ОАС

Министерство Энергетики и
Электрификации СССР
Главтехстройпроект

Всесоюзный проектно-изыскательский и
научно-исследовательский институт
„Энергосетьпроект"
Северо-Западное отделение

Инструкция по расчету закреплений в грунте свободностоящих железобетонных опор

Главный инженер — Ю. Крюков
Нач. технического отдела — Ю. Дубинский
Гл. специалист Т.О. — Ю. Курносов

г. Ленинград
1965 г.

gost.e-ecolog.ru

Аннотация

Инструкция разработана в соответствии с планом нормативных работ Госстроя СССР обсуждена на заседании Технического совета института Энергосетьпроект и утверждена Министерством энергетики и электрификации СССР (решение Главтехстройпроекта № 510 от 20 ноября 1965 г)

Содержание:

	стр.
Введение.	4
Общие положения.	8
Расчетные положения.	15
Расчет по несущей способности.	23
Расчет по деформациям.	40
Общие указания по проектированию закреплений.	45
Примеры расчетов	65
Приложение 1. Таблица коэффициентов F	88
Приложение 2. Немограмма для определения тригонометрических коэффициентов $F_i = f(\eta; \theta)$	101
Принятые основные буквенные обозначения	103

Введение.

Проектирование закреплений в грунте свободностоящих железобетонных опор имеет в настоящее время особенно важное значение в связи с чрезвычайно широким распространением этого типа конструкций как на линиях электропередачи, так и на открытых распределительных устройствах подстанций.

Существующие в настоящее время рекомендации по закреплению одностоечных железобетонных опор, основаны на результатах серии испытаний, в ограниченном количестве видов грунтов. Это предопределяет некоторую условность рекомендаций при проектировании оснований закреплений в грунтах, встречающихся на трассах линий электропередачи, которые отличаются большим разнообразием.

Проектирование закреплений одностоечных опор кроме расчета несущей способности требует также и определения деформаций оснований опор под действием нагрузок. Метод расчета оснований закреплений опор должен давать ответ и на этот вопрос.

Задача проектирования закреплений опор в грунте сводится, следовательно, к назначению конструкции и размеров элементов закрепления, при которых обеспечивается требуемая нормами прочность оснований закреплений и их деформативность. В настоящее время существует значительное число гипотез, выдвинутых в разное время и используемых для расчета оснований узких фундаментов глубокого заложения и одиночных стоек, работающих на опрокидывание. До 1933 года основная рабочая гипотеза строилась

на том допущении, что опрокидываемый фундамент удерживается в равновесии давлением грунта на боковую поверхность, которое определяется напряжениями, возникающими при повороте фундамента под действием внешних нагрузок. Эпюра напряжений в грунте по высоте фундамента, в большинстве случаев, ограничивалась параболой, а величины напряжений при принятом уравнении параболы определялись дополнительным условием, согласно которому прямая пассивного давления грунта является касательной к кривой в верхней точке эпюры пассивного давления.

Напряжения в грунте определялись при действии на опору эксплуатационных (нормативных) нагрузок.

При этом методе оставалась неисследованной работа основания при нагрузках, превышающих эксплуатационные, которая наиболее важна при оценке надежности закрепления. Поэтому в последующем он был заменен методом расчета по разрушающим нагрузкам. В методе разрушающих нагрузок несущая способность (устойчивость) грунта основания определялась в стадии разрушения, а за эпюру напряжений в грунте на этой стадии была принята треугольная эпюра, очерченная прямыми пассивного давления грунта.

В соответствии с требованиями действующих норм и правил (гл. СН и П II-А.10-62 и II-Б-1-62) в „Инструкции" даны указания по расчету оснований закреплений по двум предельным состояниям:

1. По прочности (устойчивости) - первое предельное состояние.

г. По деформациям – второе предельное состояние.

Определение деформаций оснований закреплений одностоечных свободностоящих опор необходимо также и для статического расчета конструкций самих опор, который согласно § 4.9 гл. СН и П II-И.9-62 выполняется по деформированной схеме.

Расчет по первому предельному состоянию базируется на учете реактивных напряжений и сил, возникающих при действии сочетаний внешних нагрузок и удерживающих закрепление в равновесии, в предельном состоянии. В отличие от применявшегося до 1947 года метода, разработанного инженером С.Н. Кудриным, в котором учитывалось пассивное давление грунта, обусловленное только внутренним трением (этот метод с некоторой переработкой был включен в нормы ПВЛ-47), расчетные формулы рекомендуемые настоящей „Инструкцией" учитывают также удельное сцепление грунта, и силы трения на боковых поверхностях закрепления.

Это дает возможность более правильно оценить прочность оснований из связных грунтов, а также грунтов нарушенной и ненарушенной структуры. Расчетная эпюра сил, действующих на конструкцию закрепления дана на рис. 1.

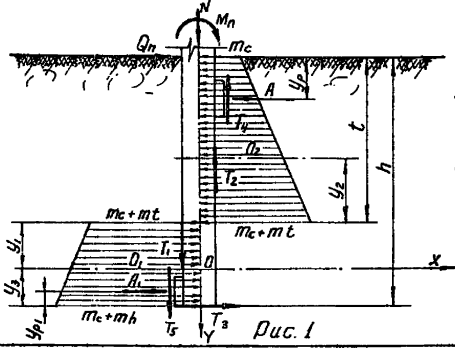


Рис. 1

Образование расчетной эпюры, изображенной на рис. 1. теоретически невозможно, т.к. требует поворота стойки на угол равный бесконечности.

Однако уже при сравнительно небольших углах форма действительной эпюры давления такая, что замена ее предлагаемой приводит к незначительным ошибкам при определении предельных изгибающих моментов. В тоже время такая замена существенно упрощает расчет. Слабое влияние формы некоторых эпюр на конечные результаты расчета отмечалось в ряде работ, см. например проф Н.П. Прокофьева – „Давление сыпучего тела и расчет подпорных стенок" (Стройиздат 1947г)

Эти соображения и послужили основанием к тому, чтобы в настоящей инструкции принять эпюру, изображенную на рис. 1. Учитывая, что при наличии сцепления давление на поверхности грунта практически не может соответствовать полной величине, определяемой сцеплением „С", в расчет введен коэффициент формы эпюры „ω" (см. стр. 29), учитывающий уменьшение давления в непосредственной близости к поверхности грунта.

Для расчета оснований закреплений по деформациям, в задачу которого входит определение угла поворота конструкции закрепления, используются формулы, предложенные инженером Г.С. Тер-Ованесовым, полученные им для упрощенной задачи по методу профессора Б.Н. Жемочкина.

Формулы получены при допущении, что давление на грунт передается посредством двух жестких связей каждая из которых опирается на площадку шириной, равной ширине стойки, и высотой, равной третьей части высоты закрепления.

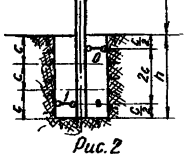


Рис. 2

Вследствие ограничения числа связей двумя, расчетные формулы получились сравнительно простыми и хотя они и дают несколько завышенные значения деформаций, их применение для целей инженерного проектирования вполне допустимо. Расчетная схема для определения деформаций дана на рис. 2.

1 Общие положения:

1.1. Настоящая „Инструкция" распространяется на проектирование естественных оснований закреплений свободностоящих железобетонных и деревянных опор ВЛ, а также порталов ОРУ в грунте.

При расчете оснований закреплений деревянных опор помимо указаний настоящей „Инструкции" необходимо также руководствоваться указаниями „Инструкции по расчету деревянных опор ВЛ", а при расчете оснований закреплений порталов ОРУ – „Инструкцией по расчету строительных конструкций ОРУ подстанций".

„Инструкция" не распространяется на проектирование закреплений, основаниями которых являются вечномерзлые грунты, а также закреплений на площадках подверженных оползням и карстам.

1.2. Основания закреплений должны проектироваться согласно указаниям глав СНиП II-А.10-62, II-Б.1-62, II-И.9-62 и настоящей „Инструкции" с учетом данных инженерно геологических и гидрогеологических изысканий и исследований грунта.

Объем и методика изысканий и исследований грунтов определяются специальной инструкцией.

1.3. Номенклатура грунтов должна приниматься в соответствии с главой СНиП II-Б.1-62.

1.4. В проектах закреплений должны помещаться указания производителям работ о необходимости контроля характера грунтов в процессе устройства закрепления. В случае их отличия от принятых в проекте, производитель работ обязан вопрос о типе закреплений согласовать с проектной организацией

1.5. При проектировании оснований закреплений нормального типа для назначения характеристик грунтов, входящих в расчеты оснований допускается использование значений углов внутреннего трения φ, удельного сцепления C и модулей деформации E по табл.1 и 2 настоящей „Инструкции" для всех грунтов, характеристики которых укладываются в показатели указанных таблиц.

Для закреплений специальных опор характеристики φ, C и E должны приниматься на основе полевых и лабораторных исследований.

1.6. По своему конструктивному выполнению закрепления подразделяются на нормальные (безригельные, одноригельные, двухригельные) и специальные

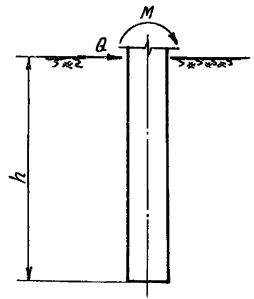


Рис.3. Безригельное закрепление опрокидываемого узкого фундамента глубокого заложения

Нормальные закрепления:

Безригельное закрепление (рис.3) осуществляется путем заделки нижней части стойки в грунт на глубину, при которой обеспечивается требуемая прочность и деформативность основания.

Одноригельное закрепление (рис.4) отличается от безригельного наличием в верхней части закрепления ригеля, конструктивно выполненного из одной или нескольких (безразлично) стандартных (унифицированных) конструкций ригелей.

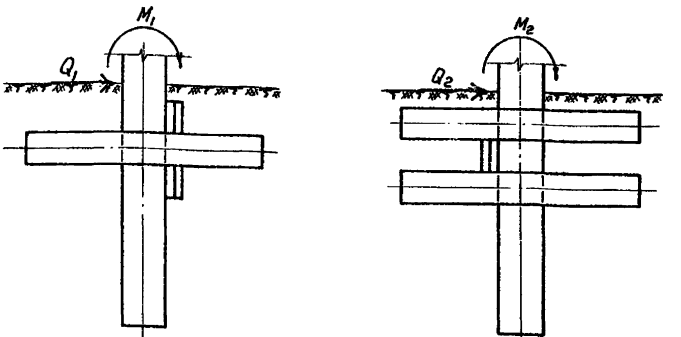


Рис. 4. Одноригельное закрепление опрокидываемого узкого фундамента глубокого заложения

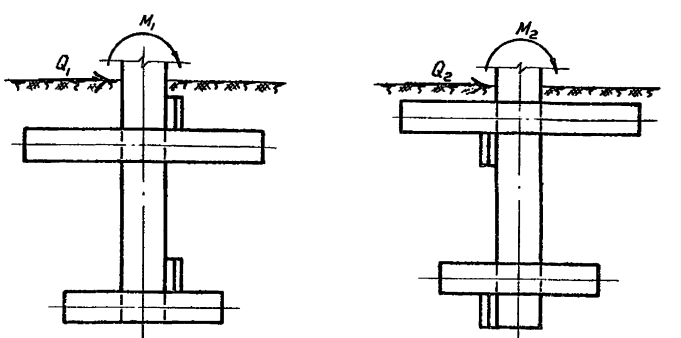


Рис. 5. Двухригельное закрепление опрокидываемого узкого фундамента глубокого заложения

Двухригельное закрепление (рис. 5) имеет верхний и нижний ригели, каждый из которых может состоять из одной или нескольких стандартных (унифицированных) конструкций ригелей. Как в одноригельном, так и в двухригельном закреплениях ригели могут располагаться

в одной и в двух взаимноперпендикулярных плоскостях.

Одноригельные и двухригельные закрепления могут выполняться без банкетки и с отсыпкой банкетки; верхние ригели, в этом случае, должен располагаться в банкетке (частично или полностью).

К специальным типам закреплений относятся закрепления, предусматривающие обетонирование (рис. 6а), применение железобетонных башмаков

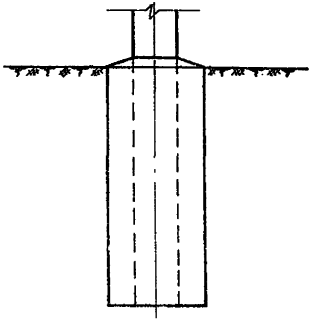


Рис. 6а. Специальное закрепление в бетонируемом котловане

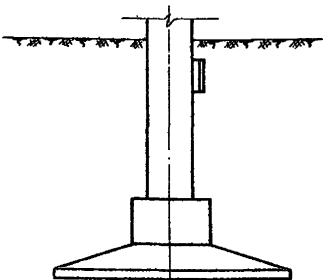


Рис. 6б. Специальное закрепление с башмаком и ригелем

с развитой плитой в сочетании с ригелем или без ригеля (рис. 6б) и др.

1.7. В настоящей инструкции даны указания по проектированию нормальных закреплений (безригельных и ригельных). Проектирование специальных закреплений должно производиться по указаниям „Инструкции по расчету опор и фундаментов ВЛ".

Таблица 1

Нормативные характеристики песчаных и глинистых грунтов (γ в т/м^3, φ в град, C в т/м^2, E в т/м^2)

Наименование видов грунтов		Характеристики грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости					
			0,41-0,50	0,51-0,60	0,61-0,70	0,71-0,80	0,81-0,95	0,96-1,10
Песчаные грунты	Гравелистые и крупные	γ	2,0	1,9	1,8	—	—	—
		φ	43	40	38	—	—	—
		C	0,2	0,1	0	—	—	—
		E	4600	4000	3300	—	—	—
	Средней крупности	γ	2,0	1,9	1,8	—	—	—
		φ	40	38	35	—	—	—
		C	0,4	0,2	0,1	—	—	—
		E	4600	4000	3300	—	—	—
	Мелкие	γ	2,0	1,9	1,8	—	—	—
		φ	38	36	32	—	—	—
		C	0,6	0,4	0,2	—	—	—
		E	3700	2800	2400	—	—	—
	Пылеватые	γ	1,9	1,9	1,8	—	—	—
		φ	36	34	30	—	—	—
		C	0,8	0,6	0,4	—	—	—
		E	1400	1200	1000	—	—	—
Глинистые грунты при влажности на границе раскатывания	9,5-12,4	γ	2,0	1,95	1,9	—	—	—
		φ	25	24	23	—	—	—
		C	2,6	1,8	1,0	—	—	—
		E	2300	1600	1300	—	—	—
	12,5-15,4	γ	2,0	1,95	1,9	1,8	—	—
		φ	24	23	22	21	—	—
		C	4,2	2,1	1,4	0,7	—	—
		E	3500	2100	1500	1200	—	—
	15,5-18,4	γ	—	1,95	1,9	1,8	1,75	
		φ	—	22	21	20	19	18
		C	—	5,0	2,5	1,9	1,1	0,8
		E	—	3000	1900	1300	1000	800
	18,5-22,4	γ	—	—	1,9	1,8	1,7	1,65
		φ	—	—	20	19	18	17
		C	—	—	6,8	3,4	2,8	1,9
		E	—	—	3000	1800	1300	900
	22,5-26,4	γ	—	—	—	1,8	1,7	1,65
		φ	—	—	—	18	17	16
		C	—	—	—	8,2	4,1	3,6
		E	—	—	—	2600	1600	1100
	26,5-30,4	γ	—	—	—	—	1,7	1,65
		φ	—	—	—	—	16	15
		C	—	—	—	—	9,4	4,7
		E	—	—	—	—	2200	1400

Таблица 2

Расчетные характеристики песчаных и глинистых грунтов

(γ в т/м^3, φ в град, C в т/м^2)

Наименование видов грунтов		Характеристики	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости					
			0,41 - 0,50	0,51 - 0,60	0,61 - 0,70	0,71 - 0,80	0,81 - 0,95	0,96 - 1,1
Песчаные грунты	Гравелистые и крупные	γ	2,0	1,9	1,8	—	—	—
		φ	41	38	36	—	—	—
		C	—	—	—	—	—	—
		E	—	—	—	—	—	—
	Средней крупности	γ	2,0	1,9	1,8	—	—	—
		φ	38	36	33	—	—	—
		C	—	—	—	—	—	—
		E	—	—	—	—	—	—
	Мелкие	γ	2,0	1,9	1,8	—	—	—
		φ	36	34	30	—	—	—
		C	0,1	—	—	—	—	—
		E	—	—	—	—	—	—
	Пылеватые	γ	1,9	1,9	1,8	—	—	—
		φ	34	32	28	—	—	—
		C	0,2	0,1	—	—	—	—
		E	—	—	—	—	—	—
Глинистые грунты при влажности на границе раскатывания	2,5 - 12,4	γ	2,0	1,95	1,9	—	—	—
		φ	23	22	21	—	—	—
		C	1,3	0,9	0,3	—	—	—
		E	—	—	—	—	—	—
	12,5 - 15,4	γ	2,0	1,95	1,9	1,8	—	—
		φ	22	21	20	19	—	—
		C	1,4	0,7	0,4	0,2	—	—
		E	—	—	—	—	—	—
	15,5 - 18,4	γ	—	1,95	1,9	1,8	1,75	1,65
		φ	—	20	19	18	17	16
		C	—	1,9	1,1	0,8	0,4	0,2
		E	—	—	—	—	—	—
	18,5 - 22,4	γ	—	—	1,9	1,8	1,7	1,65
		φ	—	—	18	17	16	15
		C	—	—	2,8	1,9	1,0	0,6
		E	—	—	—	—	—	—
	22,5 - 26,4	γ	—	—	—	1,8	1,7	1,65
		φ	—	—	—	16	15	14
		C	—	—	—	3,6	2,5	1,2
		E	—	—	—	—	—	—
	26,5 - 30,4	γ	—	—	—	—	1,7	1,65
		φ	—	—	—	—	14	13
		C	—	—	—	—	4,0	2,2
		E	—	—	—	—	—	—

Примечания к таблицам 1 и 2:

1. *Характеристики песчаных грунтов по табл. 1 и 2 относятся к кварцевым пескам с зернами различной окатанности, содержащими не более 20% полевого шпата и не более 5% различных примесей (слюда, глауконит и пр.) независимо от влажности.*
2. *Значения модуля деформаций E для гравелистых, крупных и средней крупности песков даны при степени неоднородности* $K_{\frac{60}{10}} \leq 3$. *При степени неоднородности* $K_{\frac{60}{10}} \geq 6$ *табличные значения модуля деформации должны быть уменьшены в три раза. При промежуточных величинах* $K_{\frac{60}{10}}$ *значения E определяются интерполяцией.*
3. *Характеристики глинистых грунтов относятся к грунтам четвертичных отложений при содержании растительных остатков не более 5% при условии полного заполнения пор водой (степень влажности* $G \geq 0{,}8$*)*
4. *Данные табл. 1 и 2 не распространяются на глинистые грунты текучей консистенции (при* $B > 1$*)*

2. Расчетные положения.

2.1 Расчет оснований закреплений должен производиться:
а) по первому предельному состоянию - по несущей способности,
б) по второму предельному состоянию - по деформациям.
Расчет оснований закреплений стоек нормальных опор ВЛ и порталов ОРУ, за исключением нормальных промежуточных свободно-стоящих опор с тросом, должен производиться по обоим предельным состояниям во всех режимах работы ВЛ.
Расчет нормальных промежуточных свободно-стоящих опор ВЛ с тросом должен производиться только в нормальном режиме работы ВЛ по обоим предельным состояниям.
Расчет опор, устанавливаемых на переходах ВЛ через другие объекты должен производиться по обоим предельным состояниям во всех режимах работы ВЛ, при этом в аварийных режимах работы ВЛ, поддерживающее влияние троса не должно учитываться.

2.2 При расчете оснований закреплений необходимо учитывать влияние на их работу почвенного слоя
При этом, если толщины почвенного слоя не превышают 0,3м расчет может производиться в предположении, что грунт, образующий основание, начинается с отметки дневной поверхности, а его характеристики на участке почвенного слоя могут приниматься по характеристикам грунта подстилающего слоя.
Если толщина почвенного слоя превышает 0,3м.

верхний его участок толщиной, равной фактической толщине, уменьшенной на 0,3м должен вводиться в расчет с характеристиками, принимаемыми по характеристикам грунта подстилающего слоя, умноженным на следующие коэффициенты.

почвенный слой подстилается плотными песчаными грунтами — 0,7;

песчаными грунтами средней плотности — 0,85;

рыхлыми песчаными грунтами — 1,0;

почвенный слой подстилается плотными глинистыми грунтами — 0,8;

глинистыми грунтами средней плотности — 0,9;

глинистыми грунтами слабыми — 1,0

Участок почвенного слоя толщиной 0,3м, расположенный непосредственно над подстилающим его слоем минерального грунта вводится в расчет с характеристиками этого подстилающего слоя.

2.3. Для грунтов оснований закреплений, выполняемых без нарушения их естественной структуры, характеристики принимаются по данным инженерно-геологических изысканий и лабораторных

исследований, полученным для образцов с ненарушенной структурой или по таблицам 1 и 2 настоящей „Инструкции".

2.4. Для оснований закреплений, выполняемых с нарушением естественной структуры грунтов и обычных способах их уплотнения при обратной засыпке котлованов характеристики последних могут приниматься с учетом следующих указаний:

а) Для песчаных грунтов – по графе $\varepsilon = 0{,}61 - 0{,}7$ табл. 1 и 2 независимо от результатов инженерно-геологических изысканий и исследований образцов ненарушенной структуры.

б) Для глинистых грунтов – по характеристикам грунтов ненарушенной структуры, которые принимаются по табл. 1 и 2 или по данным изысканий, с учетом следующих дополнительных понижающих коэффициентов

на объемный вес . . . 0,8

на удельное сцепление 0,5

на модуль деформации 0,5

При применении специальных методов уплотнения, характеристики грунтов (песчаных и глинистых) должны приниматься по особым указаниям, основанным на результатах исследований образцов, отобранных из котлованов

после производства работ по их заделке и уплотнению.

2.5 Расчет оснований и закреплений по прочности (1ое предельное состояние) производится по расчетным характеристикам грунтов при расчете по методу предельных состояний и по нормативным характеристикам при расчете по методу разрушающих нагрузок

Расчет оснований и закреплений по деформациям (2ое предельное состояние) производится по нормативным характеристикам грунтов как при расчете по методу предельных состояний так и по методу разрушающих нагрузок.

При этом указанные в п 2.4б понижающие коэффициенты для грунтов нарушенной структуры должны вводиться как на расчетные, так и на нормативные характеристики грунтов.

2.6. Характеристики грунтов банкеток. принимаются как для грунтов нарушенной структуры в соответствии с указаниями п. 2.4.

При расчете оснований закреплений с банкетками реактивные напряжения и силы на участке закрепления, расположенном ниже природной отметки поверхности грунта учитываются также как и для закреплений без банкеток. На участке банкеток учитываются только давление грунта на ригель и силы трения на боковой поверхности ригеля. Давление грунта банкетки на стойку и силы трения на боковой поверхности стойки в пределах банкетки не учитываются.

2.7. При устройстве закрепления в грунте, имеющем послойно разные характеристики последний должен быть приведен к двум слоям, каждый из которых по толщине занимает половину глубины котлована. Характеристики этих слоев принимаются средневзвешенными из характеристик составляющих слоев.

$$\xi = \frac{2\Sigma \xi_i h_i}{h}$$ где

ξ_i - обобщенная характеристика (объемный вес, удельное сцепление, угол внутреннего трения);

h_i - толщина отдельного слоя.

Расчет основания закрепления рекомендуется выполнять по характеристикам приведенного верхнего слоя за исключением тех случаев, когда характеристики нижнего приведенного слоя значительно ниже характеристик верхнего. Несущую способность оснований таких закреплений рекомендуется определять с учетом характеристик обоих приведенных слоев путем графического подбора в соответствии с общими положениями „Инструкции".

2.8 Влияние грунтовой воды рекомендуется учитывать путем соответствующего выбора характеристик по табл. 1 и 2. Характеристики, полученные в результате лабораторных исследований образцов (т.е. без нарушения структуры и в состоянии естественной влажности) вводятся в расчет без дополнительной корректировки на наличие воды в соответствии с указаниями п.п. 2.3, 2.4 и 2.5 „Инструкции".

2.9. Расчет оснований закреплений, имеющих ригели, расположенные параллельно плоскости действия нагрузок рассматриваемого сочетания (рис. 4 и 5) рекомендуется производить без учета влияния этих ригелей на несущую способность основания.

2.10 Расчет оснований закреплений на сочетания, приводящиеся к двум группам нагрузок, действующих (одновременно) во взаимноперпендикулярных плоскостях, параллельных рабочим плоскостям соответствующих ригелей, допускается производить на нагрузки каждой группы независимо с ведением дополнительных коэффициентов условий работы m_g. Для закреплений с круглыми стойками коэффициент m_g должен вводиться на значения несущей способности основания, полученные в обоих частичных расчетах; для закреплений с квадратными стойками - только на пассивное давление грунта на ригели (А) (не на несущую способность основания)

$\frac{M_1}{M_2}$ при $M_1 < M_2$ $\frac{M_2}{M_1}$ при $M_1 > M_2$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Коэффициент условий работы m_g	1,0	0,86	0,77	0,73	0,71	0,71

M_1 и M_2 – опрокидывающие моменты, создаваемые нагрузками каждой группы.

2.11 При расчете оснований закреплений по несущей способности учитываются следующие реактивные силы, удерживающие закрепление от опрокидывания:

1. Давление грунта на стойку и ригели обусловленное пассивным давлением грунта.
2. Силы трения на боковых поверхностях стойки и ригелей.
3. Силы трения на поверхности подошвы стойки.

Примечание: Расчетом не учитывается:

1. Активное давление грунта на стойку и ригели.
2. Изменение угла плоскости скольжения выпираемого грунта вследствие поворота закрепления.
3. Несовпадение равнодействующей давления грунта на ригель с горизонтальной осью поперечного сечения ригеля.

3. Расчет по несущей способности.

3.1. Расчет оснований закреплений по несущей способности при расчете по методу разрушающих нагрузок производится по формуле

$$K Q^{\partial} \leq Q_n \qquad (1)$$

где Q_n - предельная поперечная сила, определяемая в соответствии с рекомендациями п.п.3.5-3.15 по нормативным характеристикам грунтов (табл 1).

Q^{∂} - действующая поперечная сила на отметке поверхности грунта, полученная при расчете опоры по методу разрушающих нагрузок.

K - коэффициент запаса, принимаемый по табл 3-I

Таблица 3-I

Коэффициенты запаса „К" несущей способности оснований закреплений

Наименования закреплений	Нормальный режим	Аварийный режим
Закрепления прямых промежуточных опор	1,5	1,3
Закрепления прямых анкерных опор без разности тяжений проводов в смежных пролетах	1,8	1,5
Закрепления опор: анкерно-угловых, угловых, концевых и анкерных с разностью тяжений проводов	2,0	1,8
Закрепления порталов ОРУ	2,0	1,8

3.2. Расчет оснований закреплений по несущей способности при расчете по методу предельных состояний производится по формуле

$$Q_p \leq m_3 m Q_n \qquad (2)$$

где Q_n - предельная поперечная сила, определяемая в соответствии с рекомендациями п.п 3.5-3.15 по расчетным характеристикам грунтов (табл 2);

m_3 - коэффициент условий работы, принимаемый по табл. 3-II

Таблица 3-II

Коэффициенты условий работы m_3 закреплений при расчете по методу предельных состояний.

Наименование грунтов	Виды песчаных и влажность на границе раскатыв. глинистых грунтов	Закрепления			
		гр. А безбанкеточные в грунтах с ненарушенной структурой	гр. Б безбанкеточные в грунтах с нарушенной структурой	гр. В банкеточные	
				основной грунт с ненарушенной структурой	основной грунт с нарушенной структурой
Песчаные	крупные	1,0	0,9	0,95	0,9
	средней крупности	1,0	0,95	0,95	0,90
	мелкие	1,1	1,0	1,0	0,95
	пылеватые	1,15	1,10	1,1	1,0
Глинистые	9,5 - 12,4	1,25	1,15	1,15	1,05
	12,5 - 15,4	1,40	1,25	1,25	1,15
	15,5 - 18,4	1,4	1,20	1,25	1,1
	18,5 - 22,4	1,5	1,3	1,4	1,3
	22,5 - 26,4	1,6	1,4	1,5	1,35
	26,5 - 30,4	1,65	1,45	1,6	1,35

m - коэффициент условий работы закрепления, принимаемый по табл. 21 гл. СН и П II-И.9-62;

Q_p - поперечная сила на отметке поверхности грунта, полученная при расчете опоры по методу предельных состояний от действия расчетных нагрузок.

3.3. При расчете оснований закреплений все действующие на опору нагрузки каждого нормируемого сочетания должны быть заменены двумя силами: горизонтальной сосредоточенной силой Q, приложенной на высоте $H = \frac{M}{Q}$ от отметки поверхности земли и вертикальной силой N, приложенной на отметке подошвы стойки конструкции закрепления (рис. 7).

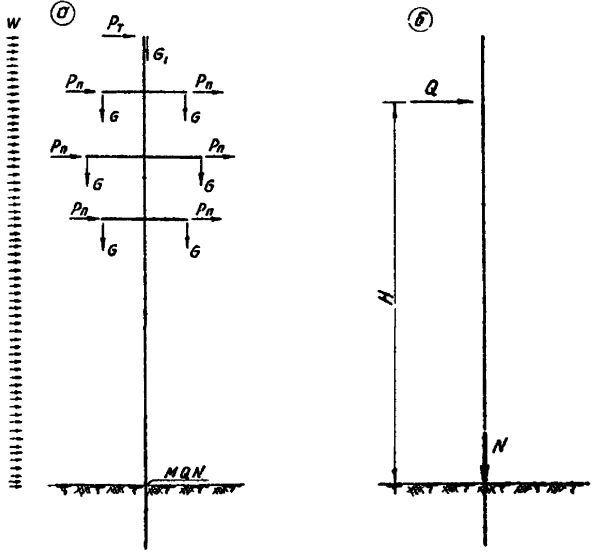


Рис. 7. Схема нагрузок на закрепление в нормальном режиме.
а) схема действия нагрузок
б) схема принимаемая в расчете закрепления.
MQN - усилия в сечении стойки на отметке поверхности грунта, создаваемые нагрузками при расчете по деформированной схеме.

При этом, нагрузки M, Q и N, действующие на закрепление, должны приниматься по соответствующим усилиям – изгибающему моменту M, поперечной Q и осевой N силам – действующим в сечении стойки на отметке поверхности грунта, полученным в результате статического расчета опоры с учетом влияния на эти усилия также деформаций основания (см. „Инструкцию по расчету железобетонных опор")

3.4. Несущая способность (устойчивость) оснований закреплений определяется образованием в грунте поверхностей скольжения;
при этом считается, что нормальные и касательные напряжения σ и τ по всей поверхности скольжения достигают значений, соответствующих предельному равновесию, определяемому по формуле (рис. 8)

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + C \qquad (3)$$

где φ - угол внутреннего трения;

C - удельное сцепление грунта для глин или параметр линейности для песков.

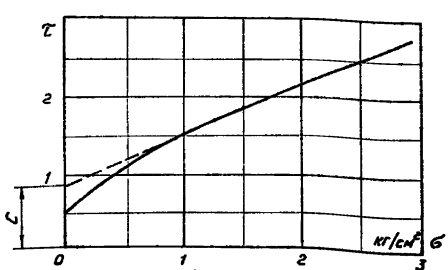


Рис. 8. Кривая зависимости $\tau = f(\sigma)$ для связных грунтов

3.5. Предельное боковое давление на грунт (в общем случае на связный), соответствующее появлению поверхностей скольжения, определяется его пассивным давлением „р"

$$p = \gamma y\, tg^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) + 2C\, tg\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) \qquad (4)$$

Здесь y - глубина, на которой определяется пассивное давление

Примечание: Активное давление грунта при расчете оснований закреплений не учитывается.

3.6. Предельную величину поперечной силы Q_n, приложенной на высоте H над поверхностью грунта, и характеризующей несущую способность оснований из связных грунтов для двухригельной схемы закрепления, представляющей общий случай, рекомендуется определять по формуле (5)

$$Q_n = \frac{U(\omega)}{\alpha F_5}\left\{\theta F_4(F_1+F_2) + (2h+1)f_d + f_N F_3 + E\left[1 + \lambda_d(1+\mu) - \lambda_p - \mu\lambda_{p_1} - F_3(1-\mu)\right]\right\} \qquad (5)$$

Относительная глубина центра поворота закрепления $\theta = \frac{t}{h}$ определится из уравнения (6)

$$\theta = \frac{(2h+1)(\alpha F_5 + f_d) + f_N(\alpha F_5 + F_3) - E\left[\alpha F_5(1-\mu) + F_3(1-\mu) + \lambda_p + \mu\lambda_{p_1} - \lambda_d(1+\mu) - 1\right]}{F_4(2\alpha F_5 - F_1 - F_2)} \qquad (6)$$

Входящие в формулы (5) и (6) коэффициенты определяются следующими выражениями.

а) Коэффициенты, имеющие размерность (характеристики):

$m = \gamma\, tg^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$ - характеристика пассивного давления грунта, определяемого внутренним трением.

Характеристика сцепления грунта

$$m_c = 2C\,tg\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) \qquad (8)$$

Пассивное давление грунта на стойку высотой „h" и шириной „b", определяемое внутренним трением

$$U = \frac{m b h^2}{2} \qquad (9)$$

Расчетная ширина стойки ниже отметки поверхности грунта

$$b = b_0 K_{od} \qquad (10)$$

Коэффициент, учитывающий повышение сопротивления грунта основания за счет трения и сцепления по боковым плоскостям призм выпирания (т.н. коэффициент одиночности)

$$K_{od} = 1 + C_{od}\frac{h}{b_0} \qquad (11)$$

Коэффициент C_{od}, зависящий от характеристик грунта

$$C_{od} = \frac{2}{3}\cdot\frac{tg\frac{\varphi}{5}}{tg\left(45-\frac{\varphi}{2}\right)} \qquad (12)$$

Значения этого коэффициента приведены в табл. 4.

Таблица 4

Угол внутреннего трения φ или угол сдвига ψ	15	20	25	30	35	40	45
C_{od}	0.045	0.067	0.092	0.121	0.158	0.202	0.255

Коэффициент „C_{od}" должен определяться при расчете по методу разрушающих нагрузок по нормативным, а при расчете по методу предельных состояний – по расчетным характеристикам грунтов. Для песчаных грунтов он принима-

ется по углу внутреннего трения „φ", для глинистых – по углу сдвига „ψ", определяемому по формуле (7)

$$tg\,\psi = tg\,\varphi + \frac{C}{\sigma} \qquad (13)$$

Для расчета закреплений величину нормального давления σ рекомендуется принимать равной $\sigma = 1\ кг/см^2$ ($10\ т/м^2$).

Коэффициент формы эпюры бокового давления грунта

$$\omega = 1 - 0.03\,C \qquad (14)$$

Здесь C в $т/м^2$

Давление грунта на верхний ригель: при расположении в основном грунте (т.е. ниже отметки поверхности грунта).

$$A = (\ell_p - b_0)\,h_p\,(m_c + m y_p)\left(1 + \frac{0.3}{\ell_p}\right) \qquad (15)$$

при расположении в грунте банкетки (т.е. выше отметки поверхности грунта или при $y_p = 0$).

$$A = \ell_p\,h_p\,[m_c + m\,(h_б - y_p)] \qquad (16)$$

Давление грунта на нижний ригель:

$$A_1 = (\ell_{p_1} - b_0)\,h_{p_1}\,[m_c + m\,(h - y_{p_1})]\left(1 + \frac{0.3}{\ell_{p_1}}\right) \qquad (17)$$

Силы трения на поверхностях элементов закрепления (рис. 1.) T_1, T_2, T_3, T_4 и T_5 учтены в размере, равном произведению давления грунта (на соответствующую поверхность) на коэффициент трения, который принят равным тангенсу угла внутреннего трения грунта.

б. Безразмерные постоянные коэффициенты:

$$\alpha = \frac{H}{h}; \quad \eta = \frac{m_c}{m h}; \quad f_N = \omega \frac{f_N}{U}$$

$$f_d = \frac{f b_0}{2h}; \quad \lambda_p = \frac{y_p}{h}; \quad \lambda_{p_1} = \frac{y_{p_1}}{h}$$

$$\lambda_d = \frac{f\left(\frac{b_0}{2} + a\right)}{h}; \quad \mu = \frac{A_1}{A}; \quad \varepsilon = \omega \frac{A}{U}$$

в. Безразмерные переменные коэффициенты:

$$F_1 = \frac{1-\theta}{3} \cdot \frac{3\eta + 2 + \theta}{2\eta + 1 + \theta} \qquad (18)$$

$$F_2 = \frac{\theta}{3} \cdot \frac{3\eta + \theta}{2\eta + \theta} \qquad (19)$$

$$F_3 = \frac{1-\theta}{3} \cdot \frac{3\eta + 1 + 2\theta}{2\eta + 1 + \theta} \qquad (20)$$

$$F_4 = 2\eta + \theta \qquad (21)$$

$$F_5 = 1 + \frac{\theta + F_1}{\alpha} \qquad (22)$$

При определении размерных, а также безразмерных постоянных коэффициентов рекомендуется размерность физических параметров выражать в метрах и тоннах, при которых расчетные формулы (5) и (6) получаются наиболее простыми.

3.7. Определение параметра „θ", характеризующего относительную глубину центра поворота закрепления, может быть произведено графическим методом или методом последовательных приближений, при этом, допустимая погрешность в определении θ не должна превышать 5%.

3.8. При использовании метода последовательных приближений рекомендуется следующий порядок:

а) нулевое приближение.

Задаются значением θ_0 в соответствии с рекомендациями таблицы 5 и по формулам (18)÷(22) или таблице 11 приложения находятся соответствующие значения коэффициентов $F_1 \div F_5$ *).

б) Первое приближение.

Значения коэффициентов $F_1 \div F_5$ нулевого приближения подставляются в формулу (6) и находится значение θ, которое является первым приближением. По среднему арифметическому первого и нулевого приближений θ находятся вновь значения коэффициентов $F_1 \div F_5$.

в) Процесс продолжается до тех пор, пока разница между последующим и предыдущим значениями θ будет проявляться лишь в том знаке после запятой, который определяется заданной точностью.

3.9. При определении „θ" графическим методом рекомендуется тот же порядок, что и при методе последовательных приближений, однако, число приближений ограничивается тремя. По полученным значениям „θ" строится кривая, представляющая собою функцию $y_1 = f(\theta)$ правой части формулы (6). На том же графике строится прямая $y_2 = \theta$, представляющая собою

*) коэффициенты $F_1 \div F_5$ могут также определяться по кривым приложения 2.

функцию левой части формулы (6). Точка пересечения прямой и кривой и является тем корнем уравнения (6), который должен использоваться при определении предельной горизонтальной силы $Q_{пр}$.

3.10. Величину нулевого приближения параметра θ ($\theta = \theta_0$) рекомендуется назначать с учетом значений равнодействующих давления грунта на ригеля (A и A_1), а также соотношения характеристик пассивного сопротивления на отметках поверхности грунта (m_c) и подошвы закрепления ($m_c + mh$) или путем решения уравнения (23)

$$\theta^2 + 2\zeta\theta - \Delta = 0 \qquad (23)$$

Здесь $\Delta = \frac{1}{2U\omega}\left(Q_n + fN - A + A_1\right) + \zeta + \frac{1}{2}$

Q_n – предельная горизонтальная сила, принимаемая равной:

а) при расчете по методу разрушающих нагрузок

$$Q_n = K Q^д$$

где K – нормированный коэффициент запаса (табл. 3).

$Q^д$ – действующая величина перерезывающей силы на отметке поверхности грунта.

б) при расчете по методу предельных состояний – расчетной величине перерезывающей силы Q_p на отметке поверхности грунта.

В тех случаях, когда в проверяемых закреплениях с банкеткой площадь принимаемого верхнего ригеля велика, а основанием служит грунт, обладающий значительным сцеплением, за нулевое приближение параметра θ рекомендуется принимать $\theta_0 = 0$. Если, при этом, в 1-м приближении получается $\theta < 0$, т.е. отрицательное, дальнейший расчет должен выполняться в соответствии с указаниями п. 3.18.

Примечание: Проверка $\theta_0 = 0$ для грунтов без сцепления ($c = 0$) должна производиться с обязательным использованием формул (29), (31) и (33), поскольку в соответствующих формулах для связных грунтов стоящий в знаменателе правой части переменный коэффициент $F_4 = 2\gamma + \theta$ в этом случае обращается в нуль.

Ориентировочные величины нулевого приближения параметра θ могут приниматься также по таблице 5.

Таблица 5

Ориентировочные величины θ для некоторых типов закреплений

№№ п/п	Схема закрепления	$\frac{F_p}{F_{p_1}}$	$\frac{F_{pв}}{F_c}$	θ: песчаные грунты C=0	θ: глинистые грунты C=5-1 т/м²	θ: глинистые грунты C=10-5 т/м²
1	Двухригельное закрепление по типу V-Б	1.0	–			
		2.0	–			
		3.0	–	0,75-0,80	0,5-0,75	0,3-0,5
2	Одноригельное закрепление по типу II, III -А или II, III, IV-Б	–	0.7	0,65-0,70	0,50-0,70	0,40-0,55
		–	1.4	0,60-0,65	0,3-0,55	0,25-0,40
		–	2.1	0,40-0,55	$\theta = \frac{y_p}{h}$	$\theta \le \frac{y_p}{h}$
3	Двухригельное закрепление с банкеткой по типу III, IV-В	1.0	–			
		2.0	–	0,65-0,80	0,40-0,7	0,25-0,40
		3.0	–	θ<0	θ<0	θ<0
4	Одноригельное закрепление с банкеткой по типу I, II-В	–	0.7	0,65-0,70	0,55-0,65	0,50-0,55
		–	1.4			
		–	2.1	θ<0	θ<0	θ<0
5	Безригельное закрепление по типу I-А	–	–	0,75-0,80	0,65-0,75	0,65-0,55

Примечание к табл. 5. F_p F_{p_1} - соответственно площади верхнего и нижнего ригелей.

F_c - площадь рабочей боковой поверхности прямоугольной или диаметрального сечения круглой стоек закрепления.

3.11. При расчете оснований из связных грунтов закреплений с одним верхним ригелем ($A_1 = 0$; $A \neq 0$) в расчетных формулах (5) и (6) следует положить $\lambda_{p_1} = 0$ и $\mu = 0$.

В этом случае формулы будут

иметь вид

$$Q_n = \frac{U\omega}{\alpha F_5}\left\{\theta F_4(F_1+F_2)+(2\gamma+1)f_d+f_N F_3+\varepsilon\left[1+\lambda_d-\lambda_p-F_3\right]\right\} \quad (24)$$

$$\theta = \frac{(2\gamma+1)(\alpha F_5+f_d)+f_N(\alpha F_5+F_3)-\varepsilon(\alpha F_5+F_3+\lambda_p-\lambda_d-1)}{F_4(2\alpha F_5-F_1-F_2)} \quad (25)$$

3.12. При расчете оснований из связных грунтов безригельных закреплений ($A_1=0$ и $A=0$) нужно положить $\varepsilon=0$ с учетом чего формулы (5) и (6) примут вид

$$Q_n = \frac{U\omega}{\alpha F_5}\left[\theta F_4(F_1+F_2)+(2\gamma+1)f_d+f_N F_3\right] \quad (26)$$

$$\theta = \frac{(2\gamma+1)(\alpha F_5+f_d)+f_N(\alpha F_5+F_3)}{F_4(2\alpha F_5-F_1-F_2)} \quad (27)$$

3.13. Основания закреплений, образуемые песчаными грунтами, обладающими сравнительно небольшим сцеплением допускается рассчитывать без учета сцепления.

3.14. Расчет оснований закреплений из песчаных грунтов ($C=0$) производится по тем же формулам, что и для глинистых грунтов ($C\neq 0$), в которых параметр γ принимается равным нулю ($\gamma=0$). Расчетные формулы при этом принимают следующий вид

а) Двухригельное закрепление.

$$Q_n = \frac{U}{\alpha F_5}\left\{\theta^2(F_1+F_2)+f_d+f_N F_3+\varepsilon\left[1+\lambda_d(1+\mu)-\lambda_p-\mu\lambda_{p_1}-F_3(1-\mu)\right]\right\} \quad (28)$$

$$\theta^e = \frac{\alpha F_5+f_d+f_N(\alpha F_5+F_3)-\varepsilon\left[\alpha F_5(1-\mu)+F_3(1-\mu)+\lambda_p+\mu\lambda_{p_1}-\lambda_d(1+\mu)-1\right]}{2\alpha F_5-F_1-F_2} \quad (29)$$

б) Одноригельное закрепление $(M=0)$

$$Q_n = \frac{U}{\alpha F_5}\left[\theta^2(F_1+F_2)+f_d+f_н F_3+\mathcal{E}\left(1+\lambda_d-\lambda_p-F_3\right)\right] \qquad (30)$$

$$\theta^2 = \frac{\alpha F_5+f_d+f_н(\alpha F_5+F_3)-\mathcal{E}(\alpha F_5+F_3+\lambda_p-\lambda_d-1)}{2\alpha F_5-F_1-F_2} \qquad (31)$$

в) Безригельное закрепление $(\mathcal{E}=0)$

$$Q_n = \frac{U}{\alpha F_5}\left[\theta^2(F_1+F_2)+f_d+f_н F_3\right] \qquad (32)$$

$$\theta^2 = \frac{\alpha F_5+f_d+f_н(\alpha F_5+F_3)}{2\alpha F_5-F_1-F_2} \qquad (33)$$

Примечание: При расположении верхнего ригеля в банкетке знак перед λ_p *в формулах (5), (6) и (24)–(31) меняется на обратный*

3.15 *Если при расчете оснований нормальных одно и двухригельных закреплений без банкеток величина параметра* θ*, полученная в результате решения уравнений (6), (25), (29) и (31), оказывается отрицательной или меньше отношения* $\frac{y_p''}{h}$*, то для определения предельной горизонтальной силы* Q_n *по формулам (5), (24), (28) и (30) нужно положить* $\theta = \frac{y_p}{h}$*, а коэффициент* $\mathcal{E}$ *определить по следующим формулам:*

а) при расчете оснований двухригельных закреплений из связных грунтов.

$$\mathcal{E} = \frac{(2\theta+1)(\alpha F_5+f_d)+f_н(\alpha F_5+F_3)-\lambda_p F_4(2\alpha F_5-F_1-F_2)}{\alpha F_5(1-\mu)+F_3(1-\mu)+\lambda_p+\mu\lambda_{p_1}-\lambda_d(1+\mu)-1} \qquad (6^a)$$

б) при расчете оснований одноригельных закреплений из связных грунтов

$$\xi = \frac{(2\gamma+1)\left[(\alpha F_5 + f_d) + f_н(\alpha F_5 + F_3) - \lambda_p F_4 (2\alpha F_5 - F_1 - F_2)\right]}{\alpha F_5 + F_3 + \lambda_p - \lambda_d - 1} \qquad (25^a)$$

в) При расчете оснований двухригельных закреплений из несвязных грунтов

$$\xi = \frac{\alpha F_5 + f_d + f_н(\alpha F_5 + F_3) - \lambda_p^2 (2\alpha F_5 - F_1 - F_2)}{\alpha F_5 (1-\rho) + F_3 (1-\rho) + \lambda_p + \rho\lambda_{p1} - \lambda_d (1+\rho) - 1} \qquad (29^a)$$

г) При расчете оснований одноригельных закреплений из несвязных грунтов

$$\xi = \frac{\alpha F_5 + f_d + f_н(\alpha F_5 + F_3) - \lambda_p^2 (2\alpha F_5 - F_1 - F_2)}{\alpha F_5 + F_3 + \lambda_p - \lambda_d - 1} \qquad (31^a)$$

3.16 *Расчет оснований нормальных безригельных и ригельных закреплений (без банкетки и с банкеткой) в тех случаях, когда решение общих уравнений (25), (27), (31) и (33) дает $\theta > 1$ рекомендуется производить по формулам:*

Одноригельные закрепления

$$c \neq 0 \qquad Q_n = \frac{u\omega}{1+\alpha}\left[(2\gamma+1)(F_2 + f_d) - \xi(1-\lambda_p)\right] \qquad (34)$$

$$c = 0 \qquad Q_n = \frac{u}{1+\alpha}\left[\frac{1}{3} + f_d - \xi(1-\lambda_p)\right] \qquad (35)$$

Безригельные закрепления

$$c \neq 0 \qquad Q_n = \frac{u\omega}{1+\alpha}(2\gamma+1)(F_2 + f_d) \qquad (36)$$

$$c = 0 \qquad Q_n = \frac{u}{1+\alpha}\left(\frac{1}{3} + f_d\right) \qquad (37)$$

Примечание: Расчет таких закреплений при $\theta > 1$ может производиться также по общим формулам, но при этом

коэффициент f_N должен определяться не по формуле $f_N = f\frac{N}{U}$, а из уравнений (25), (27), (31) и (33) в которых нужно положить $\theta = 1$.

3.17. Расчет оснований двухригельных закреплений (без банкетки и с банкеткой) в тех случаях, когда в результате решения уравнений (6), (29) получается $\theta > 1 - \frac{y_{p_1}}{h}$ рекомендуется производить по формулам (5) и (28) полагая, что $\theta = 1 - \frac{y_{p_1}}{h}$. При этом коэффициент μ должен определяться по следующим формулам (! а не $\mu = \frac{A_1}{A}$):

а) При расчете оснований из связных грунтов

$$\mu = \frac{(1-\lambda_p)F_4(2\alpha F_5 - F_1 - F_2) - (2\eta+1)(\alpha F_5 + f_d) + f_N(\alpha F_5 + F_3) + \xi(\alpha F_5 + F_3 + \lambda_p - \lambda_d - 1)}{\xi(\alpha F_5 + F_3 - \lambda_{p_1} - \lambda_d)} \qquad (6^б)$$

б) При расчете оснований из несвязных грунтов

$$\mu = \frac{(1-\lambda_p)^2(2\alpha F_5 - F_1 - F_2) - \alpha F_5 - f_d - f_N(\alpha F_5 + F_3) + \xi(\alpha F_5 + F_3 + \lambda_p - \lambda_d - 1)}{\xi(\alpha F_5 + F_3 - \lambda_{p_1} - \lambda_d)} \qquad (29^б)$$

3.18. Расчет оснований нормальных закреплений с банкетками, когда в результате решения уравнений (6), (25), (29) и (31) получается $\theta < 0$ рекомендуется производить по общим формулам (5), (24), (28) и (30), при этом коэффициент ξ должен определяться из уравний (6), (25), (29) и (31), в которых принимается $\theta = 0$.

Расчет таких закреплений допускается производить также по формулам:

Одноригельные закрепления.

$c \neq 0 \quad Q_n = \frac{u\omega}{\alpha + \lambda_p}\left[(2\eta+1)(F_1^\circ - \lambda_p + f_d) + f_N(1-\lambda_p) + \varepsilon_1(1-\lambda_p, -\lambda_p + \lambda_{d_1})\right]$ (38)

$c = 0 \quad Q_n = \frac{u}{\alpha + \lambda_p}\left[\frac{2}{3} - \lambda_p + f_d + f_N(1-\lambda_p) + \varepsilon_1(1-\lambda_p, -\lambda_p + \lambda_{d_1})\right]$ (39)

$c \neq 0 \quad Q_n = \frac{u\omega}{\alpha + \lambda_p}\left[(2\eta+1)(F_1^\circ - \lambda_p + f_d) + f_N(1-\lambda_p)\right]$ (40)

$c = 0 \quad Q_n = \frac{u}{\alpha + \lambda_p}\left[\frac{2}{3} - \lambda_p + f_d + f_N(1-\lambda_p)\right]$ (41)

Здесь

$\varepsilon_1 = \frac{A_1}{u}$; $\lambda_{d_1} = \frac{f\left(\frac{b_0}{2} + a_1\right)}{h}$; $F_1^\circ = \frac{1}{3}\,\frac{3\eta+2}{2\eta+1}$

4. Расчет по деформациям:

4.1. Расчет оснований закреплений по деформациям производится по формуле:

$$\beta \leq \beta^{н} \qquad (42)$$

где β - угол поворота закрепления за счет деформаций грунта;

$\beta^{н}$ - нормированная величина предельного угла поворота закрепления.

При расчете по методу разрушающих нагрузок угол β должен определяться от действующих, а при расчете по методу предельных состояний – от нормативных нагрузок.

4.2. Поворот закрепления определяется деформациями грунта основания, рассматриваемого как упругое однородное бесконечное полупространство с модулем деформации, равным половине нормативного модуля E грунта, образующего полупространство. Снижение величины модуля в 2 раза учитывает особенность полупространства, образуемого грунтом, который практически не работает на растяжение.

Примечание: В приводимых ниже рекомендациях деформации элементов самого закрепления приняты равными нулю (т.е. не учитываются).

4.3. Углы поворота нормальных закреплений рекомендуется определять по следующим формулам. Для безбанкеточных закреплений.

а) Безригельное закрепление

$$\beta = \frac{3Q}{4Eh^2}(6\alpha+3)\nu \qquad (43)$$

б) Ригельное закрепление

$$\beta = \frac{3Q}{8Eh^2}\left[(6\alpha+5)\nu_{в}+(6\alpha+1)\nu_{н}\right] \qquad (44)$$

Углы поворота нормальных банкеточных закреплений без нарушения естественной структуры основного грунта, рекомендуется определять:

а) Безригельное закрепление - по формуле (43) с заменой в ней „h" на „h_n'" и „α" на „α_n'"

б) Ригельное закрепление

$$\beta = \frac{3Q}{8Eh_n'^2}\left[2(6\alpha_n'+5)\gamma_в + (6\alpha_n'+1)\gamma_н\right] \qquad (45)$$

В формулы (43), (44), (45) значение модуля деформации E должно подставляться:

а) При выполнении закреплений без нарушения основного грунта - по данным, полученным на основании исследований или по табл. 1 в соответствии с указаниями п. 2.3

б) При выполнении закреплений, выполненных с нарушением структуры основного грунта в соответствии с указаниями п. 2.4

Примечание: Снижение модуля деформации в соответствии с п. 4.2 учтено в самих формулах (43), (44), (45) и дополнительно производиться не должно.

Углы поворота нормальных банкеточных безригельных и ригельных Закреплений с нарушением естественной структуры основного грунта рекомендуется определять по формулам (43) и (44) с заменой в них h и α через h_n' и α_n'

Обозначения, принятые в формулах:

E - модуль деформации грунта;

Q - действующая на высоте H горизонтальная сосредоточенная сила: допускаемая - при расчете по разрушающим нагрузкам, нормативная - при расчете по предельным состояниям;

γ, $\gamma_в$, $\gamma_н$ - безразмерные коэффициенты.

определяемые по кривой рис. 9

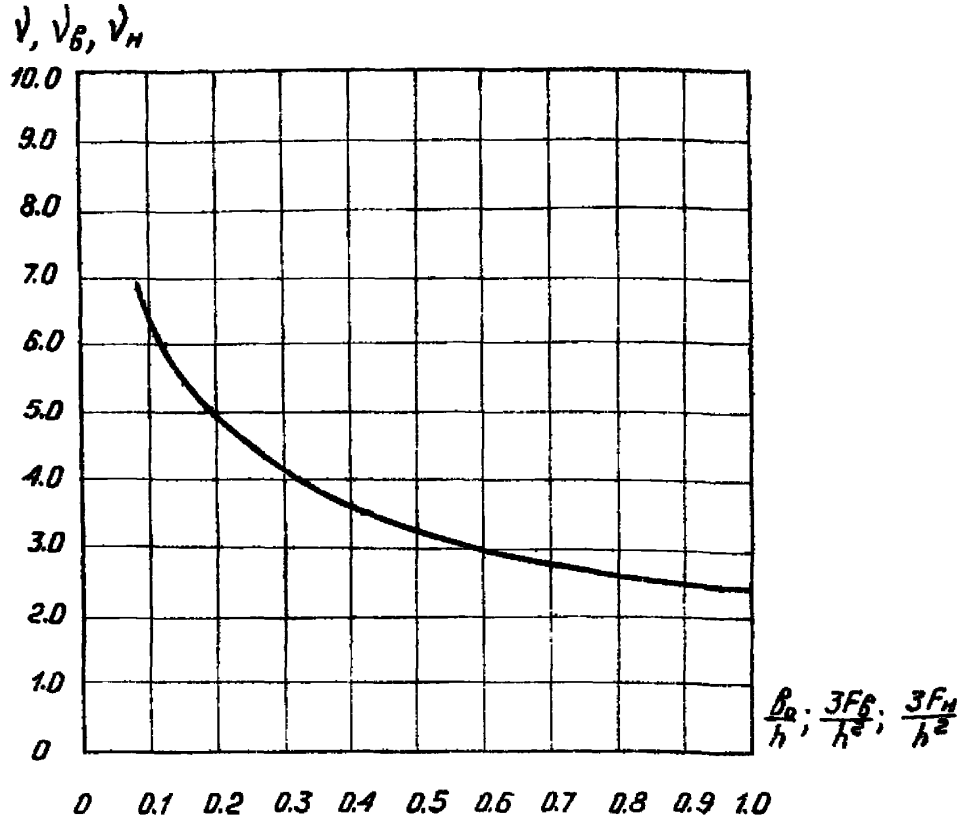


Рис. 9. График зависимости коэффициентов

$$\nu = f\left(\frac{b_0}{h}\right);\quad \nu_в = f\left(\frac{3F_в}{h^2}\right) \text{ и } \nu_н = f\left(\frac{3F_н}{h^2}\right)$$

Коэффициент ν в зависимости от отношения $\frac{b_0}{h}$;

коэффициент $\nu_в$ в зависимости от отношения $\frac{3F_в}{h^2}$;

коэффициент $\nu_н$ в зависимости от отношений $\frac{3F_н}{h^2}$ для двухригельного и $\frac{b_0}{h}$ для одноригельного закреплений.

$F_в$ - площадь боковой поверхности верхнего ригеля;

$F_н$ - площадь боковой поверхности нижнего ригеля;

$$\alpha = \frac{H}{h};$$

$$h_п = h + \frac{1}{4}h_б;$$

$$\alpha_n = \frac{H_n}{h_n} \qquad \text{где} \quad H_n = H - \frac{1}{4} h_б$$

$$h_n' = h + \frac{1}{2} h_б$$

$$\alpha_n' = \frac{H_n'}{h_n'} \qquad H_n' = H - \frac{1}{4} h_б$$

H – высота приложения горизонтальной силы (от отметки основного грунта);

$h_б$ – высота банкетки;

b_o – ширина (диаметр) стойки закрепления;

h – длина участка стойки, образующего закрепление в основном грунте.

4.4. Определение углов поворота закреплений при расчете прочности конструкций опор В.Л. и порталов ОРУ производится по формулам (43), (44) и (45) с уменьшением модуля деформации, принимаемого в соответствии с указаниями п.п. 2.3, 2.4 и 2.5 путем введения дополнительного коэффициента 0,8.

В этом случае угол поворота определяется при расчете по методу разрушающих нагрузок – от действующих, а при расчете по методу предельных состояний – от расчетных их значений.

4.5. Значения модулей деформации должны приниматься по данным инженерно-геологических изысканий и лабораторных исследований образцов с ненарушенной структурой,

находящихся в естественном состоянии.

В тех случаях, когда характеристики грунтов оснований укладываются в показатели таблиц 1 и 2 допускается значения модулей деформации принимать по таблице 1.

При назначении модулей деформации для оснований, образуемых грунтами нарушенной структуры необходимо руководствоваться указаниями пп. 2.4 и 2.5 „Инструкции".

5. Общие указания по проектированию закреплений.

5.1. Проектирование закреплений (выбор типа закрепления и его конструкции) должно производиться с учетом действующих нагрузок и инженерно-геологических изысканий и исследований грунтов. Закрепление (схема и конструкция) должно отвечать следующим основным требованиям:

1. Максимальное использование несущей способности основания при минимальной затрате материалов и средств.

2. Возможность использования имеющихся материалов и заводских технологических установок для изготовления элементов закрепления.

3. Возможность максимальной механизации работ по устройству закреплений с использованием имеющихся механизмов.

5.2. В нормальных грунтах, которые в естественном состоянии обеспечивают нормированную несущую способность основания рекомендуется безригельное закрепление (рис. 3), осуществляемое путем установки стойки опоры в узкий цилиндрический котлован относительно большой глубины ($\frac{h}{B_0} = 5-6$), образованный с помощью буровой машины или иным индустриальным способом

и последующего заполнения щелей между стенками котлована и стойки гравийно-песчаной смесью или крупным песком с тщательным послойным уплотнением его (т.е. без нарушения естественной структуры грунта), которое позволяет наиболее полно использовать несущую способность основания.

5.3. В грунтах, физико-механические характеристики которых в естественном состоянии не обеспечивают необходимой несущей способности основания при применении безригельного закрепления, рекомендуется одноригельное закрепление (рис. 4), отличающееся от рекомендованного в п. 5.2 безригельного наличием верхнего ригеля, устанавливаемого в узкий щелевой котлован с последующим заполнением щелей в соответствии с рекомендациями предыдущего п. 5.2. Площадь опорной поверхности ригеля рекомендуется назначать из расчета, чтобы пассивное давление на ригель (А) не превосходило величины полного пассивного давления на участок стойки конструкции закрепления, расположенной ниже оси ригеля $U_{\Sigma} = \left[m_c + \frac{1}{2}(\gamma_p + h)m\right]\theta h$, т.е. должно соблюдаться условие $\theta \geq \frac{\gamma_p}{h}$.

5.4. В закреплениях с нарушением естественной структуры грунта физико-механические характеристики грунта основания исполь-

зуются с наименьшим эффектом, поэтому их применение может быть оправдано только в исключительных случаях, когда устройство закреплений с сохранением естественной структуры грунта невозможно. Применение закреплений с нарушением естественной структуры грунта во всех случаях должно обосновываться проектом.

5.5. Если образование узких цилиндрических котлованов на проектную глубину невозможно из-за наличия скальных пород, глинистых грунтов текучей консистенции или других причин разрешается применение закреплений с насыпными банкетками. Обязательным требованием к таким закреплениям является установка верхнего ригеля, ориентированного вдоль линии, с опорной площадью не менее 3/4 рабочей площади боковой поверхности прямоугольной или площади диаметрального сечения круглой стоек конструкции аналогичного закрепления без банкеток. Глубина котлована закреплений с банкетками в основном грунте должна быть не менее 1/10 полной высоты опоры (расстояние от природной отметки поверхности грунта до отметки крепления тросовой подвески) и во всяком случае не менее 1.5 метров.

5.6. При назначении размеров банкеток необходимо учитывать следующие требования:

1. Ширина банкетки должна быть больше удвоенной проекции на горизонталь оси плоскости скольжения призмы грунта, выпираемой ригелем в пределах верхней поверхности банкетки

т.е. $$B_б \geq 2\frac{h_б - y_р}{tg\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_б}{2}\right)} \qquad (46)$$

но не менее длины ригеля, увеличенной на 0.5 м

$$B_б \geq l_р + 0.5 \qquad (47)$$

При отсутствии данных о грунтах банкеток разрешается ширину банкетки принимать равной:

$$B_б \geq 3.5\, h_б \qquad (48)$$

2. Угол откоса банкетки должен быть не более угла внутреннего трения грунта, из которого банкетка отсыпается, т.е.

$$\delta \leq \varphi_б$$

3. Высота банкетки назначается в соответствии с действующими нагрузками и характеристиками грунта. При этом расстояние от верхнего обреза ригеля до верхнего основания банкетки должно быть не менее ширины ригеля $h_р$ и не менее 0.6м.

Примечание: При назначении высоты банкетки необходимо учитывать, что несущая спо-

собность основания закрепления повышается с увеличением только высоты банкетки „$h_б$" или с одновременным увеличением на ту же величину также и расстояния от поверхности грунта до оси ригеля „$У_р$". Оптимальная величина $У_р$ при неизменной высоте банкетки критична по отношению к характеристикам грунта и размерам закрепления и ее точное определение требует в каждом отдельном случае самостоятельного анализа.

5.7. Для свободностоящих железобетонных опор ВЛ рекомендуются следующие типы закреплений в нормальных грунтах с нарушенной и ненарушенной структурой.

А. Закрепления в грунтах с ненарушенной структурой (рис. 10).

Тип I. Безригельное закрепление.

Тип II. Одноригельное закрепление с одним унифицированным ригелем АР5 ($l_р$ = 3.0 м ; $h_р$ = 0.4 м).

Тип III. Одноригельное закрепление с двумя унифицированными ригелями АР-5, установленными без просвета ($l_р$ = 3.0 м; $h_р$ = 0.8 м).

Б. Закрепление в грунтах с нарушенной структурой (рис. 11).

Тип II. Одноригельное закрепление с одним унифицированным ригелем АР-5 ($l_р$ = 3.0 м ; $h_р$ = 0.4 м).

Тип III. Одноригельное закрепление с двумя унифицированными ригелями АР-5, установленными без просвета ($l_р$ = 3.0 м; $h_р$ = 0.8 м).

Тип IV. Одноригельное закрепление с двумя унифицированными ригелями АР-5, установленными с просветом в ширину ригеля ($l_р$ = 3.0 м ; $h_р$ = 1.2 м).

Тип V. Двухригельное закрепление с двумя унифицированными ригелями АР-5 вверху установленными с просветом в ширину ригеля (верхний ригель – $l_р$ = 3.0 м; $h_р$ = 1.4 м) и одним унифицированным ригелем АР-5 внизу (нижний ригель – $l_{р_1}$ = 3.0 м ; $h_{р_1}$ = 0.4 м).

В. Закрепления с насыпными банкетками.

а) основной грунт имеет ненарушенную структуру (рис. 12).

Тип I. Одноригельное закрепление с одним унифицированным ригелем АР-5 в банкетке ($l_р$ = 3.0 м ; $h_р$ = 0.4 м).

Глубина котлована в основном грунте - 3м.
Размеры банкетки: высота $h_б$ = 1.2м, ширина $B_б$ = 3.5м, угол откоса $\delta = \varphi_б$.

Тип II. Одноригельное закрепление с двумя унифицированными ригелями, установленными с просветом в ширину ригеля ($l_р$ = 3.0м; $h_р$ = 1.2м).
Глубина котлована в основном грунте - 2м.
Размеры банкетки: высота $h_б$ = 2м, ширина $B_б$ = 4.0м, угол откоса $\delta \leq \varphi_б$.

б) основной грунт имеет нарушенную структуру.

Тип III. Двухригельное закрепление с двумя унифицированными ригелями АР-5 вверху, установленными без просвета ($l_р$=3.0м; $h_р$=0.8м) и одним унифицированным ригелем АР-5 внизу ($l_{р_1}$ = 3.0м; $h_{р_1}$ = 0.4м). Глубина котлована в основном грунте - 2.0м.
Размеры банкетки: высота $h_б$ = 1.6м, ширина $B_б$ = 3.5м, угол откоса $\delta \leq \varphi_б$.

Тип IV. Двухригельное закрепление с двумя унифицированными ригелями АР-5 вверху, установленными с просветом в ширину ригеля ($l_р$ = 3.0м; $h_р$ = 1.2м) и одним унифицированным ригелем АР-5 внизу ($l_{р_1}$ = 3.0м; $h_{р_1}$ = 0.4м). Глубина котлована в основном грунте - 2.0м. Размеры банкетки $h_б$ = 2.0м. $B_б$ = 4.0м $\beta \leq \varphi_б$

А. Закрепления в грунтах с ненарушенной структурой

Тип I Тип II Тип III

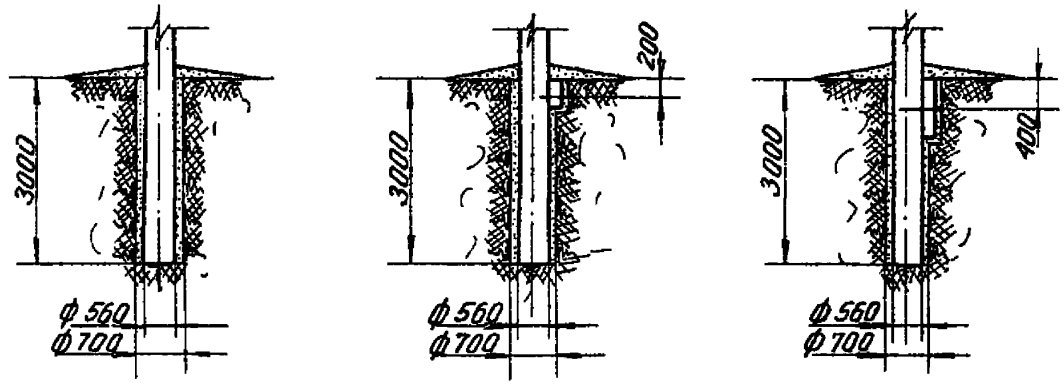


Рис. 10

Примечания даны на стр. 56

№1066тм-Т1 Лист 52 105

Б. Закрепления в грунтах с нарушенной структурой

Тип II Тип III Тип IV Тип V

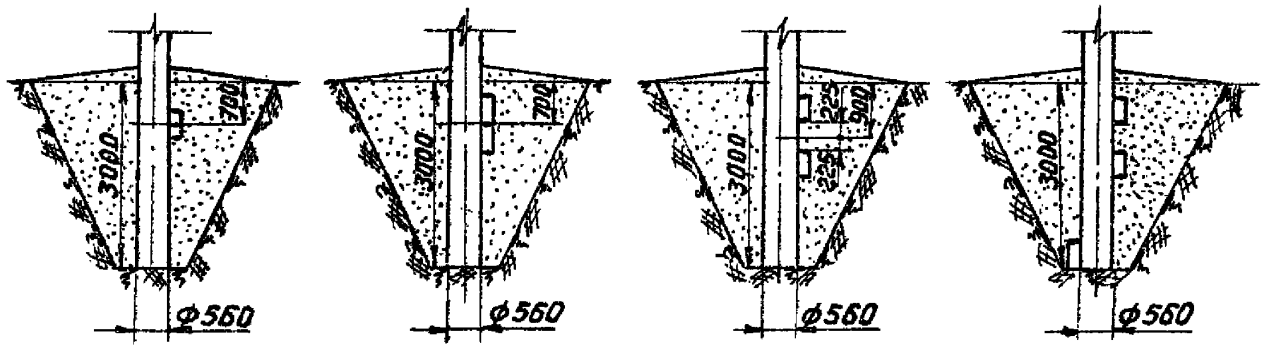


Рис. 11

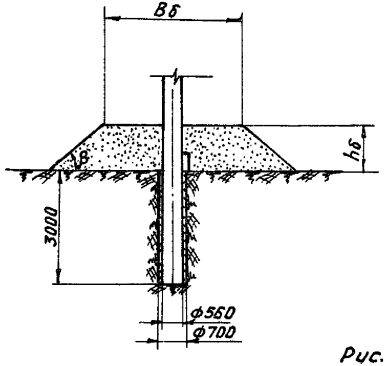
Примечания даны на стр. 56

№1066тм-Т1 Лист 53 105

В. Закрепления с насыпными банкетками

(Основной грунт имеет ненарушенную структуру)

Тип I



Тип II

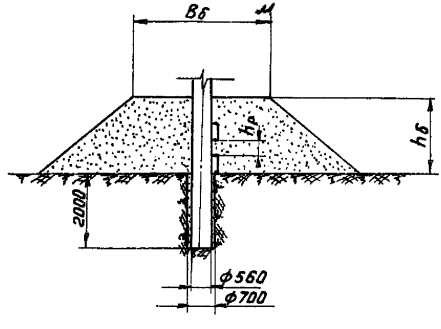


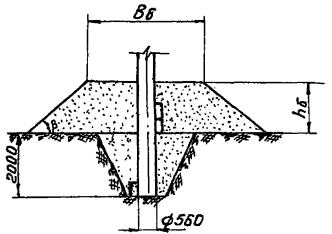
Рис. 12

Примечания даны на стр. 56

В. Закрепления с насыпными банкетками

(Основной грунт имеет нарушенную структуру)

Тип III



Тип IV

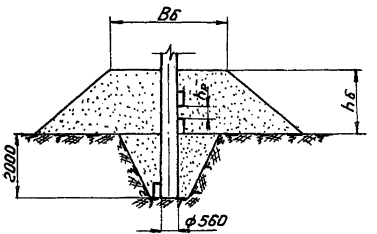


Рис. 13

Примечания даны на стр. 56

Примечания к рис. 10, 11, 12, 13:

1. Для рекомендуемых типов закреплений предусмотрена унифицированная конструкция железобетонного ригеля АР5 (черт. №1623тм-Т5, лист 25)

2. Предельные опрокидывающие моменты „Мп", характеризующие несущую способность оснований рекомендуемых типов закреплений для условий указанных в п. 5.9 даны в табл. 8 и 9.

3. Единичные углы поворота рекомендуемых конструкций закреплений, определяемые деформациями грунта оснований для условий указанных в п. 5.9 даны в табл. 10.

4. Устройство закреплений без нарушения естественной структуры грунтов оснований должно производиться в соответствии с указаниями п.п. 5.2 и 5.3 „Инструкции."

Обратная засыпка широких котлованов, а также отсыпка банкеток должны производиться слоями толщиной 20-30см с тщательным уплотнением каждого слоя.

5. Закрепления в узких котлованах с банкетками (тип II-В) при глубинах котлованов меньше 3х метров должны применяться в соответствии с указаниями п.п. 5.5 и 5.6 „Инструкции."

5.8. Выбор типа закрепления в конкретных проектах должен осуществляться, исходя из действующих на закрепление нагрузок, характеристик грунта основания и способа производства работ при устройстве закрепления с обязательной проверкой несущей способности и деформаций основания закрепления в соответствии с рекомендациями настоящей „Инструкции"

5.9. Для унифицированных свободностоящих железобетонных опор с коническими центрифугированными стойками и наружным диаметром в комле 560 мм, если характеристики грунтов соответствуют данным таблиц 1 и 2, расчет закреплений разрешается производить по таблицам 8, 9, и 10. В таблице 8 даны предельные величины опрокидывающих моментов при расчете по методу разрушающих нагрузок, а в таблице 9 – при расчете по методу предельных состояний. В таблице 10 приведены величины углов отклонения от вертикали стоек под действием горизонтальной силы $Q = 1$ т. Все таблицы вычислены в предположении, что горизонтальная сила приложена на высоте 20 м. от природной отметки поверхности грунта. Для расчета закрепления в грунте унифицированных опор, имеющих цилиндрические стойки с наружным диаметром 560 мм, величины предельных опрокидывающих моментов приведенных в таблицах 8 и 9 должны быть увеличены на 10% т.е. $M_{пцил} = 1{,}1\, M_п$

5.10. При использовании для назначения типов закреплений таблиц 8, 9 и 10 рекомендуется руководствоваться следующими указаниями:

1. По таблицам 1 и 2 необходимо подобрать грунт, обеспечивающий такую же несущую способность основания закрепления, что и рассматриваемый грунт конкретного проекта (см. п. 5.11).

2. Руководствуясь условной нумерацией, приведенной в табл. 6 по таблицам 8 (метод разрушающих нагрузок) или 9 (метод предельных состояний) находится предельный опрокидывающий момент, характеризующий несущую способность основания закрепления, и удовлетворяющий условиям (1), (2). (см. пп 3.1 и 3.2)

Таблица 6.

Условная нумерация грунтов, характеристики которых даны в табл. 1 и 2

Наименования грунтов		Коэффициент пористости ε					
		0.41-0.5	0.51-0.6	0.61-0.7	0.71-0.8	0.81-0.95	0.96-1.1
песчаные грунты	Гравелистые и крупные	1	2	3	—	—	—
	Средней крупности	4	5	6	—	—	—
	мелкие	7	8	9	—	—	—
	пылеватые	10	11	12	—	—	—
Глинистые грунты при влажности на границе раскатывания W_p	9.5 - 12.4	13	14	15	—	—	—
	12.5 - 15.4	16	17	18	19	—	—
	15.5 - 18.4	—	20	21	22	23	—
	18.5 - 22.4	—	—	25	26	27	28
	22.5 - 26.4	—	—	—	29	30	31
	26.5 - 30.4	—	—	—	—	32	33

Если высота приложения горизонтальной силы $H=\frac{M}{Q}$ при расчете конкретного закрепления меньше 20м, то значения предельных опрокидывающих моментов, приведенные в этих таблицах должны быть скорректированы путем введения коэффициента, меньшего единицы, который определяется по соответствующей кривой (рис. 14) в зависимости от номера грунта и высоты приложения силы H.

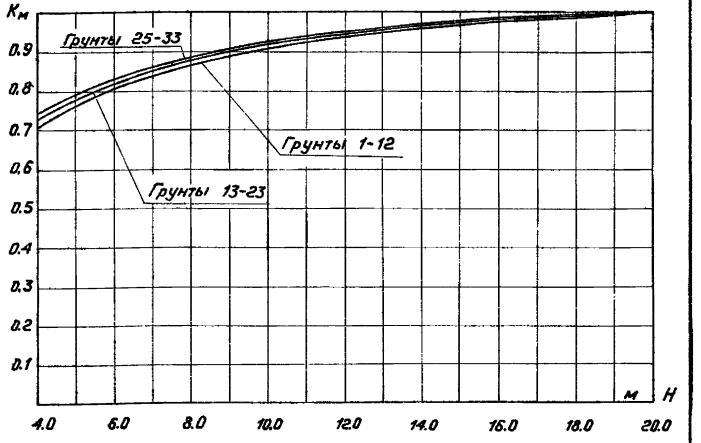


Рис. 14. Кривые зависимости коэффициента $K_м=\frac{M_H}{M_{20}}$

M_H – предельный опрокидывающий момент, создаваемый горизонтальной сосредоточенной силой, приложенной на высоте H.

M_{20} – То же, на высоте $H=20$ м

Тип закрепления, соответствующий этому моменту отвечает требованию прочности (первое предельное состояние).

3. В табл. 10 находится единичный угол поворота закрепления β, подобранного по прочности, по которому определяется угол поворота закрепления при действии допускаемой $Q^д$ (метод разрушающих нагрузок)

$$\beta = \beta_1 \cdot Q^д$$

или нормативной $Q^н$ (метод предельных состояний) горизонтальной сосредоточенной силы

$$\beta = \beta_1 \cdot Q^н$$

Значения полученных углов β должны удовлетворять условию (42).

4. Если деформации закрепления, подобранного по прочности (п. 5.10-2) не удовлетворяют условию (42), то проверяется следующее более прочное закрепление.

5.11. Замена конкретного грунта табличным должна производиться путем сравнения характеристик (количественных и качественных) конкретных грунтов с табличными.

Если в табл. 1 и 2 нет грунта с основными характеристиками (γ, φ, C и E) достаточно близкими характеристикам грунта, для которого подбирается закрепление, сравнение рекомендуется производить по параметрам „m_c" и „$m_c + mh$", приведенным в табл. 8, 9.

5.12. В тех случаях, когда данные инженерно-геологических изысканий ограничиваются качественными характеристиками грунтов их привязка к табличным грунтам может осуществляться в соответствии с указаниями табл. 7.

Таблица 7

Качественные характеристики табличных грунтов.

Наименование грунта	Степень плотности	Консистенция	Условный номер грунта
Пески крупные	плотные	–	1
	средней плотности	–	2
	рыхлые	–	3
Пески средней крупности	плотные	–	4
	средней плотности	–	5
	рыхлые	–	6
Пески мелкие	плотные	–	7
	средней плотности	–	8
	рыхлые	–	9
Пески пылеватые	плотные	–	10
	средней плотности	–	11
	рыхлые	–	12
Супеси	плотные	≤ 0,3	13
	средней плотности	0,3 - 0,7	14
	слабые	0,7 - 1,0	15
Суглинки	плотные	≤ 0,3	16, 20
	средней плотности	0,3 - 0,7	17, 21
	слабые	0,7 - 0,9	18, 22
	очень слабые	0,9 - 1,0	19, 23
Глины.	плотные	≤ 0,3	25, 29, 32
	средней плотности	0,3 - 0,7	26, 30, 33
	слабые	0,7 - 0,9	27, 31
	очень слабые	0,9 - 1,0	28

Примечание 1. Табличные грунты с W_p = 9,5 - 12,4 отнесены к супесям условно по примерному соответствию показателей несущей способности оснований рекомендуемых закреплений, а не физических характеристик.

2. Грунты, отнесенные к „очень слабым" имеют повышенную пористость и при полном заполнении пор водой переходят в состояние близкое к текучему. К ним следует относить грунты обладающие очень низкими механическими показателями, но с содержанием органических примесей в пределах нормы (т.е. не более 5%) и находящихся не в текучем состоянии.

Таблица 8

Предельные опрокидывающие моменты для рекомендуемых закреплений при расчете по методу разрушающих нагрузок.

Усл. номера грунтов	Характеристика грунтов: ненарушенных γ т/м³	φ град.	C т/м²	m т/м³	mc т/м²	нарушенных γ т/м³	φ град.	C т/м²	m т/м³	mc т/м²	Опрокидывающие моменты M_n (т.м.): Закрепления группы А I	II	III	Закрепления группы Б II	III	IV	V	Закрепления группы В I	II	III	IV
1	2,0	43	0,2	10,58	0,92	1,8	38	0	7,57	0	54,3	71,8	88,0	42,2	52,5	64,3	89,6	75,8	74,7	71,2	111,4
2	1,9	40	0,1	8,74	0,43	1,8	38	0	7,57	0	39,7	53,4	65,9	42,2	52,5	"	"	60,0	58,7	"	"
3	1,8	38	0	7,57	0	1,8	38	0	7,57	0	31,2	42,2	52,5	42,2	52,5	"	"	52,5	49,0	"	"
4	2,0	40	0,4	9,2	1,72	1,8	35	0,1	6,64	0,38	46,8	63,2	78,1	36,8	46,0	55,7	78,7	66,5	65,9	63,5	97,8
5	1,9	38	0,2	7,99	0,82	1,8	35	0,1	6,64	0,38	35,9	48,9	60,7	"	"	"	"	55,9	53,9	"	"
6	1,8	35	0,1	6,64	0,38	1,8	35	0,1	6,64	0,38	26,5	36,8	46,0	"	"	"	"	46,7	42,9	"	"
7	2,0	38	0,6	8,41	2,46	1,8	32	0,2	5,86	0,72	44,4	60,0	74,5	32,3	40,8	48,3	69,9	62,1	62,1	57,2	75,9
8	1,9	36	0,4	7,32	1,57	1,8	32	0,2	5,86	0,72	34,0	48,0	58,8	"	"	"	"	52,5	51,1	"	"
9	1,8	32	0,2	5,86	0,72	1,8	32	0,2	5,86	0,72	22,8	32,3	40,8	"	"	"	"	40,1	37,7	"	"
10	1,9	36	0,8	7,32	3,14	1,8	30	0,4	5,4	1,39	39,9	55,4	68,8	31,9	40,3	46,5	69,1	58,4	57,0	56,7	73,3
11	1,9	34	0,6	6,72	2,26	1,8	30	0,4	5,4	1,39	32,3	45,5	57,0	"	"	"	"	51,1	48,6	"	"
12	1,8	30	0,4	5,4	1,39	1,8	30	0,4	5,4	1,39	22,2	31,9	40,3	"	"	"	"	41,1	36,2	"	"
13	2,0	25	2,6	4,93	8,16	1,6	25	1,3	3,94	4,08	35,8	51,1	60,8	32,0	39,7	44,6	67,6	54,1	49,5	56,3	67,9
14	1,95	24	1,8	4,62	5,54	1,56	24	0,9	3,70	2,77	29,7	43,1	53,0	28,4	35,7	39,0	60,7	46,3	43,0	50,5	62,4
15	1,9	23	1,0	4,34	3,02	1,52	23	0,5	3,47	1,51	19,9	29,7	37,2	20,8	26,5	28,8	45,7	33,0	31,4	38,6	49,5
16	2,0	24	4,2	4,74	12,93	1,6	24	2,1	3,79	6,47	50,1	70,8	84,0	41,4	50,2	41,4	83,9	73,5	66,9	69,9	82,5
17	1,95	23	2,1	4,45	6,35	1,56	23	1,05	3,56	3,17	29,3	42,5	51,8	27,4	34,2	38,3	58,7	45,5	42,0	49,2	59,9
18	1,9	22	1,4	4,18	4,15	1,52	22	0,7	3,34	2,08	21,8	32,5	40,3	22,0	27,9	30,8	48,1	35,6	33,4	40,6	50,8
19	1,8	21	0,7	3,81	2,04	1,44	21	0,35	3,05	1,02	15,1	23,0	29,1	16,6	21,3	23,5	36,9	26,2	25,4	31,5	41,4
20	1,95	22	5,0	4,29	14,83	1,56	22	2,5	3,43	7,41	54,0	73,5	86,1	41,5	49,8	59,7	83,4	76,1	69,6	69,6	82,5
21	1,9	21	2,5	4,02	7,27	1,52	21	1,25	3,22	3,64	29,3	42,4	51,0	26,6	33,0	37,9	56,9	45,3	41,6	48,1	57,8
22	1,8	20	1,9	3,67	5,43	1,44	20	0,95	2,94	2,71	22,8	33,7	41,0	21,9	27,4	31,2	47,5	36,5	33,9	40,4	49,3
23	1,75	19	1,1	3,44	3,08	1,40	19	0,55	2,75	1,54	16,0	24,3	30,2	16,8	22,8	23,8	37,1	27,1	25,7	31,8	40,3
25	1,9	20	6,8	3,87	19,42	1,52	20	3,4	3,1	9,71	66,0	86,8	100,0	46,6	54,6	67,0	90,1	89,3	82,3	77,5	90,4
26	1,8	19	3,4	3,54	9,53	1,44	19	1,7	2,83	4,77	32,9	46,7	55,0	27,8	32,4	40,6	58,3	49,5	45,4	50,1	59,0
27	1,7	18	2,8	3,22	7,71	1,36	18	1,4	2,58	3,85	26,4	38,3	45,2	23,4	28,4	34,2	49,8	40,8	37,6	42,9	50,9
28	1,65	17	1,9	3,02	5,14	1,32	17	0,95	2,41	2,57	18,9	28,3	34,0	18,2	22,6	26,6	39,8	30,8	28,7	34,3	41,7
29	1,8	18	8,2	3,41	22,57	1,44	18	4,1	2,73	11,29	71,4	92,6	106,2	46,7	56,2	70,5	91,7	103,2	88,9	80,2	93,6
30	1,7	17	4,1	3,10	14,08	1,36	17	2,05	2,48	5,54	34,5	48,4	56,1	27,8	32,8	41,5	57,4	51,2	47,0	50,3	58,6
31	1,65	16	3,6	2,91	9,55	1,32	16	1,8	2,32	4,78	29,1	41,5	47,8	24,3	28,8	36,5	50,8	44,3	40,6	44,7	52,3
32	1,7	16	9,4	3,0	24,95	1,36	16	4,7	2,4	12,47	74,2	95,4	108,7	49,2	56,1	72,1	94,1	98,6	92,3	80,9	94,9
33	1,65	15	4,7	2,8	12,25	1,32	15	2,35	2,24	6,13	35,4	49,0	56,2	27,4	31,7	41,8	56,0	52,1	47,9	50,0	58,4

Указания к пользованию таблицей

1. Подбирается эквивалентный табличный грунт в соответствии с указаниями п. 5.11.
2. В строке данной таблицы, соответствующей условному номеру эквивалентного табличного грунта находится опрокидывающий момент M_n, удовлетворяющий условию
$$M_n \geqslant KM$$
3. По кривой рис. 14 в соответствии с фактической величиной „H" находится коэффициент K_m
4. Окончательная проверка пригодности закрепления по несущей способности основания производится в соответствии с неравенством
$$K_m M_n \geqslant KM$$

Здесь K - коэффициент запаса, принимаемый по табл. 3.
M - опрокидывающий момент, действующий на закрепление
$H = \frac{M}{Q}$ - высота приложения силы Q
Q - поперечная сила на отметке поверхности грунта (M и Q из расчета опоры)

Таблица 9

Предельные опрокидывающие моменты для рекомендуемых закреплений при расчете по методу предельных состояний.

Усл. номера грунтов	Характеристики грунтов: ненарушенных γ т/м³	φ град.	C т/м²	m т/м³	mc т/м²	нарушенных γ т/м³	φ град	C т/м²	m т/м³	mc т/м²	Опрокидывающие моменты Mп (т.м): Закрепления группы А I	II	III	Закрепления группы Б II	III	IV	V	Закрепления группы В I	II	III	IV
1	2,0	41	0	9,63	0	1,8	36	0	6,93	0	42,9	57,1	70,4	37,1	46,3	56,6	79,5	63,0	62,6	60,8	99,6
2	1,9	38	0	7,99	0	1,8	36	0	6,93	0	32,7	44,4	55,1	"	"	"	"	52,8	50,8	"	"
3	1,8	36	0	6,93	0	1,8	36	0	6,93	0	27,0	37,1	46,3	"	"		"	47,0	43,9	"	"
4	2,0	38	0	8,41	0	1,8	33	0	6,11	0	34,2	46,4	57,7	30,6	38,6	47,2	66,7	51,9	52,6	54,7	85,3
5	1,9	36	0	7,32	0	1,8	33	0	6,11	0	28,3	38,9	48,6	"	"	"	"	46,0	45,4	"	"
6	1,8	33	0	6,11	0	1,8	33	0	6,11	0	21,9	30,6	38,6	"	"	"	"	39,6	37,3	"	"
7	2,0	36	0,1	7,70	0,39	1,8	30	0	5,4	0	31,1	42,7	53,4	25,5	32,4	39,45	56,3	45,4	48,4	47,1	64,7
8	1,9	34	0	6,72	0	1,8	30	0	5,4	0	24,6	34,2	43,0	"	"	"	"	40,3	40,7	"	"
9	1,8	30	0	5,4	0	1,8	30	0	5,4	0	17,9	25,5	32,4	"	"	"	"	33,6	31,8	"	"
10	1,9	34	0,2	6,72	0,75	1,8	28	0	4,99	0	27,1	38,0	47,7	22,7	28,9	35,14	50,6	39,2	43,3	42,7	58,8
11	1,9	32	0,1	6,18	0,36	1,8	28	0	4,99	0	22,6	31,9	40,4	"	"	"	"	36,0	37,8	"	
12	1,8	28	0	4,99	0	1,8	28	0	4,99	0	15,7	22,7	28,9	"	"	"	"	30,2	28,7	"	
13	2,0	23	1,3	4,57	3,93	1,6	23	0,65	3,65	1,96	22,8	33,8	42,1	23,2	29,4	32,2	50,8	37,2	34,8	42,8	53,8
14	1,95	22	0,9	4,29	2,67	1,56	22	0,45	3,43	1,33	18,2	27,5	34,6	19,6	24,3	27,2	43,3	30,9	29,4	36,8	47,3
15	1,9	21	0,3	4,02	0,87	1,52	21	0,15	3,22	0,44	12,7	19,4	24,9	15,0	19,3	21,4	33,7	23,1	22,9	29,1	39,6
16	2,0	22	1,4	4,40	4,15	1,6	22	0,7	3,52	2,08	27,4	33,3	41,3	22,6	28,7	31,6	49,7	36,6	34,0	41,9	52,4
17	1,95	21	0,7	4,13	2,04	1,56	21	0,35	3,30	1,02	15,8	24,0	30,5	17,4	22,4	24,7	39,1	27,5	26,4	33,5	43,6
18	1,9	20	0,4	3,88	1,14	1,52	20	0,2	3,10	0,57	12,7	19,4	24,9	14,7	19,0	21,6	33,2	22,9	22,5	28,8	38,6
19	1,8	19	0,2	3,54	0,56	1,44	19	0,1	2,83	0,28	10,2	15,8	20,4	12,4	16,1	18,7	28,1	19,1	19,4	24,6	33,9
20	1,95	20	1,9	3,98	5,43	1,56	20	0,95	3,18	2,71	23,5	34,8	42,4	22,7	28,4	32,4	49,7	37,8	34,8	42,2	51,4
21	1,9	19	1,1	3,73	3,08	1,52	19	0,55	2,99	1,54	16,6	25,3	31,5	17,8	23,3	24,9	39,2	28,3	26,6	33,6	42,4
22	1,8	18	0,8	3,41	2,20	1,44	18	0,4	2,73	1,10	13,4	20,7	26,1	14,8	19,9	21,0	33,2	23,6	22,6	28,7	37,0
23	1,75	17	0,4	3,20	1,08	1,40	17	0,2	2,56	0,54	10,1	15,7	20,2	11,9	15,4	16,9	27,0	18,7	18,5	23,7	31,8
25	1,9	18	2,8	3,60	7,71	1,52	18	1,4	2,88	3,85	27,3	39,6	47,0	24,4	29,2	35,7	52,5	42,6	38,8	45,2	53,5
26	1,8	17	1,9	3,29	5,14	1,44	17	0,95	2,63	2,57	19,5	29,3	35,3	19,0	23,5	27,6	41,7	32,0	29,5	35,9	43,5
27	1,7	16	1,0	2,99	2,65	1,36	16	0,5	2,40	1,33	12,8	19,9	24,8	13,8	17,5	19,9	31,0	22,5	21,3	26,9	31,1
28	1,65	15	0,6	2,80	1,56	1,32	15	0,3	2,24	0,78	9,8	15,4	19,5	11,2	14,4	16,1	25,5	17,9	17,3	22,3	29,2
29	1,8	16	3,6	3,17	9,55	1,44	16	1,8	2,54	4,78	29,8	42,5	49,7	25,0	29,7	37,5	52,8	45,5	41,4	46,2	54,1
30	1,7	15	2,5	2,89	6,52	1,36	15	1,25	2,31	3,26	20,8	30,8	36,1	19,1	24,1	28,7	41,6	33,5	30,6	36,4	43,1
31	1,65	14	1,2	2,70	3,07	1,32	14	0,6	2,16	1,54	12,4	19,3	23,5	13,0	16,4	19,2	29,5	21,7	20,2	25,8	32,0
32	1,7	14	4,0	2,79	10,24	1,36	14	2,0	2,23	5,12	29,3	41,5	47,5	23,8	27,7	36,5	46,1	44,5	40,6	44,5	51,7
33	1,65	13	2,2	2,61	5,53	1,32	13	1,1	2,09	2,77	17,1	25,6	29,9	16,1	19,4	24,5	36,2	28,2	25,7	31,4	37,3

Указания к пользованию таблицей

1. Подбирается эквивалентный табличный грунт в соответствии с указаниями п. 5.11.
2. В строке ванной таблицы, соответствующей условному номеру эквивалентного табличного грунта находится опрокидывающий момент $M_п$, удовлетворяющий условию
$$M_п \geqslant m M_р$$
3. По кривой рис. 14 в соответствии с фактической величиной „H" находится коэффициент $K_м$.
4. Окончательная проверка пригодности закрепления по несущей способности основания производится в соответствии с неравенством
$$K_м M_п \geqslant m M_р$$

Здесь m - коэффициент условий работы, принимаемый по табл. 21 гл. СНиП II-Б.9-62

$M_р$ - расчетный опрокидывающий момент, действующий на закрепление.

$H = \frac{M_р}{Q_р}$ - высота прилажения силы Q

$Q_р$ - расчетная поперечная сила на отметке поверхности грунта ($M_р$ и $Q_р$ из расчета опоры)

Углы поворота конструкций закреплений от силы Q=1т, приложенной на высоте H=20м

Таблица 10

Усл. номера грунтов	Модуль деформации E т/м²	Закрепления группы А			Закрепления группы Б				Закрепления группы В			
		I	II	III	II	III	IV	V	I	II	III	IV
1	4600	0,0040	0,0034	0,0030	0,0047	0,0041	0,0057	0,0046	0,002	0,0038	0,0056	0,0046
2	4000	0,0046	0,0039	0,0034	0,0047	0,0041	0,0066	0,0053	0,003	0,0044	0,0064	0,0053
3	3300	0,0055	0,0047	0,0041	0,0047	0,0041	0,0080	0,0065	0,004	0,0054	0,0078	0,0065
4	4600	0,0040	0,0034	0,0030	0,0047	0,0041	0,0057	0,0046	0,002	0,0038	0,0056	0,0046
5	4000	0,0046	0,0039	0,0034	0,0047	0,0041	0,0066	0,0053	0,003	0,0044	0,0064	0,0053
6	3300	0,0055	0,0047	0,0041	0,0047	0,0041	0,0080	0,0065	0,004	0,0054	0,0078	0,0065
7	3700	0,0050	0,0042	0,0037	0,0064	0,0057	0,0071	0,0058	0,003	0,0048	0,0070	0,0058
8	2800	0,0065	0,0055	0,0049	0,0064	0,0057	0,0094	0,0076	0,004	0,0063	0,0092	0,0076
9	2400	0,0076	0,0064	0,0057	0,0064	0,0057	0,0110	0,0089	0,005	0,0074	0,0107	0,0089
10	1400	0,0130	0,0110	0,0097	0,0155	0,0136	0,0189	0,0152	0,009	0,0126	0,0184	0,0152
11	1200	0,0150	0,0129	0,0113	0,0155	0,0136	0,0220	0,0177	0,011	0,0148	0,0214	0,0177
12	1000	0,0180	0,0155	0,0136	0,0155	0,0136	0,0264	0,0213	0,013	0,0177	0,0257	0,0213
13	2300	0,0080	0,0067	0,0059	0,0134	0,0118	0,0115	0,0093	0,005	0,0077	0,0112	0,0093
14	1600	0,0114	0,0097	0,0085	0,0194	0,0170	0,0165	0,0133	0,008	0,0111	0,0160	0,0133
15	1300	0,0140	0,0119	0,0105	0,0238	0,0210	0,0204	0,0164	0,010	0,0136	0,0198	0,0164
16	3500	0,0052	0,0044	0,0039	0,0088	0,0078	0,0076	0,0061	0,003	0,0051	0,0073	0,0061
17	2100	0,0087	0,0074	0,0065	0,0148	0,0130	0,0126	0,0102	0,006	0,0084	0,0122	0,0102
18	1500	0,0122	0,0103	0,0091	0,0206	0,0182	0,0176	0,0142	0,009	0,0118	0,0171	0,0142
19	1200	0,015	0,0129	0,0113	0,0258	0,0226	0,0220	0,0177	0,011	0,0148	0,0214	0,0177
20	3000	0,0061	0,0052	0,0045	0,0104	0,0090	0,0088	0,0071	0,004	0,0059	0,0086	0,0071
21	1900	0,0096	0,0081	0,0072	0,0162	0,0144	0,0139	0,0112	0,007	0,0093	0,0135	0,0112
22	1300	0,0140	0,0119	0,0105	0,0238	0,0210	0,0204	0,0164	0,010	0,0136	0,0198	0,0164
23	1000	0,0185	0,0155	0,0136	0,0310	0,0272	0,0264	0,0213	0,013	0,0176	0,0257	0,0213
25	3000	0,0061	0,0052	0,0045	0,0104	0,0090	0,0088	0,0071	0,004	0,0059	0,0086	0,0071
26	1800	0,0101	0,0086	0,0076	0,0172	0,0152	0,0147	0,0118	0,007	0,0098	0,0143	0,0118
27	1300	0,014	0,0119	0,0105	0,0238	0,0210	0,0204	0,0164	0,010	0,0136	0,0198	0,0164
28	900	0,020	0,0172	0,0151	0,0344	0,0302	0,0294	0,0237	0,014	0,0197	0,0286	0,0237
29	2600	0,007	0,0059	0,0052	0,0118	0,0104	0,0102	0,0082	0,005	0,0068	0,0099	0,0082
30	1600	0,0114	0,0097	0,0085	0,0194	0,0170	0,0165	0,0133	0,008	0,0111	0,0161	0,0133
31	1100	0,0166	0,0141	0,0124	0,0282	0,0248	0,0240	0,0194	0,012	0,0161	0,0234	0,0194
32	2200	0,0083	0,0070	0,0062	0,0140	0,0124	0,0120	0,0097	0,006	0,0081	0,0117	0,0097
33	1400	0,0130	0,0110	0,0097	0,0220	0,0194	0,0189	0,0152	0,009	0,0127	0,0184	0,0152

Указания к пользованию таблицей

1. Подбирается эквивалентный табличный грунт в соответствии с указаниями п.5.11.*)
2. В строке данной таблицы, соответствующей условному номеру эквивалентного табличного грунта находится единичный угол поворота (т.е. угол поворота, создаваемый горизонтальной силой Q=1т, приложенной на высоте H=20м.
3. Определяется угол поворота от действующей (метод разрушающих нагрузок) или от нормативной (метод предельных состояний) горизонтальных сил, приведенных к высоте H=20м.

$$\beta_a = \beta_1 Q^д \quad \text{или} \quad \beta_a = \beta_1 Q^н$$

при этом $Q_д = \frac{M_д}{20}$; $Q^н = \frac{M^н}{20}$,

значения Q и M в [т] и [тм]

4. Окончательная проверка пригодности закрепления по деформациям основания производится в соответствии с неравенством

$$\beta_a \leq \beta^н$$

Значение $\beta^н$ принимается в соответствии с рекомендациями §4.10 гл СНиП II-Б.9-62

*) Если проверяется закрепление, принятое при расчете по 1-му предельному состоянию (по прочности), то единичный угол поворота принимается для этого закрепления, после чего выполняются проверки по п.п. 3 и 4.

Примеры расчетов

Пример 1. Рассчитать основание железобетонной стойки квадратного сечения портала ОРУ, выполняемого в широком котловане (т.е. с нарушением естественной структуры грунта) на сочетания нагрузок нормального режима. Стойка рассчитана по методу разрушающих нагрузок. Усилия в опорном сечении:

$M = 16,5$ т.м ; $Q = 1,5$ т ; $N = 4,5$ т.

Основание - суглинок с нормативными характеристиками по данным лабораторных исследований образцов ненарушенной структуры:

$\varphi = 22°$; $C = 1,4$ т/м^2; $\gamma = 1,65$ т/м^3; $E = 1500$ т/м^2.

Так как закрепление выполняется в широком котловане, то согласно п. 2.4 „Инструкции"

$\gamma_н = 0,8\gamma = 1,32$ т/м^3

$\varphi_н = \varphi = 22°$

$C_н = 0,5$; $C = 0,7$ т/м^2

$E_н = 0,5$; $E = 750$ т/м^2

Учитывая, что нагрузки значительны, а характеристики грунта основания невысокие принимаем двухригельную схему закрепления по типу $\frac{V}{2}$-Б, используя унифицированный ригель АР5; вверху два с просветом в ширину ригеля, внизу - один.

Параметры верхнего ригеля $l_р = 3,0$м; $h_р = 1,2$м; $a = 0,07$м.

Параметры нижнего ригеля $l_{р_1} = 3,0$м; $h_{р_1} = 0,4$м; $a_1 = 0,07$м.

Параметры закрепления $h = 3,0$м; $b_0 = 0,4$м; $y_р = 0,7$м; $y_{р_1} = 0,2$м

1. Расчет по несущей способности.

Характеристики грунта и безразмерные коэффициенты

$m = \gamma' tg^2(45 + \frac{\varphi}{2}) = 1.32\ tg^2(45+11) = 2.91\ т/м^3$

$m_c = 2C tg(45+\frac{\varphi}{2}) = 2 \cdot 0.7\ tg(45+11) = 2.08\ т/м^2$

$tg\Psi = tg\varphi + \frac{c}{10} = tg\,22° + 0.07 = 0.474 \qquad \Psi = 25°20'$

По табл. 4. Инструкции $C_{об} = 0.094$

По ф-ле (11) $K_{об} = 1 + 0.094\ \frac{3.0}{0.4} = 1.705$

$b = b_0 K_{об} = 0.4 \cdot 1.705 = 0.682$

$\omega = 1 - 0.03\,C = 0.979$

$W_\omega = \frac{m b h^2}{2} \cdot \omega = \frac{2.91 \cdot 0.682 \cdot 9}{2} \cdot 0.979 = 8.74\ т$

$H = \frac{M}{Q} = 11\ м$

$\alpha = \frac{H}{h} = \frac{11}{3} = 3.67$

$\eta = \frac{m_c}{m h} = \frac{2.08}{2.91 \cdot 3.0} = 0.238$

$f = tg\varphi = 0.404$

$f_N = \frac{f N}{U} = \frac{0.404 \cdot 45}{8.74} \cdot 0.979 = 0.2035$

$f_d = \frac{f b_0}{2h} = \frac{0.404 \cdot 0.4}{2 \cdot 3.0} = 0.0269$

$\lambda_d = \frac{(\frac{b_0}{2} + a)}{h} f = \frac{\frac{0.4}{2} + 0.07}{3.0} \cdot 0.404 = 0.0364$

$\lambda_p = \frac{y_p}{h} = \frac{0.7}{3.0} = 0.234$

$\lambda_{p_1} = \frac{y_{p1}}{h} = \frac{0.2}{3.0} = 0.0667$

$A = (l_p - b_0) h_p (m_c + m y_p)(1 + \frac{0.3}{l_p}) = (3.0-0.4) \cdot 1.2 (2.08 + 2.91 \cdot 0.7)(1 + \frac{0.3}{3.0}) = 14.1\ т$

$A_1 = (l_{p_1} - b_0) h_{p_1} [m_c + m(h - y_{p_1})](1 + \frac{0.3}{l_{p_1}}) = (3.0-0.4) \cdot 0.4 [2.08 + 2.91(3.0-0.2)](1 + \frac{0.3}{3.0}) = 11.75\ т$

$\mu = \frac{A_1}{A} = \frac{11.75}{14.1} = 0.833$

$\mathcal{E} = \frac{A}{U} = 0.979\ \frac{14.1}{8.74} = 1.58$

Определение параметра „Θ"

Параметр „Θ" определяем графическим методом.

1. Учитывая, что $A_1 + fN \approx N$, а форма эпюры пассивного сопротивления грунта близка к треугольной, в первом приближении принимаем:

$$\Theta = 0{,}7$$

По таблице приложения или по формулам (18-22) находим

$F_1 = 0{,}157$; $F_2 = 0{,}281$; $F_3 = 0{,}143$; $F_4 = 1{,}176$; $F_5 = 1{,}234$

Подставляем в формулу (9)

$$\Theta = \frac{(2\cdot 0{,}238+1)(3{,}67\cdot 1{,}234+0{,}0269)+0{,}2035(3{,}67\cdot 1{,}234+0{,}143)-1{,}58[3{,}67\cdot 1{,}234(1-0{,}833)+}{1{,}176\,(2\cdot 3{,}67\cdot 1{,}234-0{,}157-0{,}281)}$$

$$\frac{+0{,}143(1-0{,}833)+0{,}234+0{,}833\cdot 0{,}0667-0{,}0364(1+0{,}833)-1]}{} = 0{,}764$$

2. $\Theta = 0{,}75$ $F_1 = 0{,}13$; $F_2 = 0{,}299$; $F_3 = 0{,}1202$ $F_4 = 1{,}226$; $F_5 = 1{,}24$

$$\Theta = \frac{(2\cdot 0{,}238+1)(3{,}67\cdot 1{,}24+0{,}0269)+0{,}2035(3{,}67\cdot 1{,}24+0{,}1202)-1{,}58[3{,}67\cdot 1{,}24(1-0{,}833)+}{1{,}226\,(2\cdot 3{,}67\cdot 1{,}24-0{,}13-0{,}299)}$$

$$\frac{+0{,}1202(1-0{,}833)+0{,}234+0{,}833\cdot 0{,}0667-0{,}0364(1+0{,}833)-1]}{} = 0{,}731$$

3. $\Theta = 0{,}73$; $F_1 = 0{,}1405$; $F_2 = 0{,}292$; $F_3 = 0{,}1295$; $F_4 = 1{,}206$ $F_5 = 1{,}237$

$$\Theta = \frac{(2\cdot 0{,}238+1)(3{,}67\cdot 1{,}237+0{,}0269)+0{,}2035(3{,}67\cdot 1{,}237+0{,}1295)-1{,}58[3{,}67\cdot 1{,}237(1-0{,}833)+}{1{,}206\,(2\cdot 3{,}67\cdot 1{,}237-0{,}1405-0{,}292)}$$

$$\frac{+0{,}1295(1-0{,}833)+0{,}234+0{,}833\cdot 0{,}0667-0{,}0364(1+0{,}833)-1]}{} = 0{,}744$$

По графику, построенному по результатам вычислений (рис.15) находим, что $\Theta = 0{,}738$.

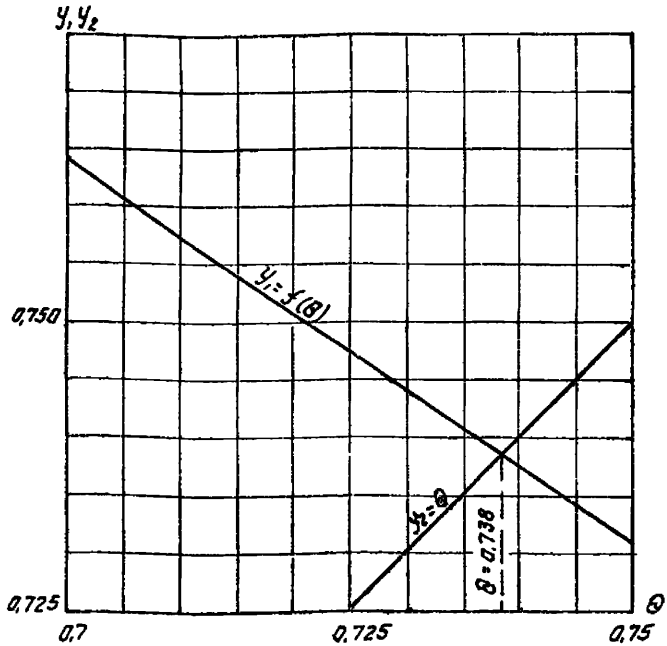


Рис.15 График для решения ур-ия (6)

Коэффициенты $F_1 - F_5$, соответствующие $\Theta = 0.738$

$F_1 = 0.136$; $F_2 = 0.294$; $F_3 = 0.126$; $F_4 = 1.214$ $F_5 = 1.238$

Предельная горизонтальная сила, приложенная на высоте $H = 11$м над отметкой поверхности грунта определяется по формуле (5)

$$Q_{пр} = \frac{8.74}{3,67 \cdot 1.238} \left\{ 0,738 \cdot 1.214 (0,136 + 0,294) + (2 \cdot 0,238 + 1) \cdot 0,0269 + 0,2035 \cdot 0,126 + \right.$$
$$\left. + 1,58 \left[1 + 0,0364 (1 + 0,833) - 0,234 - 0,833 \cdot 0,0667 - 0,126 (1 - 0,833) \right] \right\} = 3,11 \text{ т}$$

т.е. условие (1).

$$K Q^{доп} = 2 \times 1,5 = 3.0 < Q_п = 3,11 \text{ т.}$$

выполняется.

Коэффициент запаса „K" принимается по табл. 3

2. Расчет по деформациям.

Определение угла поворота выполняется по ф-ле (37)

$$\frac{3F_в}{h^2} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 1.2}{9} = 1,2 \qquad \frac{3F_н}{h^2} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 0.4}{9} = 0.4$$

По кривой рис 9 $y_в = 2,4$ $y_н = 3.7$

$$\beta = \frac{3 \cdot 1,5}{9 \cdot 750 \cdot 9.0} \left[(6 \cdot 3,67 + 5) 2,4 + (6 \cdot 3.67 + 1) \cdot 3.7 \right] = 0,0125 < 0,02$$

Пример 2. Рассчитать основание закрепления типовой железобетонной опоры с конической стойкой круглого сечения в цилиндрическом котловане $D = 0{,}65$м, и глубиной $h = 3{,}0$м. Поперечные размеры стойки в закреплении: нижний диаметр $D_н = 0{,}36$м диаметр на отметке поверхности грунта $D_в = 0{,}53$м. Стойка рассчитана по схеме нормального режима по методу разрушающих нагрузок. Усилия в опорном сечении: $M = 19{,}2$т.м. $Q = 0{,}96$т; $N = 8{,}0$т

Основание – суглинок с нормативными характеристиками по данным лабораторных исследований образцов ненарушенной структуры:

$\varphi = 23°$ $C = 2{,}1$т/м² $\gamma = 1{,}95$т/м³ $E = 2100$т/м²

Заполнение щелей предусмотрено крупным песком с виброуплотнением.

Учитывая, что закрепление выполнено без нарушения естественной структуры грунта а нагрузки сравнительно невелики, проверяется безригельное закрепление по типу I-Л.

Параметры закрепления: $h = 3{,}0$м. $b_0 = 0{,}545$м.

1. Расчет по несущей способности.

Расчет выполняется по формулам (26) и (27)

Характеристики грунта и безразмерные коэффициенты:

$$m = \gamma \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) = 1{,}95 \operatorname{tg}^2(45 + 11°30') = 4{,}45\text{т/м}^3$$

$$m_c = 2C \operatorname{tg}\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) = 2 \cdot 2{,}1 \operatorname{tg}(45 + 11°30') = 6{,}35\text{т/м}^2$$

$$\operatorname{tg}\psi = \operatorname{tg}\varphi + \frac{C}{10} = \operatorname{tg} 23° + 0{,}21 = 0{,}634 \qquad \psi = 32°24'$$

По табл. 4 Инструкции $C_{eg} = 0{,}1385$

По формуле (3) $K_{об} = 1 + 0{,}1385 \cdot \frac{3{,}0}{0{,}545} = 1{,}762$

$$b = b_0 K_{об} = 0{,}545 \cdot 1{,}762 = 0{,}96\ м.$$

$$\omega = 1 - 0{,}003\,C = 0{,}937$$

$$\omega U = \frac{m b h^2}{2}\omega = \frac{4{,}45 \cdot 0{,}96 \cdot 3^2}{2} \cdot 0{,}937 = 18{,}031$$

$$\alpha = \frac{H}{h} = \frac{20}{3{,}0} = 6{,}67$$

$$\eta = \frac{m_c}{m h} = \frac{6{,}35}{4{,}45 \cdot 3{,}0} = 0{,}475$$

$$f = tg\,\varphi = 0{,}424$$

$$f_N = \frac{f N}{U} = \frac{0{,}424 \cdot 8}{18{,}03} \cdot 0{,}937 = 0{,}1765$$

$$f_d = \frac{f b_0}{2h} = \frac{0{,}424 \cdot 0{,}545}{2 \cdot 3{,}0} = 0{,}0386$$

Определение параметра θ

Параметр θ определяем графическим методом.

По совокупности признаков – трапецоидальный характер эпюры пассивного сопротивления грунта, наличие трения по подошве – заключаем, что значение θ находится в интервале 0,6–0,7

1. $\theta_{01} = 0{,}625$.

   По табл. II приложения или по формулам (18)/–(22) находим:

   $F_1 = 0{,}1966$; $F_2 = 0{,}2712$; $F_3 = 0{,}1784$ $F_4 = 1{,}5754$; $F_5 = 1{,}123$

   По формуле (27) находим $\theta = 0{,}701$.

2. $\theta_{02} = 0{,}65$

   $F_1 = 0{,}1829$; $F_2 = 0{,}281$; $F_3 = 0{,}1672$; $F_4 = 1{,}600$; $F_5 = 1{,}125$

   $\theta_2 = 0{,}690$

3. $\theta_{03} = 0{,}675$

   $F_1 = 0{,}1692$; $F_2 = 0{,}2908$; $F_3 = 0{,}1558$; $F_4 = 1{,}625$; $F_5 = 1{,}127$

   $\theta_3 = 0{,}679$

По графику выполненному на Рис.16 по результатам вычислений, находим, что

$$B = 0{,}678$$

Этому значению B соответствуют коэффициенты

$F_1 = 0{,}1675$; $F_2 = 0{,}292$; $F_3 = 0{,}1544$; $F_4 = 1{,}629$; $F_5 = 1{,}127$

После чего по формуле (26) находим:

$$Q_n = \frac{18{,}03}{6{,}67 \cdot 1{,}127}\left[0{,}678 \cdot 1{,}629\,(0{,}1675 + 0{,}292) + (2 \cdot 0{,}475 + 1) \cdot 0{,}0386 + \right.$$

$$\left. + 0{,}1765 \cdot 0{,}1544\right] = 1{,}464$$

Проверка по формуле (1)

$$1{,}5 \times 0{,}96 < 1{,}464.$$

2. Расчет по деформациям.

Определение угла поворота выполнено по формуле (35)

$$\frac{B_b}{h} = \frac{0{,}545}{3{,}0} = 0{,}182$$

По кривой рис. 9 $\quad V = 5{,}1$

$$\beta = \frac{3 \times 0{,}96}{4 \cdot 2100 \cdot 9} \cdot (6 \cdot 6{,}667 + 3) \cdot 5{,}1 = 0{,}0084 < 0{,}01.$$

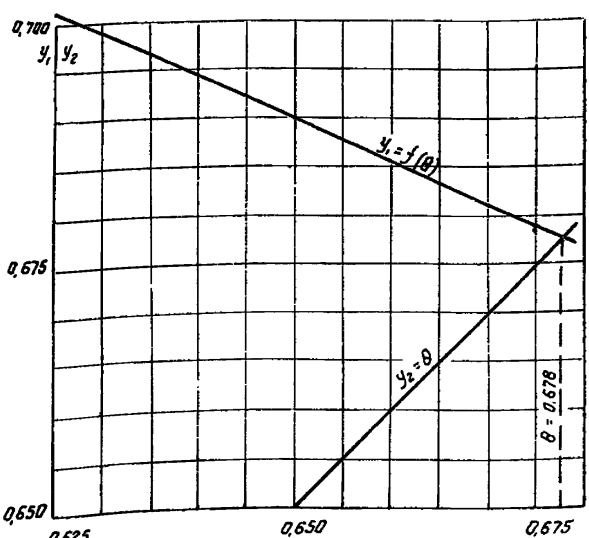


Рис16. График для решения ур-ня (27)

Пример 3. Рассчитать основание закрепления 2 примера при усилиях в опорном сечении : $M = 47$ т.м. $Q = 2{,}35$ т $N = 8{,}0$ т

Основание – суглинок с нормативными характеристиками по данным лабораторных исследований образцов ненарушенной структуры

$\varphi = 24°$ $C = 4{,}2$ т/м^2 $\gamma = 2{,}0$ т/м^3 $E = 3500$ т/м^2

Проектом предусмотрено закрепление в ненарушенном грунте. Для заданных нагрузок может быть принято одноригельное (с одним унифицированным ригелем АР5) закрепление.

Параметры закрепления.

$h = 3{,}0$ м. $b_0 = 0{,}545$ м. $e_p = 3{,}0$ м $h_p = 0{,}45$ м $y_p = 0{,}7$ м.

1. Расчет по несущей способности.

Расчет выполняется по формулам (24) и (25)

Характеристики грунта и безразмерные коэффициенты

$$m = \gamma' tg^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) = 2{,}0\, tg^2(45 + 12°) = 4{,}74 \text{ т/м}^3$$

$$m_c = 2C tg\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) = 2 \cdot 4{,}2\, tg(45 + 12) = 12{,}93 \text{ т/м}^2$$

$$tg\,\psi = tg\,\varphi + \frac{c}{10} = tg\,24° + 0{,}42 = 0{,}865 \qquad \psi = 40°52'$$

По табл. 4 „Инструкции" $C_{od} = 0{,}211$

По формуле (11) $K_{od} = 1 + 0{,}211 \frac{3{,}0}{0{,}545} = 2{,}16$

$$b = b_0 K_{od} = 0{,}545 \times 2{,}16 = 1{,}18 \text{ м}$$

$$\omega = 1 - 0{,}003\, C = 0{,}874$$

$$\omega \cdot U = \frac{m b h^2}{2} \omega = \frac{4{,}74 \cdot 1{,}18 \cdot 9}{2} \cdot 0{,}874 = 21{,}97 \text{ т.}$$

$$H = \frac{M}{Q} = \frac{47}{2{,}35} = 20{,}0 \text{ м}$$

$$\alpha = \frac{H}{h} = \frac{20}{3} = 6{,}667$$

$$c = \frac{m_c}{mh} = \frac{12,93}{4,74 \cdot 3,0} = 0,909$$

$$f = tg\,\varphi = 0,445$$

$$f_N = f\frac{N}{u} = 0,445\,\frac{8,0}{21,97}\,0,874 = 0,1417$$

$$f_d = \frac{fb_0}{2h} = \frac{0,445 \cdot 0,545}{2 \cdot 3,0} = 0,0404$$

$$\lambda_d = \frac{\left(\frac{b_0}{2} + a\right) f}{h} = \frac{\frac{0,545}{2} + 0,2}{3,0} \cdot 0,445 = 0,0701$$

$$\lambda_p = \frac{y_p}{h} = \frac{0,7}{3,0} = 0,233$$

$$A = (e_p - b_0')h_p\left(m_c + m y_p\right)\left(1 + \frac{0,3}{e_p}\right) =$$

$$= (3,0 - 0,545) \cdot 0,45\left(12,93 + 4,74 \cdot 0,7\right)\left(1 + \frac{0,3}{3,0}\right) = 19,75\ т$$

$$\varepsilon = \frac{A}{u} = 0,874\,\frac{19,75}{21,97} = 0,786$$

Параметр Θ определяется графическим способом.

При $m_c = 12,93\ т/м^2$ $mh = 14,22\ т/м^2$ $A = 19,75\ т.$ и $fN = 3,56\ т.$

Θ будет близко к 0,5

Исходя из этого задаются следующие три его значения

$\Theta_1 = 0,45$ $\Theta_2 = 0,50$ и $\Theta_3 = 0,55$

По формулам (18) - (22) или по таблице ...11... приложения находятся переменные коэффициенты $F_1 \div F_5$. Они будут равны:

Для $\Theta_1 = 0,45$ $F_1 = 0,2905$ $F_2 = 0,210$ $F_3 = 0,260$ $F_4 = 2,268$ $F_5 = 1,111$

Для $\Theta_2 = 0,50$ $F_1 = 0,263$ $F_2 = 0,232$ $F_3 = 0,238$ $F_4 = 2,318$ $F_5 = 1,1144$

Для $\Theta_3 = 0,55$ $F_1 = 0,235$ $F_2 = 0,254$ $F_3 = 0,215$ $F_4 = 2,368$ $F_5 = 1,1177$

Полученные значения коэффициентов $F_1 \div F_5$ подставляются в правую часть формулы (25) и производится вычисление

$$y_1 = \frac{(2\cdot 0{,}909+1)(6{,}667\cdot 1{,}111+0{,}0404)+0{,}1417\,(6{,}667\cdot 1{,}111+0{,}260)-0{,}786(6{,}667\cdot 1{,}111+}{2{,}268\,(2\cdot 6{,}667\cdot 1{,}111-0{,}2905-0{,}210)}$$

$$\frac{+0{,}260+0{,}233-0{,}0701-1{,}0}{} = 0{,}515$$

$$y_2 = \frac{(2\cdot 0{,}909+1)(6{,}667\cdot 1{,}1144+0{,}0404)+0{,}1417(6{,}667\cdot 1{,}1144+0{,}238)-0{,}786(6{,}667\cdot 1{,}1144+}{2{,}318\,(2\cdot 6{,}667\cdot 1{,}1144-0{,}263-0{,}232)}$$

$$\frac{+0{,}238+0{,}233-0{,}0701-1{,}0}{} = 0{,}504$$

$$y_3 = \frac{(2\cdot 0{,}909+1)(6{,}667\cdot 1{,}1177+0{,}0404)+0{,}1417(6{,}667\cdot 1{,}1177+0{,}215)-0{,}786(6{,}667\cdot 1{,}1177+}{2{,}368\,(2\cdot 6{,}667\cdot 1{,}1177-0{,}235-0{,}254)}$$

$$\frac{+0{,}215+0{,}233-0{,}0701-1{,}0}{} = 0{,}492$$

По результатам вычислений строится график (рис. 17) из которого следует, что искомый корень ур-ия (25)

$\theta = 0{,}503$

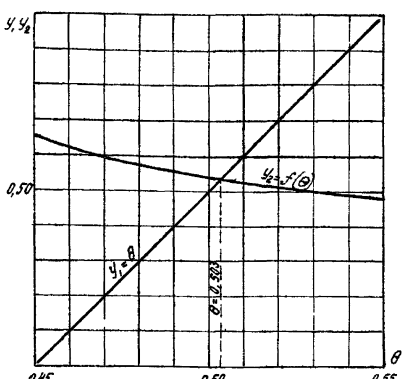


Рис. 17. График для решения уравнения (25)

Переменные коэффициенты, соответствующие $\theta = 0,503$ $F_1 = 0,261$; $F_2 = 0,233$; $F_3 = 0,236$; $F_4 = 2,32$; $F_5 = 1,1146$

Предельная величина горизонтальной сосредоточенной силы, приложенной на высоте $H = 20$м от поверхности грунта (определяется по формуле 24)

$$Q_{пр} = \frac{21,97}{6,667 \cdot 1,1146}\Big[0,503 \cdot 2,32(0,261 + 0,233) + (2 \cdot 0,909 + 1)0,0404 + 0,1417 \cdot 0,236 + 0,786 \cdot (1 + 0,0701 - 0,233 - 0,236)\Big] = 3,54\,т > 1,5 \cdot 2,35 = 3,52\,т$$

2. Расчет по деформациям

Угол поворота определяется по формуле (36)

$\frac{3Fe}{h^2} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,45}{9} = 0,45$; $\frac{B_0}{h} = \frac{0,545}{3,0} = 0,182$ по кривой рис. 9 $\nu_\theta = 3,4$; $\nu_H = 5,1$

$$\beta = \frac{3 \cdot 2,35}{8 \cdot 3500 \cdot 9}\Big[(6 \cdot 6,667 + 5) \cdot 3,4 + (6 \cdot 6,667 + 1) \cdot 5,1\Big] = 0,0119 < 0,02$$

Пример 4. Рассчитать основание закрепления унифицированной железобетонной опоры ПБ 26 в широком котловане глубиной 3,0м. Усилия в опорном сечении стойки, соответствующие схеме нормального режима, имеют следующие значения

$M = 26$ т.м $\quad Q = 1,3$ т $\quad N = 8,0$ т

Расчет опоры выполнен по методу разрушающих нагрузок. Основание - суглинок с нормативными характеристиками по данным лабораторных исследований образцов ненарушенной структуры

$\varphi = 25°$ $\quad C = 1,8$ т/м^2 $\quad \gamma = 1.95$ т/м^3 $\quad E = 1600$ т/м^2

Уплотнение грунта обратной засыпки обычное. Проектом предусмотрено одноригельное закрепление - ригель состоит из двух унифицированных АР5, устанавливаемых вплотную (без просвета).

Параметры закрепления.

$h = 3,0$ м $\quad b_0 = 0,545$ м $\quad e_p = 3,0$ м $\quad h_p = 0,9$ м $\quad y_p = 0,9$ м.

1. Расчет по несущей способности

Согласно п. 2.4-б характеристики грунта обратной засыпки.

$\varphi = 25°$ $\quad C = 0,9$ т/м^2 $\quad \gamma = 1,56$ т/м^3. $\quad E = 800$ т/м^2

Расчет выполняется по формулам (24) и (25)

$$m = \gamma \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) = 1,56 \operatorname{tg}^2\left(45 + 12°30'\right) = 3,84 \text{ т/м}^3$$

$$m_c = 2C \operatorname{tg}\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) = 2 \cdot 0,9 \cdot \operatorname{tg}\left(45 + 12°30'\right) = 2,83 \text{ т/м}^2$$

$$\operatorname{tg}\psi = \operatorname{tg}\varphi + \frac{C}{10} = \operatorname{tg} 25° + 0,09 = 0,556 \quad \psi = 29°05'$$

По табл. 4 Инструкции $C_{од} = 0,1155$

По формуле (11) $K_{од} = 1 + 0,1155 \dfrac{3,0}{0,545} = 1,636$

$$b = b_0 K_{од} = 0,545 \cdot 1,636 = 0,892 \text{ м.}$$

$$\omega = 1 - 0,003\, C = 0,973$$

$$\omega \cdot U = \omega \frac{m b h^2}{2} = \frac{3,84 \cdot 0,892 \cdot 9}{2} \cdot 0,973 = 15,0 \text{ т.}$$

$$H = \frac{M}{Q} = \frac{26,0}{1,3} = 20 \text{ м.}$$

$$\alpha = \frac{H}{h} = \frac{20}{3} = 6,667$$

$$\zeta = \frac{m_c}{m h} = \frac{2,83}{3,84 \cdot 3,0} = 0,245$$

$$f = \operatorname{tg}\varphi = 0,466$$

$$f_н = f \frac{N}{U} = 0,466 \cdot \frac{8,0}{15,0} \cdot 0,973 = 0,242$$

$$f_d = \frac{f b_0}{2h} = \frac{0,466 \cdot 0,545}{2 \cdot 3,0} = 0,0424$$

$$\lambda_d = \frac{\left(\frac{b_0}{2} + a\right) f}{h} = \frac{\left(\frac{0,545}{2} + 0,2\right) \cdot 0,466}{3,0} = 0,0734$$

$$\lambda_p = \frac{y_p}{h} = \frac{0,9}{3,0} = 0,3$$

$$A = \left(\ell_p - b_0\right) h_p \left(m_c + m y_p\right)\left(1 + \frac{0,3}{\ell_p}\right) =$$

$$= (3,0 - 0,545) \cdot 0,9 \left(2,83 + 3,84 \cdot 0,9\right)\left(1 + \frac{0,3}{3,0}\right) = 22,9\ т$$

$$\varepsilon = \frac{A}{U} = 0,973 \cdot \frac{22,9}{15,0} = 1,486$$

Определение параметра „θ"

Здесь площадь ригеля значительна, поэтому нужно сначала проверить меньшее предельное значение $\theta_{min} = \frac{y_p}{h} = 0,3$

Переменные параметры $F_1 \div F_5$

$F_1 = 0,396 \quad F_2 = 0,131 \quad F_3 = 0,304 \quad F_4 = 0,79 \quad F_5 = 1,104$

Полученные значения коэффициентов подставляются в правую часть формулы (25) и производится вычисление

$$y = \frac{(2 \cdot 0,245 + 1)(6,667 \cdot 1,104 + 0,0424) + 0,242(6,667 \cdot 1,104 + 0,304) -}{0,79\,(2 \cdot 6,667 \cdot 1,104 - 0,396 - 0,131)}$$

$$\underline{- 1,486\left(6,667 \cdot 1,104 + 0,304 + 0,3 - 0,0734 - 1,0\right)} = 0,236 < \theta_{min}$$

В этом случае за расчетное значение нужно принять $\theta = \frac{y_p}{h} = 0,3$

и из уравнения (25) определить параметр „ε"

$$\varepsilon = \frac{(2 \cdot 0,245 + 1)(6,667 \cdot 1,104 + 0,0424) + 0,242(6,667 \cdot 1,104 + 0,304) -}{6,667 \cdot 1,104 + 0,304 + 0,3 - 0,0734 - 1,0}$$

$$\underline{- 0,3 \cdot 0,79\left(2 \cdot 6,667 \cdot 1,104 - 0,396 - 0,131\right)} = 1,41$$

Предельная величина горизонтальной сосредоточенной силы (по формуле 24)

$$Q_{пр} = \frac{15,0}{6,667 \cdot 1,104}\left[0,3 \cdot 0,79\,(0,396 + 0,131) + (2 \cdot 0,245 + 1)\,0,0424 + \right.$$

$$\left. + 0,242 \cdot 0,304 + 1,41\,(1 + 0,0734 - 0,3 - 0,304)\right] = 1,88 \cong 1,5 \times 1,3 = 1,95$$

г. Расчет по деформациям

Угол поворота определяется по формуле (36)

$$\frac{3F_в}{h^2} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,9}{9} = 0,9; \qquad \frac{\delta_0}{h} = \frac{0,545}{3,0} = 0,182$$

По кривой рис. 9 $\nu_в = 2,5$ $\nu = 5,1$

$$\beta = \frac{3 \cdot 1,3}{8 \cdot 800 \cdot 9,0}\left[(6 \cdot 6,667 + 5) \cdot 2,5 + (6 \cdot 6,667 + 1) \cdot 5,1\right] = 0,0218$$

Пример 5. Рассчитать основание закрепления унифицированной железобетонной опоры ПБ (стойка СН2) в узком цилиндрическом котловане глубиной $h = 3.0$ м. Усилия в опорном сечении стойки, полученные из расчета опоры по нормальному режиму методом разрушающих нагрузок, имеют следующие значения:

$M = 20.0$ тм ; $Q = 1.0$ т ; $N = 8.0$ т

Основание - песок крупный с нормативными характеристиками по данным лабораторных исследований образцов ненарушенной структуры

$\varphi = 38°$; $C = 0$; $\gamma = 1.8$ т/м^3 ; $E = 3300$ т/м^2

Проверяем безригельное закрепление

Параметры закрепления: $h = 3.0$ м ; $b_0 = \frac{\partial_в + \partial_н}{2} = 0.545$ м

1. Расчет по несущей способности.

Расчет выполняется по формулам (32) и (33).

Характеристики грунта и безразмерные коэффициенты

$$m = \gamma \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) = 1.8 \operatorname{tg}^2(45 + 19) = 7.57 \text{ т/м}^3$$

По табл. 4 „Инструкции" $C_{од} = 0.1835$

По формуле (11) $K_{од} = 1 + 0.1835 \frac{3.0}{0.545} = 2.01$

$$b = b_0 \cdot K_{од} = 0.545 \times 2.01 = 1.096 \text{ м}$$

$$U = \frac{m b h^2}{2} = \frac{7.57 \times 1.096 \times 9.0}{2} = 37.3 \text{ т (здесь } \omega = 0)$$

$$H = \frac{M}{Q} = \frac{20}{1.0} = 20 \text{ м}$$

$$\alpha = \frac{H}{h} = \frac{20}{3} = 6.667$$

$$f = \operatorname{tg} \varphi = 0.781$$

$$f_N = f\frac{N}{U} = 0.781 \times \frac{8.0}{37.3} = 0.1676$$

$$f_d = \frac{fb_0}{2h} = \frac{0.781 \times 0.545}{2 \times 3.0} = 0.071$$

Определение параметра „θ"

Поскольку эпюра пассивного сопротивления грунта имеет чисто треугольный характер, а в плоскости подошвы стойки действует сила трения $T_3 = fN = 6.25т$ величина параметра θ будет находиться между 0.7 и 0.8.

Задаемся следующими тремя его значениями

$$\theta_1 = 0.7\ ; \quad \theta_2 = 0.75\ ; \quad \theta_3 = 0.8$$

По формулам (18) - (22) или по таблице II приложения находим переменные коэффициенты $F_1 - F_5$

Они будут равны:

для $\theta = 0.70$ $F_1 = 0.1588$; $F_2 = 0.233$; $F_3 = 0.1412$; $F_4 = 0.7$; $F_5 = 1.129$

для $\theta = 0.75$ $F_1 = 0.131$; $F_2 = 0.25$; $F_3 = 0.119$; $F_4 = 0.75$; $F_5 = 1.132$

для $\theta = 0.80$ $F_1 = 0.1037$; $F_2 = 0.267$; $F_3 = 0.0963$; $F_4 = 0.8$; $F_5 = 1.136$

Полученные значения коэффициентов $F_1 - F_5$ подставляем в правую часть формулы (33) и производим вычисление

$$y_1 = \sqrt{\frac{6,667 \cdot 1,129 + 0,071 + 0,1676\,(6,667 \cdot 1,129 + 0,1412)}{2 \cdot 6,667 \cdot 1,129 - 0,1588 - 0,233}} = 0,779$$

$$y_2 = \sqrt{\frac{6,667 \cdot 1,132 + 0,071 + 0,1676\,(6,667 \cdot 1,132 + 0,119)}{2 \cdot 6,667 \cdot 1,132 - 0,131 - 0,25.}} = 0,778$$

$$y_3 = \sqrt{\frac{6,667 \cdot 1,136 + 0,071 + 0,1676\,(6,667 \cdot 1,136 + 0,0963)}{2 \cdot 6,667 \cdot 1,136 - 0,1037 - 0,267}} = 0.778$$

В рассматриваемом случае из-за резкой сходимости необходимость в построении кривой отпадает.

$$\theta = 0.778$$

Переменные коэффициенты, соответствующие $\theta = 0.778$

$F_1 = 0.1165$; $F_2 = 0.259$; $F_3 = 0.1071$; $F_4 = 0.776$; $F_5 = 1,134$

Предельную величину горизонтальной сосредоточенной силы, приложенной на высоте $H = 20$ м от поверхности грунта определяем по формуле (32)

$$\theta_{пр} = \frac{37,3}{6,667 \cdot 1,134}\left[0,778^2(0,1165+0,259)+0,071+0,1676 \cdot 0,1071\right] = 1,56т > 1,5 \cdot 1,0 = 1,5т$$

2. Расчет по деформациям

Угол поворота определяется по формуле (35)

$$\frac{\delta_0}{h} = \frac{0,545}{3,0} = 0,182$$

по кривой рис. 9 $\nu = 5.1$

$$\beta = \frac{3 \cdot 1,0}{4 \cdot 3300 \cdot 9,0}\left(6 \cdot 6,667 + 3\right) \cdot 5,1 = 0,0055 < 0,01$$

Пример 6. Рассчитать основание закрепления стойки железобетонной унифицированной опоры ПБ28, устанавливаемой в цилиндрический котлован, образованный буровой машиной. Опора рассчитана на сочетания нагрузок нормального режима по методу предельных состояний. Усилия в опорном сечении: $M = 80$ т.м. $Q = 4,0$ т; $N = 8,0$ т

Основание – крупный плотный песок естественной влажности. Заполнение щелей – крупным песком с виброуплотнением.

Проектом предусмотрено одноригельное закрепление, в котором ригель образован двумя унифицированными конструкциями АР5 ($l_р = 3,0$м, $h_р = 0,45$м.) с просветом в ширину ригеля.

Параметры закрепления:

$h = 3,0$м; $b_0 = 0,545$м. $l_р = 3,0$м $h_р = 1,35$м; $y_р = 0,9$м.

1. Расчет по несущей способности.

Для расчета используются формулы (30) и (31)

Расчетные характеристики грунта основания (по табл. 2) $\varphi = 41°$; $C = 0$; $\gamma = 2,0$ т/м³

Характеристики грунта и безразмерные коэффициенты.

$$m = \gamma \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) = 2,0 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{41}{2}\right) = 9,63 \text{ т/м}^3$$

По табл. 4 «Инструкции» $C_{об} = 0,212$

По формуле (14) $K_{об} = 1 + 0,212 \frac{3,0}{0,545} = 2,167$

$$b = b_0 \cdot K_{об} = 0,545 \cdot 2,167 = 1,181 \text{м.}$$

$$U = \frac{m b h^2}{2} = \frac{9,63 \cdot 1,181 \cdot 9}{2} = 51,18 \text{ т.}$$

$$H = \frac{M}{Q} = \frac{80}{4} = 20 \text{м.}$$

$$\alpha = \frac{H}{h} = \frac{20}{3} = 6,667$$

$$f = tg\varphi = 0,869.$$

$$f_N = f\frac{N}{U} = 0,869\ \frac{8,0}{51,18} = 0,1359$$

$$f_d = \frac{fb_0}{2h} = \frac{0,869 \cdot 0,545}{2 \cdot 3,0} = 0,079$$

$$\lambda_d = \frac{\frac{b_0}{2} + d}{h} f = \frac{\frac{0,545}{2} + 0,2}{3,0} \cdot 0,869 = 0,1369$$

$$\lambda_p = \frac{y_p}{h} = \frac{0,9}{3,0} = 0,3$$

$$A = (l_p - b_0)h_p(mc + m y_p)\left(1 + \frac{0,3}{l_p}\right) =$$

$$= (3,0 - 0,545) \cdot 1,35 (0 + 9,63 \cdot 0,9)\left(1 + \frac{0,3}{3,0}\right) = 31,6\ т.$$

$$\mathcal{E} = \frac{A}{U} = \frac{31,6}{51,18} = 0,617$$

Определение параметра „Θ"

Пассивное сопротивление грунта $U = 51,18$ т (эпюра имеет чисто треугольный характер), в плоскости подошвы стойки действует сила трения $T_3 = fN = 6,95$ т, реакция ригеля $A = 31,6$ т

По приближенной формуле

$$\Theta^2 + 2\eta\Theta - \left[\frac{1}{2U}(A_1 + fN + \Theta_{пр} - A) + \eta + \frac{1}{2}\right] = 0$$

Имея в виду, что $\eta = 0$ и $A_1 = 0$ и полагая $\Theta_{пр} = \Theta = 4,0$ т

получим $$\Theta^2 = \frac{1}{2 \cdot 51,18}(6,95 + 4,0 - 31,6) + 0,5 = 0,298$$

$$\Theta = 0,546 \simeq 0,55$$

Для проверки по точной формуле, задаемся следующими тремя его значениями.

$\Theta_1 = 0,525$ $\Theta_2 = 0,55$; $\Theta_3 = 0,575$

По формулам (18)-(22) или по табл. II приложения находим переменные коэффициенты $F_1 - F_5$

Для $\Theta = 0,525$; $F_1 = 0,262$; $F_2 = 0,175$; $F_3 = 0,213$; $F_5 = 1,118$

Для $\Theta = 0,55$ $F_1 = 0,247$; $F_2 = 0,183$; $F_3 = 0,203$

$F_5 = 1,1195$

Для $\Theta = 0{,}575$ $F_1 = 0{,}232$; $F_2 = 0{,}192$ $F_3 = 0{,}193$ $F_5 = 1{,}121$

Полученные значения коэффициентов $F_1 - F_5$ подставляем в правую часть формулы (31) и производим вычисления

$$y_1 = \sqrt{\frac{6{,}667 \cdot 1{,}118 + 0{,}079 + 0{,}1359(6{,}667 \cdot 1{,}118 + 0{,}213) - 0{,}617(6{,}667 \cdot 1{,}118 + 0{,}213 + 0{,}3 - 0{,}1369 - 1}{2 \cdot 6{,}667 \cdot 1{,}118 - 0{,}262 - 0{,}175}} = 0{,}549$$

$$y_2 = \sqrt{\frac{6{,}667 \cdot 1{,}1195 + 0{,}079 + 0{,}1359(6{,}667 \cdot 1{,}1195 + 0{,}203) - 0{,}617(6{,}667 \cdot 1{,}1195 + 0{,}203 + 0{,}3 - 0{,}1369 - 1}{2 \cdot 6{,}667 \cdot 1{,}1195 - 0{,}247 - 0{,}183}} = 0{,}549$$

$$y_3 = \sqrt{\frac{6{,}667 \cdot 1{,}121 + 0{,}079 + 0{,}1359(6{,}667 \cdot 1{,}121 + 0{,}193) - 0{,}617(6{,}667 \cdot 1{,}121 + 0{,}193 + 0{,}3 - 0{,}1369 - 1}{2 \cdot 6{,}667 \cdot 1{,}121 - 0{,}232 - 0{,}192}} = 0{,}549$$

В данном случае ($y_1 = f(\Theta)$ - прямая параллельная оси „Θ") решением уравнения является $\Theta = 0{,}549$

Ошибка вычисления параметра „Θ" по приближенной формуле ничтожно мала.

Для полученного значения $\Theta = 0{,}549$

$F_1 = 0{,}2475$; $F_2 = 0{,}183$; $F_3 = 0{,}204$; $F_5 = 1{,}1195$

Предельная горизонтальная сила, приложенная по высоте $H = 20$м над отметкой поверхности грунта (ф-ла 30)

$$Q_{пр} = \frac{51{,}18}{6{,}667 \cdot 1{,}1195}\left[0{,}549^2(0{,}2475 + 0{,}183) + 0{,}079 + 0{,}1359 \cdot 0{,}204 + 0{,}617(1 + 0{,}1369 - 0{,}3 - 0{,}204)\right] = 4{,}3\ т$$

$Q_p = 4\ т < m_3 m Q_n = 1 \cdot 1 \cdot 4{,}3 = 4{,}3\ т$

2. Расчет по деформациям ($E = 4600\ т/м^2$ по табл.1)

Угол поворота конструкции закрепления определен по формуле (36)

$$\frac{3F_6}{h^2} = \frac{3 \cdot 1{,}35 \cdot 3{,}0}{9} = 1{,}35; \qquad \frac{B_0}{h} = \frac{0{,}545}{3{,}0} = 0{,}182$$

По кривой рис 9 $\nu_c = 2{,}4$ $\nu_н = 5{,}1$

$$\beta = \frac{3 \cdot 4{,}0}{8 \cdot 4600 \cdot 3{,}0^2}\left(6 \cdot 6{,}667 + 5) \cdot 2{,}4 + (6 \cdot 6{,}667 + 1) \cdot 5{,}1\right] = 0{,}0115 < 0{,}02$$

Пример 7. Рассчитать основание закрепления предыдущего примера при условии, что котлован отрывается экскаватором, а уплотнение грунта обратной засыпки осуществляется послойно трамбовкой.

Характеристики грунта. Т.к. грунт в основании имеет нарушенную структуру, его характеристики должны приниматься по графе „ $\mathcal{E} = 0,61 - 0,70$ " табл. 2, т.е. $\varphi = 36^\circ$ $C = 0$ $\gamma = 1,8$ т/м^3;

модуль деформации по той же графе табл. 2

$$E = 3300 \text{ т/м}^2$$

Параметры закрепления (см. предыдущий пример)

$h = 3,0$ м. $b_0 = 0,545$ м. $e_p = 3,0$ м. $h_p = 1,35$ м $y_p = 0,9$ м.

1. Расчет по несущей способности.
(формулы 30 и 32)

Характеристики грунта и безразмерные коэффициенты.

$$m = \gamma \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) = 1,8 \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{36}{2}\right) = 6,03$$

по табл. 4 „ Инструкции " $C_{об} = 0,166$

по формуле (11). $K_{об} = 1 + 0,166 \frac{3,0}{0,545} = 1,914$

$$b = b_0 \cdot K_{об} = 0,545 \cdot 1,914 = 1,043 \text{ м}$$

$$U = \frac{m b h^2}{2} = \frac{6,93 \cdot 1,043 \cdot 3,0^2}{2} = 32,54 \text{ т.}$$

$$H = \frac{M}{Q} = 20 \text{ м} \quad \text{(по предыдущему примеру)}$$

$$\alpha = \frac{H}{h} = \frac{20}{3} = 6,667$$

$$f = \operatorname{tg} \varphi = 0,727$$

$$f_N = f \frac{N}{U} = 0,727 \frac{8,0}{32,54} = 0,1786$$

$$f_d = \frac{f b_o}{2h} = \frac{0,727 \cdot 0,545}{2 \cdot 3,0} = 0,066$$

$$\lambda_d = \frac{\frac{b_o}{2} + a}{h} f = \frac{\frac{0,545}{2} + 0,2}{3,0} \cdot 0,727 = 0,1144$$

$$\lambda_p = \frac{y_p}{h} = \frac{0,9}{3,0} = 0,3$$

$$A = (e_p - b_o) h_p (m_c + m y_p)\left(1 + \frac{0,3}{e_p}\right) =$$

$$= (3,0 - 0,545) \cdot 1,35 (0 + 6,93 \cdot 0,9)\left(1 + \frac{0,3}{3,0}\right) = 22,75 \text{ т}$$

$$\varepsilon = \frac{A}{u} = \frac{22,75}{32,54} = 0,699$$

$$fN = 0,727 \cdot 8,0 = 5,81 \text{ т.}$$

Параметр „θ" сначала определяем по приближенной формуле, в которой полагаем $A_1 = 0$ и $\eta = 0$ а $Q_{пр} = Q = 4,0$ т. т.к. в действительности $Q_{пр}$ будет меньше $Q = 4,0$ т. то значение θ по приближенной формуле будет преувеличенным

$$\theta^2 = \frac{1}{2 \cdot 32,54}\left(5,81 + 4,0 - 22,75\right) + 0,5 = 0,301$$

$$\theta = 0,549$$

Учитывая расчет по приближенной формуле задаемся тремя значениями параметра θ для точного его определения.

$\theta_1 = 0,525$ $\theta_2 = 0,550$ $\theta_3 = 0,575$

т.к. значения параметра θ те же, что и в предыдущем примере, то и коэффициенты $F_1 \div F_5$ будут такими же, т.е.

Для $\theta_1 = 0,525$ $F_1 = 0,262$ $F_2 = 0,175$ $F_3 = 0,213$ $F_5 = 1,118$

Для $\theta_2 = 0,550$ $F_1 = 0,247$ $F_2 = 0,183$ $F_3 = 0,203$ $F_5 = 1,1195$

Для $\theta = 0,575$ $F_1 = 0,232$ $F_2 = 0,192$ $F_3 = 0,193$ $F_4 = 1,121$

Полученные значения коэффициентов $F_1 \div F_5$ подставляем в правую часть формулы (31) и производим вычисления.

$$y_1=\sqrt{\frac{6,667\cdot1,118+0,066+0,1786(6,667\cdot1,118+0,213)-0,699(6,667\cdot1,118+0,213+0,3-0,1144-1,0\cdot}{2\cdot6,667\cdot1,118-0,262-0,175}}=0,532$$

$$y_2=\sqrt{\frac{6,667\cdot1,1195+0,066+0,1786(6,667\cdot1,1195+0,203)-0,699(6,667\cdot1,1195+0,203+0,3-0,1144-1,0)}{2\cdot6,667\cdot1,1195-0,247-0,183}}=0,532$$

$$y_3=\sqrt{\frac{6,667\cdot1,121+0,066+0,1786(6,667\cdot1,121+0,193)-0,699(6,667\cdot1,121+0,193+0,3-0,1144-1,0)}{2\cdot6,667\cdot1,121-0,232-0,192}}=0,532$$

Здесь также как и в примере 6 в построении нет необходимости

$$\Theta = 0,532$$

Для этого значения Θ коэффициенты $F_1 - F_5$ будут равны: $F_1 = 0,258$ $F_2 = 0,1773$ $F_3 = 0,210$ $F_5 = 1,1185$

По формуле (30) определяем предельную горизонтальную силу, действующую на высоте $H=20$ м над отметкой поверхности грунта

$$Q_{пр}=\frac{32,54}{6,667\cdot1,1185}\left[0,532^2\left(0,258+0,1773\right)+0,066+0,1786\cdot0,210+0,699\left(1+\right.\right.$$

$$\left.\left.+0,1144-0,30-0,210\right)\right]=2,83\ т$$

$$m\,m_3\,Q_{пр}=1\cdot0,9\cdot2.83=2,55<Q_р=4,0\ т$$

т.е. это закрепление на условия примера 6 не годится.

2. Расчет по деформациям.

$\nu_б = 2,4$ $\nu_н = 5,1$ по предыдущему примеру

$$\beta=\frac{3\cdot4,0}{8\cdot3300\cdot3,0^2}\left[\left(6,667\cdot6+5\right)\cdot2,4+\left(6,667\cdot6+1\right)\cdot5,1\right]=0,016<0,02$$

т.е. поворот конструкции закрепления за счет деформаций основания меньше допускаемого нормами.

Приложение
Таблица 11

Коэффициенты: F_1; F_2; F_3; F_4; F_5

$\eta = 0,0$ $\alpha = 7,500$

NN п/п	θ	F_1	F_2	F_3	$F_4=\theta$	F_5
1	0,350	0,3772	0,1167	0,2728	0,350	1,097
2	0,375	0,3598	0,1250	0,2652	0,375	1,098
3	0,400	0,3429	0,1333	0,2571	0,400	1,099
4	0,425	0,3262	0,1417	0,2488	0,425	1,100
5	0,450	0,3098	0,1500	0,2402	0,450	1,101
6	0,475	0,2936	0,1583	0,2314	0,475	1,102
7	0,500	0,2778	0,1667	0,2222	0,500	1,104
8	0,525	0,2622	0,1750	0,2128	0,525	1,105
9	0,550	0,2468	0,1833	0,2032	0,550	1,106
10	0,575	0,2316	0,1917	0,1934	0,575	1,108
11	0,600	0,2167	0,2000	0,1833	0,600	1,109
12	0,625	0,2019	0,2083	0,1731	0,625	1,110
13	0,650	0,1874	0,2167	0,1626	0,650	1,112
14	0,675	0,1730	0,2250	0,1520	0,675	1,113
15	0,700	0,1588	0,2333	0,1412	0,700	1,115
16	0,725	0,1448	0,2417	0,1302	0,725	1,116
17	0,750	0,1310	0,2500	0,1190	0,750	1,117
18	0,775	0,1173	0,2583	0,1077	0,775	1,119
19	0,800	0,1037	0,2667	0,0963	0,800	1,120

Продолжение таблицы 11

Коэффициенты F_1; F_2; F_3; F_4; F_5

$\eta = 0,1$ $\alpha = 7500$

NN п/п	Q	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
1	0,350	0,3704	0,1379	0,2795	0,550	1,096
2	0,375	0,3538	0,1467	0,2712	0,575	1,097
3	0,400	0,3375	0,1556	0,2625	0,600	1,098
4	0,425	0,3214	0,1643	0,2536	0,625	1,099
5	0,450	0,3056	0,1731	0,2444	0,650	1,101
6	0,475	0,2899	0,1818	0,2351	0,675	1,102
7	0,500	0,2745	0,1905	0,2255	0,700	1,103
8	0,525	0,2593	0,1991	0,2157	0,725	1,105
9	0,550	0,2443	0,2078	0,2057	0,750	1,106
10	0,575	0,2295	0,2164	0,1955	0,775	1,107
11	0,600	0,2148	0,2250	0,1852	0,800	1,109
12	0,625	0,2003	0,2336	0,1746	0,825	1,110
13	0,650	0,1860	0,242	0,1640	0,850	1,111
14	0,675	0,1719	0,2507	0,1531	0,875	1,113
15	0,700	0,1579	0,2593	0,1421	0,900	1,114
16	0,725	0,1440	0,2678	0,1309	0,925	1,116
17	0,750	0,1303	0,2763	0,1197	0,950	1,117
18	0,775	0,1168	0,2848	0,1082	0,975	1,119
19	0,800	0,1033	0,2933	0,0967	1,000	1,120

Продолжение таблицы № 11

Коэффициенты F_1; F_2; F_3; F_4; F_5

$\zeta = 0.2$ $\alpha = 7.500$

№№ п/п	θ	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
1	0.350	0.3652	0.1478	0.2848	0.750	1.095
2	0.375	0.3492	0.1673	0.2758	0.775	1.097
3	0.400	0.3333	0.1667	0.2667	0.800	1.098
4	0.425	0.3177	0.1760	0.2573	0.825	1.099
5	0.450	0.3022	0.1853	0.2477	0.850	1.100
6	0.475	0.2870	0.1945	0.2380	0.875	1.102
7	0.500	0.2719	0.2037	0.2281	0.900	1.103
8	0.525	0.2570	0.2128	0.2180	0.925	1.104
9	0.550	0.2423	0.2219	0.2077	0.950	1.106
10	0.575	0.2277	0.2310	0.1973	0.975	1.107
11	0.600	0.2133	0.2400	0.1867	1.000	1.108
12	0.625	0.1991	0.2490	0.1759	1.025	1.110
13	0.650	0.1850	0.2579	0.1650	1.050	1.111
14	0.675	0.1710	0.2669	0.1540	1.075	1.113
15	0.700	0.1571	0.2758	0.1429	1.100	1.114
16	0.725	0.1434	0.2846	0.1316	1.125	1.116
17	0.750	0.1298	0.2935	0.1202	1.150	1.117
18	0.775	0.1164	0.3023	0.1086	1.175	1.119
19	0.800	0.1030	0.3111	0.0970	1.200	1.120

Продолжение таблицы 11

Коэффициенты: F_1; F_2; F_3; F_4; F_5

$\eta = 0,4$ $\alpha = 7.500$

NN п/п	θ	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
1	0,350	0,3577	0,1572	0,2922	1,150	1,094
2	0,375	0,3424	0,1675	0,2826	1,175	1,096
3	0,400	0,3273	0,1778	0,2727	1,200	1,097
4	0,425	0,3123	0,1879	0,2627	1,225	1,098
5	0,450	0,2974	0,1980	0,2526	1,250	1,100
6	0,475	0,2827	0,2080	0,2423	1,275	1,101
7	0,500	0,2681	0,2179	0,2319	1,300	1,102
8	0,525	0,2536	0,2278	0,2213	1,325	1,104
9	0,550	0,2394	0,2376	0,2106	1,350	1,105
10	0,575	0,2252	0,2474	0,1998	1,375	1,107
11	0,600	0,2111	0,2571	0,1889	1,400	1,108
12	0,625	0,1972	0,2668	0,1778	1,425	1,110
13	0,650	0,1833	0,2764	0,1667	1,450	1,111
14	0,675	0,1696	0,2860	0,1554	1,475	1,113
15	0,700	0,1560	0,2956	0,1440	1,500	1,114
16	0,725	0,1425	0,3051	0,1325	1,525	1,116
17	0,750	0,1291	0,3145	0,1209	1,550	1,117
18	0,775	0,1158	0,9239	0,1092	1,575	1,119
19	0,800	0,1026	0,3333	0,0974	1,600	1,120

Продолжение таблицы 11

Коэффициенты F_1; F_2; F_3; F_4; F_5

$\eta = 0.6$ $\alpha = 7.500$

NN п/п	Θ	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
1	0,350	0,3526	0,1618	0,2974	1,550	1,094
2	0,375	0,3378	0,1726	0,2872	1,575	1,095
3	0,400	0,3231	0,1833	0,2769	1,600	1,096
4	0,425	0,3085	0,1940	0,2665	1,625	1,098
5	0,450	0,2940	0,2045	0,2560	1,650	1,099
6	0,475	0,2797	0,2150	0,2453	1,675	1,101
7	0,500	0,2654	0,2255	0,2346	1,700	1,102
8	0,525	0,2513	0,2359	0,2237	1,725	1,104
9	0,550	0,2373	0,2462	0,2127	1,750	1,105
10	0,575	0,2233	0,2565	0,2016	1,775	1,106
11	0,600	0,2095	0,2667	0,1905	1,800	1,108
12	0,625	0,1958	0,2768	0,1792	1,825	1,109
13	0,650	0,1822	0,2869	0,1678	1,850	1,111
14	0,675	0,1686	0,2970	0,1564	1,875	1,112
15	0,700	0,1552	0,3070	0,1448	1,900	1,114
16	0,725	0,1418	0,3170	0,1932	1,925	1,116
17	0,750	0,1285	0,3269	0,1215	1,950	1,117
18	0,775	0,1153	0,3368	0,1097	1,975	1,119
19	0,800	0,1022	0,3467	0,0978	2,000	1,120

Продолжение таблицы 11

Коэффициенты: F_1; F_2; F_3; F_4; F_5

$\eta = 0{,}8$ $\quad$ $\alpha = 7.500$

NN п/п	Q	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
1	0,350	0,3489	0,1645	0,3011	1,950	1.093
2	0,375	0,3344	0,1756	0,2906	1,975	1.095
3	0,400	0,3200	0,1867	0,2800	2,000	1.096
4	0,425	0,3057	0,1976	0,2693	2,025	1,097
5	0,450	0,2915	0,2085	0,2585	2,050	1.099
6	0,475	0,2774	0,2194	0,2476	2,075	1,100
7	0,500	0,2634	0,2302	0,2366	2,100	1,102
8	0,525	0,2495	0,2409	0,2255	2,125	1,103
9	0,550	0,2357	0,2515	0,2143	2,150	1,105
10	0,575	0,2220	0,2622	0,2030	2,175	1,106
11	0,600	0,2083	0,2727	0,1917	2,200	1,108
12	0,625	0,1948	0,2832	0,1802	2,225	1,109
13	0,650	0,1813	0,2937	0,1687	2,250	1,111
14	0,675	0,1679	0,3041	0,1571	2,275	1,112
15	0,700	0,1545	0,3145	0,1454	2,300	1,114
16	0,725	0,1413	0,3248	0,1337	2,325	1,116
17	0,750	0,1281	0,3351	0,1219	2,350	1,117
18	0,775	0,1150	0,3454	0,1100	2,375	1,119
19	0,800	0,1020	0,3556	0,0980	2.400	1,120

Продолжение таблицы № 11

Коэффициенты F_1; F_2; F_3; F_4; F_5

$\eta = 1.0$ $\alpha = 7.500$

№№ п/п	θ	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
1	0.350	0.3460	0.1663	0.3040	2.350	1.093
2	0.375	0.3318	0.1776	0.2932	2.375	1.094
3	0.400	0.3176	0.1889	0.2824	2.400	1.096
4	0.425	0.3036	0.2001	0.2714	2.425	1.097
5	0.450	0.2896	0.2112	0.2604	2.450	1.099
6	0.475	0.2757	0.2223	0.2493	2.475	1.100
7	0.500	0.2619	0.2333	0.2381	2.500	1.102
8	0.525	0.2482	0.2443	0.2268	2.525	1.103
9	0.550	0.2345	0.2552	0.2155	2.550	1.105
10	0.575	0.2210	0.2661	0.2041	2.575	1.106
11	0.600	0.2074	0.2769	0.1926	2.600	1.108
12	0.625	0.1940	0.2877	0.1810	2.625	1.109
13	0.650	0.1806	0.2984	0.1694	2.650	1.111
14	0.675	0.1673	0.3031	0.1577	2.675	1.112
15	0.700	0.1541	0.3198	0.1459	2.700	1.114
16	0.725	0.1409	0.3304	0.1341	2.725	1.115
17	0.750	0.1278	0.3409	0.1222	2.750	1.117
18	0.775	0.1147	0.3514	0.1103	2.775	1.119
19	0.800	0.1018	0.3619	0.0982	2.800	1.120

Продолжение таблицы № 11

Коэффициенты $F_1; F_2; F_3; F_4; F_5$

$\eta = 1.2$ $\alpha = 7.500$

№№ п/п	B	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
1	0.350	0.3438	0.1676	0.3062	2.750	1.093
2	0.375	0.3297	0.1791	0.2953	2.775	1.094
3	0.400	0.3158	0.1905	0.2842	2.800	1.095
4	0.425	0.3019	0.2018	0.2731	2.825	1.097
5	0.450	0.2881	0.2132	0.2619	2.850	1.098
6	0.475	0.2744	0.2244	0.2506	2.875	1.100
7	0.500	0.2607	0.2356	0.2393	2.900	1.101
8	0.525	0.2471	0.2468	0.2279	2.925	1.103
9	0.550	0.2335	0.2579	0.2165	2.950	1.104
10	0.575	0.2201	0.2690	0.2049	2.975	1.106
11	0.600	0.2067	0.2800	0.1933	3.000	1.108
12	0.625	0.1933	0.2910	0.1817	3.025	1.109
13	0.650	0.1800	0.3019	0.1700	3.050	1.111
14	0.675	0.1668	0.3128	0.1582	3.075	1.112
15	0.700	0.1537	0.3237	0.1463	3.100	1.114
16	0.725	0.1406	0.3445	0.1344	3.125	1.115
17	0.750	0.1275	0.3452	0.1225	3.150	1.117
18	0.775	0.1145	0.3560	0.1105	3.175	1.119
19	0.800	0.1016	0.3667	0.0984	3.200	1.120

Продолжение таблицы № 11

Коэффициенты F_1; F_2; F_3; F_4; F_5

$\eta = 1.4$ $\alpha = 7.500$

№№ п/п	θ	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
1	0.350	0.3420	0.1685	0.3080	3.150	1.092
2	0.375	0.3281	0.1801	0.2969	3.175	1.094
3	0.400	0.3143	0.1917	0.2857	3.200	1.095
4	0.425	0.3005	0.2032	0.2745	3.225	1.097
5	0.450	0.2869	0.2146	0.2631	3.250	1.098
6	0.475	0.2732	0.2260	0.2518	3.275	1.100
7	0.500	0.2597	0.2374	0.2403	3.300	1.101
8	0.525	0.2462	0.2487	0.2288	3.325	1.103
9	0.550	0.2328	0.2599	0.2172	3.350	1.104
10	0.575	0.2194	0.2712	0.2056	3.375	1.106
11	0.600	0.2061	0.2824	0.1939	3.400	1.107
12	0.625	0.1928	0.2935	0.1822	3.425	1.109
13	0.650	0.1796	0.3046	0.1704	3.450	1.110
14	0.675	0.1664	0.3156	0.1586	3.475	1.112
15	0.700	0.1533	0.3267	0.1467	3.500	1.114
16	0.725	0.1403	0.3376	0.1347	3.525	1.115
17	0.750	0.1273	0.3486	0.1227	3.550	1.117
18	0.775	0.1143	0.3595	0.1107	3.575	1.119
19	0.800	0.1015	0.3704	0.0986	3.600	1.120

Продолжение таблицы № 11

Коэффициенты F_1; F_2; F_3; F_4; F_5

$\eta = 1,6$ $\qquad$ $d = 7,500$

NN п/п	θ	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
1	0,350	0,3405	0,1692	0,3095	3,550	1,092
2	0,375	0,3267	0,1809	0,2983	3,575	1,094
3	0,400	0,3130	0,1926	0,2870	3,600	1,095
4	0,425	0,2994	0,2042	0,2756	3,625	1,097
5	0,450	0,2858	0,2158	0,2642	3,650	1,098
6	0,475	0,2723	0,2273	0,2527	3,675	1,100
7	0,500	0,2589	0,2387	0,2411	3,700	1,101
8	0,525	0,2455	0,2502	0,2295	3,725	1,103
9	0,550	0,2321	0,2616	0,2179	3,750	1,104
10	0,575	0,2188	0,2729	0,2062	3,775	1,106
11	0,600	0,2056	0,2842	0,1944	3,800	1,107
12	0,625	0,1924	0,2955	0,1826	3,825	1,109
13	0,650	0,1792	0,3067	0,1708	3,850	1,111
14	0,675	0,1661	0,3179	0,1589	3,875	1,112
15	0,700	0,1531	0,3291	0,1469	3,900	1,114
16	0,725	0,1401	0,3402	0,1349	3,925	1,115
17	0,750	0,1271	0,3513	0,1229	3,950	1,117
18	0,775	0,1142	0,3623	0,1108	3,975	1,119
19	0,800	0,1013	0,3733	0,0987	4,000	1,120

Продолжение таблицы № 11

Коэффициенты F_1; F_2; F_3; F_4; F_5

$\zeta = 1.8$ $\alpha = 7.500$

№№ п/п	θ	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
1	0.350	0.3392	0.1698	0.3108	3.950	1.092
2	0.375	0.3256	0.1816	0.2994	3.975	1.093
3	0.400	0.3120	0.1933	0.2880	4.000	1.095
4	0.425	0.2985	0.2050	0.2765	4.025	1.096
5	0.450	0.2850	0.2167	0.2650	4.050	1.098
6	0.475	0.2716	0.2283	0.2534	4.075	1.100
7	0.500	0.2582	0.2398	0.2418	4.100	1.101
8	0.525	0.2448	0.2514	0.2302	4.125	1.103
9	0.550	0.2316	0.2629	0.2184	4.150	1.104
10	0.575	0.2183	0.2743	0.2067	4.175	1.106
11	0.600	0.2051	0.2857	0.1949	4.200	1.107
12	0.625	0.1920	0.2971	0.1830	4.225	1.109
13	0.650	0.1789	0.3034	0.1711	4.250	1.110
14	0.675	0.1658	0.3197	0.1592	4.275	1.112
15	0.700	0.1528	0.3310	0.1472	4.300	1.113
16	0.725	0.1399	0.3422	0.1351	4.325	1.115
17	0.750	0.1269	0.3534	0.1231	4.350	1.117
18	0.775	0.1141	0.3647	0.1109	4.375	1.119
19	0.800	0.1012	0.3758	0.0988	4.400	1.120

Продолжение таблицы № 11

Коэффициенты $F_1; F_2; F_3; F_4; F_5$

$\zeta = 2.0$ $\alpha = 7.500$

№№ п/п	θ	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
1	0.350	0.3382	0.1703	0.3118	4.350	1.092
2	0.375	0.3246	0.1821	0.3004	4.375	1.093
3	0.400	0.3111	0.1939	0.2889	4.400	1.095
4	0.425	0.2947	0.2057	0.2773	4.425	1.096
5	0.450	0.2843	0.2174	0.2657	4.450	1.098
6	0.475	0.2709	0.2291	0.2541	4.475	1.099
7	0.500	0.2576	0.2407	0.2424	4.500	1.101
8	0.525	0.2443	0.2523	0.2307	4.525	1.103
9	0.550	0.2311	0.2639	0.2189	4.550	1.104
10	0.575	0.2179	0.2755	0.2071	4.575	1.106
11	0.600	0.2048	0.2870	0.1952	4.600	1.107
12	0.625	0.1917	0.2984	0.1833	4.625	1.109
13	0.650	0.1786	0.3099	0.1714	4.650	1.110
14	0.675	0.1656	0.3213	0.1594	4.675	1.112
15	0.700	0.1526	0.3326	0.1474	4.700	1.114
16	0.725	0.1397	0.3444	0.1353	4.725	1.115
17	0.750	0.1268	0.3553	0.1231	4.750	1.117
18	0.775	0.1140	0.3665	0.1110	4.775	1.119
19	0.800	0.1012	0.3778	0.0989	4.800	1.120

Окончание таблицы № 11

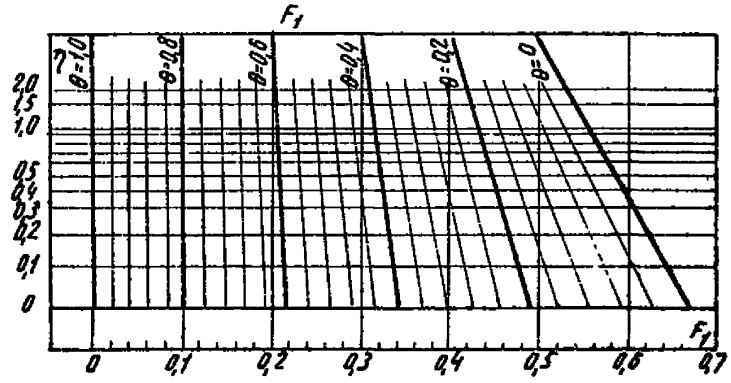
Коэффициенты F_1; F_2; F_3; F_4; F_5

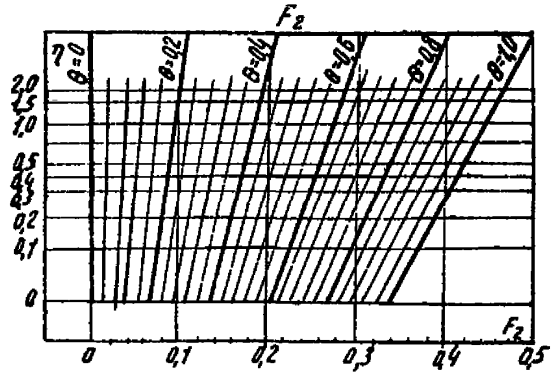
$\eta = 2.2$ $\alpha = 7.500$

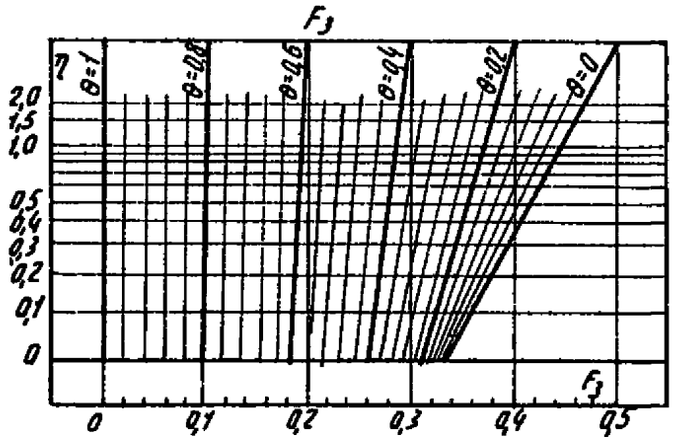
№№ п/п	θ	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
1	0.350	0.3372	0.1707	0.3127	4.750	1.092
2	0.375	0.3238	0.1826	0.3012	4.775	1.093
3	0.400	0.3103	0.1944	0.2896	4.800	1.095
4	0.425	0.2970	0.2063	0.2780	4.825	1.096
5	0.450	0.2836	0.2180	0.2664	4.850	1.098
6	0.475	0.2703	0.2298	0.2547	4.875	1.099
7	0.500	0.2571	0.2415	0.2429	4.900	1.101
8	0.525	0.2438	0.2532	0.2312	4.925	1.103
9	0.550	0.2307	0.2648	0.2193	4.950	1.104
10	0.575	0.2175	0.2764	0.2075	4.975	1.106
11	0.600	0.2044	0.2880	0.1956	5.000	1.107
12	0.625	0.1914	0.2995	0.1836	5.025	1.109
13	0.650	0.1784	0.3110	0.1716	5.050	1.110
14	0.675	0.1654	0.3225	0.1596	5.075	1.112
15	0.700	0.1525	0.3340	0.1475	5.100	1.114
16	0.725	0.1396	0.3459	0.1354	5.125	1.115
17	0.750	0.1267	0.3568	0.1233	5.150	1.117
18	0.775	0.1139	0.3682	0.1111	5.175	1.119
19	0.800	0.1011	0.3795	0.0989	5.200	1.120

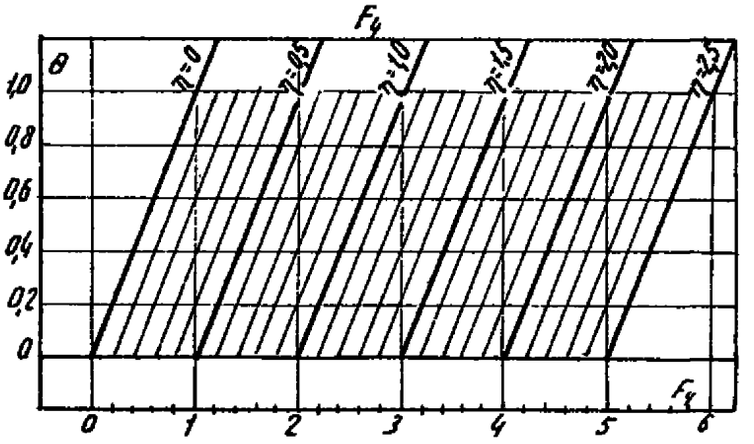
Приложение 2

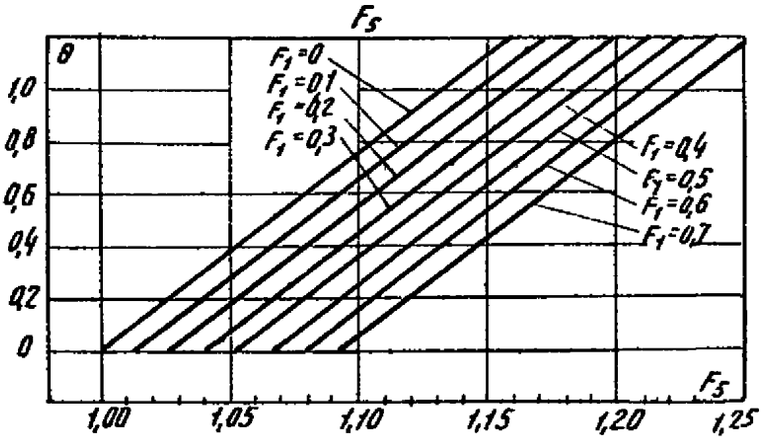
Номограммы для определения тригонометрических коэффициентов $F_1 = f(\eta, \theta)$






F3
η
θ=1
θ=0,8
θ=0,6
θ=0,4
θ=0,2
θ=0
2,0
1,5
1,0
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
F3
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5


F4
θ
η=0
η=0,5
η=1,0
η=1,5
η=2,0
η=2,5
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
F4
0
1
2
3
4
5
6


F5
θ
F1=0
F1=0,1
F1=0,2
F1=0,3
F1=0,4
F1=0,5
F1=0,6
F1=0,7
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
F5
1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25

VII. Принятые основные буквенные обозначения:

γ – объемный вес грунта.

φ – угол внутреннего трения грунта.

$\varphi_б$ – угол внутреннего трения грунта банкетки.

c – удельное сцепление.

ψ – угол сдвига.

E – модуль деформации грунта

ε – коэффициент пористости грунта

W_p – влажность грунта на границе раскатывания.

$K_{\frac{60}{10}}$ – коэффициент неоднородности грунта.

G – степень влажности грунта.

B – консистенция грунта.

ξ_i – обобщенная характеристика (объемный вес, удельное сцепление, угол внутреннего трения) грунта

σ – нормальное напряжение.

τ – касательное напряжение

m – характеристика пассивного давления грунта, определяемого внутренним трением.

m_c – характеристика пассивного давления грунта, определяемая его сцеплением.

P – полное пассивное давление грунта.

u – пассивное давление грунта на стойку, определяемое внутренним трением.

A – предельная величина давления грунта на верхний ригель.

A_1 – предельная величина давления грунта на нижний ригель

$Q^д$ – действующая поперечная сила при расчете по методу разрушающих нагрузок.

Q_p – расчетное значение поперечной силы на отметке поверхности грунта при расчете по методу предельных состояний.

$Q^н$ – нормативная горизонтальная сосредоточенная сила.

$Q_п$ – предельная поперечная сила.

M – опрокидывающий момент.

$M_п$ – предельный опрокидывающий момент.

N – вертикальная сила на отметке подошвы стойки.

β – угол поворота закрепления за счет деформаций грунта.

$\beta^н$ – нормированная величина предельного угла поворота закрепления.

m – коэффициент условий работы зависящий от типа опоры (принимается по табл.21 гл.СНиП II-И.9-62)

K – коэффициент запаса несущей способности оснований закреплений при расчете по методу разрушающих нагрузок.

$m_з$ – коэффициент условий работы учитывающий специфику работ оснований таких фундаментов.

H – высота приложения силы Q.

h и h_i – высота закрепления (длина участка стойки, расположенная ниже природной отметки грунта)

$H_п$ – приведенная расчетная высота приложения горизонтальной силы Q для банкеточного закрепления без нарушения естественной структуры основного грунта при расчете по II му предельному состоянию.

$h_п$ – приведенная расчетная высота банкеточного закрепления, без нарушения естественной структуры основ-

ного грунта при расчете по II предельному состоянию.

b_o – ширина (диаметр) стойки закрепления

b – расчетная ширина стойки.

$K_{од}$ – коэффициент одиночности, учитывающий пространственную работу грунта закрепления.

$l_р$ – длина верхнего ригеля.

$l_{р_1}$ – длина нижнего ригеля.

$y_р$ – расстояние от поверхности грунта до оси верхнего ригеля.

$y_{р_1}$ – расстояние от поверхности грунта до оси нижнего ригеля.

$h_р$ – ширина ригеля

a – наибольшая толщина ригеля.

$F_в$ – площадь боковой поверхности верхнего ригеля.

$F_н$ – площадь боковой поверхности нижнего ригеля

$h_п'; H_п'$ – тоже, что и $h_п$ и $H_п$ при нарушении естественной структуры основного грунта.

$\alpha; \gamma; f_м; f_в; \lambda_р; \lambda_{р_1}; \lambda_{d_j}; m$ и ε – безразмерные постоянные коэффициенты см. стр. 30.

$F_1; F_2; F_3; F_4$ и F_5 – безразмерные переменные коэффиц. см. стр. 30

$T_1; T_2; T_3; T_4$ и T_5 – силы трения на поверхностях элементов закрепления.

θ – относительная глубина центра поворота закрепления.

$\alpha_п$ и $\alpha_п'$ – то же, что α, но определяются по $h_п, H_п$ и $h_п', H_п'$ соответственно.

$h_б$ – высота банкетки.

$B_б$ – ширина банкетки.

коса банкетки

$\gamma_1; \gamma_в$ и $\gamma_н$ – безразмерные коэффициенты, определяемые по кривой рис. 9 стр. 42

$m_д$ – дополнительный коэффициент условий работы, вводимый в расчет при действии нагрузок в двух перпенд. плоскостях.

gost.e-ecolog.ru