКЦИИ УСТОЯ АНКЕРНО-КОНТРФОРСНОГО ТИПА ПО ЕГО ПОДОШВЕ

5.1. Устойчивость положения на сдвиг по подошве секции устоя анкерно-контрфорсного типа проверяется по формуле

$$Q_{сд} \leq \frac{\pi}{\gamma_n} \cdot Q_{уд}, \quad (41)$$

где  $Q_{сд}$  — сдвигающая сила, равная сумме проекций сдвигающих сил на направление возможного сдвига, к которым относятся:

сумма горизонтальных проекций активного давления грунта с учетом его снижения за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов;

взятая с обратным знаком сила трения по основанию, вызванная вертикальными силами трения призмы обрушения по боковым поверхностям контрфорсов  $2 \Gamma_n$  и вертикальными проекциями давления грунта на лицевую стенку  $\sum E_y - \sum \Delta E_y$ .

$$Q_{y\partial} = \Sigma E_x - \Sigma \Delta E_x - f(\Sigma 2T_{\partial} + \Sigma E_y - \Sigma \Delta E_y), \quad (42)$$

$Q_{y\partial}$  - удерживающая сила, равная сумме проекций удерживающих сил на направление возможного сдвига, к которому относятся:

силы трения по основанию секции сооружений, вызванные весом секции и пригрузкой ее вышележащим грунтом и временной нагрузкой на нем, с учетом гидростатического противодействия;

горизонтальные удерживающие силы трения по боковым поверхностям контрфорсов за пределами призмы обрушения;

$$Q_{y\partial} = f(\Sigma G + \Sigma Q_{\partial} - W_y) + 2T_{y\partial}, \quad (43)$$

где  $f$  - коэффициент трения бетона по грунту основания;

$W_y$  - равнодействующая гидростатического противодействия на подошву секции сооружения;

$\Sigma G$  - суммарный вес элементов секции;

$\Sigma Q_{\partial}$  - вес пригрузки секции вышерасположенным слоем грунта с учетом временной нагрузки на нем;

$m$  - коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,9;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению, принимаемый равным 1,1 при расчетах в стадии постоянной эксплуатации и 1,0 - при расчетах в стадии строительства.

6.2. Вертикальные силы трения, действующие по двум боковым поверхностям контрфорсов в пределах призмы обрушения грунта  $2T_{\partial}$  определяются в зависимости от схемы загрузки по формулам, приведенным в справочном приложении 2.

6.3. Горизонтальные удерживающие силы трения, разрывающиеся по двум боковым поверхностям контрфорса за пределами призмы обрушения грунта  $2T_{y\partial}$  (рис. 19), определяются по формуле

$$2T_{y\partial} = 2S_{\tau} \cdot \sigma_{\sigma}, \quad (44)$$

где  $S_{\tau}$  - площадь эпюры касательных напряжений  $\tau$ , действующих на боковой поверхности контрфорса за преде-

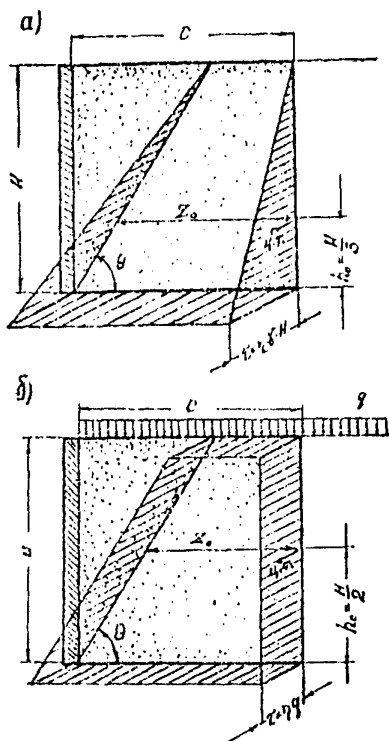


Рис. 10. Эпюры касательных напряжений  $\tau$  на боковой поверхности контрфорса за пределами призмы обрушения: а - от собственного веса грунта  $\gamma$ ; б - от равномерно распределенной нагрузки  $q$  на поверхности засыпки

лами призмы обрушения, определяемая по формулам:

при загрузке собственным весом грунта  $\gamma$

$$S_{\tau\gamma} = \frac{\gamma \gamma H^2}{2}; \quad (45)$$

при загрузке поверхности грунта равномерно распределенной нагрузкой  $q$

$$S_{\tau q} = q \gamma H; \quad (46)$$

$z_0$  - размер боковой поверхности контрфорса за пределами призмы обрушения грунта на уровне  $h_0$ ;

$h_0$  - расстояние от подошвы контрфорса до центра тяжести эпюры  $\tau$ , равное  $\frac{H}{3}$  при загрузке собственным весом, и  $\frac{H}{2}$  - при загрузке равномерно распределенной нагрузкой  $q$

$$z_0 = c \frac{h_0}{\tan \theta}, \quad (47)$$

где  $c$  - полная длина контрфорса.

## 7. ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ НА ОПРОКИДЫВАНИЕ СЕКЦИИ УСТОЯ АНКЕРНО-КОНТРФОРСНОГО ТИПА

7.1. Устойчивость положения на опрокидывание секции устоя анкерно-контрфорсного типа проверяется по формуле

$$M_{оп} \leq \frac{\pi}{\gamma_n} M_{уд}, \quad (48)$$

где  $M_{оп}$  - момент опрокидывающих сил относительно оси возможного поворота (опрокидывание) конструкции, к которой относятся:

сумма горизонтальных проекций активного давления грунта на лицевую стенку с учетом его снижения за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов;

давление грунта на заднюю торцевую грань контрфорса;

$M_{уд}$  - момент удерживающих сил относительно той же оси, к которым относятся:

суммарный вес элементов секции устоя с учетом гидростатического противодействия;

вес пригрузки элементов секции вышерасположенным грунтом засыпки с временными нагрузками на нем;

вертикальные силы трения, действующие по двум боковым поверхностям контрфорса в пределах призмы обрушения грунта  $2T_a$

силы трения, действующие по двум боковым поверхностям контрфорсов за пределами призмы обрушения грунта и направленные в каждой из точек перпендикулярно радиусу-вектору этой точки, проведенному от оси опрокидывания;

$m$  - коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,9 для скальных оснований и 0,8 - для нескальных оснований сооружения.

Примечание. Методика определения сил, относящихся к опрокидывающим, изложена в разд. 5 настоящих Рекомендаций.

7.2. За ось возможного опрокидывания секции устоя анкерно-контрфорсного типа принимается нижнее внутреннее ребро лице-

вой стенки (г. 0 на рис. 20).

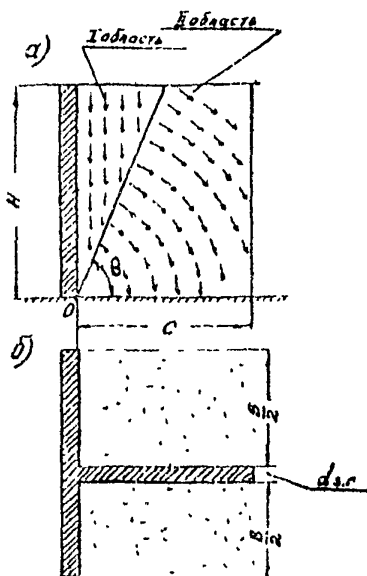


Рис. 20. Удерживающие силы по боковым поверхностям контрфорсов при расчете сечений устоя на опрокидывание;

а - вертикальный разрез; б - план сечения; "с" - ось возможного опрокидывания; л область - контакт с призмой обрушения; П область - защемление в запризонной части грунтовой засыпки

3. При проверке устойчивости положения на опрокидывание под действием нагрузок от собственного веса грунта  $\gamma$  момент удерживающих сил, действующих по боковым поверхностям контрфорсов относительно принятой оси опрокидывания, определяется по формуле

$$M_{уд}^{\gamma} = \frac{25.4^4}{12} (F_{(m)}^{\gamma} - F_{(e)}^{\gamma}), \quad (49)$$

$$\text{где } F_{(m)}^{\gamma} = 2m^4 / (3m - 2m^3) \sqrt{1+m^2} + 4m^3 \ln \frac{1+\sqrt{1+m^2}}{m} + \ln(m + \sqrt{1+m^2}), \quad (50)$$

$$F_{(e)}^{\gamma} = \frac{105\theta}{\sin^2\theta} + \ln \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2} - \operatorname{ctg}^2 \theta; \quad (51)$$

$$m = \frac{c}{H} - \text{отношение} \quad (52)$$

длины контрфорса

с к его высоте  $H$ ;

$\gamma$  - коэффициент, определяемый по графику на рис. 9 (п. 6.2);

$\theta$  - угол наклона к горизонтальной плоскости обрушения грунта, определяемый по формуле (22) или графику на рис. 13.

Функция  $F_{(m)}^{\gamma}$  может определяться по графику на рис. 21, а. Функция  $F_{(e)}^{\gamma}$  - по графику на рис. 21, б или упрощенной формуле

$$F_{(e)}^{\gamma} = 1,295 - 0,0274 (\theta - 45^\circ) \quad (53)$$

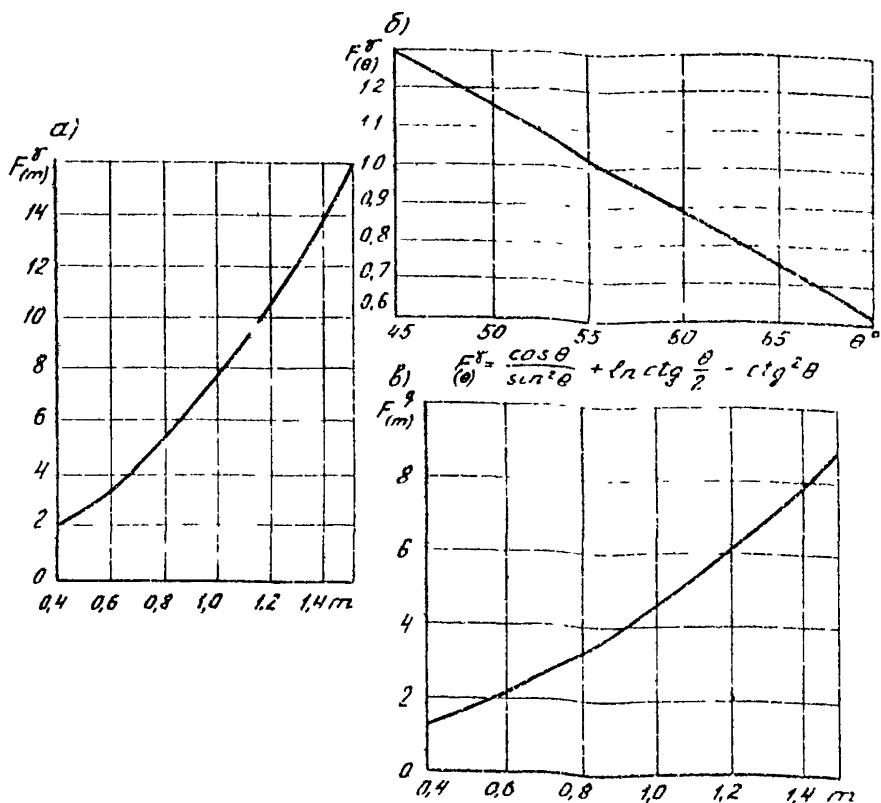


Рис. 21. Графики зависимости функции  $F_{(m)}^r$  от соотношения  $m - \frac{C}{H}$  (а), функции  $F_{(θ)}^r$  от угла наклона к горизонтали ( $θ$ ) плоскости обрушения грунта (б), функции  $F_{(m)}^g$  от соотношения  $m - \frac{C}{H}$  (в).

7.4. При загрузении поверхности грунта сплошной равномерно распределенной нагрузкой  $q$  и уровне верха контрфорса момент удерживающих сил, вызванных нагрузкой  $q$ , определяется по формуле

$$M_{y\theta}^g = \frac{q q H^3}{3} (F_{(m)}^g - F_{(\theta)}^g), \quad (54)$$

где

$$F_{(m)}^g = 2m \sqrt{1+m^2} + m^3 \ln \left( \frac{1+\sqrt{1+m^2}}{m} + \ln(m + \sqrt{1+m^2}) \right); \quad (55)$$

$$F_{(\theta)}^g = F_{(\theta)}^r.$$

Функция  $F_{(m)}^g$  может определяться по графику на рис. 21, в.

7.5. При частичном загрузении поверхности грунта равномерно распределенной нагрузкой  $q_c$  в уровне верха контрфорса, смещенной на расстояние  $c_g$  от лицевой стенки (см. рис. 14) момент удерживающих сил, вызванных нагрузкой  $q_c$ , определяется по формуле

$$M_{y\theta}^{q_c} = \frac{q q_c H^3}{3} (F_{(m)}^{q_c} - F_{(\theta)}^{q_c}) - \frac{q \cdot q_c \cdot c_g^3 \tan \theta}{3}, \quad (56)$$

где  $F_{(m)}^{q_c} = F_{(m)}^g$  и может определяться по формуле (55) или графику на рис. 21, в

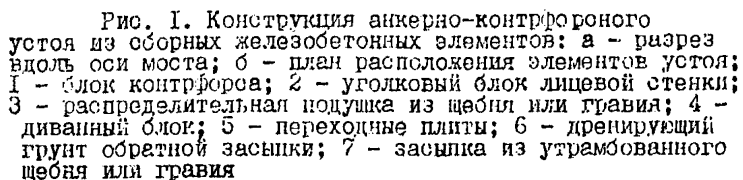
$$F_{(\theta)}^{q_c} = F_{(\theta)}^r, \quad (57)$$

т.е. функция  $F_{(\theta)}^{q_c}$  может определяться по формуле (51) или графику на рис. 21, б.

7.6. При загрузении поверхности грунта в уровне верха контрфорса полосовой нагрузкой  $q_a$  на полосу шириной  $a$ , смещенной на расстояние  $c_g$  от лицевой стенки (см. рис. 16) момент удерживающих сил, вызванных этой нагрузкой, определяется по формуле

$$M_{y\theta}^{q_a} = \frac{q \cdot q_a \cdot a \cdot \tan \theta}{6} (3c_g^2 + 3ac_g + a^2). \quad (58)$$

7.7. Удерживающий момент, определяемый по пп. 7.3-7.6, учитывает только силы трения по боковым поверхностям контрфорса, как в пределах призмы обрушения грунта, так и в призматической части,



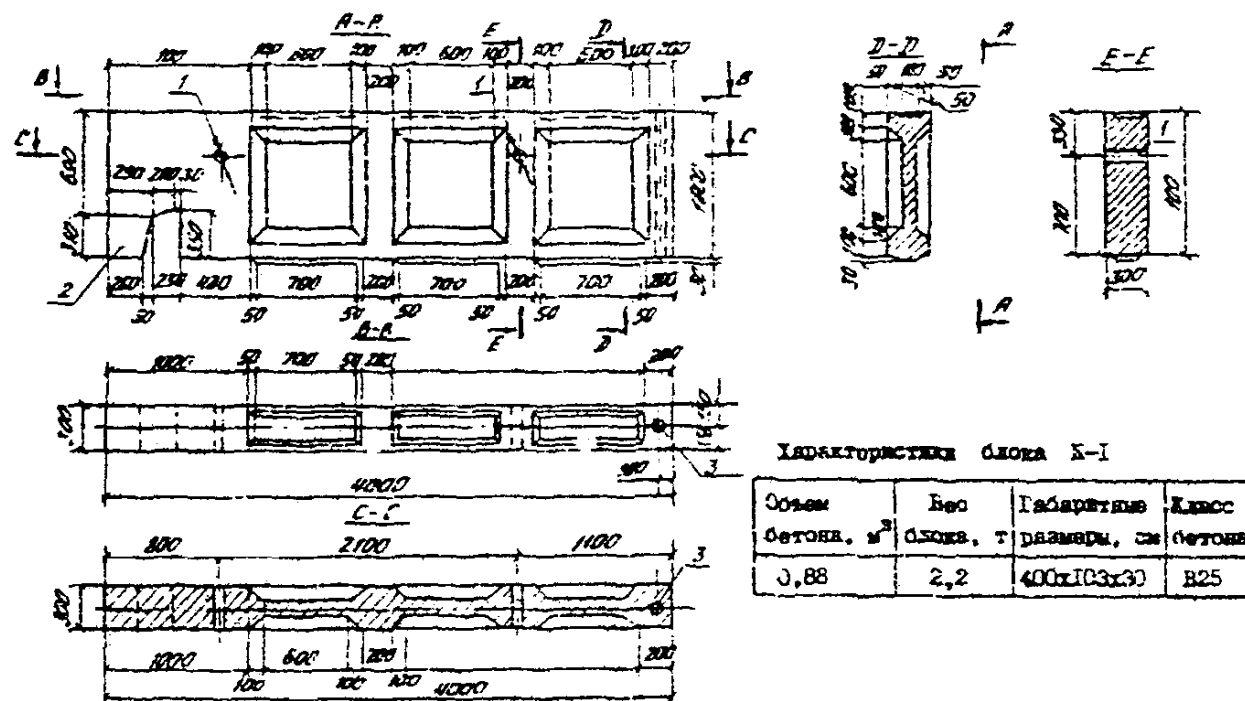


Рис. 2. Конструкция ребристого железобетонного блока  
контрфорса с зубом для соединения с блоком лицевой стенки: I – строповочное  
отверстие  $d_{\text{вн}} = 60\text{ мм}$ ; 2 – зуб контрфорса; 3 – сквозное отверстие  $d_{\text{вн}} =$   
 $= 60\text{ мм}$  для монтажной штанги

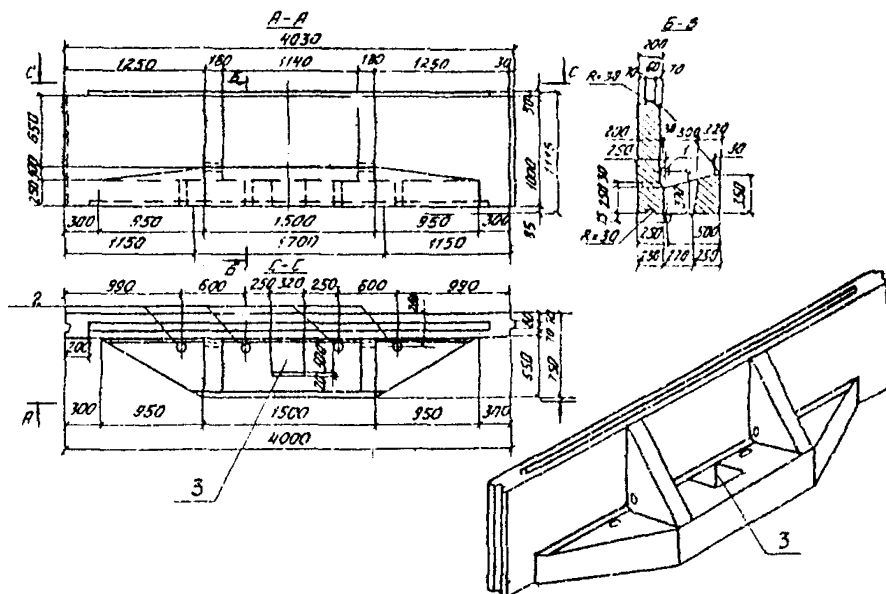
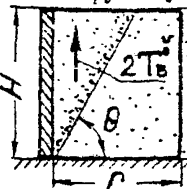
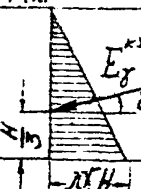

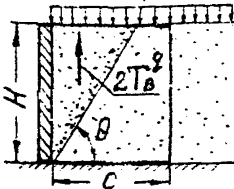
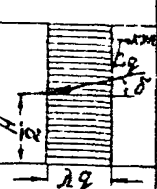
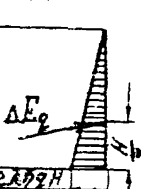
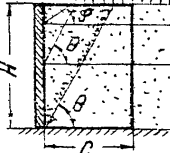
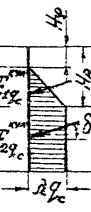
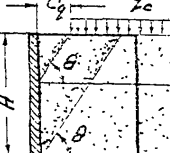



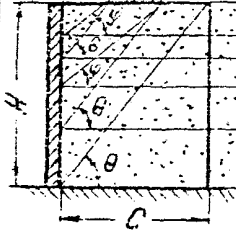
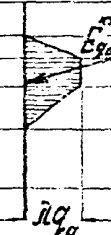
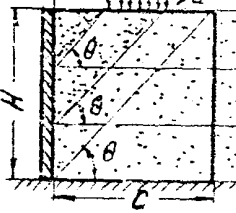
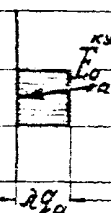
Рис 3. Конструкция и общий вид железобетонного  
 уголкового блока лицевой стенки с ответным отверстием в  
 полке под зуб контрфорса: 1 - строповочное отверстие  
 $\alpha_{\text{вн}} = 60^\circ$ ; 2 - водопропускные отверстия  $\alpha_{\text{вн}} = 60^\circ$ ;  
 3 - ответное отверстие в полке под зуб контрфорса

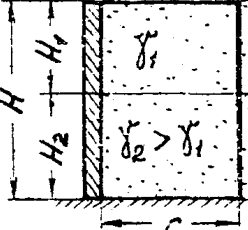
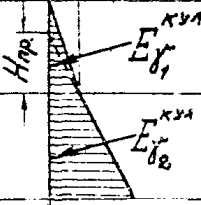
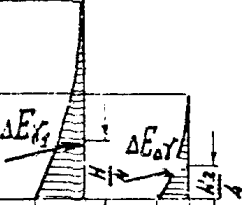
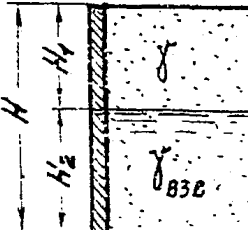
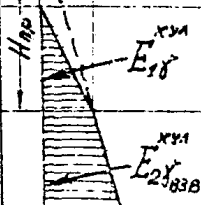
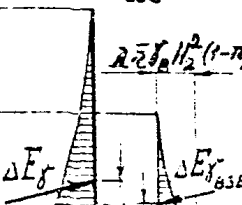
Формулы для расчета давления грунта и устойчивости положения  
данных устоев анкерно-контрфорсного типа

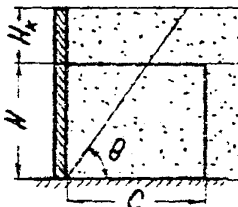


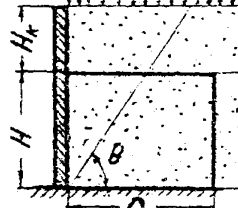
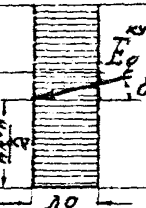

Таблица I

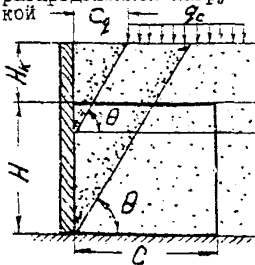
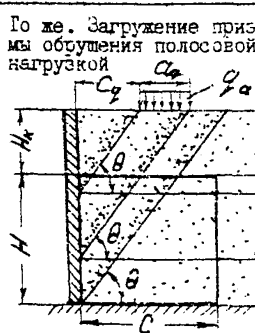
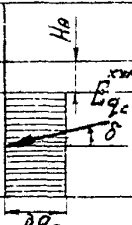
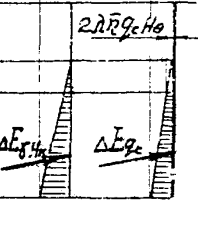
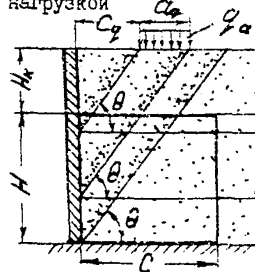
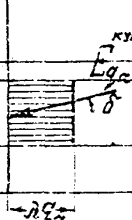
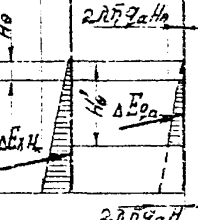
№ п/п	Схема и вид нагрузки	Эпюра давлени- я для плос- кой задачи $P(h)$	Эпюра сниже- ния давлени- я $\Delta P(h)$	Величина давления для плоской зада- чи $E_{кул}$	Величина сни- жения давлени- я $\Delta E$	Величина вер- тикальных сил трения по ос- нованиям приз- мы обрушения $2T_a$
I	2	3	4	5	6	7
I	Собственный вес грунта $\gamma$ 	$P(h) = \lambda \gamma h$ 	$\Delta P(h) = \lambda \bar{\eta} \gamma h^2$ 	$E_{\gamma}^{кул} = \lambda \gamma \frac{H^2}{2}$	$\Delta E_{\gamma} = \lambda \bar{\eta} \gamma \frac{H^3}{3}$	$2T_a^{\gamma} = \eta \frac{\gamma H^3}{3 \tan \theta}$ $\eta = \xi \tan \theta \delta_{\kappa}$ $\bar{\eta} = \frac{\eta}{B}$
2	Сплошная равномер- но распределенная нагрузка $q$ 	$P(h) = \lambda \cdot q$ 	$\Delta P(h) = 2 \lambda \bar{\eta} q h$ 	$E_q^{кул} = \lambda q H$	$\Delta E_q = \lambda \bar{\eta} q H^2$	$2T_a^q = \eta \frac{q H^2}{\tan \theta}$

I	2	3	4	5	6	7
3	<p>Частичное нагружение равномерно распределенной нагрузкой</p> <p><math>C_2</math> <math>q_c</math></p> 		<p><math>2\lambda\bar{\eta}q_cH_0</math></p> <p><math>\Delta E_{1q_c}</math></p> <p><math>\Delta E_{2q_c}</math></p> <p><math>\Delta E_{3q_c}</math></p> <p><math>2\lambda\bar{\eta}q_cH</math></p>	<p><math>E_{1q_c}^{sym} = \lambda q_c \frac{H_0 - H_0}{2}</math></p> <p><math>E_{2q_c}^{sym} = \lambda q_c (H - H_0)</math></p> <p><math>\Sigma E_{q_c}^{sym} = \frac{\lambda q_c}{2} (2H - H_0 - H_0)</math></p> <p><math>H_0 = C_2 \cdot \tan \varphi</math></p> <p><math>H_0 = C_2 \cdot \tan \varphi</math></p>	<p><math>\Delta E_{1q_c} = \lambda \bar{\eta} q_c H_0 (H_0 - H_0)</math></p> <p><math>\Delta E_{2q_c} = 2\lambda \bar{\eta} q_c H_0 (H - H_0)</math></p> <p><math>\Delta E_{3q_c} = \lambda \bar{\eta} q_c (H - H_0)^2</math></p> <p><math>\Sigma \Delta E_{q_c} = \lambda \bar{\eta} q_c (H^2 - H_0 H_0)</math></p>	<p><math>2T_8^{q_c} = \eta q_c \frac{(H^2 - H_0 H_0)}{\tan \theta}</math></p>
3*	<p>То же (упрощенный прием расчета)</p> <p><math>C_2</math> <math>q_c</math></p> 		<p><math>2\lambda\bar{\eta}q_cH_0</math></p> <p><math>\Delta E_{q_c}</math></p> <p><math>2\lambda\bar{\eta}q_cH</math></p>	<p><math>E_{q_c}^{sym} = \lambda q_c (H - H_0)</math></p>	<p><math>\Delta E_{q_c} = \lambda \bar{\eta} q_c (H^2 - H_0^2)</math></p>	<p><math>2T_8^{q_c} = \eta q_c \frac{(H^2 - H_0^2)}{\tan \theta}</math></p>

I	2	3	4	5	6	7
4	<p>Затружение призмы обрушения полосовой нагрузки</p> 		<p><math>2\lambda\bar{\eta}q_aH\theta</math></p> <p><math>E_{ga}^{км}</math></p> <p><math>\Delta E_{ga}</math></p> <p><math>2\lambda\bar{\eta}q_aH\theta</math></p> <p><math>\lambda q_a</math></p> <p><math>2\lambda\bar{\eta}q_aH</math></p>	<p><math>E_{ga}^{км} = \lambda q_a c \tan \theta</math></p>	<p><math>\Delta E_{ga} = \lambda\bar{\eta}q_a(c+2c_2)\tan\theta</math></p>	<p><math>2\gamma_b^8 = \gamma_b q_a(c+2c_2)\tan\theta</math></p>
4*	<p>То же (упрощенный прием расчета)</p> 		<p><math>2\lambda\bar{\eta}q_aH\theta</math></p> <p><math>E_{ga}^{км}</math></p> <p><math>\Delta E_{ga}</math></p> <p><math>2\lambda\bar{\eta}q_aH\theta</math></p> <p><math>\lambda q_a</math></p> <p><math>2\lambda\bar{\eta}q_aH</math></p>	<p><math>E_{ga}^{км} = \lambda q_a c \tan \theta</math></p>	<p><math>\Delta E_{ga} = \lambda\bar{\eta}q_a(c+2c_2)\tan\theta</math></p>	<p><math>2\gamma_b^8 = \gamma_b q_a(c+2c_2)\tan\theta</math></p>

I	2	3	4	5	6	7
5	<p>Обратная засыпка из разнородных грунтов</p>  <p><math>\gamma_1</math> <math>\gamma_2 &gt; \gamma_1</math> <math>C</math> <math>\varphi_1 = \varphi_2</math></p>	<p><math>p_1 = \lambda \delta_1 H_1</math></p>  <p><math>E_{\delta_1}^{kyl}</math> <math>E_{\delta_2}^{kyl}</math> <math>\Delta E_{\delta_1}</math> <math>\Delta E_{\delta_2}</math> <math>H_{np}</math> <math>p_2 = p_1 + \lambda \delta_2 H_2</math> <math>H_{np} = \frac{\delta_1 H_1}{\delta_2}</math></p>	 <p><math>\lambda \bar{\gamma}_1 H_1^2</math> <math>\lambda \bar{\gamma} (\delta_2 - \delta_1) H_2^2</math></p>	<p><math>E_{\delta_2}^{kyl} = \lambda \delta_1 H_1 H_2 + \lambda \delta_2 \frac{H_2^2}{2}</math> <math>E_{\delta_1}^{kyl} = \lambda \delta_1 \frac{H_1^2}{2}</math></p>	<p><math>\Delta E_{\delta} = \lambda \bar{\gamma} (\delta_2 - \delta_1) \frac{H_2^2}{3}</math> <math>\Delta E_{\delta_1} = \lambda \bar{\gamma} \frac{\delta_1 H_1^3}{3}</math></p>	<p><math>2T_0^{\delta} = \frac{\gamma}{3\bar{\gamma}} [\delta_1 H_1^3 + (\delta_2 - \delta_1) H_2^3]</math></p>
6	<p>Наличие слоя водонасыщенного грунта</p>  <p><math>\gamma</math> <math>\gamma_{B3B}</math> <math>C</math> <math>\gamma_{B3B} = \gamma - \gamma_B (1-n); n = \frac{\epsilon}{1-\epsilon}</math></p>	<p><math>\lambda \delta H_1</math></p>  <p><math>E_{\delta}^{kyl}</math> <math>E_{\delta_2}^{kyl}</math> <math>\Delta E_{\delta}</math> <math>\Delta E_{\delta_2}</math> <math>H_{np}</math> <math>\lambda \delta_{B3B} (H_2 + H_{np})</math></p>	<p><math>H_{np} = \frac{\delta H}{\delta_{B3B}}</math></p>  <p><math>\lambda \bar{\gamma} \delta_1 H_1^2 (1-n)</math> <math>\lambda \bar{\gamma} \delta H_2^2</math></p>	<p><math>E_{\delta_2}^{kyl} = \lambda \bar{\gamma} [\delta H_1 + \gamma_{B3B} (H_2 + H_{np})]</math> <math>E_{\delta_1}^{kyl} = \lambda \delta \frac{H_1^2}{2}</math></p>	<p><math>\Delta E_{\delta_{B3B}} = -\lambda \bar{\gamma} \delta_B \frac{H_2^2}{3} (1-n)</math> <math>\Delta E_{\delta} = \lambda \bar{\gamma} \delta \frac{H_1^3}{3}</math></p>	<p><math>2T_0^{\delta} = \frac{\gamma}{3\bar{\gamma}} [\delta H_1^3 - \delta_B (1-n) H_2^3]</math></p>

I	2	3	4	5	6	7
7	<p>Распределительная подушка удерживается консольным участком лицевой стенки. Загружение собственным весом грунта <math>\gamma</math></p> 	<p><math>\lambda \gamma H_k</math></p> 	<p><math>\lambda \bar{\gamma} \delta H^2 \quad 2 \lambda \bar{\gamma} \delta H_k H</math></p> 	<p><math>E_{\gamma}^{K_{\gamma}} = \lambda \gamma \frac{H^2}{2};</math></p>	<p><math>\Delta E_{\gamma} = \lambda \bar{\gamma} \delta \frac{H^3}{3};</math>  <math>\Delta E_{\gamma K_k} = \lambda \bar{\gamma} \delta H_k H;</math></p>	<p><math>2 T_0^{\gamma} = \gamma \delta \frac{H^3}{3} \theta;</math>  <math>2 T_0^{\gamma K_k} = \gamma \delta \frac{H_k H^2}{2 \theta};</math></p>
8	<p>То же. Загружение сплошной равномерно распределенной нагрузкой <math>q</math></p> 	<p><math>\lambda q</math></p> 	<p><math>2 \lambda \bar{\gamma} \delta H_k H \quad 2 \lambda \bar{\gamma} q H</math></p> 	<p><math>E_{\gamma}^{K_{\gamma}} = \lambda q (H_k + H);</math></p>	<p><math>\Delta E_{\gamma} = \lambda \bar{\gamma} q H^2;</math>  <math>\Delta E_{\gamma K_k} = \lambda \bar{\gamma} \delta H_k H^2;</math></p>	<p><math>2 T_0^q = \gamma q \frac{H^2}{2 \theta};</math>  <math>2 T_0^q = \gamma q \frac{H_k H^2}{2 \theta};</math></p>

I	2	3	4	5	6	7
<p>То же. Частичное за- гружение равномерно распределенной нагруз- кой</p> 	<p>То же. Загружение при- змы обрушения полосовой нагрузкой</p> 		<p><math>2\lambda\bar{\eta}\delta H_k H</math> <math>2\lambda\bar{\eta}q_c H</math></p> 	<p><math>E_{q_c}^{KVA} = \lambda q_c (H - H_0);</math> <math>H_0 = C q_c \tan \theta - H_k;</math></p>	<p><math>\Delta E_{q_c} = \lambda \bar{\eta} \delta H_k H^2;</math> <math>\Delta E_{q_c} = \lambda \bar{\eta} q_c (H^2 - H_0^2);</math></p>	<p><math>2T_B^{H_k} = \eta \delta \frac{H_k H^2}{\tan \theta};</math> <math>2T_B^{q_c} = \eta q_c \frac{(H^2 - H_0^2)}{\tan \theta};</math></p>
<p>IC</p>	<p>То же. Загружение при- змы обрушения полосовой нагрузкой</p> 		<p><math>2\lambda\bar{\eta}\delta H_k H</math> <math>2\lambda\bar{\eta}q_a H_0</math></p> 	<p><math>E_{q_a}^{KVA} = \lambda q_a C q_c \tan \theta</math></p>	<p><math>\Delta E_{q_a} = \lambda \bar{\eta} \delta H_k H^2;</math> <math>\Delta E_{q_a} = \lambda \bar{\eta} q_a (H_0^2 - H_0^2);</math> <math>H_0 = C q_c \tan \theta - H_k; H_0' = (C q_c \tan \theta - H_k)</math></p>	<p><math>2T_B^{H_k} = \eta \delta \frac{H_k H^2}{\tan \theta};</math> <math>2T_B^{q_a} = \eta q_a \frac{(H_0^2 - H_0^2)}{\tan \theta};</math></p>

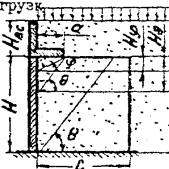


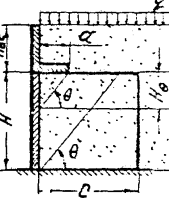
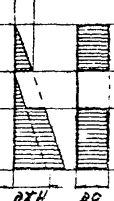
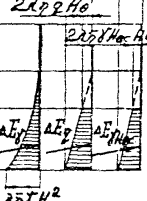
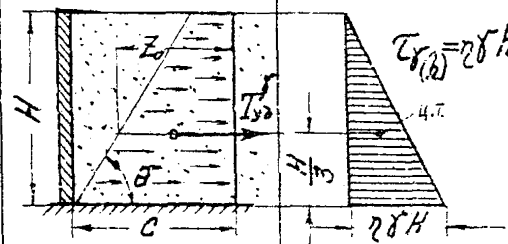
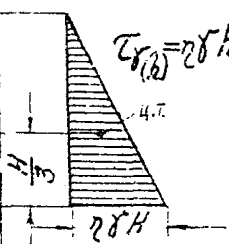
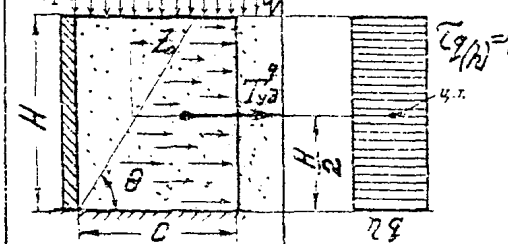
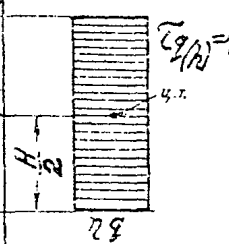
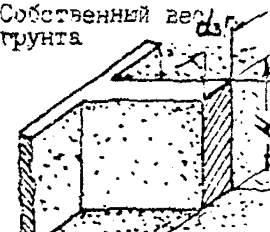
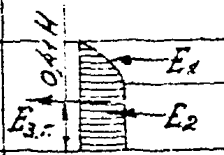
I	2	3	4	5	6	7
II	<p>Распределительная подушка удерживается уголковои стенкой. Загружение собственным весом грунта <math>\gamma</math> и нагрузкой <math>q</math></p> 	<p><math>2\gamma(H+H_{ac})</math> <math>2\gamma H_{ac}</math></p> 	<p><math>2\lambda\bar{\gamma}\delta H_{ac} H</math> <math>2\lambda\bar{\gamma}\delta H</math> <math>2\lambda\bar{\gamma}\delta H_{ac} H_0</math></p> 		<p><math>\Delta E_r' = \lambda\bar{\gamma}\frac{\delta H^3}{3}</math>; <math>\Delta E_r = \lambda\bar{\gamma}\delta (H^2 - H_0 H_0)</math>; <math>\Delta E_{H_{ac}} = \lambda\bar{\gamma}\delta H_{ac} (H^2 - H_0 H_0)</math>;</p>	<p><math>2T_r' = \gamma\delta \frac{H^3}{3\gamma\theta}</math>; <math>2T_r = \gamma\delta \frac{(H^2 - H_0 H_0)}{\gamma\theta}</math>; <math>2T_{H_{ac}} = \gamma\delta H_{ac} \frac{(H^2 - H_0 H_0)}{\gamma\theta}</math>;</p>
II*	<p>То же. (Упрощенный прием расчета)</p> 	<p><math>2\delta H_{ac}</math></p> 	<p><math>2\lambda\bar{\gamma}\delta H</math> <math>2\lambda\bar{\gamma}\delta H_{ac}</math> <math>2\lambda\bar{\gamma}\delta H_{ac} H_0</math></p> 		<p><math>\Delta E_r' = \lambda\bar{\gamma}\frac{\delta H^3}{3}</math>; <math>\Delta E_r = \lambda\bar{\gamma}\delta (H^2 - H_0^2)</math>; <math>\Delta E_{H_{ac}} = \lambda\bar{\gamma}\delta H_{ac} (H^2 - H_0^2)</math>;</p>	<p><math>2T_r' = \gamma\delta \frac{H^3}{3\gamma\theta}</math>; <math>2T_r = \gamma\delta \frac{(H^2 - H_0^2)}{\gamma\theta}</math>; <math>2T_{H_{ac}} = \gamma\delta H_{ac} \frac{(H^2 - H_0^2)}{\gamma\theta}</math>;</p>

Таблица 2

пп	Схема и вид нагрузки	Эпюра касательных напряжений $\tau$ на боковой поверхности контрфорса	Площадь эпюры $\tau$	Размер запризменной части контрфорса на уровне н.т. эпюры $z_0$	Горизонтальные удерживающие силы
1	2	3	4	5	6
I	<p>загружение собственным весом грунта <math>\gamma</math></p> 	 $\tau(h) = \gamma h$	$S_{\tau\gamma} = \gamma \frac{H^2}{2}$	$Z_0 = c - \frac{H}{3\gamma\theta}$	$2T_{ya}^H = \gamma \gamma H^2 \left( c - \frac{H}{3\gamma\theta} \right)$
2	<p>загружение сплошной равномерно распредел. нагр.</p> 	 $\tau(h) = \gamma H$	$S_{\tau\gamma} = \gamma H^2$	$Z_0 = c - \frac{H}{2\gamma\theta}$	$2T_{ya}^H = 2\gamma H^2 \left( c - \frac{H}{2\gamma\theta} \right)$

Давление грунта на заднюю грань контрфорса

Таблица 3

п	Схема и вид нагрузки	Эквивалентная интенсивность давления грунта	Интенсивность давления грунта $P(h)$	$E_{a.g.}$ при $\frac{d_{3.r.}}{H} \leq 0,1$	$E_{к.у.}$
1	Собственный вес грунта 		$P_{1(h)} = \gamma h \frac{1}{\tan \theta} (d_{3.r.} - 0,43 \frac{h}{\tan \theta})$ $P_{2(h)} = 0,392 \gamma d_{3.r.}^2 \tan(\theta - \varphi);$	$E_{3.r.} = V \cdot E_{к.у.}$ $V = 0,25$	$E = \lambda \gamma \frac{H^2}{2} d_{3.r.}$ $\lambda = \frac{1}{9} (45^\circ - \frac{\varphi}{2});$

Коэффициент активного давления грунта для плоской задачи

Таблица 4

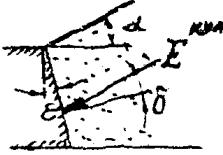
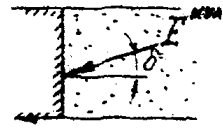
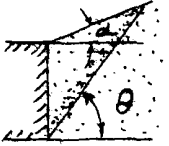
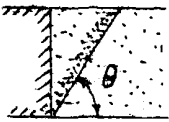
1		$\lambda = \frac{\cos^2(\varphi - \epsilon)}{\cos^2 \epsilon \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \alpha)}{\sin \varphi \cdot \cos(\epsilon - \alpha)}} \right)^2} \cdot \frac{1}{\sin \varphi};$ $\varphi = 90^\circ - \epsilon - \delta;$
2		$\lambda = \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \delta \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin \varphi}{\cos \delta}} \right)^2};$ $\alpha = \epsilon = \delta = 0$ $\lambda = \frac{1}{9} (45^\circ - \frac{\varphi}{2});$

Таблица 5

№ п/п	Угол наклона плоскости обрушения грунта $\theta$ для плоской задачи	
1		$\operatorname{tg} \theta = \frac{1 + K_0 \sin \varphi}{K_0 \cdot \cos \varphi}; \quad K_0 = \sqrt{\frac{\cos \alpha \cdot \sin(\varphi + \delta)}{\cos \delta \cdot \sin(\varphi - \alpha)}};$
2		$K_0 = \sqrt{1 + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \varphi}}; \quad \text{при } \delta = 0 \quad \theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2};$
Коэффициент бокового давления грунта $\xi$ на контрфорсы		
Таблица 6		
1	$\xi = \frac{1}{1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi + 2 \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)(\operatorname{tg}^2 \varphi - 0,825 \operatorname{tg}^2 \delta)}};$	$\begin{aligned} \sigma_x &= \xi \cdot \gamma \cdot h; \\ \sigma_z &= \xi \cdot q; \\ \tau &= \sigma_x \operatorname{tg} \delta_k; \\ \xi \cdot \operatorname{tg} \delta_k &= \eta; \end{aligned}$
2	$\xi = \frac{\cos^2 \varphi}{1 + \sin^2 \varphi + 0,708 \sin \varphi};$	

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.05.03-84. Строительные нормы и правила. Мосты и трубы. М., ЦНТП Госстроя СССР, 1985.
2. СНиП 2.02.01-85. Строительные нормы и правила. Основания зданий и сооружений. М., Стройиздат, 1985.
3. Технические указания по проектированию подпорных стен для транспортного строительства. ВСН 167-70, М., Минтрансстрой СССР, 1970.
4. Рекомендации по проектированию и строительству устоев диванного типа для малых и средних автодорожных мостов. М., ЦНИИС, 1988.
5. Методические рекомендации по проектированию и строительству гибких железобетонных покрытий откосов транспортных сооружений. М., ЦНИИС, 1984.
6. С о к о л о в А.Д. Особенности взаимодействия с грунтом при расчете сооружений контрфорсного типа. В сб. научн. трудов ЦНИИСа "Исследование и применение безростверковых опор мостов", М., ЦНИИС, 1988.
7. С о к о л о в А.Д. Давление грунта на контрфорсные сооружения от временных нагрузок. Депонировано во ВНИИС Госстроя СССР, 09.06.87, рег. № 8035.
8. С о к о л о в А.Д. Резервы несущей способности конструкций контрфорсного типа. М., Транспортное строительство, № 9, 1987.
9. С о к о л о в А.Д. Расчет подпорных сооружений контрфорсного типа с учетом неравномерности распределения давления грунта по поверхности напорной грани. Депонировано во ВНИИС Госстроя СССР, 29.06.87, рег. № 7998.
10. С о к о л о в А.Д. Методика расчета устойчивости положения на опрокидывание анкерно-контрфорсных конструкций мостов. Депонировано во ВНИИЦПИ Госстроя СССР, вып. 10, 1989, рег. № 10119.
11. С о к о л о в А.Д. Анкерно-контрфорсные конструкции в устоях диванного типа автодорожных мостов. Депонировано во ВНИИЦПИ Госстроя СССР, вып. 10, 1989, рег. № 10120.

12. З е н к о в Р. Л. Механика насыпных грузов. М., "Машиностроение", 1964.

13. Б о б р и к о в Б. В. Активное давление сыпучего тела на подпорные стенки ограниченной длины. Труды МИИТа, вып. 77, "Мосты и строительные конструкции", М., Трансжелдориздат, 1952.

14. К л е й н Г. К. Строительная механика сыпучих тел. М., Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре. 1956.

15. К л е й н Г. К. Расчет подпорных стен. М., "Вышая школа", 1964.