ООО «НТЦ «ПРОМБЕЗОПАСНОСТЬ-ОРЕНБУРГ»

РУКОВОДСТВО
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ НЕСТАБИЛИЗИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ

Оренбург 2011

Разработано:
ООО «НТЦ «Промбезопасность-Оренбург».
Юридический адрес:
РФ, 460038, г. Оренбург, пр. Дзержинского, 2/2
Почтовый (фактический) адрес:
РФ, 460038, г. Оренбург, пр. Дзержинского, 2/2
Тел. (3532) 65-03-20, 30-56-30, факс 65-04-30.
Руководитель темы – заместитель исполнительного директора, кандидат технических наук И. С. Иванов.
Одобрено:
Техническим советом ООО «НТЦ «Промбезопасность-Оренбург».
Введено:
Впервые.
Рекомендовано:
В качестве дополнения к нормам проектирования оснований зданий и сооружений, возводимых на грунтах при нестабилизированном состоянии.

Содержание

1. Область применения 4
2. Общие положения 4
3. Проектирование оснований при нестабилизированном состоянии 6
3.1. Общие указания 6
3.2. Нагрузки и воздействия 6
3.3. Нормативные и расчётные значения характеристик грунтов 7
3.4. Расчёт оснований по деформациям
(по второму предельному состоянию) 7
3.5. Расчёт оснований по несущей способности
(по первому предельному состоянию) 24

1. Область применения

1.1. Руководство по проектированию оснований при нестабилизированном состоянии (далее – руководство) разработано в развитие обязательных положений и требований СП 22.13330.2011, обобщает и расширяет область их действия, основано на тех же принципах и не противоречит им.

1.2. При использовании руководства обязательным является выполнение требований СП 22.13330.2011, за исключением пунктов проектирования оснований при нестабилизированном состоянии.

1.3. Настоящее руководство должно соблюдаться при проектировании оснований зданий и сооружений (далее сооружений), строящихся на водонасыщенных пылевато-глинистых грунтах, при быстрых темпах строительства, а также при развитии в грунтах избыточного порового давления.

1.4. Руководство содержит указания по проектированию оснований зданий и сооружений на основаниях, сложенных медленно уплотняющимися водонасыщенными пылевато-глинистыми и биогенными грунтами (при степени влажности $S_r \geq 0.85$ и коэффициенте консолидации $c_v \leq 10^7 \frac{см^2}{год}$).

$$c_v = \frac{k_f}{\gamma_w \cdot m_v} \qquad 1.1.$$

где k_f - коэффициент фильтрации грунта;

m_v -коэффициент относительной сжимаемости грунта:

$\gamma_w = 1.00 \frac{т}{м^3}$ -удельный вес воды.

1.5. Допускается применение руководства при оценке работоспособности оснований существующих зданий и сооружений при быстром поднятии уровня подземных вод, замачивании основания технологическими или атмосферными водами.

1.6. Настоящее руководство не распространяется на проектирование оснований дорог, аэродромных покрытий, сооружений, возводимых на вечномёрзлых грунтах, свайных фундаментов, глубоких опор и фундаментов под машины с динамическими нагрузками.

1.7. Руководство разработано и является собственностью ООО «НТЦ «Промбезопасность-Оренбург». Применение его другими организациями возможно только при согласовании с ООО «НТЦ «Промбезопасность-Оренбург».

2. Общие положения

2.1.Настоящее руководство основано на приведённых ниже допущениях и предусматривают, что:

-исходные данные для проектирования должны быть в необходимом и достаточном объёме, однозначно анализироваться и интерпретироваться специалистами, обладающими соответствующей квалификацией;

-проектирование должно выполняться специалистами, имеющими соответствующую квалификацию и опыт;

-при выполнении работ должна быть обеспечена координация и связь между специалистами по инженерным изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации;

-при производстве работ должен быть соответствующий контроль качества по всем видам работ;

-используемые материалы, изделия должны удовлетворять требованиям проекта и действующим техническим условиям;

-техническое обслуживание сооружения должно обеспечить безопасность и рабочее состояние на весь срок эксплуатации;

-сооружение должно использоваться по назначению в соответствии с проектом.

2.2. Основания и фундаменты зданий сооружений, когда возможно развитие нестабилизированного состояния, должны проектироваться с учётом:

-данных, характеризующих назначение, конструктивные и технологические особенности сооружения и условия его эксплуатации;

-уровня ответственности сооружений в соответствии с ГОСТ 27751:

I-повышенный,

II- нормальный,

III-пониженный;

-результатов инженерно-геодезических, инженерно-геологических и инженерно-гидрологических изысканий для строительства. Инженерные изыскания для строительства должны проводиться в соответствии с требованиями СНиП 11-02, СП 11-102, СП 11-104, СП 11-105, государственных стандартов и других нормативных документов по инженерным изысканиям и исследованиям грунтов оснований организациями, имеющими соответствующие допуски на эти виды работ. Наименование грунтов в отчётах и проектах следует принимать по ГОСТ 25100. Проектирование без результатов инженерных изысканий или при их недостаточности не допускается;

-технико-экономического сравнения возможных вариантов проектных решений для принятия варианта, при котором наиболее полно используются прочностные и деформационные характеристики грунтов и материалов фундаментов;

-учёта опыта местных условий проектирования, строительства и эксплуатации оснований и фундаментов в аналогичных условиях, указаний территориальных норм (если таковые имеются). Данные о климатических условиях района строительства должны приниматься в соответствии со СНиП 23-01-99*. Следует также учитывать производственные возможности строительных организаций;

-экологических и санитарно-эпидемиологических требований;

-положений СП 22.13330.2011, кроме требований для оснований в нестабилизированном состоянии.

2.3. Критерием прочности грунтов при нестабилизированном состоянии является уравнение Кулона с учётом избыточного порового давления. Уравнение прочности принимается по зависимости (в главных напряжениях):

$$\frac{\sigma_1-\sigma_3}{\sigma_1+\sigma_3+2\cdot c\cdot ctg\varphi-2\cdot u}=\sin\varphi \qquad 2.1.$$

где

σ_1,σ_3 – соответственно наибольшее и наименьшее главные напряжения;

φ, c - угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта;

u - избыточное поровое давление.

Примечание.

При достижении полной стабилизации грунта (отсутствии избыточного порового давления) уравнение 2.1 полностью соответствует закону Ш. Кулона для стабилизированного состояния основания.

2.4. Избыточное поровое давление в поровой воде допускается определять методами фильтрационной консолидации грунтов с учётом скорости приложения нагрузки, либо вести мониторинг по фактическому контролю избыточного порового давления при возведении и эксплуатации сооружения.

2.5. При быстром приложении нагрузок на грунт допускается в запас надёжности принимать избыточное поровое давление в поровой воде по формуле (для мгновенного приложения нагрузок):

$$u = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \qquad 2.2.$$

Это соответствует наиболее неблагоприятному случаю, при котором работоспособность основания будет минимальной.

2.6. При соответствующем обосновании (снижении темпов строительства, устройством дренажных устройств и др.) допускается проектирование оснований с неполным развитием избыточного порового давления.

2.7. При проектировании оснований и фундаментов уникальных зданий и сооружений, сооружений I уровня ответственности, а также массовой застройки зданиями II уровня необходимо предусматривать научно-техническое сопровождение строительства.

3. Проектирование оснований при нестабилизированном состоянии

3.1. Общие указания

3.1.1. Проектирование оснований при возможности развития нестабилизированного состояния включает обоснованный выбор:

-конструкции фундамента (ленточного, столбчатого или в виде плиты);

-материала фундамента (железобетонного, бетонного, из каменной кладки);

-размеров фундамента (глубины заложения, размеров подошвы и др.);

-мероприятий по уменьшению деформаций оснований и влияния их на сооружения.

3.1.2. Основания должны рассчитываться по двум группам предельных состояний: первой группе, по несущей способности, и второй группе, по деформациям.

3.1.3. Расчётная схема системы сооружение-основание должна выбираться с учётом наиболее неблагоприятных факторов, определяющих напряжённое состояние и деформации основания и конструкций сооружения.

3.2. Нагрузки и воздействия

3.2.1. Нагрузки и воздействия на нестабилизированное основание, передаваемые фундаментами сооружений, должны устанавливаться расчётом, как правило, исходя из рассмотрения совместной работы сооружения и основания. Результирующие нагрузки в уровне подошвы фундамента определяются как сумма реакций от надземной части сооружения из статического расчёта (приложенные к верху фундамента) и собственного веса тела фундамента и грунта на его обрезах.

3.2.2. Учитываемые нагрузки и воздействия, коэффициенты надёжности по нагрузкам, а также возможные сочетания нагрузок должны приниматься согласно требованиям СП 20.13330.2011. «Нагрузки и воздействия».

3.2.3. Расчёт оснований при нестабилизированном состоянии должен производиться (в обязательном порядке):

-по I предельному состоянию (несущей способности), на основное сочетание нагрузок, а при наличии особых, на основное и особое сочетания нагрузок;

-по II предельному состоянию (деформациям) на основное сочетание нагрузок.

3.2.4. В расчётах оснований необходимо учитывать нагрузки от складируемого материала и оборудования, размещаемых вблизи фундаментов.

3.2.5. Усилия в конструкциях, вызываемые климатическими температурными воздействиями, при расчёте оснований не должны учитываться, если расстояния между температурно-усадочными швами не превышают значений, указанных в нормативных документах по проектированию соответствующих конструкций.

3.3. Нормативные и расчётные значения характеристик грунтов

3.3.1. Нормативные и расчётные значения характеристик грунтов должны устанавливаться по результатам инженерно геологических и гидрогеологических изысканий, а также требованиям СП 22.13330.2011.

3.3.2. При исследовании физико-механических свойств основания обязательным является определение их показателей при условии их полного водонасыщения.

3.3.3. Прочностные свойства грунтов, с учётом избыточного порового давления, рекомендуется определять с использованием стабилометрических испытаний по ГОСТ 12248-96.

3.4. Расчёт оснований по деформациям (по второму предельному состоянию)

3.4.1. Расчёт осадок фундаментов проводится в полном соответствии требований СП 22.13330.2011. При этом нагрузки на фундаменты ограничиваются таким образом, что зоны предельного состояния в грунте при нестабилизированном состоянии либо отсутствуют, либо ограничены по глубине, меньшей или равной j ширины подошвы фундамента. В данном диапазоне нагрузок осадки фундамента прямо пропорциональны действующим под подошвой давлениям, основание считается линейно-деформируемым телом и характеризуется деформационными характеристиками в виде постоянных величин модуля деформации грунта E и коэффициента поперечной деформации (Пуассона) ν.

3.4.2. Прочность и устойчивость фундаментов и надземных конструкций при этом должны быть проверены расчётом, учитывающим усилия, которые возникают при взаимодействии сооружения с основанием.

3.4.3. Расчёт деформаций нестабилизированного основания фундамента следует выполнять с использованием расчётной схемы линейно деформируемого полупространства с условным ограничением глубины сжимаемой толщи в полном соответствии с требованиями СП 22.13330.2011, исходя из условия:

$$S \le S_u \qquad 3.4.1.$$

где

S - расчётная осадка основания, определяемая по методу послойного суммирования;

S_u - предельное значение осадки основания фундамента (совместной деформации основания и сооружения), устанавливаемое по технологическим требованиям к зданию или рекомендациям СП 22.13330.2011.

3.4.4. Среднее давление под подошвой фундамента σ не должно превышать расчётное сопротивление грунта при нестабилизированном состоянии R_n:

$$\sigma \le R_n \qquad 3.4.2.$$

3.4.5. Расчётное сопротивление грунта (как при стабилизированном, так и при нестабилизированном состоянии R_n), определяется по формуле:

$$R_n = \frac{\gamma_{c1}\cdot\gamma_{c2}}{k}\left[M_{\gamma,n}\cdot k_z\cdot b\cdot\gamma_{II} + M_{q,n}\cdot d_I\cdot\gamma'_{II} + (M_{q,n}-1)\cdot d_b\cdot\gamma'_{II} + M_{c,n}\cdot c_{II}\right] \qquad 3.4.3.$$

γ_{c1}, γ_{c2} - коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 3.4.1.;

k - коэффициент, принимаемый равным: $k=1$, если прочностные характеристики грунта (угол внутреннего трения и удельное сцепление) определены непосредственными испытаниями, и $k=1.1$, если они приняты по таблицам СП 22.13330.2011;

$M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$, безразмерные коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения φ_{II}, а также от степени развития избыточного порового давления в основании $f(t)$ и определяются по формулам:

$$M_{\gamma,n} = \frac{\pi}{4\left[\frac{\sin(\alpha_э)}{\sin\varphi_{II}} - (1-f(t))\cdot\alpha_э\right]} \qquad 3.4.4.$$

$$M_{q,n} = 1 + \frac{\pi}{\left[\frac{\sin(\alpha_э)}{\sin\varphi_{II}} - (1-f(t))\cdot\alpha_э\right]} \qquad 3.4.5.$$

$$M_{c,n} = \frac{\pi\cdot ctg\varphi}{\left[\frac{\sin(\alpha_э)}{\sin\varphi_{II}} - (1-f(t))\cdot\alpha_э\right]} \qquad 3.4.6.$$

$$\alpha_э = \arccos\left[(1-f(t))\cdot\sin\varphi_{II}\right] \qquad 3.4.7.$$

Для облегчения расчётов значения безразмерных величин $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ при различных величинах углов внутреннего трения φ_{II} и степени стабилизации $f(t)$ можно определять по таблице 3.4.2.;

$f(t)$ - степень развития избыточного порового давления (учитывается в долях единицы от полного давления по формуле 2.2.).

Пределы изменения степени развития избыточного порового давления:

$$0 \le f(t) \le 1.0 \qquad 3.4.8.$$

При условии $f(t)=0$ основание находится в полностью стабилизированном состоянии, что точно соответствует положениям СП 22.13330.2011.

При условии $f(t)=1.0$ грунт находится в условиях полного нестабилизированного состояния, что соответствует максимальному значению

избыточного порового давления, соответствующего уравнению 2.2., и минимальному значению несущей способности основания.

k_z - коэффициент, принимаемый:

-при $b < 10м$,

$$k_z = 1 \qquad 3.4.9.$$

-при $b \geq 10м$,

$$k_z = \frac{z_0}{b} + 0.2 \qquad 3.4.10.$$

где $z_0 = 8м$;

b - ширина подошвы фундамента;

γ_{II} - осреднённое расчётное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учётом взвешивающего действия воды);

γ_{II}' - то же, для грунтов залегающих выше подошвы фундамента;

c_{II} - расчётное значение удельного сцепления грунта (по второму предельному состоянию), залегающего непосредственно под подошвой фундамента;

d_I - глубина заложения фундаментов сооружений без подвала от уровня планировки или приведённая глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, определяемая по формуле:

$$d_1 = h_s + \frac{h_{cf} \cdot \gamma_{cf}}{\gamma_{II}'} \qquad 3.4.11.$$

где h_s - толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала;

h_{cf} - толщина конструкции пола подвала;

γ_{cf} - расчётное значение удельного веса материала пола подвала;

d_b - глубина подвала – расстояние от уровня планировки до пола подвала, (для сооружений с подвалом шириной $B \leq 20м$ и глубиной более 2 метров принимается $d_b = 2.0м$, при ширине подвала $B > 20.0м$ - $d_b = 0$).

Таблица 3.4.1.

Грунты	Коэффициент γ_{c1}	Коэффициент γ_{c2} для сооружений с жёсткой конструктивной схемой при отношении длины сооружения или его отсека к высоте L/H, равном:	
		4 и более	1.5 и менее
Крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем и песчаные, кроме мелких и пылеватых	1.40	1.20	1.40

Пески мелкие	1.30	1.10	1.30
Пески пылеватые: маловлажные и влажные	1.25	1.00	1.20
Пески пылеватые, насыщенные водой	1.10	1.00	1.20
Пылевато-глинистые грунты, а также крупнообломочные с пылевато-глинистым заполнителем с показателем текучести грунта или заполнителя $I_L \le 0.25$	1.25	1.00	1.10
То же, при $0.25 < I_L \le 0.50$	1.20	1.00	1.10
То же, при $I_L > 0.50$	1.10	1.00	1.00

Примечания: 1. К сооружениям с жёсткой конструктивной схемой относятся сооружения, конструкции которых специально приспособлены к восприятию усилий от деформаций оснований.

2. Для зданий с гибкой конструктивной схемой значение коэффициента γ_{c2} принимается равное единице.

3. При промежуточных значениях L/H коэффициент γ_{c2} определяются по интерполяции.

Таблица 3.4.2.

Безразмерные коэффициенты $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ $f(t)$=0.0

$f(t)$	φ,*град.*	$M_{\gamma,n}$	$M_{q,n}$	$M_{c,n}$
0.0	0	0.0000	1.0000	3.1416
0.0	1	0.0141	1.0564	3.2291
0.0	2	0.0290	1.1159	3.3196
0.0	3	0.0447	1.1789	3.4132
0.0	4	0.0614	1.2454	3.5100
0.0	5	0.0790	1.3158	3.6102
0.0	6	0.0976	1.3903	3.7139
0.0	7	0.1173	1.4692	3.8213
0.0	8	0.1382	1.5527	3.9326
0.0	9	0.1603	1.6411	4.048
0.0	10	0.1839	1.7349	4.1677
0.0	11	0.2086	1.8342	4.2919
0.0	12	0.2349	1.9397	4.4208
0.0	13	0.2629	2.0516	4.5548
0.0	14	0.2926	2.1703	4.6940
0.0	15	0.3241	2.2965	4.8388
0.0	16	0.3577	2.4307	4.9894

0.0	17	0.3933	2.5733	5.1462
0.0	18	0.4313	2.7252	5.3095
0.0	19	0.4717	2.8868	5.4797
0.0	20	0.5148	3.0591	5.6572
0.0	21	0.5607	3.2427	5.8424
0.0	22	0.6097	3.4386	6.0358
0.0	23	0.6620	3.6478	6.2379
0.0	24	0.7178	3.8713	6.4491
0.0	25	0.7776	4.1104	6.6702
0.0	26	0.8415	4.3661	6.9016
0.0	27	0.9100	4.6401	7.1441
0.0	28	0.9834	4.9338	7.3983
0.0	29	1.0622	5.2489	7.6651
0.0	30	1.1468	5.5872	7.9453
0.0	31	1.2378	5.9510	8.2399
0.0	32	1.3356	6.3424	8.5497
0.0	33	1.4410	6.7641	8.8759
0.0	34	1.5547	7.2188	9.2198
0.0	35	1.6774	7.7097	9.5824
0.0	36	1.8101	8.2403	9.9654
0.0	37	1.9536	8.8145	10.3702
0.0	38	2.1092	9.4367	10.7985
0.0	39	2.2780	10.1119	11.2523
0.0	40	2.4614	10.8455	11.7334
0.0	41	2.6609	11.6438	12.2443
0.0	42	2.8785	12.5138	12.7874
0.0	43	3.1159	13.4635	13.3654
0.0	44	3.3755	14.5018	13.9816
0.0	45	3.6598	15.6392	14.6392

Продолжение таблицы 3.4.2.

Безразмерные коэффициенты $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ $f(t)$=0.1

$f(t)$	$\varphi, град.$	$M_{\gamma,n}$	$M_{q,n}$	$M_{c,n}$
0.1	0	0.0000	1.0000	3.1416
0.1	1	0.0140	1.0562	3.2202
0.1	2	0.0288	1.1153	3.3009
0.1	3	0.0443	1.1773	3.3839
0.1	4	0.0606	1.2426	3.4692
0.1	5	0.0778	1.3118	3.5570
0.1	6	0.0958	1.3833	3.6472
0.1	7	0.1148	1.4592	3.7400
0.1	8	0.1348	1.5390	3.8355
0.1	9	0.1558	1.6231	3.9338
0.1	10	0.1779	1.7115	4.0350

0.1	11	0.2011	1.8046	4.1392
0.1	12	0.2257	1.9026	4.2466
0.1	13	0.2515	2.0059	4.3571
0.1	14	0.2787	2.1147	4.4710
0.1	15	0.3074	2.2294	4.5884
0.1	16	0.3376	2.3504	4.7093
0.1	17	0.3695	2.4779	4.8340
0.1	18	0.4031	2.6125	4.9626
0.1	19	0.4386	2.7544	5.0952
0.1	20	0.4761	2.9043	5.2320
0.1	21	0.5156	3.0626	5.3732
0.1	22	0.5574	3.2297	5.5188
0.1	23	0.6016	3.4064	5.6691
0.1	24	0.6483	3.5931	5.8242
0.1	25	0.6976	3.7905	5.9843
0.1	26	0.7498	3.9994	6.1496
0.1	27	0.8051	4.2204	6.3203
0.1	28	0.8636	4.4543	6.4966
0.1	29	0.9255	4.7021	6.6787
0.1	30	0.9911	4.9645	6.8667
0.1	31	1.0607	5.2426	7.0609
0.1	32	1.1344	5.5375	7.2616
0.1	33	1.2126	5.8503	7.4688
0.1	34	1.2955	6.1821	7.6828
0.1	35	1.3836	6.5343	7.9038
0.1	36	1.4771	6.9083	8.1321
0.1	37	1.5764	7.3056	8.3678
0.1	38	1.6819	7.7278	8.6111
0.1	39	1.7941	8.1766	8.8623
0.1	40	1.9135	8.6538	9.1215
0.1	41	2.0404	9.1616	9.3889
0.1	42	2.1755	9.7020	9.6645
0.1	43	2.3193	10.2773	9.9487
0.1	44	2.4725	10.8899	10.2413
0.1	45	2.6357	11.5426	10.5426

Продолжение таблицы 3.4.2.

Безразмерные коэффициенты $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ $f(t)$=0.2

$f(t)$	$\varphi, град.$	$M_{\gamma,n}$	$M_{q,n}$	$M_{c,n}$
0.2	0	0.0000	1.0000	3.1416
0.2	1	0.0140	1.0561	3.2112
0.2	2	0.0287	1.1146	3.2824
0.2	3	0.0440	1.1758	3.3550
0.2	4	0.0599	1.2398	3.4292

0.2	5	0.0767	1.3066	3.5050
0.2	6	0.0941	1.3765	3.5824
0.2	7	0.1124	1.4496	3.6615
0.2	8	0.1315	1.5249	3.7423
0.2	9	0.1514	1.6058	3.8248
0.2	10	0.1723	1.6893	3.9091
0.2	11	0.1941	1.7766	3.9952
0.2	12	0.2170	1.8679	4.0831
0.2	13	0.2408	1.9634	4.1729
0.2	14	0.2658	2.0633	4.2646
0.2	15	0.2919	2.1678	4.3583
0.2	16	0.3193	2.2771	4.4539
0.2	17	0.3479	2.3915	4.5515
0.2	18	0.3778	2.5112	4.6511
0.2	19	0.4091	2.6365	4.7527
0.2	20	0.4419	2.7676	4.8565
0.2	21	0.4762	2.9048	4.9623
0.2	22	0.5121	3.0485	5.0701
0.2	23	0.5497	3.1988	5.1801
0.2	24	0.5891	3.3565	5.2922
0.2	25	0.6303	3.5211	5.4064
0.2	26	0.6734	3.6936	5.5227
0.2	27	0.7186	3.8743	5.6411
0.2	28	0.7659	4.0635	5.7616
0.2	29	0.8154	4.2616	5.8841
0.2	30	0.8673	4.4690	6.0086
0.2	31	0.9216	4.6863	6.1350
0.2	32	0.9784	4.9138	6.2633
0.2	33	1.0380	5.1519	6.3934
0.2	34	1.1003	5.4014	6.5253
0.2	35	1.1656	5.6625	6.6587
0.2	36	1.2340	5.9359	6.7937
0.2	37	1.3055	6.2221	6.9300
0.2	38	1.3804	6.5217	7.0675
0.2	39	1.4588	6.8353	7.2059
0.2	40	1.5408	7.1634	7.3452
0.2	41	1.6267	7.5066	7.4850
0.2	42	1.7164	7.8657	7.6251
0.2	43	1.8103	8.2411	7.7651
0.2	44	1.9084	8.6336	7.9048
0.2	45	2.0109	9.0437	8.0437

Продолжение таблицы 3.4.2.

Безразмерные коэффициенты $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ $f(t)$=0.3

$f(t)$	$\varphi, град.$	$M_{\gamma,n}$	$M_{q,n}$	$M_{c,n}$
0.3	0	0.0000	1.0000	3.1416
0.3	1	0.0140	1.0559	3.2023
0.3	2	0.0285	1.1140	3.2640
0.3	3	0.0436	1.1743	3.3265
0.3	4	0.0593	1.2370	3.3899
0.3	5	0.0756	1.3022	3.4542
0.3	6	0.0925	1.3699	3.5195
0.3	7	0.1101	1.4403	3.5856
0.3	8	0.1238	1.5133	3.6526
0.3	9	0.1473	1.5893	3.7206
0.3	10	0.1670	1.6682	3.7894
0.3	11	0.1875	1.7501	3.8590
0.3	12	0.2088	1.8353	3.9296
0.3	13	0.2309	1.9237	4.0010
0.3	14	0.2539	2.0156	4.0732
0.3	15	0.2777	2.1110	4.1463
0.3	16	0.3025	2.2101	4.2201
0.3	17	0.3283	2.3130	4.2947
0.3	18	0.3550	2.4199	4.3701
0.3	19	0.3827	2.5309	4.4461
0.3	20	0.4115	2.6461	4.5228
0.3	21	0.4414	2.7658	4.6000
0.3	22	0.4725	2.8900	4.6779
0.3	23	0.5047	3.0189	4.7562
0.3	24	0.5382	3.1527	4.8350
0.3	25	0.5729	3.2915	4.9142
0.3	26	0.6089	3.4356	4.9936
0.3	27	0.6462	3.5850	5.0733
0.3	28	0.6850	3.7399	5.1531
0.3	29	0.7252	3.9006	5.2329
0.3	30	0.7668	4.0672	5.3126
0.3	31	0.8100	4.2399	5.3921
0.3	32	0.8547	4.4188	5.4713
0.3	33	0.9010	4.6062	5.5500
0.3	34	0.9490	4.7962	5.6280
0.3	35	0.9987	4.9949	5.7053
0.3	36	1.0501	5.2006	5.7816
0.3	37	1.1033	5.4134	5.8567
0.3	38	1.1584	5.6334	5.9305
0.3	39	1.2152	5.8609	6.0027
0.3	40	1.2740	6.0960	6.0732
0.3	41	1.3347	6.3387	6.1415

0.3	42	1.3973	6.5893	6.2075
0.3	43	1.4619	6.8478	6.2710
0.3	44	1.5286	7.1143	6.3315
0.3	45	1.5972	7.3889	6.3889

Продолжение таблицы 3.4.2.

Безразмерные коэффициенты $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ $f(t)$=0.4

$f(t)$	$\varphi, град.$	$M_{\gamma,n}$	$M_{q,n}$	$M_{c,n}$
0.4	0	0.0000	1.0000	3.1416
0.4	1	0.0139	1.0557	3.1935
0.4	2	0.0283	1.1133	3.2457
0.4	3	0.0432	1.1729	3.2984
0.4	4	0.0586	1.2343	3.3513
0.4	5	0.0745	1.2979	3.4046
0.4	6	0.0909	1.3635	3.4583
0.4	7	0.1078	1.4312	3.5122
0.4	8	0.1253	1.5012	3.5664
0.4	9	0.1434	1.5735	3.6208
0.4	10	0.1620	1.6481	3.6754
0.4	11	0.1813	1.7251	3.7302
0.4	12	0.2011	1.8046	3.7852
0.4	13	0.2216	1.8866	3.8402
0.4	14	0.2428	1.9712	3.8953
0.4	15	0.2646	2.0585	3.9505
0.4	16	0.2871	2.1486	4.0056
0.4	17	0.3104	2.2414	4.0606
0.4	18	0.3343	2.3372	4.1155
0.4	19	0.3590	2.4359	4.1702
0.4	20	0.3844	2.5377	4.2247
0.4	21	0.4106	2.6425	4.2788
0.4	22	0.4376	2.7505	4.3326
0.4	23	0.4654	2.8617	4.3859
0.4	24	0.4941	2.9762	4.4387
0.4	25	0.5235	3.0941	4.4908
0.4	26	0.5539	3.2154	4.5423
0.4	27	0.5850	3.3402	4.5929
0.4	28	0.6171	3.4685	4.6426
0.4	29	0.6501	3.6005	4.6914
0.4	30	0.6840	3.7361	4.7390
0.4	31	0.7188	3.8754	4.7854
0.4	32	0.7546	4.0184	4.8304
0.4	33	0.7913	4.1652	4.8740
0.4	34	0.8290	4.3159	4.9160
0.4	35	0.8676	4.4703	4.9562

0.4	36	0.9072	4.6287	4.9945
0.4	37	0.9477	4.7909	5.0307
0.4	38	0.9893	4.9570	5.0648
0.4	39	1.0318	5.1270	5.0965
0.4	40	1.0752	5.3009	5.1256
0.4	41	1.1197	5.4786	5.1520
0.4	42	1.1650	5.6601	5.1756
0.4	43	1.2113	5.8454	5.1960
0.4	44	1.2586	6.0344	5.2132
0.4	45	1.3067	6.2270	5.2270

Продолжение таблицы 3.4.2.

Безразмерные коэффициенты $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ $f(t)$=0.5

$f(t)$	$\varphi, град.$	$M_{\gamma,n}$	$M_{q,n}$	$M_{c,n}$
0.5	0	0.0000	1.0000	3.1416
0.5	1	0.0139	1.0556	3.1846
0.5	2	0.0282	1.1127	3.2277
0.5	3	0.0429	1.1714	3.2706
0.5	4	0.0579	1.2317	3.3135
0.5	5	0.0734	1.2936	3.3562
0.5	6	0.0893	1.3572	3.3988
0.5	7	0.1056	1.4225	3.4412
0.5	8	0.1224	1.4896	3.4833
0.5	9	0.1396	1.5583	3.5252
0.5	10	0.1572	1.6289	3.5669
0.5	11	0.1753	1.7014	3.6082
0.5	12	0.1939	1.7756	3.6491
0.5	13	0.2130	1.8518	3.6896
0.5	14	0.2325	1.9299	3.7296
0.5	15	0.2525	2.0099	3.7691
0.5	16	0.2730	2.0919	3.80081
0.5	17	0.2940	2.1760	3.8464
0.5	18	0.3155	2.2620	3.8840
0.5	19	0.3375	2.3501	3.9210
0.5	20	0.3601	2.4403	3.9571
0.5	21	0.3831	2.5325	3.9924
0.5	22	0.4067	2.6269	4.0267
0.5	23	0.4308	2.7234	4.0601
0.5	24	0.4555	2.8220	4.0924
0.5	25	0.4807	2.9228	4.1235
0.5	26	0.5064	3.0258	4.1535
0.5	27	0.5227	3.1309	4.1822
0.5	28	0.5596	3.2382	4.2095
0.5	29	0.5869	3.3477	4.2353

0.5	30	0.6148	3.4593	4.2596
0.5	31	0.6433	3.5731	4.2823
0.5	32	0.6722	3.6890	4.3033
0.5	33	0.7018	3.8070	4.3224
0.5	34	0.7318	3.9272	4.3397
0.5	35	0.7623	4.0494	4.3549
0.5	36	0.7934	4.1736	4.3681
0.5	37	0.8250	4.2998	4.3790
0.5	38	0.8570	4.4280	4.3876
0.5	39	0.8895	4.5581	4.3938
0.5	40	0.9225	4.6900	4.3975
0.5	41	0.9559	4.8236	4.3986
0.5	42	0.9898	4.9590	4.3969
0.5	43	1.0240	5.0960	4.3924
0.5	44	1.0586	5.2345	4.3850
0.5	45	1.0936	5.3745	4.3745

Продолжение таблицы 3.4.2.

Безразмерные коэффициенты $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ $f(t)$=0.6

$f(t)$	$\varphi, град.$	$M_{\gamma,n}$	$M_{q,n}$	$M_{c,n}$
0.6	0	0.0000	1.0000	3.1416
0.6	1	0.0139	1.0554	3.1759
0.6	2	0.0280	1.1121	3.2097
0.6	3	0.0425	1.1700	3.2432
0.6	4	0.0573	1.2291	3.2763
0.6	5	0.0724	1.2895	3.3088
0.6	6	0.0878	1.3511	3.3409
0.6	7	0.1035	1.4141	3.3724
0.6	8	0.1196	1.4783	3.4033
0.6	9	0.1360	1.5438	3.4337
0.6	10	0.1527	1.6107	3.4634
0.6	11	0.1697	1.6789	3.4924
0.6	12	0.1871	1.7483	3.5207
0.6	13	0.2048	1.8192	3.5482
0.6	14	0.2228	1.8913	3.5749
0.6	15	0.2412	1.9648	3.6008
0.6	16	0.2599	2.0397	3.6258
0.6	17	0.2790	2.1159	3.6498
0.6	18	0.2983	2.1934	3.6729
0.6	19	0.3181	2.2723	3.6949
0.6	20	0.3381	2.3524	3.7158
0.6	21	0.3585	2.4340	3.7356
0.6	22	0.3792	2.5168	3.7543
0.6	23	0.4002	2.6010	3.7716

0.6	24	0.4216	2.6864	3.7877
0.6	25	0.4433	2.7731	3.8025
0.6	26	0.4653	2.8611	3.8159
0.6	27	0.4876	2.9503	3.8278
0.6	28	0.5102	3.0408	3.8382
0.6	29	0.5331	3.1324	3.8470
0.6	30	0.5563	3.2252	3.8542
0.6	31	0.5798	3.3191	3.8597
0.6	32	0.6035	3.4142	3.8635
0.6	33	0.6276	3.5103	3.8654
0.6	34	0.6518	3.6074	3.8656
0.6	35	0.6764	3.7054	3.8637
0.6	36	0.7011	3.8044	3.8600
0.6	37	0.7261	3.9043	3.8541
0.6	38	0.7512	4.0050	3.8462
0.6	39	0.7766	4.1064	3.8361
0.6	40	0.8021	4.2086	3.8239
0.6	41	0.8278	4.3114	3.8093
0.6	42	0.8537	4.4147	3.7924
0.6	43	0.8796	4.5185	3.7732
0.6	44	0.9057	4.6228	3.7515
0.6	45	0.9318	4.7273	3.7273

Продолжение таблицы 3.4.2.

Безразмерные коэффициенты $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ $f(t)$=0.7

$f(t)$	$\varphi, град.$	$M_{\gamma,n}$	$M_{q,n}$	$M_{c,n}$
0.7	0	0.0000	1.0000	3.1416
0.7	1	0.0138	1.0553	3.1671
0.7	2	0.0279	1.1115	3.1920
0.7	3	0.0421	1.1686	3.2162
0.7	4	0.0566	1.2265	3.2397
0.7	5	0.0714	1.2854	3.2625
0.7	6	0.0863	1.3452	3.2846
0.7	7	0.1015	1.4059	3.3058
0.7	8	0.1169	1.4675	3.3263
0.7	9	0.1325	1.5299	3.3459
0.7	10	0.1483	1.5933	3.3646
0.7	11	0.1644	1.6575	3.3825
0.7	12	0.1806	1.7226	3.3994
0.7	13	0.1971	1.7885	3.4153
0.7	14	0.2138	1.8553	3.4303
0.7	15	0.2307	1.9229	3.4442
0.7	16	0.2478	1.9913	3.4571
0.7	17	0.2651	2.0605	3.4689

0.7	18	0.2826	2.1306	3.4796
0.7	19	0.3003	2.2014	3.4891
0.7	20	0.3182	2.2729	3.4974
0.7	21	0.3363	2.3452	3.5045
0.7	22	0.3546	2.4183	3.5103
0.7	23	0.3730	2.4920	3.5149
0.7	24	0.3916	2.5663	3.5181
0.7	25	0.4103	2.6414	3.5199
0.7	26	0.4293	2.7170	3.5204
0.7	27	0.4483	2.7932	3.5194
0.7	28	0.4675	2.8700	3.5170
0.7	29	0.4868	2.9473	3.5131
0.7	30	0.5063	3.0251	3.5076
0.7	31	0.5258	3.1034	3.5006
0.7	32	0.5455	3.1821	3.4920
0.7	33	0.5653	3.2611	3.4818
0.7	34	0.5851	3.3405	3.4699
0.7	35	0.6050	3.4202	3.4564
0.7	36	0.6250	3.5001	3.4411
0.7	37	0.6451	3.5802	3.4241
0.7	38	0.6651	3.6605	3.4053
0.7	39	0.6852	3.7409	3.3848
0.7	40	0.7053	3.8214	3.3624
0.7	41	0.7255	3.9018	3.3381
0.7	42	0.7455	3.9822	3.3121
0.7	43	0.7656	4.0625	3.2841
0.7	44	0.7856	4.1426	3.2542
0.7	45	0.8056	4.2224	3.2224

Продолжение таблицы 3.4.2.

Безразмерные коэффициенты $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ $f(t)$=0.8

$f(t)$	$\varphi, град.$	$M_{\gamma,n}$	$M_{q,n}$	$M_{c,n}$
0.8	0	0.0000	1.0000	3.1416
0.8	1	0.0138	1.0551	3.1584
0.8	2	0.0277	1.1109	3.1744
0.8	3	0.0418	1.1672	3.1896
0.8	4	0.0560	1.2240	3.2038
0.8	5	0.0704	1.2815	3.2172
0.8	6	0.0849	1.3395	3.2297
0.8	7	0.0995	1.3980	3.2413
0.8	8	0.1143	1.4570	3.2519
0.8	9	0.1291	1.5166	3.2616
0.8	10	0.1442	1.5766	3.2703
0.8	11	0.1593	1.6372	3.2780

0.8	12	0.1745	1.6982	3.2846
0.8	13	0.1899	1.7596	3.2903
0.8	14	0.2054	1.8215	3.2948
0.8	15	0.2209	1.8838	3.2983
0.8	16	0.2366	1.9465	3.3007
0.8	17	0.2524	2.0095	3.3020
0.8	18	0.2682	2.0729	3.3021
0.8	19	0.2842	2.1366	3.3011
0.8	20	0.3002	2.2007	3.2989
0.8	21	0.3163	2.2650	3.2955
0.8	22	0.3324	2.3296	3.2909
0.8	23	0.3486	2.3944	3.2851
0.8	24	0.3649	2.4595	3.2780
0.8	25	0.3812	2.5247	3.2697
0.8	26	0.3975	2.5900	3.2601
0.8	27	0.4139	2.6555	3.2492
0.8	28	0.4303	2.7211	3.2370
0.8	29	0.4467	2.7868	3.2235
0.8	30	0.4631	2.8525	3.2087
0.8	31	0.4796	2.9182	3.1925
0.8	32	0.4960	2.9839	3.1749
0.8	33	0.5124	3.0495	3.1560
0.8	34	0.5288	3.1152	3.1357
0.8	35	0.5451	3.1805	3.1141
0.8	36	0.5614	3.2457	3.0910
0.8	37	0.5777	3.3108	3.0665
0.8	38	0.5939	3.3756	3.0406
0.8	39	0.6100	3.4401	3.0133
0.8	40	0.6261	3.5044	2.9846
0.8	41	0.6421	3.5683	2.9545
0.8	42	0.6579	3.6318	2.9229
0.8	43	0.6737	3.6948	2.8899
0.8	44	0.6894	3.7574	2.8554
0.8	45	0.7049	3.8195	2.8195

Продолжение таблицы 3.4.2.

Безразмерные коэффициенты $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ $f(t)$=0.9

$f(t)$	$\varphi, град.$	$M_{\gamma,n}$	$M_{q,n}$	$M_{c,n}$
0.9	0	0.0000	1.0000	3.1416
0.9	1	0.0137	1.0550	3.1497
0.9	2	0.0276	1.1102	3.1570
0.9	3	0.0414	1.1658	3.1632
0.9	4	0.0554	1.2216	3.1686
0.9	5	0.0694	1.2776	3.1730

0.9	6	0.0835	1.3338	3.1764
0.9	7	0.0976	1.3903	3.1788
0.9	8	0.1117	1.4470	3.1802
0.9	9	0.1259	1.5038	3.1807
0.9	10	0.1402	1.5607	3.1801
0.9	11	0.1545	1.6178	3.1786
0.9	12	0.1688	1.6751	3.1760
0.9	13	0.1831	1.7324	3.1724
0.9	14	0.1975	1.7898	3.1677
0.9	15	0.2118	1.8473	3.1620
0.9	16	0.2262	1.9048	3.1553
0.9	17	0.2406	1.9623	3.1475
0.9	18	0.2550	2.0198	3.1387
0.9	19	0.2693	2.0773	3.1288
0.9	20	0.2837	2.1348	3.1178
0.9	21	0.2980	2.1922	3.1058
0.9	22	0.3124	2.2495	3.0926
0.9	23	0.3267	2.3067	3.0784
0.9	24	0.3410	2.3638	3.0632
0.9	25	0.3552	2.4207	3.0468
0.9	26	0.3694	2.4775	3.0293
0.9	27	0.3835	2.5341	3.0108
0.9	28	0.3976	2.5904	2.9911
0.9	29	0.4116	2.6465	2.9704
0.9	30	0.4256	2.7024	2.9486
0.9	31	0.4395	2.7579	2.9257
0.9	32	0.4533	2.8132	2.9017
0.9	33	0.4670	2.8681	2.8766
0.9	34	0.4807	2.9226	2.8504
0.9	35	0.4942	2.9768	2.8232
0.9	36	0.5076	3.0306	2.7948
0.9	37	0.5210	3.0839	2.7654
0.9	38	0.5342	3.1367	2.7349
0.9	39	0.5473	3.1891	2.7034
0.9	40	0.5603	3.2410	2.6707
0.9	41	0.5731	3.2924	2.6371
0.9	42	0.5858	3.3432	2.6024
0.9	43	0.5983	3.3934	2.5666
0.9	44	0.6108	3.4430	2.5298
0.9	45	0.6230	3.4920	2.4920

Продолжение таблицы 3.4.2.

Безразмерные коэффициенты $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ $f(t)$=1.0

$f(t)$	φ_{II}, *град.*	$M_{\gamma,n}$	$M_{q,n}$	$M_{c,n}$
1.0	0	0.0000	1.0000	3.1416
1.0	1	0.0137	1.0548	3.1411
1.0	2	0.0274	1.1096	3.1397
1.0	3	0.0411	1.1644	3.1373
1.0	4	0.0548	1.2191	3.1339
1.0	5	0.0685	1.2738	3.1296
1.0	6	0.0821	1.3284	3.1244
1.0	7	0.0957	1.3829	3.1182
1.0	8	0.1093	1.4372	3.1110
1.0	9	0.1229	1.4915	3.1029
1.0	10	0.1364	1.5455	3.0939
1.0	11	0.1499	1.5994	3.0839
1.0	12	0.1633	1.6532	3.0729
1.0	13	0.1767	1.7067	3.0611
1,0	14	0.1900	1.7600	3.0483
1.0	15	0.2033	1.8131	3.0345
1.0	16	0.2165	1.8659	3.0199
1.0	17	0.2296	1.9185	3.0043
1.0	18	0.2427	1.9708	2.9878
1.0	19	0.2557	2.0228	2.9704
1.0	20	0.2686	2.0745	2.9521
1.0	21	0.2815	2.1258	2.9329
1.0	22	0.2942	2.1769	2.9128
1.0	23	0.3069	2.2275	2.8919
1.0	24	0.3195	2.2778	2.8700
1.0	25	0.3319	2.3277	2.8472
1.0	26	0.3443	2.3772	2.8236
1.0	27	0.3566	2.4263	2.7992
1.0	28	0.3687	2.4749	2.7739
1.0	29	0.3808	2.5231	2.7477
1.0	30	0.3927	2.5708	2.7207
1.0	31	0.4045	2.6180	2.6929
1.0	32	0.4162	2.6648	2.6642
1.0	33	0.4278	2.7110	2.6348
1.0	34	0.4292	2.7568	2.6045
1.0	35	0.4505	2.8019	2.5734
1.0	36	0.4616	2.8466	2.5416
1.0	37	0.4727	2.8907	2.5090
1.0	38	0.4835	2.9342	2.4756
1.0	39	0.4943	2.9771	2.4415
1.0	40	0.5048	3.0194	2.4066

1.0	41	0.5153	3.0611	2.3710
1.0	42	0.5255	3.1021	2.3347
1.0	43	0.5356	3.1426	2.2976
1.0	44	0.5456	3.1823	2.2599
1.0	45	0.5554	3.2214	2.2214

Примечания к таблице 3.4.2.:

1. При $f(t)=0.0$ (случай стабилизированного состояния грунта) безразмерные коэффициенты $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ полностью совпадают с известными коэффициентами M_{γ}, M_{q}, M_{c}, представленными в СП 22.13330.2011.

2. При промежуточных значениях угла внутреннего трения грунта и степени развития избыточного порового давления в основании $f(t)$ значения $M_{\gamma,n}, M_{q,n}, M_{c,n}$ определяется по интерполяции.

3.4.6. При определении расчётного сопротивления грунта для полностью нестабилизированного состояния безразмерные коэффициенты необходимо определять по таблице 3.4.2. в зависимости от угла внутреннего трения грунта $\varphi_{II}, град.$, а также $f(t)=1.0$. Это соответствует минимальному (наиболее безопасному) значению расчётного сопротивления грунта.

3.4.7. При определении расчётного сопротивления грунта при частично нестабилизированном состоянии безразмерные коэффициенты необходимо определять по таблице 3.4.2. в зависимости от угла внутреннего трения грунта $\varphi_{II}, град.$, а также степени развития избыточного порового давления в основании $0 \le f(t) \le 1.0$.

Величина степени развития избыточного порового давления в основании $f(t)$ (в долях единицы) принимаётся из расчёта оснований методами фильтрационной консолидации, либо из данных наблюдений при мониторинге оснований.

3.4.8. Для оснований, сложенных галечниковыми, гравийными, крупнообломочными с песчаным заполнителем, а также всеми видами песчаных грунтов допускается не учитывать нестабилизированное состояние основания (кроме особых случаев, например, при создании внешнего избыточного давления, например, при усилении основания путём закачивания закрепляющих водных растворов в грунт). Безразмерные коэффициенты при этом полностью совпадают с данными СП 22.13330.2011, определяются по таблице 3.4.2. в зависимости от угла внутреннего трения грунта $\varphi_{II}, град.$, а также $f(t)=0.0$ (без учёта нестабилизированного состояния основания).

3.4.9. При наличии в пределах сжимаемой толщи основания на глубине z от подошвы фундамента слоя водонасыщенного грунта меньшей прочности, в котором возможно развитие нестабилизированного состояния, размеры фундамента должны назначаться с учётом выполнения требований СП 22.13330.2011, чтобы обеспечивалось условие:

$$\sigma_z = (\sigma_{zp} - \sigma_{z\gamma}) + \sigma_{zg} \le R_{z,n} \qquad 3.4.12.$$

где σ_{zp} нормальное напряжение от внешней нагрузки на глубине z;

$\sigma_{z\gamma}$ нормальное напряжение от веса, выбранного при отрывке котлована грунта;

σ_{zg} нормальное напряжение от собственного веса грунта на глубине z.

$R_{z,n}$ расчётное сопротивление грунта при нестабилизированном состоянии пониженной прочности на глубине z от подошвы фундамента, вычисляемое по формуле 3.4.3. для условного фундамента с глубиной залегания подошвы z. Размеры подошвы условного фундамента принимаются в соответствии с требованиями СП 2.13330.2011.

3.5. Расчёт оснований по несущей способности (по первому предельному состоянию)

3.5.1. Целью расчёта оснований по несущей способности является обеспечение прочности и устойчивости оснований, а также недопущение сдвига фундамента по подошве и его опрокидывания.

3.5.2. Расчёт нестабилизированных оснований фундаментов с горизонтальной подошвой по несущей способности производится по формуле:

$$N \le \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot N_{un} \qquad 3.5.1.$$

где

N - вертикальная составляющая расчётной силы на основание;

N_{un} - вертикальная составляющая силы предельного сопротивления фундамента основания при нестабилизированном состоянии;

γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый $\gamma_c = 1.0$;

γ_n - коэффициент надёжности по назначению сооружения, принимаемый 1.20, 1.15., 1.10. соответственно для зданий и сооружений I, II, и III уровня ответственности зданий и сооружений.

3.5.3. Расчётная схема принимается в виде глубинного сдвига. Область предельного состояния принимается в виде двух отрезков прямых BC и DM, соединённых между собой вставкой, описываемой уравнением логарифмической спирали CD (см. рисунок):

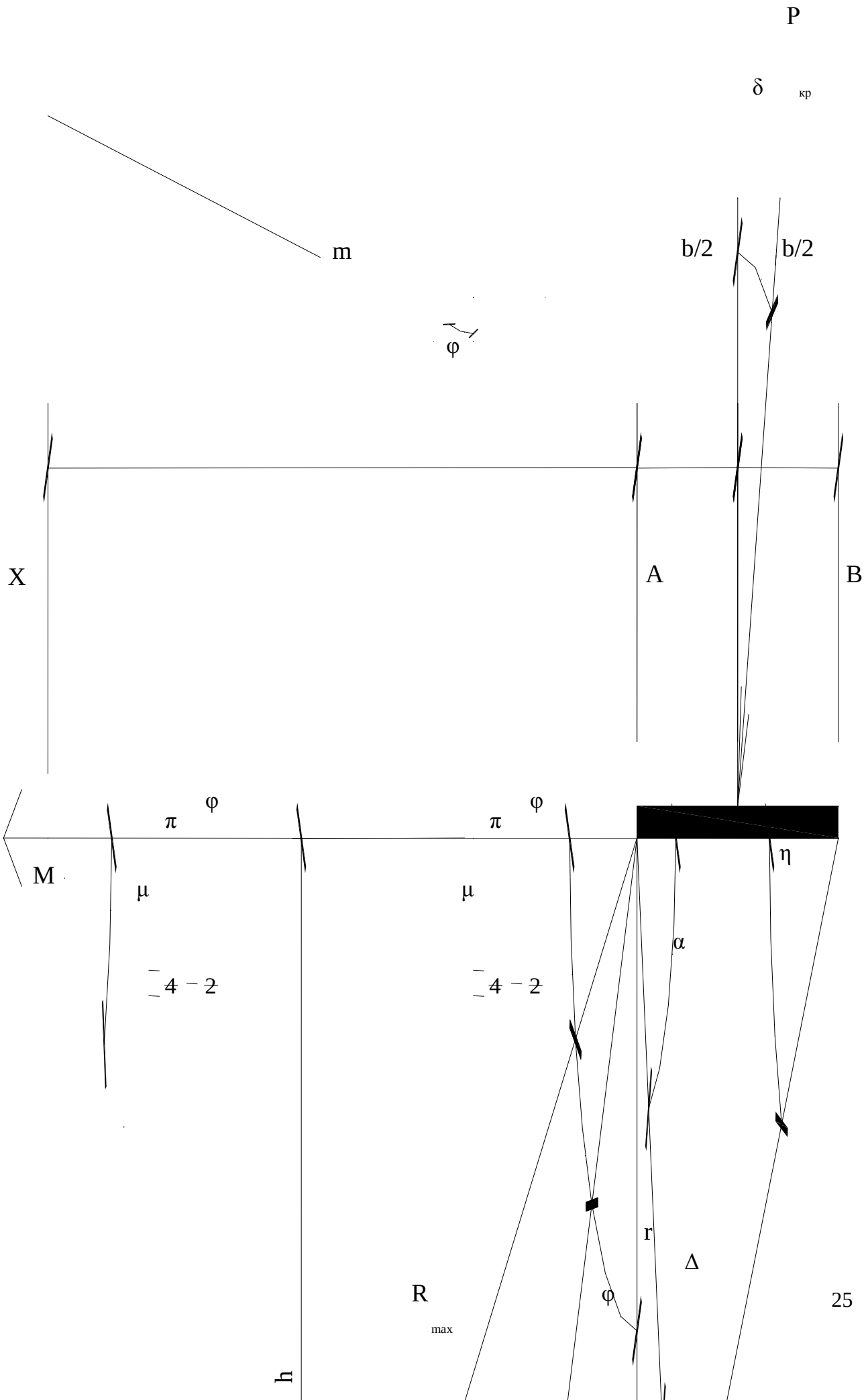
P
δ кр
m
b/2
b/2
φ
X
A
B
φ
π
φ
π
M
μ
μ
η
α
r
Δ
R max
φ
h

Схема расчёта.

где

$$\alpha = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_I}{2} + \varepsilon \qquad 3.5.2.$$

$$\eta = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_I}{2} - \varepsilon \qquad 3.5.3.$$

$$\Delta = \frac{\pi}{2} - \varepsilon \qquad 3.5.4.$$

$$\varepsilon = arctg\left[\frac{tg\delta \cdot tg\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi_I}{2}\right)}{tg\varphi_I + \sqrt{tg^2\varphi_I - tg^2\delta}}\right] \qquad 3.5.5.$$

$$r = b \cdot \frac{\sin\eta}{\sin\Delta} \qquad 3.5.6.$$

$$R_{\max} = r \cdot \exp\left(\frac{\pi}{2} - \varepsilon\right) \cdot tg\varphi_I \qquad 3.5.7$$

3.5.4. Вертикальную составляющую силы предельного сопротивления фундамента основания, сложенного медленно уплотняющимися водонасыщенными пылевато-глинистыми и биогенными грунтами (при степени влажности $S_r \geq 0.85$ при коэффициенте консолидации, $c_v \leq 10^7 \frac{см^2}{год}$), если фундамент имеет плоскую подошву, грунты ниже подошвы однородны до глубины не менее ширины фундамента, а также для случая различной пригрузки с разных сторон фундамента интенсивностью большей из них не более R_n необходимо определять по формуле:

$$N_{un} = b' \cdot l' \cdot (N_{\gamma.w} \cdot \xi_\gamma \cdot b' \cdot \gamma_1 + N_{q.w} \cdot \xi_q \cdot \gamma_1 \cdot d + N_{c.w} \cdot \xi_c \cdot c_1) \qquad 3.5.8.$$

где

$$b' = b - 2 \cdot e_b \qquad 3.5.9.$$

$$l' = l - 2 \cdot e_l \qquad 3.5.10.$$

Здесь e_b, e_l - соответственно эксцентриситеты приложения равнодействующей нагрузок в направлении поперечной и продольной осей фундамента;

b, l ширина и длина подошвы фундамента;

$N_{\gamma.w}, N_{q.w}, N_{c.w}$ - безразмерные коэффициенты несущей способности нестабилизированного основания, определяемые по таблице 3.5.1. в зависимости от расчётного угла внутреннего трения φ_I, степени развития избыточного порового давления в основании $f(t)$ и угла наклона δ к вертикали равнодействующей внешней нагрузки на основание в уровне подошвы фундамента;

γ_I, γ_I' - расчётные значения удельного веса грунта, находящегося в пределах возможной призмы выпирания соответственно ниже и выше подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяются с учётом взвешивающего действия воды);

c_I - расчётное значение удельного сцепления грунта (по первому предельному состоянию);

d - глубина заложения подошвы фундамента (в случае неодинаковой вертикальной пригрузки с разных сторон фундамента принимается значение, соответствующее наименьшей пригрузке, например, со стороны подвала);

$\xi_{\gamma,}\xi_{q,}\xi_{c,}$ - коэффициенты формы фундамента, определяемые по формулам:

$$\xi_{\gamma} = 1 - \frac{0.25}{\eta} \qquad 3.5.11.$$

$$\xi_{q} = 1 + \frac{1.5}{\eta} \qquad 3.5.12.$$

$$\xi_{c} = 1 + \frac{0.3}{\eta} \qquad 3.5.13.$$

где

$$\eta = \frac{l}{b} \qquad 3.5.14.$$

Если $\eta = \frac{l}{b} \le 1$, в формулах 3.5.11.-3.5.13. следует принимать $\eta = 1$.

Угол наклона к вертикали равнодействующей внешней нагрузки на основание в уровне подошвы фундамента определяется из условия:

$$\delta = arctg\frac{F_h}{F_v} \qquad 3.5.15.$$

где

F_h, F_v - соответственно горизонтальная и вертикальная составляющие внешней нагрузки на основание в уровне подошвы фундамента.

Расчёт по формуле 3.5.2. допускается выполнять, если соблюдается условие:

$$tg\delta \le \sin\varphi_I \qquad 3.5.16.$$

Примечания:

1. При использовании формулы 3.5.8. в случае неодинаковой пригрузки с разных сторон фундамента в составе горизонтальных нагрузок следует учитывать активное давление грунта;

2. Если условие 3.5.16. не выполняется, следует производить расчёт фундамента на сдвиг по подошве согласно требованиям СП 22.13330.2011..

Таблица 3.5.1.

Безразмерные коэффициенты несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$ $(f(t)=1.0)$

φ_I		δ									
		0	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**
0		**-**									
5	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.49** **1.22** **2.48**	$\left\{\begin{matrix}0.02\\1.11\\1.30\end{matrix}\right\}$	$\delta = 4.9$							
10	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.80** **1.52** **2.92**	**0.45** **1.36** **2.06**	$\left\{\begin{matrix}0.04\\1.25\\1.39\end{matrix}\right\}$	$\delta = 9.8$						
15	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.19** **1.94** **3.51**	**0.85** **1.71** **2.65**	**0.45** **1.54** **2.00**	$\left\{\begin{matrix}0.08\\1.41\\1.51\end{matrix}\right\}$	$\delta = 14.5$					
20	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.85** **2.58** **4.34**	**1.37** **2.22** **3.35**	**0.91** **1.95** **2.60**	**0.47** **1.74** **2.03**	$\left\{\begin{matrix}0.14\\1.61\\1.66\end{matrix}\right\}$	$\delta = 18.9$				
25	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**3.09** **3.59** **5.55**	**2.29** **3.01** **4.31**	**1.61** **2.56** **3.35**	**1.02** **2.23** **2.63**	**0.51** **1.98** **2.10**	$\left\{\begin{matrix}0.24\\1.86\\1.85\end{matrix}\right\}$	$\delta = 22.9$			

30	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**5.67** **5.29** **7.43**	**4.13** **4.31** **5.73**	**2.91** **3.55** **4.42**	**1.94** **2.99** **3.44**	**1.17** **2.57** **2.72**	**0.56** **2.26** **2.19**	$\begin{Bmatrix}0.40\\2.19\\2.07\end{Bmatrix}$	$\delta = 26.5$		
35	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**11.42** **8.36** **10.51**	**8.12** **6.60** **8.00**	**5.65** **5.26** **6.09**	**3.80** **4.26** **4.65**	**2.42** **3.52** **3.59**	**1.39** **2.98** **2.83**	$\begin{Bmatrix}0.67\\2.63\\2.33\end{Bmatrix}$	$\delta = 29.8$		
40	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**25.49** **14.44** **16.01**	**17.67** **11.04** **11.97**	**12.04** **8.48** **8.92**	**8.00** **6.57** **6.64**	**5.14** **5.18** **4.98**	**3.12** **4.18** **3.80**	**1.71** **3.50** **2.98**	$\begin{Bmatrix}1.15\\3.24\\2.67\end{Bmatrix}$	$\delta = 32.7$	
45	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**64.43** **27.83** **26.83**	**43.40** **20.61** **19.61**	**28.77** **15.23** **14.23**	**18.70** **11.28** **10.28**	**11.84** **8.43** **7.43**	**7.23** **6.42** **5.42**	**4.17** **5.05** **4.05**	**2.18** **4.16** **3.16**	$\begin{Bmatrix}2.12\\4.13\\3.13\end{Bmatrix}$	$\delta = 35.2$

Продолжение таблицы 3.5.1.

Безразмерные коэффициенты несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$ $(f(t) = 0.9)$

φ_I		δ									
		0	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**
0		**-**									
5	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.51** **1.25** **2.87**	$\begin{Bmatrix}0.02\\1.13\\1.49\end{Bmatrix}$	$\delta = 4.9$							
10	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.84** **1.61**	**0.48** **1.44**	$\begin{Bmatrix}0.05\\1.29\\1.59\end{Bmatrix}$	$\delta = 9.8$						

		3.44	**2.50**								
15	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.29** **2.13** **4.21**	**0.93** **1.88** **3.27**	**0.50** **1.66** **2.47**	$\begin{Bmatrix}0.10\\1.47\\1.75\end{Bmatrix}$	$\delta = 14.5$					
20	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**2.04** **2.93** **5.31**	**1.52** **2.53** **4.20**	**1.02** **2.20** **3.30**	**0.53** **1.92** **2.53**	$\begin{Bmatrix}0.17\\1.71\\1.94\end{Bmatrix}$	$\delta = 18.9$				
25	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**3.46** **4.22** **6.90**	**2.59** **3.57** **5.50**	**1.83** **3.03** **4.35**	**1.16** **2.59** **3.41**	**0.59** **2.22** **2.62**	$\begin{Bmatrix}0.28\\2.02\\2.20\end{Bmatrix}$	$\delta = 22.9$			
30	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**6.42** **6.41** **9.37**	**4.73** **5.30** **7.44**	**3.35** **4.38** **5.86**	**2.24** **3.65** **4.59**	**1.35** **3.06** **3.57**	**0.65** **2.58** **2.74**	$\begin{Bmatrix}0.47\\2.45\\2.52\end{Bmatrix}$	$\delta = 26.5$		
35	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**13.00** **10.39** **13.41**	**9.36** **8.37** **10.53**	**6.56** **6.75** **8.21**	**4.43** **5.46** **6.36**	**2.82** **4.44** **4.90**	**1.61** **3.63** **3.76**	$\begin{Bmatrix}0.78\\3.04\\2.91\end{Bmatrix}$	$\delta = 29.8$		
40	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**29.10** **18.25** **20.55**	**20.41** **14.32** **15.87**	**14.02** **11.21** **12.17**	**9.36** **8.77** **9.26**	**6.01** **6.88** **7.01**	**3.64** **5.43** **5.29**	**1.98** **4.35** **3.99**	$\begin{Bmatrix}1.33\\3.88\\3.44\end{Bmatrix}$	$\delta = 32.7$	

45	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**73.56** **35.40** **34.40**	**50.11** **27.01** **26.01**	**33.50** **20.49** **19.49**	**21.88** **15.48** **14.48**	**13.87** **11.68** **10.68**	**8.44** **8.83** **7.83**	**4.83** **6.74** **5.75**	**2.50** **5.25** **4.25**	$\begin{Bmatrix}2.43\\5.20\\4.20\end{Bmatrix}$	$\delta = 35.2$

Продолжение таблицы 3.5.1.

Безразмерные коэффициенты несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$ $(f(t) = 0.8)$

φ_I		δ									
		0	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**
0		**-**									
5	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.52** **1.29** **3.27**	$\begin{Bmatrix}0.03\\1.14\\1.68\end{Bmatrix}$	$\delta = 4.9$							
10	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.89** **1.70** **3.97**	**0.51** **1.51** **2.94**	$\begin{Bmatrix}0.06\\1.32\\1.80\end{Bmatrix}$	$\delta = 9.8$						
15	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.38** **2.32** **4.92**	**1.00** **2.04** **3.89**	**0.54** **1.79** **2.94**	$\begin{Bmatrix}0.12\\1.54\\1.98\end{Bmatrix}$	$\delta = 14.5$					
20	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**2.23** **3.28** **6.27**	**1.68** **2.84** **5.06**	**1.13** **2.46** **4.00**	**0.59** **2.10** **3.03**	$\begin{Bmatrix}0.20\\1.82\\2.23\end{Bmatrix}$	$\delta = 18.9$				

25	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**3.84** **4.85** **8.25**	**2.89** **4.12** **6.70**	**2.05** **3.49** **5.35**	**1.31** **2.95** **4.18**	**0.66** **2.47** **3.15**	$\begin{Bmatrix}0.33\\2.19\\2.56\end{Bmatrix}$	$\delta = 22.9$			
30	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**7.17** **7.53** **11.32**	**5.32** **6.28** **9.15**	**3.80** **5.21** **7.30**	**2.54** **4.32** **5.74**	**1.53** **3.55** **4.42**	**0.74** **2.89** **3.28**	$\begin{Bmatrix}0.54\\2.71\\2.97\end{Bmatrix}$	$\delta = 26.5$		
35	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**14.58** **12.42** **16.31**	**10.59** **10.14** **13.06**	**7.47** **8.24** **10.34**	**5.06** **6.66** **8.08**	**3.22** **5.36** **6.22**	**1.84** **4.28** **4.69**	$\begin{Bmatrix}0.89\\3.44\\3.49\end{Bmatrix}$	$\delta = 29.8$		
40	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**32.70** **22.06** **25.09**	**23.15** **17.59** **19.78**	**16.01** **13.94** **15.43**	**10.72** **10.97** **11.89**	**6.89** **8.59** **9.04**	**4.15** **6.68** **6.78**	**2.25** **5.19** **5.00**	$\begin{Bmatrix}1.51\\4.53\\4.21\end{Bmatrix}$	$\delta = 32.7$	
45	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**82.70** **42.98** **41.98**	**56.83** **33.40** **32.40**	**38.23** **25.75** **24.75**	**25.07** **19.68** **18.68**	**15.90** **14.93** **13.93**	**9.66** **11.25** **10.25**	**5.50** **8.44** **7.44**	**2.82** **6.34** **5.34**	$\begin{Bmatrix}2.74\\6.26\\5.26\end{Bmatrix}$	$\delta = 35.2$

Продолжение таблицы 3.5.1.

Безразмерные коэффициенты несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$ $(f(t) = 0.7)$

φ_I		δ									
		0	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**
0		-									

5	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.54** **1.32** **3.66**	$\begin{Bmatrix}0.04\\1.16\\1.87\end{Bmatrix}$	$\delta = 4.9$							
10	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.94** **1.80** **4.49**	**0.55** **1.59** **3.38**	$\begin{Bmatrix}0.07\\1.36\\2.00\end{Bmatrix}$	$\delta = 9.8$						
15	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.48** **2.51** **5.62**	**1.08** **2.21** **4.50**	**0.59** **1.92** **3.41**	$\begin{Bmatrix}0.13\\1.60\\2.22\end{Bmatrix}$	$\delta = 14.5$					
20	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**2.42** **3.63** **7.24**	**1.83** **3.15** **5.92**	**1.24** **2.71** **4.70**	**0.66** **2.28** **3.53**	$\begin{Bmatrix}0.23\\1.92\\2.52\end{Bmatrix}$	$\delta = 18.9$				
25	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**4.21** **5.48** **9.60**	**3.19** **4.68** **7.90**	**2.27** **3.96** **6.35**	**1.45** **3.32** **4.96**	**0.74** **2.71** **3.67**	$\begin{Bmatrix}0.38\\2.36\\2.91\end{Bmatrix}$	$\delta = 22.9$			
30	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**7.92** **8.66** **13.26**	**5.92** **7.27** **10.86**	**4.24** **6.05** **8.74**	**2.84** **4.98** **6.89**	**1.72** **4.05** **5.28**	**0.83** **3.21** **3.83**	$\begin{Bmatrix}0.61\\2.97\\3.42\end{Bmatrix}$	$\delta = 26.5$		
35	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**16.17** **14.46** **19.22**	**11.83** **11.91** **15.58**	**8.38** **9.72** **12.46**	**5.68** **7.86** **9.79**	**3.61** **6.28** **7.53**	**2.06** **4.93** **5.62**	$\begin{Bmatrix}0.99\\3.84\\4.06\end{Bmatrix}$	$\delta = 29.8$		

40	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**36.31** **25.87** **29.64**	**25.90** **20.87** **23.68**	**18.00** **16.67** **18.68**	**12.08** **13.17** **14.51**	**7.76** **10.29** **11.08**	**4.67** **7.93** **8.27**	**2.53** **6.04** **6.00**	$\begin{Bmatrix}1.68\\5.17\\4.97\end{Bmatrix}$	$\delta = 32.7$	
45	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**91.83** **50.56** **49.56**	**63.54** **39.80** **38.80**	**42.97** **31.01** **30.01**	**28.25** **23.88** **22.88**	**17.94** **18.18** **17.18**	**10.87** **13.66** **12.66**	**6.16** **10.13** **9.13**	**3.14** **7.43** **6.43**	$\begin{Bmatrix}3.05\\7.33\\6.33\end{Bmatrix}$	$\delta = 35.2$

Продолжение таблицы 3.5.1.

Безразмерные коэффициенты несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$ $(f(t) = 0.6)$

φ_I		δ									
		0	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**
0		**-**									
5	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.56** **1.36** **4.06**	$\begin{Bmatrix}0.04\\1.18\\2.06\end{Bmatrix}$	$\delta = 4.9$							
10	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.98** **1.89** **5.02**	**0.58** **1.67** **3.82**	$\begin{Bmatrix}0.08\\1.39\\2.21\end{Bmatrix}$	$\delta = 9.8$						
15	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.58** **2.70** **6.33**	**1.15** **2.37** **5.12**	**0.64** **2.04** **3.88**	$\begin{Bmatrix}0.15\\1.66\\2.46\end{Bmatrix}$	$\delta = 14.5$					
20	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**2.61** **3.98**	**1.99** **3.46**	**1.34** **2.97**	**0.72** **2.46**	$\begin{Bmatrix}0.26\\2.02\\2.80\end{Bmatrix}$	$\delta = 18.9$				

		8.20	**6.77**	**5.39**	**4.02**						
25	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**4.58** **6.11** **10.95**	**3.50** **5.24** **9.09**	**2.49** **4.43** **7.35**	**1.59** **3.68** **5.73**	**0.82** **2.96** **4.20**	$\begin{Bmatrix}0.42\\2.52\\3.27\end{Bmatrix}$	$\delta = 22.9$			
30	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**8.66** **9.78** **15.20**	**6.52** **8.26** **12.57**	**4.68** **6.88** **10.18**	**3.15** **5.65** **8.05**	**1.90** **4.54** **6.13**	**0.93** **3.52** **4.38**	$\begin{Bmatrix}0.68\\3.23\\3.87\end{Bmatrix}$	$\delta = 26.5$		
35	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**17.75** **16.49** **22.12**	**13.06** **13.68** **18.11**	**9.29** **11.21** **14.59**	**6.31** **9.06** **11.51**	**4.01** **7.20** **8.84**	**2.29** **5.58** **6.55**	$\begin{Bmatrix}1.10\\4.25\\4.64\end{Bmatrix}$	$\delta = 29.8$		
40	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**39.92** **29.68** **34.18**	**28.64** **24.15** **27.59**	**19.98** **19.40** **21.94**	**13.45** **15.38** **17.13**	**8.64** **12.00** **13.11**	**5.19** **9.19** **9.77**	**2.80** **6.88** **7.01**	$\begin{Bmatrix}1.86\\5.82\\5.74\end{Bmatrix}$	$\delta = 32.7$	
45	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**100.96** **58.13** **57.13**	**70.26** **46.20** **45.20**	**47.70** **36.27** **35.27**	**31.44** **28.09** **27.09**	**19.97** **21.43** **20.43**	**12.09** **16.07** **15.07**	**6.83** **11.83** **10.83**	**3.47** **8.51** **7.51**	$\begin{Bmatrix}3.36\\8.39\\7.39\end{Bmatrix}$	$\delta = 35.2$

Продолжение таблицы 3.5.1.

Безразмерные коэффициенты несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$ $(f(t) = 0.5)$

φ_I		δ									
		0	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**
0		**-**									

5	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.57** **1.39** **4.45**	$\begin{Bmatrix}0.05\\1.20\\2.26\end{Bmatrix}$	$\delta = 4.9$							
10	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.03** **1.98** **5.54**	**0.61** **1.74** **4.26**	$\begin{Bmatrix}0.10\\1.43\\2.41\end{Bmatrix}$	$\delta = 9.8$						
15	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.68** **2.88** **7.03**	**1.23** **2.54** **5.74**	**0.68** **2.17** **4.35**	$\begin{Bmatrix}0.17\\1.72\\2.70\end{Bmatrix}$	$\delta = 14.5$					
20	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**2.80** **4.34** **9.17**	**2.14** **3.78** **7.62**	**1.45** **3.22** **6.09**	**0.78** **2.65** **4.52**	$\begin{Bmatrix}0.28\\2.12\\3.08\end{Bmatrix}$	$\delta = 18.9$				
25	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**4.95** **6.74** **12.30**	**3.80** **5.80** **10.29**	**2.72** **4.89** **8.36**	**1.74** **4.04** **6.51**	**0.89** **3.20** **4.72**	$\begin{Bmatrix}0.46\\2.68\\3.62\end{Bmatrix}$	$\delta = 22.9$			
30	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**9.41** **10.90** **17.15**	**7.11** **9.25** **14.28**	**5.12** **7.71** **11.62**	**3.45** **6.31** **9.20**	**2.08** **5.03** **6.98**	**1.02** **3.84** **4.92**	$\begin{Bmatrix}0.76\\3.49\\4.32\end{Bmatrix}$	$\delta = 26.5$		
35	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**19.33** **18.52** **25.02**	**14.30** **15.45** **20.64**	**10.20** **12.70** **16.71**	**6.94** **10.26** **13.22**	**4.41** **8.12** **10.16**	**2.51** **6.24** **7.48**	$\begin{Bmatrix}1.21\\4.66\\5.22\end{Bmatrix}$	$\delta = 29.8$		

40	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**43.53** **33.50** **38.72**	**31.38** **27.42** **31.49**	**21.96** **22.14** **25.19**	**14.81** **17.58** **19.76**	**9.51** **13.70** **15.14**	**5.70** **10.44** **11.26**	**3.07** **7.73** **8.02**	$\begin{Bmatrix}2.04\\6.46\\6.51\end{Bmatrix}$	$\delta = 32.7$	
45	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**110.09** **65.71** **64.71**	**76.97** **52.60** **51.60**	**52.43** **41.53** **40.53**	**34.62** **32.29** **31.29**	**22.00** **24.67** **23.67**	**13.30** **18.48** **17.48**	**7.49** **13.52** **12.52**	**3.79** **9.60** **8.60**	$\begin{Bmatrix}3.68\\9.46\\8.46\end{Bmatrix}$	$\delta = 35.2$

Продолжение таблицы 3.5.1.

Безразмерные коэффициенты несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$ $(f(t) = 0.4)$

φ_I		δ									
		0	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**
0		**-**									
5	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.59** **1.43** **4.85**	$\begin{Bmatrix}0.05\\1.21\\2.45\end{Bmatrix}$	$\delta = 4.9$							
10	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.07** **2.07** **6.06**	**0.64** **1.82** **4.70**	$\begin{Bmatrix}0.11\\1.47\\2.61\end{Bmatrix}$	$\delta = 9.8$						
15	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.77** **3.07** **7.74**	**1.31** **2.70** **6.36**	**0.73** **2.30** **4.82**	$\begin{Bmatrix}0.19\\1.79\\2.93\end{Bmatrix}$	$\delta = 14.5$					

20	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**3.00** **4.69** **10.13**	**2.30** **4.09** **8.48**	**1.56** **3.48** **6.79**	**0.84** **2.83** **5.02**	$\begin{Bmatrix}0.31\\2.23\\3.37\end{Bmatrix}$	$\delta = 18.9$				
25	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**5.33** **7.37** **13.65**	**4.10** **6.35** **11.48**	**2.94** **5.36** **9.36**	**1.88** **4.40** **7.29**	**0.97** **3.45** **5.25**	$\begin{Bmatrix}0.51\\2.85\\3.97\end{Bmatrix}$	$\delta = 22.9$			
30	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**10.16** **12.02** **19.09**	**7.71** **10.23** **15.99**	**5.57** **8.54** **13.06**	**3.75** **6.98** **10.35**	**2.26** **5.52** **7.84**	**1.11** **4.15** **5.47**	$\begin{Bmatrix}0.83\\3.75\\4.76\end{Bmatrix}$	$\delta = 26.5$		
35	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**20.91** **20.55** **27.92**	**15.53** **17.22** **23.17**	**11.11** **14.19** **18.84**	**7.57** **11.46** **14.94**	**4.81** **9.04** **11.47**	**2.74** **6.89** **8.41**	$\begin{Bmatrix}1.32\\5.06\\5.80\end{Bmatrix}$	$\delta = 29.8$		
40	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**47.13** **37.31** **43.26**	**34.12** **30.70** **35.40**	**23.95** **24.87** **28.45**	**16.17** **19.78** **22.38**	**10.39** **15.41** **17.17**	**6.22** **11.69** **12.75**	**3.34** **8.57** **9.02**	$\begin{Bmatrix}2.22\\7.10\\7.28\end{Bmatrix}$	$\delta = 32.7$	
45	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**119.23** **73.28** **72.28**	**83.69** **59.00** **58.00**	**57.16** **46.78** **45.78**	**37.81** **36.49** **35.49**	**24.03** **27.92** **26.92**	**14.51** **20.90** **19.90**	**8.16** **15.22** **14.22**	**4.11** **10.69** **9.69**	$\begin{Bmatrix}3.99\\10.53\\9.53\end{Bmatrix}$	$\delta = 35.2$

Продолжение таблицы 3.5.1.

Безразмерные коэффициенты несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$ $(f(t) = 0.3)$

φ_I		δ									
		0	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**

0		**-**									
5	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.60** **1.46** **5.24**	$\begin{Bmatrix}0.06\\1.23\\2.64\end{Bmatrix}$	$\delta = 4.9$							
10	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.12** **2.17** **6.59**	**0.67** **1.90** **5.13**	$\begin{Bmatrix}0.12\\1.50\\2.82\end{Bmatrix}$	$\delta = 9.8$						
15	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.87** **3.26** **8.44**	**1.38** **2.87** **6.98**	**0.78** **2.42** **5.29**	$\begin{Bmatrix}0.21\\1.85\\3.17\end{Bmatrix}$	$\delta = 14.5$					
20	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**3.19** **5.04** **11.10**	**2.45** **4.40** **9.33**	**1.67** **3.73** **7.49**	**0.90** **3.01** **5.52**	$\begin{Bmatrix}0.34\\2.33\\3.66\end{Bmatrix}$	$\delta = 18.9$				
25	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**5.70** **8.00** **15.00**	**4.40** **6.91** **12.68**	**3.16** **5.83** **10.36**	**2.02** **4.76** **8.06**	**1.05** **3.69** **5.77**	$\begin{Bmatrix}0.56\\3.02\\4.33\end{Bmatrix}$	$\delta = 22.9$			
30	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**10.91** **13.15** **21.04**	**8.31** **11.22** **17.70**	**6.01** **9.37** **14.50**	**4.05** **7.64** **11.50**	**2.45** **6.02** **8.69**	**1.20** **4.47** **6.01**	$\begin{Bmatrix}0.90\\4.01\\5.21\end{Bmatrix}$	$\delta = 26.5$		
35	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**22.50** **22.58** **30.82**	**16.77** **18.99** **25.70**	**12.02** **15.68** **20.96**	**8.20** **12.66** **16.65**	**5.21** **9.96** **12.78**	**2.96** **7.54** **9.34**	$\begin{Bmatrix}1.43\\5.46\\6.38\end{Bmatrix}$	$\delta = 29.8$		

40	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**50.74** **41.12** **47.81**	**36.86** **33.97** **39.30**	**25.93** **27.60** **31.70**	**17.53** **21.98** **25.01**	**11.26** **17.11** **19.20**	**6.74** **12.94** **14.24**	**3.61** **9.42** **10.03**	$\begin{Bmatrix}2.40\\7.75\\8.05\end{Bmatrix}$	$\delta = 32.7$	
45	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**128.36** **80.86** **79.86**	**90.40** **65.39** **64.39**	**61.89** **52.04** **51.04**	**41.00** **40.69** **39.69**	**26.06** **31.17** **30.17**	**15.73** **23.31** **22.31**	**8.82** **16.91** **15.91**	**4.43** **11.78** **10.78**	$\begin{Bmatrix}4.30\\11.59\\10.59\end{Bmatrix}$	$\delta = 35.2$

Продолжение таблицы 3.5.1.

Безразмерные коэффициенты несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$ $(f(t) = 0.2)$

φ_I		δ									
		0	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**
0		**-**									
5	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.62** **1.50** **5.64**	$\begin{Bmatrix}0.06\\1.25\\2.83\end{Bmatrix}$	$\delta = 4.9$							
10	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.16** **2.26** **7.11**	**0.71** **1.98** **5.57**	$\begin{Bmatrix}0.13\\1.54\\3.02\end{Bmatrix}$	$\delta = 9.8$						
15	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.97** **3.45** **9.15**	**1.46** **3.04** **7.60**	**0.82** **2.55** **5.76**	$\begin{Bmatrix}0.22\\1.91\\3.41\end{Bmatrix}$	$\delta = 14.5$					

20	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**3.38** **5.39** **12.06**	**2.61** **4.71** **10.18**	**1.78** **3.98** **8.19**	**0.96** **3.19** **6.02**	$\begin{Bmatrix}0.37\\2.43\\3.94\end{Bmatrix}$	$\delta = 18.9$				
25	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**6.07** **8.63** **16.35**	**4.70** **7.47** **13.87**	**3.38** **6.29** **11.36**	**2.17** **5.12** **8.84**	**1.12** **3.94** **6.30**	$\begin{Bmatrix}0.60\\3.18\\4.68\end{Bmatrix}$	$\delta = 22.9$			
30	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**11.66** **14.27** **22.98**	**8.90** **12.21** **19.41**	**6.45** **10.20** **15.95**	**4.35** **8.31** **12.65**	**2.63** **6.51** **9.54**	**1.29** **4.78** **6.56**	$\begin{Bmatrix}0.97\\4.27\\5.66\end{Bmatrix}$	$\delta = 26.5$		
35	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**24.08** **24.61** **33.72**	**18.00** **20.76** **28.22**	**12.93** **17.16** **23.09**	**8.82** **13.86** **18.37**	**5.60** **10.87** **14.10**	**3.19** **8.19** **10.27**	$\begin{Bmatrix}1.53\\5.87\\6.95\end{Bmatrix}$	$\delta = 29.8$		
40	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**54.35** **44.93** **52.35**	**39.60** **37.25** **43.20**	**27.92** **30.33** **34.96**	**18.89** **24.18** **27.63**	**12.14** **18.82** **21.24**	**7.26** **14.20** **15.73**	**3.88** **10.26** **11.04**	$\begin{Bmatrix}2.57\\8.39\\8.81\end{Bmatrix}$	$\delta = 32.7$	
45	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**137.49** **88.43** **87.43**	**97.12** **71.79** **70.79**	**66.63** **57.30** **56.30**	**44.18** **44.89** **43.89**	**28.09** **34.42** **33.42**	**16.94** **25.72** **24.72**	**9.49** **18.61** **17.61**	**4.75** **12.87** **11.87**	$\begin{Bmatrix}4.61\\12.66\\11.66\end{Bmatrix}$	$\delta = 35.2$

Продолжение таблицы 3.5.1.

Безразмерные коэффициенты несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$ $(f(t) = 0.1)$

φ_I		δ									
		0	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**

0		**-**									
5	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.64** **1.53** **6.03**	$\begin{Bmatrix}0.07\\1.26\\3.02\end{Bmatrix}$	$\delta = 4.9$							
10	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.21** **2.35** **7.64**	**0.74** **2.05** **6.01**	$\begin{Bmatrix}0.14\\1.57\\3.23\end{Bmatrix}$	$\delta = 9.8$						
15	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**2.06** **3.64** **9.85**	**1.54** **3.20** **8.21**	**0.87** **2.67** **6.23**	$\begin{Bmatrix}0.24\\1.98\\3.64\end{Bmatrix}$	$\delta = 14.5$					
20	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**3.57** **5.74** **13.03**	**2.76** **5.02** **11.04**	**1.89** **4.24** **8.89**	**1.03** **3.37** **6.52**	$\begin{Bmatrix}0.40\\2.54\\4.22\end{Bmatrix}$	$\delta = 18.9$				
25	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**6.45** **9.26** **17.70**	**5.00** **8.03** **15.07**	**3.60** **6.76** **12.36**	**2.31** **5.49** **9.62**	**1.20** **4.18** **6.82**	$\begin{Bmatrix}0.64\\3.34\\5.04\end{Bmatrix}$	$\delta = 22.9$			
30	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**12.41** **15.39** **24.92**	**9.50** **13.20** **21.12**	**6.90** **11.04** **17.39**	**4.65** **8.97** **13.80**	**2.81** **7.00** **10.40**	**1.38** **5.10** **7.10**	$\begin{Bmatrix}1.04\\4.53\\6.11\end{Bmatrix}$	$\delta = 26.5$		
35	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**25.66** **26.65** **36.63**	**19.24** **22.53** **30.75**	**13.84** **18.65** **25.21**	**9.45** **15.06** **20.08**	**6.00** **11.79** **15.41**	**3.41** **8.84** **11.20**	$\begin{Bmatrix}1.64\\6.28\\7.53\end{Bmatrix}$	$\delta = 29.8$		

40	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**57.96** **48.74** **56.89**	**42.35** **40.53** **47.11**	**29.90** **33.06** **38.21**	**20.25** **26.38** **30.25**	**13.01** **20.52** **23.27**	**7.77** **15.44** **17.22**	**4.15** **11.11** **12.05**	$\begin{Bmatrix}2.75\\9.04\\9.58\end{Bmatrix}$	$\delta = 32.7$	
45	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**146.62** **96.01** **95.01**	**103.83** **78.19** **77.19**	**71.36** **62.56** **61.56**	**47.36** **49.09** **48.09**	**30.13** **37.67** **36.67**	**18.15** **28.14** **27.14**	**10.16** **20.30** **19.30**	**5.07** **13.96** **12.96**	$\begin{Bmatrix}4.92\\13.72\\12.72\end{Bmatrix}$	$\delta = 35.2$

Продолжение таблицы 3.5.1.

Безразмерные коэффициенты несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$ (f(t)=0.0)

φ_I		δ									
		0	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**
0	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.00** **1.00** **5.14**									
5	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**0.65** **1.56** **6.43**	$\begin{Bmatrix}0.07\\1.28\\3.21\end{Bmatrix}$	$\delta = 4.9$							
10	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**1.25** **2.44** **8.16**	**0.77** **2.14** **6.45**	$\begin{Bmatrix}0.15\\1.61\\3.43\end{Bmatrix}$	$\delta = 9.8$						
15	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**2.16** **3.83**	**1.61** **3.37**	**0.92** **2.80** **6.70**	$\begin{Bmatrix}0.26\\2.04\\3.88\end{Bmatrix}$	$\delta = 14.5$					

		10.56	**8.83**								
20	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**3.76** **6.09** **13.99**	**2.92** **5.33** **11.90**	**2.00** **4.49** **9.58**	**1.09** **3.55** **7.01**	$\begin{Bmatrix}0.43\\2.64\\4.51\end{Bmatrix}$	$\delta = 18.9$				
25	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**6.82** **9.89** **19.06**	**5.31** **8.58** **16.26**	**3.82** **7.23** **13.36**	**2.45** **5.85** **10.39**	**1.27** **4.42** **7.34**	$\begin{Bmatrix}0.69\\3.51\\5.39\end{Bmatrix}$	$\delta = 22.9$			
30	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**13.16** **16.51** **26.86**	**10.09** **14.18** **22.83**	**7.34** **11.87** **18.83**	**4.95** **9.63** **14.96**	**2.99** **7.49** **11.24**	**1.47** **5.42** **7.66**	$\begin{Bmatrix}1.10\\4.79\\6.56\end{Bmatrix}$	$\delta = 26.5$		
35	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**27.24** **28.68** **39.53**	**20.47** **24.30** **33.28**	**14.75** **20.14** **27.34**	**10.08** **16.26** **21.80**	**6.40** **12.71** **16.73**	**3.64** **9.49** **12.13**	$\begin{Bmatrix}1.75\\6.68\\8.11\end{Bmatrix}$	$\delta = 29.8$		
40	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**61.56** **52.55** **61.43**	**45.09** **43.80** **51.01**	**31.89** **35.79** **41.46**	**21.62** **28.59** **32.88**	**13.89** **22.23** **25.30**	**8.29** **16.70** **18.71**	**4.43** **11.96** **13.06**	$\begin{Bmatrix}2.93\\9.68\\10.35\end{Bmatrix}$	$\delta = 32.7$	
45	$N_{\gamma w}$ N_{qw} N_{cw}	**155.76** **103.58** **102.58**	**110.54** **84.58** **83.58**	**76.09** **67.83** **66.83**	**50.55** **53.30** **52.30**	**32.16** **40.92** **39.92**	**19.37** **30.55** **29.55**	**10.82** **22.00** **21.00**	**5.40** **15.04** **14.04**	$\begin{Bmatrix}5.23\\14.79\\13.79\end{Bmatrix}$	$\delta = 35.2$

Примечания к таблице 3.5.1.:

1. При промежуточных значениях φ_I, δ и $f(t)$ коэффициенты несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$ допускается определять по интерполяции.

2. В фигурных скобках приведены значения коэффициентов несущей способности $N_{\gamma w}, N_{qw}, N_{cw}$, соответствующие предельному значению угла наклона нагрузки δ, определённому из условия по формуле 3.5.16.

3. Значения углов φ_I и δ принимать в градусах.

Вниманию специалистов!

Руководство по проектированию оснований при нестабилизированном состоянии является документом добровольного применения.

Предложения и пожелания по совершенствованию данного руководства просим направлять по адресу:

460038, г. Оренбург, пр. Дзержинского, 2/2, ООО «НТЦ «Промбезопасность-Оренбург». Тел. (3532) 65-03-20, 30-56-30, факс 65-04-30. E-mail: ntc@orfi.ru, ivanov@orfi.ru.