



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

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

В разработке Рекомендаций принимали участие: НИИОСП им. Н. М. Герсеева (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 Промстройинипроект (канд. техн. наук А. Ф. Селезнев, инж. Ю. И. Качан); НИИОСП Госстроя СССР (кандидаты техн. наук В. С. Могилянский, Е. А. Фокин); Краснодаркрайколхозстройобъединение (инж. В. Н. Добровольский); Кубанский СХИ (канд. техн. наук А. И. Ветштейн, инж. Н. И. Кочнев); Лжгипронисельхоз (канд. техн. наук Н. И. Орда); Фундаментпроект (канд. техн. наук Б. С. Смолин, инж. В. И. Шараватов); ВЭИСИ (канд. техн. наук Д. В. Коротеев); Волгоградский ИСИ (канд. техн. наук В. А. Корягина); СибАДИ (канд. техн. наук В. С. Прокопец). Рекомендации одобрены на сессии "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 грунтоомесительных 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. Герсеева, 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

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации распространяются на проектирование и устройство фундаментов и оснований из цементогрунтовых свай диаметром до 0,8 м и длиной до 10 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 10 м (в соответствии с требованиями разд.3 настоящих Рекомендаций).

1.2. 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 вечномёрзлых грунтов, на подрабатываемых территориях и фундаментах под машины с динамическими нагрузками.

1.3. 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 соответствии с требованиями действующих нормативных документов к фундаментам сооружений данного класса и обосновано результатами проведенных натурных экспериментальных работ на конкретной строительной площадке.

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

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

1.6. 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.

1.7. 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.

1.8. 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

2.1. 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) 15–90%; б) показатель пластичности 2–15%; в) водородный показатель грунта рН 6; г) содержание водорастворимых солей не более 3%, при сульфатном засолении – не более 2%.

Примечания. 1. Цементогрунтовые сваи при соответствующем обосновании (требуемые характеристики материала, технико-экономические показатели) могут изготавливаться буросмесительным способом в глинистых грунтах с показателем пластичности более 15%, 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. 1).

2.2. Не допускается использовать для приготовления цемента-

грунтовых слоев 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 гранулоостава) 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 $pH \leq 6$, а также для получения раствора с $В/Ц > 0,6$ рекомендуется вводить химические добавки (известь-пушонку, кипянку, 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.

Примечание. 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. 3.7-3.11, 3.13-3.18 настоящих Рекомендаций.

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

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_g} = P, \quad (1)$$

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-17-77; для фундаментов сельских зданий и сооружений:

$\gamma_g = 1,4$ для зданий со сроком службы ≥ 50 лет, если несущая способность сваи или фундамента определена расчетом;

$\gamma_g = 1,2$ для зданий со сроком службы не менее 10 лет, если несущая способность сваи или фундамента определена расчетом;

$\gamma_g = 1,25$ для зданий со сроком службы ≥ 50 лет, если несущая способность сваи или фундамента определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой;

$\gamma_g = 1,1$ для зданий со сроком службы не менее 10 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 3.10 настоящих Рекомендаций.

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

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

где γ_c - коэффициент условий работы, учитывающий способ устройства сваи и принимаемый равным 0,85;

A - площадь сечения ствола сваи, м²;

R_m - расчетное сопротивление цементогрунта осевому сжатию, кПа, принимаемое по табл. 7 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

$$F_d = \beta_c (\beta_{cr} AR + u \sum_{i=1}^n \beta_{ci} f_i l_i) \text{ , кН(т) , } (3)$$

где β_c — коэффициент условий работы сваи, принимаемый в случае опирания ее на покровные глинистые грунты со степенью влажности $S_z < 0,85$ и на лессовые просадочные I типа равным 0,8; в остальных случаях $\beta_c = 1$;

Для сельскохозяйственных зданий и сооружений при длине свай до 3 м значение коэффициента условий работы β_c принимается в соответствии с требованиями п.3.17 настоящих Рекомендаций;

β_{cr} — коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи, принимаемый равным 0,9; для сельскохозяйственных зданий при длине свай до 3 м $\beta_{cr} = 1$;

β_{ci} — коэффициент условий работы грунта по боковой поверхности сваи, принимаемый равным 0,6; для сельскохозяйственных зданий и сооружений при длине свай до 3 м $\beta_{ci} = 1$;

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

A — площадь поперечного сечения цементогрунтовой сваи, м²;

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 сопротивления 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 γ_n , где $\gamma_n = 0,9$ - коэффициент надежности по назначению.

Т а б л и ц а 1
 Расчетное сопротивление грунта R под пяткой
 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.

Т а б л и ц а 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 , значения 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_{sp}) фундаментов (ленточных и свайных) из цементогрунта не должны превышать предельных значений S_u , установленных СНиП 2.02.01-83 для соответствующих типов зданий:

$$S + S_{sc} \leq S_u. \quad (4)$$

Примечания: 1. Для сельских зданий и сооружений с фундаментами из цементогрунтовых свай вынечение S_u принимается равным 10 см;

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

3.14. Относительная разность величин "осадка плюс просадка" двух смежных фундаментов не должна превышать предельные значения, заданные в проекте или регламентируемые СНиП 2.02.01-83.

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 0,01.

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

3.16. Вокруг каждого здания или сооружения следует устраивать водонепроницаемые отмостки с уклоном $i = 0,03$ шириной не менее 1 м. Встречающиеся на площадке старшие выработки (ямы, траншеи) следует заделывать уплотненным грунтом (плотность не менее 1,6 т/м³).

3.17. Проектирование фундаментов из цементогрунта малоэтажных сельских зданий со сваями длиной 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. 3.17.1-3.17.3.

3.17.1. Замачивание основания невозможно вследствие повышения уровня грунтовых вод, утечек воды из водонесущих коммуникаций и емкостей. К этому случаю относятся здания и сооружения, не оборудованные водопроводом и канализацией и расположенные на расстоянии более 1,5-2 Н (Н - толщина просадочной толщи) от возможных источников замачивания (трубопроводов, емкостей и т.п.). Примером таких зданий являются склады сельхозпродуктов и сельхозтехники, трансфор-

Т а б л и ц а 3

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

| 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 |
| 1 | - | 18 | - | 16 | - | 14 | - | 12 |
| 2 | 350 | 19 | 300 | 17 | 250 | 15 | 200 | 13 |
| 3 | 360 | 20 | 310 | 18 | 260 | 16 | 210 | 14 |

Примечания: 1. Даны условные обозначения ширины ленточного фундамента b и диаметра свай 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 $W > W_p$.

3.17.2. Возможно аварийное замачивание основания вследствие утечки воды из водонесущих коммуникаций и емкостей, расположенных внутри здания или вне здания на расстоянии менее 1,5 м, 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 10 л в сутки на 1 м² площади пола здания. Сюда относятся: коровники, свинарники, имеющие гидросмыв и систему подпольных каналов гидросмыва 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 гидросмыва находятся друг от друга на расстоянии 20–30 м и более. На локальных участках расходы воды превышают 10 л в сутки на 1 м² площади пола, а на остальных площадках – менее 10 л или полностью отсутствуют;

в) здания с расходом воды менее 10 л на 1 м² 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-

редственно после аварийного повреждения трубопроводов;

г) жилые усадебные и секционные одно-двухэтажные жилые дома с расходом воды не более $5 \text{ м}^3/\text{сут.}$

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 ($S_r \geq 0,8$). Расчетные сопротивления R и f принимаются по табл.3. Отличие действительных условий аварийного замачивания от наилучших, соответствующих полному водонасыщению грунта, учитываются коэффициентами условий работы в формуле (3), которые принимаются равными:

$\gamma_c = 1,4$ - для зданий, перечисленных в подпунктах а и г и локальных участков зданий по подпункту б;

$\gamma_c = 1,3$ - для тех же зданий, но при залегании под просадочной толщей недренирующего подстилающего слоя;

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

$\gamma_c = 1,8$ - для тех же зданий при залегании под просадочной толщей недренирующих грунтов.

П р и м е ч а н и я: 1. Площадь расчетного локального участка принимается равной площади помещения или участка здания с мокрым технологическим режимом, увеличенная на расстояние $1,5 \text{ м}$ во все стороны от его границ. 2. Расчетная несущая способность свай, найденная по формуле (3), с коэффициентами $\gamma_c = 1,9$ и $\gamma_c = 1,8$, не должна превышать величину f_d , полученную для грунта с влажностью W , если $W > W_p$ и для грунта с влажностью W_p , если $W \leq W_p$.

3.17.3. В период эксплуатации зданий ожидается повышение уровня грунтовых вод до отметок, превышающих заглубление подошвы фундамента или пята свай. При этом наблюдается наибольшее снижение прочности грунта, а просадка фундамента и основания достигает максимальных значений. В этом случае расчетные сопротивления R и f находят 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 оставляет 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 маловодопроницаемого экрана из уплотненного при оптимальной влажности грунта ($\rho_d \geq 1,6 \text{ т/м}^3$) толщиной 0,4-0,5 м.

Примечания: 1. Устройство фундаментов из цементогрунта рекомендуется выполнять после устройства экрана, доведенного до уровня подготовки под пол. 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 совмещения равнодействующей внешних нагрузок с осью свайного ряда.

3.17.8. Для фундаментов сельских жилых (усадебных и секционных) крупнопанельных зданий серий 25, 135, 121 и др. рекомендуется применять безростверковое решение. Цокольная панель в этом случае опирается на свай, 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 настоящей Рекомендации.

3.19.1. Цементогрунтовые сваи применяются для армирования оснований в лесовых просадочных грунтах I и II типа для уменьшения деформаций оснований, а также для обеспечения нормальной эксплуатации сооружений и технологического оборудования в условиях аварийного затопления 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 оснований 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

$$\sigma_z \leq P_{sc}, \quad (5)$$

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_{sc} - 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

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

где γ_{II} - осредненное по глубине просадочной толщи расчетное значение удельного веса водонасыщенного грунта, кН/м³ (т/м³);
 C_{II} - осредненное по глубине просадочной толщи расчетное значение удельного сцепления водонасыщенного грунта, кПа (т/м²);
 ψ_{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;

$$a_c = \frac{4\pi D}{4br\epsilon_c - \pi D^2}, \quad 1/\text{м}, \quad (7)$$

где D - диаметр цементогрунтовой свай, м.

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

$$h_3 = \frac{\epsilon_c - D}{2 \operatorname{tg} \psi_{\text{ср}}/4}, \quad \text{м.} \quad (8)$$

3.19.7. Расчет оснований, армированных цементогрунтовыми сваями, по деформациям производится исходя из условия

$$S_p \leq S_u, \quad (9)$$

где S_p - совместная деформация армированного основания и сооружения, определяемая расчетом по п.3.19.8;

S_u - предельное значение совместной деформации армированного основания и сооружения, устанавливаемое по указаниям п.п.2.51 - 2.55 СНиП 2.02.01-83.

Примечание: Под величиной S_p и соответствующей ей подразумевается любая из перечисленных в п.2.38 СНиП 2.02.01.83 характеристиче деформаций.

3.19.8. 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 $l_i = h_i \operatorname{tg} \frac{\gamma_{\text{нсп}}}{4}$, м, где $\gamma_{\text{нсп}}$ - 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.

3.19.9. Осадка основания условного фундамента шириной $b_y < 10$, определяется по формуле:

$$S_y = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zyp_i} \cdot h_i}{E_i}, \quad \text{см}, \quad (10)$$

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

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

h_i - толщина i -го слоя, см;

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

σ_{zyp_i} - среднее значение дополнительного вертикального напряжения σ_{zyp} , определяемое по п.3.19.10, в i -ом слое под подошвой условного фундамента, равное полусумме указанных напряжений на верхней z_{y_i} и нижней z_{y_i} границах слоя,

кПа ($\tau/\text{м}^2$);

3.19.10. Дополнительное вертикальное напряжение на глубине Z от подошвы условного фундамента σ_{zyp} , определяется по формуле

$$\sigma_{zyp} = \alpha \cdot P_{oy} \quad , \text{кПа } (\tau/\text{м}^2), \quad (11)$$

где α - коэффициент, принимаемый по табл. I прил. 2 СНиП 2.02.01-83;

P_{oy} - дополнительное к природному вертикальное давление по подошве условного фундамента, кПа ($\tau/\text{м}^2$)

$$P_{oy} = \frac{N + G_y}{F_y} - \sigma_{zyg} \quad , \text{кПа } (\tau/\text{м}^2); \quad (12)$$

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

N - внешняя сила, нормальная к подошве фундамента, кН (τ);

σ_{zyg} - природное (бытовое) давление по подошве условного фундамента, кПа ($\tau/\text{м}^2$).

3.19.11. Осадка основания S_y условного фундамента шириной (диаметром) $b_y \geq 10$ м при модуле деформации подстилающего грунта $E \geq 10$ МПа (100 кг/см^2) определяется по формуле

$$S_y = \frac{P_{yo} \cdot b_y \cdot K_c}{K_m} \sum_{i=1}^n \frac{K_i - K_{i-1}}{E_i} \quad , \text{см}, \quad (13)$$

где P_{yo} - среднее дополнительное к природному давление по подошве условного фундамента, кПа ($\tau/\text{м}^2$);

b_y - ширина условного фундамента, см;

K_c и K_m - коэффициенты, принимаемые по табл. 2 и 3 прил. 2 СНиП 2.02.01-83;

n - число слоев, различающихся по осыпчивости в пределах расчетной толщины слоя, определяемой по указаниям п. 8, прил. 2 СНиП 2.02.01-83;

K_i и K_{i-1} - коэффициенты, определяемые по табл. 4 прил. 2 СНиП 2.02.01-83;

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

3.19.12. При расчете осадок основания условного фундамента по формуле (10) или (13) среднее полное давление под подошвой условного

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

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

$$\sigma_{3\max} \leq R_3 \quad (14)$$

Здесь $\sigma_{3\max}$ — максимальное напряжение, кПа ($\text{т}/\text{м}^2$), в цементогрунтовой свае на нижней границе просадочной толщи от совместного действия внешней нагрузки, собственного веса свай и сил нагружающего трения, определяемое по формуле

$$\sigma_{3\max} = \frac{N_c}{F_3} + \gamma_3 (h - h_3) + [\gamma_{II} (h - h_3) - P_{sc}] \frac{c_{свп} - F_3}{F_3}, \text{ кПа } (\text{т}/\text{м}^2) \quad (15)$$

где N_c — внешняя вертикальная нагрузка на одну сваю, кН (т);
 F_3 — площадь поперечного сечения цементогрунтовой сваи, м^2 ;
 γ_3 — удельный вес цементогрунта, $\text{кН}/\text{м}^3$ ($\text{т}/\text{м}^3$);
 h — длина цементогрунтовой сваи, м;
 h_3 — глубина заделки сваи в непросадочный грунт, м;
 P_{sc} — начальное просадочное давление на нижней границе просадочной толщи, $\text{кПа}/\text{м}^2$ ($\text{г}/\text{м}^2$);
 γ_{II} — средневзвешенное значение плотности просадочного грунта, $\text{кН}/\text{м}^3$ ($\text{т}/\text{м}^3$), от подошвы фундамента сооружения до нижней границы просадочной толщи;
 R_3 — расчетное сопротивление материала цементогрунтовой сваи на одноосное сжатие, кПа ($\text{т}/\text{м}^2$).

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 F_d , кН (т), сваи после определения ее по результатам испытаний статической нагрузкой должна быть проверена расчетом на эксплуатационные нагрузки и воздействия по условиям сопротивления материала сваи в соответствии с требованиями п. 3.9 настоящих Рекомендаций, причем расчетное сопротивление цемента-грунта 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-17-77, "Рекомендациями по инженерным изысканиям для проектирования и устройства свайных фундаментов" (М., НИИИС Госстроя СССР, 1983).

Методика испытаний должна соответствовать ГОСТ 5686-78 "Свай. 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.3.17.1 испытания свай проводятся в грунтах природной влажности; для случаев, оговоренных в п.п.3.17.2 и 3.17.3 - 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 1 м от сваи высотой 1 м. Дно образовавшейся лунки засыпается слоем щебня или гравия толщиной 10-15 см. В течение всего периода испытаний уровень воды поддерживается постоянным (0,7-1 м). Ориентировочный расход воды для достижения полного водонасыщения грунта вблизи сваи на каждый метр ее длины составляет 15 м³. Для ускорения замачивания грунта рекомендуется использовать пренативные скважины диаметром 10-15 см, заполняемые щебнем или гравием (глубина скважин равна длине сваи, их количество - 4-8 шт. в радиусе 0,8-1 м от сваи).

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

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.

П р и м е ч а н и е. 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 свай F_d по результатам статических испытаний вдавливающей нагрузкой определяется по формуле

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

- 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 свай, 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 "орыва" (непрерывное увеличение осадки S с примерно постоянной скоростью при неизменной нагрузке) при осадке $S \leq 20$ 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

$$S = \psi \cdot S_{umt}, \quad (17)$$

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

Т а б л и ц а 4

Коэффициент γ для цементогрунтовых свай при однорядном расположении, длине 2-3 м, шаге ≥ 2 м

| Грунты, располагаемые под пятой свай и на боковой поверхности | Коэффициент γ |
|---|----------------------|
| Пылеватоглинистые, в т.ч. | |
| просадочные по п.3.17.1 | |
| $\gamma_L < 0,2$ | 0,40 |
| $\gamma_L = 0,2-0,4$ | 0,35 |
| $\gamma_L = 0,41-0,6$ | 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_{opt} рекомендуется определять по формулам:

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

$$W_{opt}^m = 1,3 W_L - 3, \quad \%; \quad (18)$$

б) при устройстве ленточных фундаментов из пластичных смесей

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

в) при изготовлении цементогрунтовых свай буросмесительным способом из пластичных смесей

$$W_{opt} = 0,8 W_M + 0,5 u_p, \quad \%; \quad (20)$$

где W_{opt} — оптимальная влажность цементогрунтовой смеси, %;
 W_d — влажность на границе текучести исходного грунта, %;
 W_p — влажность на границе раскатывания исходного грунта, %;
 W_M — максимальная молекулярная влагоемкость грунта, %;
 U — количество цемента от массы воздушно-сухого грунта, %.

5.3. Для получения цементогрунта, удовлетворяющего требованиям прочности и морозостойкости, рекомендуется назначать дозировку цемента в количестве (среднее значения) 200–250 кг/м³ для супесей, 250–300 кг/м³ для суглинков.

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

Т а б л и ц а 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 M принимается временное сопротивление осевому сжатию образцов-кубов 150x150x150 мм, в возрасте 90 дней нормально-влажностного хранения (во влажных опалках) 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 150x150x150 мм:

| Размеры образцов | Переходные коэффициенты |
|-------------------------------------|-------------------------|
| $d = 50$ мм, $h = 50$ мм (цилиндры) | 0,7 |
| 70x70x70 мм | 0,75 |
| 100x100x100 мм | 0,8 |
| 150x150x150 мм | I |

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 1/3-1/2 своей высоты. На вторые сутки доливается такое количество воды, чтобы верхняя грань образцов была на 2 см (и более) выше уровня воды.

Для монолитных фундаментов (ленточных, свайных) требуемая морозостойкость при II классе ответственности зданий и сооружений составляет $M_{рз} 35$, при III - $M_{рз} 25$.

Примечание. При устройстве фундаментов в водонасыщенных грунтах ($S_r \geq 0,8$) требования 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 + 10 + 2 ч (подъем-удержание-снижение температуры) при температуре 85-90°C. 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.

Т а б л и ц а 6
Нормативное сопротивление цементогрунта осевому сжатию
(применная прочность), МПа

| Обозначение нормативного сопротивления | Проектная марка цементогрунта по прочности на сжатие | | | |
|--|--|-----|-----|-----|
| | 35 | 50 | 75 | 100 |
| $R_{пр}^n$ | 2,7 | 4,0 | 6,0 | 8,0 |

Т а б л и ц а 7
Расчетное сопротивление цементогрунта осевому сжатию
(примененная 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

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

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 ленточные конструкции. Угол жесткости принимается по табл.8.

Т а б л и ц а 8

| Давление на грунт от расчетной нагрузки, МПа | Марка цементогрунта | Нормативное значение угла жесткости для ленточных фундаментов |
|--|---------------------|---|
| $\leq 0,15$ | ≥ 50 | 30° |
| $> 0,15$ | ≥ 50 | 25° |

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: приготовлению 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.

Т а б л и ц а 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 проходов (циклов погружения-вытупления) | 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 могутготавливаться следующими способами:

Способ 1. 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 догрузении бура-смесителя; введение раствора вяжущего или сухих его компонентов при выглублении или повторном догрузении 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 догрузении бура-смесителя; перемешивание полученной цементогрунтовой смеси при выглублении или повторном цикле догрузения-выглубления бура-смесителя.

В – устройство лидерной скважины на всю длину свай, 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 догрузении бура-смесителя; выглубление 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 свай; 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 1А и 1Б назначаются в соответствии с п.п. 6.5.1 – 6.5.8 настоящих Рекомендаций.

6.5.1. Количество цемента G_u , требуемое для изготовления свай диаметром d и длиной L определяется по формуле

$$G = u \cdot \rho_d A (L - h_n) \quad , \text{ т.} \quad (22)$$

6.5.2. До начала изготовления свай (способ IA и IB) производится устройство приямка диаметром равным диаметру свай или на 0,1-0,2 м больше. В первом случае глубина приямка определяется по формуле

$$h_n = \left[1 - \frac{\rho_{dm}}{\rho_d (1 - u)} \right] L \quad , \text{ м.} \quad (23)$$

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

ρ_d - плотность грунта в сухом состоянии, т/м³;
 ρ_{dm} - плотность цементогрунтовой смеси в сухом состоянии, т/м³, определяемая по формуле

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

W_m - влажность цементогрунтовой смеси, доли ед.;

ρ_s - плотность частиц грунта, т/м³;

A - площадь сечения свай, м²;

u - 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 1 т/м³;

L - длина свай, м.

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

$$K = \frac{d_c^2}{d_n^2} .$$

6.5.3. Для наиболее часто встречаемой дозировки цемента - 18% (что соответствует 210 кг/м³ свай) глубину приямка на каждый метр длины свай при влажности цементогрунтовой смеси $W_m(18)$ можно определить по табл. 10.

Дозировки цемента (в % от массы сухого грунта) введены для удобства работ и расчетов по данной методике (способы IA, IB, IB) и соответствуют следующим значениям дозировок цемента (кг/м³) готовой цементогрунтовой свай (средние значения):

| | | |
|-----|---|-----------------------|
| 15% | - | 180 кг/м ³ |
| 18% | - | 210 кг/м ³ |
| 21% | - | 250 кг/м ³ |
| 24% | - | 290 кг/м ³ |
| 27% | - | 330 кг/м ³ |
| 30% | - | 360 кг/м ³ |

Т а б л и ц а 10

| W _d , % | W _m , % | ρ _{d m} , т/м ³ | k _п на I п.м. ован при ρ _d т/м ³ | | | | |
|-----------------------|-----------------------|--|---|-----|-----|-----|-----|
| | | | I,2 | I,3 | I,4 | I,5 | I,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 |

П р и м е ч а н и е. При промежуточных значениях W_d и ρ_d значения k_п, W_m определяются интерполяцией

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

$$V_w = \rho_d A [W_m (1 + U_s) - W - a U_s] \frac{1 - k_p}{\rho_w} \quad , \text{ м}^3 \quad (25)$$

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

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

где ρ_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

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

добавляют цемент до получения требуемого общего количества раствора, определенного по формуле (26). Количество воды, содержащейся в растворе с $\hat{v}/u_2 = 0,6$ (наиболее часто применяемым водоцементным отношением), можно определить по табл. II.

Т а б л и ц а 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 |

П р и м е ч а н и е. Для удобства и быстроты расчета, значения параметров производства буросмесительных работ можно производить по номограммам (см. прил. 10).

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

$$h'_n = \left[1 - \frac{\rho'_{dm} (1 - \Pi)}{\rho_d (1 + u_2)} \right] L \quad , \text{ м}; \quad (28)$$

$$V'_B = \rho_d A \left[W_m \left(1 + \frac{\Pi}{n} \right) (1 + u_2) - W - a' u_2 \left(1 + \frac{\Pi}{n} \right) \frac{L - h'_n}{\rho_w} \right], \text{ м}^3; \quad (29)$$

$$G'_n = \rho_d (L - h'_n) A \cdot \frac{\Pi}{1 - \Pi} \quad , \text{ т}; \quad (30)$$

$$G'_{u_2} = \frac{u_2 \cdot \rho_d \cdot A \cdot c (L - h'_n)}{1 - \Pi} \quad , \text{ т}; \quad (31)$$

$$V'_{вцс} = \frac{\rho_d \cdot A (L - h'_n)}{1 - \Pi} \left(\frac{u_2}{\rho_u} + \frac{a' u_2}{\rho_w} + \frac{\Pi}{\rho_n} \right), \text{ м}^3, \quad (32)$$

где G'_n — количество песка, т;
 ρ_n — плотность частиц песка, т/м³;
 a' — коэффициент водоцементопесчаного раствора, доли ед.;
 ρ'_{dm} — плотность цементогрунтопесчаной смеси в сухом состоянии, т/м³.

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 (18) в зависимости от влажности на границе текучести смеси грунта в количестве $(I-II) \cdot 100\%$ и $II \cdot 100\%$ песка, где II - содержание песка в долях единицы.

6.5.8. Значения параметров изготовления цементогрунтовых свай по способу IB определяются по формулам: количество цемента G_c (22); глубины протекания h_n (23); плотности цементогрунтовой смеси в сухом состоянии ρ_{dm} (24); водоцементного отношения раствора q по формуле:

$$q = \frac{W_m (1 + u_s) - W}{u_s}, \quad (33)$$

где W - значение природной влажности грунта, доли ед.

6.6. Значения технологических параметров по способу IB назначаются в соответствии с требованиями п.п. 6.6.1 - 6.6.4 настоящих Рекомендаций.

6.6.1. Диаметр лидерной скважины определяется по формуле

$$d_n = d \sqrt{\frac{\rho_d \cdot \sum_i K_i}{\rho_d \cdot \sum_i K_i + \rho_{dm}}}, \text{ м}, \quad (34)$$

где d - диаметр цементогрунтовой свай, м;

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

ρ_{dm} - плотность уложенной в лидерную скважину смеси заполнителя в сухом состоянии, т/м³;

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 заполнителя могут служить различные гранулометрические добавки (песок, шлак, и др.).

6.6.3. Требуемое количество воды при разбуривании определяется по формуле

$$B = 0,785 (d^2 - d_n^2) L \rho_d [W_m (1 + \sum K_i) - W], \text{ т}. \quad (35)$$

где L - длина свай, м;

W - природная влажность грунта, доли ед.;

W_m - влажность цементогрунтовой смеси с гранулометрическими добавками или без них, определяемая по формуле (18)

где W_{cl} - влажность на границе текучести исходного

грунта с добавками.

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

$$P_i = 0,785 (d^2 - d_n^2) L \rho_d K_i \quad , \text{ т.} \quad (36)$$

6.7. Проектом производства работ по изготовлению цементогрунтовых свай буромесительными машинами должна предусматриваться срезка верхней части (головы свай). Величина срезаемого участка принимается по результатам опытных работ по изготовлению свай данной буромесительной установкой при принятом проектом способе (IA, IB, IB, 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

$$V_c = V_B + V_{ц}, \quad (37)$$

$$V_{ц} = \frac{\rho_d u}{\rho_{ц} \cdot 100} \cdot V_m, \quad (38)$$

где V_c - количество суспензии, необходимое для изготовления цементогрунтовых свай, м^3 ;
 V_B - количество воды, необходимое для приготовления суспензии с учетом достижения цементогрунтовой смеси оптимальной влажности, м^3 ;

$$V_B = \left(\frac{\rho_{dm} W_0 - \rho_d W}{\rho_w} \right) V_m, \quad (39)$$

где $V_{ц}$ - объем, занимаемый цементом в суспензии, м^3 ;
 $\rho_{ц}$ - плотность частиц цемента, $\text{т}/\text{м}^3$;
 u - количество цемента в массе сухого грунта, %;
 ρ_d - плотность грунта в сухом состоянии, $\text{т}/\text{м}^3$;
 W_0 - оптимальная влажность смеси в долях единицы, определяемая по формуле (20);
 ρ_{dm} - плотность цементогрунтовой смеси в сухом состоянии, $\text{т}/\text{м}^3$;
 ρ_w - плотность воды, $\text{т}/\text{м}^3$;
 V_m - объем смеси (свай), м^3 ;
 W - влажность грунта природного сложения, доли ед.

6.9. Влажность цемента-грунтовой смеси W_m при изготовлении цементогрунтовых свай по способу 3 определяется по формулам (18-20) в зависимости от применяемой технологии.

6.10. Комплект технологического оборудования, обеспечивающего изготовление коротких цементогрунтовых свай длиной до 3 м назначается по п.п. 6.11-6.15 настоящих Рекомендаций.

6.11. В качестве машин, производящих разработку грунта в скважине можно использовать серийные бурильные машины типа "Язобур".

6.12. 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 Минсальстроя БССР.

6.13. Для приготовления и подачи водоцементного раствора может использоваться серийно выпускаемое оборудование (растворомешалка, растворонасос, ПРИС). Штукатурная станция типа ПРИС-I дополнительно оборудуется: водяным насосом 1,5 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 обросный кран, позволяющий регулировать расход водоцементного раствора в систему подачи; из патрубка от сборного крана водоцементный раствор сливается в промежуточную емкость.

6.14. В качестве склада для цемента может быть использован металлический ящик вместимостью 3-4 м³ с оборудованным внековым транспортом для загрузки цемента в приемный бункер штукатурной станции.

6.15. Емкость для воды должна обеспечивать запас воды в количестве 3-5 м³. Заливная горловица емкости оборудуется закрывающейся крышкой.

6.16. На строительной площадке разбивают оси свайных рядов и закрепляют их на обноске. Намечают контур площадки, подлежащей планировке. Контур планировки площадки должны ориентировочно выходить за границы осей здания на 10 м. Производят планировку пло-

цадки таким образом, чтобы отклонения планировочных отметок от проектных не превышало ± 5 см. Осуществляется разбивка осей свай. Геометрические оси свай фиксируются кольцами. 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 итукатурная 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 итукатурной станции, устанавливается в рабочем положении буровая машина. Вертикально расположенные трубопроводы, входящие в конструктивную схему бурового инструмента, с помощью резиновых мангтов, соединяются с напорной системой подачи воды и раствора.

6.18. В приемном бункере итукатурной станции готовится водоцементный раствор. Для этого выполняются следующие операции: с помощью водяного насоса через расходомерное устройство в приемный бункер итукатурной станции заливается вода в количестве (табл. II), 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 объемуготавливаемого 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 вытекании 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 км/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 выкости. Если объемы воды и водоцементного раствора окажутся больше или меньше расчетных, производится регулировка системы путем открытия или закрытия регулирующих вентилей (кранов, расположенных на напорных системах растворонасоса 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 электродвигателей привода насосов. Направление вращения бурового инструмента меняется, при этом частота вращения должна быть не менее 100 об/мин, и начинается процесс вытлубления со скоростью, не превышающей 10 км/об вращения.

6.21. После изготовления сваи 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).

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

Вспомогательными машинами являются: раствороприготовительная станция типа ПРНС-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 раствора. 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 корпус 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 отенка 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 $75-80^{\circ}$ 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-фреза

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

Т а б л и ц а 12

| Вид грунта | Число пластичности | Скорость движения машины, м/мин |
|---------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Пески и супеси | 0-7 | 0,20-0,25 |
| Суглинки легкие и средние | 7-12 | 0,12-0,20 |
| Суглинки тяжелые | 12-15 | 0,09-0,12 |

пробоотборником отбираются пробы цементогрунтовой смеси в трех точках фундамента на глубине 0,2 м, 0,5 м и 1 м. Из отобранных пробготавливаются образцы-цилиндры $\phi = 50$ мм и $h = 50$ мм по методике разд. 5. Через сутки образцы пропариваются в течение 10 часов при $t = 85-90^{\circ}\text{C}$. 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 25x50 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 прилегающего фундамента на величину, равную диаметру шнека (для удобства сопряжения при замыкании контура фундаментов). После установки и выверки положения машины приводится в действие раствороприготовительный узел и проверяется мерной емкостью расход раствора, вытекающего из форсунки шнека-фрезы. При отклонении величины расхода от расхода, определенного пробой, про-

наводится 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 проеда 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 $1/2$ ширины или пересечения его с выходом за контурную линию на величину, равную его ширине.

7. СБОРНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ

7.1. 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 1.112-5 по ГОСТ 13580-80 для жилых, общественных, промышленных и сельских зданий высотой до трех этажей.

7.2. Предусматривается выпуск цементогрунтовых плит, форма, размеры и марки которых указаны в табл. 13 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-

Т а б л и ц а 13

| Марки плит | В, мм | Л, мм | h, мм | Объем, м ³ | Масса, кг |
|------------|----------|----------|----------|--------------------------|--------------|
| ФЛ 12 Ц | 1200 | 2380 | 300 | 0,76 | 1680 |
| ФЛ 12 12Ц | 1200 | 1180 | 300 | 0,38 | 940 |
| ФЛ 12-8Ц | 1200 | 780 | 300 | 0,25 | 550 |
| ФЛ 10 Ц | 1000 | 2380 | 300 | 0,62 | 1360 |
| ФЛ 10-12Ц | 1000 | 1180 | 300 | 0,31 | 680 |
| ФЛ 10-8Ц | 1000 | 780 | 300 | 0,20 | 440 |
| ФЛ 8 Ц | 800 | 2380 | 300 | 0,56 | 1260 |
| ФЛ 8-12Ц | 800 | 1180 | 300 | 0,28 | 630 |
| ФЛ 6 Ц | 600 | 2380 | 300 | 0,42 | 920 |
| ФЛ 6-12Ц | 600 | 1180 | 300 | 0,21 | 460 |

П р и м е ч а н и е. Марки плит в табл. 13 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 лесоводные и другие карбонатные грунты типа супесей и суглинков, обладающие физическими и химическими свойствами в пределах, указанных в табл. 14.

Т а б л и ц а 14

| Характеристики грунтов | Пределные значения |
|---|--------------------|
| 1. 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 | 5-15 |
| 2. Число пластичности U_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 150 в расчете на 1 м³ изделий (в кг) представлены в табл.15.

7.10. Цементогрунтовые смеси следует готовить в принудительных смесителях циклического или непрерывного действия, соответствующих требованиям ГОСТ 6508-81. Указанные смесители должны быть переоборудованы в вибрационно-механические с параметрами по п.7.11. Вибраторы устанавливаются на корпусе или вкладыше смесителя, предварительно изолировав эти узлы от других деталей резиновыми прокладками и амортизационными пружинами.

Т а б л и ц а 15

| Марка цементо- грунта | Портланд- цемент М 400 | Супесь $\gamma_p = 0,07$ | Суглинок $\gamma_p = 0,12$ | Песок $M_p = 1,2$ | Вода |
|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|------|
| 150 | 330 | 1560 | - | - | 270 |
| 150 | 320 | - | 410 | 1240 | 270 |

7.11. 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 $A=1-2$ мм и частоту $f = 48$ Гц (2880 кол/мин).

7.12. Вибрационно-механическое перемешивание компонентов смеси осуществляется в такой последовательности: вначале перемешивает

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 выбросито с отверстиями до 20 мм, а также принудительную подачу грунта в дозирующее устройство и смеситель.

7.14. В овелеприготовленной 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 ВСтЗсп2.

7.19. Свелеприготовленная 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 (K_u) и определяемую экспериментально. Значение K_u 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 "Детгипронисельстрой" Минсельстрой СССР разработал конструкции металлических форм, которые обеспечивают формирование плит трапециoidalного сечения в повернутом на 180° положении (подошвой вверх).

7.22. Уплотнение цементогрунтовых смесей в металлических формах на виброплощадках с переменными параметрами колебаний конструкции Детгипронисельстроя 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 незаземленного воздуха. Вторым этапом 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 заземленного 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/м³.

7.24. Рекомендуемые режимы тепловой обработки отформованных изделий: предварительная выдержка 6-8 ч, подъем температуры до 90°C - 2 ч, изотермический подогрев 10 ч и охлаждение до 40°C - 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 производиться 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) объем воды и водоцементного раствора, вводимого в грунт

по всей длине свай или лент, 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);

ж) 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.

8.4.1. 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 0,5-1 м по всей длине свай 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 100 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 представителем строительной лаборатории в журнал производ-

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 документации.

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 чертёж 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, журналы контрольного бурения и результаты определения физико-механических характеристик цементогрунта;
- акты испытаний свай статической нагрузкой.

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

9. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

9.1. К работам, связанным с устройством цементогрунтовых свайных и ленточных фундаментов допускаются рабочие, прошедшие 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, свай или какого-либо участка цементогрунтового фундамента, данный участок закрывается шитами 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, илы или глины). Это свойство равностороннего треугольника позволяет изобразить гранулометрический состав грунта точкой внутри треугольника. Внутри треугольника Фере нанесены также пределы грунтовой смеси оптимального гранулометрического состава, которые изображены в виде четырехугольника *abcd*.

В табл. I представлены гранулометрические составы исходных грунтов Краснодар (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 оставлена 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.

Наносим 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_1 K_2), характеризующей максимальное расстояние между кривыми исходных грунтов. Содержание грунта А в оптимальной смеси С находим из выражения:

$$\frac{K_2 C}{K_1, K_2} \cdot 100 = \frac{10}{40} = 25\% .$$

По аналогии содержание грунта В в грунте С будет равно:

$$\frac{K_1 C}{K_1 K_2} \cdot 100 = \frac{30}{40} \cdot 100 = 75\% .$$

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

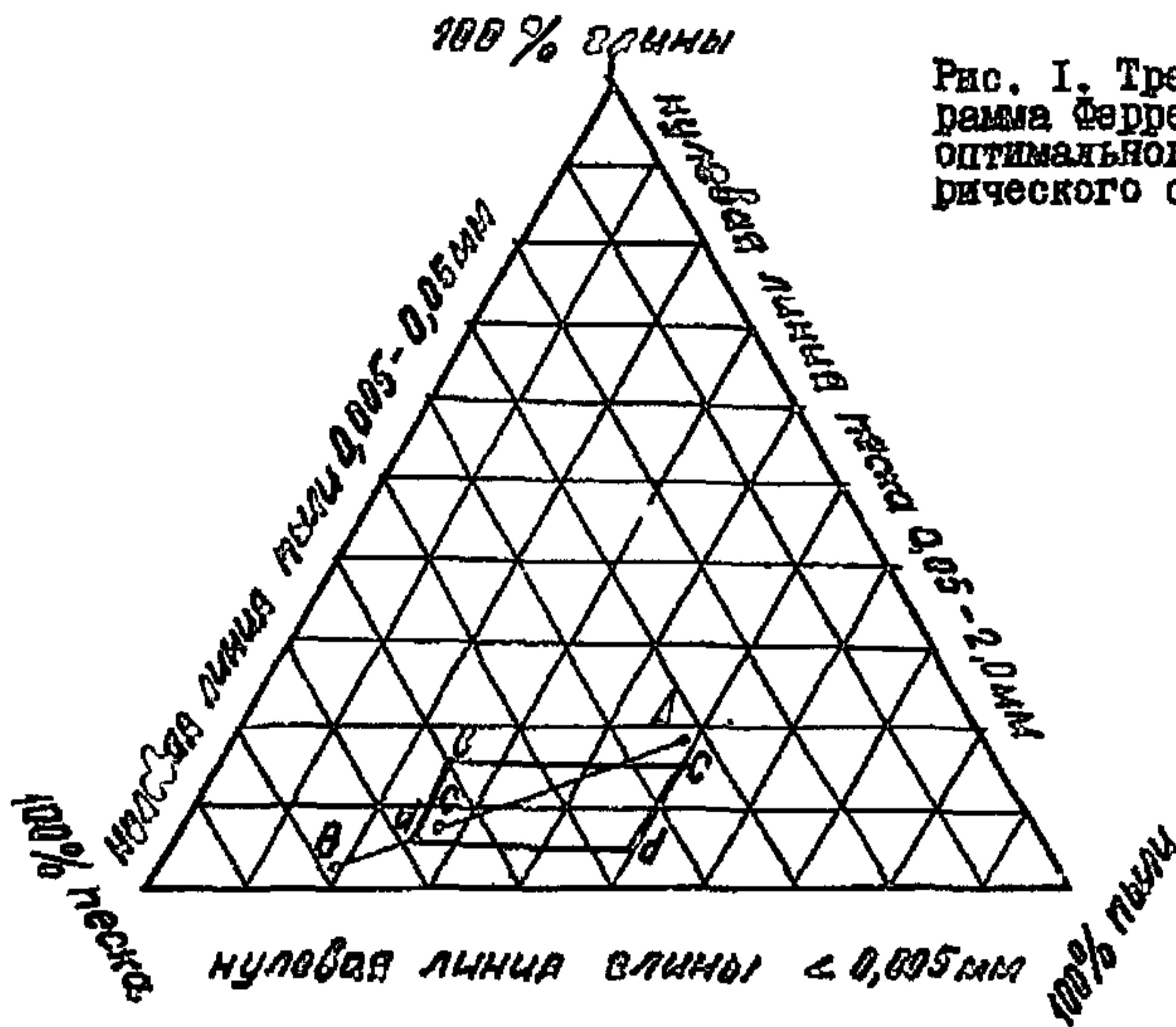


Рис. 1. Трехугольная диаграмма Ферре для подбора оптимального гранулометрического состава грунтов

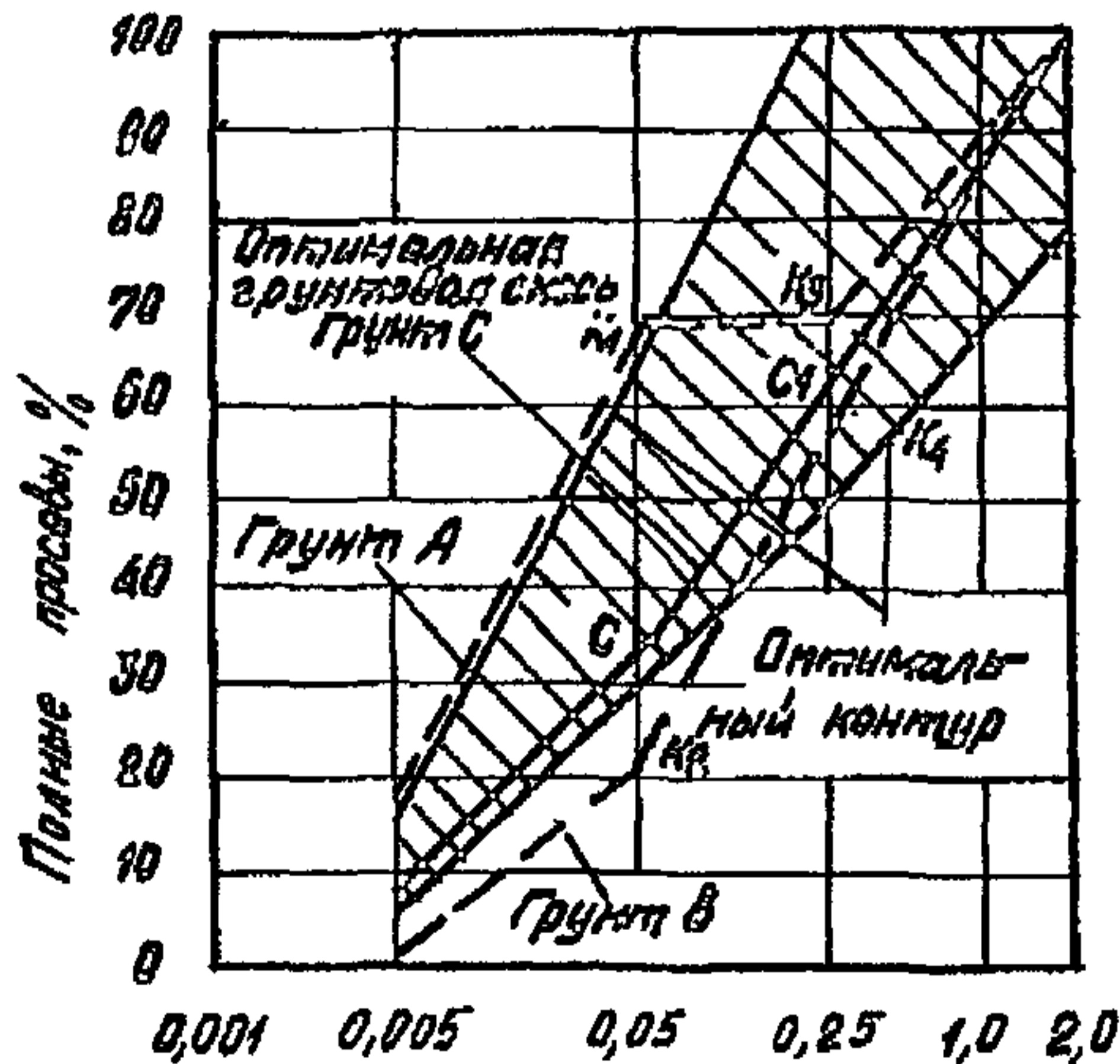


Рис. 2. Проектирование состава грунта по кривым полных просевов

П р и л о ж е н и е 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, пе- реувлажненные грунты, повышение прочности и долговечности |
| Известь-кипелка | 0,5-2 | Кислые грунты с $pH < 6$, солонцы, солончаки, по- вышение прочности и дол- говечности |
| Хлористый кальций $CaCl_2$ | 0,5-2 | Кислые грунты с $pH < 6$, солонцы, солончаки, гу- мусированные песчаные грунты, переувлажненные грунты в условиях пони- женных температур |
| Гипс | 2 - 4 | Солонцы, солончаки, пе- реувлажненные грунты |
| СДБ | 0,1-0,25 | Повышение морозостойкос- ти |
| ПГ-гудрон, образующийся при дистилляции глице- рина | 0,05-0,20 | Повышение прочности, мо- розостойкости |
| С-3 - суперпластификатор | 0,13-0,23 | То же |
| СВ- сточные воды от про- цесса получения 12%-ной оксистеариновой кис-ты | 0,5-1,7 | "-" |
| ГКЦ-10, II; 94-кремнеор- ганические соединения | 0,3-0,7 | Повышение прочности, мо- розостойкости |
| Полиизоцианат | 2 - 10 | То же |

Приложение 3

Пример расчета

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

| Глубина отбора образцов | Природная влажность | Плотность грунта, т/м ³ | | Плотность частиц, г/см ³ | Пористость, % | Кoeff-циент пористости | Степень влажности | Пластичность | | Число пластин |
|-------------------------|---------------------|------------------------------------|-------|-------------------------------------|---------------|------------------------|-------------------|--------------|--------|---------------|
| | | природной | сухой | | | | | верхняя | нижняя | |
| 1,0 | 0,13 | 1,73 | 1,53 | 2,69 | 43,1 | 0,758 | 0,46 | 0,32 | 0,17 | 0,15 |
| 2,0 | 0,12 | 1,72 | 1,53 | 2,69 | 43,0 | 0,756 | 0,43 | 0,32 | 0,19 | 0,13 |
| 3,0 | 0,12 | 1,71 | 1,53 | 2,68 | 42,9 | 0,752 | 0,43 | 0,32 | 0,20 | 0,12 |
| 4,0 | 0,13 | 1,82 | 1,61 | 2,68 | 38,7 | 0,725 | 0,49 | 0,31 | 0,19 | 0,13 |
| 5,0 | 0,13 | 1,89 | 1,67 | 2,68 | 37,7 | 0,605 | 0,58 | 0,31 | 0,18 | 0,13 |

Для определения несущей способности свай используется следующая формула

$$F_d = \frac{\gamma_c}{\gamma_n} (\gamma_{св} A \cdot R + u \sum f_{сг} f_i l_i).$$

Предварительно определяются входящие в нее величины:

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

$$\gamma_{св} = \gamma_{сг} = 1; \quad \gamma_n = 0,9.$$

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

Площадь опирания свай 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 свай для 1-го, 2-го, 3-го слоев грунта равны: $f_1 = 18$ кПа, $f_2 = 19$ кПа, $f_3 = 20$ кПа.

Несущая способность свай по грунту основания:

$$F_d = 1,4 \left[1 \cdot 360 \cdot 0,2 + 1,57(1 \cdot 18 \cdot 1 + 1 \cdot 19 \cdot 1 + 1 \cdot 20 \cdot 1) \right] \frac{1}{0,9} = 251 \text{ кН.}$$

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

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

где $\gamma_g = 1,2$ — для зданий со сроком службы не менее 10 лет, если несущая способность свай определена расчетом

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

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 по табл. 3:

для свай длиной от 1 до 3 м значения R и f взяты постоянными по длине свай для грунтов с различным значением e и равными значениям при длине свай 2 м. При длине свай более 2 м все значения, полученные по номограмме, имеют некоторый запас (10%), 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 свай L , м;

диаметра свай d , м;

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

суммарного объема свай на участке длиной $L - V_{sum}$ м³.

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 f_c);

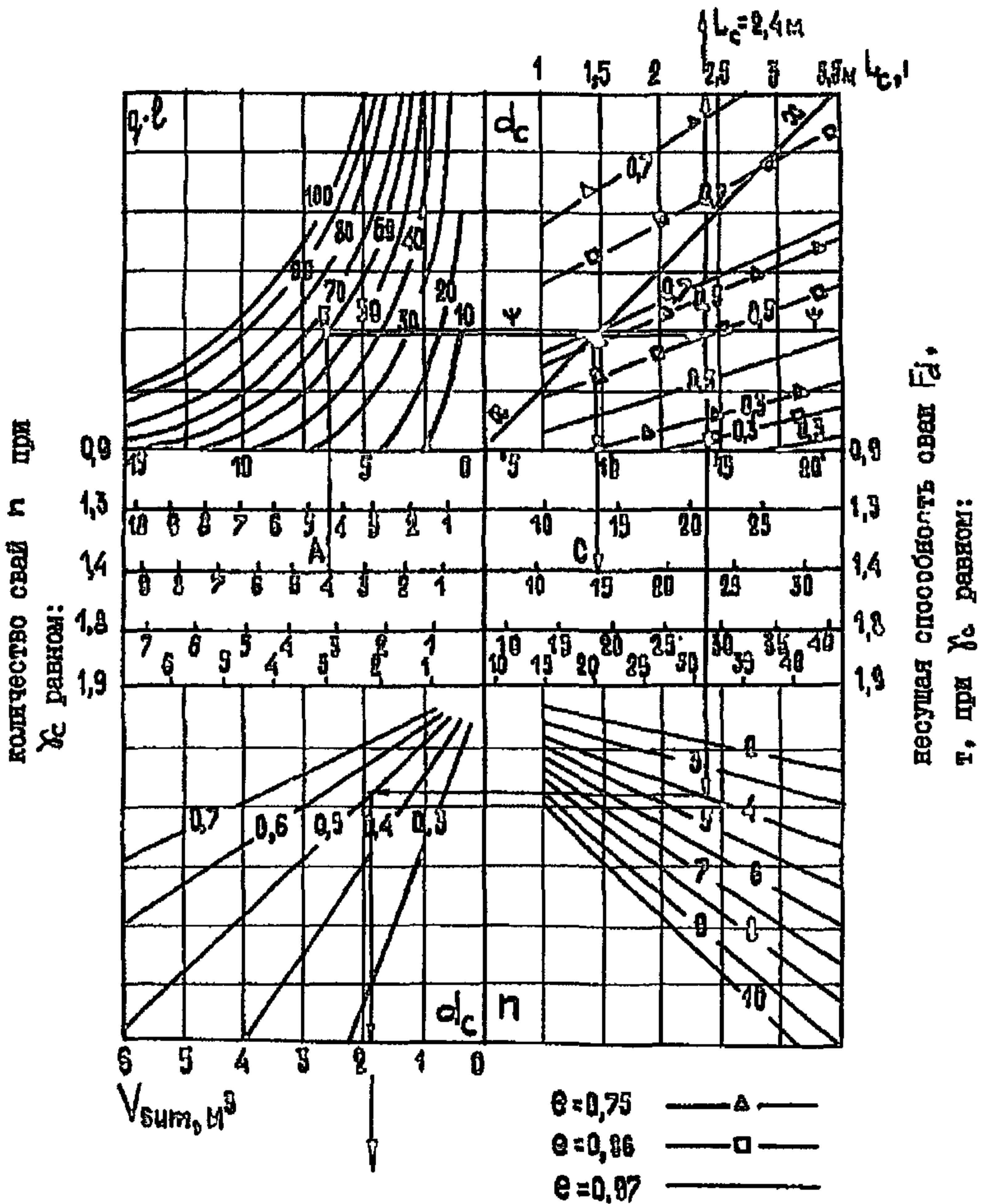
значение интенсивности равномерно распределенной нагрузки q , т/м;

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

В качестве исходных данных примем для примера значения: $e = 0,88$,

$f_c = 1,4$; $q = 7,5$ 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 $f_c = 1,4$ найдем точку, соответствующую этому значению, (точка А). Из этой точки проводим вертикально вверх линию до пересечения с кривой Б ($ql = 7,5 \times 8 = 60$ тс). Из точки В проводим горизонталь ψ . Пересечение горизонтали ψ с прямой

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



Номограмма для определения значений
 в зависимости от значения интенсивности равномерно распре-
 деленной нагрузки , грунтовых условий и типа зда-
 ний для свай длиной от 1 до 3,5 м на просадочных грун-
 тах (см. табл. 3)

Пример расчета

Требуется запроектировать подготовку основания площадью 400 м^2 (20×20) элементами из цементогрунта, изготавливаемыми бурсмесительным способом, в грунтовых условиях II типа по просадочности.

Исходные данные.

Мощность просадочной толщи 20 м.

Среднезвешенные характеристики грунта в водонасыщенном состоянии:

$$\gamma_{II} = 19 \text{ кН/м}^3; \quad C_{II} = 0,02 \text{ МПа}; \quad \varphi_{II} = 22^\circ$$

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

Модуль деформации непросадочного грунта $E_n = 20 \text{ МПа}$.

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

Расчетное сопротивление цементогрунта на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии $R_э = 4 \text{ МПа}$.

Объемный вес цементогрунта $\gamma_э = 22 \text{ кН/м}^3$.

Диаметр элемента $d = 600 \text{ мм}$.

Нагрузка на полы от оборудования $q = 0,05 \text{ МПа}$.

Расчет выполняется в следующей последовательности.

Назначаем расстояние между армирующими элементами $a = 1,8 \text{ м}$.

1. Проверяем выполнение условия $\sigma_{зпр} \leq P_{опр}$.

Напряжения в просадочном грунте на нижней границе просадочной толщи равны

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

т.е. $\sigma_{зпр} < P_{опр}$.

2. Вычисляем максимальные напряжения в армирующих элементах:

$$\sigma_{эmax} = (\gamma_{II} h_{пр} - P_{опр}) \frac{F_{гр}}{F_э} + \gamma_э h_{пр} + \frac{\sqrt{}}{F_э} =$$

$$= (19 \times 20 \times 10^{-3} - 0,05) \frac{2,52}{0,283} + 22 \times 20 \times 10^{-3} + 0,49 = 2,94 + 0,44 + 0,49 = 3,87 \text{ МПа}$$

Условие (2) выполнено.

3. Определяем глубину заделки армирующих элементов в непросадочный грунт:

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

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 м².

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

$$H_{расч} = H_0 - \epsilon b = 9 + 0,15 \times 20 = 12 \text{ м.}$$

Осадка условного фундамента

$$S = \sigma_p M \frac{K_i - K_{i-1}}{E_i} = 20 \times 0,05 \times 0,9 \frac{0,299}{20} = 1,35 \text{ см.}$$

Приложение 6

Перечень лабораторного оборудования для проведения работ по подбору состава цементогрунта

1. Весы лабораторные
2. Формы для закладки образцов цементогрунта (кубки 50x50x50 мм, 70x70x70, 150x150x150; цилиндры $d = h = 50$ мм)
3. Емкость для проведения замесов объемом не менее 1 л
4. Инструмент для проведения замесов
5. Мерные цилиндры емкости: 50, 100, 500 мл
6. Масло машинное для смазки форм
7. Бумага фильтровальная
8. Пропарочная камера объемом 2500 см³
9. Сушильный шкаф
10. Конус Ваоильева
11. Баксы
12. Пресс 4-5 т
13. Манометр с ценой деления 1 ат
14. Штангенциркуль

Буровое оборудование для изготовления цементогрунтовых свай

| Наименование показателя | Марки буровых машин | | | | | | |
|--|---------------------|----------|----------------|--------------|----------------|---------|----------------|
| | СП-74 | СО-2 пр | ЛБУ-50М | ЛБА-15В | 2БА-15к | ЛБА-15к | БМ-302Л |
| 1. Мощность двигателя, используемого для бурения (кВт) | 150 | 90 | 75 | 80 | 2 x 80 | 75 | - |
| 2. Крутящий момент, кгм | 2000 | 1000 | 1000 | 700 | 1000 | 1000 | 500 |
| 3. Ход подачи штанги, м | 10 | 2 x 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 шпях | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,5; 0,8. |
| 8. Тип подачи | Гидравлическая | Лебедка | Гидравлическая | Свободная | Гидравлическая | Лебедка | Гидравлическая |

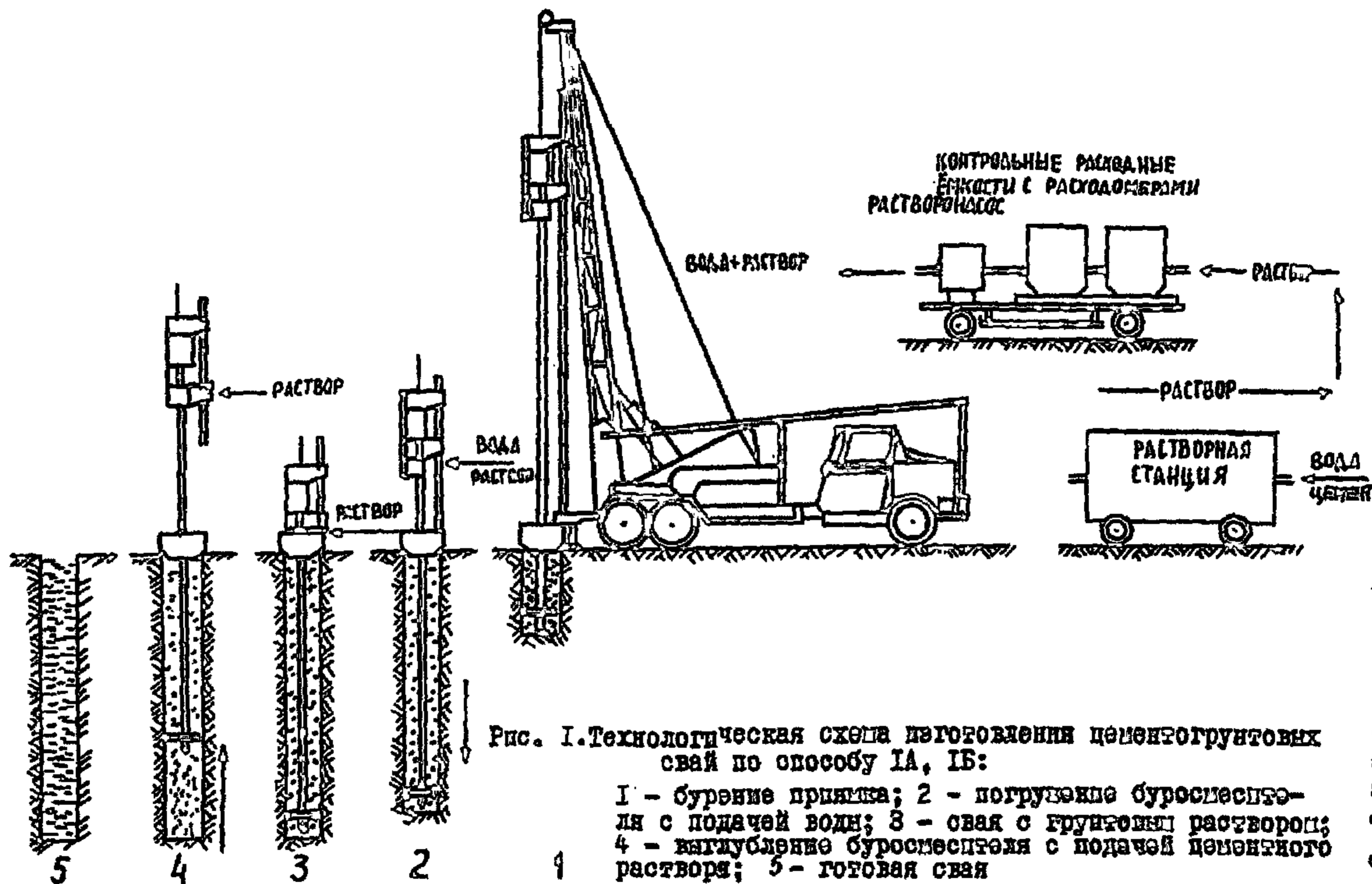


Рис. 1. Технологическая схема приготовления цементогрунтовых свай по способу 1А, 1Б:

1 - бурение приямка; 2 - погружение буросмесителя с подачей воды; 3 - свая с грунтовыми раствором; 4 - вытупление буросмесителя с подачей цементного раствора; 5 - готовая свая

П р и л о ж е н и е

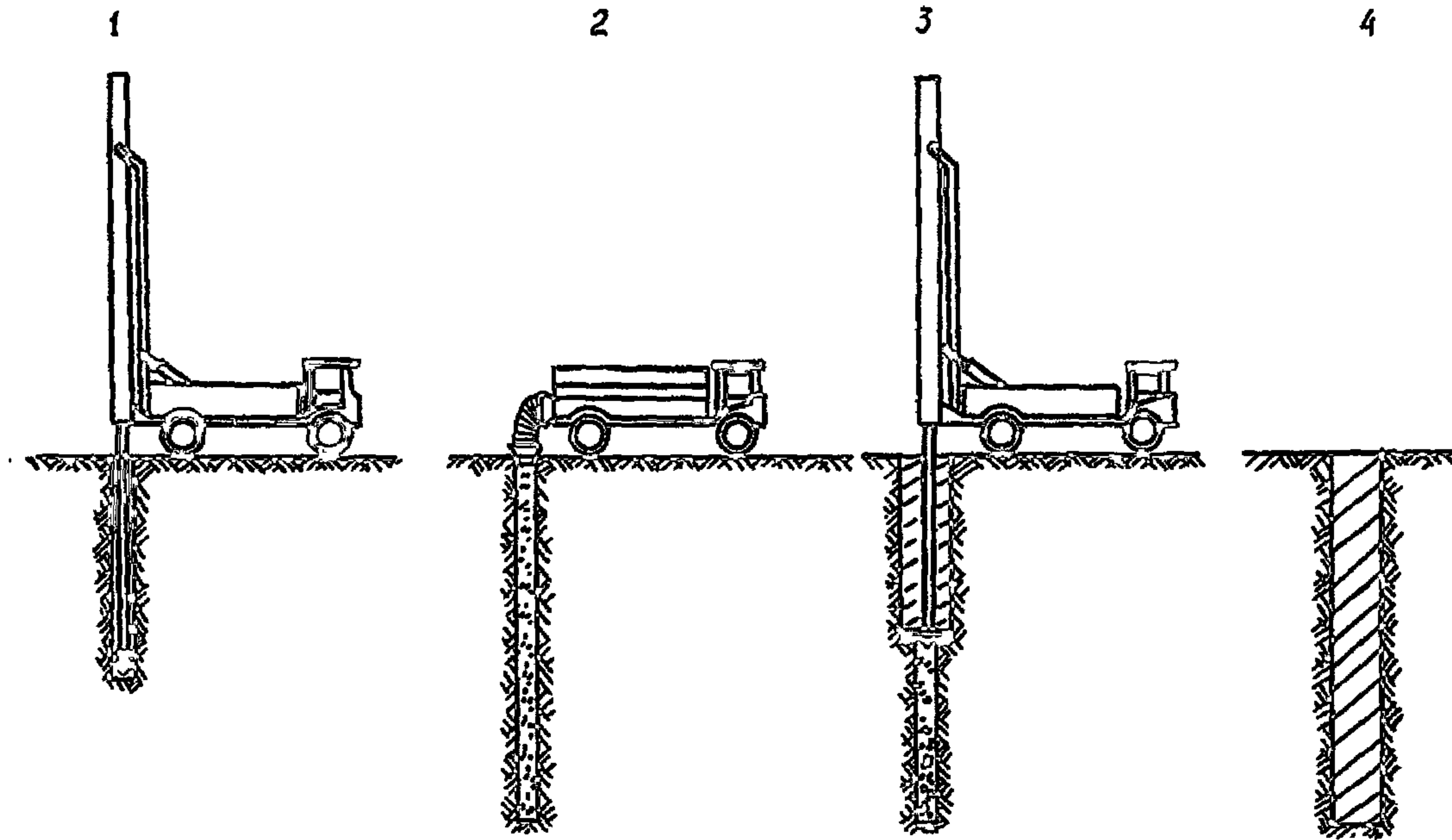


Рис.2. Технологическая схема изготовления цементогрунтовой сваи по способу IV:

1 - бурение лидерной скважины; 2 - засыпка лидерной скважины сухим вяжущим; 3 - бурение с водой; 4 - готовая свая

Пример расчета технологических параметров изготовления
цементогрунтовых свай

1. Требуется рассчитать технологические параметры, необходимые для изготовления цементогрунтовой сваи диаметром 0,8 м длиной 8 м по способу I(A). Характеристики грунтов следующие:

$$W = 16\%; \rho_d = 1,4 \text{ т/м}^3; \rho_s = 2,7 \text{ т/м}^3; W_f = 27\%; W_p = 18\%.$$

По формуле (19) определяем влажность цементогрунтовой смеси и ее плотность в сухом состоянии:

$$W_m = 1,3 \cdot 0,27 - 0,03 = 0,321;$$

$$\rho_{dm} = \frac{2,7}{1 + \frac{2,7 \cdot 0,321}{1}} = 1,446 \text{ (т/м}^3\text{)};$$

По формуле (24) определяем глубину приямка:

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

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

$$G_c = 0,22 \cdot 1,4 \cdot 0,5 (8 - 1,227) = 1,04 \text{ т.}$$

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

$$V_p = 0,93 \cdot 1,04 = 0,97 \text{ м}^3;$$

$$V_{wp} = 0,6 \cdot 1,04 = 0,624 \text{ м}^3;$$

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

$$V_s = 1,4 \cdot 0,5 \cdot \left[0,321 \cdot (1 + 0,22) - 0,16 - 0,6 \cdot 0,22 \right] \cdot \frac{8 - 1,227}{1} = 0,472 \text{ м}^3.$$

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 1.

а) при заполнении лидера цементом:

Диаметр лидерной скважины определяем по формул. (32):

$$d_1 = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{1,4 \cdot 0,22}{1,4 \cdot 0,22 + 1,2}} = 0,225 \text{ м};$$

Количество цемента, необходимого для изготовления свай, определяем 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):

$$V_B = 0,785 \cdot (0,5^2 - 0,225^2) \cdot 3 \cdot 1,4 \cdot [0,321 \cdot (1 + 0,22) - 0,16] \cdot \frac{1}{1} = 0,152 \text{ м}^3;$$

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, вводимого в лидерную скважину в состав 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 $W_m = 0,282$, найденной в лабораторных условиях по значению влажности на границе текучести песчаногрунтовой смеси состава $1Г + 0,25П$, находим по формуле (35):

$$V_B = 0,785 \cdot (0,5^2 - 0,3^2) \cdot 3 \cdot 1,4 \cdot [0,282 \cdot (1 + 0,22 + 0,25) - 0,16] \cdot \frac{1}{1} = 0,134 \text{ м}^3;$$

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 представить 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:

$$W_m = 1,3 \cdot 0,22 - 0,03 = 0,256;$$

значение плотности получаемой смеси в сухом состоянии

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

Глубину прижима 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 овал определяем по формуле (29):

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

а цемента - по формуле (30):

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

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

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

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

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

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

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

П р и л о ж е н и е I O

Номограммы для определения значений технологических параметров процесса изготовления цементогрунтовых свай буросмесительным способом (IA и IB)

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_n - глубины приямка;
- на рис. 2 - $G_{ц}$, $V_{в-ц}$, $V_{в-вц}$ составляющих водоцементного раствора в расчете на 1 м свай длиной L ;
- на рис. 3 - $V_{в}$ - дополнительного количества воды, вводимого в грунт для получения смеси с требуемой влажностью.

Пользоваться номограммами следует по одному кличку, 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: $W = 14\%$; $W_{ц} = 38\%$; $\rho_d = 1,4 \text{ т/м}^3$; $\rho_s = 3 \text{ т/м}^3$;
 $u = 20\%$; $d = 0,7 \text{ м}$; $L = 12 \text{ м}$; $B/C = 0,6$.

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

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

в) по рис. 3 определяем значение: $V_{в} = 140 \text{ л/м}$ длины участка свай ($L - h_n$).

2) Исходные данные: $W = 14\%$; $W_{ц}' = 38\%$; $\rho_d = 1,4 \text{ т/м}^3$;
 $\rho_s = 3 \text{ т/м}^3$; $u = 20\%$; $n = 30\%$;
 $d = 0,7 \text{ м}$; $L' = 8 \text{ м}$.

а) по рис. 1 определяем значения: $\frac{h_n'}{L'} = 0,5$; $h_n' = 4 \text{ м}$;

б) по рис. 2 определяем значения: $G_{ц}' = 78 \text{ кг/м}$; $G_n' = 117 \text{ кг/м}$;

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

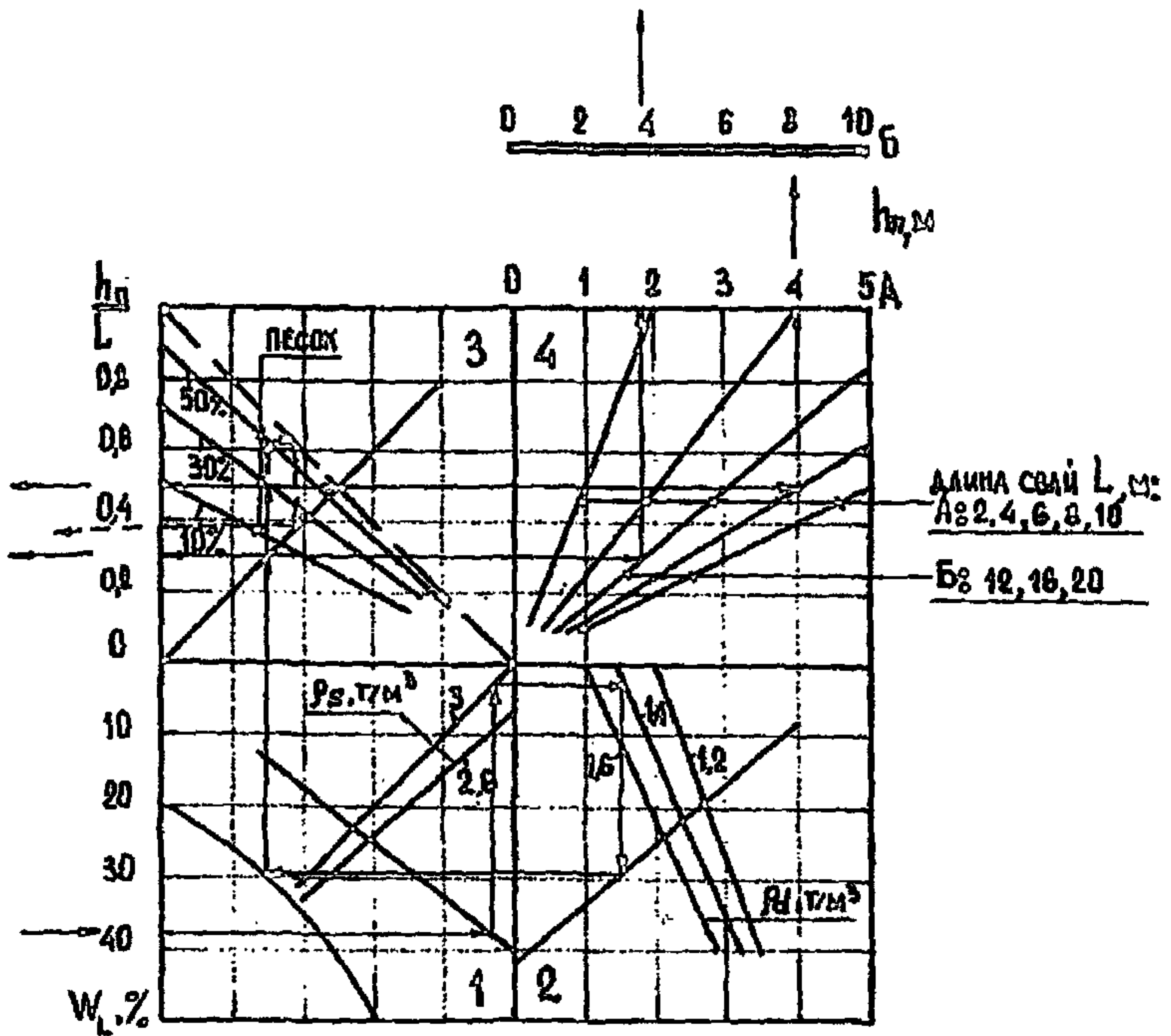
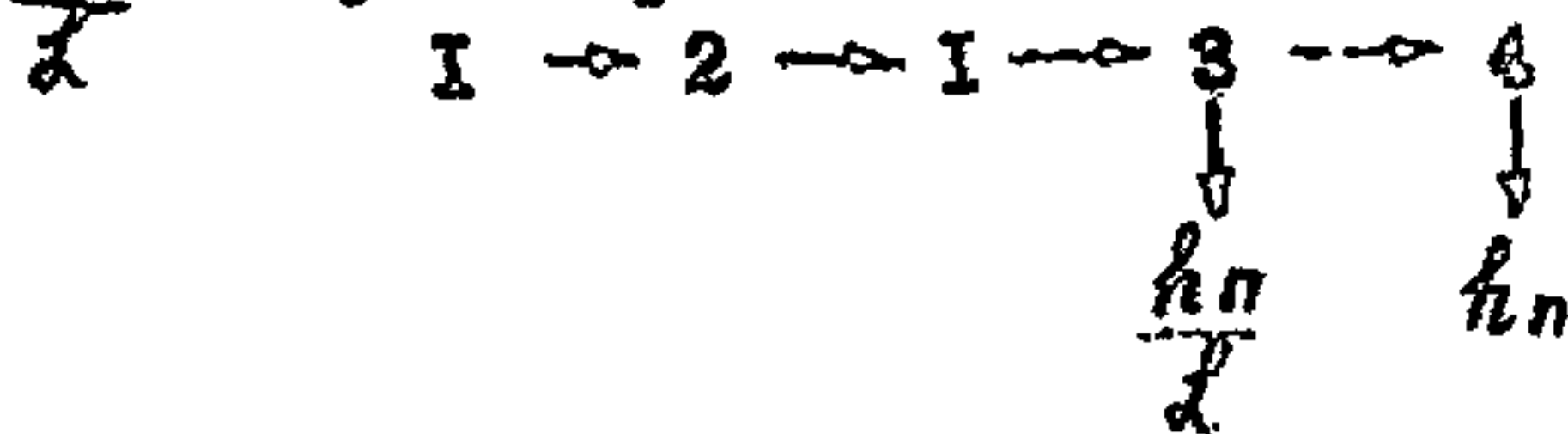


Рис. I. Номограмма для определения параметров:

h_n - глубина приезда, м;

$\frac{h_n}{L}$ - глубина приезда на каждый метр длины свая



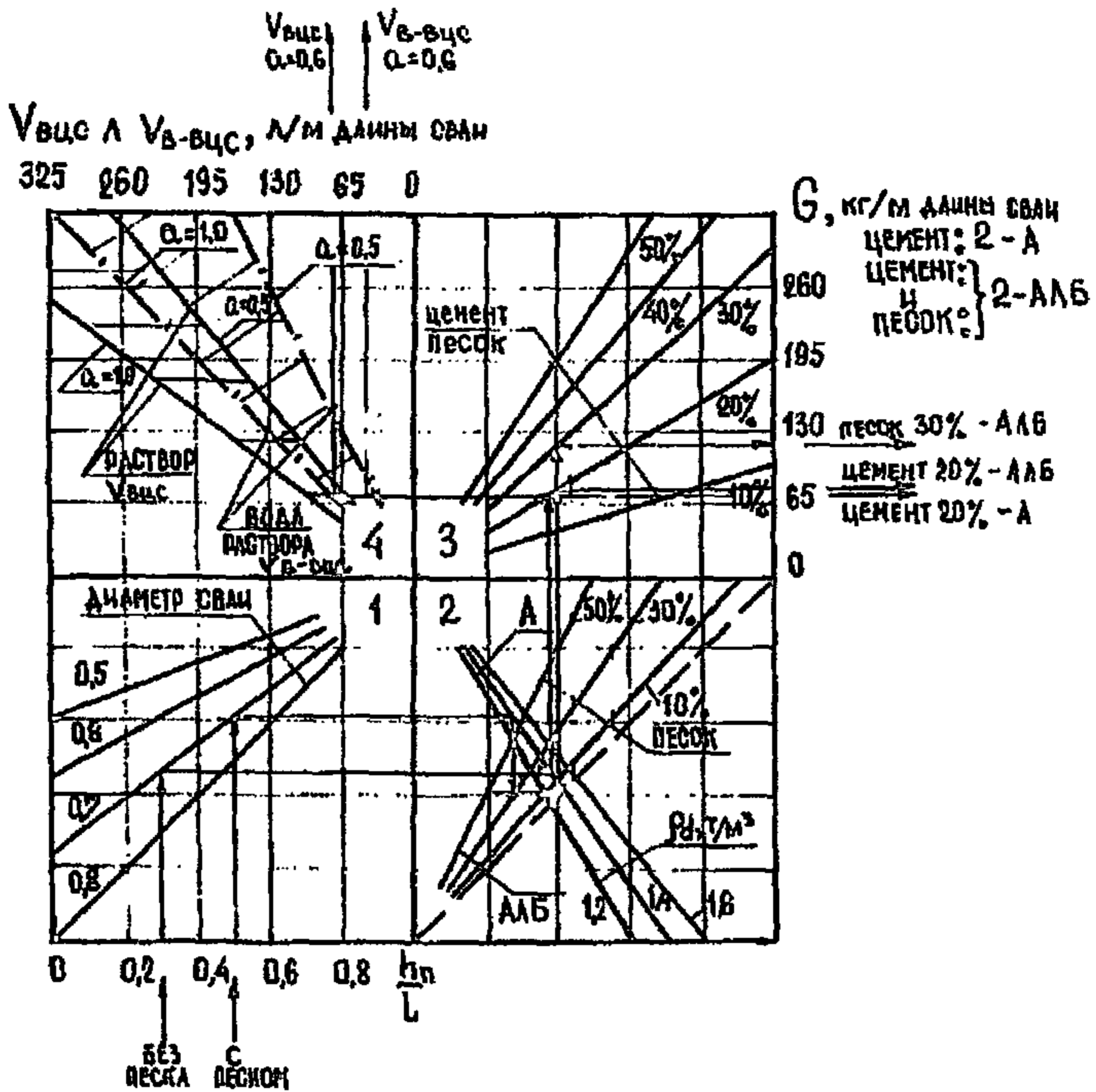


Рис. 2. Номограмма для определения параметров:

- $G_{ц}$ - 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 водцементном растворе, л/м длины сваи.

I 2 3 4

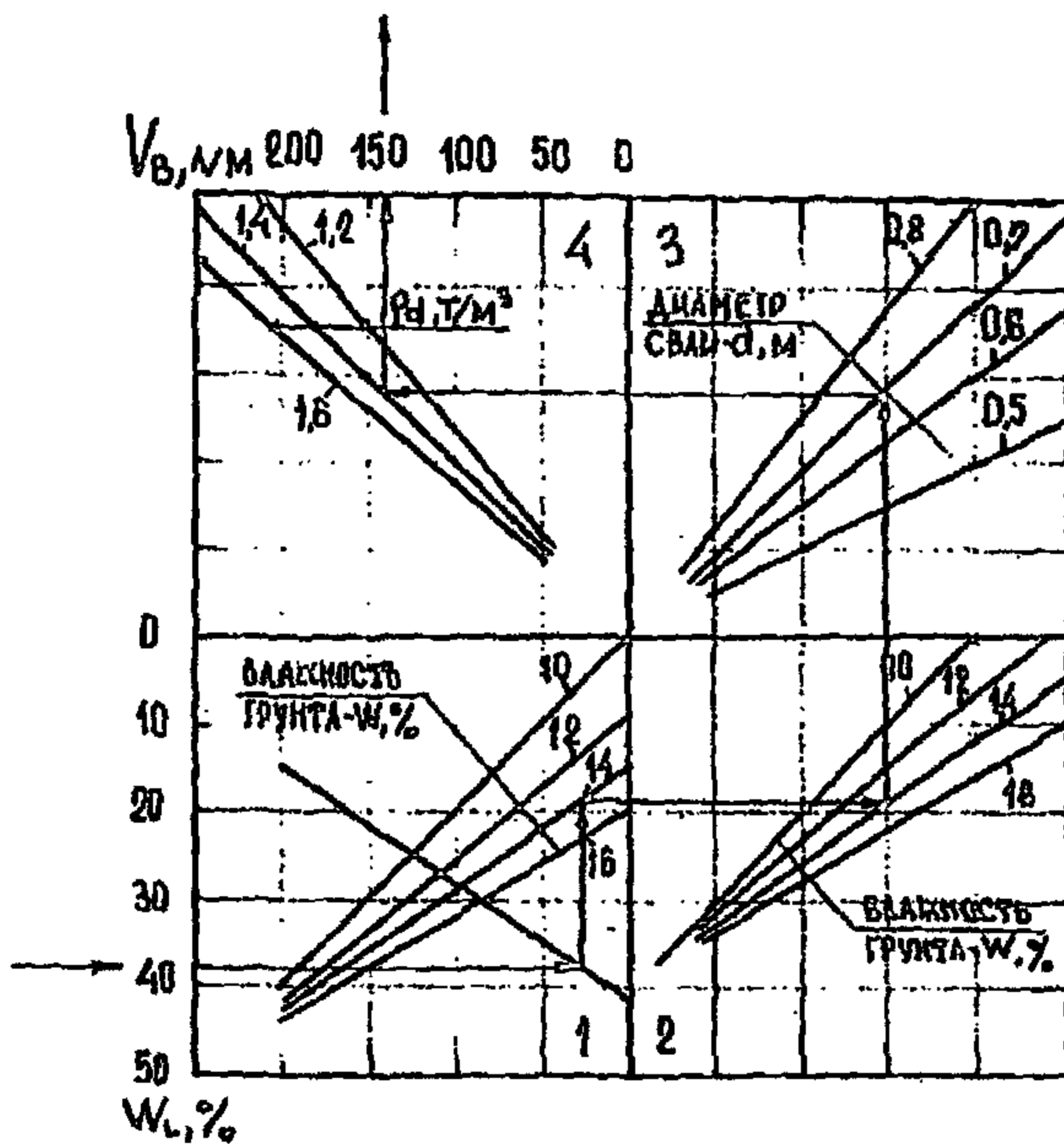


Рис.3. Номограмма для определения параметра V_b — дополнительного количества воды, вводимой в грунт для получения смеси оптимальной влажности, л/м длины свая, участком ($d-h_n$).

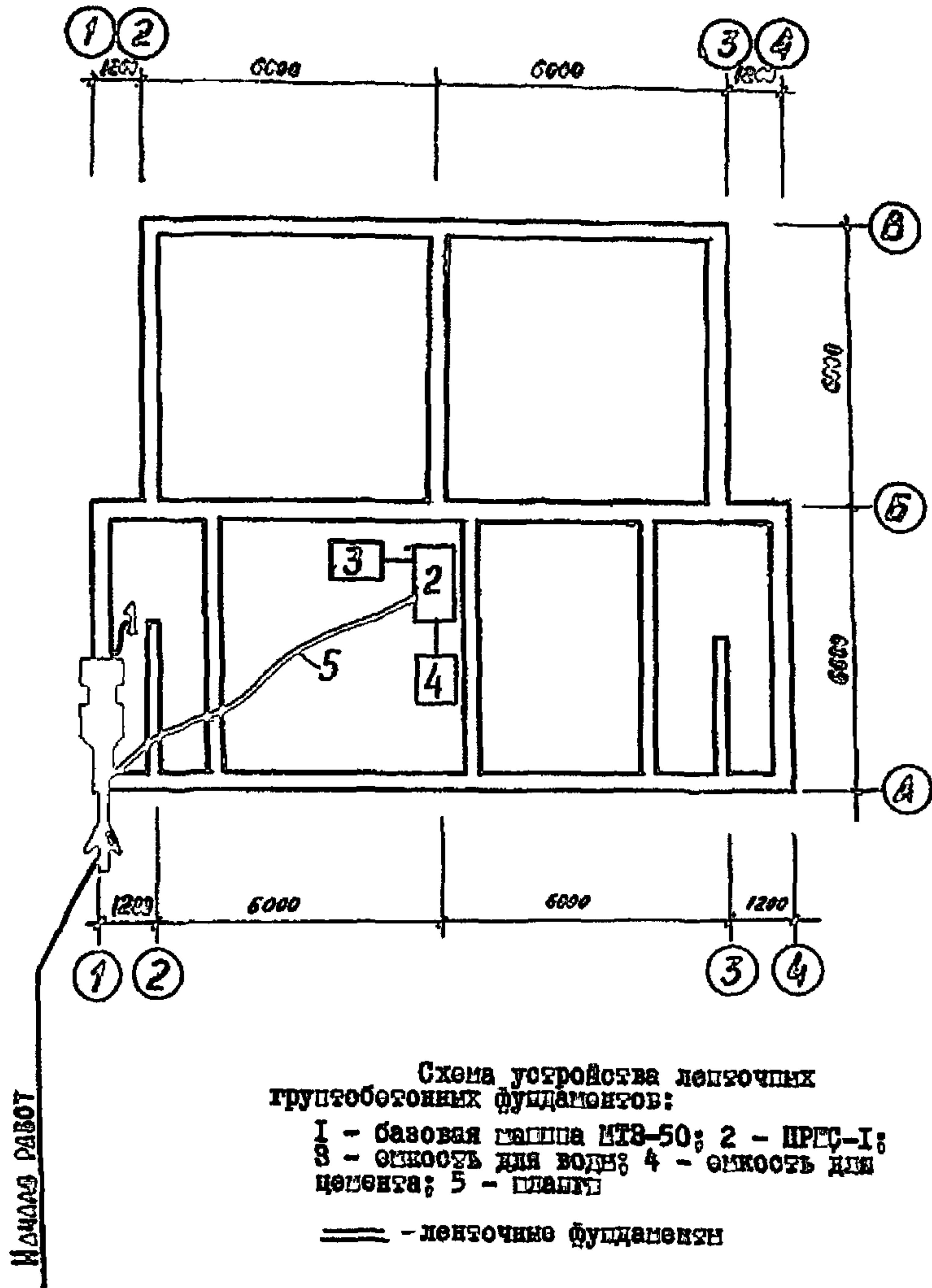
1 → 2 → 3 → 4

Приложение II

Техническая характеристика грунтосмесительной машины МГ-1

| Базовая машина | От экскаватора ЭТЦ-171 |
|---|------------------------|
| Размеры устраиваемой стенки, м: | |
| ширина | 0,2 - 0,4 |
| глубина | 0,4 - 1,3 |
| Производительность, м ³ /ч | До 16 |
| Скорость рабочего хода | Бесступенчатая |
| Пределы рабочих скоростей перемещения, м/ч | 10 - 400 |
| Скорость вращения шнеков, об/мин: | |
| смесительного | 80 - 120 |
| уплотняющего | 30 - 60 |
| Максимально потребляемая мощность шнеков, кВт: | |
| смесительного | До 25 |
| уплотняющего | До 10 |
| Габаритные размеры в транспортном положении, мм: | |
| высота | 3500 |
| длина | 5200 |
| ширина | 2130 |
| Масса навесного оборудования, кг | 1300 |
| Количество обслуживающего персонала | 1 |

Приложение 12



Приложение 13

Журнал производства работ по изготовлению цементно-грунтовыми сваями

| Длина свай | Диаметр, м | Глубина, м | Объем свай, м ³ | Глубина на протяжку, м | Частота вращения бурового станка, об/мин | Подача средн., м/мин | Объем воды, вводимой в грунт, м ³ /п.м | Объем раствора (В/Ц = 0,6), м ³ /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 сваях, м ³ | Объем раствора на сваях, м ³ | Количество цемента, кг/м ³ |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------|-------|--------------------|-------------|-------------------------------------|---|---------------------------------------|
| | | начало | конец | погружение | вытребление | | | |
| | | | | начало | конец | | | |
| | | Общее количество | | общее | | | | |
| 1 | 2 | 3 | | 4 | | 6 | 7 | 8 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1. Общие положения | 8 |
| 2. Требования к материалу | 4 |
| 3. Проектирование фундаментов из цементогрунта | 6 |
| 4. Определение несущей способности цементогрунтовых свай по результатам статических испытаний | 19 |
| 5. Подбор состава цементогрунтовой смеси | 22 |
| 6. Технология и организация работ по устройству монолитных фундаментов из цементогрунта | 26 |
| А. Свайные фундаменты | 26 |
| Б. Кольчатые фундаменты | 35 |
| 7. Сборные фундаменты | 38 |
| 8. Контроль качества и приемка выполненных работ | 42 |
| 9. Техника безопасности | 45 |
| Приложения I-III | 46 |

НИИ оснований и подземных сооружений имени И.М.Герсеванова
Рекомендации по проектированию и устройству фундаментов
из цементогрунта

Отдел патентных исследований и научно-технической информации
Зав. отделом Б.М.Кулачкин
Редактор Т.А.Печенова

И-53463 Подл. в печать 23.09.86г. Заказ 12/294
Формат 60x90 1/16. Бумага офсетная. Усл.-печ.л. 4,43
Усл. кр.-отт. 4,66. Тираж 500 экз. Цена 50 коп.

Производственно экспериментальные мастерские ВНИИИСа Госстроя
СССР; 121471, Москва, Мовайское шоссе, 25