НИИОСП ИМ. Н. М. ГЕРСЕВАНОВА ГОССТРОЯ СССР

РУКОВОДСТВО

ПО ПОЛЕВЫМ ИСПЫТАНИЯМ СВАЙ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1977

gost.e-ecolog.ru

УДК 624.139 : 624.131.384

Рекомендовано к изданию решением Ученого совета НИИОСП им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР и постановлением Госстроя РСФСР.

Руководство по полевым испытаниям свай в вечномерзлых грунтах. М., Стройиздат, 1977, 48 с. (Науч.-исслед. ин-т оснований и подземных сооружений им. Н. М. Герсеванова НИИОСП Госстроя СССР).

Руководство содержит подробную методику полевых испытаний свай в вечномерзлых грунтах, с которыми слой сезонного промерзания-оттаивания как сливается, так и не сливается, способы обработки полученных данных испытаний и методы определения несущей способности свай по результатам статических испытаний. В Руководстве приведены также основные требования к составу и объему статических испытаний свай, ведению полевой и составлению отчетной документации. В приложениях даны формы ведения основной документации, правила техники безопасности при испытаниях, примеры конкретных конструктивных решений установок и оборудования для испытаний, пример определения по данным испытаний несущей способности сваи и другие материалы.

Предназначено для инженерно-технических работников изыскательских, проектных и строительно-монтажных организаций.

Табл. 4, ил. 27.

Р $\frac{30213—700}{047(01)—77}$ Инструкт.-нормат. III вып.-8-77

© Стройиздат, 1977

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	1
1. Общие положения	2
2. Статические испытания	8
3. *Обработка результатов испытаний*	17
Приложение 1. Перечень свай, подлежащих испытаниям на объекте (форма)	25
Приложение 2. Измерение температуры грунта	26
Приложение 3. Основные правила техники безопасности при статических испытаниях свай с помощью распорной установки	27
Приложение 4. Методика ускоренных статических испытаний свай	28
Приложение 5. Конструктивные решения установок и узлов для испытания свай по различным схемам загружения статическими нагрузками	28
Приложение 6. Техническая характеристика основного гидросилового оборудования, применяемого для статических испытаний свай	35
Приложение 7. Установка и крепление приборов-измерителей деформаций при статических испытаниях свай	36
Приложение 8. Журнал статических испытаний свай (форма)	39
Приложение 9. Пример определения статическим методом (по результатам статических испытаний) несущей способности висячей сваи в пластичномерзлом грунте	41

ПРЕДИСЛОВИЕ

Руководство по полевым испытаниям свай в вечномерзлых грунтах разработано в развитие главы СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах и Указаний по проектированию и устройству свайных фундаментов в районах распространения пластичномерзлых грунтов (РСН 41-72) с учетом требований ГОСТа по полевым испытаниям свай в талых грунтах.

Изложенная в Руководстве методика полевых испытаний свай в вечномерзлых грунтах разработана по заданию Госстроя РСФСР институтом НИИОСП Госстроя СССР и его Северным отделением (ведущая организация) при участии в качестве соисполнителей институтов Фундаментпроект Минмонтажспецстроя СССР, ЛенЗНИИЭП Госгражданстроя при Госстрое СССР и ЦНИИС Минтрансстроя СССР.

Предисловие, разд. 3 и прил. 1, 3, 8, 9 написаны канд. техн. наук *В. Н. Ерошенко* (НИИОСП); разд. 1, 2 — канд. техн. наук *В. Н. Ерошенко* с участием инж. *Н. Ф. Веселовой* (ГПИ Фундаментпроект), кандидатов техн. наук *К. Ф. Маркина* (ЛенЗНИИЭП), *В. И. Черняева* (ЦНИИС); прил. 2, 5—7 — кандидатами техн. наук *В. Н. Ерошенко* и *К. Ф. Маркиным*; прил. 4 — инж. *Н. Ф. Веселовой.*

В подготовке Руководства к изданию принимали участие инженеры *Б. А. Плюскин* и *В. П. Волков* (Госстрой РСФСР).

С замечаниями и предложениями обращаться по адресу: 109389, Москва, Ж-389, 2-я Институтская ул., 6, НИИОСП или 169911, Коми АССР, Воркута-11, ул. Яновского, 1, Северное отделение НИИОСП.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Требования настоящего Руководства распространяются на проведение полевых испытаний в вечномерзлых грунтах всех видов, с которыми слой сезонного промерзания-оттаивания как сливается, так и не сливается, висячих свай всех типов — железобетонных, деревянных, металлических и комбинированных при любом способе их погружения. Руководство устанавливает методы испытаний свай пробными статическими нагрузками при использовании грунтов их основания в мерзлом состоянии в течение всего периода статических испытаний (принцип I) и методику обработки полученных данных испытаний с вычислением необходимых параметров и определением статическим методом несущей способности висячих свай в вечномерзлых грунтах.

Руководство не устанавливает методы испытания свай и методику обработки полученных данных испытаний на горизонтальную нагрузку, эксплуатационные динамические нагрузки и сейсмические воздействия, а также испытаний в вечномерзлых грунтах свай-стоек, оболочек и опор глубокого заложения. Руководство не устанавливает также метод испытания забивных и бурозабивных свай пробной забивкой в мерзлые грунты и методику обработки полученных данных забивки с определением параметров, необходимых для контроля при забивке или определения динамическим методом несущей способности свай в мерзлых грунтах. В указанных случаях методы испытания и методика обработки полученных данных устанавливаются специальной программой, составленной с учетом требований настоящего Руководства.

При соответствующем обосновании допускается проведение испытаний свай в вечномерзлых грунтах при любом принципе их использования в качестве основания свайных фундаментов (в том числе по принципу II — в оттаявшем состоянии) с применением других методов, не предусмотренных настоящим Руководством.

Примечание. Если основание назначенных к испытаниям свай сложено оттаявшими глинистыми грунтами со сроком консолидации более года, а также оттаявшими песчаными и крупнообломочными грунтами, то испытания следует проводить как в талых грунтах по соответствующему ГОСТу.

1.2. Необходимость и число статических испытаний свай, а также выбор вида статической нагрузки (вдавливающая или выдергивающая) должны устанавливаться проектной организацией.

1.3. Статические испытания свай проводят с целью:

а) определения несущей способности свай в вечномерзлых грунтах всех видов;

б) определения деформативных характеристик в пластично-мерзлых грунтах;

в) контрольной проверки несущей способности и, в случае пластично-мерзлых грунтов, деформаций (перемещений) свай, принятых в проекте свайного фундамента.

1.4. Статические испытания свай для достижения целей, изложенных в п. 1.3 «а, б», должны выполняться на опытных площадках в комплексе инженерно-геологических мерзлотных изысканий до выпуска рабочих чертежей. В этих случаях назначенные к испытаниям сваи являются опытными.

Статические испытания свай для достижения цели, изложенной в п. 1.3 «в», выполняются на соответствующих строительных пло-

щадках после выпуска рабочих чертежей и могут быть осуществлены как до возведения фундамента, так и в процессе или после его возведения. В этом случае назначенные к испытаниям сваи являются контрольными.

1.5. Опытные сваи по своим характеристикам назначаются проектной организацией в зависимости от мерзлотно-геологических и гидрогеологических условий площадки, ожидаемых величин и характера нагрузок на фундамент от здания и сооружения и ожидаемой величины максимальной нагрузки при испытаниях. При этом конструкция опытных свай должна быть рассчитана на восприятие нагрузки, в 1,5—2 раза превышающей величину упомянутой максимальной нагрузки, назначаемой согласно указаниям п. 2.3.

В качестве опытных свай следует применять, как правило, стандартные сваи, изготовленные в соответствии с требованиями действующих ГОСТов. Если же прочность стандартных свай для этих целей оказывается недостаточной, они могут быть усилены (железобетонные сваи, например, путем повышения процента армирования и применением бетона более высокой марки).

Опытные сваи могут применяться также специальной конструкции, как, например, сваи-штампы, позволяющие исследовать работу боковой поверхности и нижнего конца в отдельности, тензометрические сваи, оснащенные электротензометрами, которые позволяют дополнительно к боковой поверхности и нижнему концу исследовать распределение касательных усилий вдоль боковой поверхности сваи, металлические сваи, офактуренные и неофактуренные, рассчитанные на восприятие особо больших нагрузок, и т. д.

1.6. Испытания опытных свай производят:

при двухстадийном проектировании — на стадии изысканий под рабочие чертежи;

при одностадийном проектировании — на последнем этапе изысканий, после получения данных по инженерно-геологическим, мерзлотным и гидрогеологическим условиям площадки, но до начала строительства.

Результаты испытаний опытных свай учитываются проектной организацией при назначении в рабочих чертежах окончательных размеров свай и всего фундамента в целом.

1.7. Контрольную проверку (п. 1.3 «в») назначают только в случаях, если: установлены отклонения от мерзлотно-грунтовых условий, определенных при инженерно-геологических мерзлотных изысканиях; выявлена невозможность погружения свай согласно проекту; изменена конструкция примененных свай; изменена предусмотренная проектом технология погружения свай.

Для линейных сооружений испытания свай с целью контрольной проверки в период или после устройства фундаментов можно назначать и в любых других случаях, если в период изысканий оказалось невозможным выбрать опытные площадки с характерными мерзлотно-грунтовыми условиями.

По требованию заказчика контрольная проверка допускается в любом случае, если рабочие чертежи свайного фундамента были разработаны без предварительных статических испытаний свай.

1.8. Контрольные сваи, применяемые для контрольной проверки, по своим характеристикам должны удовлетворять следующим требованиям:

быть аналогичными принятым в проекте как по материалу, так и по габаритам;

располагаться в местах сооружения свайных фундаментов или вблизи них (не далее 5 м), в тех же условиях и на тех же отметках, что и рядовые сваи фундамента;

погружаться в грунт тем же способом, который принят в проекте.

1.9. Контрольные сваи можно либо назначать из числа входящих в фундамент, за исключением испытаний выдергивающими нагрузками, либо погружать дополнительно к входящим в фундамент.

В целях своевременной корректировки проекта в части уточнения конструкции свайного фундамента и технологии свайных работ (способ и глубина погружения свай, расстояние между сваями, число свай в фундаменте) испытания контрольных свай рекомендуется осуществлять до возведения свайного фундамента. Для корректировки проекта используют полученные по результатам такой контрольной проверки данные по способу погружения и несущей способности контрольных свай. Эти коррективы, как правило, дают технологический и экономический эффект, практически всегда окупающий затраты на полевые испытания свай.

Если испытания контрольных свай проводят в процессе возведения свайного фундамента или после его возведения, то результаты испытаний используют лишь для контроля заложенной в проекте несущей способности свай.

1.10. Для проведения испытаний свай в вечномерзлых грунтах должна быть составлена в соответствии с требованиями настоящего Руководства программа испытаний. Программу разрабатывает проектная организация с привлечением в необходимых случаях специализированной организации, имеющей опыт применения свайных фундаментов и испытания свай в вечномерзлых грунтах.

Программа испытаний согласовывается с заказчиком и утверждается проектной организацией.

1.11. Организацией, проводящей испытания свай, должна являться, как правило, изыскательская организация, выполняющая по заданию проектной организации весь комплекс инженерных изысканий и исследований грунтов. В случае отсутствия возможностей для проведения испытаний их выполнение под своим контролем эта изыскательская организация может поручить любой другой организации, имеющей опыт полевых испытаний свай в вечномерзлых грунтах. Испытания контрольных свай допускается по согласованию с проектной организацией поручать подрядной строительной организации, которой выданы к производству работ рабочие чертежи.

Все подготовительные работы к испытаниям свай (изготовление необходимых установок и устройств, отсыпка площадки, погружение свай, монтаж и демонтаж установок и оборудования, обеспечение испытаний электроэнергией, временными сооружениями и т. д.) выполняет подрядная строительная организация.

1.12. Проектно-изыскательские и строительно-монтажные работы по испытаниям свай предусматриваются в соответствующих разделах сводного сметно-финансового расчета. Все затраты проектно-изыскательских и подрядных организаций, связанные с испытаниями свай, включаются в планы работ этих организаций и отражаются в отчетности в установленном порядке.

1.13. Программа полевых испытаний свай в вечномерзлых грунтах должна быть составлена на основании следующих исходных данных:

отчета по инженерно-геологическим мерзлотным, а также гидрогеологическим и метеорологическим условиям строительной площадки;

планов и разрезов свайных фундаментов и проектных нагрузок от здания или сооружения (нормативных и расчетных) с указанием намечаемого способа погружения свай — при двухстадийном проектировании;

технического задания, содержащего размеры свай, глубину и способ погружения, проектные нагрузки от здания или сооружения (нормативные и расчетные) — при одностадийном проектировании;

предельных средних величин осадок зданий и сооружений, а также деформаций, допустимых по технологическим требованиям, предъявляемым к эксплуатации соответствующего оборудования;

прогноза изменения мерзлотных и гидрогеологических условий в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений с учетом опыта эксплуатации построенных вблизи зданий и сооружений;

материалов имеющихся результатов ранее проводившихся испытаний свай на площадках смежных объектов с аналогичными инженерно-геологическими мерзлотными условиями.

1.14. Программа испытаний должна содержать:

состав и объем испытаний;

схематический план расположения на площадке намеченных к испытаниям свай с нанесением геологических выработок и температурных скважин;

методику проведения испытаний;

чертежи или конструктивную схему установки для испытаний;

способы погружения свай и сроки возможного их загружения статическими нагрузками;

сведения о возможности использования контрольных и анкерных свай в фундаменте;

техническую характеристику намеченных к испытаниям свай (конструкция, размеры, глубина погружения, материал, а для железобетонных свай — дополнительно марка бетона и содержание арматуры);

перечень оборудования, измерительных приборов и приспособлений;

расчетные и нормативные нагрузки от здания или сооружения.

1.15. Число свай, подлежащих статическим испытаниям, должно приниматься до 2% общего числа свай на данном объекте, но не менее двух на каждом характерном участке площадки и на каждый вид нагрузки (вдавливающей, выдергивающей).

Для линейных сооружений число назначаемых к испытаниям свай допускается увеличивать по усмотрению проектной организации.

При сблокированном расположении зданий в однородных мерзлотно-грунтовых условиях, а также при наличии результатов испытаний свай на соседних площадках и достаточном опыте устройства свайных фундаментов допускается сокращение назначаемых к испытаниям свай до двух на данном объекте.

1.16. Намеченные к испытаниям сваи заносятся в специальный перечень с указанием объекта и технической характеристики свай по установленной форме (см. прил. 1), который прикладывается к программе испытаний.

1.17. Статические испытания свай при заделке в такие вечномерзлые грунты, с которыми слой сезонного промерзания-оттаивания не сливается, можно выполнять в любое время года.

В вечномерзлых грунтах, с которыми слой сезонного промерзания-оттаивания сливается, испытания свай статическими нагрузками рекомендуется проводить в летне-осенний период, а при температуре вечномерзлых грунтов выше минус 2° С — также и в зимний период.

В случае срочной необходимости допускается проведение испытаний на таких участках и в иное время года. При этом вокруг сваи в диаметре, не меньшем глубины ее погружения, целесообразно осуществлять подогрев дневной поверхности до положительной температуры в течение всего периода испытаний с помощью теплых штампов, тепляков и т. д., не допуская при этом оттаивания вечномерзлых грунтов основания сваи, или устраивать до начала смыкания сезонного промерзания с вечномерзлым грунтом теплоизоляционное покрытие по дневной поверхности (например, из опилок, шлака, горелой породы и др., а также из современных высокоэффективных теплоизоляционных материалов).

1.18. В процессе полевых испытаний свай в вечномерзлых грунтах должны вестись наблюдения за температурой грунтов основания в соответствии с методикой действующих нормативных документов по инженерным изысканиям и исследованиям грунтов для строительства и по проектированию и устройству свайных фундаментов в районах распространения вечномерзлых грунтов, а также согласно прил. 2. При этом измерение температуры грунта должно производиться с точностью не менее 0,1° С в грунтах с температурой выше минус 1° С и с точностью не менее 0,2° С в грунтах с температурой ниже минус 1° С.

Температурные замеры должны вестись через 0,5 м до глубины 4—5 м (в зависимости от мощности слоя сезонного промерзания-оттаивания) и далее через 1 м (глубже 10 м допускается через 2 м) по всей глубине погружения свай и ниже их нижних концов на 3—4 м, но не менее, чем до глубины годовых нулевых амплитуд, располагая измерительную вертикаль как можно ближе к боковой поверхности сваи, не далее 2 м от нее. Для свай, погружаемых в пробуренные скважины с заливкой грунтовым раствором, глубину температурных замеров допускается ограничивать глубиной погружения свай, при этом измерительную вертикаль следует располагать непосредственно около сваи.

Обязательно измерение температуры грунта на глубине расположения нижнего конца сваи.

Периодичность замеров температуры грунтов устанавливается программой испытаний, при этом отсчеты берутся с трехкратной повторностью не менее одного раза на каждой ступени затухающего деформирования и двух раз на каждой ступени незатухающей ползучести (определение ступеней см. п. 2.21).

1.19. При проведении статических испытаний должно быть исключено на глубину максимального сезонного промерзания-оттаивания контактирование или по крайней мере сезонное смерзание грунта с боковой поверхностью сваи. Для этого у намеченной к испытаниям сваи осуществляют специальные конструктивные решения или технологические мероприятия, такие, например, как проходка в месте погружения сваи выработок (шурфов, скважин и т. д.) большего, чем у сваи, максимального размера поперечного сечения; прогрев грунта вокруг сваи в радиусе не менее 1 м от грани сваи и в режиме, исключающем опасность оттаивания вечномерзлых грунтов основания сваи; обмазка части боковой поверхности сваи в зоне сезонного промерзания-оттаивания специальными составами, предотвращающими смерзание грунта со сваей, и т. д.

В случае выработок для предотвращения возможного охлаждения либо оттаивания вечномерзлого или промерзания талого грунта глубже пройденных выработок их следует заполнять теплоизоляционным материалом. Если при этом применен гидрофильный материал,

то он должен быть защищен путем соответствующих конструктивных решений от обводнения.

При испытаниях на участках с несливающимися вечномерзлыми грунтами допускается также применять засоление грунта с поверхности около сваи.

Если применяются прогрев или засоление грунта, то они должны поддерживаться непрерывно до окончания статических испытаний.

1.20. Во избежание растрескивания головы сваи в процессе испытаний на нее надевается металлический наголовник, имеющий обмятую деревянную прокладку.

1.21. Измерительные приборы и оборудование, применяемые для полевых испытаний свай, должны быть предварительно проверены и протарированы каждый раз перед началом испытаний.

1.22. Прежде чем приступить к испытаниям, должно быть установлено соответствие намеченных к испытаниям свай программе (проекту) и требованиям, предъявляемым к конструкции свай (фактическая марка бетона, сечение арматуры и т. д.).

Сваи по прочности материала должны отвечать требованиям п. 4.12 РСН 41-72 при транспортировании свай, а для забивных и бурозабивных свай — дополнительно п. 5.19 РСН 41-72 при их забивке с учетом требований ГОСТов по забивным сваям.

1.23. При выполнении всех видов полевых испытаний свай необходимо соблюдать правила техники безопасности в соответствии с действующими нормативными документами или согласно разработанными на их основе специальными документами для отдельных видов испытаний или работ, связанных с этими испытаниями. В качестве примера один из таких документов дан в прил. 3.

1.24. Несущая способность свай по результатам полевых испытаний их в вечномерзлых грунтах должна определяться в соответствии с требованиями главы СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах и РСН Р-72, а также согласно указаниям настоящего Руководства.

1.25. О результатах полевых испытаний свай составляют отчет-заключение, в котором приводят все полученные данные и рекомендации по несущей способности свай с прогнозом в случае пластичномерзлых грунтов их осадок. При этом в отчете-заключении указывают:

наименование здания или сооружения;

мерзлотную инженерно-геологическую и гидрогеологическую характеристику площадки (геологический разрез; мощность, температуру и вид вечномерзлых грунтов, глубину их залегания и конфигурацию верхней поверхности; мощность слоя сезонного промерзания-оттаивания, сливается он с вечномерзлыми грунтами или нет; наличие перелетков мерзлоты, сквозных и несквозных таликов, их мощность и распространение по площади; наличие грунтовых вод, в том числе межмерзлотных);

номера свай;

способ погружения свай;

дату погружения свай;

характеристику свай — материал, длину, вид и размеры поперечного сечения; кроме того, для железобетонных свай — паспорт предприятия-изготовителя с указанием марки бетона и процента армирования и для деревянных — диаметр в верхнем и нижнем отрубах;

характеристику скважин для погружения свай — способ проходки и глубина скважин, вид и размеры их поперечного сечения;

фактические отметки дневной поверхности, верха и низа свай;

глубину погружения и расстояние до верхнего торца от дневной поверхности;

характеристику оборудования, применявшегося для бурения скважин и погружения свай (тип, производительность, мощность, общий вес и др., а для молотов, кроме того, — вес ударной части, высота ее подъема, энергия удара, характеристика наголовника и прокладки в нем);

тип и характеристику (глубина, размеры в плане) примененного способа исключения контактирования или предотвращения сезонного смерзания грунта со сваей в течение всего периода статических испытаний;

данные о повреждениях свай, полученные в процессе погружения, в том числе для забивных и бурозабивных свай — состояние головы сваи после забивки;

температуру наружного воздуха;

дату статических испытаний;

данные замеров температуры грунта основания сваи в процессе испытаний;

отсчеты по приборам — измерителям деформаций, их дату и время;

среднюю величину осадки (перемещения) сваи для каждого отсчета и нарастающим итогам — за ступень и суммарную;

величину ступеней нагрузок, их дату и время;

общие замечания.

К отчету-заключению прилагаются:

перечень свай, испытанных на данном объекте, с характеристикой свай;

план места забивки испытанных свай с привязкой к изыскательским скважинам;

мерзлотный инженерно-геологический разрез (или разрезы) площадки в месте испытаний с указанием испытанных свай;

журнал измерения температуры грунта вокруг свай и под ними;

журнал статических испытаний свай;

графики температуры грунта по глубине;

сводные графики развития суммарных осадок свай во времени;

графики зависимости осадки свай от нагрузки на нее;

графики развития во времени суммарных осадок свай на каждой ступени в отдельности в обычных и логарифмических координатах — только в случае пластно-мерзлых грунтов;

графики зависимости скорости осадки свай от нагрузки (реологические кривые) — в случае наличия трех и более ступеней незатухающей ползучести;

результаты определения несущей способности свай (в пластично-мерзлых грунтах — с учетом прогноза их осадок).

2. СТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

2.1. Статические испытания свай в вечномерзлых грунтах по изложенной ниже стандартной методике заключаются в загружении свай пробными осевыми вдавливающими или выдергивающими ступенчато-возрастающими статическими нагрузками с фиксацией величины затухших или незатухающих осадок (перемещений) свай в грунте под этими нагрузками.

Примечания: 1. Продолжительность статических испытаний одной сваи по стандартной методике составляет 2—4 недели в твердомерзлых грунтах и доходит до 1,5—2 мес. в пластичномерзлых грунтах.

2. В случае контрольных свай половину из них допускается подвергать испытаниям по ускоренной методике. Пример одной из возможных таких методик изложен в прил. 4.

2.2. К статическим испытаниям свай в вечномерзлых грунтах приступают только после полного вмерзания свай в окружающий вечномерзлый грунт и восстановления вокруг свай температурного режима окружающей вечномерзлой толщи. Последним следует считать достижение такой осредненной по глубине погружения свай температуры вечномерзлого грунта, которой характеризуется период максимальных температур окружающей сваю вечномерзлой толщи. Ориентировочные сроки вмерзания свай в вечномерзлый грунт приведены в табл. 1

Таблица 1

Способ погружения свай в вечномерзлый грунт	Сроки вмерзания свай, сут, при температуре грунта, °С, на глубине годовых нулевых амплитуд (10—15 м)			
	—0,5	—1	—1,5	—3
1	2	3	4	5
Погружение в пробуренные скважины, диаметр которых превышает наибольший размер поперечного сечения сваи, с заполнением скважин грунтовым раствором	80/50	40/30	25/15	12/6
Бурозабивной с применением молотов	2/1	1/1	1/1	—
Бурозабивной с применением вибропогружателей	20/15	10/8	7/5	3/3
Забивной с применением молотов	2/1	1/1	—	—

Примечание. В числителе дроби указаны сроки вмерзания в летне-осенний период, в знаменателе — в зимне-весенний.

Факт полного вмерзания свай в окружающий вечномерзлый грунт с восстановлением его температурного режима устанавливают по результатам регулярных замеров температуры в контактном с боковой поверхностью сваи слое грунта согласно указания п. 1.18. Эти замеры рекомендуется проводить не реже одного раза в сутки в твердомерзлых грунтах, а также в случае искусственного охлаждения грунтов основания или для свай, погружаемых забивкой, и не реже одного раза в неделю — в пластичномерзлых грунтах без их искусственного охлаждения для свай, погружаемых в пробуренные скважины, диаметр которых превышает наибольший размер поперечного сечения сваи, с заполнением скважины грунтовым раствором, или погружаемых с протаиванием грунта.

Для свай, погружаемых в вечномерзлый грунт забивкой, а в случае бурения лидирующих скважин — если они разрабатываются без дополнительного отогрева грунта, допускается устанавливать сроки вмерзания путем соответствующих теплотехнических расчетов исходя из требований главы СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах или принимать ориентировочно по табл. 1.

2.3. Максимальная нагрузка, до которой следует доводить испытания, должна назначаться с таким расчетом, чтобы вызвать появление незатухающих осадок (перемещений) свай в требуемом диапазоне ступеней нагрузок (пп. 2.20, 2.21). При составлении программы испытаний следует иметь в виду, что величина требуемой из этих условий фактической максимальной нагрузки на сваю может в 2,5 и более раз превышать величину несущей способности сваи, полученной расчетным путем по главе СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах или РСН 41-72. Испытания на выдергивающую нагрузку дополнительно к этому должны быть доведены до перемещения сваи не менее 25 мм.

Если при максимальной нагрузке, назначенной программой, незатухающих осадок (перемещений) не возникает, а при испытаниях на выдергивающую нагрузку дополнительно к этому перемещение сваи составляет менее 25 мм, то нагрузку следует увеличивать до появления требуемых осадок (перемещений) или до тех пор, пока позволяют конкретные технические возможности данных испытаний, но не более, чем до величины расчетного сопротивления конструкции сваи по материалу.

Примечание. В твердомерзлых грунтах при невозможности или нецелесообразности достижения требуемых выше осадок (перемещений) допускается величину максимальной нагрузки ограничивать программой вне зависимости от характера и величины получаемых осадок (перемещений) двойной величиной ожидаемой несущей способности, полученной расчетным путем по главе СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах или РСН 41-72.

2.4. Загружение свай статической нагрузкой осуществляют с помощью специальных установок преимущественно по распорной схеме. В отдельных случаях может применяться также рычажная схема (как правило, для одиночной сваи) или схема загрузочной платформы (как правило, для куста свай).

Некоторые конструктивные решения установок для испытаний свай по различным схемам приведены в прил. 5. Все конструкции применяемых установок должны быть рассчитаны на восприятие максимальной нагрузки, предусмотренной программой испытаний (см. п. 2.3).

Примечание. Схема загрузочной платформы может применяться при испытаниях свай только осевыми вдавливающими нагрузками.

2.5. Из перечисленных в п. 2.4 схем загружения распорная, особенно с передачей реактивных усилий на балласт, является наиболее удобной и перспективной. Она обладает транспортабельностью, индустриальностью и многократной оборачиваемостью. Большим преимуществом распорных установок является также возможность точно

задать требуемую нагрузку, постоянно ее контролировать и легко снять в нужный момент.

2.6. При испытаниях по распорной схеме применяются распорные установки, в которых задание на сваю статической нагрузки осуществляется с помощью гидравлического домкрата, упирающегося в систему упорных балок. Реактивные усилия от них могут быть восприняты специальным балластом или анкерными сваями.

2.7. Выбор того или иного способа передачи реактивных усилий в распорных установках определяют в каждом конкретном случае в зависимости от сроков испытаний по отношению к срокам проектирования и строительства, условий строительства и имеющихся материально-технических возможностей.

В случае испытания опытных свай (см. п. 1.4) следует отдавать предпочтение передаче реактивных усилий на балласт. Этот способ можно считать наиболее надежным и маневренным, поскольку он дает возможность корректировки реактивных усилий в процессе испытаний путем дополнения балласта на установке.

При контрольной проверке, предусмотренной п. 1.3, передача реактивных усилий в распорных установках может осуществляться от контрольных свай как на балласт, так и на анкерные сваи.

2.8. В случае передачи реактивных усилий на балласт для его укладки в распорных установках применяют стальные пакеты (прогоны), изготовленные из двутавровых балок, в которые упирается система упорных балок (см. прил. 5). В качестве балласта могут быть использованы бетонные блоки, железобетонные плиты, колонны и т. д. Общий вес балласта на установке должен быть на 20—30% больше задаваемой на сваю максимальной нагрузки, предусмотренной программой испытаний и определяемой требованиями п. 2.3, но не менее чем в 2,5—3 раза больше ожидаемой несущей способности сваи, полученной расчетным путем по главе СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах или РСН 41-72.

Балласт укладывают на установку при ее монтаже сразу же в полном объеме, заданном программой испытаний.

Примечания: 1. При прогонах, изготовленных из двух двутавров № 45-50 длиной до 12 м, с расстоянием 7 м между симметрично расположенными опорами, и при упорных балках, изготовленных из трех двутавров № 55-60 с ребрами жесткости, грузоподъемность распорной установки составляет 200 т.

2. В качестве балласта для распорных установок могут применяться те же сваи (железобетонные или металлические), которые будут использованы впоследствии для сооружения свайного фундамента.

2.9. В распорных установках с передачей реактивных усилий на балласт опоры установки, на которые укладываются прогоны и балласт, изготавливают либо в виде срубов из бревен диаметром 20—25 см, скрепляемых металлическими скобами, либо в виде инвентарных металлических опор (см. прил. 5). Последнее предпочтительнее. Под опоры предварительно делается из песчано-гравийной смеси или горелой породы терриконников, подсыпка толщиной не менее 40 см по ненарушенному растительному покрову и по ней — настил либо из деревянных брусьев или бревен, либо из металлического проката.

2.10. В распорных установках с анкерными сваями в качестве последних могут быть использованы сваи любого типа, однако наиболее приемлемы для этой цели металлические и деревянные сваи. Особенно целесообразно применять для заанкеривания в пластично-мерзлом грунте стальные трубы, применение которых в случае необходимости дает возможность повышать силу заанкеривания за счет охлаждения их полости холодным воздухом.

Железобетонные сваи использовать в качестве анкерных менее предпочтительно, поскольку на анкеры требуется передать достаточно большие выдергивающие нагрузки; это вызывает большие растягивающие напряжения, на что бетон работает плохо, поэтому, если в качестве анкерных намечаются железобетонные сваи, то рекомендуется предусматривать повышенное армирование их по расчету.

Число анкерных свай назначают в зависимости от предусмотренной программой максимальной нагрузки при испытаниях (см. п. 2.3) и величины несущей способности анкерных свай на выдергивающую нагрузку, определяемой по требованиям главы СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах и рекомендациям РСН 41-72.

2.11. Для распорных установок расстояние в свету между назначенной к испытаниям сваей и опорами, на которые укладывают пакет с балластом, или анкерными сваями должно быть не менее 2 м. В твердомерзлых грунтах для установок с анкерными сваями допускается уменьшить это расстояние до 1,2 м.

В случае испытания контрольных свай из числа рабочих свай фундамента, погружение которых предусмотрено проектом с меньшим шагом, допускается, при соответствующем обосновании и с согласия проектной организации — автора проекта, сократить указанные расстояния, о чем должна быть сделана запись в журнале испытаний.

2.12. Для проведения испытаний свай по распорной схеме рекомендуется применять гидравлические домкраты ДГ-200-2 и ДГ-100-2 с насосными станциями НСП-400М и НСР-400М.

Основные параметры применяемых домкратов и насосных станций приведены в прил. 6.

При работе от насосной станции НСП-400М, имеющей привод от электромотора, домкрат оборудуется электроконтактным гидравлическим манометром (например, типа ЭКМ-2У) и пускателем (например, ПМЕ-224, ПМЕ-222, П6-2ТА и др.). Электроконтактный манометр предназначается для задания, поддержания и контроля давления жидкости в домкрате, обеспечивающего заданную на сваю нагрузку. В комплексе с пускателем и гидродомкратом он образует автоматический агрегат, обеспечивающий задание и поддержание постоянной заданной нагрузки на сваю сколь угодно продолжительный отрезок времени. Электрическая схема с фазовой защитой в автоматическом агрегате распорной установки, обеспечивающем поддержание постоянной нагрузки на сваю, приведена на рис. 1.

При работе от насосной станции НСР-400М, имеющей ручной привод, домкрат оборудуется обычным гидравлическим манометром, который предназначен лишь для контроля давления жидкости в домкрате, обеспечивающего заданную на сваю нагрузку.

Следует считать более целесообразным применение насосной станции НСП-400М по сравнению со станцией НСР-400М, поскольку с ее применением открывается возможность автоматизации испытаний.

2.13. Для обеспечения стабильности и надежности в работе автоматического агрегата распорной установки электроконтактный ма-

нометр через штуцер с запорным клапаном рекомендуется крепить непосредственно на домкрате. Дополнительно к этому на насосной станции рекомендуется устанавливать контрольный манометр обычного типа.

В электрической схеме агрегата используют нижний контакт электроконтактного манометра, что обеспечивает в процессе испытаний поддержание давления в домкрате в пределах заданного. При испытаниях нижний контакт манометра устанавливают так, чтобы стрелка манометра находилась на заданном давлении, что обеспечивает давление в домкрате не ниже заданного. Если при включении насосной станции наблюдается отскок стрелки манометра, то контакт рекомендуется устанавливать так, чтобы в момент, предшествующий включению станции, стрелка находилась, не доходя заданного давления на треть этого отскока, что обеспечивает в среднем давление в домкрате в пределах заданного.

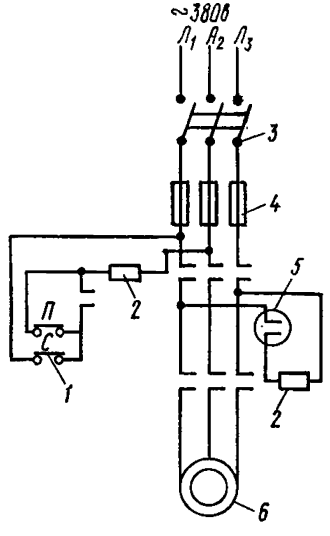

Рис. 1. Электрическая схема с фазовой защитой агрегата

1 — автомат (*П* — пуск, *С* — стоп); *2* — пускатели; *3* — рубильник; *4* — предохранители; *5* — электроконтактный манометр; *6* — двигатель насосной станции

2.14. Согласно рычажной схеме нагрузку задают с помощью тарированных груза и рычага с рекомендуемым отношением плеч от 1 : 3 до 1 : 4. Можно доводить соотношение плеч рычага до 1 : 5. Большего соотношения в натурных установках из конструктивных соображений достигнуть трудно.

2.15. При схеме загрузочной платформы нагрузку задают посредством тарированных платформы и груза на ней, укрепляемых в случае испытания одной сваи на голове сваи или в случае испытания целиком куста свай на его ростверке и действующих поэтому непосредственно на голову сваи или на ростверк куста свай.

Однако эта схема применяется крайне редко. Поскольку испытания, особенно длинных свай, требуют развития значительных нагрузок; устройство загрузочной платформы на голове одной сваи представляет собой сложную техническую задачу. В то же время при испытании, например, целиком куста свай, особенно в случае коротких висячих с достаточно большим шагом, схема загрузочной платформы может оказаться наиболее предпочтительной.

2.16. При монтаже установок для испытания свай необходимо строго выдержать соосность приложения нагрузки и не допускать отклонения от соосности в процессе испытаний.

2.17. Испытания могут проводиться путем либо монотонного, либо прерывистого, либо смешанного загружения. При первом способе сваю загружают непрерывно, ступень за ступенью; при втором— после окончания испытаний на каждой ступени сваю полностью разгружают (т. е. нагрузку снимают до нуля непрерывно сразу же без выдержки по ступеням) с измерением величины упругой отдачи (деформации) сваи, после чего на сваю задают следующую ступень

нагрузки. Смешанное загружение представляет собой комбинацию монотонного и прерывистого загружения в различных вариациях.

2.18. Выбор того или другого способа загружения свай статической нагрузкой зависит от характера проводимых испытаний и принятой схемы загружения, а также от характера нагрузок от сооружения.

Так, при производственных испытаниях контрольных свай с целью контрольной проверки заданной в проекте несущей способности более приемлемо монотонное загружение, обеспечивающее испытания в кратчайшие сроки, тогда как при испытаниях опытных свай в процессе инженерных изысканий с целью определения и окончательного назначения несущей способности свай более предпочтительно прерывистое загружение.

При испытаниях по распорной схеме прерывистое загружение легко осуществимо, тогда как в случае рычажной схемы или схемы загрузочной платформы оно значительно затруднено, так как частые периодического разгружения сваи в этих случаях связаны с необходимостью организации работ по разгрузке и загрузке тарированного груза.

Для конструктивной схемы зданий с постоянной статической нагрузкой при испытаниях контрольных свай целесообразно предусматривать монотонное загружение, тогда как для опор с переменным действием нагрузки, даже в случае контрольных свай, — прерывистое загружение.

2.19. Прерывистое загружение можно считать в целом более предпочтительным, поскольку оно обладает следующими преимуществами:

в случае возможного вынужденного перерыва в испытаниях по непредвиденным причинам (временное отсутствие электроэнергии, поломка какого-либо узла установки и т. д.) обеспечивается возобновление испытаний без ущерба для получения достоверных результатов и доведение их до конца в соответствии с программой испытаний;

создаются более благоприятные условия для эксплуатации испытательной установки, оборудования и приборов, так как имеется возможность в период разгружения периодически производить их профилактический осмотр и доводку, а в случае выхода из строя какого-либо узла или прибора — безболезненно произвести его ремонт или замену;

упрощается организация испытаний, поскольку отпадает обязательное требование непрерывных, а в ряде случаев и круглосуточных наблюдений;

имеется возможность проследить упругую отдачу сваи после каждой ступени, что дает дополнительный материал для более глубокого анализа и обобщения.

Вместе с тем прерывистое загружение требует несколько большей продолжительности испытаний, чем монотонное, поэтому при необходимости проведения испытаний в наиболее сжатые сроки рекомендуется предусматривать монотонное загружение.

2.20. Нагрузка при испытаниях должна даваться на сваю равномерно, центрально, без ударов, последовательно возрастающими ступенями, величину которых следует принимать по $^1/_4$—$^1/_5$ от ожидаемой несущей способности сваи, принимаемой на основании совместного рассмотрения имеющихся данных ранее проводившихся полевых испытаний свай на площадках с аналогичными инженерно-геологическими мерзлотными условиями и результатов определения

расчетным путем по главе СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах или РСН 41-72. Величину первой ступени допускается принимать в 2 раза больше последующих в пластичномерзлых грунтах и в 3 раза — в твердомерзлых.

2.21. Каждую ступень нагрузки следует выдерживать не менее суток:

на ступенях затухающего деформирования — до условного затухания осадки (перемещения);

на ступенях незатухающей ползучести и прогрессирующего течения — одинаковой продолжительностью, равной продолжительности первой ступени незатухающей ползучести (прогрессирующего течения).

Признаком затухания осадки (перемещения) служит устойчивая тенденция к постоянному уменьшению со временем скорости движения сваи в грунте под неизменяющейся нагрузкой, а критерием условного затухания — величина осадки (перемещения) не более 0,2 мм за последние сутки.

Признаком незатухающей ползучести служит факт движения сваи в грунте под неизменяющейся нагрузкой с примерно постоянной или медленно возрастающей скоростью, прогрессирующего течения— с быстро увеличивающейся скоростью. Показателем незатухающей ползучести или прогрессирующего течения, впервые появившихся в испытаниях на очередной ступени, служит наличие осадок выше указанного критерия в продолжение всей ступени, при этом на первой ступени незатухающего деформирования (прогрессирующего течения) испытания должны быть доведены до осадки не менее чем в 3 раза превышающей величину затухшей осадки (перемещения) на предыдущей ступени — последней ступени затухающего деформирования.

Число ступеней незатухающей ползучести (прогрессирующего течения) рекомендуется назначать от 1 до 3.

2.22. В случае вынужденного перерыва в испытаниях, вызванного крайней необходимостью (поломка домкрата либо другого оборудования или узла испытательной установки, непредвиденный перерыв в снабжении электроэнергией, нехватка наблюдателей и т. д.), допускается вне зависимости от того, закончено испытание на данной ступени или нет, в любой необходимый момент времени произвести полное разгружение сваи (как и в случае прерывистого способа загружения по п. 2.17) с обязательной фиксацией при этом упругой отдачи сваи.

После перерыва испытания должны быть возобновлены в соответствии с программой до их завершения. При этом, если перерыв произошел по окончании ступени, то сваю загружают следующей ступенью нагрузки, если на ступени — то сваю загружают той же нагрузкой и выдерживают под этой нагрузкой до окончания ступени.

2.23. Испытания заканчивают полным разгружением сваи (см. п. 2.17). При этом замеряют величину упругой отдачи сваи.

2.24. В процессе испытаний на каждой ступени должно производиться измерение величин осадки (перемещения) и упругой отдачи сваи (если последняя фиксируется) с точностью не менее 0,1 мм специально предназначенными для этого приборами — измерителями деформаций. Обычно на одной свае устанавливают два прибора симметрично относительно оси сваи. Допускается использование большего числа приборов, если это предусмотрено программой испытаний.

Для измерения осадок (перемещений) и упругих отдач свай в вечномерзлых грунтах рекомендуется применять, как правило, индикаторы часового типа (мессуры) с ходом не менее 10 мм.

Измерительные приборы должны быть защищены от действия прямой солнечной радиации, особенно в весенне-летний период, а также ветра, снега и дождя, для чего программой предусматривается устройство временных укрытий.

2.25. Приборы — измерители деформаций своим корпусом с помощью держателей крепят к специальной планке, расположенной обычно горизонтально, а подвижными стержнями упирают в упоры хомута, укрепленного на свае. Планка должна обладать достаточной жесткостью.

Планку с держателями закрепляют на специально закладываемых в грунтах реперных устройствах или любых других приспособлениях реперного типа, не подверженных морозному выпучиванию, для чего в их конструкции должны быть предусмотрены мероприятия по исключению воздействия на них касательных сил пучения грунта в процессе сезонного промерзания. Реперные устройства должны быть погружены на 3—4 м ниже нижнего конца назначенной к испытаниям сваи и отстоять от нее не менее чем на 1 м.

Реперные устройства вместе со всей системой крепления приборов должны быть изолированы от случайных толчков в процессе работы и не иметь температурных деформаций, искажающих показания приборов — измерителей осадки (перемещения) и упругой отдачи сваи.

Запрещается использовать для крепления планки с приборами, устанавливаемые на дневной поверхности легкие передвижные стойки.

Примеры крепления приборов — измерителей деформаций на реперных устройствах и установки их на сваях даны в прил. 7.

2.26. При наблюдениях за осадками (перемещениями) свай отсчеты по приборам — измерителям деформаций берут перед загружением сваи (нулевой отсчет) и непосредственно после загружения, когда зафиксировано начало действия на сваю заданной величины нагрузки, затем в первые сутки через 5, 10, 15, 30 мин; 1, 1, 3, 6 и 12 ч; во вторые сутки — два раза в сутки, в третьи сутки и более — один раз в сутки.

Для измерения упругой отдачи отсчеты берут непосредственно перед разгружением, сразу же после него и затем через 10 мин до трехкратного повторения одного и того же отсчета.

2.27. Если при непрерывных испытаниях хода приборов — измерителей деформаций не хватает, то разрешается в любой момент произвести без разгружения сваи перестановку приборов в новое положение, взяв отсчет по приборам непосредственно до перестановки и сразу же после нее.

2.28. Величину осадки (перемещения) и упругой отдачи сваи определяют как среднее арифметическое значение показаний двух приборов — измерителей деформаций. Предельно допустимые расхождения в показаниях двух приборов не должны превышать 50% при осадках менее 1 мм, 30% — при осадках от 1 до 5 мм и 20% — при осадках более 5 мм.

2.29. Результаты статических испытаний свай в вечномерзлых грунтах должны заноситься в журнал статических испытаний по установленной форме (см. прил. 8).

К журналу испытаний свай прилагают характеристику грунтов оснований по разрезу контрольной скважины, включая данные о

влажности-льдистости, а также журнал замеров температуры грунта в период испытаний.

2.30. Результаты испытаний каждой сваи должны быть оформлены в виде следующих графиков:

развития осадок (перемещений) сваи под нагрузкой во времени за весь период испытания (сводный график);

зависимости осадки (перемещения) сваи от нагрузки;

развития осадки (перемещения) сваи под нагрузкой во времени на каждой ступени — только для ступеней затухающего деформирования;

зависимости скорости осадки сваи от нагрузки (реологическая кривая) — только для ступеней незатухающей ползучести;

распределения температуры грунта по глубине погружения сваи, как правило, для каждой ступени нагрузки (температурные кривые), в том числе обязательно для ступени нагрузки, соответствующей величине предельного сопротивления сваи или ближайшей к ней;

распределения влажности-льдистости по глубине погружения сваи.

Сводный график развития суммарных осадок сваи во времени может быть выполнен в виде осредненной кривой с указанием величин осадок, полученных на каждой ступени нагрузки. На графиках «нагрузка — осадка», «суммарная осадка — время на ступени» и «нагрузка — скорость осадки», должны быть показаны полученные экспериментальные точки.

3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

3.1. Обработка результатов статических испытаний свай заключается в определении осадки свай под заданной нагрузкой в каждый момент времени по занесенным в журнал статических испытаний показаниям приборов — измерителей деформаций с заполнением соответствующих граф этого журнала и построением графиков по полученным данным испытаний и изысканий.

С использованием построенных графиков в соответствии с рекомендациями настоящего раздела определяются параметры прочности и несущая способность висячих свай в вечномерзлых грунтах, а в пластичномерзлых грунтах дополнительно к этому определяются параметры деформирования и дается прогноз ожидаемых осадок.

3.2. Сводный график «суммарная осадка — время» (рис. 2) и график «нагрузка — осадка» (рис. 3) должны включать в себя ступени как затухающего деформирования, так и незатухающей ползучести (прогрессирующего течения). При этом в случае наличия данных по двум и более ступеням незатухающей ползучести (прогрессирующего течения), а в пластичномерзлых грунтах — в любом случае график «нагрузка — осадка» строится в обычных (см. рис. 3, *а*) и логарифмических (см. рис. 3, *б*) координатах. В твердомерзлых грунтах в случае только одной ступени незатухающей ползучести (прогрессирующего течения) или если испытания ограничены только ступенями затухающего деформирования перестроения графика «нагрузка — осадка» в логарифмических координатах не требуется.

При трех ступенях незатухающей ползучести по данным, полученным только на этих ступенях, должен также строиться график «нагрузка — скорость осадки» (реологическая кривая) (рис. 4). При меньшем числе ступеней незатухающей ползучести реологическая кривая не строится.

В пластичномерзлых грунтах должны строиться графики «суммарная осадка — время на ступени» (рис. 5) для каждой ступени затухающего деформирования, причем обязательно не только в обычных (см. рис. 5, *а*), но и в логарифмических (см. рис. 5, *б*) координатах.

При построении графиков «суммарная осадка — время на ступени» и последующей обработке полученных данных необходимо принимать размерности нагрузки, осадки и времени согласно главе

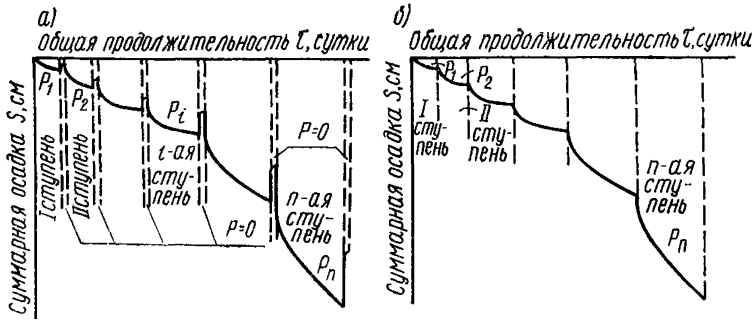

Рис. 2. Сводный график развития суммарных осадок сваи во времени для всех ступеней нагрузок при загружении

а — прерывистом; *б* — монотонном

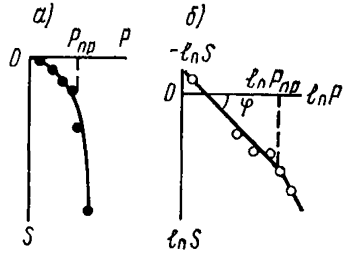

Рис. 3. График зависимости осадки сваи от нагрузки в координатах *а* — обычных; *б* — логарифмических

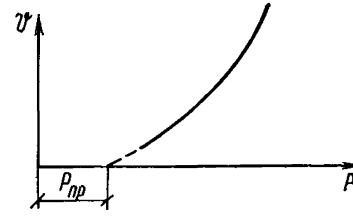

Рис. 4. График зависимости скорости осадки сваи от нагрузки на нее (реологическая кривая)

СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах и РСН 41-72 соответственно кгс, см и сутки. Построение остальных графиков допускается производить с использованием любых размерностей.

Примечание. Построение графиков рекомендуется производить с использованием способа наименьших квадратов, применяемого при обработке экспериментальных данных.

3.3. Сводный график «суммарная осадка — время» (см. рис. 2) строят по графам 8 и 19 журнала статических испытаний свай (см. прил. 8). При построении этого графика в случае прерывистого загружения кривая развития осадок на каждой последующей ступени начинается там, где заканчивается кривая упругой отдачи сваи на предыдущей ступени (см. рис. 2, *а*), в случае монотонного загруже-

ния — там, где заканчивается кривая осадки сваи на предыдущей ступени (см. рис. 2, *б*).

По построенному сводному графику (при необходимости — дополнительно с помощью журнала статических испытаний) устанавливают область затухающего деформирования и область незатухающей ползучести (прогрессирующего течения) с отнесением заданных ступеней нагрузок соответственно к одной из этих областей.

3.4. График «нагрузка — осадка» (см. рис. 3, *а*) строят по графам 11 и 19 журнала статических испытаний свай (см. прил. 8). В случае перестроения графика в натуральных логарифмических координатах (см. рис. 3, *б*) его следует производить непосредственно по полученным экспериментальным точкам, а не по точкам, снятым с осредненной кривой «нагрузка — осадка». При этом в случае двух или трех ступеней незатухающей ползучести (прогрессирующего течения) на логарифмическом графике проводят две прямые, одна из которых проходит через группу точек, полученных на ступенях затухающего деформирования, другая — через группу точек, полученных на ступенях незатухающей ползучести (прогрессирующего течения). В случае только одной ступени незатухающей ползучести (прогрессирующего течения) или отсутствия вообще этих ступеней на логарифмическом графике проводят одну прямую через группу точек, полученных на ступенях только затухающего деформирования.

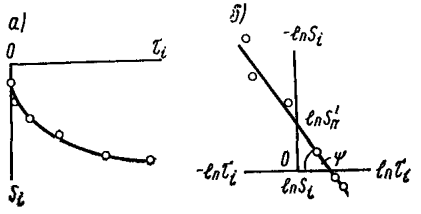

Рис. 5. График развития осадки сваи на ступени во времени в координатах
а — обычных; *б* — логарифмических

Если при построении логарифмического графика начальные точки явно выпадают, то ими можно пренебречь.

3.5. Для построения реологической кривой (см. рис. 4) используют графы 11 и 20 журнала статических испытаний свай (см. прил. 8). При этом значения скоростей осадок в графе 20 журнала устанавливают по кривой ползучести на каждой ступени незатухающей ползучести (см. рис. 2) в стадии установившейся ползучести.

По полученным экспериментальным точкам проводят осредненную реологическую кривую, которую экстраполируют до пересечения с осью P.

3.6. Для построения графиков «суммарная осадка — время на ступени» (см. рис. 5, *а*) используют графы 7 и 19 журнала статических испытаний свай (см. прил. 8). Перестроение этих графиков в натуральных логарифмических координатах (см. рис. 5, *б*), так же как и графиков «нагрузка — осадка» (см. рис. 3, *б*), следует производить непосредственно по полученным экспериментальным точкам, а не по точкам с осредненной кривой «осадка на ступени — время» (см. рис. 5, *а*). При построении логарифмического графика через полученные экспериментальные точки проводят одну прямую. Если не все экспериментальные точки ложатся на одну прямую, то точки начального участка зависимости можно исключить и прямую следует проводить через точки, лежащие на оставшемся участке зависимости «суммарная осадка — время на ступени».

В случае прерывистого или смешанного загружения графики «суммарная осадка — время на ступени», согласно п. 3.3, включают упругую отдачу сваи на предыдущей ступени.

3.7. Полученные графики (см. пп. 2.30, 3.2—3.6) используют для определения несущей способности висячих свай статическим методом (по результатам статических испытаний).

Определение статическим методом несущей способности Φ_0, тс, висячей сваи в вечномерзлых грунтах следует производить по формуле

$$\Phi_0 = \frac{P^н}{k_н k_г}, \qquad (1)$$

где $k_н$ — коэффициент надежности грунтового основания, учитывающий ответственность здания или сооружения, значимость последствий исчерпания несущей способности основания и степень изученности грунтовых условий; значение $k_н$ устанавливается проектирующей организацией и принимается равным не менее 1,2; для зданий и сооружений со сроком службы менее 10 лет допускается принимать равным 1,1;

$k_г$ — коэффициент безопасности по грунту основания, принимаемый равным 1,1;

$P^н$ — нормативное сопротивление, тс, сваи статической нагрузке, определяемое по формуле

$$P^н = k_\theta \cdot P_{пр}, \qquad (2)$$

здесь $P_{пр}$ — полученное из испытания предельно-длительное сопротивление, тс, сваи статической нагрузке при температуре грунта на ступени, равной величине $P_{пр}$ или ближайшей к ней; значение $P_{пр}$ определяется по указаниям пп. 3.8—3.12;

k_θ — коэффициент, учитывающий отличие температуры грунта при испытаниях от максимальной температуры грунта; значение k_θ определяется по формуле

$$k_\theta = \frac{\Phi_1}{\Phi_2}, \qquad (3)$$

где Φ_1 — несущая способность сваи, определенная расчетным методом в соответствии с требованиями СНиП II-Б.6-66 или РСН 41-72 по табличным данным при максимальной температуре вечномерзлого основания;

Φ_2 — то же, при температуре вечномерзлого основания, замеренной в период статических испытаний на ступени, равной величине $P_{пр}$ или ближайшей к ней.

Величина коэффициента k_θ для вечномерзлых грунтов, с которыми сливается слой сезонного промерзания-оттаивания, колеблется в пределах от $k_\theta = 0{,}5$ (в период наибольшего сезонного охлаждения) до $k_\theta = 1$ (в период максимальных температур), с которыми он не сливается, — практически составляет $k_\theta = 1$.

3.8. Значение предельно-длительного сопротивления $P_{пр}$ сваи может быть установлено по полученным данным испытаний различными способами. В зависимости от того, до какой стадии деформирования доведены статические испытания сваи, величину $P_{пр}$ определяют либо непосредственно по первичным результатам испытаний, либо с ис-

пользованием графика «суммарная осадка — время», либо путем совместного использования графиков «суммарная осадка — время», «нагрузка — осадка» и «нагрузка — скорость осадки».

Примечание. При определении предельно-длительного сопротивления сваи по данным испытаний следует иметь в виду, что в случае совместного использования графиков представляется возможным величину $P_{пр}$ принять максимальной для данных мерзлотно-грунтовых условий.

3.9. Величину $P_{пр}$ определяют непосредственно по первичным результатам испытаний, занесенным в журнал статических испытаний (см. п. 2.29 и прил. 8), если испытания свай заканчиваются в области затухающего деформирования, не достигнув незатухающих или прогрессирующих осадок. В этом случае предельно-длительное сопротивление $P_{пр}$ сваи не превзойдено, и за величину $P_{пр}$ условно принимают максимальную нагрузку, заданную на сваю при испытаниях исходя из предположения, что существует вероятность появления незатухающих осадок под нагрузкой, превышающей заданную максимальную.

3.10. Величину $P_{пр}$ определяют по сводному графику «суммарная осадка — время» (см. рис. 2) с одновременным использованием упомянутых в п. 3.9 первичных результатов испытаний, если испытания сваи ограничиваются одной (первой) ступенью незатухающей ползучести или прогрессирующего течения. В этом случае за величину $P_{пр}$ принимают нагрузку на предпоследней по сводному графику ступени, являющейся последней ступенью затухающего деформирования.

3.11. Величину $P_{пр}$ определяют путем совместного использования сводного графика «суммарная осадка — время» (см рис. 2) и графика «нагрузка — осадка» (см. рис. 3), если испытания сваи включают в себя две ступени нагрузки в области незатухающей ползучести или прогрессирующего течения. В этом случае величина $P_{пр}$ принимается равной предельно-длительному сопротивлению сваи и определяется через ее натуральный логарифм $\ln P_{пр}$ на логарифмическом графике «нагрузка — осадка» точкой перелома спрямленной кривой (см. рис. 3, *б*).

Полученную величину предельно-длительного сопротивления $P_{пр}$ следует проконтролировать по сводному графику «суммарная осадка — время» (см. рис. 2): она должна получиться между последней ступенью затухающего деформирования и первой ступенью незатухающей ползучести. Если величина $P_{пр}$ получается за этими пределами, то ее следует принимать равной величине нагрузки на последней ступени затухающего деформирования.

3.12. Величину $P_{пр}$ определяют путем совместного использования сводного графика «суммарная осадка — время» (см. рис. 2) и графиков «нагрузка — осадка» (см. рис. 3) и «нагрузка — скорость осадки» (см. рис. 4), если испытания сваи включают в себя три ступени нагрузки в области незатухающей ползучести. В этом случае величину $P_{пр}$ определяют как по графику «нагрузка — скорость осадки» $v=f(P)$ в точке пересечения экстраполированной реологической кривой с осью P (см. рис. 4), так и по рекомендациям п. 3.11; из двух этих величин принимается меньшая.

Полученную величину следует проконтролировать по сводному графику «суммарная осадка — время» в соответствии с рекомендациями п. 3.11.

3.13. В пластичномерзлых грунтах в соответствии с требованиями главы СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на

вечномерзлых грунтах и РСН-41-72 окончательную величину несущей способности свай устанавливают в результате расчета по деформациям исходя из недопущения появления за срок эксплуатации здания или сооружения таких величин деформаций, которые могут превысить предельно допустимую нормами величину совместной деформации основания и здания или сооружения, соответствующую пределу эксплуатационной пригодности здания или сооружения по технологическим или архитектурным требованиям.

Расчет по деформациям производят под нормативной нагрузкой на сваю от здания или сооружения по рекомендациям п. 3.14. Если этот расчет не удовлетворяется, то либо величину несущей способности сваи уменьшают до значения, удовлетворяющего в результате повторных расчетов методом последовательного приближения нормативные требования расчета по деформациям, либо в конструкции здания или сооружения предусматривают специальные конструктивные мероприятия, обеспечивающие восприятие конструкцией повышенных осадок.

Учет результатов расчета по деформациям на основе прогноза ожидаемых осадок свай для окончательного установления их несущей способности показан в прил. 9.

Примечание. Если нормативная нагрузка в программе испытаний не задана, то ее определяют в соответствии с указаниями главы СНиП по нагрузкам и воздействиям через заданную расчетную нагрузку. Если последняя также не задана, то в расчет вводят максимально возможную величину ее, принимаемую равной несущей способности сваи, определенной по рекомендациям пп. 3.7—3.12.

3.14. Ожидаемую полную осадку S, см, сваи определяют с использованием обобщенных параметров, полученных в результате проведения предусмотренных настоящим Руководством стандартных статических испытаний свай и характеризующих деформативность системы «свая — грунт», по формуле

$$S = k_1 u B \left(\frac{N^{н}}{ul}\right)^{a}, \qquad (4)$$

где k_1 — коэффициент, равный 1 кгс$^{1-a}$, см$^{2(a-1)}$;

$N^{н}$ — нормативная нагрузка на сваю, кгс;

u — периметр поперечного сечения испытанной сваи, см;

l — длина участка испытанной сваи, контактировавшего своей боковой поверхностью с грунтом основания, см;

a — коэффициент упрочнения (безразмерный), определяемый по рекомендациям п. 3.15;

B — коэффициент реологической сжимаемости грунта, см^2/кгс, определяемый по формуле

$$B = k_2 \left(\frac{\tau^{\alpha a}}{\zeta_1^{a}} + \frac{\tau_{р}^{\alpha a} - \tau^{\alpha a}}{\zeta_2^{a}}\right), \qquad (5)$$

где k_2 — коэффициент, равный 1 кгс$^{a-1}\cdot$сут$^{a(1-\alpha)}\cdot$см$^{2(1-a)}$;

τ — продолжительность установления стационарного многолетнего теплового режима в основании здания в сутках, принимаемая для пластичномерзлых грунтов, с которыми слой сезонного промерзания-оттаивания сливается, 730 сут,

с которыми он не сливается — равной продолжительности смыкания многолетнего промерзания с вечномерзлым грунтом, устанавливаемой по теплотехническому расчету (п. 3.18). При $\tau > \tau_р$ в формуле (5) принимать $\tau = \tau_р$;

$\tau_р$ — расчетный срок эксплуатации здания или сооружения, сут;

α и ζ — параметры деформирования, первый из которых безразмерный, а второй имеет размерность кгс·сут/см², определяемые по рекомендациям соответственно пп. 3.16 и 3.17.

3.15. Коэффициент упрочнения a (безразмерный) определяют из графика $P=f(S)$, перестроенного в логарифмических координатах (см. рис. 3, *б*), как тангенс угла φ наклона прямой верхнего участка графика $\ln P$—$\ln S$ к оси $\ln P$, подсчитанный через отложенные по осям графика величины логарифмов:

$$a = \operatorname{tg} \varphi. \tag{6}$$

3.16. Параметр деформирования α (безразмерный) определяют как среднюю величину параметров α_i, полученных непосредственно по результатам испытаний на i-х ступенях только затухающего деформирования.

Величины α_i определяют из полученных на этих ступенях графиков $S_i=f(\tau_i)$, перестроенных в логарифмических координатах (рис. 5, *б*), через тангенс угла ψ_i наклона прямой $\ln S_i$—$\ln \tau_i$ к оси $\ln \tau_i$ по формуле

$$\alpha_i = \frac{\operatorname{tg} \psi_i}{a}, \tag{7}$$

где a — коэффициент упрочнения, определяемый в соответствии с п. 3.15;

$\operatorname{tg} \psi_i$ — тангенс угла наклона i-го логарифмического графика, подсчитанный через отложенные на осях величины логарифмов.

3.17. Параметры деформирования ζ_1 (только для вечномерзлых грунтов, с которыми сливается слой сезонного промерзания-оттаивания) и ζ_2, кгс·сут/см², определяют по формуле

$$\zeta_{1,2} = \zeta' \left(\frac{|t_{1,2}| + 1}{|t_и| + 1} \right)^{0,9}, \tag{8}$$

где t_1 — значение исходной (в естественных условиях) температуры, °С (без учета знака), пластичномерзлого грунта, с которым слой сезонного промерзания-оттаивания сливается, принимаемое равным температуре грунта на глубине нулевых годовых амплитуд (10—15 м в зависимости от климатических и физико-географических условий местности);

t_2 — значение среднемноголетней температуры грунта, °С (без учета знака), установившейся в основании здания в процессе его эксплуатации по истечении времени τ (τ — см. обозначение к формуле (5) п. 3.14);

$t_и$ — средняя за время испытаний величина осредненной по длине участка l сваи температуры грунта, °С (l — см. обозначение к формуле (4) п. 3.14);

ζ' — исходный параметр деформирования, кгс·сут/см², полученный при температуре $t_и$ как средняя величина параметров ζ'_i, полученных на i-х ступенях только затухающего дефор-

мирования и определяемых выражением

$$\zeta_i' = \frac{k_3 \tau_1^{\alpha} P_i}{ul} \sqrt[a]{\frac{u}{S_i'}}, \qquad (9)$$

здесь k_3 — коэффициент, равный 1 сут$^{1-\alpha}$;

P_i — нагрузка, кгс, на i-й ступени;

S_i' — осадка сваи, см, на i-й ступени по истечении первой единицы времени;

τ_1 — продолжительность первой единицы времени, равная 1 сут.

Остальные обозначения см. к формуле (4) в п. 3.14.

Величину ζ_i' практически определяют из графиков $S_i = f(\tau_i)$, перестроенных в логарифмических координатах, по выражению

$$\ln \zeta_i' = \ln P_i + \frac{1-a}{a} \ln u - \ln l - \frac{1}{a} \ln S_i', \qquad (10)$$

где $\ln S_{oi}$ — величина логарифма, взятого со своим знаком в точке пересечения спрямленного графика $\ln S_i - \ln \tau_i$ с осью $\ln S_i$ (см. рис. 5, *б*).

Остальные — см. обозначения к формуле (9).

Для вечномерзлых грунтов, с которыми слой сезонного промерзания-оттаивания не сливается, значение параметра ζ_1 принимают равным ξ'; обозначение ξ' дано к формуле (8).

3.18. Для вечномерзлых грунтов, с которыми слой сезонного промерзания-оттаивания не сливается, величина продолжительности τ установления стационарного многолетнего теплового режима в основании зданий и сооружений в процессе их эксплуатации определяется практически продолжительностью смыкания многолетнего промерзания с вечномерзлым грунтом. Эта величина может быть принята по результатам проводившихся ранее наблюдений или по другим имеющимся данным в аналогичных мерзлотно-грунтовых условиях данного района. Допускается величину τ, сут, определять по формуле

$$\tau = \frac{\rho W \gamma_м l b^2}{24 \lambda_м t_0'}, \qquad (11)$$

где ρ — удельная теплота плавления льда, принимаемая равной 80 000 ккал/тс;

W — суммарная влажность грунта в долях единицы (безразмерная);

$\gamma_м$ — объемный вес скелета мерзлого грунта, тс/м^3;

b — ширина здания, м;

l — безразмерный параметр, определяемый по номограмме на рис. 6 через отношение величин H/b, где H — глубина, м, залегания (от дневной поверхности) верхней поверхности вечномерзлых грунтов;

$\lambda_м$ — коэффициент теплопроводности мерзлого грунта, ккал/(м×ч·°С), принимаемый по главе СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах;

t_0' — среднемноголетняя температура, °С, поверхности грунта в подполье, назначаемая в соответствии с требованиями главы

СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах.

3.19. Несущую способность Ф проектируемых свай фундамента определяют через полученную в результате полевых испытаний несущую способность опытных (контрольных) свай по формуле

$$\Phi = k_c \Phi_0, \qquad (12)$$

где Φ_0 — несущая способность опытной (контрольной) сваи, полученная в результате полевых испытаний ее;

k_c — коэффициент совместного влияния различных факторов, определяемый по формуле

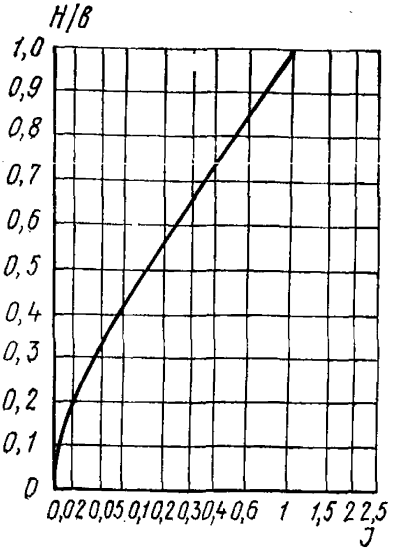

Рис. 6. Номограмма для вычисления *J*

$$k_c = \frac{\Phi_p}{\Phi_{0,p}}, \qquad (13)$$

где Φ_p и $\Phi_{0,p}$ — несущие способности соответственно проектируемой и опытной (контрольной) свай, определяемые расчетным путем согласно главе СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах или РСН 41-72 с использованием табличных данных сопротивления грунтов основания свайных фундаментов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПЕРЕЧЕНЬ СВАЙ, ПОДЛЕЖАЩИХ ИСПЫТАНИЯМ НА ОБЪЕКТЕ _____

(ФОРМА)

(наименование объекта)

№ сваи	Материал сваи, его тип, марка	Размеры свай				Продольные стержни арматуры		Модуль упругости материала, кгс/см²	Вес сваи, тс	Назначение сваи (опытная или контрольная)	Примечание
		габаритная длина, м	длина острия, м	размеры поперечного сечения, см	площадь поперечного сечения, см²	число и диаметр, мм	общая площадь поперечного сечения, см²				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРУНТА

1. Для измерения температуры грунта могут применяться связки из ртутных или спиртовых вытяжных заленивленных термометров, электрических термометров сопротивления, термистров, термопар и т. д. Применяемые электрические температурные датчики могут быть вытяжного типа или установлены постоянно.

2. При погружении опытных и анкерных свай в скважину, диаметр которой больше максимального размера поперечного сечения сваи, с заливкой в нее грунтового раствора, в ту же скважину допускается устанавливать стальные термометрические трубы диаметром 50—100 мм. При испытании забивных и бурозабивных свай термометрические трубы устанавливаются в пробуренные скважины или забиваются в непосредственной близости от опытных свай. Места расположения термометрических труб следует назначать в соответствии с требованиями п. 1.18 настоящего Руководства.

Нижний заваренный конец термометрической трубы оборудуется водонепроницаемой заглушкой (или заваривается), а верхний — крышкой на резьбе. Верхний конец трубы выводится на 0,5—0,8 м над поверхностью грунта.

3. Связки опускаются в термометрические трубы и выдерживаются не менее суток до снятия отсчетов. Во избежание влияния температуры наружного воздуха труба на время выдержки закрывается пробкой.

4. Ртутные термометры, применяемые для измерения температуры грунта, предварительно заленивливаются — заключаются в специальную оправу, диаметр которой больше диаметра термометра, наполненную теплоизолирующим материалом. Обычно применяются стеклянные ртутные трубчатые термометры, предусмотренные соответствующими ГОСТами.

5. Электротермометрические датчики, проволочные или полупроводниковые, должны подключаться к регистрирующему прибору через разъем, который необходимо перед подключением осмотреть и очистить. Соединительные провода и места подпайки к ним датчиков должны иметь надежную гидроизоляцию. Электротермоизмерительная система должна давать погрешность, не превышающую $\pm 0{,}1°$ С.

6. Измерения температуры грунта рекомендуется начинать непосредственно после погружения опытных или контрольных свай, а при наличии анкерных свай — также и после их погружения, и проводить до конца испытаний.

7. Распределение датчиков в связке по вертикали должно определяться требованиями п. 1.18 настоящего Руководства к расположению точек температурных замеров по глубине.

8. Максимальная температура грунта и глубина слоя сезонного промерзания-оттаивания берутся из материалов многолетнего ряда наблюдений на объектах, где такие наблюдения проводились не менее 10 лет. При отсутствии данных для обычных гражданских зданий производится расчет этих величин по указаниям главы СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах.

Для зданий с повышеным тепловыделением и увеличенными размерами в плане максимальная температура около свай определяется расчетом.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ СВАЙ С ПОМОЩЬЮ РАСПОРНОЙ УСТАНОВКИ

1. К работе с распорной установкой допускаются лица, прошедшие в обязательном порядке инструктаж в соответствии с настоящими рекомендациями.

2. Подходить к распорной установке ближе 5 м разрешается только после тщательного внешнего осмотра установки, убедившись в ее нормальном эксплуатационном состоянии (опоры не дали заметной осадки, установка не имеет перекоса и положение балласта на ней по сравнению с предыдущим осмотром не изменилось).

3. В случае явного перекоса установки или обнаружения сдвижки блоков на ней необходимо срочно сообщить об этом ответственному лицу.

4. Входить под загрузочное устройство разрешается после того, как наблюдатель путем внешнего осмотра убедится в нормальном эксплуатационном состоянии распорной установки.

5. При входе под загрузочное устройство необходимо в первую очередь обратить внимание на работу электродвигателя. Если электродвигатель работает безостановочно, то его необходимо немедленно отключить рубильником.

6. После этого необходимо проверить давление в домкрате по манометру и, если оно превышает заданное, немедленно перепускным клапаном домкрата плавно уменьшить до заданного.

7. Необходимо взять отсчеты по мессурам или другим измерителям перемещений.

8. Следует проверить работу электроконтактного манометра, пускателя и домкрата, а также состояние опорного (поперечного) пакета и в случае их неисправности немедленно доложить ответственному лицу.

9. Если не имеется возможности сразу же устранить неисправность (нет возможности немедленно связаться с ответственным лицом, поломка требует серьезного ремонта и т. д.), то необходимо полностью разгрузить сваю, сбросив давление до нуля, и проследить упругую отдачу сваи.

10. После ликвидации неисправности можно включить рубильник и вновь запустить установку.

11. Следует регулярно проверять состояние опор под распорной установкой, обращая особое внимание, насколько и как они вдавились в грунт, и докладывать об этом в рабочем порядке ответственному лицу.

12. В случае обнаружения неисправности перед уходом следует вторично взять отсчеты по мессурам независимо от того, устранена неисправность или нет.

13. При безаварийной работе распорной установки вторичный, перед уходом, отсчет по мессурам необходимо делать также после измерения температуры грунта термометрами или другими датчиками температуры вытяжного типа с использованием анкерных устройств для крепления мессур (например, обсадных труб в скважинах, используемых одновременно для температурных замеров).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

МЕТОДИКА УСКОРЕННЫХ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ

1. Для получения сопоставимых результатов испытания свай должны проводиться в мерзлотно-грунтовых условиях, сходных с условиями испытаний других свай, проводящихся по стандартной методике.

2. Испытания свай по ускоренной методике рекомендуется вести параллельно с испытаниями других свай, проводящихся по стандартной методике, начиная их через 15 дней после начала испытаний свай по стандартной методике.

Примечание. Продолжительность ускоренного испытания в зависимости от величины максимальной нагрузки и появления незатухающей осадки может составлять одну-две недели.

3. Время выдерживания сваи под нагрузкой на каждой ступени, в отличие от испытаний по стандартной методике, составляет 1 сут вне зависимости от величины затухания осадки, а при появлении незатухающей осадки — 2 сут.

4. По результатам испытаний строят все необходимые графики, предусмотренные в пп. 2.30, 3.1 и 3.2 настоящего Руководства, за исключением реологической кривой (см. рис. 4), построение которой невозможно в связи с малой продолжительностью ступеней.

5. В расчет несущей способности сваи, испытанной по ускоренной методике, вводится коэффициент пересчета на длительную прочность мерзлых грунтов $k_{дл}$, принимаемый равным 0,65.

6. Определение несущей способности свай по данным ускоренных испытаний производится по формулам (1) и (2), предельное сопротивление сваи $P_{пр}$ в которых принимается по формуле

$$P_{пр} = k_{дл} P'_{пр},$$

где $k_{дл}$ — коэффициент пересчета на длительную прочность мерзлых грунтов, принимаемый равным 0,65;

$P'_{пр}$ — условно предельное сопротивление сваи, полученное по результатам ускоренных испытаний и определяемое так же, как при стандартных испытаниях; определение величины $P'_{пр}$ — см. пп. 3.8—3.12.

7. При сопоставлении результатов испытаний свай по ускоренной методике с параллельным испытанием свай по стандартной методике в случае доведения тех и других испытаний до незатухающих осадок производится корректировка величины коэффициента $k_{дл}$ на основе накопления опытных данных для конкретных мерзлотно-грунтовых условий.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ УСТАНОВОК И УЗЛОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СВАЙ ПО РАЗЛИЧНЫМ СХЕМАМ ЗАГРУЖЕНИЯ СТАТИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

1. На рис. 7—14 даны примеры конструктивных решений установок и узлов различных типов и модификаций для испытания свай вдавливающими и выдергивающими нагрузками по различным схе-

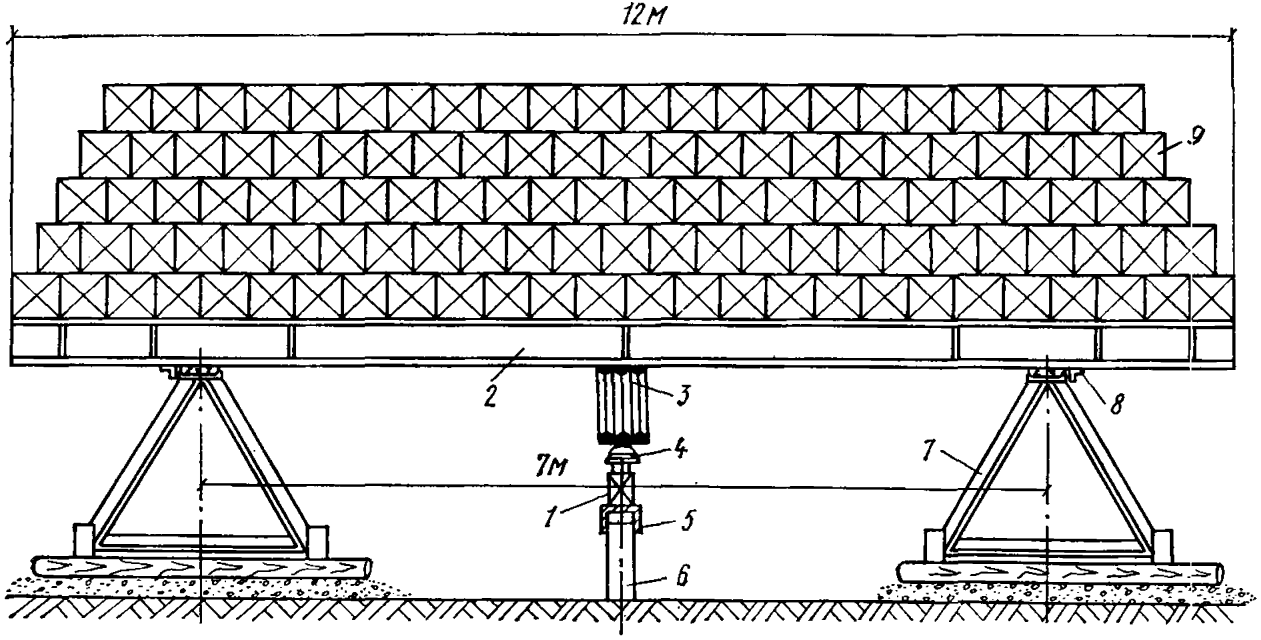

Рис. 7. Распорная установка для испытания свай вдавливающей статической нагрузкой до 200 тс с передачей реактивных усилий на вышерасположенный балласт

1 — гидравлический домкрат; *2* — грузовые пакеты (прогоны) опорной рамы из двух двутавровых балок № 45-50; *3* — распределительный пакет (поперечина) опорной рамы из трех двутавровых балок № 55; *4* — пята опорная; *5* — наголовник с деревянной прокладкой; *6* — свая; *7* — инвентарная опора; *8* — фиксатор; *9* — балласт (инвентарные блоки, железобетонные сваи и пр.)

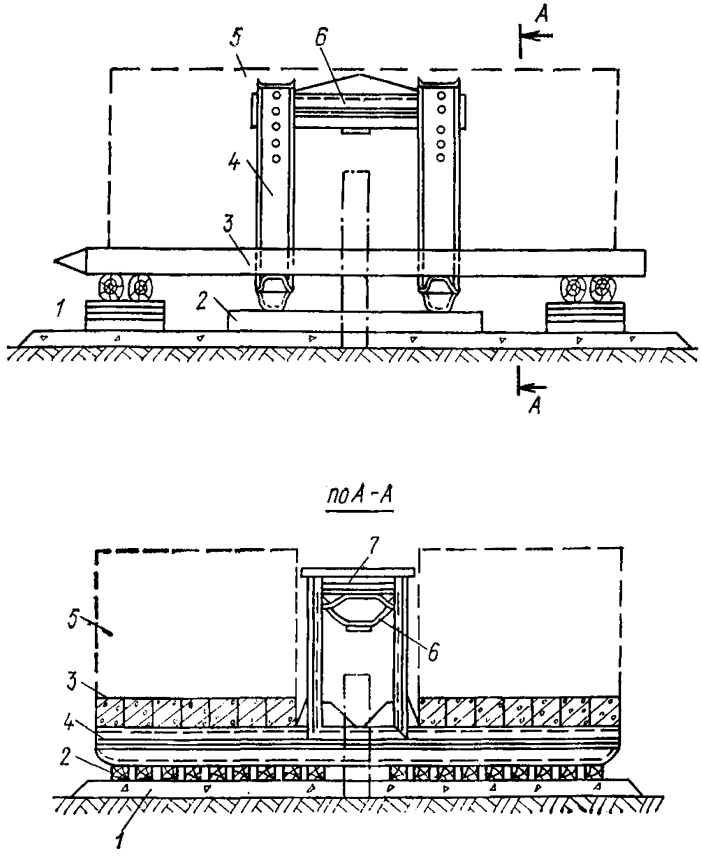

Рис. 8. Схема распорной установки для испытания свай вдавливающей статической нагрузкой до 50—70 тс с передачей реактивных усилий на рядом расположенный балласт

1 — выравнивающая насыпь; *2* — лежни; *3* — железобетонные сваи; *4* — грузовая площадка, сваренная из стальных шпунтин; *5* — съемные грузы (бетонные блоки или железобетонные сваи); *6* — распределительная балка; *7* — переставной упорный палец

мам загружения — распорной, рычажной или загрузочной платформы.

2. Распределительные пакеты (балки), передающие давление от домкрата на балласт или к анкерным сваям, изготовляются преимущественно из стального проката больших номеров с усилением в соответствии с геометрическими размерами запроектированной установки и рассчитываются по прочности. Расчет балок по деформациям не производится.

Особое внимание должно быть обращено на места приложения сосредоточенных нагрузок от домкрата и шарнирных опор, вызывающих большие местные напряжения в стенках балок и требующие соответствующего усиления поперечными ребрами жесткости.

3. В распорных установках с анкерными сваями узлы сопряжения распределительных балок с анкерными сваями могут выполнять-

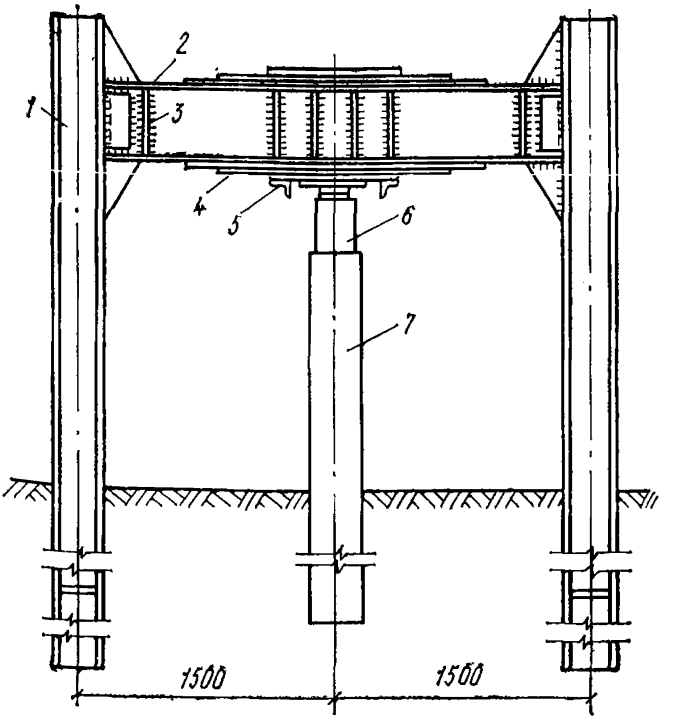

Рис. 9. Распорная установка для испытания свай вдавливающей статической нагрузкой до 100 тс с передачей реактивных усилий на анкерные сваи. Вариант сварного сопряжения распределительной балки с анкерными сваями

1 — анкерная свая из двутавровой балки № 30; *2* — распределительная балка из двутавра № 55; *3* — ребро 60×8; *4* — накладка 10 мм; *5* — уголок 100×100×10; *6* — гидродомкрат; *7* — опытная свая

ся болтовыми или сварными при металлических и железобетонных сваях с закладными металлическими деталями (см. рис. 9), а также в виде сборных инвентарных устройств (см. рис. 10).

4. При использовании домкратов мощностью 200 т примеры конструктивных решений шарнирных опор и распределительных балок для нагрузки 200 т показаны на рис. 12, *а*. При отсутствии домкратов мощностью 200 т можно применять два домкрата 100-тонной грузоподъемности. Перекосы, контролируемые по измерителям деформаций, располагаемым в этом случае по диаметру, параллельному оси распределительной балки (см. рис. 12, *б*), должны выравниваться подкачкой давления в домкратах независимо от несовпадения отсчетов по манометрам. Нагрузка на сваю принимается суммарной от обоих домкратов.

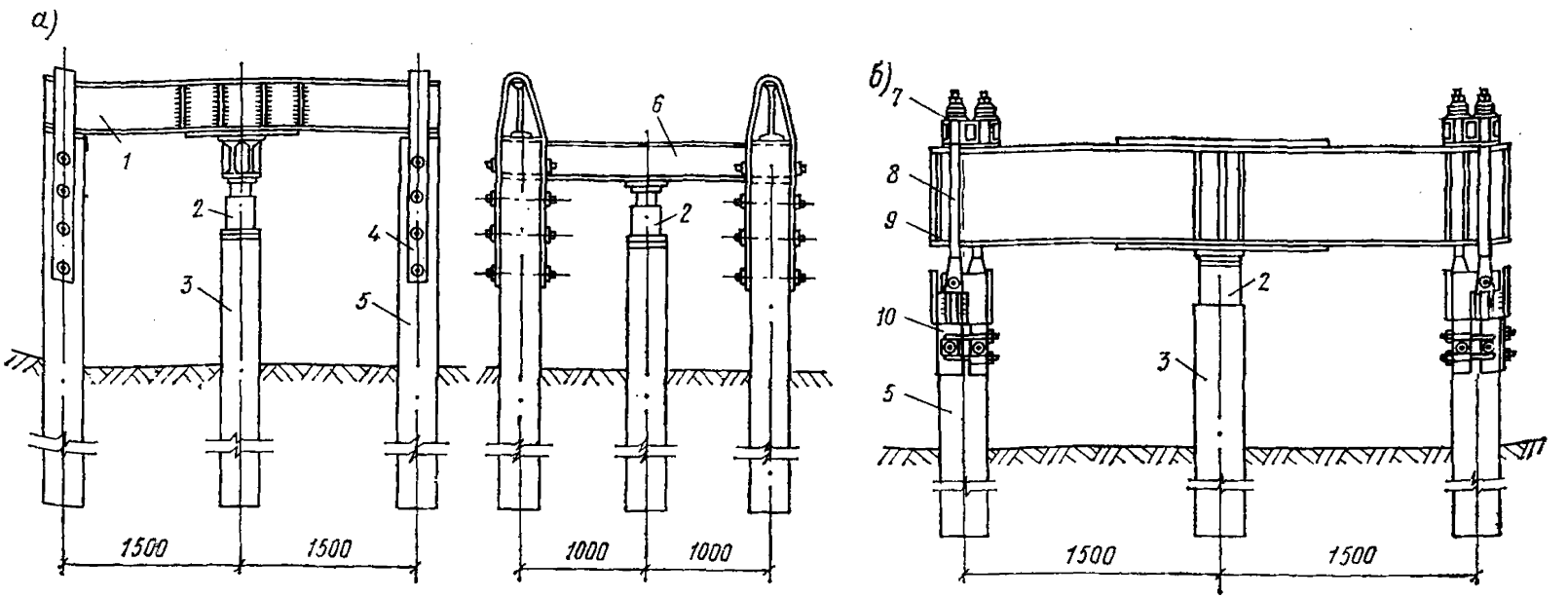

Рис. 10. Распорная установка для испытания свай вдавливающей статической нагрузкой до 100 тс с передачей реактивных усилий на анкерные сваи. Вариант сборного сопряжения распределительной балки с анкерными сваями для случаев применения

а — хомутов; *б* — тяжей; *1* — анкерная балка из двутавра № 55; *2* — гидродомкрат; *3* — опытная свая; *4* — хомут 140×12; *5* — железобетонная анкерная свая; *6* — распределительная балка из двух двутавровых балок № 55; *7* — шарнирный узел; *8* — шарнирная тяга; *9* — анкерная балка из двух двутавровых балок № 55; *10* — захват

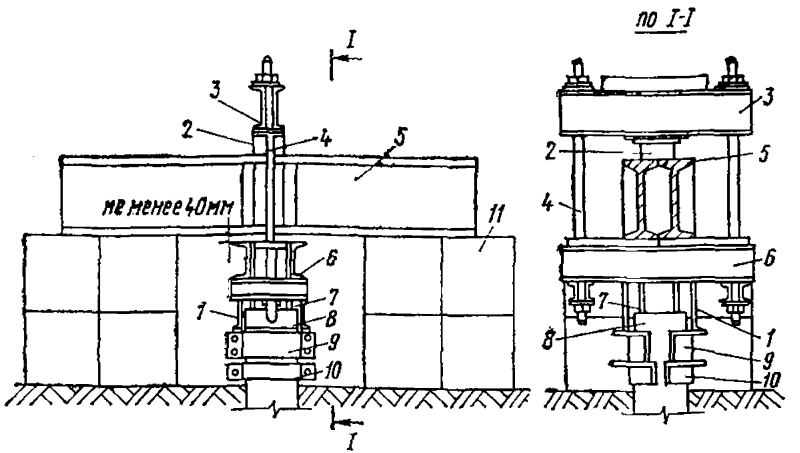

Рис. 11. Распорная установка для испытания свай выдергивающей статической нагрузкой до 50 тс

1 — прут диаметром 20 мм длиной 500 мм; *2* — гидравлический домкрат; *3* — верхний распределительный пакет из двух двутавровых балок № 18; *4* — шпилька диаметром 40 мм, длиной 1400 мм; *5* — опорная балка из двух двутавровых балок № 45; *6* — нижний распределительный пакет из двух двутавровых балок № 18; *7* — арматура сваи; *8* — тело сваи; *9* — хомут для тягового устройства; *10* — хомут для измерителей перемещений; *11* — опорные блоки

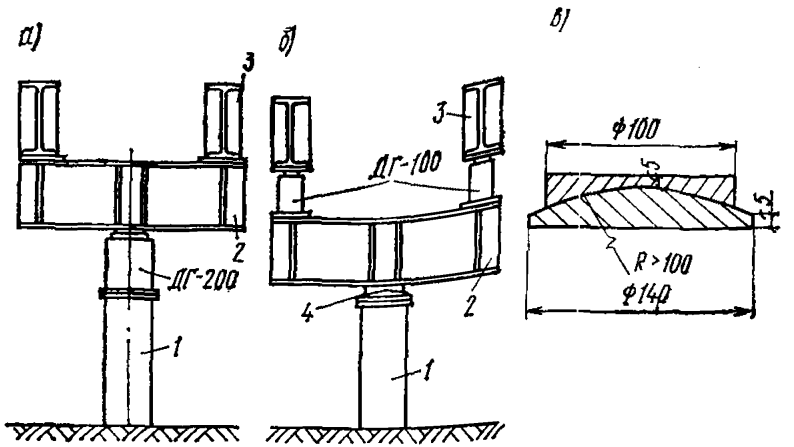

Рис. 12. Схема расположения распределительной балки и шарнирной опоры при испытаниях по распорной схеме

а — для домкрата ДГ-200; *б* — для двух домкратов ДГ-100; *в* — разрез шарнирной опоры; *1* — опытная свая; *2* — распределительная балка; *3* — анкерная балка; *4* — шарнирная опора

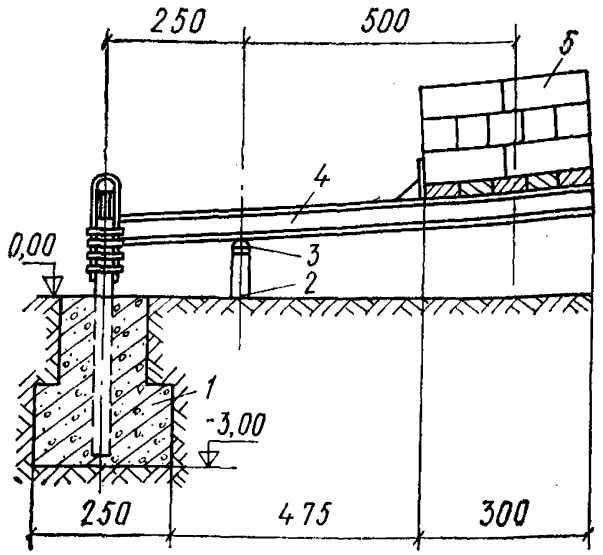

Рис. 13. Рычажная схема загружения свай статической нагрузкой

1 — анкерное устройство (может быть выполнено в свайном варианте); *2* — свая; *3* — шарнирная опора; *4* — тарированный рычаг; *5* — тарированный груз

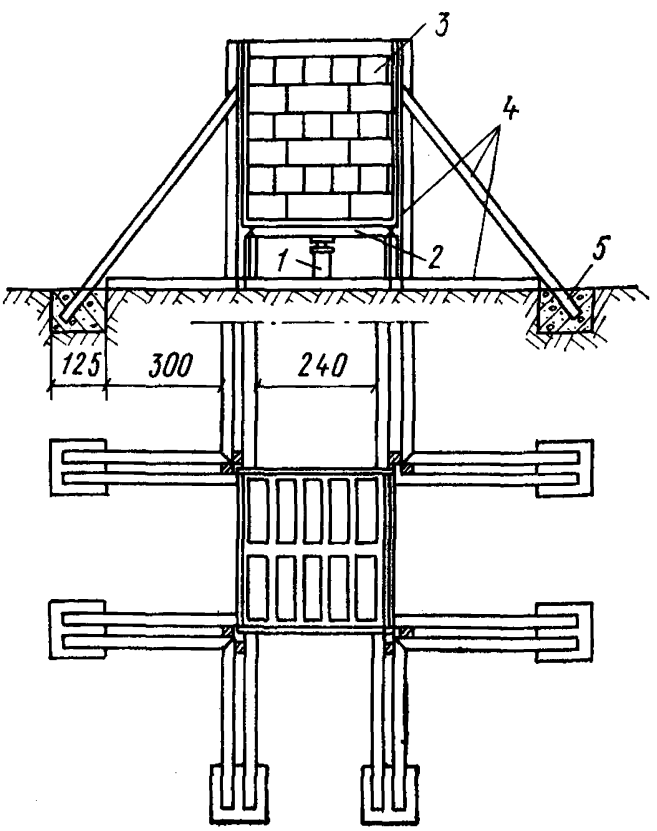

Рис. 14. Схема загрузочной платформы для загружения свай статической нагрузкой

1 — свая; *2* — тарированная загрузочная платформа; *3* — тарированный груз; *4* — раскрепляющий брус 15×20 или 20×20; *5*—анкеры (мертвяки)

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНОГО ГИДРОСИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ

1. Наиболее употребительные марки выпускаемых промышленностью гидравлических домкратов грузоподъемностью 100—200 т характеризуются следующими основными параметрами, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Наименование параметра	Единица измерения	Величина параметра для марок	
		ДГ-200-2	ДГ-100-2
Максимальное развиваемое усилие	тс	209	109
Привод	—	От насосных станций НСР-400М или НСП-400М	
Максимальное давление жидкости	атм	400	400
Диаметр поршней	мм	150, 210	110, 150
Диаметр штока	»	50	40
Сила давления при давлении жидкости в 1 атм	тс	0,523	0,272
Ход поршня (максимальная высота подъема)	мм	155	155
Диаметр опоры	»	130	100
Габаритные размеры:			
длина	»	427	367
ширина	»	260	192
высота (с опущенным поршнем)	»	370	315
Вес	кгс	110	55

2. Рукава высокого давления, служащие для подачи масла от насосной станции к домкрату, должны иметь длину, достаточную для установки насосной станции вне зоны реперного устройства и обеспечить ее нормальную работу. При необходимости изготовления дополнительных звеньев линий высокого давления следует руководствоваться ГОСТом по резиновым рукавам высокого давления, содержащим сортамент рукавов, выпускаемых отечественной промышленностью. Конструкция узла соединения рукавов, доступная для изготовления на простейшем станочном оборудовании, дана на рис. 15.

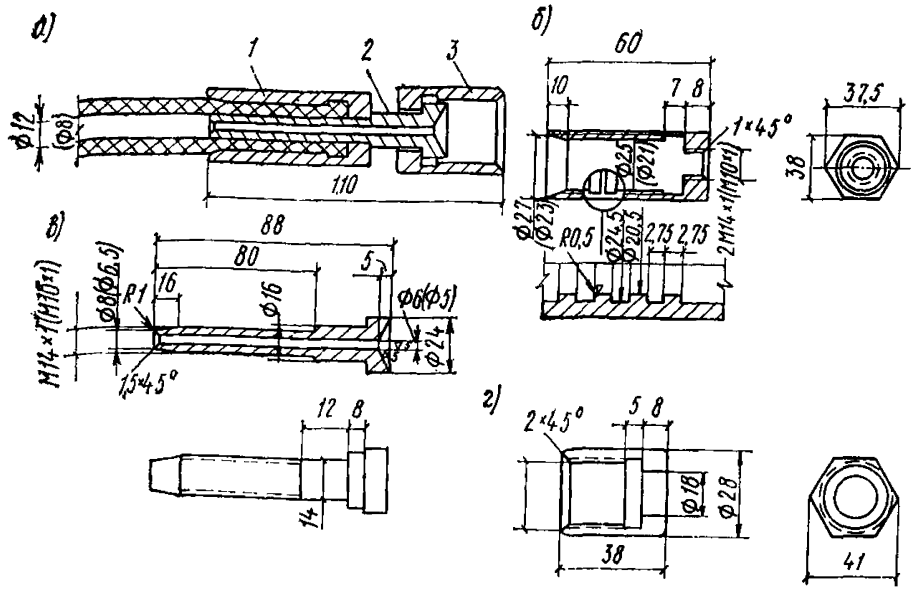

Рис. 15. Узел соединения рукавов высокого давления

а — в сборе; *б* — 1-я деталь узла; *в* — 2-я деталь узла; *г* — 3-я деталь узла; *1, 2, 3* — детали узла

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ ПРИБОРОВ-ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ СВАЙ

1. Приборы-измерители деформаций (индикаторы часового типа, прогибомеры и др.) устанавливаются на кронштейнах (держателях), закрепленных на реперном устройстве. Жесткость кронштейнов (дер-

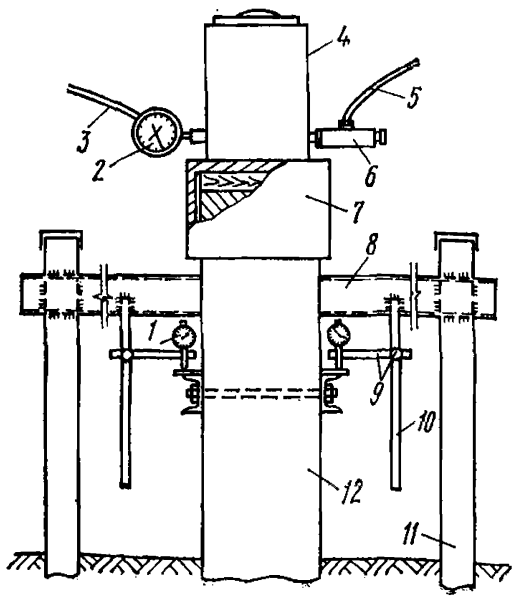

Рис. 16. Схема крепления и установки на свае индикаторов часового типа (мессур)

1 — мессура; *2* — электроконтактный манометр; *3* — соединительные провода к магнитному пускателю; *4* — домкрат; *5* — шланг к насосной станции НСП-400М; *6* — запорный клапан; *7* — наголовник; *8* — балка реперной системы; *9* — мессуродержатель; *10* — стержень реперной системы для крепления мессуры; *11* — репер; *12* — свая

жателей), так же как и других элементов и узлов реперной системы, должна обеспечивать незыблемость индикаторов или прогибомеров при возможном случайном прикосновении.

2. Следует учитывать, что осадка сваи может превышать ход индикаторов часового типа (мессуры), поэтому в конструкции узла крепления мессуры необходимо предусматривать возможность ее перестановок. На рис. 16 показана схема крепления на реперной систе-

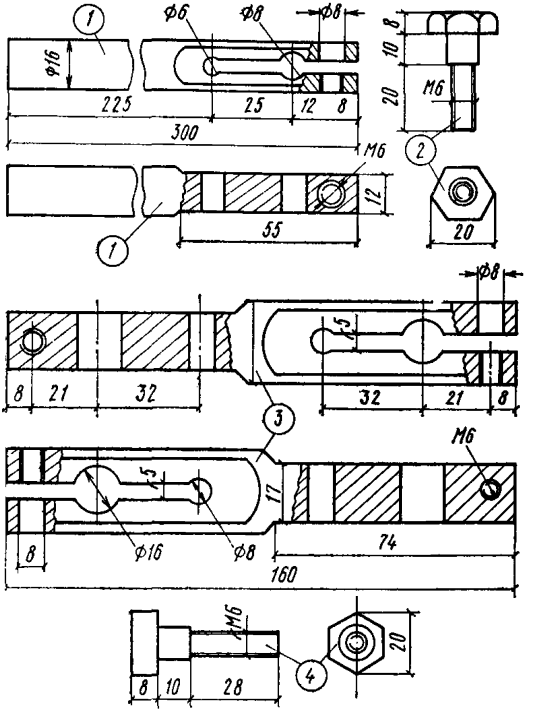

Рис. 17. Конструкция мессуродержателя с регулировкой положения мессуры в любых направлениях

1 — приборное звено; *2* — болт М6 длиной 38 мм для приборного звена; *3* — реперное звено; *4* — болт М6 длиной 46 мм для реперного звена

ме и установки мессуры на свае, где это требование удовлетворено. На рис. 17 приведена конструкция мессуродержателя для испытаний свай, позволяющая регулировать положение мессуры как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости и обеспечивающая установку мессуры строго вертикально в требуемой точке.

3. Установка прогибомеров для измерения осадки сваи должна производиться на специальной реперной системе (рис. 18) и выполняться в точном соответствии с паспортными данными прибора (диаметр струны, величина груза и т. п.).

Наилучшая схема установки прогибомера показана на рис. 19, *а* (см. стр. 41). Прогибомер устанавливается на кронштейне, жестко

связанном с опытной сваей. Верхний конец струны закрепляется к консоли реперной установки так, чтобы струна шла по одной вертикальной прямой с нижним концом, к которому подвешивается груз. Отсутствие промежуточных роликов дает минимальные искажения. Эта схема требует значительной свободной высоты около опытной сваи, что не всегда удобно.

Схемы на рис. 19, *б*, *в* позволяют разместить прогибомеры с грузами более компактно, однако равнодействующая от наложения

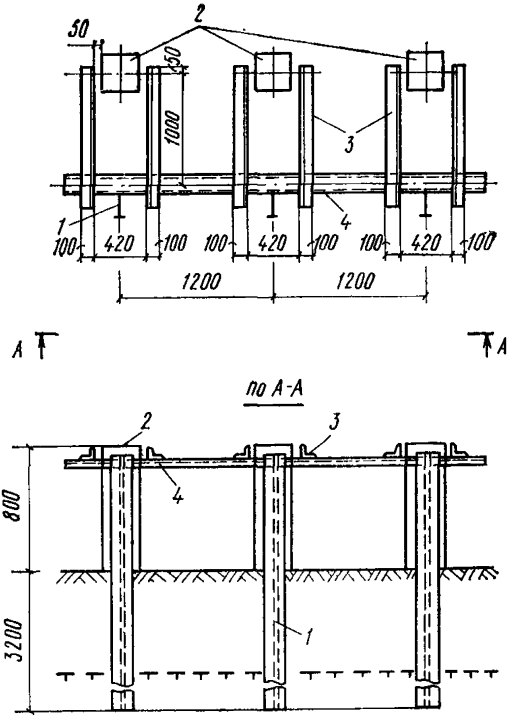

Рис. 18. Схема реперной системы для прогибомеров

1 — реперная свая из двутавровой балки № 18; *2* — опытные сваи; *3* — кронштейн из уголка 100×100×10; *4* — швеллер № 14-16

струны, направленная перпендикулярно к оси роликов, вызывает тормозящую силу трения, соизмеримую с силой, вызывающей заметное удлинение струны. Вследствие указанных причин предпочтительно применять схему рис. 19, *б* и только в случаях необходимости — схему рис. 19, *в*. Дополнительные ролики, устанавливаемые для измерения направления струны, рекомендуется выполнять на шарикоподшипниках.

При нарушении перечисленных требований, а также при отсутствии надлежащей чистоты и смазки прогибомеры работают рывками с большой неравномерностью, существенно искажающей истинный ход осадки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

ЖУРНАЛ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ
(ФОРМА)

Площадка _____
(наименование здания или сооружения)

Даты погружения свай _____
(начало и конец)

Фактические отметки дневной поверхности, верха и низа свай _____

Техническая характеристика (паспорт) свай _____
(длина, сечение, армирование)

Тип и конструкция примененного способа исключения сезонного смерзания грунта со сваей _____

Величина ступеней нагрузки _____

Тип и мощность домкрата _____

Тип и характеристика манометра _____

Марка и характеристика приборов для измерения перемещений свай _____

Характеристика грунтов площадки _____

Положение верхней поверхности вечномерзлых грунтов _____

Мощность вечномерзлых грунтов _____

Температура вечномерзлых грунтов на глубине годовых нулевых амплитуд _____

Мощность слоя сезонного промерзания-оттаивания _____

Основные физико-механические свойства грунтов площадки _____
(объемный вес, консистенция, влажность – льдистость и т. д.)

Продолжение прил. 8

№ сваи	Глубина погружения и рабочая длина сваи, м	Дата испытания	Температура, °С		Отсчет по часам, ч-мин	Продолжительность испытания, сут		Отсчет по манометру		Величина ступени нагрузки (сила давления на сваю), тс	Отсчет по приборам-измерителям перемещений		Разность смежных отсчетов, 10^{-2} мм			Осадка (перемещение), мм			Скорость осадки сваи на ступени незатухающей ползучести, мм/сут	Общие замечания (перерыв в испытаниях, переустановка приборов-измерителей деформаций
			в среднем по рабочей длине сваи	на отметке нижнего конца сваи		на ступени	суммарная	в делениях шкалы	давление, атм		№ 1	№ 2	по приборам-измерителям перемещений № 1	по приборам-измерителям перемещений № 2	средняя	за смежный отрезок времени	на ступени (возрастающим итогом)	суммарная		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Примечания: 1. Рабочую длину сваи в графе 2 определяют по глубине ее погружения в грунт за вычетом глубины, на которую у испытываемой сваи было осуществлено противопучинное устройство или мероприятие.

2. В графе 11 силу P, тс, давления на сваю определяют по формулам $P=0{,}272\,N_м$ для домкратов марки ДГ-100-2 и $P=0{,}523\,N_м$ для домкратов марки ДГ-200-2, где $N_м$ — средний (с учетом возможных откосов стрелки) отсчет по манометру, атм, взятый из графы 10.

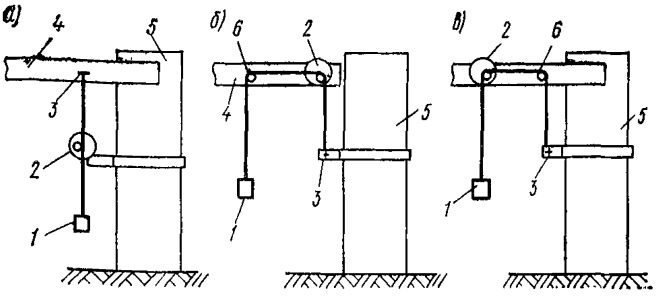

Рис. 19. Схемы установки прогибомера

а — без промежуточных роликов; *б*, *в* — с промежуточными роликами, установленными соответственно над грузом или над местом крепления струны; *1* — груз; *2* — прогибомер; *3* — крепление струны; *4* — консоль реперной сваи; *5* — опытная свая; *6* — промежуточный ролик

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ) НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИСЯЧЕЙ СВАИ В ПЛАСТИЧНОМЕРЗЛОМ ГРУНТЕ

Железобетонная свая погружена в предварительно пройденную лидерную скважину диаметром 340 мм, глубиной 6,5 м. Глубина погружения сваи составила 8 м при длине участка сваи в пределах пластичномерзлого грунта 6 м. Общая длина сваи 9 м, сечение 35×35 см.

Участок, на котором испытывалась свая, на всю глубину разведочных скважин (10—12 м) сложен пластичномерзлыми грунтами, с которыми сливается слой сезонного промерзания-оттаивания. Максимальная глубина сезонного оттаивания на участке 2 м. Пластичномерзлые грунты площадки представлены пылеватыми суглинками, имеющими температуру на глубине 10 м минус 0,7° С.

Располагаемый на этом участке свайный фундамент проектируется под здание размерами в плане 100×12 м, с пролетами 3 и 6 м. Максимальные проектные нагрузки от здания на сваю составляют: расчетные — 71,5 тс; нормативные — 63,7 тс. Предельные деформации основания этого здания допускаются следующие: относительная деформация (относительный прогиб или выгиб) — 0,0007; средняя абсолютная осадка — 10 см.

К статическим испытаниям сваи было приступлено после полного вмерзания сваи в массив окружающего пластичномерзлого грунта. Смерзание слоя сезонного промерзания-оттаивания со сваей в процессе испытаний было исключено.

Таким образом, свая при испытаниях работала как висячая в пластичномерзлом грунте. Испытания сваи проводились по методике, изложенной в настоящем Руководстве.

Испытания показали, что на ступенях затухающего деформирования суммарная осадка сваи составила 5,55 мм, а с учетом ступе-

ней незатухающей ползучести — 61,49 мм (табл. 3). В результате испытаний получены сводный график развития суммарных осадок сваи во времени (рис. 20) и график зависимости осадки сваи от нагрузки (рис. 21) в обычных (*а*) и логарифмических (*б*) координатах, а также графики развития осадки сваи на ступенях затухающего деформирования во времени (рис. 22—27) в обычных (*а*) и логарифмических (*б*) координатах. График «нагрузка — скорость осадка» не получен, поскольку в данном случае из трех ступеней незатухающей ползучести одна (девятая) дала непредставительный результат, который был исключен из рассмотрения. По причине непредставительности полученного хода осадки сваи во времени на первой сту-

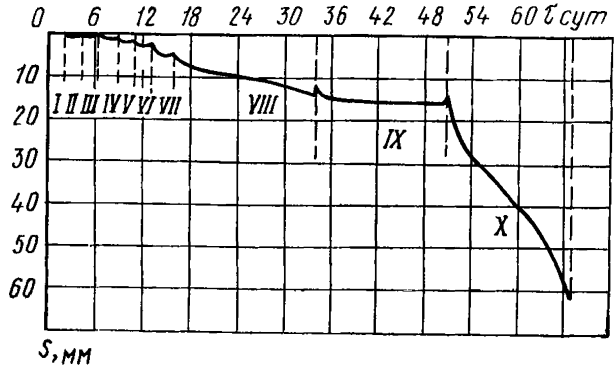

Рис. 20. Сводный график развития суммарных осадок испытанной сваи во времени для всех ступеней нагрузок. Ступени нагрузок обозначены римскими цифрами

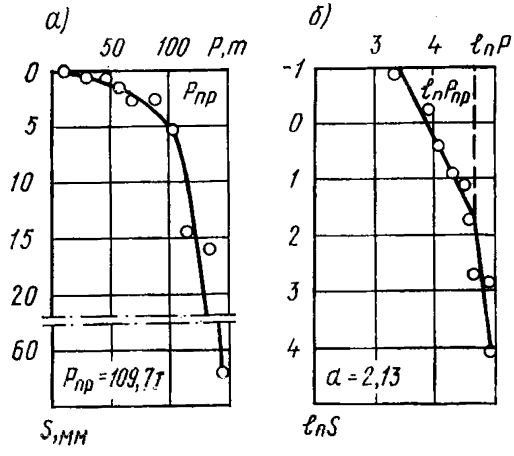

Рис. 21. График зависимости осадки испытанной сваи от нагрузки в координатах

а — обычных; *б* — логарифмических

пени затухающего деформирования (14,7 тс) не приведен и не взят в расчет также график осадки на первой ступени во времени, хотя сама величина осадки на ступени (0,007 см) учтена в табл. 3.

Весь проектируемый свайный фундамент расположен в таких же мерзлотно-грунтовых условиях и проектируется из бурозабивных свай таких же размеров и глубиной погружения, что и испытанная опытная свая, поэтому несущая способность проектируемых свай будет такой же, как и испытанной опытной. В конструкции здания предусмотрено холодное подполье со среднемноголетней температурой поверхности грунта минус 1,3° С.

Поскольку на глубине нижнего конца сваи в период максимальных температур находятся пластичномерзлые грунты, то в соответствии с требованиями главы СНиП на нормы проектирования оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах и РСН 41-72 расчет производим по несущей способности с последующей проверкой по

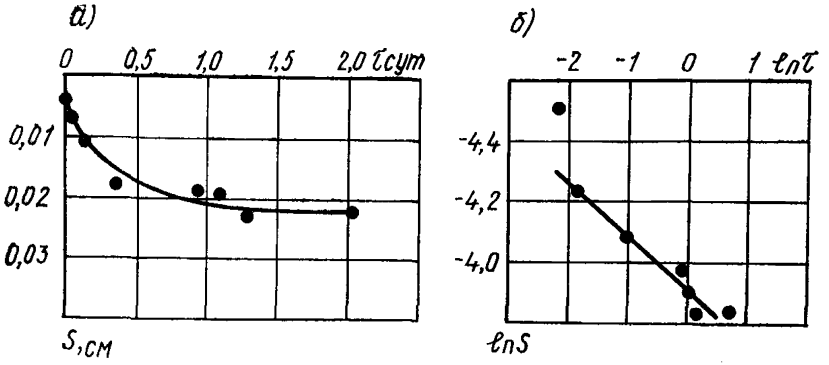

Рис. 22. График развития осадки сваи во времени на второй ступени нагрузки в координатах

а — обычных; *б* — логарифмических

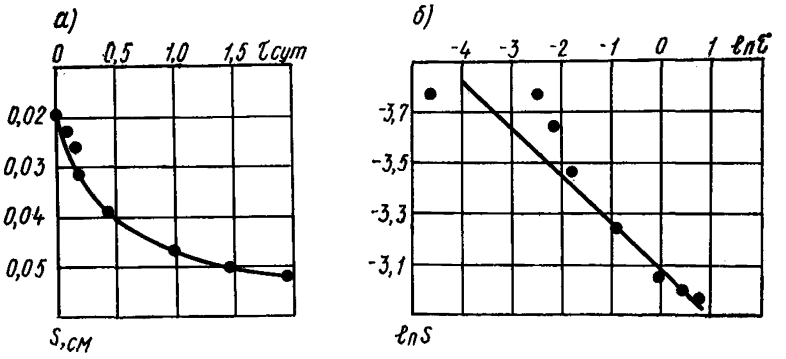

Рис. 23. График развития осадки сваи во времени на третьей ступени нагрузки в координатах:

а — обычных; *б* — логарифмических

деформациям. Для этого определим сначала несущую способность испытанной сваи на основании данных испытаний.

Несущую способность Φ_0 сваи статическим методом определяем по формуле (1).

Определим для нашего конкретного случая входящие в формулу (1) величины $k_н$, $k_г$ и $P^н$. Величины $k_н$ и $k_г$ принимаем равными соответственно $k_н = 1$, 2 и $k_г = 1{,}1$. Значение $P^н$ определяем по формуле (2). Определим входящие в формулу (2) величины k_θ и $P_{пр}$.

Величину k_θ определим по формуле (3), для чего рассчитаем входящие в эту формулу величины Φ_1 и Φ_2. В соответствии с п. 5.4 РСН 41-72, значения Φ_1 и Φ_2 определяем с использованием таблиц нормативных сопротивлений вечномерзлых грунтов основания свайных фундаментов, приведенных в РСН 41-72, по формуле

$$\Phi_{1(2)} = k_1 m_1 \sum_{i=1}^{n} \overline{R}^н_{сд,i} F_{сд,i} + k_2 m_2 R^н F,$$

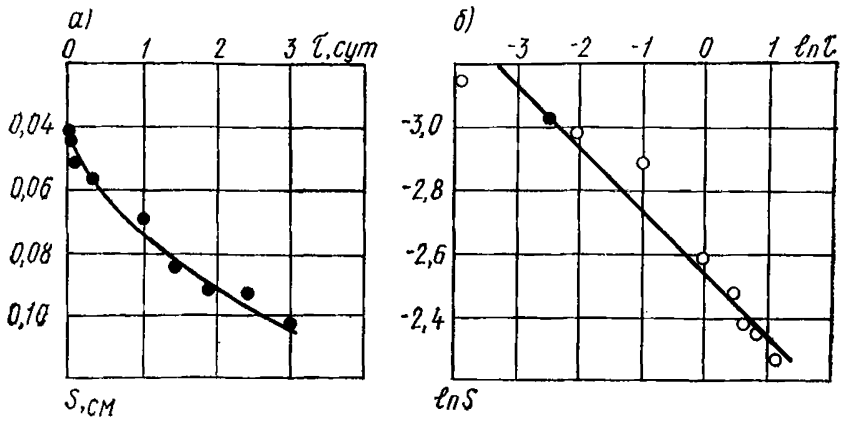

Рис. 24. График развития осадки сваи во времени на четвертой ступени нагрузки в координатах

а — обычных; *б* — логарифмических

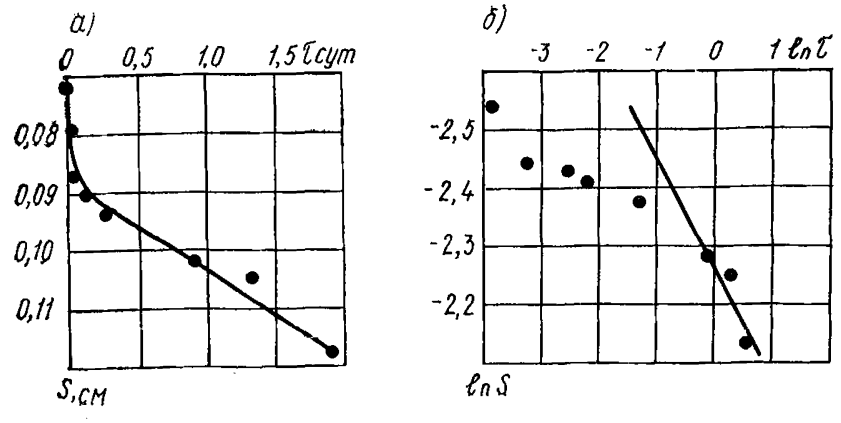

Рис. 25. График развития осадки сваи во времени на пятой ступени нагрузки в координатах

а — обычных; *б* — логарифмических

где k_1 и k_2, m_1 и m_2 — соответственно коэффициенты однородности и условий работы грунта основания, принимаемые согласно п. 5.6 РСН 41-72 с использованием табл. 5-1 и 5-2 этих РСН;

$R^{н}_{сд,i}$ — нормативное сопротивление мерзлых грунтов сдвигу, кгс/см², по боковой поверхности смерзания для середины i-го слоя вечномерзлого грунта, определяемое, согласно п. 5.7 РСН 41-72, с использованием табл. 5-3 этих РСН;

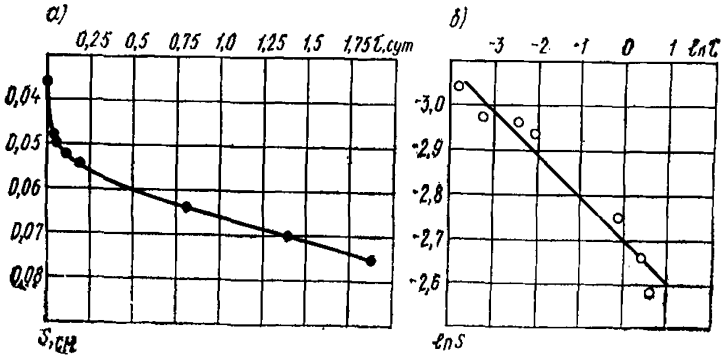

Рис. 26. График развития осадки сваи во времени на шестой ступени нагрузки в координатах

а — обычных; *б* — логарифмических

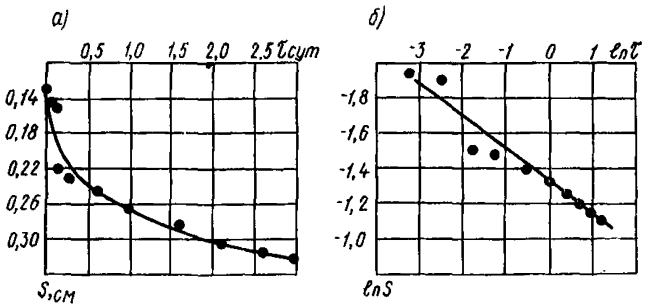

Рис. 27. График развития осадки сваи во времени на седьмой ступени нагрузки в координатах

а — обычных; *б* — логарифмических

$F_{сд,i}$ — площадь поверхности сдвига i-го слоя грунта, см², принимаемая по периметру сваи;

n — число слоев вечномерзлого грунта, на которое разделяется толща основания в пределах поверхности смерзания сваи с грунтом;

$R^{н}$ — нормативное сопротивление мерзлого грунта нормальному давлению, кгс/см², под нижним концом сваи, определяемое, согласно указаниям п. 5.7 РСН 41-72, с использованием табл. 5-4 этих РСН;

F — площадь поперечного сечения сваи у ее нижнего конца, см².

Таблица 3

№ ступени	Нагрузка, тс	Осадка, мм		Упругая отдача сваи, мм	Продолжительность испытания, сут		Характеристика ступени по признаку затухания осадки
		фактически на ступени	суммарная		на ступени	суммарная	
1	14,7	0,07	0,07	0,03	1	1	Затухла
2	29,4	0,22	0,26	0,15	2	3	»
3	44,1	0,52	0,63	0,27	2	5	»
4	58,9	1,03	1,39	0,22	3	8	»
5	73,6	1,18	2,35	0,36	2	10	»
6	88,3	0,75	2,74	0,42	2	12	»
7	103,1	3,23	5,55	1,13	3	15	»
8	118,0	9,71	14,13	1,95	17	32	Не затухла
9	132,2	3,52	15,70	1,95	17	49	То же
10	146,4	47,74	61,49	1,95	17	66	»

Определим входящие в эту формулу параметры для нашего конкретного случая.

Прорезаемая сваей толща пластичномерзлого грунта сложена на всю глубину однородными суглинками, поэтому исходя из распределения температуры по глубине разделяем ее на два слоя, принимая $n=2$, с толщиной этих слоев (сверху вниз) соответственно первого слоя — 2,5 м и второго — 3,5 м.

Остальные параметры формулы имеют в нашем случае следующие значения:

1) величины, не зависящие от температуры вечномерзлого грунта основания:

$k_1=k_2=0{,}8$; $m_1=1{,}1$; $m_2=1{,}2$;

$F_{сд.1}=4\cdot35\cdot250=35\,000$ см² (на глубинах 2—4,5 м);

$F_{сд.2}=4\cdot35\cdot350=49\,000$ см² (на глубинах 4,5—8 м);

$F=35\cdot35=1225$ см².

2) Величины, зависящие от температуры вечномерзлого грунта основания, — по данным таблиц РСН 41-72:

а) в расчетный период максимальных температур, составляющих в середине первого слоя (на глубинах 2—4,5 м) минус 0,4° С, в середине второго слоя (на глубинах 4,5—8 м) и на отметке нижнего конца сваи минус 0,7° С:

$R^{н}_{сд.1}=0{,}4$ кгс/см² (на глубинах 2—4,5 м);

$R^{н}_{сд.2}=0{,}7$ кгс/см² (на глубинах 4,5—8 м);

$R^{н}=7{,}3$ кгс/см²;

б) в период температур, замеренных при испытаниях на 7-й ступени и составивших в середине первого слоя (на глубинах 2—4,5 м) минус 0,5° С, в середине второго слоя (на глубинах 4,5—8 м) и на отметке нижнего конца сваи минус 0,8° С:

$R^{н}_{сд.1}=0{,}5$ кгс/см² (на глубинах 2—4,5 м);

$R^{н}_{сд.2}=0{,}8$ кгс/см² (на глубинах 4,5—8 м);

$R^{н}=7{,}46$ кгс/см²,

Тогда несущая способность Φ_1 сваи по расчету в расчетный период максимальных температур пластичномерзлого грунта основания определится следующим образом:

$$\Phi_1 = 0{,}8 \cdot 1{,}1\,(0{,}4 \cdot 35\,000 + 0{,}7 \cdot 49\,000) + 0{,}8 \cdot 1{,}2 \cdot 7{,}3 \cdot 1225 = 51\,090 \text{ кгс}.$$

Несущая способность Φ_2 той же сваи по расчету, но в период температур пластичномерзлого грунта основания, замеренных при испытаниях, составит:

$$\Phi_2 = 0{,}8 \cdot 1{,}1(0{,}5 \cdot 35000 + 0{,}8 \cdot 49\,000) + 0{,}8 \cdot 1{,}2 \cdot 7{,}46 \cdot 1225 = 58680 \text{ кгс}.$$

Исходя из полученных значений Φ_1 и Φ_2 величина коэффициента k_θ по формуле (3) составит:

$$k_\theta = \frac{51\,090}{58\,680} = 0{,}87.$$

Определим теперь величину $P_{пр}$ в формуле (2). Значение $P_{пр}$ получаем путем совместного использования сводного графика «суммарная осадка — время» (см. рис. 20) и графика «нагрузка — осадка» (см. рис. 21), поскольку, несмотря на три ступени незатухающей ползучести, только две из них (8-я и 10-я) дали представительный результат и использовались в расчетах, что исключило возможность построения графика «нагрузка — скорость осадка». В соответствии с переломом на логарифмическом графике «нагрузка — осадка» (см. рис. 21, *б*) предельно-длительное сопротивление сваи $P_{пр}$ при испытаниях принимаем равным 109,7 тс.

Зная величины $k_\theta = 0{,}87$ и $P_{пр} = 109{,}7$ тс, найдем по формуле (2) величину нормативного сопротивления сваи $P^н$:

$P^н = 0{,}87 \cdot 109{,}7 = 95{,}4$ тс.

Теперь, используя формулу (1), определим несущую способность Φ_0 сваи по результатам ее статических испытаний, которая будет равна:

$$\Phi_0 = \frac{95{,}4}{1{,}2 \cdot 1{,}1} = 72{,}3 \text{ тс}.$$

Поскольку проектируемые сваи фундамента находятся в таких же мерзлотно-грунтовых условиях, как и испытанная пробная, и имеют такую же глубину погружения, то, в соответствии с формулой (13), коэффициент $k_c = 1$ и несущая способность свай по формуле (12) $\Phi = \Phi_0 = 72{,}3$ тс.

Приступаем теперь к расчету осадки свай под нормативной нагрузкой $N^н$ от сооружения, которая определена проектом величиной $N^н = 63\,700$ кгс.

Расчет осадки производим по формулам (4) — (11). Для этого определим сначала значения параметров, входящих в формулу (4).

Параметр a (коэффициент упрочнения) определяется из логарифмического графика «нагрузка—осадка» по формуле (6). В нашем случае из графика на рис. 21 величина этого коэффициента равна 2,13.

Входящие в формулу (4) характеристики сваи имеют следующие значения: $u = 4 \cdot 35 = 140$ см и $l = 600$ см.

Для определения коэффициента реологической сжимаемости B грунта по формуле (5) найдем сначала параметры α и $\xi_{1(2)}$. Для этого, в соответствии с рекомендациями пп. 3.16 и 3.17, воспользовавшись графиками «осадка — время на ступени» (см. рис. 22—27), определим значения этих параметров через величины α_i и ζ_i, полученные на каждой i-й ступени затухающего деформирования.

Параметр α_i определяем по формуле (7), где величину ψ_i снимаем с каждого i-го графика как угол его наклона к горизонтальной оси τ_i графика, а параметр ζ_i' — через его логарифм $\ln \zeta_i'$ по формуле (10), где величину S_i' снимаем также с каждого i-го графика в месте его пересечения с проходящей через точку $\ln \tau = 0$ с вертикальной осью S_i. Результаты определения параметров деформирования α_i и ζ_i' и их средних значений α и ζ' приведены в табл. 4.

Таблица 4

№ i-й ступени	P, кгс	$\operatorname{tg} \Psi_i$ по графику $S_i = f(\tau_i)$	α_i по формуле (7)	$\ln P_i$	$\ln S_i$ по графику $S_i = f(\tau i)$	$\ln \zeta_i'$ по формуле (10)	ζ_i', кгс× ×сут/см²
1	14 700	—	—	—	—	—	—
2	29 400	0,179	0,084	9,5656	—3,92	3,110	22,421
3	44 100	0,190	0,089	10,6942	—3,07	3,117	22,579
4	58 900	0,200	0,094	10,9836	—2,53	3,153	23,407
5	71 800	0,190	0,089	11,1816	—2,26	3,224	25,129
6	88 300	0,096	0,045	11,3885	—2,70	3,637	37,978
7	103 100	0,183	0,086	11,5433	—1,33	3,149	23,312
Средние значения			0,081	—	—	—	25,804

Параметры $\zeta_{1(2)}$ определяем по формуле (8). В нашем случае $t_и = -1{,}9°$ С и $t_1 = -0{,}7°$ С. Величина t_2, определенная по теплотехническому расчету, будет иметь следующие значения для рядов фундаментов:

средних $t_{2с} = -0{,}88°$ С;

крайних $t_{2к} = -0{,}86°$ С.

Исходя из этого параметр ζ_1 и параметры $\zeta_{2с}$ (для средних рядов фундаментов) и $\zeta_{2к}$ (для крайних рядов фундаментов) примут следующие значения:

$$\zeta_1 = 25{,}804 \left(\frac{0{,}7 + 1}{1{,}9 + 1} \right)^{0{,}9} = 15{,}95 \text{ кгс} \cdot \text{сут/см}^2;$$

$$\zeta_{2с} = 25{,}804 \left(\frac{0{,}88 + 1}{1{,}9 + 1} \right)^{0{,}9} = 17{,}48 \text{ кгс} \cdot \text{сут/см}^2;$$

$$\zeta_{2к} = 25{,}804 \left(\frac{0{,}86 + 1}{1{,}9 + 1} \right)^{0{,}9} = 17{,}29 \text{ кгс} \cdot \text{сут/см}^2.$$

Определим теперь значения коэффициента B реологической сжимаемости грунта основания по формуле (5), принимая в ней расчетный срок эксплуатации $\tau_р = 50$ лет $= 18\,300$ сут и продолжительность установления стационарного температурного режима в основании $\tau = 2$ года $= 730$ сут. Тогда величина коэффициента B составит для рядов фундамента:

средних

$$B_с = \frac{730^{0{,}081 \cdot 2{,}13}}{15{,}95^{2{,}13}} + \frac{18\,300^{0{,}081 \cdot 2{,}13} - 730^{0{,}081 \cdot 2{,}13}}{17{,}48^{2{,}13}} = 0{,}0138 \text{ см}^2/\text{кгс};$$

крайних

$$B_к = \frac{730^{0,081 \cdot 2,13}}{15,95^{2,13}} + \frac{18\,300^{0,081 \cdot 2,13} - 730^{0,081 \cdot 2,13}}{17,29^{2,13}} =$$

$$= 0,0140 \text{ см}^2/\text{кгс}.$$

По формуле (4) определяем осадку фундаментов для рядов: средних

$$S_с = 140 \cdot 0,0138 \left(\frac{63\,700}{140 \cdot 600} \right)^{2,13} = 1,07 \text{ см};$$

крайних

$$S_к = 140 \cdot 0,0140 \left(\frac{63\,700}{140 \cdot 600} \right)^{2,13} = 1,08 \text{ см}.$$

Исходя из полученных величин ожидаемых осадок средних и крайних рядов фундаментов относительная разность осадок, характеризующая возможную неравномерность осадок и определяющая ожидаемый относительный прогиб, составит:

при пролетах 6 м — $\frac{1,08 - 1,07}{600} = 0,000017;$

то же, 3 м — $\frac{1,08 - 1,07}{300} = 0,000033.$

Полученные величины абсолютной осадки 1,08 и 1,07 см и относительной разности осадок 0,000017 и 0,000033 не превышает допустимых средней абсолютной осадки 10 см и относительного прогиба 0,0007.

Таким образом, несущая способность сваи Ф=72,3 тс подтверждается, и не требуется ее корректировки исходя из расчета по второму предельному состоянию (по деформациям).

НИИОСП им. Н. М. Герсеванова
Госстроя СССР

РУКОВОДСТВО ПО ПОЛЕВЫМ ИСПЫТАНИЯМ СВАЙ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией *Г. А. Жигачева*
Редактор *С. В. Белицкина*
Мл. редактор *Л. М. Климова*
Технические редакторы *Т. В. Кузнецова, В. М. Родионова*
Корректоры *О. В. Стигнеева, В. И. Галюзова*

Сдано в набор 12/VIII 1977 г. Подписано к печати 30/XI 1977 г. Формат 84×108¹/₃₂ д. л. Бумага типографская № 2. 2,52 усл. печ. л. Уч.-изд. 3,49 л. Тираж 8000 экз. Изд. № XII—7290. Зак. № 255. Цена 15 коп.

Стройиздат
103006, Москва, Каляевская, д. 23а

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

gost.e-ecolog.ru