

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 1980

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

"УТВЕРЖДАЮ"

Зам. директора института

Г.Д. Хаскачих

30 марта 1990 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ УСТОЕВ АНФЕРНО-КОНТРДОРСКОГО ТИПА
ДЛЯ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ИСТОВ 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-01-12 "Программы по достижению мирового уровня в транспортном строительстве" на основе экспериментальных и теоретических исследований, проведенных в ЦНИИСе, опытного проектирования, осуществленного институтами Спецдсропект 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, З.А. Титовой (ЦНИИС); инженеров И.Г.Прохорова, Е.Б.Мухиной, А.Т. Васина (Спецдорпроект), Л.С.Новолодского (Гипростроймост).

Замечания и предложения направлять по адресу: 129329, Москва, ул. Кольская, д. 1, Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства.

Зав. отделением мостов

И.Д.Рассказов

I. СЫИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.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).

I.2. Приведенные в Рекомендациях методы расчета устоев анкерно-контрфорсного типа основаны на простых и апробированных многолетней практикой проектирования моделях грунтовой среды. Они сочетают простоту инженерных расчетов с достаточной для обеспечения требуемой надежности сооружения точностью.

I.3. Нагрузки и воздействия (кроме давления грунта), их сочетания, коэффициенты надежности должны приниматься в соответствии с требованиями разд. 2 СНиП 2.05.03-84.

I.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. I):

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

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

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

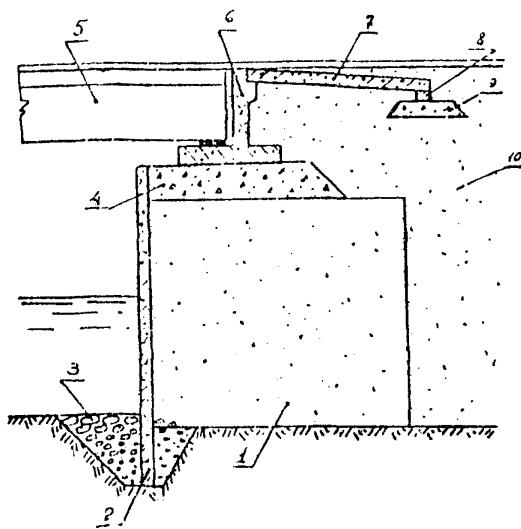


Рис. I. Схема устоя анкерно-контрфорсного типа:

1 - контрфорс; 2 - лицевая стенка;
3 - крепление от размыва в виде каменной
рисбермы; 4 - распределительная подушка
из щебня или гравия; 5 - пролетное стро-
ение; 6 - диванный блок; 7 - переходные
плиты; 8 - лежень переходных плит; 9 - под-
готавка из щебня или гравия; 10 - дрениру-
ющий грунт обратной засыпки

единения элементов целесообразно использовать прокатные профили
в виде шпунтовых замков.

Примечание. Стальные прокатные профильные элементы в виде
шпунтовых замков выпускаются заводом "Азовсталь" (ТУ-14-2-666-84);
прокатные профили из высокопрочных пластиковых материалов могут
изготавливаться ШО "Композит".

2.3. Расположенная над верхом контрфорсов подушка из щеб-
ня или гравия, необходимая для равномерного распределения и пе-
редачи нагрузки от диванного блока на грунт обратной засыпки,
может удерживаться со стороны пролета возвышающейся над контр-
форсами лицевой стенкой (рис. 3, а), угловой стенкой (рис. 3, б),

обратная засып-
ка ограждающей
конструкции из уп-
лотненного дрени-
рующего грунта
и расположенная над
верхом контрфорсов
распределительная
подушка из утрам-
бованного щебня
или гравия, на ко-
торую опирается
диванный блок.

2.2. Секции
лицевой стенки
ограждающей конст-
рукции между собой
и с контрфорсами
могут быть соеди-
нены жестко или
шарнирно, либо
вся ограждающая
конструкция может
быть собрана из
объемных Т-образ-
ных блоков (рис.2).
Для шарнирного со-
единения прокатные профили

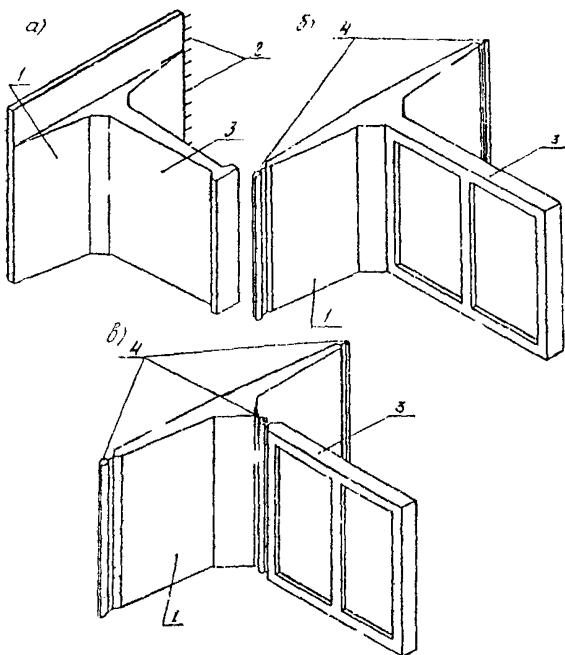


Рис. 2. Варианты соединения элементов ограждающей конструкции устоя анкерно-контрфорсного типа:
 а - жесткое соединение из объемных Т-образных блоков;
 б - шарнирное соединение между секциями с помощью плюントвых замков; в - шарнирное соединение между секциями, лицевой стенкой и контрфорсами; 1 - лицевая 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 пятачно (см. рис. 3,б), что определяется наличием соответствующих грузоподъемных и транс-

портных средств и высотой подхордной 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 защемления в грунте и максимальной реализации сил трения между боковыми поверхностями контрфорсов и грунтом.

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

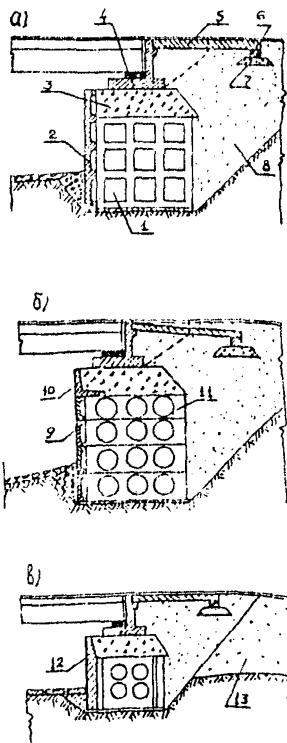


Рис. 3. Варианты конструктивных решений устоев анкерно-контрфорсного типа:

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

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

рис. 3, а, б)

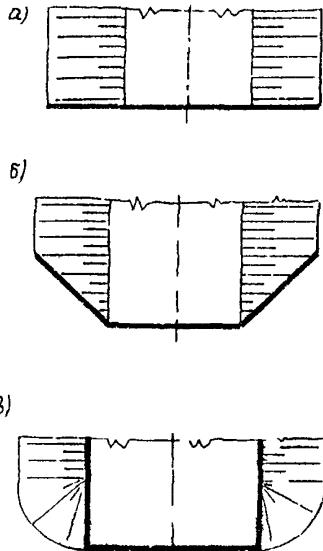


Рис. 4. Варианты выполнения лицевой стенки ограждающей конструкции винкерио-конкретного устоя:
а-прямолинейная лицевая стенка;
б-лицевая стенка полигонального очертания в плане;
в-конструкция с обратными стенками

2.11. Соединение между блоками лицевой стенки и контрфорсов может осуществляться с помощью чуба 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 запроектирован институтом Содорироект (рекомендуемое приложение I).

2.8. Длина контрфорсов должна быть достаточной для их защемления в запримененной части грунтовой засыпки по условиям устойчивости положения конструкции ча 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 пролета элементов лицевой стенки; соотношение 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 субфузии грунта обратной засыпки через эти швы.

3. УСЛОВИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УСТОЕВ АНКЕРНО-КОНТРФОРСНОГО ТИПА

3.1. Применение устоев анкерно-контрфорсного типа, обеспечивающих бесканальное сопряжение моста с подходной насыпью, дает возможность изменить схему моста, значительно сократив 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 подходных насыпей высотой не более 7 м.

3.3. При естественном основании устоя, сложенном 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 из 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 стены.

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

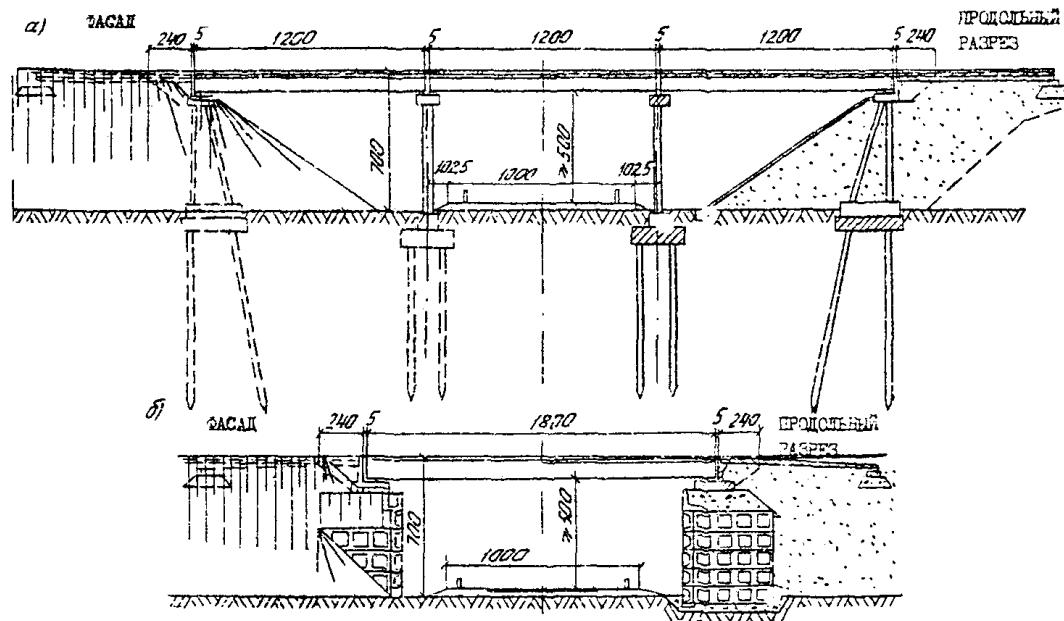


Рис. 5. Сравнение вариантов путепроводов:

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

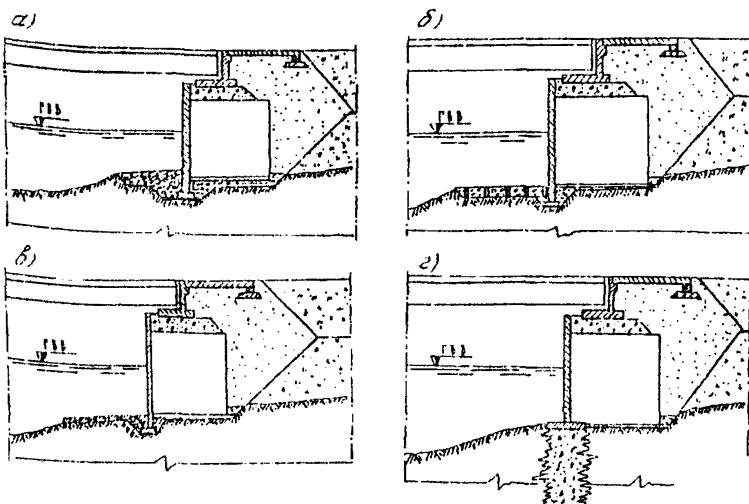


Рис. Конструктивные мероприятия по защите устоев от размыва:

- а-устройство каменной рисбермы с обратным фильтром;
- б-крепление решетчатым щитом 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 круглогипарусной 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
подошве диванного блока;

трещиностойкость железобетонных элементов конструкции.

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

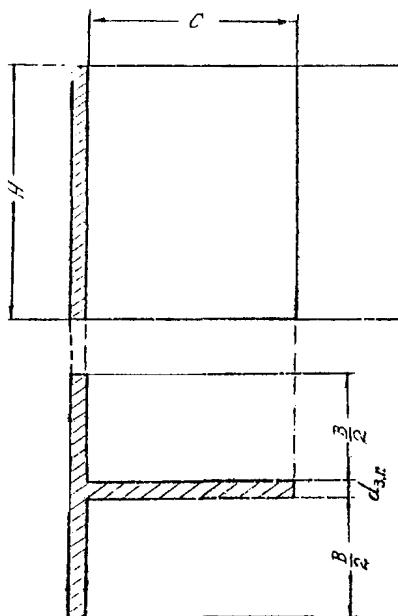


Рис. 7. Расчетная секция устоя, состоящая из контрафорса и двух примыкающих к нему полупролетов лицевой стены

Примечание. Давление грунта и вызываемые этим давлением силы трения, определенные 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-

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-контрафорсной конструкции устоя диванного типа определяется как активное с учетом его снижения за счет вертикальных сил трения $2T_b$, развивающихся по боковым поверхностям контрфорсов и контактирующих с ними основаниям при эзме обрушения грунта.

ственного веса γ в расчете на I м длины пролета лицевой стени определяется по формуле

$$E_r = E_r^{\text{кул}} - \Delta E_r, \quad (1)$$

где $E_r^{\text{кул}}$ - равнодействующая активного давления грунта на I м длины пролета лицевой стены, определяемая по теории Кулона:

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

ΔE_r - равнодействующая снижения давления грунта на I м длины пролета лицевой стены за счет сил трения призмы обрушения по боковым поверхностям контрфорсов, определяемая по формуле

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

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

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

$\bar{\sigma}$ - коэффициент снижения активного давления на I м длины пролета лицевой стены, определяемый по формуле

$$\bar{\sigma} = \frac{\gamma}{B} = \frac{\xi \cdot \lg \delta_n}{B}; \quad (5)$$

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

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

H - высота лицевой стены до зеркала контрфорсов;

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

γ - удельный вес грунта;

φ - нормативный угол внутреннего трения грунта;

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

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

Коэффициент бокового давления грунта на контрфорсы ξ может определяться по графику на рис. 8, а коэффициент снижения активного давления γ - по графику на рис. 9.

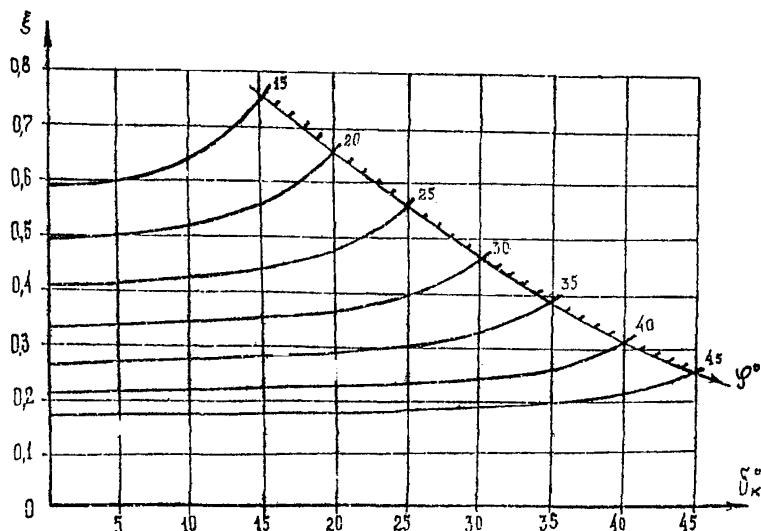


Рис. 8. График зависимости коэффициента ξ бокового давления грунта на контрфорсы от нормативных значений углов внутреннего трения φ и внешнего трения грунта о контрфорсы α_x .

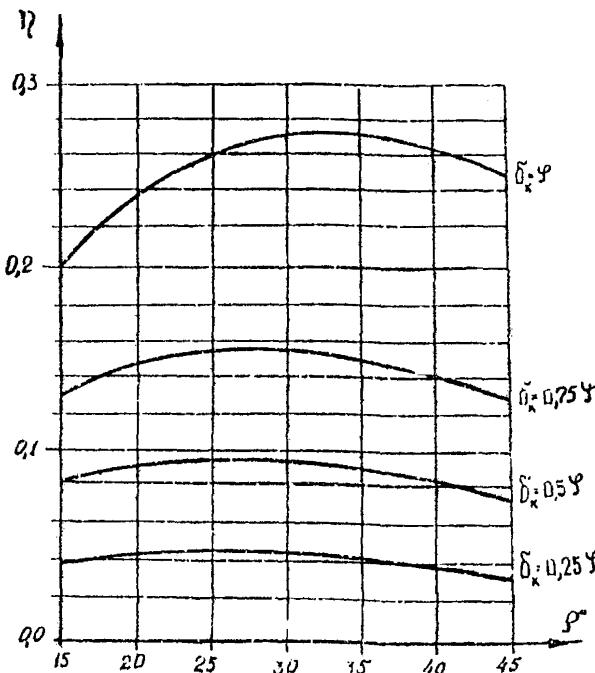


Рис. 3. График зависимости коэффициента η снижения давления грунта на лицевую стенку от нормативных значений углов внутреннего трения φ и внешнего трения грунта о контрфорс δ_x

5.3. Интенсивность давления на 1 м длины пролета лицевой стены от собственного веса грунта γ , определяется по формуле

$$P_{(h)}^{\sigma} = P_{(h)}^{K\varphi} - \Delta P_{(h)}^{\sigma}, \quad (7)$$

где $P_{(h)}^{K\varphi}$ – интенсивность активного давления на 1 м длины пролета лицевой стены по теории Кулона

$$P_{(h)}^{K\varphi} = \lambda \cdot \gamma \cdot h; \quad (8)$$

$\Delta P_{(h)}^{\sigma}$ – интенсивность снижения давления на 1 м длины пролета лицевой стены за счет сил трения при эры обрушения по боковым поверхностям контрфорсов, равная

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

где h - 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_g^{KuL} и ΔE_g .

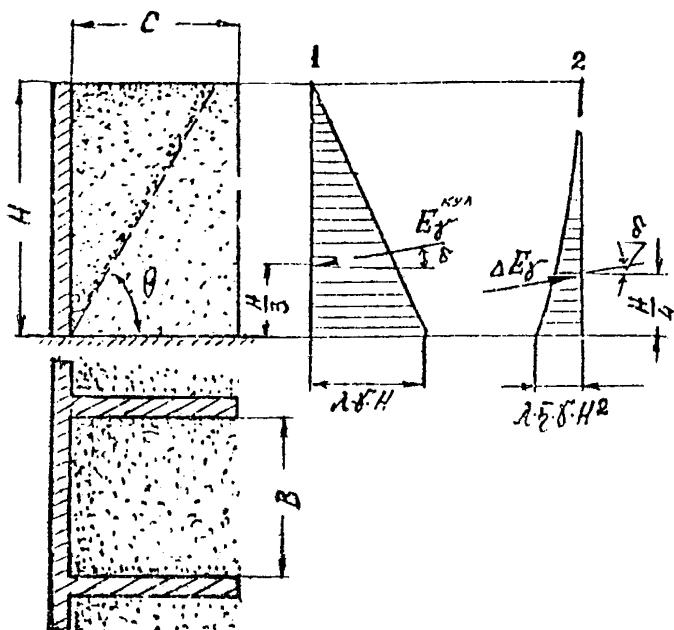


Рис. 10. Давление грунта от собственного веса γ на секцию анкерно-контрфорсного устоя:
1 - эпюра интенсивности давления грунта для плоской задачи по теории Кулона; 2 - эпюра интенсивности снижения давления за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов

5.4. Равнодействующая давления грунта E_g от равномерно распределенной нагрузки γ на поверхности засыпки, приложенная к верхней грани засыпки.

жено в уровне верха контрфорсов, в расчете на I м длины пролета лицевой стенки определяется по формуле

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

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

$$E_g^{Ku} = \lambda \cdot q \cdot H; \quad (II)$$

ΔE_g - равнодействующая снижения давления грунта от равномерно распределенной нагрузки q на I м длины пролета лицевой стенки за счет сил трения приземы обрушения грунта по боковым поверхностям контрфорсов, определяемая по формуле

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

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

$$\rho_{(h)}^q = \rho_{(h)}^{q_{Ku}} - \Delta \rho_{(h)}^q, \quad (13)$$

где $\rho_{(h)}^{q_{Ku}}$ - интенсивность активного давления грунта от нагрузки q по теории Кулона, равная

$$\rho_{(h)}^{q_{Ku}} = \lambda \cdot q; \quad (14)$$

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

$$\Delta \rho_{(h)}^q = 2\lambda \cdot \bar{c} \cdot q \cdot \bar{s}. \quad (15)$$

Зависимости интенсивности давления грунта от нагрузки q и ее снижения показаны на рис. II. Там же показаны точки приложения и направления равнодействующих E_g^{Ku} и ΔE_g давления грунта от нагрузки q .

5.6. При частичном загружении поверхности засыпки равномерно распределенной нагрузкой q_c , сдвинутой на расстояние s_g от лицевой стенки, дополнительное давление грунта E_{g_c} на I м длины пролета лицевой стенки рекомендуется определять в соответствии с приемом, показанным на рис. I2:

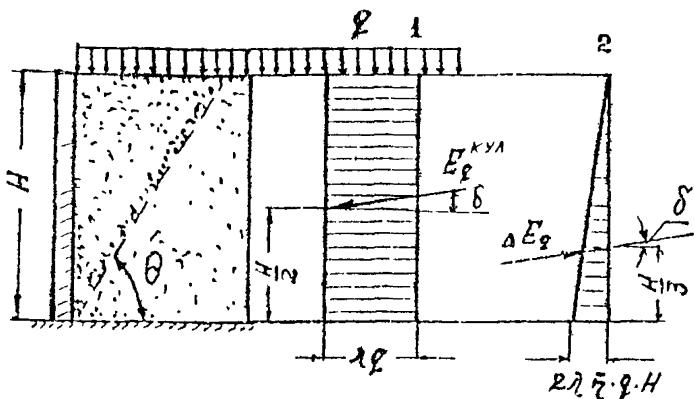


Рис. II. Давление грунта от нагрузки ϱ на поверхности засыпки на секцию анкерно-контрфорсного устоя:
1 - эпюра интенсивности давления грунта для плоской задачи по теории Кулона; 2 - эпюра интенсивности снижения давления за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов

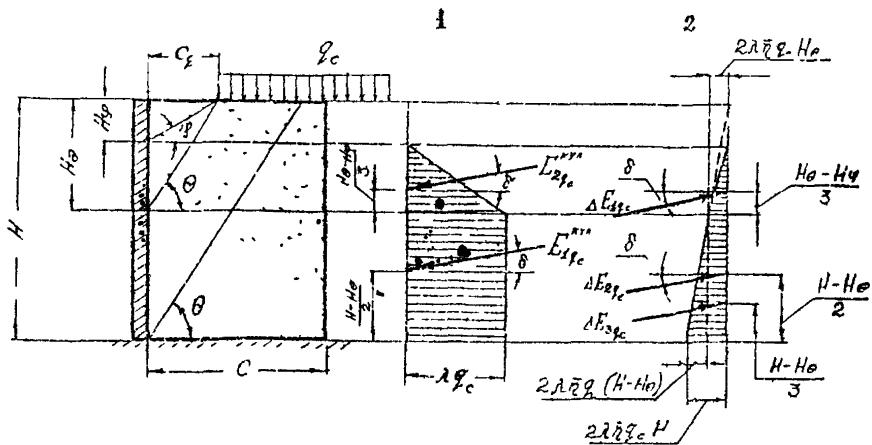


Рис. I2. Давление грунта на линевую стенку устоя анкерно-контрфо́рсного типа при частичном загружении призмы обрушения нагрузкой q_c :

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

$$E_{g_c} = E_{g_c}^{k_{ул}} - \Delta E_{g_c}, \quad (16)$$

где $E_{g_c}^{k_{ул}}$ - давление грунта от нагрузки g_c на 1 м длины про-
лета лицевой стенки, определяемое по теории Кулона
как сумма сил $E_{1g_c}^{k_{ул}}$ и $E_{2g_c}^{k_{ул}}$

$$E_{g_c} = E_{1g_c} + E_{2g_c} \quad (17)$$

где

$$E_{1g_c}^{k_{ул}} = \lambda \cdot g_c \cdot (H - H_g); \quad (18)$$

$$E_{2g_c}^{k_{ул}} = \lambda \cdot g_c \cdot \frac{H_g - H_\varphi}{2}, \quad (19)$$

где

$$H_g = c_g \cdot \operatorname{tg} \theta; \quad (20)$$

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

θ - угол наклона к горизонту плоскости обрушения
грунта, определяемый по формуле

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{1 + \kappa_0 \cdot \operatorname{ctg} \varphi}{\kappa_0 \cdot \cos \varphi}, \quad (22)$$

$$\kappa_0 = \sqrt{1 + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \varphi}} \quad (23)$$

или по графику, приведенному на рис. I3;

ΔE_{g_c} - равнодействующая снижения давления грунта от на-
грузки g_c , определяемая как сумма сил:

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

Эпоры 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 упро-
щенный прием, представленный на рис. I4. В соответствии с этим
приемом будем иметь:

$$E_{g_c}^{k_{ул}} = \lambda \cdot g_c (H - H_g); \quad (25)$$

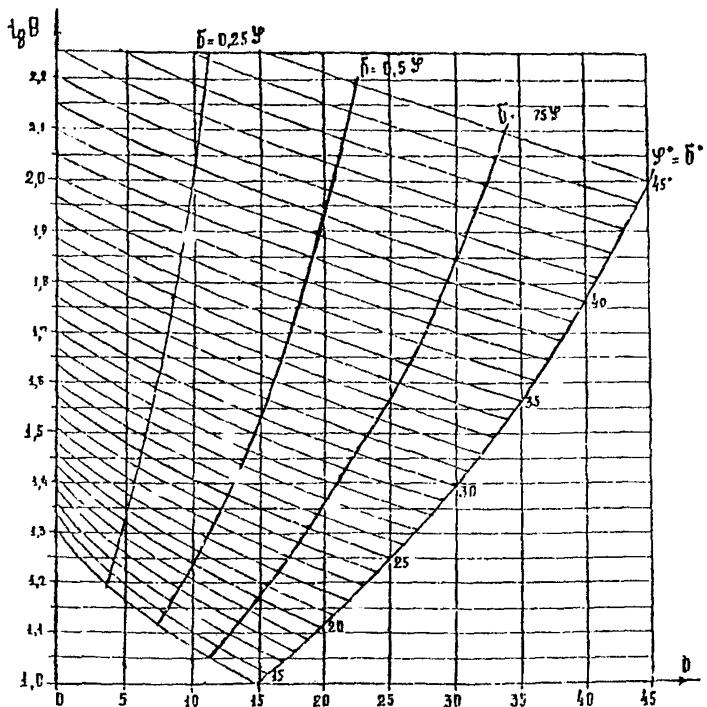


Рис. 13. График зависимости $\delta\theta$ от углов внутреннего φ и внешнего δ трения грунта (θ - угол наклона к горизонтали плоскости обрушения грунта)

$$\Delta E_{g_c} = \lambda \cdot \delta \cdot g_c / (H^2 - H_0^2). \quad (26)$$

5.7 При загружении поверхности засыпки в уровне верха контрфорсов полосовой равномерно распределенной нагрузкой f_a на расстоянии c_g 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

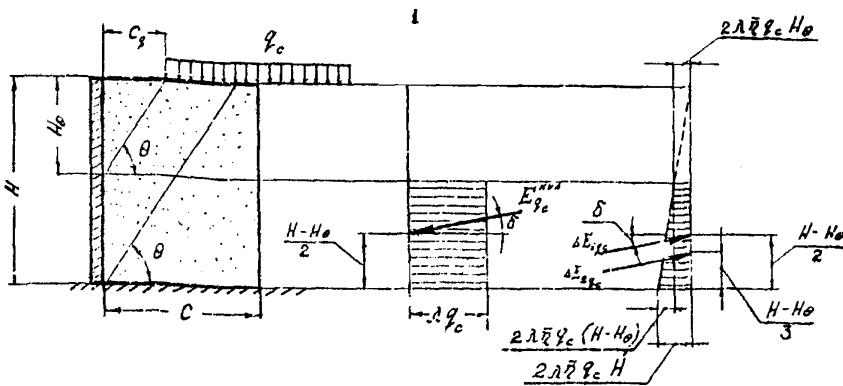


Рис. 14. Давление грунта на лицевую стенку устоя анкерно-контрфорсного типа при частичном загружении призмы обрушения нагрузкой γ_c :

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

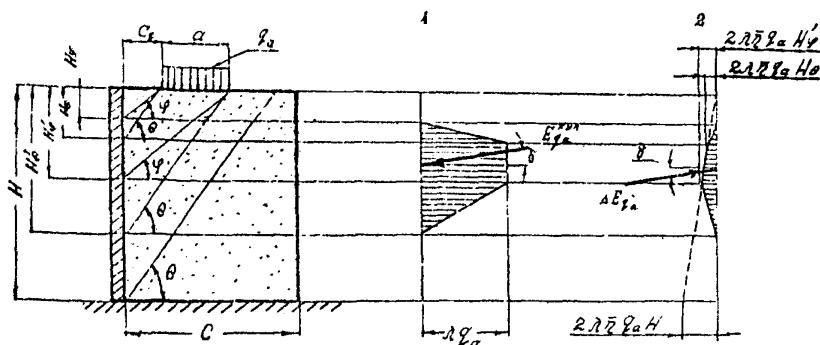


Рис. 15. Давление грунта на лицевую стенку устоя анкерно-контрфорсного типа при загружении призмы обрушения полусферой нагрузкой γ_a :

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

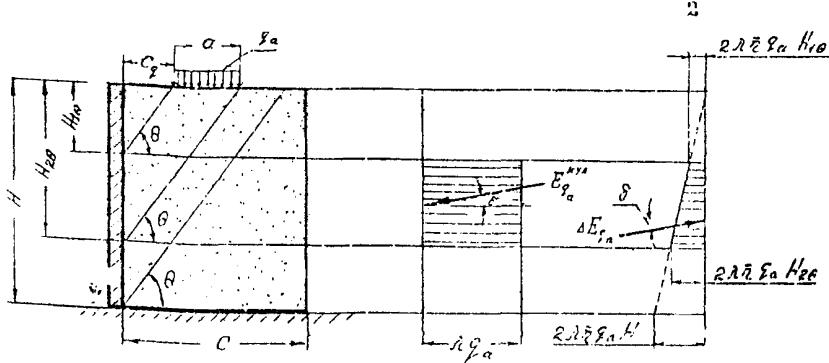


Рис. 16. Давление грунта на лицевую стенку устоя анкерно-контрфорсного типа при загружении призмы обрушения полосовой нагрузкой g_a :

1 - впора интенсивности активного давления от полосовой нагрузки g_a для плоской задачи по теории Кулонна;
2 - впора интенсивности снижения давления от нагрузки g_a за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов

$$E_{g_a} = E_{g_a}^{Ku} - \Delta E_{g_a}, \quad (27)$$

где $E_{g_a}^{Ku}$ - равнодействующая давления грунта на 1 м длины пролета лицевой стены от полосовой нагрузки, определяемая по формуле

$$E_{g_a}^{Ku} = \lambda \cdot g_a \cdot \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (28)$$

ΔE_{g_a} - равнодействующая снижения давления грунта за счет сил трения, определяемая по формуле

$$\Delta E_{g_a} = -\lambda \cdot \bar{\sigma} \cdot g_a \cdot \alpha \cdot (\alpha + 2c_g) \operatorname{tg} \theta \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (29)$$

где α - ширина полосы загружения поверхности засыпки нагрузкой g_a .

Этота интенсивности давления грунта, интенсивности его снижения за счет сил трения и их равнодействующие показаны на рис. I5. Точки приложения равнодействующих расположены на уровнях центров тяжести соответствующих эпюров. Для приближенных расчетов допускается использование упрощенного приема, приведенного на рис. I6. В соответствии с этим приемом будем иметь

$$E_{g_a}^{k_y} = \lambda \cdot g_a \cdot a \cdot \operatorname{tg} \theta; \quad (30)$$

$$\Delta E_{g_a} = \lambda \cdot \bar{\theta} \cdot g_a \cdot a / (\alpha + 2 \operatorname{tg}^2 \theta). \quad (31)$$

5.8. При наличии в обратной засыпке слоя водонасыщенного грунта на глубине H_1 от верха контрфорсов равнодействующая давления грунта определяется в соответствии со схемой, представленной на рис. I7, как сумма сил:

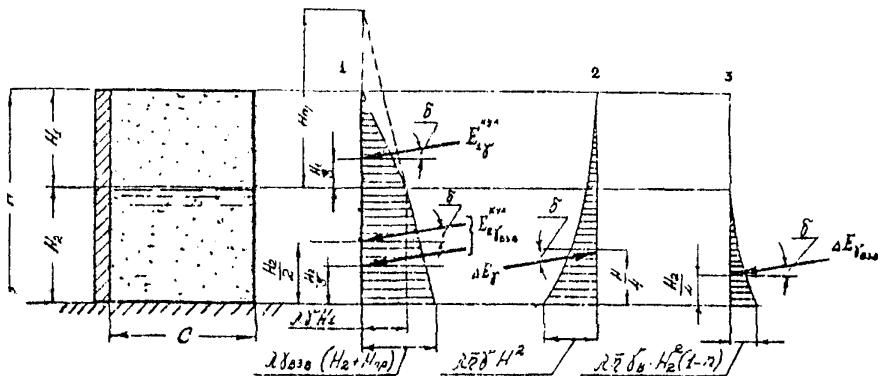


Рис. I7. Определение давления грунта на листовую стенку устоя анкерно-контрфорсного типа при налипании водонасыщенного слоя грунта:

1 - эпюра интенсивности активного давления грунта для плоской задачи по теории Кулона; 2 - эпюра интенсивности снижения давления от собственного веса грунта γ за счет сил трения по боковым поверхностям контрфорсов; 3 - огрицательная поправка к эпюре интенсивности снижения давления

$$E_r^{\delta} = E_{r,r}^{k_{ur}} + E_{2\gamma_{\delta\delta}}^{k_{ur}} - \Delta E_r + \Delta E_{\gamma_{\delta\delta}}, \quad (32)$$

где $E_{r,r}^{k_{ur}}$ - равнодействующая давления грунта в верхнем неводо-насыщенном слое, определяемая в соответствии с п. 5.2 по формуле (2);

$E_{2\gamma_{\delta\delta}}^{k_{ur}}$ - равнодействующая давления водонасыщенного грунта, определяемая по теории Кулона:

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

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

$$\gamma_{\delta\delta} = \gamma - \gamma_b (1 - \alpha); \quad (34)$$

γ_b - удельный вес воды;

α - пористость грунта, которая связана с коэффициентом пористости ε зависимостью:

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon}; \quad (35)$$

H_2 - толщина слоя водонасыщенного грунта;

H_{np} - приведенная высота, определяемая по формуле

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

ΔE_r - равнодействующая снижения давления грунта за счет сил трения, определяемая в соответствии с п. 5.2 по формуле (3);

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

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

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. I.4 эпюры интенсивности давления грун-

та и интенсивности его снижения за счет сил трения строятся:

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

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

5.10. Расстояние c_g от лицевой стенки до диванного блока и фронта полосовой нагрузки φ_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

$$c_g \geq \frac{H_1}{\operatorname{tg} \theta}, \quad (38)$$

где H_1 - высота консольной части лицевой стенки или высота уголковой стенки над верхом контрфорсов.

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

$$E_{g,r} = E_{кул} \cdot \gamma, \quad (39)$$

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

$$E_{кул} = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \frac{\sigma H^2}{2} \cdot d, \quad (40)$$

d - ширина зонной торцевой грани контрфорса;

γ - коэффициент снижения активного давления, принимаемый для узких граней ($\frac{d}{H} \leq 0,1$) равным 0,25.

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

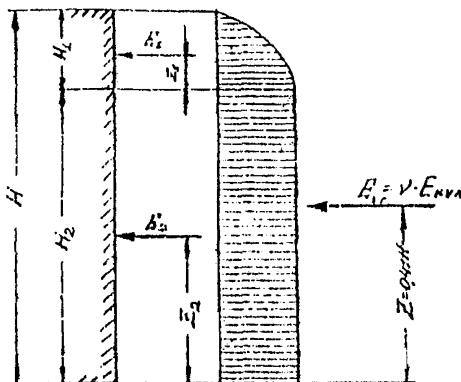


Рис. 12. Давление грунта на заднюю торцевую грань контрфорса.

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

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

$$Q_{cd} \leq \frac{\tau}{\gamma_n} \cdot Q_{yd}, \quad (41)$$

где Q_{cd} 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 при эзим обрушения по боковым поверхностям контрфорсов $\Sigma F_y - \Sigma \Delta F_y$.

$$Q_{xd} = \sum E_x - \sum \Delta E_x - f(\sum 2T_b + \sum E_y - \sum \Delta E_y), \quad (42)$$

Q_{yd} - удерживающая сила, равная сумме проекций удерживающих сил на направление возможного сдвига, к которым относятся:

силы трения по основанию секции сооружения, вызванные весом секции и пригрузкой ее выдавшими грунтом и временной нагрузкой на нем, с учетом гидростатического противодавления;

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

$$Q_{yd} = f(\sum G + \sum Q_b - W_y) + 2T_{yd}, \quad (43)$$

где f - коэффициент трения бетона по грунту основания;

W_y - равнодействующая гидростатического противодавления на подошву секции сооружения;

$\sum G$ - суммарный вес элементов секции;

$\sum Q_b$ - вес пригрузки секции вытерасположенным слоем грунта с учетом временной нагрузки на нем;

m_2 - коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,9;

γ_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 $2T_b$, определяются в зависимости от схемы загружения по формулам, приведенным в справочном приложении 2.

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

$$2T_{yd} = 2S_t \cdot z_o, \quad (44)$$

где S_t - площадь эпюры касательных напряжений T , действующих на боковой поверхности контрфорса за предел-

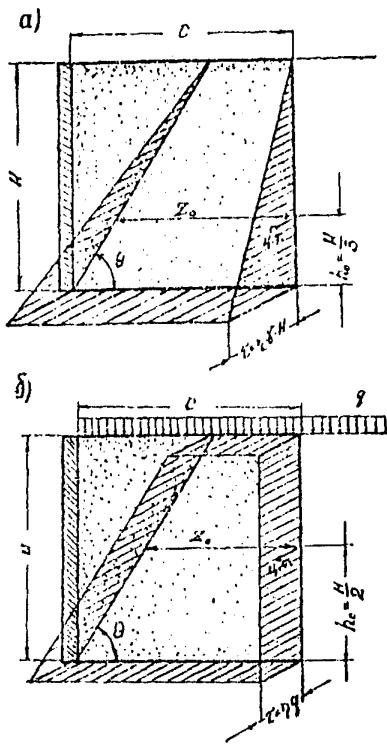


Рис. 19. Эпоры касательных напряжений τ на боковой поверхности контрфорса за пределами призмы обрушения:
а - от собственного веса грунта γ ; б - от равномерно распределенной нагрузки q на поверхности засыпки

лами призмы обрушения, определяемая по формулам:

при загружении собственным весом грунта γ

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

при загружении поверхности грунта равномерно распределенной нагрузкой q

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

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

h_o - расстояние от подошвы контрфорса до центре тяжести засыпи Σ , равное $\frac{H}{2}$ при загружении собственным весом, и $\frac{H}{2}$ - при загружении равномерно распределенной нагрузкой q

$$z_0 = C \frac{h_o}{\operatorname{tg} \theta}, \quad (47)$$

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

$$M_{op} \leq \frac{\tau}{\delta_n} M_{y\vartheta}, \quad (48)$$

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

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

давление грунта на заднюю торцовую грани контрфорсов;

$M_{y\vartheta}$ - момент ударяющих сил относительно той же оси, к которым относятся:

суммарный вес элементов секции устоя с учетом гидростатического противодавления;

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 $2T_8$

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;

τ - 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 стеки (а, б на рис. 20).

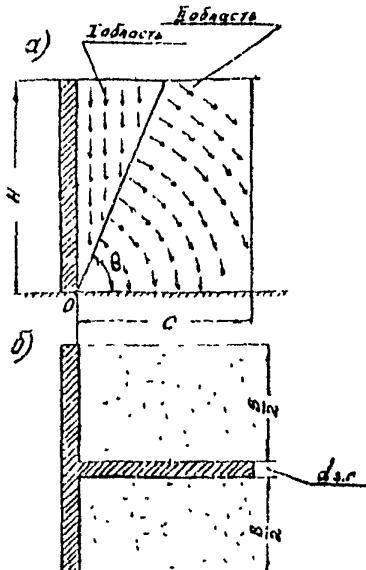


Рис. 20. Удерживающие силы по боковым поверхностям контрфорсов при расчете сечений устоев на опрокидывание:

а - вертикальный разрез;
б - план землянки; "0" - ось возможного опрокидывания;
I область - контакт с призмой обрушения; II область - защемление в запризменной части грунтовой засыпки

Функция F_m^T может определяться по графику на рис. 21, а.
Функция F_{θ}^T - по графику на рис. 21, б или упрощенной формуле

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

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

$$M_{\text{уд}} = \frac{0,84}{12} (F_m^T - F_{\theta}^T), \quad (49)$$

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

$$+ \ln \frac{1}{m + \sqrt{1+m^2}},$$

$$F_{\theta}^T = \frac{\cos \theta}{\sin^2 \theta} + \ln \operatorname{csg} \frac{\theta}{2} - (51)$$

$$- \operatorname{csg}^2 \theta;$$

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

длины контрфорса

к его высоте H;

c - коефициент, определяемый по графику на рис. 9 (п. 6.2);

θ - угол наклона к горизонтали плоскости обрушения грунта, определяемый по формуле (22) или графику на рис. 13.

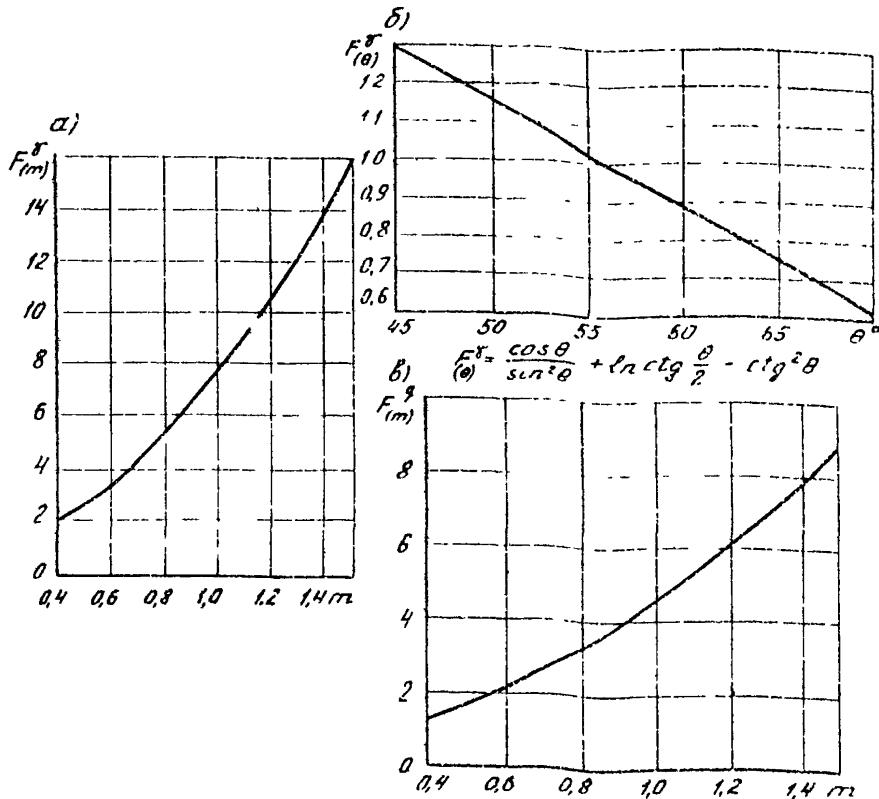


Рис. 21. Графики зависимости функции F_m^{δ} от соотношения $m - \frac{c}{H}$ (а), функции F_{θ}^{δ} от угла наклона к горизонтали (θ) плоскости обрушения грунта (б), функции F_m^{θ} от соотношения $m - \frac{c}{H}$ (в).

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

$$M_{y\delta}^{\theta} = \frac{2gH^3}{3} (F_{(m)}^{\theta} - F_{(0)}^{\theta}), \quad (54)$$

где

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

$$F_{(0)}^{\theta} = F_{(0)}^{\tau}.$$

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

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

$$M_{y\delta}^{\theta_c} = \frac{2g\gamma_c H^3}{3} (F_{(m)}^{\theta_c} - F_{(0)}^{\theta_c}) - \frac{2\gamma_c c_g^3 t \varphi \theta}{3}, \quad (56)$$

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

$$F_{(0)}^{\theta_c} = F_{(0)}^{\tau}, \quad (57)$$

т.е. функция $F_{(0)}^{\theta_c}$ может определяться по формуле (51) или графику на рис. 21,б.

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

$$M_{y\delta}^{\theta_a} = \frac{2\gamma_a a t \varphi \theta}{6} (3c_g^2 + 3ac_g + a^2). \quad (58)$$

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 запрещенной части,

Приложение I
(рекомендуемое)

КОНСТРУКЦИЯ ДИВАННОГО УСТОЯ АНКЕРНО-КОНТРФОРСНОГО ТИПА ИЗ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ,
РАЗРАБОТАННАЯ ИНСТИТУТОМ СОВЗДОРПРОЕКТ

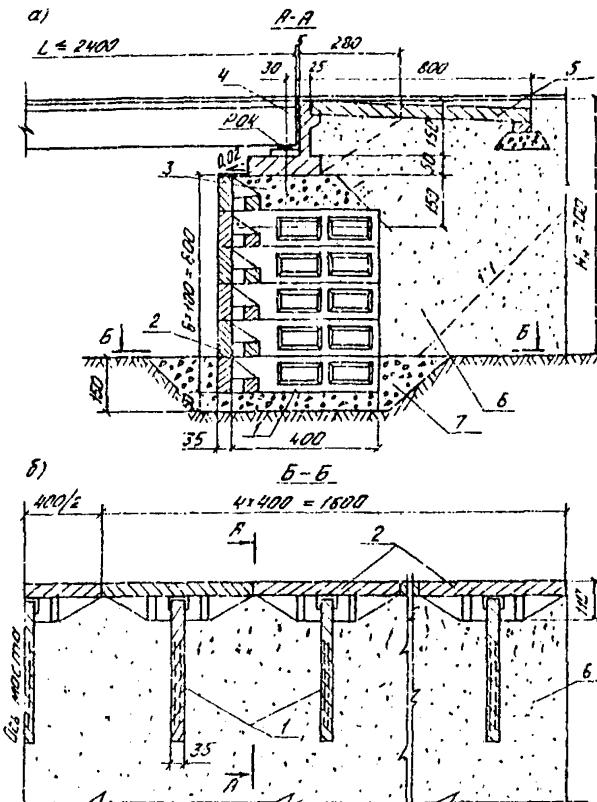


Рис. I. Конструкция анкерно-контрфорсного устоя из сборных железобетонных элементов: а - разрез вдоль оси моста; б - план расположения элементов устоя; 1 - блок контрфорса; 2 - углковый блок лицевой стенки; 3 - распределительная подушка из щебня или гравия; 4 - диванный блок; 5 - переходные плиты; 6 - дренирующий грунт обратной засыпки; 7 - засыпка из утрамбованного щебня или гравия

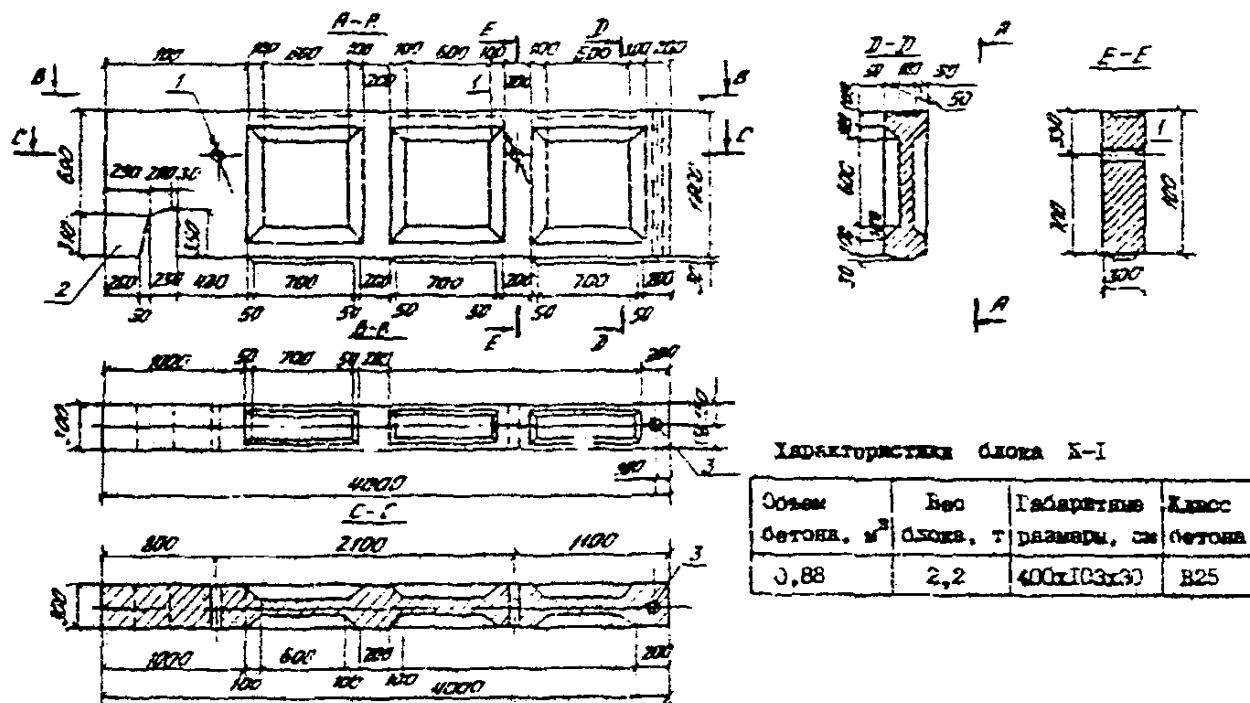


Рис. 2. Конструкция ребристого железобетонного блока контурфорса с зубом для соединения с блоком лицевой стены: 1 - строповочное отверстие $d_{sh} = 60\text{мм}$; 2 - зуб контурфорса; 3 - сквозное отверстие $d_{sh} = 60\text{мм}$ для монтажной штанги

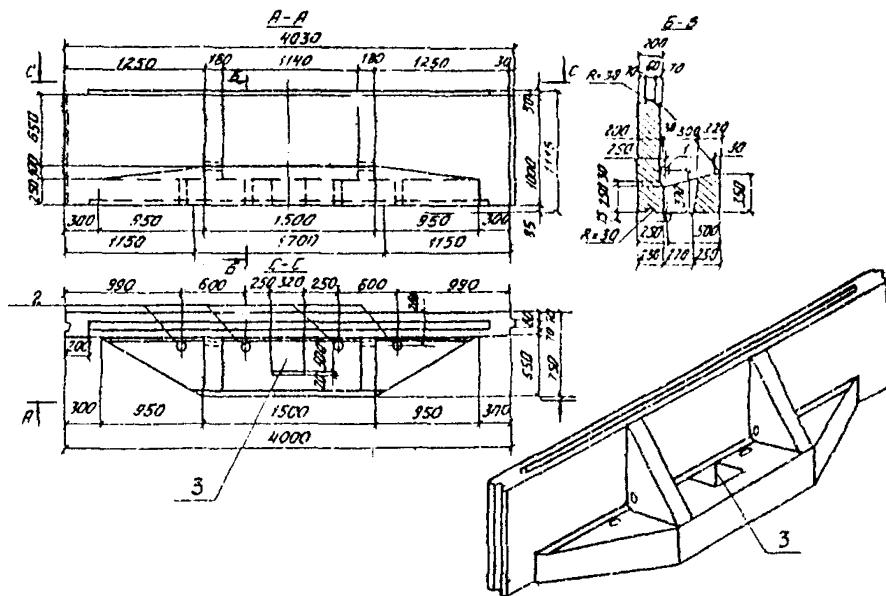
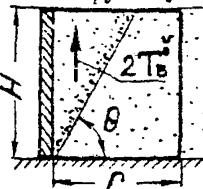
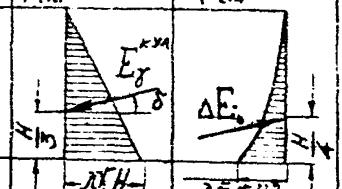
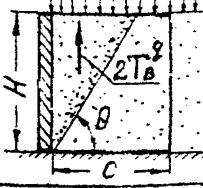
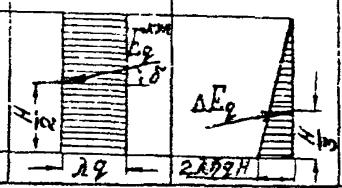


Рис 3. Конструкция и общий вид железобетонного уголкового блока листовой стенки с ответным отверстием в полке под зуб контрфорса: 1 - строповочное отверстие $d_{\text{шн}} = 60\text{мм}$; 2 - водопропускные отверстия $d_{\text{шн}} = 60\text{мм}$; 3 - ответное отверстие в полке под зуб контрфорса

Приложение 2 (справочное)

Формулы для расчета давления грунта и устойчивости положения диванных устоев анкерно-центрфорсного типа

Таблица I

№ пп	Схема и вид нагрузки	Эпюра давле- ния для плос- кой задачи	Эпюра сниже- ния давле- ния	Большое давление для плоской задачи	Большое сниже- ние давле- ния	Большое вер- тикальных сил трения по ос- нованиям приз- м обрушения $2T_B$
1	2	3	4	5	6	7
1	Собственный вес грунта γ	$p(h) = \bar{\lambda} \bar{\gamma} h$ 	$\Delta p(h) = \bar{\lambda} \bar{\gamma} \delta h^2$ 	$E_{\gamma}^{ку} = \bar{\lambda} \bar{\gamma} \frac{H^2}{2}$	$\Delta E_{\gamma} = \bar{\lambda} \bar{\gamma} \frac{\delta H^3}{3}$	$2T_B = \frac{\bar{\gamma} H^3}{2.5 \operatorname{tg} \theta}$ $\eta = \xi \operatorname{tg} \delta \theta$ $\bar{\eta} = \frac{\eta}{B}$
2	Сплошная равномер- но распределенная нагрузка q	$p(h) = \bar{\lambda} \cdot q$ 	$\Delta p(h) = 2 \bar{\lambda} \bar{q} h$ 	$E_q^{ку} = \bar{\lambda} q H$	$\Delta E_q = \bar{\lambda} \bar{q} \frac{\delta H^2}{2}$ $2T_B = \bar{q} \frac{H^2}{2 \operatorname{tg} \theta}$	

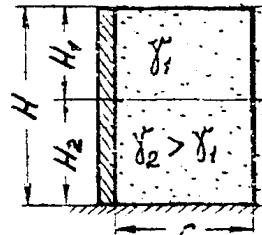
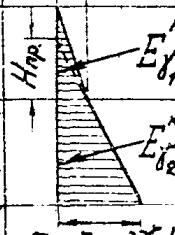
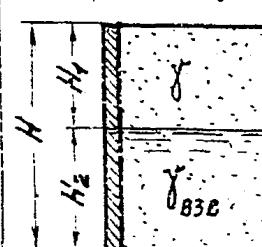
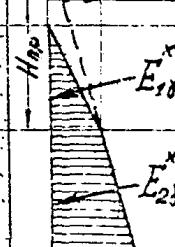
Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7	
3	частичное загружение равномерно распределенной нагрузкой $C_g \cdot g_c$	 $E_g = C_g \cdot g_c \cdot H$ $E_{1q_c} = \lambda q_c Hg - Hg$ $E_{2q_c} = \lambda q_c (H - Hg)$ $\Delta E_{1q_c} = \lambda q_c Hg (Hg - Hg)$ $\Delta E_{2q_c} = \lambda q_c (H - Hg)^2$ $\sum \Delta E_{q_c} = \lambda q_c (H^2 - Hg^2)$ $Hg = C_g \cdot \tan \theta$ $Hg = C_g \cdot \lambda q_c \theta$	$2\lambda\bar{q}q_c Hg$	$E_{1q_c}^{res} = \lambda q_c Hg - Hg$ $E_{2q_c}^{res} = \lambda q_c (H - Hg)$ $\Delta E_{1q_c}^{res} = 2\lambda\bar{q}q_c Hg (H - Hg)$ $\Delta E_{2q_c}^{res} = \lambda\bar{q}q_c (H - Hg)^2$ $\sum \Delta E_{q_c}^{res} = \lambda\bar{q}q_c (H^2 - Hg^2)$ $Hg = C_g \cdot \tan \theta$ $Hg = C_g \cdot \lambda q_c \theta$	$\Delta E_{1q_c} = \lambda\bar{q}q_c Hg (Hg - Hg)$ $\Delta E_{2q_c} = 2\lambda\bar{q}q_c Hg (H - Hg)$ $\Delta E_{1q_c}^{res} = \lambda\bar{q}q_c (H - Hg)^2$ $\Delta E_{2q_c}^{res} = \lambda\bar{q}q_c (H^2 - Hg^2)$ $\sum \Delta E_{q_c}^{res} = \lambda\bar{q}q_c (H^2 - Hg^2)$ $Hg = C_g \cdot \tan \theta$ $Hg = C_g \cdot \lambda q_c \theta$	$2T_3 = \lambda q_c \frac{(H^2 - Hg^2)}{\tan \theta}$	
3*	То же (упрощенный прием расчета)	 $E_g = C_g \cdot g_c \cdot H$ $E_{1q_c} = \lambda q_c (H - Hg)$ $E_{2q_c} = \lambda q_c (H^2 - Hg^2)$ $\Delta E_{1q_c} = \lambda\bar{q}q_c (H - Hg)$ $\Delta E_{2q_c} = \lambda\bar{q}q_c (H^2 - Hg^2)$ $\sum \Delta E_{q_c} = \lambda\bar{q}q_c (H^2 - Hg^2)$ $Hg = C_g \cdot \tan \theta$ $Hg = C_g \cdot \lambda q_c \theta$	$2\lambda\bar{q}q_c Hg$	$E_{1q_c}^{res} = \lambda q_c (H - Hg)$ $E_{2q_c}^{res} = \lambda q_c (H^2 - Hg^2)$ $\Delta E_{1q_c}^{res} = 2\lambda\bar{q}q_c (H - Hg)$ $\Delta E_{2q_c}^{res} = \lambda\bar{q}q_c (H^2 - Hg^2)$ $\sum \Delta E_{q_c}^{res} = \lambda\bar{q}q_c (H^2 - Hg^2)$ $Hg = C_g \cdot \tan \theta$ $Hg = C_g \cdot \lambda q_c \theta$	$\Delta E_{1q_c} = \lambda\bar{q}q_c (H - Hg)$ $\Delta E_{2q_c} = 2\lambda\bar{q}q_c (H^2 - Hg^2)$ $\sum \Delta E_{q_c} = \lambda\bar{q}q_c (H^2 - Hg^2)$ $Hg = C_g \cdot \tan \theta$ $Hg = C_g \cdot \lambda q_c \theta$	$2T_3 = \lambda q_c \frac{(H^2 - Hg^2)}{\tan \theta}$	

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7
38	<p>Затруднение призмы обрушения пусковой нагрузкой</p> <p>$\rightarrow C_0 + A_0 \rightarrow g_a$</p> <p>$C$</p> <p>$H$</p> <p>$A$</p> <p>$A_0 g_a$</p> <p>$2/3$</p> <p>$2A_0 g_a H/3$</p>		<p>$2A_0 g_a H/3$</p>		<p>$E_{g_a}^{k_{\text{ст}}}$</p> <p>$E_{g_a}^{k_{\text{ст}}} = \lambda_0 \cdot A_0 \cdot g_a^2 / 6$</p>	<p>$2T_g^{k_{\text{ст}}} = v g_a C (C_0 + 2C) / 4 g_a$</p> <p>$\Delta E_{g_a} = \lambda_0 g_a C (C_0 + 2C) / 6 g_a$</p>
4*	<p>То же (упрощенный прием расчета)</p> <p>$\rightarrow C_0 + A_0 \rightarrow g_a$</p> <p>$C$</p> <p>$H$</p> <p>$A$</p> <p>$A_0 g_a$</p> <p>$2/3$</p> <p>$2A_0 g_a H/3$</p>		<p>$2A_0 g_a H/3$</p>		<p>$E_{g_a}^{k_{\text{ст}}}$</p> <p>$E_{g_a}^{k_{\text{ст}}} = \lambda_0 A_0 g_a^2 / 6$</p>	<p>$2T_g^{k_{\text{ст}}} = v g_a C (C_0 + 2C) / 4 g_a$</p> <p>$\Delta E_{g_a} = \lambda_0 g_a C (C_0 + 2C) / 6 g_a$</p>

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7
	Обратная засыпка из разнородных грунтов  $\gamma_1 = \gamma_2$	$P_1 = \lambda \bar{\gamma}_1 H_1$  $P_2 = P_1 + \lambda \bar{\gamma}_2 H_2$ $H_{np} = \frac{\gamma_1 H_1}{\bar{\gamma}_2}$		$\Delta E_{\delta\gamma} = \lambda \bar{\gamma} (\delta_2 - \delta_1) \frac{H_2^3}{3}$ $\Delta E_{\delta\gamma} = \lambda \bar{\gamma} \frac{\delta_1 H_2^3}{3}$ $E_{\delta\gamma}^{KMN} = \lambda \bar{\gamma}_1 H_1 H_2 + \lambda \bar{\gamma}_2 \frac{H_2^2}{2}$ $E_{\delta\gamma}^{KMN} = \lambda \bar{\gamma}_1 \frac{H_1^2}{2} + \lambda \bar{\gamma}_2 (\delta_2 - \delta_1) H_2^2$		$2T_b^f = \frac{\eta}{3 \bar{\gamma} \theta} [\delta_1 H_1^3 + (\delta_2 - \delta_1) H_2^3]$ $\Delta E_{\delta\gamma} = -\lambda \bar{\gamma} \delta_b \frac{H_2^3}{3} (1-\eta)$ $\Delta E_{\delta\gamma} = \lambda \bar{\gamma} \delta_b \frac{H_2^3}{3}$ $E_{\delta\gamma}^{KMN} = \lambda \frac{1-\eta}{2} [\delta_1 H_1 + \delta_{B3B} (H_2 + H_{np})]$ $E_{\delta\gamma}^{KMN} = \lambda \delta_B \frac{H_2^3}{3} (1-\eta)$
	Наличие слоя водонасыщенного грунта  $\gamma_{B3B} = \gamma - \gamma_B (1-\eta); \eta = \frac{E}{1-E}$	$H_{np} = \frac{\gamma_1 H_1}{\bar{\gamma}_{B3B}}$  $\lambda \bar{\gamma}_{B3B} (H_2 + H_{np})$ $\lambda \bar{\gamma}_2 \delta_B H_2^2 \frac{H_2^3}{3}$				

Продолжение табл. I

1	2	3	4	5	6
1 Распределительная подушка удерживается консольным участком листевой стенки. Загружение собственным весом грунта δ	$\lambda \delta H_k$	$\lambda \delta \bar{H}^2$ $2\lambda \bar{\delta} \delta H_k H$		$E_g^{K,H} = \lambda \delta \frac{H^2}{2}$;	$2T_B^P = \lambda \delta \frac{H^3}{3} \frac{\theta}{g}$; $2T_B^P = \lambda \delta \frac{H^2 H}{6} \frac{\theta}{g}$;
2 То же. Загружение сплошной равномерно распределенной нагрузкой q	λq	$2\lambda \bar{\delta} \delta H_k H$ $2\lambda \bar{\delta} q H$		$E_g^{K,H} = \lambda q (H_k + H)$;	$2T_B^P = \lambda \delta \frac{H^2}{6} \frac{\theta}{g}$; $2T_B^P = \lambda \delta \frac{H^2 H}{3} \frac{\theta}{g}$;

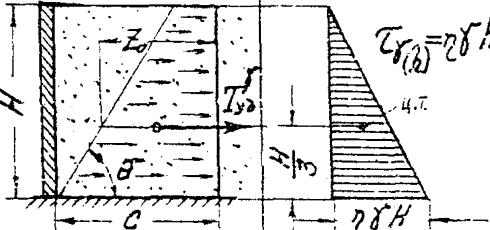
Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7
	<p>То же. Частичное загружение равномерно распределенной нагрузкой</p>		<p>$2\bar{J}\bar{\delta}H_k H$ $2\bar{J}\bar{\delta}q_c H$</p>	$\Delta E_{\delta H_k} = \bar{J} \bar{\delta} \frac{H_k H^2}{q_c \theta}$; $\Delta E_{\delta q_c} = \bar{J} \bar{\delta} \frac{(H_k^2 - H_0^2)}{q_c \theta}$; $\Delta F_{\delta H_k} = \bar{J} \bar{\delta} H_k H^2$; $\Delta F_{\delta q_c} = \bar{J} \bar{\delta} q_c (H_k^2 - H_0^2)$; $H_0 = C_2 t g \theta - H_k$; $E_{q_c}^{KVA} = \bar{J} q_c (H - H_0)$; $H_0 = C_2 t g \theta - H_k$; $H_0' = (C_2 + q_c) t g \theta - H_k$	$2\bar{J}\bar{\delta}H_k H$ $2\bar{J}\bar{\delta}q_c H$ $\Delta E_{\delta H_k} = \bar{J} \bar{\delta} \frac{H_k H^2}{q_c \theta}$; $\Delta E_{\delta q_c} = \bar{J} \bar{\delta} \frac{(H_k^2 - H_0^2)}{q_c \theta}$; $\Delta F_{\delta H_k} = \bar{J} \bar{\delta} H_k H^2$; $\Delta F_{\delta q_c} = \bar{J} \bar{\delta} q_c (H_k^2 - H_0^2)$; $H_0 = C_2 t g \theta - H_k$; $H_0' = (C_2 + q_c) t g \theta - H_k$	$2\bar{J}\bar{\delta}H_k H$ $2\bar{J}\bar{\delta}q_c H$
10	<p>То же. Загружение при замы обушения полосовой нагрузкой</p>		<p>$2\bar{J}\bar{\delta}H_k H$ $2\bar{J}\bar{\delta}q_a H$</p>	$E_{q_a}^{KVA} = \bar{J} q_a q_c \frac{\theta}{\theta}$		

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7
12	Распределительная подушка удерживается угловой стяжкой. Загружение собственным весом грунта и нагрузки	$2\bar{Y}H + H_{sc}$	$2\bar{Y}\bar{E}_g H_{sc} H$			
II		$\bar{Y}H_{sc}$	$\bar{Y}\bar{E}_g H$	$2\bar{Y}\bar{E}_g H_{sc} H$	$\Delta E_g = \lambda \bar{P} \frac{\bar{Y}H^3}{3}$ $\Delta E_g = \lambda \bar{P} Q (H^2 - H_0 H_0)$ $\Delta E_g = \lambda \bar{P} \bar{Y} H_c (H^2 - H_0 H_0)$	$2\bar{T}_g = \bar{P} \bar{Y} \frac{H^3}{3g\theta}$ $2\bar{T}_g = \bar{P} Q \frac{(H^2 - H_0 H_0)}{g\theta}$ $2\bar{T}_g = \bar{P} \bar{Y} H_c \frac{(H^2 - H_0 H_0)}{g\theta}$
III*	To же. (Упрощенный прием расчета)	$\bar{Y}H_{sc}$	$\bar{Y}\bar{E}_g H$	$2\bar{Y}\bar{E}_g H_{sc} H$ $2\bar{Y}\bar{E}_g H_0$	$\Delta E_g = \lambda \bar{P} \frac{\bar{Y}H^3}{3}$ $\Delta E_g = \lambda \bar{P} Q (H^2 - H_0 H_0)$ $\Delta E_g = \lambda \bar{P} \bar{Y} H_c (H^2 - H_0 H_0)$	$2\bar{T}_g = \bar{P} \bar{Y} \frac{H^3}{3g\theta}$ $2\bar{T}_g = \bar{P} Q \frac{(H^2 - H_0 H_0)}{g\theta}$ $2\bar{T}_g = \bar{P} \bar{Y} H_c \frac{(H^2 - H_0 H_0)}{g\theta}$

Габлика 2

пп	Схема и вид нагрузки	Эпюра касательных напряжений τ на боковой поверхности контрофорса	Площадь эпюры τ	Размер заприменной части контрофорса на уровне н.т. эпюры z_0	Горизонтальные удерживающие силы $2T_{уд}$
I	2	3	4	5	6
I	загружение собственным весом грунта γ	 $\tau_{\gamma(h)} = \gamma H$ $S_{\tau\gamma} = \gamma \frac{H^2}{2}$		$Z_0 = C - \frac{H}{3g\theta}$; $Z_0 = C - \frac{H}{2g\theta}$	$2T_{уд}^I = 2\gamma H(C - \frac{H}{3g\theta})$ $2T_{уд}^I = 2\gamma H(C - \frac{H}{2g\theta})$
2	загружение стационарно равномерно распред. нагрузкой q	 $\tau_{q(h)} = q$ $S_{\tau q} = qH$		$Z_0 = C - \frac{H}{2g\theta}$	$2T_{уд}^2 = 2qH(C - \frac{H}{2g\theta})$

Давление грунта на заднюю грань контрфорса

Таблица 3

пп	Схема и вид нагрузки	Эпюра интенсивности давления грунта	Интенсивность давления грунта $P(h)$	$E_{ак}$ при $\frac{d_{3,г}}{H} \leq 0,1$	$E_{кул}$
1	Собственный вес грунта		$P_1(h) = \gamma h \frac{t_0(\alpha-\varphi)}{\operatorname{tg} \theta} (d - 0,43 \frac{h}{\operatorname{tg} \theta})$ $P_2(h) = 0,392 \gamma d^2 \frac{t_0^2}{\operatorname{tg} \theta} (\alpha - \varphi);$	$E_{3,г}^{кул} = \sqrt{\lambda} E$; $\lambda = \frac{t_0^2}{\operatorname{tg} \theta} (45^\circ - \frac{\varphi}{2})$; $\gamma = 0,25$	$E_{кул} = \lambda \sqrt{\frac{H^2}{2}} d_{3,г}$

Коэффициент активного давления грунта для плоской задачи

Таблица 4

1		$\lambda = \frac{\cos^2(\varphi - \epsilon)}{\cos^2 \epsilon \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \alpha)}{\sin \epsilon \cdot \cos(\epsilon - \alpha)}}\right)^2 \sin \varphi}; \quad \psi = 90^\circ - \epsilon - \delta;$
2		$\lambda = \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \delta \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin \varphi}{\cos \delta}}\right)^2}; \quad \lambda = \frac{t_0^2}{\operatorname{tg} \theta} (45^\circ - \frac{\varphi}{2}); \quad \alpha = \epsilon = \delta = 0$

Таблица 5

№ пп	Угол наклона плоскости обрушения грунта θ 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		$K_0 = \sqrt{1 + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \varphi}}; \quad \theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2};$

Коэффициент бокового давления грунта ξ на контрбетон

Таблица 6

I	$\xi = \frac{1}{1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi + 2 \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)(\operatorname{tg}^2 \varphi - 0,825 \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi)};}$	$\xi_{\text{з}} = \xi \cdot \gamma \cdot h;$ $\xi_{\text{р}} = \xi \cdot q;$ $T = \xi_{\text{з}} \operatorname{tg} \delta_{\text{к}};$ $\xi \cdot \operatorname{tg} \delta_{\text{к}} = \eta;$
2	при $\delta_{\text{к}} = 5^\circ$ $\xi = \frac{\operatorname{cos}^2 \varphi}{1 + \operatorname{sin}^2 \varphi + 0,708 \operatorname{sin} 4\varphi};$	

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.05.03-84. Строительные нормы и правила. Мосты и трубы. М., ЦГПП 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, 1968.
5. Методические рекомендации по проектированию и строительству гибких железобетонных покрытий откосов транспортных сооружений. М., ЦНИИС, 1984.
6. Соколов А.Д. Особенности взаимодействия с грунтом при расчете сооружений контрфорсного типа. В сб. научн. трудов ЦНИИСа "Исследование и применение бесрастяжковых опор мостов", М., ЦНИИС, 1983.
7. Соколов А.Д. Давление грунта на контрфорсные сооружения от временных нагрузок. Депонировано во ВНИИС Госстроя СССР, 09.06.87, рег. № 8036.
8. Соколов А.Д. Резервы несущей способности конструкций контрфорсного типа. М., Транспортное строительство, № 9, 1987.
9. Соколов 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. Соколов А.Д. Методика расчета устойчивости положения на опрокидывание анкерно-контрфорсных конструкций мостов. Депонировано во ВНИИПТИ Госстроя СССР, вып. 10, 1989, рег. № 10119.
- II. Соколов А.Д. Анкерно-контрфорсные конструкции в устоях диванного типа автодорожных мостов. Депонировано во ВНИИПТИ Госстроя СССР, вып. 10, 1989, рег. № 10120.

12. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов. М., "Машиностроение", 1964.
13. Бобриков Б. В. Активное давление сыпучего тела на подпорные стенки ограниченной длины. Труды МИГа, вып. 77, "Мосты и строительные конструкции", М, Трансжелдориздат, 1932.
14. Клейн Г. К. Строительная механика сыпучих тел. М., Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре. 1956.
15. Клейн Г. К. Расчет подпорных стен. М., "Высшая школа", 1964.