НИИОСП

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
имени Н.М. ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И УСТРОЙСТВУ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ЦЕМЕНТОГРУНТА

МОСКВА-1986

gost.e-ecolog.ru

УДК 624.151.5

Настоящие Рекомендации представляют собой пособие по проектированию и устройству фундаментов и оснований из цементогрунтовых свай, а также малозаглубленных ленточных фундаментов из цементогрунта.

В разработке Рекомендаций принимали участие: НИИОСП им.Н.М. Герсеванова (кандидаты техн.наук Ю.А.Грачев, А.Н.Токин, м.н.с. А.В.Шапошников, инж.В.Г.Морозов); ЦНИИЭПсельстрой (канд.техн.наук Н.В.Жуков, инж. М.А.Мироненко); Ростовский Промстройниипроект (канд.техн.наук А.Ф.Селезнев, инж.Ю.И.Кичан); НИИСП Госстроя УССР (кандидаты техн.наук В.С.Могильный, Е.А.Фокин); Краснодаркрайколхозстройобъединение (инж.В.Н.Добровольский); Кубанский СХИ (канд. техн.наук А.И.Ветштейн, инж.Н.И.Кочнев); Нижгипрониисельхоз (канд. техн.наук Н.И.Орда); Фундаментпроект (канд.техн.наук Б.С.Смолин, инж.В.И.Шараватов); ВЗИСИ (канд.техн.наук Д.В.Коротеев); Волгоградский ИСИ (канд.техн.наук В.А.Корягина); СибАДИ (канд.техн.наук В.С.Прокопец). Рекомендации одобрены на секции "Специальные работы" НТС НИИОСП и рекомендованы к изданию.

При разработке Рекомендаций использованы данные, полученные в результате проведения экспериментальных и опытно-производственных работ по применению цементогрунта в строительстве, а также "Рекомендации по проектированию и устройству фундаментов из цементогрунта для опытного строительства малоэтажных сельских зданий" (М.,НИИОСП, ЦНИИЭПсельстрой,1983), "Временные указания по устройству коротких грунтобетонных свай для малоэтажных сельских зданий" ВСН-4-71, "Временные рекомендации по технологии устройства цементогрунтовых ленточных фундаментов малоэтажных зданий с применением шнекофрезерных грунтосмесительных машин" (Киев, НИИСП,1981), "Рекомендации по изготовлению фундаментных изделий из цементогрунта", (М.,Госстрой СССР. Минсельстрой СССР,1981).

Замечания и предложения по содержанию Рекомендаций направлять по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул.,6, НИИОСП.

© Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова, 1986

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
имени Н.М. ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И УСТРОЙСТВУ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ЦЕМЕНТОГРУНТА

МОСКВА-1986

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие Рекомендации распространяются на проектирование и устройство фундаментов и оснований из цементогрунтовых свай диаметром до 0,8 м и длиной до I0 м, а также ленточных фундаментов из цементогрунта глубиной до 2 м в грунтовых условиях, определенных в соответствии с требованиями разд.2.

При устройстве оснований в лессовых просадочных грунтах большой мощности (II тип грунтовых условий по просадочности) армирующие элементы – цементогрунтовые сваи – могут быть длиной более I0 м (в соответствии с требованиями разд.3 настоящих Рекомендаций).

I.2. Настоящие Рекомендации не распространяются на проектирование и устройство фундаментов из цементогрунта и оснований из армирующих элементов, возводимых в сейсмически активных и карстовых районах, в районах распространения вечномерзлых грунтов, на подрабатываемых территориях и фундаментов под машины с динамическими нагрузками.

I.3. Фундаменты из цементогрунта рекомендуется применять при возведении малоэтажных зданий и сооружений III класса ответственности; основания из армирующих цементогрунтовых элементов при возведении зданий и сооружений II класса ответственности.

Применение фундаментов из цементогрунта для зданий и сооружений II класса ответственности должно быть обосновано и приведено в соответствие с требованиями действующих нормативных документов к фундаментам сооружений данного класса и обосновано результатами проведенных натурных экспериментальных работ на конкретной строительной площадке.

I.4. Инженерно-геологические изыскания для строительства зданий и сооружений с основаниями и фундаментами из цементогрунта должны выполняться в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

I.5. Фундаменты из цементогрунта находят преимущественное применение на карбонатных грунтах (лессы, лессовидные суглинки и супеси).

I.6. Фундаменты из цементогрунта запрещается устраивать в грунтах, не оттаявших после сезонного промерзания. Устройство фундамента должно быть закончено не позднее чем за месяц до начала промерзания грунта.

I.7. Проектирование и устройство фундаментов из цементогрунта, выбор конструкции фундаментов рекомендуется производить, исходя из конкретных условий строительной площадки по материалам инженерных изысканий на основе данных о назначении, конструктивных и технологических особенностях сооружения, нагрузках, действующих на фундамент, и условиях его эксплуатации, технико-экономического сравнения возможных вариантов проектных решений с оценкой по приведенным затратам, расходу основных строительных материалов и т.д.

I.8. Фундаменты из цементогрунта (основания, армированные элементами из цементогрунта) изготавливаются:

а) буросмесительным способом, который заключается в измельчении грунта и его перемешивании с цементным вяжущим, водой, добавками или их смесью непосредственно в грунте на строительной площадке (без выемки измельченного грунта на поверхность из скважин и траншей);

б) укладкой цементогрунтовой смеси, приготовленной в смесительных установках, в пробуренные скважины и вскрытые траншеи с последующим уплотнением ее до требуемых величин (в случае пластичных смесей);

в) укладкой сборных цементогрунтовых блоков заводского изготовления.

2. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ

2.I. При изготовлении фундаментов из цементогрунта грунты строительной площадки должны удовлетворять следующим требованиям: а) гранулометрический состав: содержание глинистых частиц (менее 0,005 мм) 5–30%, пылеватых частиц (0,05–0,005 мм) I5–90%; б) показатель пластичности 2–I5%; в) водородный показатель грунта pH 6; г) содержание водорастворимых солей не более 3%, при сульфатном засолении – не более 2%.

Примечания. I. Цементогрунтовые сваи при соответствующем обосновании (требуемые характеристики материала, технико-экономические показатели) могут изготавливаться буросмесительным способом в глинистых грунтах с показателем пластичности более I5%, текучей и текучепластичной консистенции, песчаных грунтах (рыхлых и средней плотности), набухающих грунтах.

2. Фундаментные блоки изготавливаются из оптимальных грунтовых смесей в соответствии с требованиями разд.7 настоящих Рекомендаций (пример подбора состава см.прил.I).

2.2. Не допускается использовать для приготовления цементо-

грунтовых смесей растительные слои и грунты, содержащие более 6% органических примесей.

2.3. Грунты, не отвечающие требованиям п.2.1, могут быть улучшены путем добавления песка (улучшение грансостава) или извести (понижение кислотности грунта) в количестве 1-3% массы грунта природной влажности (известь).

2.4. Для приготовления цементогрунта следует применять портландцемент или шлакопортландцемент без минеральных добавок марки не ниже 400, отвечающие требованиям ГОСТ 10178-76 " Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия". Использование цемента с добавками требует соответствующего обоснования (проведение комплекса лабораторных и полевых работ).

2.5. Вода (речная или грунтовая) для приготовления водоцементного раствора должна иметь водородный показатель pH не менее 6 и отвечать требованиям ГОСТ 23732-79 "Вода для бетонов и растворов. Технические условия".

2.6. В составе водоцементного раствора, вводимого в грунт при устройстве фундаментов из цементогрунта буросмесительным способом, не должно быть включений крупнее 2 мм. Раствор не должен расслаиваться в течение 2 ч и должен легко перекачиваться насосами по трубопроводам. Этим требованиям отвечают растворы с водоцементным отношением В/Ц=0,5-0,6.

2.7. Для улучшения физико-механических свойств цементогрунта (прочность при сжатии, морозостойкость и др.), изготавливаемого на грунтах с органическими примесями, водонасыщенных, с $pH \leqslant 6$, а также для получения раствора с $В/Ц > 0,6$ рекомендуется вводить химические добавки (известь-пушонку, кипелку, хлористый кальций, СДБ, С-3, ПНГ, полиизоцианат и др., см.приложение 2).

2.8. Марка цементогрунта для фундаментов должна быть не ниже 50. Марка цементогрунта при устройстве армированных оснований определяется расчетным путем.

2.9. Проектная марка цементогрунта по морозостойкости должна назначаться в соответствии с требованиями действующих нормативных документов как для фундаментов зданий и сооружений III класса ответственности, но должна быть не ниже 25.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ЦЕМЕНТОГРУНТА

3.1. Для разработки проекта фундаментов из цементогрунта необходимы:

отчет по инженерно-геологическим изысканиям с планом расположения геологических скважин;

проект конструктивных и объемно-планировочных решений с привязкой возводимого сооружения к условиям строительной площадки;

данные о действующих нагрузках от несущих конструкций сооружения на фундамент;

данные по подбору составов цементогрунта, его прочностные характеристики, результаты опытных работ по изготовлению фундаментов из цементогрунта (опытные сваи, ленты), по испытанию образцов, отобранных из опытных свай, лент;

данные по испытанию цементогрунтовых свай (в случае свайного фундамента) или элемента армированного основания статической нагрузкой на конкретной строительной площадке.

3.2. Проектирование фундаментов из цементогрунтовых свай гражданских и промышленных зданий и сооружений производится в соответствии с требованиями СНиП II-17-77 "Свайные фундаменты" как для фундаментов из набивных свай, работающих на вертикальную вдавливающую нагрузку.

П р и м е ч а н и е. Нормативные и расчетные характеристики цементогрунта приводятся в табл.6 и 7 настоящих Рекомендаций.

3.3. Для определения расчетной нагрузки на сваю на каждой строительной площадке обязательно проводятся испытания свай статической нагрузкой в полевых условиях в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-78 "Сваи. Методы полевых испытаний".

3.4. Проектирование оснований,армированных цементогрунтовыми сваями в лессовых просадочных грунтах, осуществляется в соответствии с п.п.3.19.1-3.19.13 настоящих Рекомендаций. Сваи устраиваются ниже глубины сезонного промерзания грунта.

3.5. Проектирование монолитных и сборных ленточных фундаментов из цементогрунта производится в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01-83 "Основания зданий и сооружений".

3.6. При проектировании фундаментов из цементогрунтовых свай длиной до 3 м для сельских зданий и сооружений следует руководствоваться требованиями СНиП II-17-77, "Рекомендациями по применению свайных фундаментов в сельском строительстве" М., 1977 и материа-

лами, изложенными в п.п. 3.7-3.II, 3.I3-3.I8 настоящих Рекомендаций.

3.7. Расчетная нагрузка N, кН(т), передаваемая на цементогрунтовую сваю, определяется по формуле

$$N \leqslant \frac{F_d}{\gamma_g} = P, \qquad (I)$$

где F_d – расчетная несущая способность цементогрунтовой сваи на осевую вдавливающую нагрузку, кН(т);

γ_g – коэффициент надежности, принимаемый равным для различных случаев в соответствии с требованиями п.4.3 СНиП II-I7-77; для фундаментов сельских зданий и сооружений:

γ_g = I,4 для зданий со сроком службы $\geqslant$ 50 лет, если несущая способность сваи или фундамента определена расчетом;

γ_g = I,2 для зданий со сроком службы не менее I0 лет, если несущая способность сваи или фундамента определена расчетом;

γ_g = I,25 для зданий со сроком службы $\geqslant$ 50 лет, если несущая способность сваи или фундамента определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой;

γ_g = I,I для зданий со сроком службы не менее I0 лет, если несущая способность сваи или фундамента определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой.

P – расчетная нагрузка, допускаемая на сваю, кН(т).

Примечание. Для сооружений с промежуточным сроком службы, значение коэффициента γ_g определяется интерполяцией.

3.8. За расчетную несущую способность цементогрунтовой сваи (ленты) принимается меньшее из значений несущей способности по грунту и материалу, определяемое соответственно по п.п. 3.9 и 3.I0 настоящих Рекомендаций.

3.9. Расчетная несущая способность цементогрунтовой сваи по материалу по прочности на осевое сжатие F_m, кН определяется по формуле

$$F_m = \gamma_c \cdot A \cdot R_m, \qquad \text{кН}, \qquad (2)$$

где γ_c – коэффициент условий работы, учитывающий способ устройства свай и принимаемый равным 0,85;

A – площадь сечения ствола сваи, м^2;

R_m – расчетное сопротивление цементогрунта осевому сжатию, кПа, принимаемое по табл.? настоящих Рекомендаций.

3.10. Расчетная несущая способность цементогрунтовой сваи по грунту определяется по результатам статических испытаний свай на вдавливающую нагрузку.

3.11. Для предварительных расчетов значение расчетной несущей способности цементогрунтовой сваи по грунту на осевую сжимающую нагрузку F_d, кН(т), определяется по формуле

$$F_d = \gamma_c \left(\gamma_{cR} R A + u \sum_{i=1}^{n} \gamma_{cf} f_i l_i\right), \text{кН(т)}, \quad (3)$$

где γ_c – коэффициент условий работы сваи, принимаемый в случае опирания ее на покровные глинистые грунты со степенью влажности $S_r < 0{,}85$ и на лессовые просадочные I типа равным 0,8; в остальных случаях $\gamma_c = 1$;
Для сельскохозяйственных зданий и сооружений при длине свай до 3 м значение коэффициента условий работы γ_c принимается в соответствии с требованиями п.3.17 настоящих Рекомендаций;

γ_{cR} – коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи, принимаемый равным 0,9; для сельскохозяйственных зданий при длине свай до 3 м $\gamma_{cR} = 1$;

γ_{cf} – коэффициент условий работы грунта по боковой поверхности сваи, принимаемый равным 0,6; для сельскохозяйственных зданий и сооружений при длине свай до 3 м $\gamma_{cf} = 1$;

R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом цементогрунтовой сваи, принимаемое по табл.7 СНиП II-17-77, кПа;

A – площадь поперечного сечения цементогрунтовой сваи, $м^2$;

u – периметр ствола цементогрунтовой сваи, м;

f_i – расчетное сопротивление i-го слоя грунта по боковой поверхности сваи, кПа, принимаемое по табл.2 СНиП II-17-77;

l_i – толщина i-го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;

n – количество слоев.

Для цементогрунтовых свай длиной до 3 м при строительстве фундаментов из цементогрунтовых свай для сельских зданий и сооружений значения расчетного сопротивления грунта под нижним концом сваи R и расчетного сопротивление f_i i-го слоя грунта по боковой поверхности сваи, принимаются соответственно по табл.1 и 2, а для просадочных грунтов с учетом указаний СНиП II-17-77 по табл.3 настоящих Рекомендаций (см.приложения 3,4). В этом случае в формулы

(2) и (3) следует вводить множитель $\frac{1}{\gamma_n}$, где $\gamma_n = 0,9$ – коэффициент надежности по назначению.

Таблица 1

Расчетное сопротивление грунта R под пятой цементогрунтовых свай длиной 2-3 м, кПа

Средний коэффициент пористости грунта e	Расчетное сопротивление глинистых грунтов R, кПа, при показателе текучести J_L			
	0	0,2	0,4	0,6
0,5	850	850	550	450
0,7	650	550	450	350
1,0	550	450	350	250

Примечание. При промежуточных значениях e, J_L значение R принимается по линейной интерполяции.

Таблица 2

Расчетное сопротивление грунта f по боковой поверхности цементогрунтовых свай длиной 2-3 м, кПа

Средняя глубина расположения слоя грунта, м	Средний коэффициент пористости e	Расчетное сопротивление глинистых грунтов f, кПа, при показателе текучести J_L			
		0	0,2	0,4	0,6
1	0,55	60	48	37	25
	0,70	55	45	34	23
	1,00	50	40	29	20
2 - 3	0,55	68	53	40	29
	0,70	65	50	37	26
	1,00	60	45	32	21

Примечание. При промежуточных значениях e и J_L, значений f принимаются по интерполяции.

3.12. Расчетная нагрузка N, кН (Т), на 1 п.м ленточного фундамента из цементогрунта определяется с учетом требований действующих нормативных документов (СНиП 2.02.01-83).

3.13. Суммарные значения осадки и просадки (S и S_{sl}) фундаментов (ленточных и свайных) из цементогрунта не должны превышать предельных значений S_u, установленных СНиП 2.02.01-83 для соответствующих типов зданий:

$$S + S_{sl} \leqslant S_u . \qquad (4)$$

Примечания: I. Для сельских зданий и сооружений с фундаментами из цементогрунтовых свай значение S_u принимается равным I0 см;

2. Осадки сельских зданий и сооружений при влажности просадочных грунтов $W \leqslant W_p$ допускается не учитывать ввиду их небольшой величины.

3.I4. Относительная разность величин "осадка плюс просадка" двух смежных фундаментов не должна превышать предельные значения, заданные в проекте или регламентируемые СНиП 2.02.0I-83.

Для сельских зданий и сооружений с податливыми конструкциями стыков между панелями предельная относительная разность суммарных величин "осадка плюс просадка" двух смежных фундаментов не должна превышать 0,0I.

3.I5. При проектировании зданий и сооружений, возводимых на лессовых просадочных грунтах, вертикальная планировка застраиваемых площадок должна обеспечивать быстрый отвод дождевых и талых вод, максимально использовать естественный рельеф местности и существующие пути стока.

3.I6. Вокруг каждого здания или сооружения следует устраивать водонепроницаемые отмостки с уклоном $i \geq 0{,}03$ шириной не менее I м. Встречающиеся на площадке старые выработки (ямы, траншеи) следует засыпать уплотненным грунтом (плотностью не менее I,6 т/м^3).

3.I7. Проектирование фундаментов из цементогрунта малоэтажных сельских зданий со сваями длиною не более 3 м и ленточными фундаментами с глубиной заложения не более 2 м, возводимых на просадочных грунтах I типа, должно осуществляться с учетом ожидаемой вероятности степени замачивания основания в период эксплуатации зданий и сооружений. При этом различают случаи, указанные в п.п. 3.I7.I–3.I7.3.

3.I7.I. Замачивание основания невозможно вследствие повышения уровня грунтовых вод, утечек воды из водоносящих коммуникаций и емкостей. К этому случаю относятся здания и сооружения, не оборудованные водопроводом и канализацией и расположенные на расстоянии более I,5-2 H (H – толщина просадочной толщи) от возможных источников замачивания (трубопроводов, емкостей и т.п.). Примером таких зданий являются склады сельхозпродуктов и сельхозтехники, трансфор-

Таблица 3

Расчетное сопротивление грунта под подошвой R, кПа, и на боковой поверхности , кПа фундаментов из цементогрунта для просадочных грунтов в состоянии его полного водонасыщения ($S_r \geq 0,8$)

Заглубление свай и фундаментов в грунт природной структуры при определении R или средняя глубина расположения слоя грунта при определении f, м	R (при средней пористости e грунта, %, в слое, равном $2b$ или $2d$ под подошвой) и f (при средней пористости слоя грунта, прорезаемого боковой поверхностью), кПа							
	$e = 0,75$		$e = 0,82$		$e = 0,89$		$e = 0,97$	
	R	f	R	f	R	f	R	f
I	–	I8	–	I6	–	I4	–	I2
2	350	I9	300	I7	250	I5	200	I3
3	360	20	3I0	I8	260	I6	2I0	I4

Примечания: I. Даны условные обозначения ширины ленточного фундамента b и диаметра сваи d. 2. Для промежуточных значений глубины и пористости величины R и f принимаются по линейной интерполяции

маторные подстанции, навесы для сена и др.

Проектирование фундаментов осуществляется без учета замачивания основания. Расчетные сопротивления R и f грунта определяются по табл.I,2 при влажности, прогнозируемой на период эксплуатации здания. При отсутствии таких данных в запас прочности сопротивления R и f определяются при влажности грунта на границе раскатывания W_p, если природная влажность $W < W_p$ и при влажности W, если $W > W_p$.

3.I7.2. Возможно аварийное замачивание основания вследствие утечки воды из водонесущих коммуникаций и емкостей, расположенных внутри здания или вне здания на расстоянии менее I,5 Н, без повышения уровня грунтовых вод в период эксплуатации здания, способного вызвать просадку грунтов основания.

К этому случаю относятся сельскохозяйственные, жилые здания высотой до двух этажей включительно, оборудованные водопроводом и канализацией. Эти здания разделяются на подгруппы, отличающиеся интенсивностью и характером возможного аварийного замачивания:

а) сельскохозяйственные здания с мокрым технологическим режимом, равномерным распределением источников замачивания по площади здания, расходом воды более I0 л в сутки на I м^2 площади пола здания. Сюда относятся: коровники, свинарники, имеющие гидросмыв и систему подпольных каналов гидросплава навоза, располагаемых вдоль всего здания и некоторые типы птичников с системой купочных и канализационных канавок под поилками;

б) сельскохозяйственные здания с локальным мокрым технологическим режимом имеют отдельные помещения или участки с мокрым технологическим режимом (моечные, душевые), свинарники с одиночными поперечными подпольными каналами гидросмыва навоза, объединяющих систему продольных каналов, оборудованных скребковыми транспортерами. Каналы гидросплава находятся друг от друга на расстоянии 20–30 м и более. На локальных участках расходы воды превышают I0 л в сутки на I м^2 площади пола, а на остальных площадках – менее I0 л или полностью отсутствуют;

в) здания с расходом воды менее I0 л на I м^2 площади пола отличаются наименьшими вероятностью и размером зоны замачивания. Некоторые здания этой группы (птичники, овчарни) имеют разветвленную, но не заглубленную в грунт систему водопровода, а проводки канализации отсутствуют или единичны. Утечки воды обнаруживаются непос-

редотвенно после аварийного повреждения трубопроводов;

г) малые усадебные и секционные одно-двухквартирные жилые дома с расходом воды не более 5 м³/сут.

Проектирование фундаментов (в случаях, указанных в подпунктах а, б, в, г) осуществляется с учетом возможного замачивания основания. В качестве основного расчетного случая принимается полное водонасыщение грунта ($Sr \geqslant 0{,}8$). Расчетные сопротивления R и f принимаются по табл.3. Отличие действительных условий аварийного замачивания от наихудших, соответствующих полному водонасыщению грунта, учитывается коэффициентами условий работы в формуле (3), которые принимаются равными:

γ_c = 1,4 – для зданий, перечисленных в подпунктах а и г и локальных участков зданий по подпункту б;

γ_c = 1,3 – для тех же зданий, но при залегании под просадочной толщей недренирующего подстилающего слоя;

γ_c = 1,9 – для зданий, перечисленных в подпунктах в и б(за исключением расчетных локальных участков)при залегании под просадочной толщей дренирующих грунтов;

γ_c = 1,8 – для тех же зданий при залегании под просадочной толщей недренирующих грунтов.

Примечания: 1. Площадь расчетного локального участка принимается равной площади помещения или участка здания с мокрым технологическим режимом, увеличенная на расстояние 1,5 Н во все стороны от его границ. 2. Расчетная несущая способность свай, найденная по формуле (3), с коэффициентами γ_c = 1,9 и γ_c = 1,8, не должна превышать величину γ_d, полученную для грунта с влажностью W, если $W > W_p$ и для грунта с влажностью W_p, если $W < W_p$.

3.17.3. В период эксплуатации зданий ожидается повышение уровня грунтовых вод до отметок, превышающих заглубление подошвы фундамента или пяты сваи. При этом наблюдается наибольшее снижение прочности грунта, а просадка фундамента и основания достигает максимальных значений. В этом случае расчетные сопротивления R и f находятся по табл.3, а коэффициент условий работы γ_c принимается равным 0,9.

3.17.4. В случаях, когда суммарное значение "осадка плюс просадка" превышает предельное значение, необходимо назначение комплекса конструктивных и водозащитных мероприятий. Выбор типа фундамента в этом случае производится на основании технико-экономического сравнения различных вариантов.

3.17.5. В случае, когда суммарное значение "осадка плюс про-

садка" не превышает 10 см, достаточно учитывать рекомендации п.п. 3.15-3.16.

3.17.6. Если просадка грунта от собственного веса составляет 10-20 см, то при проектировании зданий в случаях, указанных в п. 3.17.2 (а и г)и на локальных участках зданий - п.3.17.2, б, рекомендуется устройство под всем зданием или его частью маловодонепроницаемого экрана из уплотненного при оптимальной влажности грунта ($\gamma_d \geqslant 1{,}6$ т/м^3) толщиной 0,4-0,5 м.

Примечания: 1. Устройство фундаментов из цементогрунта рекомендуется выполнять после устройства экрана, доведенного до уровня подготовки под полы. 2. При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается проектировать здания и сооружения без устройства экрана. 3. Допускается частичная или полная прорезка экрана гидроизолированными каналами.

3.17.7. При проектировании фундаментов из цементогрунтовых свай рекомендуется применять однорядное расположение свай, добиваясь совпадения равнодействующей внешних нагрузок с осью свайного ряда.

3.17.8. Для фундаментов сельских типовых (усадебных и секционных) крупнопанельных зданий серий 25, 135, 121 и др. рекомендуется применять безростверковое решение. Цокольная панель в этом случае опирается на сваю, поверх которой устраивается бетонная подушка толщиной 10 см.

3.18. Расчет ростверков следует производить в соответствии с рекомендациями, изложенными в "Руководстве по расчету и проектированию свайных фундаментов". (М., Стройиздат, 1980).

3.19. Применение цементогрунтовых свай при устройстве армированных оснований осуществляется в соответствии с п.п.3.19.1-3.19.13 настоящих Рекомендаций.

3.19.1. Цементогрунтовые сваи применяются для армирования оснований в лессовых просадочных грунтах I и II типа для уменьшения деформаций основания, а также для обеспечения нормальной эксплуатации сооружений и технологического оборудования в условиях аварийного замачивания или подъема уровня грунтовых вод как мероприятие, предусмотренное п.п.2.69 и 3.12 СНиП 2.02.01-83.

3.19.2. Применение цементогрунтовых свай для армирования основания должно быть технико-экономически обосновано и выбрано как оптимальный вариант из других возможных вариантов проектного решения.

3.19.3. Основания, армированные цементогрунтовыми сваями, рассчитываются по двум группам предельных состояний:

а) по первой группе: по прочности материала цементогрунтовых свай; по несущей способности армированного основания (в случаях, указанных в п.2.3 СНиП 2.02.83);

б) по второй группе – по деформациям (во всех случаях).

3.19.4. Расстояние между осями цементогрунтовых свай определяется из условия

$$\sigma_z \leqslant P_{sl}, \qquad (5)$$

где σ_z – вертикальные напряжения на глубине z от подошвы фундамента в просадочном грунте армированного основания, возникающие под действием собственного веса, определяемые по п.3.19.5 настоящих Рекомендаций;

P_{sl} – начальное просадочное давление грунта естественного сложения на глубине z от подошвы фундамента.

3.19.5. Вертикальное напряжение σ_z на глубине z от подошвы сооружения в просадочном грунте армированного основания определяется по формуле

$$\sigma_z = \frac{\gamma_{II} - a_c C_{II}}{a_c \xi \operatorname{tg} \varphi_{II}} \left(1 - e^{-a_c \xi z \operatorname{tg} \varphi_{II}}\right), \quad \text{кПа } (\text{т/м}^2) \qquad (6)$$

где γ_{II} – осредненное по глубине просадочной толщи расчетное значение удельного веса водонасыщенного грунта, кН/м^3 (т/м^3);

C_{II} – осредненное по глубине просадочной толщи расчетное значение удельного сцепления водонасыщенного грунта, кПа(т/м^2);

φ_{II} – осредненное по глубине в пределах просадочной толщи расчетное значение угла внутреннего трения водонасыщенного грунта, град;

ξ – коэффициент бокового давления просадочного грунта, принимаемый равным 0,5;

z – глубина от подошвы фундамента сооружения, м;

$$a_c = \frac{4\pi D}{4 b_p l_c - \pi D^2}, \ 1/\text{м}, \qquad (7)$$

где D – диаметр цементогрунтовой сваи, м.

3.19.6. Глубина заделки цементогрунтовой сваи в непросадочный грунт h_3 определяется по формуле

$$h_3 = \frac{l_c - D}{2 \operatorname{tg} \varphi_{II\,cp}/4}, \ \text{м}. \qquad (8)$$

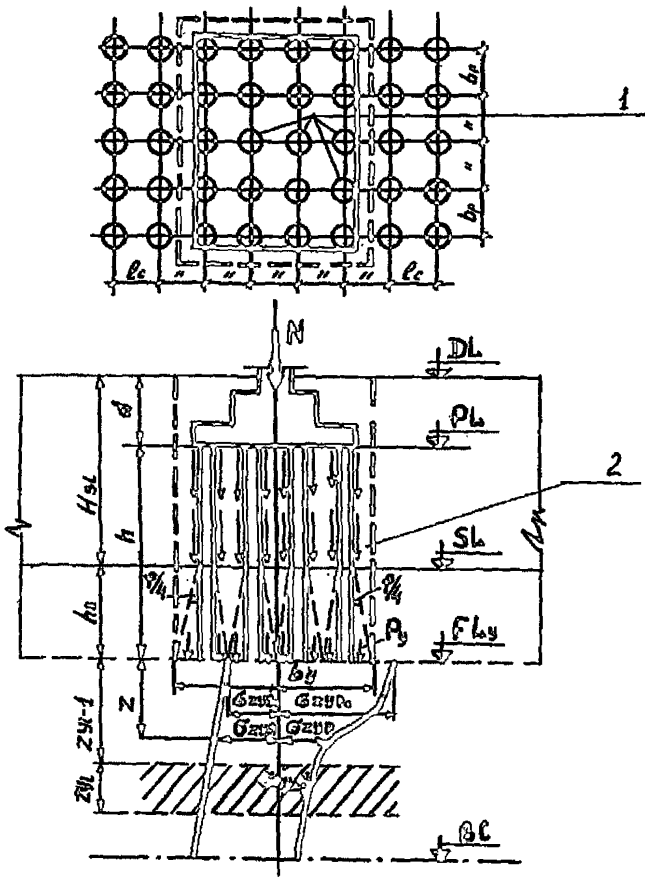


Рис.I. Схема расчета осадок основания, армированного цементогрунтовыми сваями

3.I9.7. Расчет оснований, армированных цементогрунтовыми сваями, по деформациям производится исходя из условия

$$S_p \leqslant S_u, \qquad (9)$$

где S_p – совместная деформация армированного основания и сооружения, определяемая расчетом по п.3.I9.8;

S_u – предельное значение совместной деформации армированного основания и сооружения, устанавливаемое по указаниям п.п.2.5I – 2.55 СНиП 2.02.0I-83.

Примечание: Под величиной S_p и соответствующей ей подразумевается любая из перечисленных в п.2.38 СНиП 2.02.0I.83 характеристик деформаций.

3.I9.8. Расчет деформаций армированного цементогрунтовыми сваями основания отдельного фундамента производится как для условного фундамента на естественном основании.

Границы условного фундамента определяются следующим образом:

снизу – плоскостью, проходящей через нижние концы свай;

с боков – вертикальными плоскостями, отстоящими от наружных граней крайних рядов цементогрунтовых свай, расположенных под подошвой фундамента сооружения на расстоянии $\ell_1 = h_3 \operatorname{tg} \frac{\varphi_{IIср}}{4}$, м, где $\varphi_{IIср}$ – средневзвешенное значение угла внутреннего трения от нижней границы просадочной толщи до подошвы условного фундамента.

В собственный вес условного фундамента включается вес фундамента сооружения, цементогрунтовых свай и грунта в объеме условного фундамента.

3.I9.9. Осадка основания условного фундамента шириной $b_y < I0$, определяется по формуле:

$$S_y = \beta \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_{zyp\,i} \cdot h_i}{E_i}, \text{ см}, \qquad (I0)$$

где β – безразмерный коэффициент, принимаемый равным 0,8;

n – число слоев, на которое разбито основание от подошвы условного фундамента до нижней границы сжимаемой толщи;

h_i – толщина i-го слоя, см;

E_i – модуль деформации грунта основания в i-ом слое, кПа ($т/м^2$);

$\sigma_{zyp\,i}$ – среднее значение дополнительного вертикального напряжения σ_{zyp}, определяемое по п.3.I9.I0, в i-ом слое под подошвой условного фундамента, равное полусумме указанных напряжений на верхней $z_{y_{в.г}}$ и нижней $z_{y_г}$ границах слоя.

кПа (т/м^2);

3.I9.I0. Дополнительное вертикальное напряжение на глубине z от подошвы условного фундамента σ_{zyp}, определяется по формуле

$$\sigma_{zyp} = \alpha \cdot P_{oy} \quad , \text{кПа (т/м}^2\text{)}, \qquad (II)$$

где α – коэффициент, принимаемый по табл.I прил.2 СНиП 2.02.0I–83;

P_{oy} – дополнительное к природному вертикальное давление по подошве условного фундамента, кПа (т/м^2)

$$P_{oy} = \frac{N + G_y}{F_y} - \sigma_{zyg} \quad , \text{кПа (т/м}^2\text{)}; \qquad (I2)$$

G_y – собственный вес условного фундамента, включая вес фундамента сооружения, цементогрунтовых свай и грунта в объеме условного фундамента, кН (т);

N – внешняя сила, нормальная к подошве фундамента, кН (т);

σ_{zyg} – природное (бытовое) давление по подошве условного фундамента, кПа (т/м^2).

3.I9.II. Осадка основания S_y условного фундамента шириной (диаметром) $b_y \geqslant$ I0 м при модуле деформации подстилающего грунта $E \geqslant$ I0 МПа (I00 кг/см^2) определяется по формуле

$$S_y = \frac{P_{yo} \cdot b_y \cdot K_c}{K_m} \sum_{i=1}^{n} \frac{K_i - K_{i-1}}{E_i} \quad , \text{см}, \qquad (I3)$$

где P_{yo} – среднее дополнительное к природному давление по подошве условного фундамента, кПа (т/м^2);

b_y – ширина условного фундамента, см;

K_c и K_m – коэффициенты, принимаемые по табл.2 и 3 прил.2 СНиП 2.02.0I–83;

n – число слоев, различающихся по сжимаемости в пределах расчетной толщи слоя, определяемой по указаниям п.8, прил.2 СНиП 2.02.0I–83;

K_i и K_{i-1} – коэффициенты, определяемые по табл.4 прил.2 СНиП 2.02.0I–83;

E_i – модуль деформации i-го слоя грунта, кПа.

3.I9.I2. При расчете осадок основания условного фундамента по формуле (I0) или (I3) среднее полное давление под подошвой условного

фундамента не должно превышать расчетное сопротивление грунта основания R, кПа (т/м^2), определяемое по формуле (7) СНиП 2.02.01-83.

3.19.13. Расчет армированного основания по прочности цементогрунтовых свай производится исходя из условия:

$$\sigma_{э\,max} \leqslant R_э \qquad (14)$$

Здесь $\sigma_{э\,max}$ – максимальное напряжение, кПа (т/м^2), в цементогрунтовой свае на нижней границе просадочной толщи от совместного действия внешней нагрузки, собственного веса сваи и сил негативного трения, определяемое по формуле

$$\sigma_{э\,max} = \frac{N_c}{F_э} + \gamma_э\left(h - h_з\right) + \left[\gamma_{II}\left(h - h_з\right) - p_{sl}\right]\frac{E_c\beta_p - E_э}{E_э}, \text{ кПа (т/м}^2\text{)} \qquad (15)$$

где N_c – внешняя вертикальная нагрузка на одну сваю, кН (т);

$F_э$ – площадь поперечного сечения цементогрунтовой сваи, м^2;

$\gamma_э$ – удельный вес цементогрунта, кН/м^3 (т/м^3);

h – длина цементогрунтовой сваи, м;

$h_з$ – глубина заделки сваи в непросадочный грунт, м;

p_{sl} – начальное просадочное давление на нижней границе просадочной толщи, кПа/м^2 (т/м^2);

γ_{II} – средневзвешенное значение плотности просадочного грунта, кН/м^3 (т/м^3), от подошвы фундамента сооружения до нижней границы просадочной толщи;

$R_э$ – расчетное сопротивление материала цементогрунтовой сваи на одноосное сжатие, кПа (т/м^2).

Пример расчета основания, армированного цементогрунтовыми сваями, в лессовых просадочных грунтах II типа приведен в прил.5.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЦЕМЕНТОГРУНТОВЫХ СВАЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

4.1. При устройстве из цементогрунтовых свай оснований и фундаментов зданий и сооружений их несущую способность по грунту следует определять по результатам статических испытаний. Испытания следует выполнять после набора материалом свай требуемой прочности, но не ранее, чем через 28 дней после изготовления свай.

4.2. Несущая способность $\mathcal{F}d$, кН (т), сваи после определения ее по результатам испытаний статической нагрузкой должна быть проверена расчетом на эксплуатационные нагрузки и воздействия по условию сопротивления материала сваи в соответствии с требованиями п. 3.9 настоящих Рекомендаций, причем расчетное сопротивление цементогрунта одноосному сжатию определяется по результатам испытаний кернов, отобранных из опытных свай.

4.3. Несущую способность цементогрунтовых свай по результатам статических испытаний следует определять в соответствии с требованиями СНиП II-I7-77, "Рекомендациями по инженерным изысканиям для проектирования и устройства свайных фундаментов" (М., ЦНИИС Госстроя СССР, I983).

Методика испытаний должна соответствовать ГОСТ 5686-78 "Сваи. Методы полевых испытаний" и дополнительным требованиям настоящего раздела для свай длиной до 3 м, применяемых в фундаментах сельских зданий.

4.4. Испытания свай проводят на площадке вблизи проектируемого объекта в тех же грунтовых условиях, но не далее 5 м от него. Испытания свай с замачиванием грунтов проводить непосредственно на территории проектируемого объекта запрещается.

4.5. При испытании свай в непросадочных грунтах, а также в просадочных в случае, оговоренном в п.3.I7.I испытания свай проводятся в грунтах природной влажности; для случаев, оговоренных в п.п.3.I7.2 и 3.I7,3 – при полном водонасыщении просадочной толщи (0,8) с сохранением водонасыщенного состояния в процессе всего испытания.

4.6. При испытании свай с замачиванием устраивается обвалование грунта в радиусе примерно I м от сваи высотой I м. Дно образовавшейся лунки засыпается слоем щебня или гравия толщиной I0-I5 см. В течение всего периода испытаний уровень воды поддерживается постоянным (0,7-I м). Ориентировочный расход воды для достижения полного водонасыщения грунта вблизи сваи на каждый метр ее длины составляет I5 м^3. Для ускорения замачивания грунта рекомендуется использовать пробуренные скважины диаметром I0-I5 см, заполняемые щебнем или гравием (глубина скважин равна длине свай, их количество – 4-8 шт. в радиусе 0,8-I м от сваи).

4.7. Статическое испытание свай должно быть доведено до "отказа" (резкое увеличение осадок до 40-60 мм и более, при этом прира-

щение осадки за ступень нагружения в 5 раз и более превосходит приращение осадки за предшествующую ступень). При плавном характере кривой "осадка-нагрузка" испытание доводится до осадки 40-80 мм, либо до нагрузки, определяемой прочностью цементогрунта.

Примечание. При опирании свай на прочный малосжимаемый грунт испытание может быть прекращено при осадках менее 40 мм, при условии, что достигнутая нагрузка составляет не менее 1,5 расчетной.

4.8. Несущая способность сваи F_d по результатам статических испытаний вдавливающей нагрузкой определяется по формуле

$$F_d = \gamma_c \frac{F_n}{\gamma_g}, \text{ кН (тс)}, \qquad (16)$$

где γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1. Для свай длиной до 3 м, применяемых для строительства фундаментов с/х зданий и сооружений

$\gamma_c = 1$ при испытании свай в непросадочных грунтах, а также в просадочных грунтах, оговоренных в п.п.3.17.1; 3.17.3;

$\gamma_c = 1{,}2$ при испытании свай в просадочных грунтах в случаях, оговоренных в п.3.17.2, а, б, г;

$\gamma_c = 1{,}3$ при испытании свай в просадочных грунтах в случае, оговоренном в п.3.17.2, в;

F_n – нормативное значение предельного сопротивления сваи, кН (т), определяемое в соответствии с требованиями СНиП II-17-77, а также положениями п.4.9 настоящих Рекомендаций;

γ_g – коэффициент надежности по грунту, принимаемый в соответствии с требованиями СНиП II-17-77.

4.9. Если нагрузка при статическом испытании свай доведена до "срыва" (непрерывное увеличение осадки S с примерно постоянной скоростью при неизменной нагрузке) при осадке $S \leqslant 20$ мм, то эта нагрузка принимается за частное значение предельного сопротивления. В остальных случаях за частное значение F_n принимается нагрузка, при которой свая получает осадку, равную

$$S = \varphi \cdot S_{ult}, \qquad (17)$$

где S_{ult} – предельно допустимая величина средней осадки фундамента здания или сооружения (СНиП 2.02.01-83);

φ – коэффициент, учитывающий кратковременность стандартных

испытаний (ГОСТ 5686-78), вид грунта, взаимное влияние свай; принимается в соответствии с требованиями главы СНиП II-17-77, а для свай длиной 2-3 м - по табл.4 настоящих Рекомендаций.

Таблица 4

Коэффициент φ для цементогрунтовых свай при однорядном расположении, длине 2-3 м, шаге $\geq$ 2 м

Грунты, располагающиеся под пятой сваи и на боковой поверхности	Коэффициент φ
Пылевато-глинистые, в т.ч. просадочные по п.3.17.1	
$J_L < 0,2$	0,40
$J_L = 0,2-0,4$	0,35
$J_L = 0,41-0,6$	0,25
просадочные по п.3.17.2	0,30
просадочные по п.3.17.3	0,20

5. ПОДБОР СОСТАВА ЦЕМЕНТОГРУНТОВОЙ СМЕСИ

5.1. Подбор состава цементогрунтовой смеси включает в себя определение оптимальной влажности, дозировку цемента, заполнителей, при которых смесь достигает наибольшей плотности, требуемой прочности и морозостойкости.

5.2. Для практических целей оптимальную влажность цементогрунтовой смеси $W_{опт}$ рекомендуется определять по формулам:

а) при изготовлении свай буросмесительным способом в лессовых просадочных грунтах из текучих цементогрунтовых смесей (IA, IБ, IВ)

$$W_{опт}^{т} = 1,3 W_L - 3, \quad \%; \qquad (18)$$

б) при устройстве ленточных фундаментов из пластичных смесей

$$W_{опт} = W_p + (1 \div 3), \quad \%; \qquad (19)$$

в) при изготовлении цементогрунтовых свай буросмесительным способом из пластичных смесей

$$W_{опт} = 0,8 W_т + 0,5 u_ц, \%; \qquad (20)$$

где $W_{опт}$ – оптимальная влажность цементогрунтовой смеси, %;

W_L – влажность на границе текучести исходного грунта, %;

W_p – влажность на границе раскатывания исходного грунта, %;

W_M – максимальная молекулярная влагоемкость грунта, %;

$Ц$ – количество цемента от массы воздушно-сухого грунта, %.

5.3. Для получения цементогрунта, удовлетворяющего требованиям прочности и морозостойкости, рекомендуется назначать дозировку цемента в количестве (средние значения) 200–250 кг/м^3 для супесей, 250–300 кг/м^3 для суглинков.

5.4. Цементогрунт может иметь следующие марки: 35, 50, 75, 100.

Таблица 5

Марки монолитного цементогрунта

Грунты	Требуемые марки цементогрунта при классе ответственности зданий и сооружений:	
	II	III
Маловлажные	75	50
Влажные, насыщенные водой	100	75

За марку цементогрунта по прочности на сжатие М принимается временное сопротивление осевому сжатию образцов-кубов 150х150х150 мм, в возрасте 90 дней нормально-влажностного хранения (во влажных опилках) в водонасыщенном состоянии.

При подборе составов цементогрунта в лаборатории удобнее и проще изготавливать образцы меньших размеров.

Ниже приведены переходные коэффициенты от полученного при испытании образцов меньших размеров значения временного сопротивления на одноосное сжатие к величине временного сопротивления на одноосное сжатие образцов-кубов 150х150х150 мм:

Размеры образцов	Переходные коэффициенты
d =50 мм, h =50 мм (цилиндры)	0,7
70х70х70 мм	0,75
100х100х100 мм	0,8
150х150х150 мм	1

5.5. По морозостойкости установлены следующие марки цементогрунта: Мрз25, Мрз35, Мрз50.

Марка цементогрунта по морозостойкости определяется на образцах в возрасте 90 дней нормально-влажностного хранения в водонасыщенном состоянии, изготовленных по методике определения марки по прочности на одноосное сжатие. Методы испытаний должны соответствовать действующему ГОСТ 10060-76 на определение морозостойкости цементных бетонов.

Водонасыщение образцов производится в эксикаторе. В первые сутки образцы заливаются водой на I/3-I/2 своей высоты. На вторые сутки доливается такое количество воды, чтобы верхняя грань образцов была на 2 см (и более) ниже уровня воды.

Для монолитных фундаментов (ленточных, свайных) требуемая морозостойкость при II классе ответственности зданий и сооружений составляет Мрз 35, при III - Мрз 25.

Примечание. При устройстве фундаментов в водонасыщенных грунтах ($S_r \geqslant 0,8$) требований морозостойкости повышаются на одну ступень.

5.6. Допускается предварительная оценка прочности на одноосное сжатие на образцах 28-дневного возраста, хранящихся в нормально-влажностных условиях. Переход от значения временного сопротивления образцов на одноосное сжатие, испытанных в возрасте 28 сут к значению временного сопротивления образцов на одноосное сжатие в марочном возрасте (90 сут), осуществляется по зависимости: $R_c^{90} = 1,5\, R_c^{28}$

5.7. Допускается предварительная оценка прочности на одноосное сжатие на образцах, прошедших тепловлажностную обработку по режиму: 2 + I0 + 2 ч (подъем-выдержка-снижение температуры) при температуре 85-90°С. Образцы цементогрунта должны поступать на пропарку не ранее, чем через сутки после их изготовления. Испытания образцов выполняются не ранее, чем через двое суток после тепловлажностной обработки.

Таблица 6

Нормативное сопротивление цементогрунта осевому сжатию (призменная прочность), МПа

Обозначение нормативного сопротивления	Проектная марка цементогрунта по прочности на сжатие			
	35	50	75	I00
$R^n_{пр}$	2,7	4,0	6,0	8,0

Таблица 7

Расчетное сопротивление цементогрунта осевому сжатию (призменная прочность), МПа

Обозначение расчетного сопротивления	Проектная марка цементогрунта по прочности на сжатие			
	35	50	75	100
$R_{пр}$	1,6	2,3	3,5	4,5

Нормативное сопротивление цементогрунта осевому растяжению (ориентировочное значение) может быть определено по формуле

$$R_p^n = 0,1 \cdot R_c, \qquad (21)$$

где R_p^n – нормативное сопротивление цементогрунта осевому растяжению;

R_c – предел прочности на одноосное сжатие образцов (марка).

5.8. Ленточные монолитные фундаменты из цементогрунта могут устраиваться только как жесткие конструкции. Угол жесткости принимается по табл.8.

Таблица 8

Давление на грунт от расчетной нагрузки, МПа	Марка цементогрунта	Нормативное значение угла жесткости для ленточных фундаментов
$\leqslant 0,15$	$\geqslant 50$	30^0
$> 0,15$	$\geqslant 50$	25^0

5.9. Составы цементогрунта должны подбираться лабораторией таким образом, чтобы обеспечить получение материала с заданными свойствами при наименьших расходах цемента.

5.10. Для улучшения свойств цементогрунта (повышения прочностных и деформативных характеристик цементогрунта за счет увеличения подвижности и уменьшения начальной влажности смеси) применяются различные химические добавки (см.прил.2).

5.11. Составы цементогрунта, полученные в лаборатории, следует корректировать по результатам опытных работ: изготовлению и испытанию опытных свай (лент) на строительной площадке, испытанию

образцов, отобранных из опытных свай (лент).

6. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ЦЕМЕНТОГРУНТА

Свайные фундаменты

6.1. Работы по устройству фундаментов из цементогрунта выполняются в соответствии с требованиями СНиП 3.02.01-83 "Основания и фундаменты".

6.2. Для устройства цементогрунтовых свай рекомендуется применять буровые машины (специализированные буросмесительные), техническая характеристика которых дана в прил.7.

6.3. К буровому агрегату предъявляются следующие требования:

а) длина штанги и диаметр лопастного (или иного вида) бура должны обеспечивать изготовление свай проектных размеров и получение качественной цементогрунтовой смеси в соответствии с требованиями разд.5 настоящих Рекомендаций;

б) используемый агрегат должен обеспечивать режимы работы, рекомендуемые значения (средние) которых для различных видов грунта приведены в табл.9.

Таблица 9

Режим работы буровой машины	Песок	Суглинок	Лессовидные грунты (супесь, суглинок)
Скорость вращения бура, об/мин	50-80	40-60	80-120
Подача бура, мм/об	8-10	5-8	5-10
Скорость погружения, м/мин	0,4-0,8	0,2-0,5	0,4-1,2
Количество проходок (циклов погружения-заглубления)	1 - 2	2 - 3	1 - 3

в) технологические параметры буровой машины, установленные для изготовления свай должны уточняться после изготовления и испытания опытных свай на строительной площадке, что целесообразно проводить в период инженерно-геологических изысканий.

6.4. Цементогрунтовые сваи могут изготавливаться следующими способами:

Способ I. Изготовление свай в лессовых просадочных грунтах из текучих цементогрунтовых смесей имеет разновидности (см.прил.8) и включает в себя различные операции:

А – размельчение грунта, его увлажнение до получения текучей грунтовой массы при погружении бура-смесителя; введение раствора вяжущего или сухих его компонентов при выбуривании или повторном погружении бура-смесителя (возможно ведение работ при совмещении двух операций).

Б – размельчение грунта, введение раствора вяжущего (с применением химических добавок или без них) с требуемым водоцементным отношением раствора, обеспечивающим получение однородной цементогрунтовой смеси при погружении бура-смесителя; перемешивание полученной цементогрунтовой смеси при выбуривании или повторном цикле погружения-выбуривания бура-смесителя.

В – устройство лидерной скважины на всю длину сваи, диаметр которой устанавливается исходя из объема вводимых цемента или смеси вяжущего (сухого) с наполнителями (песком или добавками); загрузка в лидерную скважину расчетного количества сухого вяжущего или его смеси с наполнителем; разбуривание лидерной скважины до проектных размеров с одновременной подачей расчетного количества воды до получения однородной цементогрунтовой смеси.

Способ 2. Изготовление цементогрунтовых свай из пластичных смесей (способ СибЗНИИЭП) включает в себя следующие операции: размельчение грунта, подачу водоцементной суспензии, смешение грунта с раствором при погружении бура-смесителя; выбуривание бура-смесителя с одновременным уплотнением цементогрунтовой смеси весом бурового става.

Способ 3. Аналогичен способу изготовления буронабивных бетонных свай и осуществляется по следующей технологии:

устройство скважины, диаметр и длина которой равны проектным размерам сваи; приготовление цементогрунтовой смеси в смесительных установках с текучей или пластичной консистенцией; укладка цементогрунтовой смеси в скважину (если смесь пластична, укладка производится слоями высотой 20–30 см с последующим послойным уплотнением трамбовками до требуемой плотности, которая задается проектом по результатам опытных работ).

6.5. Расчетные технологические параметры процесса изготовления цементогрунтовых свай буросмесительным способом IA и IБ назначаются в соответствии с п.п.6.5.I – 6.5.6 настоящих Рекомендаций.

6.5.1. Количество цемента $G_ц$, требуемое для изготовления сваи д иаметром d и длиной l определяется по формуле

$$G = ц_ц \cdot \rho_d A (l - h_п) \quad \text{, т.} \qquad (22)$$

6.5.2. До начала изготовления свай (способ IA и IБ) производится устройство приямка диаметром равным диаметру сваи или на 0,I-0,2 м больше. В первом случае глубина приямка определяется по формуле

$$h_п = \left[1 - \frac{\rho_{dm}}{\rho_d (1 - ц_ц)}\right] l \quad \text{, м.} \qquad (23)$$

В формулах (22) и (23) приняты следующие обозначения:

ρ_d – плотность грунта в сухом состоянии, т/м^3;

ρ_{dm} – плотность цементогрунтовой смеси в сухом состоянии, т/м^3, определяемая по формуле

$$\rho_{dm} = \frac{\rho_d}{1 + \rho_s W_m \frac{1}{\rho_w}} \quad \text{, т/м}^3; \qquad (24)$$

W_m – влажность цементогрунтовой смеси, доли ед.;

ρ_s – плотность частиц грунта, т/м^3;

A – площадь сечения сваи, м^2;

$ц_ц$ – количество цемента, доли ед., от массы сухого грунта, определяемое по разд.5 настоящих Рекомендаций и результатам опытных работ;

ρ_w – плотность воды, принимаемая в расчетах равной I т/м^3;

l – длина сваи, м.

В случае, если диаметр приямка больше диаметра сваи, для определения величины $h_п$ значение, полученное по формуле (23) следует умножить на коэффициент, равный отношению квадратов диаметра сваи и приямка:

$$K = \frac{d_c^2}{d_п^2}.$$

6.5.3. Для наиболее часто встречаемой дозировки цемента – I8% (что соответствует 2I0 кг/м^3 сваи) глубину приямка на каждый метр длины сваи при влажности цементогрунтовой смеси W_m(I8) можно определить по табл.I0.

Дозировки цемента (в % от массы сухого грунта) введены для удобства работ и расчетов по данной методике (способы IA,IБ,IВ) и соответствуют следующим значениям дозировок цемента (кг/м^3) готовой цементогрунтовой сваи (средние значения):

15%	-	180 кг/м³
16%	-	210 кг/м³
21%	-	250 кг/м³
24%	-	290 кг/м³
27%	-	330 кг/м³
30%	-	360 кг/м³

Таблица 10

W_d, %	W_m, %	ρ_{dm}, т/м³	$h_п$, см, на 1 п.м сваи при ρ_d, т/м³				
			1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
25	29,5	1,5	-	2	9	15	21
30	36	1,37	4	11	17	23	27
35	42,5	1,25	12	19	25	29	34
40	49	1,17	18	24	29	34	38
45	55,5	1,08	24	30	35	39	42

Примечание. При промежуточных значениях W_d и ρ_d значений $h_п$, W_m определяются интерполяцией

6.5.4. Количество воды, вводимой в грунт при погружении с целью получения текучей грунтовой массы, определяется по формуле

$$V_w = \rho_d A\left[W_m(1+U_ц) - W - a\,U_ц\right]\frac{h - h_п}{\rho_w}, \text{ м}^3. \quad (25)$$

6.5.5. Количество раствора, вводимого в грунтовую массу при выглублении или повторном погружении бура-смесителя с $B/U_ц = a$, определяется по формуле

$$V_{вцс} = G_ц\left(\frac{1}{\rho_ц} + \frac{a}{\rho_w}\right), \text{ м}^3, \quad (26)$$

где $\rho_ц$ - плотность частиц цемента, т/м³.

6.5.6. В процессе приготовления стабильного водоцементного раствора дозирование составляющих следует выполнять весовыми дозаторами. В практических целях дозирование составляющих допускается выполнять по объему приготовляемого раствора. С этой целью в объем воды, определенный по формуле

$$V_{в(вцс)} = a \cdot G_ц, \text{ м}^3, \quad (27)$$

добавляют цемент до получения требуемого общего количества раствора, определенного по формуле (26). Количество воды, содержащейся в растворе с $B/Ц = 0,6$ (наиболее часто применяемым водоцементным отношением), можно определить по табл.II.

Таблица II

Количество воды, л	Количество водоцементного раствора, л									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
	65	129	194	258	323	387	452	516	580	645

Примечание. Для удобства и быстроты расчета, значения параметров производства буросмесительных работ можно производить по номограммам (см.прил.10).

6.5.7. При использовании цементо-песчаного раствора с целью получения оптимального гранулометрического состава смеси, значения параметров производства работ по изготовлению цементогрунтовых свай рекомендуется определять по следующим формулам:

$$h'_n = \left[1 - \frac{\rho'_{dm}(1-П)}{\rho_d(1+Ц)}\right] l \quad , м; \qquad (28)$$

$$V'_B = \rho_d A\left[W_m\left(1+\frac{Г}{П}\right)(1+Ц) - W - a'Ц\left(1+\frac{Г}{П}\right)\right]\frac{l-h'_n}{\rho_w} \quad , м^3; \qquad (29)$$

$$G'_п = \rho_d (l-h'_n) A \cdot \frac{П}{1-П} \quad , т; \qquad (30)$$

$$G'_Ц = \frac{Ц \cdot \rho_d \cdot Ac\,(l-h'_n)}{1-П} \quad , т; \qquad (31)$$

$$V'_{вцс} = \frac{\rho_d \cdot A(l-h'_n)}{1-П}\left(\frac{Ц}{\rho_Ц} + \frac{a'Ц}{\rho_w} + \frac{П}{\rho_п}\right) \quad , м^3, \qquad (32)$$

где $G'_п$ – количество песка, т;

$\rho_п$ – плотность частиц песка, $т/м^3$;

a' – В/Ц водоцементопесчаного раствора, доли ед.;

ρ'_{dm} – плотность цементогрунтопесчаной смеси в сухом состоянии, $т/м^3$.

В этом случае, количество воды, вводимой в грунт для перевода

его в текучее состояние, определяется по формуле (29), в которой значение влажности смеси W_m' определяется по формуле (I8) в зависимости от влажности на границе текучести смеси грунта в количестве (I-П)·I00% и П·I00% песка, где П - содержание песка в долях единицы.

6.5.8. Значения параметров изготовления цементогрунтовых свай по способу IБ определяются по формулам: количество цемента $G_ц$ (22); глубина приятка $h_п$ (23); плотности цементогрунтовой смеси в сухом состоянии ρ_{dm} (24); водоцементного отношения раствора a по формуле:

$$a = \frac{W_m(1+ц)-W}{ц}, \qquad (33)$$

где W - значение природной влажности грунта, доли ед.

6.6. Значения технологических параметров по способу IВ назначаются в соответствии с требованиями п.п.6.6.I - 6.6.4 настоящих Рекомендаций.

6.6.I. Диаметр лидерной скважины определяется по формуле

$$d_л = d\sqrt{\frac{\rho_d \cdot \sum_1^n K_i}{\rho_d \cdot \sum_1^n K_i + \rho_{dm}}}, \text{ м}, \qquad (34)$$

где d - диаметр цементогрунтовой сваи, м;

ρ_d - плотность грунта в сухом состоянии, т/м^3;

ρ_{dm} - плотность уложенной в лидерную скважину смеси заполнителя в сухом состоянии, т/м^3;

K - количество i-го элемента заполнителя, укладываемого в лидерную скважину, к массе сухого грунта, доли ед.

6.6.2. Основным элементом заполнителя лидерной скважины является цемент, дополнительными элементами заполнители могут служить различные гранулометрические добавки (песок, шлак, и др.).

6.6.3. Требуемое количество воды при разбуривании определяется по формуле

$$B = 0{,}785\left(d^2 - d_л^2\right) l\, \rho_d \left[W_m(1+\Sigma K_i) - W\right]_т. \qquad (35)$$

где l - длина сваи, м;

W - природная влажность грунта, доли ед.;

W_m - влажность цементогрунтовой смеси с гранулометрическими добавками или без них, определяемая по формуле (I8) где W_t - влажность на границе текучести исходного

грунта с добавками.

6.6.4. Количество цемента или какого-либо другого элемента заполнителя P_i определяется по формуле

$$P_i = 0{,}785\,(d^2 - d_1^2)\,l\,\rho_d K_i \quad , \text{т}, \qquad (36)$$

6.7. Проектом производства работ по изготовлению цементогрунтовых свай буросмесительными машинами должна предусматриваться срезка верхней части (головы сваи). Величина срезаемого участка принимается по результатам опытных работ по изготовлению свай данной буросмесительной установкой при принятом проектом способе (IA, IБ, IВ, 2) производства работ, но не менее 20 см. Срезка производится на вторые-третьи сутки после окончания работ по изготовлению цементогрунтовых свай.

6.8. Количество водоцементной суспензии по способу 2 определяется по формулам

$$V_c = V_в + V_ц, \qquad (37)$$

$$V_ц = \frac{\rho_d\, ц}{\rho_ц \cdot 100} \cdot V_m, \qquad (38)$$

где V_c – количество суспензии, необходимое для изготовления цементогрунтовых свай, м³;

$V_в$ – количество воды, необходимое для приготовления суспензии с учетом достижения цементогрунтовой смесью оптимальной влажности, м³;

$$V_в = \left(\frac{\rho_{dm} W_o - \rho_d W}{\rho_w}\right) V_m, \qquad (39)$$

где $V_ц$ – объем, занимаемый цементом в суспензии, м³;

$\rho_ц$ – плотность частиц цемента, т/м³;

$ц$ – количество цемента в массе сухого грунта, %;

ρ_d – плотность грунта в сухом состоянии, т/м³;

W_o – оптимальная влажность смеси в долях единицы, определяемая по формуле (20);

ρ_{dm} – плотность цементогрунтовой смеси в сухом состоянии, т/м³;

ρ_w – плотность воды, т/м³;

V_m – объем смеси (сваи), м³;

W – влажность грунта природного сложения, доли ед.

6.9. Влажность цементо-грунтовой смеси W_m при изготовлении цементогрунтовых свай по способу 3 определяется по формулам (I8-20) в зависимости от применяемой технологии.

6.I0. Комплект технологического оборудования, обеспечивающего изготовление коротких цементогрунтовых свай длиной до 3 м назначается по п.п.6.II-6.I5 настоящих Рекомендаций.

6.II. В качестве машин, производящих разработку грунта в скважине можно использовать серийные бурильные машины типа "Ямобур".

6.I2. Буровая машина должна быть укомплектована буровым инструментом лопастного типа, обеспечивающим резание грунта без выемки его из скважины с одновременным и раздельным введением в забой расчетных объемов воды и стабильного по составу водоцементного раствора. Рабочие чертежи бурового инструмента разработаны ПКБ Минсельстроя БССР.

6.I3. Для приготовления и подачи водоцементного раствора может использоваться серийно выпускаемое оборудование (растворомешалка, растворонасос, ПРИС). Штукатурная станция типа ПРИС-I дополнительно оборудуется: водяным насосом I,5 К6 с регулирующим вентилем и расходомерным устройством на его напорной системе; на перемешивающих лопастях рабочего колеса приемного бункера устанавливаются резиновые лопатки; сечение приемного бункера изменяется на полукруглое по диаметру рабочего колеса; в приемном бункере устанавливается мерная рейка, оттарированная по его объему; промежуточная емкость, установленная внутри станции, тарируется по объему с установкой в ней мерной рейки; на напорной системе растворонасоса устанавливается сбросный кран, позволяющий регулировать расход водоцементного раствора в систему подачи; из патрубка от сборного крана водоцементный раствор сливается в промежуточную емкость.

6.I4. В качестве склада для цемента может быть использован металлический ящик вместимостью 3-4 $м^3$ с оборудованным шнековым транспортом для загрузки цемента в приемный бункер штукатурной станции.

6.I5. Емкость для воды должна обеспечивать запас воды в количестве 3-5 $м^3$. Заливная горловина емкости оборудуется закрывающейся крышкой.

6.I6. На строительной площадке разбивают оси свайных рядов и закрепляют их на обноске. Намечают контур площадки, подлежащей планировке. Контуры планировки площадки должны ориентировочно выходить за границы осей здания на I0 м. Производят планировку пло-

ладки таким образом, чтобы отклонения планировочных отметок от проектных не превышало ± 5 см. Осуществляется разбивка осей свай. Геометрические оси свай фиксируются колышками. Отклонение геометрических осей свай от проектного положения при геодезической разбивке не более 5 см.

6.17. В середине по длинной стороне оси здания на расстоянии 1,5-2 м от нее устанавливается штукатурная станция. Справа и слева от станции располагаются склад цемента и емкость с водой. За пределами свайного поля на расстоянии 4-5 м от оси будущей сваи, наиболее удаленной от штукатурной станции, устанавливается в рабочем положении буровая машина. Вертикально расположенные трубопроводы, входящие в конструктивную схему бурового инструмента, с помощью резиновых шлангов, соединяются с напорной системой подачи воды и раствора.

6.18. В приемном бункере штукатурной станции приготавливается водоцементный раствор. Для этого выполняются следующие операции: с помощью водяного насоса через расходомерное устройство в приемный бункер штукатурной станции заливается вода в количестве (табл.11), необходимом для изготовления 10-15 свай. С помощью винтового транспортера в бункер с водой засыпается цемент до подъема уровня воды на отметку (по тарировочной рейке), соответствующую заданному объему приготавливаемого водоцементного раствора; включением рабочего колеса приемного бункера во вращательное движение в течение 10-15 мин вода перемешивается с цементом; путем включения обратного вращения рабочего колеса водоцементный раствор подается из приемного бункера через вибросито в промежуточную расходную емкость. Когда промежуточная емкость заполнится раствором направление вращения рабочего колеса устанавливается в первоначальное положение и не прекращается до полной выработки водоцементного раствора из приемного бункера.

6.19. Производится настройка напорной системы растворонасоса и водяного насоса на подачу расчетного расхода водоцементного раствора и воды. Настройка системы выполняется в такой последовательности: при истекании из выпускных отверстий в буровом инструменте воды и водоцементного раствора, что должно произойти после включения растворонасоса и водяного насоса, производится пробное погружение бурового инструмента в грунт. Скорость вращения при этом устанавливается в пределах 100 об/мин, а скорость погружения в пределах

10 см/об; в процессе погружения эти параметры остаются постоянными. При погружении бурового инструмента на 1 м фиксируется фактический расход воды (по водомерному устройству) и водоцементного раствора (по тарировочной рейке), установленной в промежуточной емкости. Если объемы воды и водоцементного раствора окажутся больше или меньше расчетных, производится регулировка системы путем открытия или прикрытия регулирующих вентилей (кранов, расположенных на напорных системах растворонасосов и водяного насоса).

6.20. После настройки напорных систем буровая машина устанавливается на ось сваи свайного ряда, и буровой инструмент погружается до проектной глубины, после чего подача воды и водоцементного раствора прекращается путем отключения электромоторов привода насосов. Направление вращения бурового инструмента меняется, при этом частота вращения должна быть не менее 100 об/мин, и начинается процесс заглубления со скоростью, не превышающей 10 см/об вращения.

6.21. После изготовления свай буровая машина переезжает на новую точку бурения. Время переезда должно составлять не более 2 мин.

6.22. По окончании работы вся система подачи водоцементного раствора промывается водой.

6.23. На подготовленном свайном поле верхние концы свай покрываются защитным материалом (опилками, рыхлым грунтом, песком), который в солнечные дни регулярно увлажняется.

6.24. Устройство ростверка свайного фундамента можно осуществлять на седьмые-десятые сутки после окончания работ по изготовлению цементогрунтовых свай.

Ленточные фундаменты

6.25. Количество воды, необходимое для приготовления смеси оптимальной влажности, установленной по п.5.2, рекомендуется определять по формуле (39).

6.26. Ведущей машиной в комплекте является грунтосмесительная машина, техническая характеристика которой приведена в прил.II.

Вспомогательными машинами являются: растворопригоговительная станция типа ПРМС-I с насосом регулируемой производительности; саморазгружающийся автоцементовоз типа ТЦ-4, (С-927) грузоподъемностью 8 т; автоцистерна для доставки воды (при отсутствии водопровода).

Грунтосмесительный комплекс обслуживает бригада рабочих в количестве четырех человек.

6.27. Организация работ при строительстве цементогрунтовых ленточных фундаментов.

Подготовительные работы

До начала работ на строительной площадке должны быть выполнены работы по удалению камней, деревьев, пней, кустарников, подземных частей сооружений, трубопроводов и др. предметов. Поперечный уклон должен быть не более 0,01. Работы по устройству цементогрунтовых фундаментов разрешается производить только на основании акта выполненных работ по геодезической разбивке и акта на пробный фундамент за подписью заказчика.

Подготовка растворного узла. В/Ц водоцементного раствора принимается равным 0,5–0,6. При приготовлении раствора необходимо принять меры, чтобы в вяжущем не было прочных комков крупностью более 2 мм.

Подготовка грунтосмесительной машины. Перед началом работы грунтосмесительной машины, размещенной на горизонтальной площадке, ее рабочий орган должен быть установлен вертикально. На корпусе рабочего органа должны быть установлены боковые заслонки. Трубопровод подачи раствора необходимо промыть и опробовать, проверить на герметичность вертлюг. На каждом новом объекте при изменении грунтовых условий перед началом работы выполняется пробная стенка с целью уточнения рабочей скорости движения машины, при которой достигается требуемая степень перемешивания. Ориентировочная скорость движения машины в зависимости от вида грунта приведена в табл.12.

Угол взаимодействия между шнеками должен быть отрегулирован в пределах 75–80^0 и зафиксирован натяжными винтами.

Устройство пробного фундамента. После подготовки к работе грунтосмесительного комплекса с целью отработки оптимальной скорости движения машины, обеспечивающей качественное перемешивание цемента с грунтом, устраивается пробный фундамент.

Машина устанавливается на спланированной площадке в стороне от фундамента или по его оси. В систему подается расчетное количество раствора и вращающийся шнек-бурав заглубляется в грунт. После этого включается ход машины и через 0,5 м движения опускается уплотняющий шнек и производится устройство 1,5–2 м пробного фундамента. Затем

Таблица I2

Вид грунта	Число пластичности	Скорость движения машины, м/мин
Пески и супеси	0–7	0,20–0,25
Суглинки легкие и средние	7–I2	0,I2–0,20
Суглинки тяжелые	I2–I5	0,09–0,I2

пробоотборником отбираются пробы цементогрунтовой смеси в трех точках фундамента на глубине 0,2 м, 0,5 м и I м. Из отобранных проб изготавливаются образцы-цилиндры = 50 мм и = 50 мм по методике разд.5. Через сутки образцы пропариваются в течение I0 часов при t = 85–90°С. Испытание образцов проводят через 24–48ч после пропарки.

В соответствии с подобранными значениями скорости движения машины корректируется количество подаваемого раствора и на этом опробование завершается. По окончании пробных работ рабочий орган и машина устанавливаются в исходное положение в одном из углов устраиваемого фундамента. Результаты опробования оформляются актом за подписями производителя работ, представителя строительной лаборатории и заказчика.

Порядок работы комплекса машин. Грунтосмесительная машина устанавливается в одном из углов устраиваемого фундамента по его оси таким образом, чтобы оси шнеков совпадали с вертикальной плоскостью, проходящей через ось фундамента, что проверяется при помощи рейки сечением 25х50 мм и длиной 3 м, укладываемой по оси фундамента. Отклонения шнеков в вертикальной плоскости не должны превышать ± 20 мм.

При этом шнек-фреза после врезки в грунт должен находиться за линией наружного контура примыкающего фундамента на величину, равную диаметру шнека (для удобства сопряжения при замыкании контура фундаментов). После установки и выверки положения машины приводится в действие растворопригтовительный узел и проверяется мерной емкостью расход раствора, вытекающего из форсунки шнека-фрезы. При отклонении величины расхода от расхода, определенного пробой, про-

изводится корректировка работы насоса-дозатора, после чего приводится во вращение шнек-фреза, которая заглубляется в грунт с одновременной подачей раствора. После заглубления шнека-фрезы включается поступательный ход машины со скоростью, которая применялась при устройстве пробного фундамента и обеспечивала качественное уплотнение грунта. Уплотняющий шнек заглубляется в цементогрунтовую смесь после начала движения шнека-фрезы.

При устройстве фундаментов должны контролироваться скорость и прямолинейность движения машины, а также величина подачи раствора.

При достижении рабочим органом машины угла поворота фундамента (по наружному контуру) производится медленное выглубление вращающегося рабочего органа, после чего машина разворачивается и становится в створе прямого участка фундамента. При этом для проезда машины через свежую цементогрунтовую смесь под колеса машины должны подкладываться щиты. Образовавшаяся впадина траншеи после выглубления рабочего органа заделывается вручную до начала устройства последующего участка фундамента.

Замыкание контура фундамента или примыкание его к ранее выполненному фундаменту с начавшим твердеть цементогрунтом выполняется путем врезки участка фундамента в ранее выполненный на I/2 ширины или пересечения его с выходом за контурную линию на величину, равную его ширине.

7. СБОРНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ

7.I. Настоящие Рекомендации распространяются на изготовление фундаментных плит из армированного цементогрунта (грунтобетона) для сборных ленточных фундаментов взамен железобетонных плит типа ФЛ, изготавливаемых по рабочим чертежам серии I.II2-5 по ГОСТ I3580-80 для малых, общественных, промышленных и сельских зданий высотой до трех этажей.

7.2. Предусматривается выпуск цементогрунтовых плит, форма, размеры и марки которых указаны в табл.I3 по тем же чертежам, что и обычные железобетонные, без изменения сечений и армирования.

7.3. Вид и марка цементогрунта назначаются расчетом на прочность. Минимальные марки цементогрунта в зависимости от класса ответственности назначаются в соответствии с данными, приведенными в табл.5.

7.4. Морозостойкость фундаментных плит, укладываемых в преде-

Таблица I3

Марки плит	B, мм	l, мм	h, мм	Объем, $м^3$	Масса, кг
ФЛ I2 Ш	I200	2380	300	0,76	I680
ФЛ I2 I2Ш	I200	II80	300	0,38	940
ФЛ I2-8Ш	I200	780	300	0,25	550
ФЛ I0 Ш	I000	2380	300	0,62	I360
ФЛ I0-I2Ш	I000	II80	300	0,3I	680
ФЛ I0-8Ш	I000	780	300	0,20	440
ФЛ 8 Ш	800	2380	300	0,56	I260
ФЛ 8-I2Ш	800	II80	300	0,28	630
ФЛ 6 Ш	600	2380	300	0,42	920
ФЛ 6-I2Ш	600	II80	300	0,2I	460

Примечание. Марки плит в табл.I3 указаны условно без обозначения их нагрузки (группы несущей способности)

лах глубины, равной половине расчетной глубины промерзания, должно отвечать требованиям табл.6.

7.5. Для приготовления цементогрунтовых смесей при изготовлении фундаментных плит рекомендуется использовать лессовидные и другие карбонатные грунты типа супесей и суглинков, обладающие физическими и химическими свойствами в пределах, указанных в табл.I4.

Таблица I4

Характеристики грунтов	Предельные значения
I. Гранулометрический состав, % от массы сухого грунта:	
а) песчаные частицы крупностью 2-0,25 мм	20-40
б) песчаные -"- -"- 0,25-0,05 мм	20-40
в) пылеватые частицы крупностью 0,05-0,005 мм	25-50
г) глинистые -"- -"- 0,005 мм	5-I5
2. Число пластичности J_p	0,02-0,07
3. Водородный показатель pH	7
4. Содержание водорастворимых солей,%	до 3

7.6. Оптимальным гранулометрическим составом обладают, как правило, грунты типа супесей. Необходимый состав грунта можно подобрать путем добавок песчаных или глинистых фракций. Методика и пример подбора оптимального состава грунта приведены в приложении I.

7.7. Характеристики применяемого песка и методы его использования должны соответствовать ГОСТ 8736-77 и ГОСТ 8735-75.

7.8. Составы цементогрунтовых смесей должны подбираться лабораторией предприятия-изготовителя и корректироваться в зависимости от изменения сырья и технологии производства таким образом, чтобы обеспечить получение смесей с заданными свойствами при наименьшем расходе цемента. Подбор составов осуществляется согласно п.5.5-5.8 настоящих Рекомендаций.

7.9. Ориентировочные составы цементогрунтовых смесей для цементогрунта марки I50 в расчете на I $м^3$ изделий (в кг) предоставлены в табл.I5.

7.I0. Цементогрунтовые смеси следует приготавливать в принудительных смесителях циклического или непрерывного действия, соответствующих требованиям ГОСТ 6508-8I. Указанные смесители должны быть переоборудованы в вибрационно-механические с параметрами по п.7.II. Вибраторы устанавливают на корпусе или вкладыше смесителя, предварительно изолировав эти узлы от других деталей резиновыми прокладками и амортизационными пружинами.

Таблица I5

Марка цементогрунта	Портландцемент М 400	Супесь J_p=0,07	Суглинок J_p=0,I2	Песок $M_{кр}$=I,2	Вода
I50	330	I560	-	-	270
I50	320	-	4I0	I240	270

7.II. Наложение вибрации на глинистый грунт вызывает его разрыхление и самоочищение рабочих органов смесителя, снижает мощность перемешивания и увеличивает объем загрузки смесителя. Рациональными параметрами вибровоздействия следует считать: амплитуду колебания A=I-2 мм и частоту f = 48 Гц (2880 кол/мин).

7.I2. Вибрационно-механическое перемешивание компонентов смеси осуществляется в такой последовательности: вначале перемешивают

грунты и цемент, а затем перемешивают с водой затворения до получения однородной смеси. Рабочее время перемешивания зависит от типа и объема смесителя, устанавливается опытным путем и контролируется лабораторией.

7.13. Технологическая схема подготовки грунта должна предусматривать разбивку его комков, пропуск через грохот и вибросито с отверстиями до 20 мм, а также принудительную подачу грунта в дозирующее устройство и смеситель.

7.14. В свеженриготовленной цементогрунтовой смеси содержание нераздробленных комков грунта размером более 10 мм должно быть не более 10%, в том числе комков до 20 мм не более 5%.

7.15. Готовая цементогрунтовая смесь должна быть уложена в формы не позднее, чем через 1 ч после ее приготовления.

7.16. В качестве арматуры следует применять горячекатанную арматурную сталь периодического профиля классов А-II и А-III по ГОСТ 5781-75.

7.17. Сварные арматурные изделия и закладные детали должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10922-75, сварные сетки - требованиям ГОСТ 8478-76.

7.18. Монтажные петли должны изготавливаться из горячекатанной гладкой арматурной стали класса А-I по ГОСТ 5781-75 марки ВСт3сп2.

7.19. Свеженриготовленная цементогрунтовая смесь загружается в металлическую форму, закрепленную пневмо-, гидро- или механическими прижимами на столе виброплощадки. Объем загружаемой смеси превышает объем формы на величину, зависящую от коэффициента уплотнения смеси (Ку) и определяемую экспериментально. Значение Ку может быть принято равным 1,5.

7.20. Арматура устанавливается в проектное положение перед укладкой смеси в форму.

7.21. С целью обеспечения более эффективного уплотнения смеси, институт "Нечерноземсельстрой" Минсельстроя СССР разработал конструкции металлических форм, которые обеспечивают формирование плит трапецоидального сечения в повернутом на 180° положении (подошвой вверх).

7.22. Уплотнение цементогрунтовых смесей в металлических формах на виброплощадках с переменными параметрами колебаний конструкции Нечерноземсельстроя осуществляется в два этапа. На первом этапе при частоте f_1 = 17-32 Гц и амплитуде A_1 = 1-2 мм вертикальных ко-

лебаний происходит разрушение структуры, сближение, переориентировка грунтовых агрегатов и удаление незащемленного воздуха. Второй этап характеризуется применением пригруза P_0 = 0,005 МПа, частотой f_2 = 25-42 Гц, амплитудой A_2 = 0,5-0,8 мм вертикальных колебаний. На втором этапе происходит удаление части защемленного воздуха и завершающее уплотнение смеси.

7.23. Продолжительность уплотнения на первом этапе 0,5-1 мин, на втором - 1-2 мин до получения плотности изделия $\rho \geq 2,2$ т/м^3.

7.24. Рекомендуемые режимы тепловой обработки отформованных изделий: предварительная выдержка 6-8 ч, подъем температуры до 90^{0}С - 2 ч, изотермический подогрев 10 ч и охлаждение до 40^{0}С - 2ч.

7.25. После тепловой обработки производится распалубка изделий и отправка их на склад готовой продукции.

7.26. Форма, внешний вид, проектные размеры и качество поверхности плит должны проверяться по ГОСТ 13015-75. Прочность цементогрунта на сжатие - по ГОСТ 10180-78, морозостойкость - ГОСТ 10060-76.

8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ПРИЕМКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

8.1. Устройство оснований и фундаментов из цементогрунта буросмесительным способом (без выемки грунта на поверхность из скважин и траншей) относятся к скрытым работам, в связи с чем на всех этапах работ должны производится систематический контроль и оценка качества выполненных фундаментов.

8.2. Контроль качества по устройству фундаментов из цементогрунта подразделяется на текущий контроль в ходе выполнения работ и контрольные работы по определению качества цементогрунта в готовых фундаментах.

8.3. Текущий контроль осуществляется в процессе производства работ по устройству фундаментов и состоит из следующих основных операций:

а) контроль качества подготовленного водоцементного раствора (водоцементное отношение должно быть равно заданному в проекте);

б) контроля состава сухой цементопесчаной смеси, если проектом предусматривается их введение;

в) скорость погружения и частота вращения буросмесителя должны соответствовать принятым в проекте параметрам;

г) объемы воды и водоцементного раствора, вводимого в грунт

по всей длине сваи или ленты, должны соответствовать расчетным значениям, принятым в проекте (отклонения могут быть не более 5% от расчетных объемов);

д) глубина погружения буросмесителя должна быть равна принятой в проекте, а при изготовлении свай с лидирующей скважиной строго соответствовать ее длине;

е) ведение журнала работы буросмесительной машины оператором или его помощником по п.п.8.3 "а - д" и показания приборов, контролирующих работу всех механизмов буросмесительной машины (в процессе изготовления свай и лент из цементогрунта);

п) ведение журнала производства работ строительной лабораторией организации, выполняющей работы по устройству фундаментов (приложение I3);

з) автоматическая запись параметров работы машины на ленту.

8.4. Контрольная работа по оценке качества цементогрунта в готовых фундаментах на соответствие его проектным требованиям выполняется после завершения работ по отдельным секциям здания или объектам строительства.

8.4.I. Качество цементогрунта следует проверять путем отбора кернов при контрольном бурении или отбором образцов из вскрытых шурфов.

8.4.2. К вскрытию контрольных шурфов и контрольному бурению приступают на вторые-третьи сутки после завершения работ по устройству фундаментов из цементогрунта на участке, намеченном к исследованию качества материала.

8.4.3. Работы по контрольному бурению следует производить при участии представителей авторского надзора.

8.4.4. Отбор кернов в сваях и лентах производят через 0,5-I м по всей длине сван или высоте ленты в центре сечения и на расстоянии 2/3 от центра.

8.4.5. Количество контрольных скважин и шурфов назначается из расчета отбора кернов: в свайных фундаментах не менее чем из четырех свай на каждые I00 изготовленных свай; в ленточных фундаментах - через 50 м ленты.

8.4.6. При контрольном бурении производится тщательный осмотр и описание кернов с визуальной оценкой однородности смешения грунта с цементом и устанавливается количество видимых неразрушенных агрегатов грунта и их размеры. Материалы визуального осмотра записываются предоставителем строительной лаборатории в журнал произво-

ства работ.

8.4.7. Отобранные при контрольном бурении из скважин и шурфов образцы цементогрунта хранятся во влажных опилках и испытываются в возрасте 90 дней для определения прочности на одноосное сжатие, значение которой не должно быть менее проектной.

8.4.8. Для предварительной оценки прочности цементогрунта на одноосное сжатие может быть использован ускоренный способ испытаний. Отобранные образцы пропариваются в пропарочных камерах по режиму 2+10+2 ч (подъем температуры до 90 С, выдержка при температуре 90°С в течение 10 ч, снижение до 20°С) и испытываются на одноосное сжатие не ранее, чем через 24 ч после тепловлажностной обработки. Прочность на одноосное сжатие пропаренных образцов должна составлять не менее 50% проектной марки материала.

8.4.9. Приемка законченных работ по объекту должна установить соответствие полученных материалов закрепления с требованиями проекта. Приемка работ осуществляется приемочной комиссией на основе сопоставления проектной, исполнительной и контрольной документаций.

8.4.10. В состав приемочной комиссии входят представители: заказчика, подрядчика и проектной организации.

8.4.11. Приемочной комиссией представляются следующие документы:

журнал производства работ;

журнал работы буросмесительной машины;

исполнительный чертеж фундаментов здания или сооружения;

материалы испытаний (в том числе ускоренных) образцов цементогрунта на одноосное сжатие;

сведения о марке и активности используемого цемента;

журнал автоматической записи параметров процесса изготовления свай или ленты;

документация по контрольным работам: планы с указанием контрольных выработок, акты на вскрытие шурфов, журнал контрольного бурения и результаты определения физико-механических характеристик цементогрунта;

акты испытаний свай статической нагрузкой.

8.4.12. По результатам рассмотрения предоставленной документации приемочная комиссия составляет акт приемки работ.

9. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

9.1. К работам, связанным с устройством цементогрунтовых свайных и ленточных фундаментов допускаются рабочие, прослушавшие курсы по технике безопасности, сдавшие экзамены и имеющие соответствующие удостоверения. Монтаж оголовков и ростверков свайных фундаментов производится рабочими, имеющими специальные удостоверения.

9.2. Все опасные зоны на площадке должны быть обозначены хорошо видимыми предупредительными знаками и надписями. По окончании работ по устройству ленты, сваи или какого-либо участка цементогрунтового фундамента, данный участок закрывается щитами для продвижения техники и людей.

9.3. Производство каких-либо работ, не имеющих непосредственного отношения к выполняемому технологическому процессу на площадке, запрещается.

9.4. Обслуживание и ремонт рабочего органа бура-смесителя при работающем двигателе запрещается.

9.5. Во время работы машины при заглубленном или выглубленном буре-смесителе производить регулировку и другие работы не допускается.

9.6. При работах по изготовлению цементогрунтовых фундаментов необходимо соблюдать требования техники безопасности по эксплуатации применяемого бурового или буросмесительного агрегата.

9.7. Техническое обслуживание и ремонт рабочих органов машины разрешается производить в выглубленном положении после фиксации их стопорными устройствами, бур-смеситель должен опираться на поверхность грунта (двигатель машины должен быть выключен); необходимо строгое соблюдение и остальных правил технического обслуживания буросмесительного агрегата.

9.8. Обслуживание и ремонт растворной станции (растворо-смесительного узла), а также других вспомогательных узлов и устройств должны выполняться в соответствии с инструкцией по их эксплуатации.

9.9. При строительстве фундаментов из цементогрунта должны соблюдаться правила по технике безопасности и охране труда в соответствии со СНиП III-4-80 "Техника безопасности в строительстве".

Приложение I

Методика и пример подбора оптимального состава грунта

Проектирование состава грунтовой смеси можно выполнить по треугольным координатам Фере. Этот метод основан на известном свойстве равностороннего треугольника: если из какой-либо точки внутри треугольника опустить перпендикуляры на его стороны, то сумма этих отрезков будет равна его высоте (см.Безрук В.М., Еленович А.С. Дорожные одежды из укрепленных грунтов, М., 1969). Если разделить высоты треугольника на 100 равных частей (рис. I) и из этих точек провести линии, перпендикулярные высотам, то этими линиями стороны треугольника разделятся на 100 равных частей.

Таким образом, каждая из сторон треугольника может характеризовать процентное содержание одной из трех основных фракций (песка, пыли или глины). Это свойство равностороннего треугольника позволяет изобразить гранулометрический состав грунта точкой внутри треугольника. Внутри треугольника Фере нанесены такие пределы грунтовой смеси оптимального гранулометрического состава, которые изображены в виде четырехугольника $abcd$.

В табл.I представлены гранулометрические составы исходных грунтов Краснодара (грунт А) и песков реки Кубани (грунт В). В треугольных координатах точки А и В лежат за пределами четырехугольника $abcd$, однако прямая линия, соединяющая эти точки, пересекает четырехугольник. Значит,из этих грунтов может быть составлена оптимальная смесь (грунт С). Процентное содержание грунтов А и В в смеси (грунт С) определяется отрезками АС и СВ, где точка С характеризует гранулометрический состав искомой оптимальной смеси и выбирается на четырехугольнике по технико-экономическим соображениям. Измерив отрезки АВ,АС,СВ в мм, рассчитаем содержание грунтов А и В в грунте С:

содержание грунта А

$$\frac{CB}{AB} \cdot 100 = \frac{10}{40} \cdot 100 = 25\%;$$

содержание грунта В

$$\frac{AC}{AB} \cdot 100 = \frac{30}{40} = 75\%.$$

Расчетный гранулометрический состав (в %) грунта С представлен в таблице

Обозначение грунта	Песчаные частицы		Пылеватые	Глинистые
	2,0–0,25 мм	0,25–0,05 мм	0,05–0,005 мм	0,005 мм
А, %	31,2	0,4	49,6	18,8
В, %	40,8	38,0	19,2	2,0
С, %	38,4	28,6	26,8	6,2

Когда требуется большая прочность, определение процентного содержания фракций грунтовой смеси производят с помощью графика полных просевов (рис.2), где по оси ординат откладывается процентное содержание фракций исходных грунтов, прошедших через сито данного диаметра (полные просевы), а по оси абсцисс в логарифмическом масштабе – размеры фракций от 0,005 до 2,0 мм.

На графике (рис.2) нанесены предельные кривые оптимальных грунтов. Площадь между этими кривыми (заштрихована) представляет собой зону оптимальных составов грунтовых смесей. Любая кривая, укладывающаяся в эту зону, будет соответствовать оптимальному составу грунта.

Нанесем на график кривые гранулометрических составов исходных грунтов А и В. На рис.2 кривая грунта А в зоне глинистых и пылеватых фракций лежит выше оптимального контура, а кривая грунта В расположена в той же зоне ниже оптимального контура. По сравнению с оптимальной грунтовой смесью в грунте А избыток глинистых и пылеватых фракций, а в грунте В этих фракций недостает. Следовательно, из этих грунтов можно получить оптимальную смесь.

Расчеты ведем по фракции 0,05 мм (ордината K_I K_2), характеризующей максимальное расстояние между кривыми исходных грунтов. Содержание грунта А в оптимальной смеси С находим из выражения:

$$\frac{K_2 C}{K_I, K_2} \cdot 100 = \frac{10}{40} = 25\% .$$

По аналогии содержание грунта В в грунте С будет равно:

$$\frac{K_I C}{K_I K_2} \cdot 100 = \frac{30}{40} \cdot 100 = 75\%.$$

Кривая грунта С, содержащего 67% песчаных, 26,8% пылеватых 6,2% глинистых частиц, лежит в зоне оптимальных грунтовых смесей.

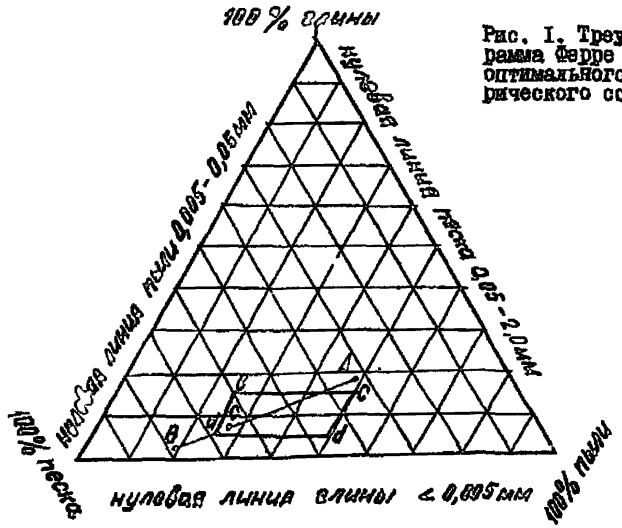


Рис. I. Треугольная диаграмма Ферре для подбора оптимального гранулометрического состава грунтов

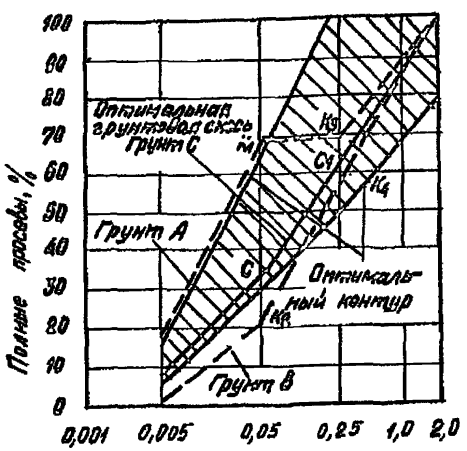


Рис. 2. Проектирование состава грунта по кривым полных просевов

Приложение 2

Химические добавки, применяемые для улучшения свойств цементогрунта

Наименование добавки	Количество добавки от массы сухого грунта, %	Назначение добавки
Известь-пушонка	0,5-2	Кислые грунты с pH<6, солонцы, солончаки, переувлажненные грунты, повышение прочности и долговечности
Известь-кипелка	0,5-2	Кислые грунты с pH<6, солонцы, солончаки, повышение прочности и долговечности
Хлористый кальций $CaCl_2$	0,5-2	Кислые грунты с pH < 6, солонцы, солончаки, гумусированные песчаные грунты, переувлажненные грунты в условиях пониженных температур
Гипс	2 - 4	Солонцы, солончаки, переувлажненные грунты
СДБ	0,1-0,25	Повышение морозостойкости
ПГ-гудрон, образующийся при дистилляции глицерина	0,05-0,20	Повышение прочности, морозостойкости
С-3 - суперпластификатор	0,13-0,23	То же
СВ- сточные воды от процесса получения 12%-ной окисистеариновой кис-ты	0,5-1,7	-"-
ГКЖ-10,11; 94-кремнеорганические соединения	0,3-0,7	Повышение прочности, морозостойкости
Полиизоцианат	2 - 10	То же

Приложение 3

Пример расчета

Требуется определить расчетную нагрузку на цементогрунтовую сваю длиной 3 м, диаметром 0,5 м. Растительный слой срезан. Грунты, прорезаемые сваей, приведены в таблице.

Глубина отбора образцов	Природная влажность	Плотность грунта, т/м³ природной влажности	Плотность грунта, т/м³ сухого	Плотность частиц, г/см³	Пористость, %	Коэффициент пористости	Степень влажности	Пластичность верхняя граница	Пластичность нижняя граница	Число влажности
I,0	0,I3	I,73	I,53	2,69	43,I	0,758	0,46	0,32	0,I7	0,I5
2,0	0,I2	I,72	I,53	2,69	43,0	0,756	0,43	0,32	0,I9	0,I3
3,0	0,I2	I,7I	I,53	2,68	42,9	0,752	0,43	0,32	0,20	0,I2
4,0	0,I3	I,82	I,6I	2,68	38,7	0,725	0,49	0,3I	0,I9	0,I2
5,0	0,I3	I,89	I,67	2,68	37,7	0,605	0,58	0,3I	0,I8	0,I3

Для определения несущей способности сваи используется следующая формула

$$F_d = \frac{\gamma_c}{\gamma_n}\left(\gamma_{cR} A \cdot R + u \sum \gamma_{cf} f_i l_i\right).$$

Предварительно определяются входящие в нее величины:

γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый для усадебных домов с расходом воды не более 5 м³/сут, $\gamma_c = 1{,}4$.

$$\gamma_{cR} = \gamma_{cf} = 1; \qquad \gamma_n = 0{,}9.$$

Расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи определяется в слое равном $2d = 1{,}0$ под подошвой, $R = 360$ кПа.

Площадь опирания сваи на грунт

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}5^2}{4} = 0{,}2 \text{ м}^2$$

Наружный периметр:

$$u = \pi d = 3{,}14 \cdot 0{,}5 = 1{,}57 \text{ м}.$$

Расчетное сопротивление грунта на боковой поверхности сваи для I-го, 2-го, 3-го слоев грунта равны: $f_1 = 18$ кПа, $f_2 = 19$ кПа, $f_3 = 20$ кПа.

Несущая способность сваи по грунту основания:

$$F_d = 1{,}4\left[1\cdot360\cdot0{,}2 + 1{,}57(1\cdot18\cdot1 + 1\cdot19\cdot1 + 1\cdot20\cdot1)\right]\frac{1}{0{,}9} = 251 \text{ кН}.$$

Расчетная нагрузка на сваю P, кН, определяется по формуле:

$$P \leqslant \frac{F_d}{\gamma_g},$$

где $\gamma_g = 1{,}2$ – для зданий со сроком службы не менее 10 лет, если несущая способность сваи определена расчетом

$$P = \frac{251}{1{,}2} = 209 \text{ кН}.$$

Приложение 4

С целью упрощения расчетов, а также возможности вариантного проектирования указанные параметры (N, l, d, n, V_{sum}) можно определять по приводимой в настоящем приложении номограмме. Данная номограмма построена в соответствии с требованиями раздела 4 настоящих Рекомендаций, по усредненным значениям R и f, взятым из табл. 3:

для свай длиной от I до 3 м значения R и f взяты постоянными по длине сваи для грунтов с различным значением e и равными значениям при длине сваи 2 м. При длине свай более 2 м все значения, полученные по номограмме, имеют некоторый запас (I0%), а при длине свай менее 2 м погрешность вычислений по номограмме не превышает 5%, что можно считать допустимым для графического метода расчета. Номограмма служит для определения следующих параметров:

расчетной нагрузки на сваю N, тс;

длина сваи l, м;

диаметра сваи d, м;

количества свай данной длины и диаметра на участке длиной l, n;

суммарного объема свай на участке длиной l - V_{sum} м^3.

Номограмма позволяет проводить анализ и выбирать оптимальные решения, добиваясь минимизации значения V_{sum} в зависимости от указанных выше параметров.

Исходными данными для расчета по номограмме являются:

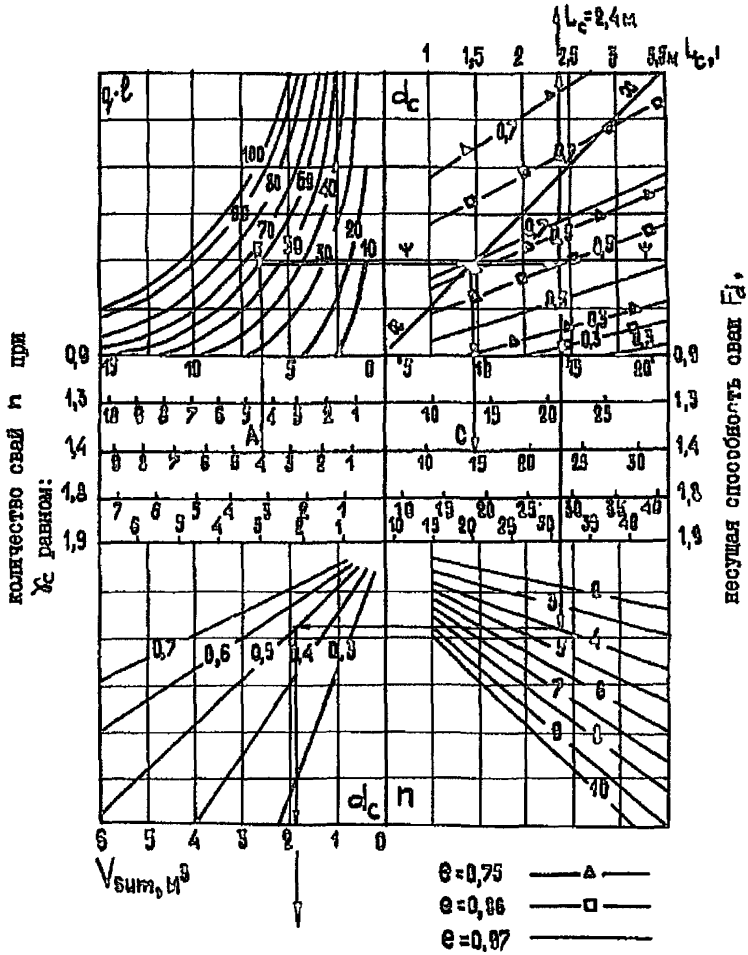
грунтовые условия и тип здания (e и γ_c);

значение интенсивности равномерно распределенной нагрузки q, т/м;

длина участка здания с постоянным значением q-l, м.

В качестве исходных данных примем для примера значения: e = 0,88, γ_c = I,4; q = 7,5 тс/м, l = 8 м. Для данных значений на оси номограммы V_{sum} определены диапазоны возможных вариантов для различного количества свай с разным диаметром. Возьмем количество свай, равным 4. По оси n при γ_c = I,4 найдем точку, соответствующую этому значению, (точка А). Из этой точки проводим вертикально вверх линию до пересечения с кривой Б (ql = 7,5x8=60 тс). Из точки В проводим горизонталь ψ. Пересечение горизонтали ψ с прямы-

ми (- - - - -) позволяет найти длину сваи на оси $\mathcal{L}$ в зависимости от выбранного диаметра (d = 0,5 м ⇨ = 2,4 м). Пересечение горизонтали Ψ с прямой K-K, дает значение несущей способности сваи на оси N при γ_c = 1,4 ⇨ N = 15 тс (точка С). Использование квадратов n и d дает возможность определить суммарный объем четырех свай диаметром 0,5 м длиной 2,4 м V_{sum} = 1,8 м^3. Из приведенного примера видно, что двигаясь по горизонтали в квадрате d, можно производить выбор диаметра сваи, определять соответствующую этому диаметру длину при требуемом постоянном значении N – расчетной нагрузки на сваю.



Номограмма для определения значений
в зависимости от значения интенсивности равномерно распределенной нагрузки , грунтовых условий и типа зданий *для свай длиной* от I до 3,5 м на *просадочных* грунтах (см. табл. 3)

Приложение 5

Пример расчета

Требуется запроектировать подготовку основания площадью 400 м² (20х20) элементами из цементогрунта, изготавливаемыми буросмесительным способом, в грунтовых условиях II типа по просадочности.

Исходные данные.

Мощность просадочной толщи 20 м.

Средневзвешенные характеристики грунта в водонасыщенном состоянии:

γ_{II} = 19 кН/м³; C_{II} = 0,02 МПа; $\varphi_{II} = 22^0$

Начальное просадочное давление на нижней границе просадочной толщи $P_{опр}$ = 0,05 МПа.

Модуль деформации непросадочного грунта E_n = 20 МПа.

Угол внутреннего трения непросадочного грунта $\varphi = 24^0$.

Расчетное сопротивление цементогрунта на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии R_9 = 4 МПа.

Объемный вес цементогрунта $\gamma_э$ = 22 кН/м³.

Диаметр элемента d = 600 мм.

Нагрузка на полы от оборудования q = 0,05 МПа.

Расчет выполняется в следующей последовательности.

Назначаем расстояние между армирующими элементами a = 1,8 м.

1. Проверяем выполнение условия $\sigma_{z\,пр} \leq P_{опр}$.

Напряжения в просадочном грунте на нижней границе просадочной толщи равны

$$\sigma_{z\,пр} = \frac{\gamma_{II} - C\,\frac{\pi r}{0{,}434a^2 - \frac{\pi r^2}{2}}}{\operatorname{tg}\varphi\,\frac{\pi r}{0{,}434a^2 - \frac{\pi r^2}{2}}}\left(1 - e^{-\operatorname{tg}\varphi\,\frac{\pi r \cdot h_{пр}}{0{,}434a^2 - \frac{\pi r^2}{2}}}\right) = 0{,}026\ МПа$$

т.е. $\sigma_{z\,пр} < P_{опр}$.

2. Вычисляем максимальные напряжения в армирующих элементах:

$$\sigma_{э\,max} = \left(\gamma_{II}\,h_{пр} - P_{опр}\right)\frac{F_{пр}}{F_э} + \gamma_э\,h_{пр} + \frac{N}{F_э} =$$

$= (19 \times 20 \times 10^{-3} - 0{,}05)\frac{2{,}52}{0{,}283} + 22 \times 20 \times 10^{-3} + 0{,}49 = 2{,}94 + 0{,}44 +$

$+ 0{,}49 = 3{,}87$ МПа

Условие (2) выполнено.

3. Определяем глубину заделки армирующих элементов в непросадочный грунт:

$$h - h_{пр} = \frac{a - 2z}{2\operatorname{tg}\frac{\varphi}{4}} = \frac{1{,}8 - 0{,}6}{0{,}21} = 5{,}7\,м.$$

При глубине заделки элемента равной 5,7 м выполняется условие (3).

4. Определяем осадку условного фундамента, имеющего глубину заложения 25,7 м и площадь 400 м^2.

Дополнительное к природному давление по подошве условного фундамента равно распределенной нагрузке на полы и составляет 0,05 МПа. Определим расчетную толщину линейно-деформируемого слоя

$$H_{расч} = Ho - tb = 9 + 0{,}15 \times 20 = 12\ м.$$

Осадка условного фундамента

$$S = b_p M \frac{Ki - Ki\text{-}1}{Ei} = 20 \times 0{,}05 \times 0{,}9\,\frac{0{,}299}{20} = 1{,}35\ см.$$

Приложение 6

Перечень лабораторного оборудования для проведения работ по подбору состава цементогрунта

1. Весы лабораторные
2. Формы для закладки образцов цементогрунта (кубики 50х50х50 мм, 70х70х70, 150х150х150; цилиндры $d = h$ = 50 мм)
3. Емкость для проведения замесов объемом не менее 1 л
4. Инструмент для проведения замесов
5. Мерные цилиндры емкостью: 50, 100, 500 мл
6. Масло машинное для смазки форм
7. Бумага фильтровальная
8. Пропарочная камера объемом 2500 $см^3$
9. Сушильный шкаф
10. Конус Васильева
11. Бюкон
12. Пресс 4-5 т
13. Манометр с ценой деления 1 ат
14. Штангенциркуль

Приложение 7

Буровое оборудование для изготовления цементогрунтовых свай

Наименование показателя	Марки буровых машин						
	СП-74	СО-2 дг	ЛБУ-50м	ПБА-15В	2БА-15к	ПБА-15к	БМ-302Д
1. Мощность двигателя, используемого для бурения (кВт)	150	90	75	80	2 х 80	75	–
2. Крутящий момент, кгм	2000	1000	1000	700	1000	1000	500
3. Ход подачи штанги, м	10	2 х 15	30	12	13,5	8	3
4. Число оборотов вращателя, об/мин	30-100	90	14-100	65,130, 245	65,130, 245	9-245	105,146, 182
5. Базовая машина	Краз-257	ДЭК-251	ЗИЛ-157	МАЗ-500	МАЗ-500	МАЗ-500	ГАЗ-66
6. Фиксированная подача	Есть	Нет	Есть	Нет	Нет	Нет	Нет
7. Диаметр свай, м	0,6;0,8	0,6;0,8	До 1,0 на илах	0,6	0,6	0,6	0,5;0,8.
8. Тип подачи	Гидравлическая	Лебедка	Гидравлическая	Свободная	Гидравлическая	Лебедка	Гидравлическая

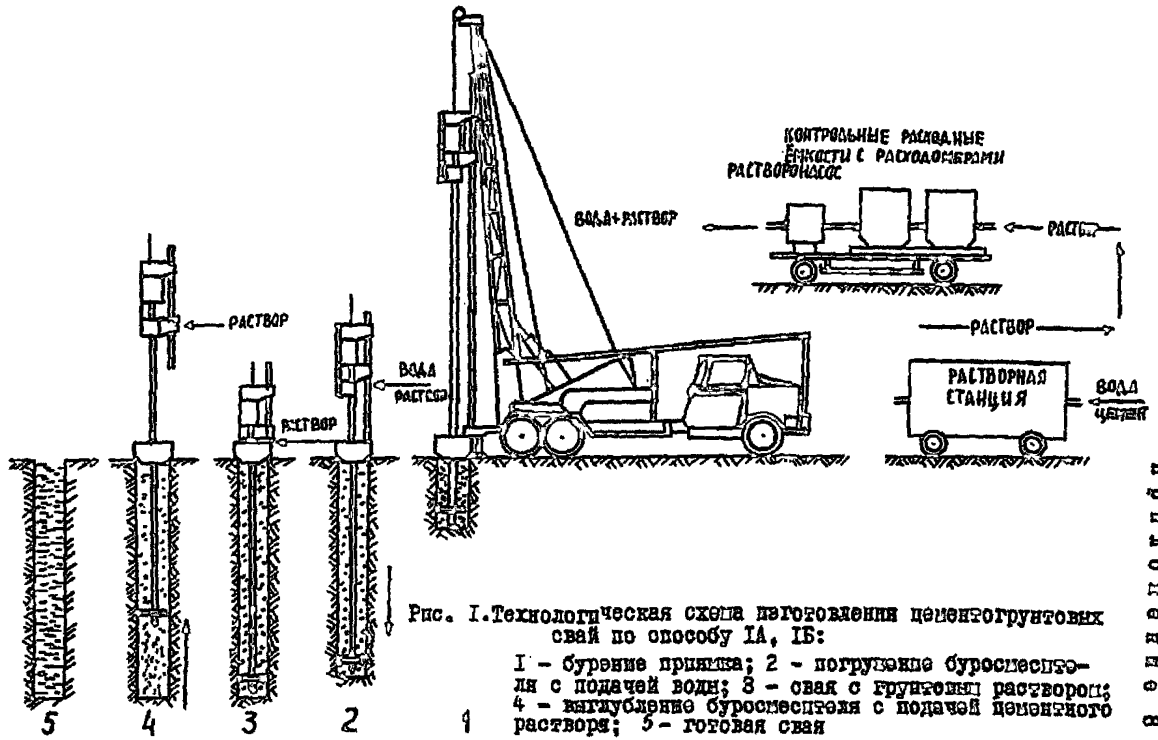


Рис. I.Технологическая схема изготовления цементогрунтовых свай по способу IA, IБ:

I - бурение грунта; 2 - погружение буросмесителя с подачей воды; 3 - свая с грунтовым раствором; 4 - вытухание буросмесителя с подачей цементного раствора; 5 - готовая свая

Приложение

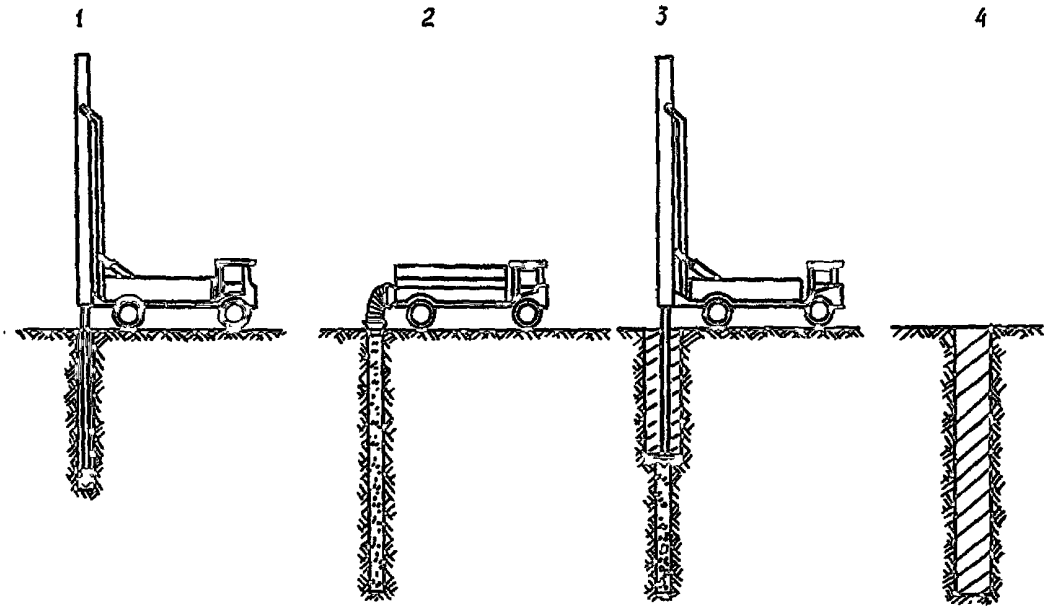


Рис.2. Технологическая схема изготовления цементогрунтовой сваи по способу IB:
I – бурение лидерной скважины; 2 – засыпка лидерной скважины сухим вяжущим; 3 – бурение с водой; 4 – готовая свая

Приложение 9

Пример расчета технологических параметров изготовления цементогрунтовых свай

I. Требуется рассчитать технологические параметры, необходимые для изготовления цементогрунтовой сваи диаметром 0,8 м длиной 8 м по способу I(А). Характеристики грунтов следующие:
$W = 16\%$; $\rho_d = 1{,}4$ т/м^3; $\rho_s = 2{,}7$ т/м^3; $W_t = 27\%$; $W_p = 18\%$.

По формуле (I9) определяем влажность цементогрунтовой смеси и ее плотность в сухом состоянии:

$$W_m = 1{,}3 \cdot 0{,}27 - 0{,}03 = 0{,}32I;$$

$$\rho_{dm} = \frac{2{,}7}{I + \frac{2{,}7 \cdot 0{,}32I}{I}} = 1{,}446 \ (т/м^3);$$

По формуле (24) определяем глубину приямка:

$$h_п = \left[I - \frac{1{,}446}{1{,}4\ (I + 0{,}22)}\right] \cdot 8 = 1{,}227, \ м.$$

Количество цемента, необходимое для изготовления сваи, определяем по формуле (23):

$$G_ц = 0{,}22 \cdot I{,}4 \cdot 0{,}5(8 - I{,}227) = I{,}04 \ т.$$

Объем раствора и количество воды, требуемые для приготовления водоцементного раствора с В/Ц=0,6, определим по формулам (26) и (27):

$$V_р = 0{,}93 \cdot I{,}04 = 0{,}97 \ м^3;$$
$$V_{вр} = 0{,}6 \cdot I{,}04 = 0{,}624 \ м^3;$$

Дополнительный объем воды, вводимой в грунт для перевода его в текучее состояние и получения требуемого значения влажности цементогрунтовой смеси, находим по формуле (25):

$$V_в = I{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot \left[0{,}32I \cdot (I + 0{,}22) - 0{,}I6 - 0{,}6 \cdot 0{,}22\right] \cdot \frac{8 - I{,}227}{I} =$$

$$= 0{,}472 \ м^3.$$

2. Требуется рассчитать технологические параметры изготовления цементогрунтовой сваи диаметром 0,5 м длиной 3 м, изготавливаемой по способу IВ. Грунтовые условия те же, что и в примере I.

а) при заполнении лидера цементом:

Диаметр лидерной скважины определяем по формуле (32):

$$d_л = 0{,}5 \cdot \sqrt{\frac{1{,}4 \cdot 0{,}22}{1{,}4 \cdot 0{,}22 + 1{,}2}} = 0{,}225 \text{ м};$$

Количество цемента, необходимого для изготовления сваи, определяют по формуле (34):

$$G_ц = 0{,}785 \cdot (0{,}5^2 - 0{,}225^2) \cdot 3 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}22 = 0{,}145 \text{ т}.$$

Количество воды, необходимой для разбуривания лидерной скважины до проектных размеров и получения цементогрунтовой смеси с требуемым значением влажности, определим по формуле (33):

$$V_в = 0{,}785 \cdot (0{,}5^2 - 0{,}225^2) \cdot 3 \cdot 1{,}4 \cdot \left[\frac{0{,}32 \cdot 1 \cdot (1 + 0{,}22)}{1} - 0{,}16 \right] \frac{1}{1} = 0{,}152 \text{м}^3;$$

б) при заполнении лидера цементопесчаной смесью:

Диаметр лидерной скважины можно определить по формуле (32):

$$d_л = 0{,}5 \cdot \sqrt{\frac{1{,}4 \cdot (0{,}22 + 0{,}25)}{1{,}4 \cdot (0{,}22 + 0{,}25) + 1{,}2}} = 0{,}298 \text{ м}.$$

Количество цемента, засыпаемого в лидерную скважину в составе смеси таково:

$$G_ц = 0{,}785 \cdot (0{,}5^2 - 0{,}3^2) \cdot 3 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}22 = 0{,}116 \text{ т},$$

а количество песка необходимое для приготовления цементопесчаной смеси:

$$G_п = 0{,}785 \cdot (0{,}5^2 - 0{,}3^2) \cdot 3 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}25 = 0{,}132 \text{ т}.$$

Требуемое количество воды для разбуривания до получения смеси с влажностью $W_т = 0{,}282$, найденной в лабораторных условиях по значению влажности на границе текучести песчаногрунтовой смеси состава 1Г + 0,25П, находим по формуле (35):

$$V_в = 0{,}785 \cdot (0{,}5^2 - 0{,}3^2) \cdot 3 \cdot 1{,}4 \cdot \left[0{,}282 \cdot (1 + 0{,}22 + 0{,}25) - 0{,}16 \right] \cdot \frac{1}{1} =$$

$$= 0{,}134 \text{ м}^3;$$

б) при введении цементопесчаного раствора:

Опытным путем в лаборатории находится значение влажности на границе текучести песчаногрунтовой смеси, получаемой в результате введения в грунт вместе с раствором вяжущего определенного количества песка. Состав песчаногрунтовой смеси можно предоставить следующим образом: 0,75Г + 0,25П. Для полученной таким образом смеси значение влажности на границе текучести будет составлять 0,22. Тогда влажность цементогрунтопесчаной смеси при определении по формуле (19) будет составлять:

$$W_т = 1{,}3 \cdot 0{,}22 - 0{,}03 = 0{,}256;$$

значение плотности получаемой смеси в сухом состоянии

$$\rho_{dm} = \frac{2{,}7}{1 + \frac{2{,}7 \cdot 0{,}256}{1}} = 1{,}596 \text{ т/м}^3 .$$

Глубину привязки определяем по формуле (28):

$$h_n' = \left[1 - \frac{1{,}596 \cdot (1-0{,}25)}{1{,}4 \cdot (1+0{,}22)}\right] \cdot 8 = 2{,}39 \text{ м} .$$

Требуемое количество песка на смесь определяем по формуле (29):

$$G_п = 1{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot (8-2{,}39) \cdot \frac{0{,}25}{1-0{,}25} = 1{,}309 \text{ т},$$

а цемента – по формуле (30):

$$G_ц = 1{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot (8-2{,}39) \cdot \frac{0{,}22}{1-0{,}25} = 1{,}15 \text{ т}.$$

Объем раствора с $K = 0{,}7$ определяем по формуле (31):

$$V_р = \frac{1{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot (8-2{,}39)}{1-0{,}25} \cdot \left(\frac{0{,}22}{3} + \frac{0{,}7 \cdot 0{,}22}{1} + \frac{0{,}25}{2{,}6}\right) = 1{,}7 \text{ м}^3.$$

Объем воды, необходимой для приготовления требуемого количества водоцементопесчаного раствора, определяем по формуле:

$$V_{вр} = 0{,}7 \cdot G_ц \frac{1}{\rho_w} = 0{,}7 \cdot 1{,}15 \cdot \frac{1}{1} = 0{,}805 \text{ м}^3.$$

Дополнительное количество воды, вводимой в грунт для перевода его в текучее состояние и получения смеси с требуемым значением влажности, находим по формуле:

$$V_в = \left\{\left[1{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot (8-2{,}39) + 1{,}309 + 1{,}15\right] \cdot 0{,}256 - 0{,}805 - 1{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}16 \cdot (8-2{,}39)\right\} \cdot \frac{1}{1} = 0{,}2 \text{ м}^3.$$

Номограммы для определения значений технологических параметров процесса изготовления цементогрунтовых свай буроопережательным способом (1А и 1Б)

Для удобства и быстроты расчетов, а также сравнения и выбора оптимальных вариантов рекомендуется определять значения параметров технологического процесса по номограммам.

На рисунках 1,2 и 3 даны номограммы для определения:

- на рис.1 – $h_п$ – глубины пропитки;
- на рис.2 – $G_ц$, $V_{вцс}$, $V_{в\text{-}вцс}$ составляющих водоцементного раствора в расчете на 1 м сваи длиной ℓ;
- на рис.3 – $V_в$ – дополнительного количества воды, вводимого в грунт для получения смеси с требуемой влажностью.

Пользоваться номограммами следует по единому ключу, двигаясь от входа к выходу в соответствии с порядком, указанным на графиках стрелками. При промежуточных значениях исходных данных точки на графиках определяются линейной интерполяцией. Точность определения значений параметров по номограммам во многом зависит от точности построений.

Пример определения значений технологических параметров изготовления цементогрунтовых свай по номограммам:

1) Исходные данные: W =14%; W_ℓ=38%; ρ_d =1,4 т/м^3; ρ_s =3 т/м^3; u =20%; d =0,7 м; ℓ =12 м; В/Ц =0,6.

а) по рис.1 определяем значения: $\frac{h_п}{\ell}$ =0,3 и $h_п$ =3,8 м;

б) по рис.2 определяем значения: $G_ц$ =73 кг/м; $V_{вцс}$ =73 л/м; $V_{в\text{-}вцс}$ =45 л/м.

в) по рис.3 определяем значение: $V_в$ =140 л/м длины участка сваи ($\ell - h_п$).

2) Исходные данные: W =14%; W'_ℓ=38%; ρ_d =1,4 т/м^3; ρ_s = 3 т/м^3; u = 20%; n = 30%; d = 0,7 м; ℓ' = 8 м.

а) по рис.1 определяем значения: $\frac{h_п}{\ell}$ = 0,5; $h'_п$ = 4 м;

б) по рис.2 определяем значения: $G'_ц$ = 78 кг/м; $G'_п$ =117 кг/м;

в) количество воды в этом случае следует определять расчетным методом.

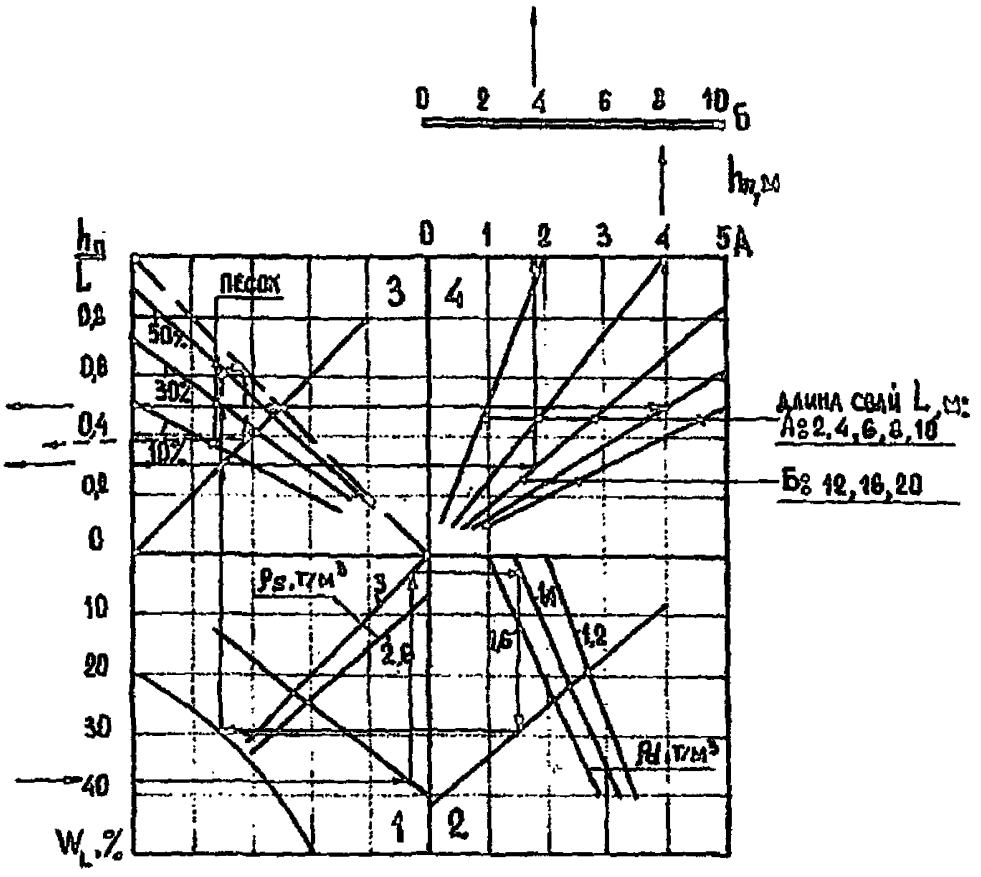


Рис. I. Номограмма для определения параметров:

$\frac{h_n}{L}$ – глубина принятия, м;

$\frac{h_n}{L}$ – глубина принятия на каждый метр длины сваи

I → 2 → I → 3 → 4

$\frac{h_n}{L}$ h_n

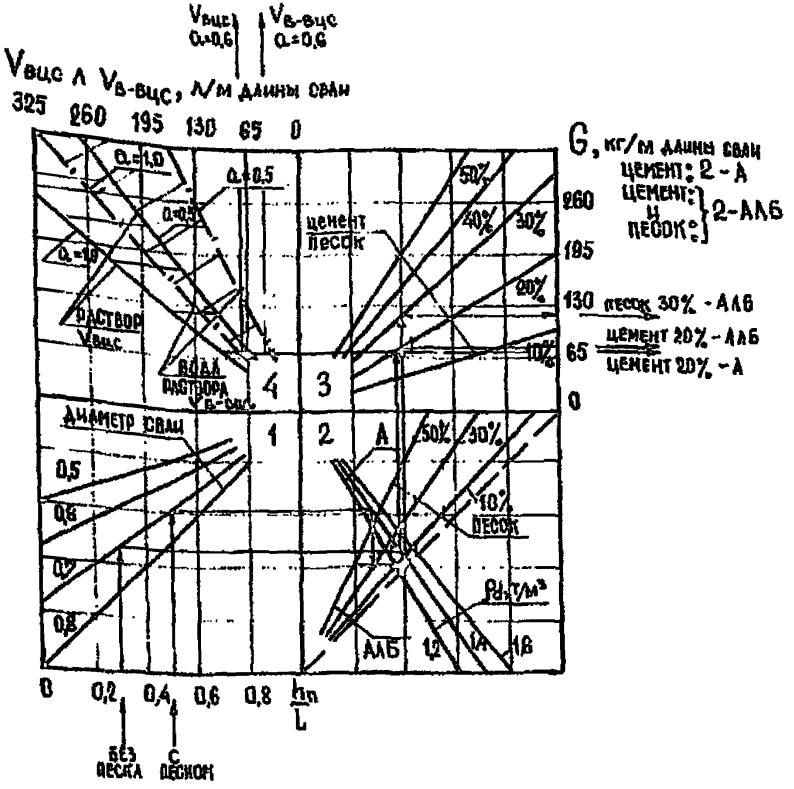


Рис. 2. Номограмма для определения параметров:

$G_ц$ – количества цемента при введении цементного раствора, кг/м;

$G'_ц$ – количества цемента при введении цементопесчаного раствора, кг/м длины сваи;

$G'_п$ – количества песка при введении цементопесчаного раствора, кг/м длины сваи;

$V_{вцс}$ – количества раствора при введении цементного раствора, л/м длины сваи;

$V_{в-вцс}$ – количества воды в водоцементном растворе, л/м длины сваи.

I 2 3 4

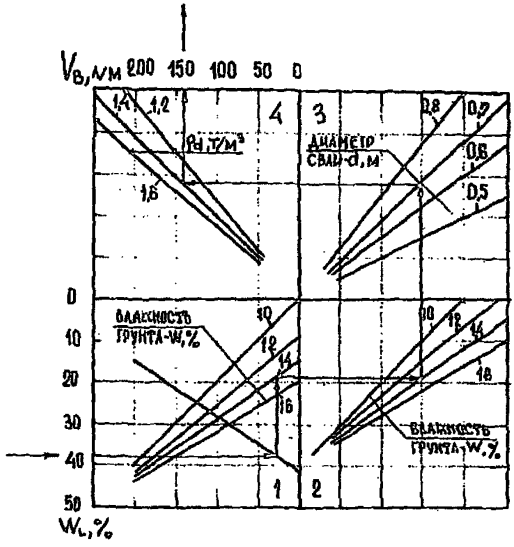


Рис.3. Номограмма для определения параметра $V_в$ – дополнительного количества воды, вводимой в грунт для получения смеси оптимальной влажности, л/м длины сваи, участком ($l - h_п$).

I → 2 → 3 → 4

Приложение II

Техническая характеристика грунтосмесительной машины МГ-I

Базовая машина	От экскаватора ЭПЦ-I7I
Размеры устраиваемой стенки, м:	
ширина	0,2 – 0,4
глубина	0,4 – I,3
Производительность, $м^3/ч$	До I6
Скорость рабочего хода	Бесступенчатая
Пределы рабочих скоростей передвижения, м/ч	I0 – 400
Скорость вращения шнеков, об/мин:	
смесительного	80 – I20
уплотняющего	30 – 60
Максимально потребляемая мощность шнеков, кВт:	
смесительного	До 25
уплотняющего	До I0
Габаритные размеры в транспортном положении, мм:	
высота	3500
длина	5200
ширина	2I30
Масса навесного оборудования, кг	I300
Количество обслуживающего персонала	I

Приложение 12

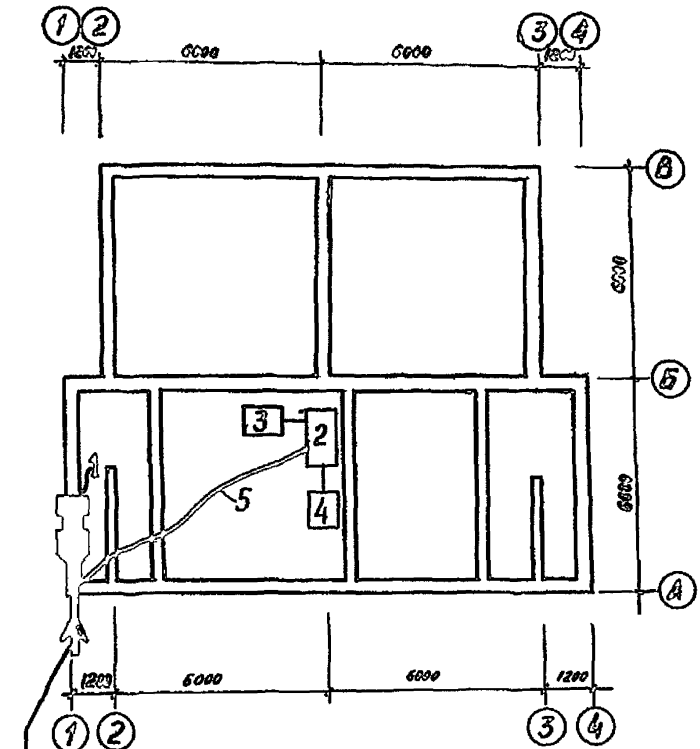


Схема устройства ленточных групповых фундаментов:

1 - базовая машина МТЗ-50; 2 - ПРГС-1; 3 - емкость для воды; 4 - емкость для цемента; 5 - планы

- ленточные фундаменты

Начало работ

Приложение 13

Журнал производства работ по изготовлению цементо-грунтовых свай

Б Б свай	l св, м	H, м	Объем сваи, м³	Глубина прямка, h пр, м	Частота вращения буросмесителя, об/мин	Подача средн., м/мин	Объем воды, вводимой в грунт, м³/п.м	Объем раствора (В/Ц= 0,6), м³/п.м
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Расход воды, л/мин	Расход раствора (В/Ц = = 0,6), л/мин	Показания расходомера	Время изготовления		Объем воды на сваю, м³	Объем раствора на сваю, м³	Количество цемента, кг/м³
		начало / конец / Общее количество	погружение начало / конец / общее	выглубление начало / конец / общее			
1	2	3	4	5	6	7	8

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. Общие положения 3
2. Требования к материалам 4
3. Проектирование фундаментов на цементогрунта 6
4. Определение несущей способности цементогрунтовых свай по результатам статических испытаний I9
5. Подбор состава цементогрунтовой смеси 22
6. Технология и организация работ по устройству монолитных фундаментов на цементогрунта 26
А. Свайные фундаменты 26
Б. Ленточные фундаменты 35
7. Сборные фундаменты 38
8. Контроль качества и приемка выполненных работ 42
9. Техника безопасности 45
Приложения I-I3 46

НИИ оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова

Рекомендации по проектированию и устройству фундаментов на цементогрунта

Отдел патентных исследований и научно-технической информации

Зав. отделом Б.Н.Кулачкин

Редактор Т.А.Печенова

Л-53463 Подп. в печать 23.09.86г. Заказ № 1294

Формат 60х90 1/16. Бумага офсетная. Усл.-печ.л. 4,43

Усл. кр.-отт. 4,66. Тираж 500 экз. Цена 50 коп.

Производственно экспериментальные мастерские ВНИИНСа Госстроя СССР; 121471, Москва, Можайское шоссе, 25

gost.e-ecolog.ru