НИИОСП им. Н. М. Герсеванова
Госстроя СССР

Руководство

по устройству обратных засыпок котлованов с подготовкой оснований под технологическое оборудование и полы на просадочных грунтах

Москва 1980

gost.e-ecolog.ru

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОСНОВАНИЙ
И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИМЕНИ Н. М. ГЕРСЕВАНОВА
(НИИОСП им. Н. М. ГЕРСЕВАНОВА)
ГОССТРОЯ СССР

РУКОВОДСТВО

ПО УСТРОЙСТВУ ОБРАТНЫХ ЗАСЫПОК КОТЛОВАНОВ С ПОДГОТОВКОЙ ОСНОВАНИЙ ПОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПОЛЫ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ



Москва, Стройиздат, 1980

УДК 624.138.21

Рекомендовано к изданию Ученым Советом ПНИИОСП им. Н. М. Герсеванова

Руководство по устройству обратных засыпок котлованов с подготовкой оснований под технологическое оборудование и полы на просадочных грунтах / ПНИИОСП им. Н. М. Герсеванова. — М. : Стройиздат, 1980. 40 с.

Рассмотрены общие положения по возведению обратных засыпок котлованов и насыпей с подготовкой оснований под технологическое оборудование и полы на просадочных грунтах, требования к грунтам, используемым для устройства обратных засыпок и насыпей. Приведены классификация обратных засыпок и насыпей, основное оборудование для их возведения, опытные работы по уплотнению грунтов укаткой, трамбующими машинами, тяжелыми трамбовками, грунтовыми сваями. Даны рекомендации по подготовке поверхности для устройства обратных засыпок и насыпей, требования при производстве обратных засыпок на относительно свободных площадях, в глубоких пазухах и траншеях, узких щелях, а также по контролю качества и приемке работ по возведению обратных засыпок и насыпей.

Для инженерно-технических работников строительных организаций.

Табл. 5, рис. 12.

Р $\frac{30213-244}{047(01)-80}$ Инструкт.-нормат., II вып. — 36—79. 3204000000 © Стройиздат, 1980

ПРЕДИСЛОВИЕ

Устройство обратных засыпок котлованов, траншей, планировочных насыпей и подсыпок с качественным уплотнением отсыпанных грунтов и подготовкой надежных оснований под полы, фундаменты технологического оборудования, несущие конструкции зданий и сооружений является одним из наиболее важных этапов работ при строительстве на просадочных грунтах.

Необходимость качественного уплотнения отсыпанных грунтов в обратных засыпках и насыпях определяется тем, что на них, как правило, располагаются фундаменты под оборудование, несущие конструкции, инженерные коммуникации, во всех случаях полы, нагрузка на которые в промышленных зданиях достигает 20 тс/м². В связи с этим грунты обратных засыпок и насыпей должны характеризоваться достаточно низкой сжимаемостью, высокими прочностными характеристиками, благодаря которым обеспечиваются допустимые осадки, необходимые расчетные давления на грунт, прочность ограждающих конструкций заглубленных сооружений, работающих как подпорные стенки. При строительстве на просадочных грунтах в дополнение к этому качественное выполнение обратных засыпок и насыпей является одним из основных водозащитных мероприятий, обеспечивающих создание сплошных маловодопроницаемых экранов, препятствующих замачиванию ниже залегающих просадочных грунтов.

Руководство составлено к главам СНиП III-9-74 «Основания и фундаменты», СНиП III-8-76 «Земляные сооружения», СНиП II-15-74 «Основания зданий и сооружений» и на основе обобщения опыта устройства обратных засыпок и насыпей при строительстве КамАЗа, ЧЗПТ, Атоммаша, гг. Запорожье, Никополь и др., выполненного НИИОСП им. Н. М. Герсеванова, работ по:

исследованию эффективности уплотнения глинистых и песчаных грунтов различными грунтоуплотняющими механизмами; самоходными полуприцепными катками Д-525; груженными автосамосвалами БелАЗ, КрАЗ, МАЗ, тяжелыми трамбовками диаметром 1—2 м, весом 2—6 тс, на базе экскаваторов Э-1252, 10011, КМ-602А, вибрационными и виброударными машинами и другими механизмами;

исследованию в лабораторных условиях уплотняемости различных видов грунтов, прочностных и деформационных характеристик уплотненных грунтов с использованием их для оценки качества выполненных работ;

изучению влияния промораживания уплотненных, а также просадочных лессовых грунтов естественного сложения на осадки фундаментов;

определению модулей деформации уплотненных до различной плотности* насыпных глинистых грунтов и влияния промораживания на эти характеристики в натурных условиях;

---

* Здесь и далее под плотностью следует понимать объемную массу скелета грунта.

классификации обратных засыпок применительно к условиям производства работ;

разработке различных технологических схем производства работ при устройстве обратных засыпок, оценке эффективности их применения и выбору наилучших вариантов;

исследованию эффективности уплотнения насыпных глинистых грунтов толщиной слоя до 10 м в обратных засыпках котлованов грунтовыми сваями и разработке технологии производства работ;

проверке в производственных условиях различных методов контроля качества уплотнения грунтов;

обобщению опыта устройства засыпок котлованов и насыпей с анализом опыта эксплуатации оборудования и полов, возведенных на насыпных грунтах обратных засыпок.

Руководство составлено лабораторией оснований и фундаментов на просадочных грунтах НИИОСП им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР (доктор техн. наук В. И. Крутов), Бюро внедрения НИИОСП (инж. Р. Н. Зайцук), прил. 1 при участии канд. техн. наук Ю. М. Лычко. Прил. 3 подготовлено лабораторией специальных сооружений НИИОСП им. Н. М. Герсеванова (доктор техн. наук проф. М. И. Смородинов, кандидаты техн. наук Н. В. Лавров, А. А. Морозов).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство распространяется на устройство обратных засыпок котлованов, траншей, планировочных насыпей, подсыпок с подготовкой оснований под полы, фундаменты технологического оборудования, инженерные коммуникации и т. п. при строительстве промышленных, гражданских, жилых, сельскохозяйственных зданий и сооружений на просадочных грунтах.

Примечание. Основные положения настоящего Руководства могут быть использованы при возведении обратных засыпок и насыпей на других видах грунтов с учетом их специфических свойств и особенностей.

1.2. На обратных засыпках котлованов, траншей, планировочных насыпях, как правило, располагаются полы, фундаменты под технологическое оборудование, здания, инженерные коммуникации и т. п. В связи с этим уплотненные грунты обратных засыпок, планировочных насыпей и подсыпок в соответствии с требованиями проекта должны обладать соответствующими характеристиками по сжимаемости и прочности, а на просадочных грунтах с II типом грунтовых условий по просадочности — низкой фильтрационной способностью и являться маловодопроницаемым экраном, препятствующим замачиванию ниже залегающих просадочных грунтов.

1.3. Для устройства обратных засыпок котлованов и траншей, а также возведения планировочных насыпей и подсыпок при строительстве на просадочных грунтах следует использовать местные глинистые грунты, а также отвалы отходов различных производств, располагающихся в районе строительства.

Использование привозных грунтов допускается только при соответствующем технико-экономическом обосновании в связи с необходимостью получения повышенных прочностных и деформационных характеристик уплотненных грунтов в случаях, когда местные грунты не могут быть использованы вследствие заторфованности, наличия большого количества строительного мусора или органики, высокой природной влажности, превышающей влажность на границе раскатывания, и т. п.

1.4. Песчаные грунты и аналогичные им отходы производств для устройства обратных засыпок котлованов, траншей, планировочных насыпей и подсыпок допускается использовать только при строительстве на просадочных грунтах с I типом грунтовых условий и при применении мероприятий по устранению просадочных свойств грунтов или их прорезке свайными либо другими фундаментами.

На просадочных грунтах с II типом грунтовых условий в связи с необходимостью выполнения водозащитных мероприятий и создания маловодопроницаемых экранов, как правило, не допускается применение песчаных и других зернистых материалов, представляющих собой отходы различных производств.

1.5. Обратные засыпки котлованов и траншей, а также планировочные насыпи и подсыпки возводятся с уплотнением грунтов до

требуемой плотности, приведенной в пп. 2.8—2.14 и прил. 1, после предварительной подготовки поверхности, предусматривающей планировку, уборку строительного мусора и некачественного грунта.

1.6. Работы по возведению обратных засыпок котлованов, траншей, планировочных насыпей и подсыпок производятся в соответствии с проектом организации работ или по типовым технологическим схемам производства работ на отсыпку и уплотнение грунтов.

Технологические схемы разрабатываются для отдельных наиболее характерных участков производства работ, отличающихся размером в плане и допустимым фронтом работ для механизмов, глубиной засыпки или насыпи и отражают порядок производства работ, применяемые механизмы для подготовки поверхности, отсыпки и уплотнения грунтов, методы контроля качества уплотнения и т. п.

1.7. Обратные засыпки котлованов внутри зданий и сооружений возводятся сразу до отметки основания пола или в два этапа: вначале до основания фундаментов под технологическое оборудование и внутренних конструкций, а затем после их устройства выполняется обратная засыпка верхней части.

При возведении обратных засыпок сразу до отметки основания пола котлованы под фундаменты вырезаются в уплотненном грунте по размерам фундаментов с последующим бетонированием их «враспор» без опалубки.

1.8. Подготовка оснований под полы, фундаменты технологического оборудования, каналы технологических коммуникаций выполняются в соответствии с проектом путем подсыпки местного грунта с уплотнением до требуемой плотности, доуплотнения ранее отсыпанного насыпного грунта или отрывки котлованов и траншей в грунте естественного сложения, или в насыпном уплотненном грунте.

1.9. Проекты оснований под полы, технологические коммуникации, фундаменты под оборудование, внутренние конструкции зданий на насыпных грунтах обратных засыпок и насыпях, а также расчеты ограждающих конструкций заглубленных подземных сооружений выполняются с учетом деформационных и прочностных характеристик уплотненных грунтов, принимаемых по прил. 2.

1.10. В процессе возведения обратных засыпок котлованов, траншей, планировочных насыпей, подсыпок и подготовки оснований в соответствии с требованиями настоящего Руководства производится систематический контроль за:

состоянием поверхности, на которой возводится обратная засыпка;

видом и влажностью грунта или материала отходов производств, используемых для обратных засыпок и насыпей;

толщиной отсыпаемого слоя грунта;

характеристиками и режимом работы грунтоуплотняющих механизмов (весом, размерами трамбовок и катков, количеством проходов катков или ударов трамбовок);

соблюдением принятой технологической схемы производства работ по отсыпке и уплотнению грунтов и других материалов;

плотностью и влажностью уплотненных грунтов и других материалов (прил. 3);

состоянием конструкций фундаментов, тоннелей, каналов, возле которых возводятся обратные засыпки котлованов.

1.11. Для удобства проведения контроля за качеством выполненных работ вся площадь, на которой возводятся обратные засыпки котлованов, разбивается в соответствии с проектом организации ра-

бот на отдельные участки или карты с учетом технологических схем производства работ в отдельных местах. Каждому участку или карте присваивается соответствующий номер или индекс.

Приемка работ производится по отдельным участкам и картам после полного их выполнения в соответствии с принятой технологической схемой.

1.12. Все работы по устройству обратных засыпок котлованов, траншей, планировочных насыпей и подсыпок должны выполняться с соблюдением правил техники безопасности на общестроительные работы в соответствии с СНиП III-4-79 «Техника безопасности в строительстве».

2. ТРЕБОВАНИЯ К ГРУНТАМ ОБРАТНЫХ ЗАСЫПОК И ПЛАНИРОВОЧНЫМ НАСЫПЯМ

2.1. Обратные засыпки котлованов, траншей, планировочные насыпи и подсыпки возводятся, как правило, из суглинков (см. п. 1.4), получаемых при отрывке котлованов и траншей, планировке территории строительства срезкой, а также из специально отводимых резервов и карьеров.

Отходы производств для обратных засыпок и насыпей должны доставляться, как правило, из существующих отвалов со специально отведенных участков, если они по виду, составу, степени однородности и физико-механическим характеристикам соответствуют заданным требованиям.

2.2. Грунты, используемые для устройства обратных засыпок и насыпей внутри зданий и сооружений, не должны содержать:

мусор, чернозем, отходы строительного производства;

органические включения более 0,05 по весу;

комья мерзлого грунта.

При устройстве планировочных насыпей, обратных засыпок котлованов вокруг корпусов, траншей и т. п. на незастраиваемых территориях, при отсутствии специальных указаний в проекте, допускается использовать грунты с содержанием органических включений до 0,1 и комьев мерзлого грунта размером до 15 см при общем содержании их не более 15%.

2.3. Для возведения обратных засыпок и планировочных насыпей допускается использовать отвалы отходов различных производств, характеризующихся наряду с требованиями пп. 1.4—1.5 и 2.2:

относительно однородным составом по основной массе составляющего материала и наличию включений;

устойчивостью структуры при изменении температурно-влажностного режима (отсутствие разложения, набухания, возгорания и т. п.);

отсутствием включений размером более 20 см и не более 0,3 от толщины отсыпаемого слоя.

2.4. Обратные засыпки котлованов и насыпей возводятся из грунтов оптимальной влажности W_o, принимаемой равной для глинистых грунтов при уплотнении их:

трамбованием $W_o = W_p - (0{,}01 \div 0{,}03)$;

укаткой $W_o = W_p$,

где W_p — влажность на нижнем пределе пластичности (раскатывания).

Для песчаных грунтов и аналогичных им по составу отвалов

отходов производств значение оптимальной влажности принимается приближенно:

Для крупных и средних песков... 0,08—0,12

Для мелких и пылеватых... 0,12—0,18.

Примечание. При использовании для обратных засыпок или насыпей глинистых грунтов, подвергавшихся ранее уплотнению (полученных при разработке котлованов или траншей в уплотненных грунтах или в результате срезки при планировочных работах и т. п.), приведенные выше значения оптимальной влажности повышаются на 0,02—0,03.

2.5. Отклонение влажности уплотняемых грунтов ΔW в обратных засыпках и насыпях от оптимального значения допускается в зависимости от требуемого коэффициента уплотнения $K_у$, а для глинистых грунтов приближенно принимается равным по абсолютному значению при:

$K_у = 0{,}98 - 0{,}97$ $\Delta W = \pm (0{,}01 - 0{,}03)$;

$K_у = 0{,}95$ $\Delta W = \pm (0{,}03 - 0{,}04)$

$K_у = 0{,}92$ $\Delta W = \pm (0{,}04 - 0{,}05)$;

$K_у = 0{,}9$ $\Delta W = \pm (0{,}05 - 0{,}07)$,

При влажности ниже оптимальной более указанной выше величины грунты до их отсыпки или уплотнения должны быть доувлажнены до оптимальной влажности.

Примечание. Коэффициент уплотнения представляет собой отношение фактически полученной объемной массы скелета грунта к ее максимальному значению, определяемому стандартным уплотнением.

2.6. Необходимое количество воды Q, м³, для получения оптимальной влажности на 1 м³ уплотняемого грунта определяется по формуле

$$Q = \frac{\gamma_{ск.упл} (W_0 - W_e)}{\gamma_у^в} V, \qquad (1)$$

где $\gamma_{ск.упл}$ — заданная объемная масса скелета уплотненного грунта, т/м³;

W_e — значение природной влажности грунта;

$\gamma_у^в$ — объемная масса воды, принимаемая равной 1 т/м³;

V — объем грунта, принимаемый равным 1 м³.

2.7. Доувлажнение грунтов и отходов производств выполняется только в теплое время года непосредственно в карьерах или резервах до их разработки путем заливки расчетного количества воды с поверхности после снятия растительного слоя.

При использовании грунтов, полученных при отрывке котлованов, траншей, срезки территорий и т. п., доувлажнение их производится на месте укладки перед уплотнением каждого слоя.

2.8. Объемная масса скелета уплотненных грунтов и отходов производств в обратных засыпках котлованов, траншей, планировочных насыпей и подсыпок устанавливается с учетом их назначения, передаваемых нагрузок на уплотненные грунты, вида уплотненного грунта или материала, толщины насыпи и т. п., как правило, по результатам специальных исследований по изучению уплотняемости

грунтов, прочностных и деформационных характеристик уплотненных грунтов, выполняемых по рекомендациям прил. 1.

При отсутствии указанных исследований необходимую объемную массу скелета уплотненных грунтов допускается задавать в соответствии с рекомендациями, приведенными в пп. 2.9.—2.14.

2.9. Объемная масса скелета уплотненного грунта на всю глубину обратных засыпок и насыпей, служащих основанием фундаментов конструкций зданий и сооружений, мало чувствительных к неравномерным осадкам, технологического оборудования, полов с нагрузкой не более 15 тс/м², полов подвалов и т. п. должна соответствовать коэффициенту уплотнения не ниже 0,95. Для большинства лессовых суглинков и супесей, а также некоторых видов покровных суглинков это требование соответствует объемной массе скелета грунта $\gamma_{ск}=1{,}6—1{,}65$ тс/м³.

2.10. В обратных засыпках и насыпях, служащих основанием полов с нагрузкой более 15 тс/м², фундаментов зданий, чувствительных к неравномерным осадкам, а также фундаментов под технологическое оборудование, которые частично располагаются на других фундаментах или каналах и тоннелях, имеющих большую глубину заложения, объемная масса скелета уплотненных грунтов должна соответствовать коэффициенту уплотнения не ниже 0,97 на глубину не менее 1,5 м от подошвы фундаментов, а ниже — не менее $K_у \geqslant 0{,}95$.

Размеры участка с повышенной плотностью в плане должны превышать размеры фундамента в каждом направлении не менее 3 м.

2.11. Объемную массу скелета уплотненных грунтов в узких пазухах шириной менее 1 м между стенками тоннелей и сваями, под ростверками и в других местах (за исключением участков, указанных в п. 2.10) допускается принимать соответствующей коэффициенту уплотнения $K_у=0{,}90—0{,}92$.

2.12. Грунты в обратных засыпках котлованов, траншей и планировочных насыпей, на которых не располагаются фундаменты, а нагрузка на полы менее 15 тс/м², должны иметь плотность, соответствующую коэффициенту уплотнения при глубине обратной засыпки: до 3 м — 0,92; более 3 м — 0,95.

2.13. Плотность уплотненных глинистых грунтов в обратных засыпках котлованов, траншей, планировочных насыпей и подсыпок, служащих маловодопроницаемым экраном на просадочных грунтах с II типом грунтовых условий по просадочности, должна соответствовать коэффициенту уплотнения $K_у=0{,}95—0{,}97$, а для лессовидных суглинков и супесей $\gamma_{ск}=1{,}65—1{,}7$ т/м³.

2.14. Снижение фактически полученной плотности уплотненных грунтов от заданных значений допускается не более чем на 0,05 т/м³ в количестве не более 15% общего числа определений, выполненных на рассматриваемом участке по глубине или в плане.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБРАТНЫХ ЗАСЫПОК И НАСЫПЕЙ

3.1. С учетом особенностей производства работ по отсыпке и уплотнению грунтов, условий работы грунтоуплотняющих механизмов, фронта работ, рациональных технологических схем производства работ и т. п. работы по устройству обратных засыпок котлованов, траншей, подсыпок и планировочных насыпей могут быть подразделены на три характерные группы, рис. 1:

на относительно свободных территориях;

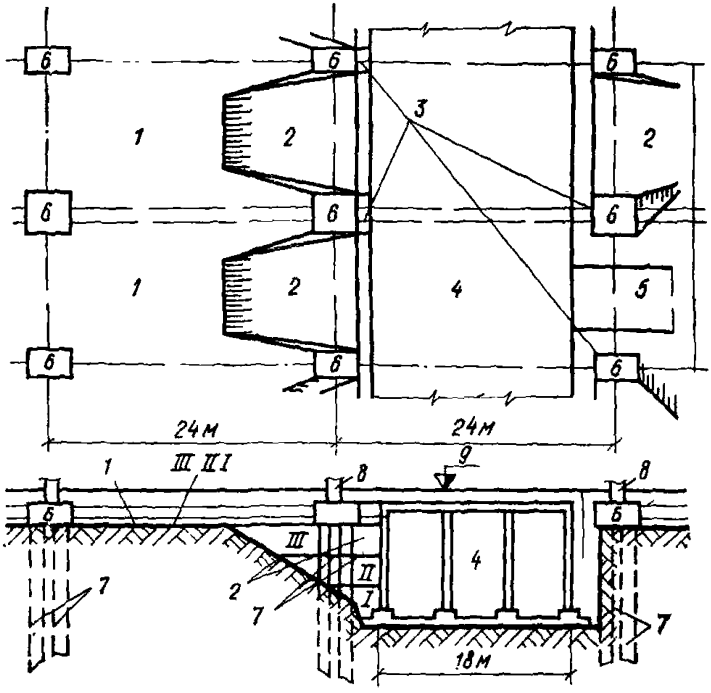

Рис. 1. Характерные участки устройства обратных засыпок в промышленных зданиях

1 — относительно свободные площади; *2* — глубокие пазухи; *3* — узкие щели; *4* — продольный тоннель; *5* — поперечный тоннель; *6* — ростверки; *7* — сваи; *8* — колонны; *9* — отметка основания пола; *I, II, III* — номера отсыпаемых слоев

в глубоких пазухах и траншеях;

в узких щелях и траншеях.

3.2. К работам, выполняемым на относительно свободных территориях, относится устройство планировочных насыпей и подсыпок до возведения зданий и сооружений, после их возведения при пролетах промышленных зданий не менее 18 м и шаге колонн не менее 6 м, обратных засыпок котлованов и траншей при ширине их в 1,5—2 раза и длине, в 8—10 раз превышающей ширину работающих механизмов.

Особенность работ на относительно свободных территориях состоит в том, что на них обеспечивается необходимое маневрирование работающих механизмов, возможность применения для отсыпки, разравнивания и уплотнения грунтов наиболее производительных механизмов: автосамосвалов, бульдозеров, катков на пневмоколесном ходу, скреперов.

3.3. К пазухам и траншеям относятся выработки, образовавшиеся у стен подземных сооружений — тоннелей, подвалов, приямков, фундаментов, а также траншеи для прокладки инженерных коммуникаций и т. п.

Пазухи, как правило, имеют одну-две вертикальные стены, образуемые конструкциями заглубленных частей зданий, а две другие

наклонные, соответствующие углу естественного откоса местных грунтов.

Характерной особенностью работ по устройству обратных засыпок в глубоких пазухах и траншеях является наличие стесненных условий при засыпке их нижних частей и расширение фронта работ по мере роста высоты отсыпки.

3.4. К узким траншеям и щелям относятся выработки шириной менее 2 м, образованные смежными фундаментами, ростверками, стенами подвалов и тоннелей и т. п. К щелям также следует относить засыпанные участки глубоких пазух вдоль стен подвалов и тоннелей, где уплотнение грунта из-за опасности повреждения конструкций невозможно производить трамбованием тяжелыми трамбовками.

Работы по обратным засыпкам в узких щелях и траншеях характеризуются весьма естественными условиями их выполнения.

4. МЕХАНИЗМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТСЫПКИ И УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

4.1. Отсыпку и уплотнение грунтов и отходов производств в обратных засыпках и насыпях следует производить отдельными слоями, толщина которых назначается исходя из эффективности (глубины уплотнения) работы применяемых грунтоуплотняющих механизмов, вида применяемых грунтов, особенностей производства работ по приведенной классификации (см. пп. 3.1—3.4.).

4.2. Для уплотнения грунтов в обратных засыпках котлованов и траншей применяются следующие основные механизмы (табл. 1):

прицепные и самоходные катки массой 25 и 40 т на пневмоколесном ходу;

груженые автомашины типа БелАЗ, КрАЗ, МАЗ;

груженые скреперы;

экскаваторы и краны, оборудованные тяжелой падающей трамбовкой;

бульдозеры и тракторы типа Т-100, Т-140;

вибрационные и виброударные трамбовки;

трамбующие механизмы типа Д-471;

для глубинного уплотнения грунтовыми сваями — станки ударно-канатного бурения БС-1М или экскаваторы, оборудованные соответствующим снарядом.

Примечания: 1. В табл. 1 приведена толщина слоя уплотненного грунта при оптимальной влажности. В рыхлом состоянии толщина слоя назначается на 20—25% больше приведенных в таблице значений для глинистых и на 15—20% — для песчаных грунтов.

2. При уплотнении грунтов с пониженной влажностью, близкой к предельным значениям, приведенным п. 2.5, толщина отсыпаемых слоев уменьшается на 20—30%.

4.3. Выбор вида и типа грунтоуплотняющих машин производится исходя из возможностей их маневрирования с учетом имеющегося фронта работ, толщины отсыпаемых слоев грунта, возможностей строительных организаций и т. п.

4.4. Пневмокатки груженые автомашины, тракторы, трамбующие машины целесообразно использовать при относительно свободных территориях, большом фронте работ, превышающем в 8—10 раз длину и в 1,5—2 раза ширину грунтоуплотняющего механизма, т. е.,

Таблица 1

Механизм	Толщина слоя грунта в уплотненном состоянии, м		Количество проходов (ударов трамбовки)
	песчаного, гравелистого	глинистого	
Пневмокаток:			
массой 25 т	0,5	0,5	10—12
массой 40 т	0,6	0,7	10—12
Груженые автомашины			
БелАЗ	0,6	0,7	8—10
КрАЗ	0,5	0,5	10—12
МАЗ	0,4	0,4	10—12
Трамбовка:			
диаметром 1,2 м массой 2,5 т	2,2	2	10—12
диаметром 1,4 м массой 3,5 т	2,6	2,4	10—12
диаметром 1,6 м массой 4,5 т	3	2,7	10—12
диаметром 2 м массой 6 т	3,6	3,2	10—12
Тракторы Т-100, Т-140	0,3	0,2	8—10
Трамбующая машина Д-471	1,2	1	2—3
Вибрационные, виброударные машины:			
массой до 0,5 т	0,5	0,15	2—3
массой до 1 т	0,7	0,2	2—3
массой до 1,5 т	1	0,3	2—3
Вибрационные катки:			
массой до 2 т	0,7	0,3	2—3
массой до 5 т	1	0,4	2—3
Станки ударно-канатного бурения БС-1М для глубинного уплотнения	—	10—12	—

как правило, при возведении планировочных насыпей и подсыпок.

4.5. Экскаваторы и краны, оборудованные падающими трамбовками, применяются обычно для уплотнения грунтов и отходов производств в обратных засыпках пазух и траншей, т. е. в стесненных условиях производства работ, когда не представляется возможным использовать другие механизмы.

Падающие трамбовки для уплотнения засыпок целесообразно также использовать для уплотнения грунтов на относительно свободных территориях на глубину более 1,5—2 м.

4.6. Размеры и масса трамбовки назначаются в зависимости от необходимой глубины уплотнения, ширины пазухи или траншеи, размеров уплотняемой площади, высоты до низа смонтированных конструкций покрытий и перекрытий.

4.7. Трамбующие машины Д-471 обеспечивают практически одинаковую эффективность уплотнения песчаных и глинистых грунтов и обладают сравнительно высокой маневренностью. Их целесообразно

применять для уплотнения грунтов как на относительно свободных территориях, так и в стесненных местах при засыпке пазух у фундаментов, траншей и т. п.

4.8. Вибрационные и виброударные машины эффективны для уплотнения только песчаных грунтов и отходов производств. При применении их на глинистых грунтах резко снижается глубина и степень плотности грунтов.

Вибрационные и виброударные машины имеют высокую маневренность и поэтому наиболее целесообразны для уплотнения песчаных грунтов в глубоких пазухах, узких щелях, траншеях и в других местах со стесненными условиями.

4.9. Глубинное уплотнение насыпных глинистых грунтов грунтовыми сваями применяется в узких щелях при отсыпке грунта сразу на всю высоту засыпки, а также при необходимости доуплотнения грунта на большую глубину (более 5—6 м) на открытых участках.

Пробивка скважин и уплотнение засыпаемого в них грунта производится станками ударно-канатного бурения или с использованием экскаваторов, оборудованных навесным снарядом-штангой и направляющей рамой или стойкой.

5. ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОБРАТНЫХ ЗАСЫПОК И НАСЫПЕЙ

5.1. В комплекс работ по подготовке поверхности для устройства обратных засыпок и насыпей входят:

уборка растительного слоя, строительного мусора, воды, а также слоев переувлажненного грунта, имеющих влажность выше оптимальной влажности и значений, указанных в п. 2.5, а также отсыпанных ранее песчаных грунтов при строительстве на площадках с II типом грунтовых условий;

планировка засыпаемой поверхности дна котлована или траншеи и их откосов, а также на участке расположения насыпи.

В дополнение к этому в зимнее время с поверхности, подготавливаемой к засыпке, должны быть удалены снег, лед, комья мерзлого грунта, недостаточно уплотненный слой насыпного промерзшего грунта, а при промерзании грунтов естественного сложения установлена необходимость его удаления или возможность оставления ниже обратных засыпок и насыпи.

5.2. После удаления с подготавливаемой территории строительного мусора и воды осуществляется проверка влажности и плотности грунтов путем отбора проб с глубины 0,2—0,3 м, а при наличии насыпного слоя через 0,3—0,5 м по глубине в пределах всей его толщины.

Пункты расположения проб назначаются в наиболее характерных местах из расчета одного контрольного пункта в плане на каждые 500 м² поверхности, но не менее трех на каждом участке площадью менее 500 м², двух на площади менее 300 м² и одного на площади менее 100 м².

5.3. Если на подготавливаемой поверхности грунт естественного сложения и плотность его соответствует среднему значению плотности в природном залегании на рассматриваемой глубине, работы по устройству обратных засыпок начинаются после выполнения планировки дна котлована или траншеи.

При наличии разуплотнения верхнего слоя грунта естественной структуры после планировочных работ выполняется доуплотнение его на необходимую глубину, но не менее чем на 0,25 м.

5.4. При наличии на поверхности, с которой должна выполняться обратная засыпка, ранее отсыпанных грунтов работы по устройству обратных засыпок разрешается производить в том случае, если среднее значение плотности насыпных грунтов на всю их глубину не ниже требуемой в соответствии с пп. 2.8—2.13.

5.5. Если плотность ранее отсыпанных насыпных грунтов ниже требуемой, а влажность близка к оптимальной, производится доуплотнение насыпных грунтов на необходимую глубину.

При недостаточной плотности насыпных грунтов и влажности, превышающей оптимальную на величины, более указанных в п. 2.5, в результате чего исключается невозможность их доуплотнения, производится выемка переувлажненных насыпных грунтов.

5.6. При большой толщине слоя (более 5—6 м) ранее отсыпанных и недостаточно уплотненных насыпных грунтов выемку недостаточно уплотненных насыпных грунтов допускается производить в отдельных местах по решению приемочной комиссии с участием авторского надзора на $^1/_2$—$^1/_4$ их толщины. После этого должно производиться доуплотнение насыпных грунтов тяжелыми трамбовками на глубину не менее 0,5—0,7 глубины оставшегося слоя насыпного грунта. При этом в пределах нижнего слоя толщиной до 1,5—2 м допускается принимать среднюю плотность насыпного грунта, соответствующую коэффициенту уплотнения на 0,03 ниже требуемого.

Снижение на отдельных участках средней плотности в пределах нижнего ранее отсыпанного слоя насыпного грунта должно быть компенсировано соответствующим повышением средней плотности в верхнем, вновь отсыпанном слое грунта обратной засыпки. Толщина верхнего слоя грунта обратной засыпки с повышенной плотностью должна быть не менее толщины нижнего слоя с пониженной плотностью и не менее 2 м с учетом верхней части слоя грунта, уплотняемого тяжелыми трамбовками.

5.7. Планировка поверхности для устройства обратных засыпок выполняется под одну отметку или террасами. В узких местах планировку допускается производить без срезки откосов.

Планировка, как правило, осуществляется срезкой грунта. Подсыпка в пониженные места переувлажненного грунта не допускается. Переувлажненный грунт в процессе планировки должен удаляться.

5.8. Допускается оставлять промерзший грунт естественного сложения, а также промерзший ранее отсыпанный насыпной грунт в основании обратных засыпок и насыпей в случаях, когда:

в промерзшем слое отсутствуют линзы и прослойки льда;

влажность промерзшего грунта меньше или равна влажности на нижней границе пластичности;

плотность промерзшего естественного грунта близка к плотности талого грунта в естественном залегании, а насыпного промерзшего не менее требуемой в соответствии с пп. 2.8—2.13;

толщина промерзшего слоя грунта не превышает 1 м.

Если хотя бы одно из приведенных условий не выполняется, промерзший грунт до начала работ по устройству обратных засыпок должен быть удален или оттаян.

6. ПОДГОТОВКА ГРУНТА ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАСЫПОК И НАСЫПЕЙ

6.1. При использовании для возведения обратных засыпок и насыпей грунтов из карьеров и резервов должна осуществляться их подготовка, включающая:

определение основных физико-механических характеристик (удельного веса, объемной массы скелета грунтов, природной влажности и влажностей на границе текучести и раскатывания для глинистых грунтов, содержание растительных остатков, гранулометрический состав для песчаных грунтов),

доувлажнение или при благоприятных условиях подсушивание грунтов (см п. 2.5),

снятие растительного слоя в карьере, устройство забоя

Примечание. К карьерам могут быть отнесены также участки территории, на которых производится срезка грунта, а также глубокие котлованы (глубиной более 3 м).

6.2. Для определения основных физико-механических характеристик грунтов в процессе проведения инженерно-геологических изысканий перед разработкой карьера или резерва проходятся технические скважины с отбором проб и монолитов для лабораторных испытаний через 1 м по глубине

Скважины проходятся в карьерах по сетке не менее 50×50 м, а в резервах не менее 25×25 м При разнородном и сложном напластовании грунтов, а также при значительном изменении их влажности количество скважин соответственно увеличивается.

6.3. По полученным результатам определения физико-механических характеристик грунтов проверяется соответствие грунтов карьера или резерва, принятым в проекте, устанавливается наличие по тем или иным показателям непригодных грунтов для возведения качественных засыпок и оконтуриваются по схеме расположения скважин участки залегания непригодных грунтов.

Примечание. Непригодные по влажности, содержанию органических включений грунты для возведения качественных засыпок обычно используются в отсыпках с более низкими требованиями по степени уплотнения или вывозятся в отвал.

6.4. Доувлажнение грунтов целесообразно производить непосредственно в карьерах или резервах расчетным количеством воды, определяемым по формуле (1) путем заливки ее

с поверхности при достаточно высоком значении коэффициентов фильтрации грунтов (более 0,1 м/сут) и толщине слоя до 10 м,

через скважины, заполненные песком, пройденные на 0,7—0,8 глубины увлажняемой толщи через 3—5 м одна от другой

Разработка грунта производится после полного впитывания воды в грунт и достаточно равномерного распределения влаги в толще грунта.

6.5. Подсушивание переувлажненного грунта возможно осуществлять только в летнее время в период отсутствия интенсивных дождей и производить путем взрыхления, пропахивания грунта на глубину до 30—60 см В этом случае грунт разрабатывается послойно со снятием верхнего подсушенного слоя

В процессе подсушивания ведется контроль за уменьшением влажности грунта на глубину 30—60 см через каждые 1—2 сут.

6.6. Растительный слой грунта снимается на глубину, ниже которой содержание органических остатков не превышает заданное в проекте.

В засушливых районах во избежание чрезмерного пересыхания грунтов растительный слой срезается непосредственно перед разработкой грунта.

6.7. Разработка грунтов в карьерах и резервах производится таким образом, чтобы при слоистом напластовании грунтов, с одной стороны, обеспечивалось достаточно равномерное перемешивание грунтов с различной влажностью, различного их вида и, с другой — исключалось попадание непригодных для отсыпки грунтов.

При разработке грунтов также обращается внимание на исключение или снижение до минимума возможности нежелательного повышения или понижения их влажности.

7. ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ ПО УПЛОТНЕНИЮ ГРУНТОВ

7.1. Опытные работы по уплотнению грунтов выполняются перед производством основных работ с целью уточнения.

максимальных величин плотности грунтов, достигаемых используемыми грунтоуплотняющими механизмами,

величин оптимальной влажности,

толщины уплотняемых слоев при заданном режиме уплотнения;

необходимого количества ударов трамбовки или проходов грунтоуплотняющего механизма;

расстояния между грунтовыми сваями при глубинном уплотнении и других параметров.

7.2. Опытное уплотнение производится всеми применяемыми для уплотнения механизмами для наиболее характерных видов грунтов, отходов производств и их смесей, используемых для обратных засыпок и насыпей.

При наличии ранее полученных результатов производственного или опытного уплотнения для аналогичных видов грунтов и грунтоуплотняющих механизмов допускается опытное уплотнение не выполнять

7.3. Опытное уплотнение рекомендуется осуществлять на отдельных участках, располагаемых в пределах или в непосредственной близости от территории выполнения основного объема работ. Размеры участков при уплотнении различными механизмами принимаются равными·

шириной не менее их трехкратной ширины и длиной — четырехкратной длины при укатке катками, автосамосвалами, скреперами, тракторами, а также трамбующими машинами.

не менее $6d \times 3d$ трамбовки или двойной ширины рабочего органа машины при уплотнении тяжелыми трамбовками, виброуплотняющими и виброударными машинами.

Толщина отсыпаемого слоя грунта на каждом участке принимается на 20—30% больше приведенной в табл. 1

Уплотнение производится, как правило, при двух-трех значениях влажности грунтов, равных W_0; 0,8 W_0 и 1,2 W_0 (W_0 — значение оптимальной влажности, соответствующей влажности на границе раскатывания).

При необходимости использования грунтов с повышенной или пониженной влажностью опытные работы производятся на грунтах с возможными крайними значениями их влажностей.

7.4. После выполнения работ по опытному уплотнению на каждом участке с учетом изменения влажности грунтов, количества проходов машин (ударов трамбовки) путем проходки шурфов или ра-

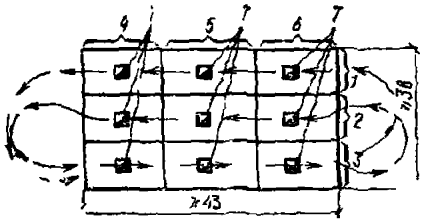

Рис. 2. Схема опытного уплотнения укаткой (стрелками показаны основные направления движения механизмов)

1 — захватка с 6 проходами; *2* и *3* — то же, с 9 и 12 проходами, *4*, *5* и *6* — участки отсыпки грунта соответственно с влажностью, равной 0,8 W_p, W_p, 1,2 W_p; *7* — шурфы или радиометрические скважины для определения плотности и влажности уплотненного грунта; *l*, *b* — соответственно длина и ширина грунтоуплотняющего механизма.

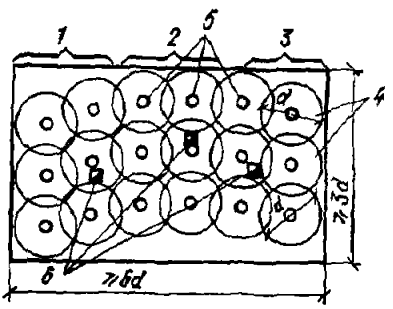

Рис. 4. Схема опытного уплотнения тяжелыми трамбовками

1, *2* и *3* — участки отсыпки грунта с влажностью 0,8 W_p; W_p и 1,2 W_p; *4* — следы ударов трамбовки, *5* — точки нивелировки (штыри); *6* — шурфы или радиометрические скважины для определения $\gamma_{ск}$ и W

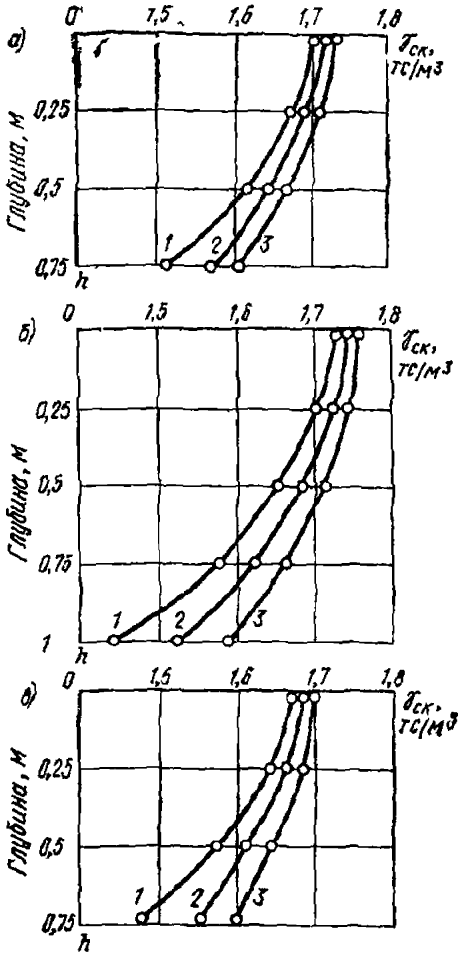

Рис. 3. Графики изменения объемной массы скелета $\gamma_{ск}$ уплотненного грунта по глубине при влажности: *а* — 0,8 W_p; *б* — W_p; *в* — 1,2 W_p; *1*, *2*, *3* — соответственно при 6, 9, 12 проходах пневмокатка

диометрических скважин определяется плотность $\gamma_{ск}$ и влажность W уплотненных грунтов.

Плотность $\gamma_{ск}$ и влажность W грунтов определяется с двукратной повторностью при уплотнении грунтов тяжелыми трамбовками и трамбующими машинами через 25 см по глубине, а укаткой и вибрационными машинами через 10—25 см, но не менее чем на трех горизонтах для каждого слоя.

Опытное уплотнение укаткой и трамбующими машинами

7.5. Площадка проведения опытного уплотнения укаткой катками, автосамосвалами, скреперами, тракторами, а также трамбующими машинами разбивается на три участка (рис. 2) шириной не

менее длины (l) грунтоуплотняющего механизма и длиной не менее трехкратной ширины грунтоуплотняющего механизма (b).

Размеры площадки выбираются также с учетом движения и разворота грунтоуплотняющих механизмов.

На каждом из участков в соответствии с требованиями п. 7.3 отсыпаются грунты с тремя значениями влажностей.

7.6. Опытное уплотнение грунтов укаткой катками, автосамосвалами, скреперами, тракторами производится при 6, 9 и 12 проходах их по одному следу, а грунтоуплотняющими машинами типа Д-471Б при 1, 2 и 3 проходах по схеме, указанной на рис. 2.

7.7. После уплотнения грунта на каждом участке и захватке проходится по одному шурфу или радиометрической скважине (см. рис. 2) с определением плотности и влажности уплотненных грунтов в соответствии с требованиями п. 7.4.

Глубина шурфов или радиометрических скважин должна назначаться не менее 1,2 предполагаемой глубины уплотнения.

7.8. На основании данных определения плотности и влажности грунтов по отдельным участкам и захваткам строятся графики распределения плотности грунта по глубине для принятого количества проходов и для каждой влажности грунта (рис. 3).

На основании данных графиков при различных влажностях грунтов (см. рис. 3) устанавливаются необходимое количество проходов уплотняющей машины, максимальная толщина уплотняемого слоя для заданной плотности, значение оптимальной влажности уплотняемых грунтов.

Примечание. По приведенным на рис. 3 данным опытного уплотнения грунтов укаткой при требуемой объемной массе скелета грунтов не менее 1,65 т/м^3 максимальная глубина уплотнения при 12 проходах пневмокатка массой 40 т составляет 0,8 м, а оптимальная влажность равняется $w_o = w_p$. При 6 и 9 проходах глубина уплотнения соответственно равняется 0,52 и 0,67 м.

Опытное уплотнение тяжелыми трамбовками

7.9. Площадка проведения опытного уплотнения тяжелыми трамбовками в зависимости от возможного интервала изменения влажности применяемых грунтов разбивается на 2—3 участка длиной не менее $3d$, а шириной $2d$ (d-диаметр трамбовки), рис. 4. На каждый участок отсыпается грунт с учетом требований п. 7.3 толщиной слоя не менее $2{,}2d$ в рыхлом состоянии.

7.10. Трамбование грунтов на опытном участке производится с перекрытием следов трамбовки не менее 0,25d и с замером понижения трамбуемой поверхности по металлическим штырям, забитым по центру каждого следа, нивелированием после каждых 2 ударов трамбовки.

Трамбование производится до тех пор, пока понижение трамбуемой поверхности за каждые 2 удара трамбовки не достигнет постоянной величины, называемой отказом.

7.11. По данным опытного трамбования по каждому участку с различной влажностью грунтов строятся графики понижения трамбуемой поверхности для суммарного числа ударов и для каждых последующих двух ударов (рис. 5).

На основании графиков (рис. 5) устанавливаются: максимальная величина понижения трамбуемой поверхности, позволяющая уточнить толщину слоя отсыпного грунта в рыхлом состоянии; мини-

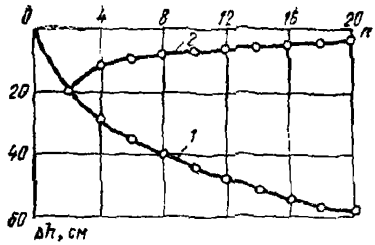

Рис. 5. Графики понижения поверхности при трамбовании грунта с влажностью $W = W_p - 0{,}12$

1 — от количества ударов; *2* — от каждых двух ударов

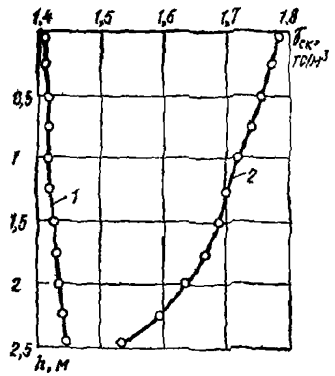

Рис. 6. Графики изменения объемной массы скелета грунта до (*1*) и после уплотнения (*2*) тяжелыми трамбовками

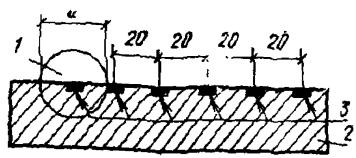

Рис. 7. Схема расположения шурфа (*2*) у грунтовой сваи (*1*) и места отбора проб для определения плотности и влажности уплотненного грунта (*3*)

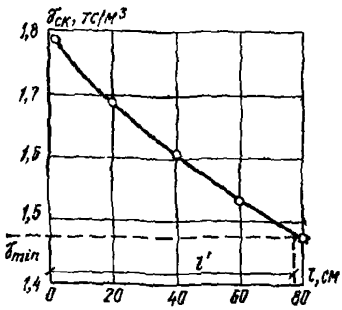

Рис. 8. График изменения объемной массы скелета грунта в сторону от грунтовой сваи

мально необходимое число ударов трамбовки, соответствующее моменту наступления отказа.

7.12. После завершения трамбования на опытной уплотненной площадке, а также за ее пределами проходятся шурфы или радиометрические скважины глубиной не менее двух диаметров трамбовки, в которых в соответствии с требованиями п. 7.4 производятся определения плотности и влажности уплотненных грунтов.

По полученным результатам для каждого участка строятся графики изменения плотности грунта по глубине (рис. 6), на основании которых по минимально допустимой и достигнутой плотности определяется глубина уплотнения.

Примечание. По приведенному на рис. 6 графику при требуемой плотности грунта на нижней границе уплотненного слоя 1,6 т/м³ глубина уплотнения трамбовкой $d = 1{,}3$ м массой 4 т равняется 2,25 м.

7.13. Опытные работы по глубинному уплотнению грунтовыми сваями выполняются с целью уточнения:

расстояния между грунтовыми сваями для обеспечения проектной средней плотности уплотняемого насыпного грунта;

фактического расхода грунта для засыпки скважин;

значения минимально допустимой плотности грунта в уплотняемом массиве при заданном среднем ее значении.

7.14. Площадку для опытного глубинного уплотнения необходимо выбирать в местах, максимально приближенных к условиям реального применения. При этом необходимо иметь в виду, что расположение в зоне размещения грунтовых свай подземных конструкций существенно изменяет конфигурацию уплотненной зоны вокруг одиночной грунтовой сваи.

7.15. Опытное глубинное уплотнение производится одиночной грунтовой сваей на глубину не менее 15 диаметров ударного снаряда с обеспечением следующего порядка производства работ. Пробивается скважина на необходимую глубину. Затем производится ее засыпка грунтом порциями высотой не более $2{,}5d$ (d-диаметр наконечника). Каждая засыпанная в скважину порция уплотняется тем же ударным снарядом до полного отказа, которому соответствует полное прекращение погружения ударного снаряда станка ударно-канатного бурения.

7.16. После завершения уплотнения по оси грунтовой сваи отрывается контрольный шурф на глубину не менее 10 диаметров снаряда. Отбор проб для проверки плотности производится на 2—3 горизонтах, начиная с глубины не менее 6 диаметров снаряда. Точки отбора проб размещаются на продолжении радиуса грунтовой сваи через 20 см на расстояние не менее 0,8 м в каждую сторону от поверхности сваи (**рис. 7**).

При использовании глубинного радиоизотопного контроля точки контроля размещаются по приведенной на рис. 7 схеме, замеры выполняются не менее чем на 3 горизонтах, соответствующих глубинам от 6 до 15 диаметров ударного снаряда.

Оценка объемной массы скелета грунта по результатам ее определения производится как среднее из полученных значений для каждой контрольной точки по вертикали.

По данным выполненных определений строится график изменения объемной массы скелета грунта в уплотненной зоне (рис. 8).

7.17. По данным испытаний и в соответствии с требуемой средней плотностью $\gamma_{ср}$ определяется минимально допустимая плотность грунта в уплотняемом массиве по формуле

$$\gamma_{мин} = 2\gamma_{ср} - \gamma_{макс}, \qquad (2)$$

где $\gamma_{макс}$ — достигнутая максимальная плотность в точке, расположенной у грунтовой сваи.

7.18. На основании минимального значения плотности по графику (рис. 8) определяется максимально допустимое расстояние между двумя смежными сваями. Для этого на графике отмечается минимальная плотность и соответствующее ей расстояние l'.

Расстояние между осями свай l при линейном их расположении определяется по формуле

$$l = 2l' + d, \qquad (3)$$

где d — диаметр снаряда.

При многорядном расположении грунтовых свай полученные расстояния для линейного расположения умножаются на 0,8.

8. ВОЗВЕДЕНИЕ ОБРАТНЫХ ЗАСЫПОК И НАСЫПЕЙ НА ОТНОСИТЕЛЬНО СВОБОДНЫХ ПЛОЩАДЯХ

8.1. Возведение обратных засыпок в пролетах корпусов между фундаментами каркаса, сваями, растверками, тоннелями, подвалами и. т. п., представляющих собой достаточно свободные площади для работы механизмов, производится путем послойной отсыпки и уплотнения грунта укаткой. При этом последовательно чередуются работы по:

отсыпке и разравниванию слоев грунта заданной толщины;
доувлажнению грунта в необходимых случаях;
уплотнению грунта в отсыпанном слое;
проверке качества уплотнения грунта и приемке уплотненного слоя.

8.2. Отсыпка грунтов осуществляется горизонтальными слоями. Толщина слоев назначается в соответствии с уплотняющей способностью катков, груженых автомашин и в уплотненном состоянии принимается по табл. 1. Разравнивание отсыпанного грунта выполняется бульдозерами.

8.3. При использовании для обратных засыпок и насыпей, разнородных по составу, виду и влажности в процессе отсыпки и разравнивании грунты должны достаточно равномерно перемешиваться по всей засыпаемой площади или участку.

8.4. Доувлажнение грунта в необходимых случаях производится расчетным количеством воды после разравнивания слоя путем разбрызгивания ее из поливочной машины равномерно по всей поверхности. Для равномерного распределения и впитывания воды грунт выдерживается в течение 0,5—2 суток. Уплотнение доувлажненного грунта производится только после полного впитывания воды или его перемешивания.

8.5. Уплотнение отсыпанных слоев грунта выполняется катками на пневмоколесном ходу, груженым автотранспортом или проходящим груженым автотранспортом. Для обеспечения хорошей проходимости указанных механизмов после отсыпки, разравнивания и доувлажнения слоя грунта производится его подкатка бульдозерами или тракторами путем 3—4 проходов по каждому следу.

8.6. При уплотнении грунтов проходящим груженым автотранспортом движение его организуется таким образом, чтобы на всю уплотняемую площадь приходилось одинаковое количество проходов, но не менее 10—12. При невыполнении этого условия на недостаточно уплотненных местах, главным образом по краям, в торцах, по углам уплотняемого участка, производится доуплотнение грунта катками или трамбовками.

8.7. После окончания уплотнения каждого слоя проверяется качество уплотнения путем непосредственного определения плотности и влажности грунтов в соответствии с пп. 11.3—11.4 или по отказу в соответствии с п. 11.5. Пункты контроля качества назначаются представителями лаборатории, генподрядчика и авторского надзора из расчета одного на каждые 500 м² уплотненной площади, но не менее 2 на каждом участке.

9. ВОЗВЕДЕНИЕ ОБРАТНЫХ ЗАСЫПОК В ГЛУБОКИХ ПАЗУХАХ И ТРАНШЕЯХ

9.1. Обратные засыпки в глубоких пазухах котлованов, траншей и узких щелях устраиваются после приемки-сдачи конструкций, подлежащих засыпке. При этом особое внимание обращается на сохранность засыпаемых конструкций и, в частности, гидроизоляцию труб, стен подвалов, приямков, фундаментов и т. п.

9.2. Для обратных засыпок котлованов в глубоких пазухах и траншеях следует применять грунты, как правило, с влажностью, близкой к оптимальной. Доувлажнение грунтов в необходимых случаях должно производиться до их отсыпки на специально отведенных площадках путем заливки в грунт расчетного количества воды разбрызгиванием с постоянным его перемешиванием.

9.3. Обратная засыпка в глубоких пазухах и траншеях выполняется путем послойной отсыпки и уплотнения грунта.

Для засыпки нижней части пазух фундаментов и траншей целесообразно использовать экскаваторы, оборудованные драглайнами, которые равномерно рассыпают грунт в нижней части пазухи, разравнивают его и готовят поверхность грунта для уплотнения. Окончательное разравнивание и планировка грунта выполняются вручную.

Последующие слои грунта по мере увеличения фронта работ отсыпаются автосамосвалами и разравниваются бульдозерами.

9.4. В пазухи котлованов у массивных фундаментов и стен подвалов с установленными перекрытиями грунт целесообразно отсыпать слоями толщиной до 2,5 м (см. табл. 1) с последующим уплотнением его тяжелыми трамбовками (рис. 9) с диаметром основания 1—1,6 м, массой 2,5—4,5 т, сбрасываемыми с высоты 3—6 м. При этом необходимая степень уплотнения обычно достигается при 10—16 ударах трамбовки по одному следу.

Допускается в нижнюю часть пазухи шириной менее 2 м отсыпать первый слой (см. рис. 9) толщиной на 20—25% больше, чем указанная в табл. 1.

9.5. Для обеспечения необходимого качества уплотнения грунта непосредственно у стен массивных подземных конструкций, в том числе между ребрами жесткости панелей, а также у буровых и забивных свай, растверков и т. п., трамбование грунта должно производиться на расстояниях не более $0{,}5d$ и не менее $0{,}3d$ от соответствующих конструкций (d — диаметр трамбовки).

9.6. В целях исключения влияния горизонтального отпора уплотненных грунтов на прочность и устойчивость стен немассивных сооружений (тоннели, подвалы из сборных элементов, не способных воспринимать горизонтальные нагрузки) уплотнение грунтов в обратных засыпках тяжелыми трамбовками следует осуществлять на расстоянии $(1—0{,}8)d$ от наружных граней.

Доуплотнение грунтов в пристенной зоне, непосредственно примыкающей к стенам этих сооружений, осуществляется в соответствии с рекомендациями пп. 10.2—10.5, при этом пристенная зона рассматривается как узкая щель, засыпанная неуплотненным грунтом.

9.7. Во избежание соскальзывания или отскока трамбовок на стены конструкций, буровые сваи или ростверки планировка (отсыпка) подготовленного к уплотнению слоя грунта должна делаться с уклоном от стены конструкции, равным 0,05—0,1.

9.8. При производстве уплотнения грунта в пазухах тяжелыми трамбовками следует обращать особое внимание обслуживающего персонала на обеспечение сохранности указанных конструкций. При трамбовании в указанных местах не допускается раскачивание трамбовки или ее вращение вокруг вертикальной оси. При трамбовании вблизи конструкций сбрасывание трамбовки может производиться только после полного затухания ее колебаний и вращения.

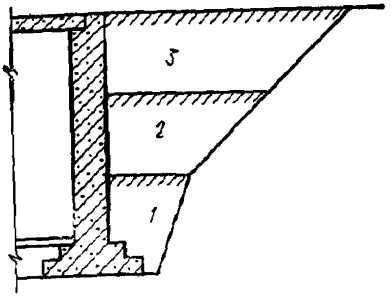

Рис. 9. Схема послойной засыпки пазухи фундамента

1, 2, 3 — слои отсыпки

9.9. При устройстве обратных засыпок в траншеях нижняя часть в пределах высоты труб или каналов отсыпается отдельными относительно тонкими слоями с уплотнением грунтов вибрационными, виброударными или механическими трамбовками (рис. 10). Отсыпку грунтов выше труб или каналов целесообразно производить слоями толщиной 2,5 м с уплотнением тяжелыми трамбовками по п. 9.4 и с увеличением толщины нижнего слоя на 20—25%.

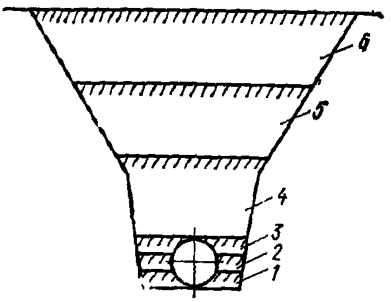

Рис. 10. Схема послойной засыпки глубокой траншеи

1—6 — слои отсыпки

9.10. После окончания уплотнения грунта в каждом слое проверяется качество уплотнения путем непосредственного определения плотности и влажности грунтов по рекомендациям пп. 11.3—11.4 или по отказу в соответствии с п. 11.5. Пункты контроля качества уплотнения выбираются представителями лаборатории генподрядчика по согласованию с авторским надзором и назначаются из расчета:

при непосредственном определении плотности и влажности одного пункта на каждые 200 м² уплотненной площади, но не реже чем через 30 м по длине пазухи или траншеи и одного пункта на каждый отдельный участок или карту;

при контроле по отказу — одного пункта на каждые 100 м² уплотненной площади, но не реже чем через 20 м по длине пазухи или траншеи и 2 пунктов на каждый участок или карту.

10. ОТСЫПКА И УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ В УЗКИХ ЩЕЛЯХ

10.1. Отсыпку и уплотнение грунтов в щели рекомендуется осуществлять с учетом пп. 9.1—9.2 по одному из двух вариантов:

1 — отсыпка грунта сразу на всю высоту с последующим глубинным уплотнением его грунтовыми сваями;

2 — послойная отсыпка и уплотнение грунта.

Первый вариант обычно наиболее целесообразно применять при засыпке щелей глубиной более 5—6 м.

10.2. Засыпка щелей по варианту 1 производится местным грунтом оптимальной влажности. Комья уплотненного грунта, полученные при планировке уплотненной поверхности срезкой, а также мерзлый грунт засыпать в узкие щели не допускается.

Уплотнение грунтов в этом случае осуществляется станками ударно-канатного бурения или экскаваторами, оборудованными соответствующими приспособлениями с выполнением технологических требований действующего СНиП III-9-74 «Основания и фундаменты» и «Руководства по производству и приемке работ при устройстве оснований и фундаментов», Стройиздат, 1977.

10.3. Для уплотнения грунта в щелях в зависимости от ширины щели рекомендуется применять наконечники штанг диаметром 270, 325, 370 мм.

Ориентировочные характеристики уплотнения указанными наконечниками приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатель	Единица измерения	Диаметр наконечника, мм		
		270	325	370
Диаметр зоны достаточного уплотнения	м	0,8	1	1,2
Уплотняемая площадь	м²	0,5	0,65	0,85

10.4. Выбор типа наконечника производится с учетом ширины засыпаемой щели исходя из того, чтобы обеспечить уплотнение грунта по всей ширине щели. Скважины для глубинного уплотнения располагаются в 1 или 2 ряда в шахматном порядке.

Количество точек глубинного уплотнения определяется как частное от деления площади щели в плане на площадь, уплотняемую одной сваей принятого диаметра наконечника.

Расчетное количество точек уплотнения распределяется равномерно по площади всей щели.

10.5. Засыпка пробитых скважин производится местным грунтом оптимальной влажности слоями грунта толщиной не более 1 м с уплотнением каждого слоя не менее чем 40 ударами трамбовки при применении станков ударно-канатного бурения и 10 ударами при использовании экскаваторов и высоте сбрасывания снаряда 4—5 м.

Комья уплотненного грунта, полученные при планировке уплотненной поверхности срезкой, а также мерзлый грунт засыпать в скважины не допускается.

10.6. Контроль качества уплотнения грунта в щелях при применении глубинного уплотнения производится по окончании каждой операции и включает:

контроль глубины пробивки скважины, путем промера ее глубины;

контроль за величиной отсыпаемых порций грунта, высота которых не должна превышать 1 м;

количественный контроль на всю пазуху, т. е. соответствие выполненного количества свай заданному по расчету и засыпаемого объема грунта в скважину расчетному.

10.7. Результаты пооперационного контроля за глубинным уплотнением заносятся в журнал производства работ (прил. 4), в соответствии с которым осуществляется приемка-сдача обратной засыпки щели с глубинным уплотнением грунта.

10.8. Обратные засыпки узких щелей по варианту 2 выполняются путем отсыпки грунтов с оптимальной влажностью отдельными горизонтальными слоями толщиной, принимаемой по табл. 1, с уплотнением каждого слоя вибрационными, виброударными или механическими трамбовками.

На просадочных грунтах с I типом грунтовых условий по просадочности допускается послойную засыпку щелей производить песчаным грунтом.

10.9. Контроль качества засыпки и уплотнения грунтов в щелях по варианту 2 производится послойно за:

соответствием отсыпаемого в каждом слое грунта, принятому в проекте;

толщиной отсыпаемых слоев;

плотностью и влажностью уплотненного грунта из расчета одного определения плотности на каждые 50 м^3 уплотненного грунта и не реже чем через 20 м по длине щели.

11. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ПРИЕМКА РАБОТ

11.1. При возведении обратных засыпок котлованов и насыпей ведется систематический контроль за:

качеством выполненных работ по подготовке дна котлованов и поверхности для возведения обратных засыпок;

соответствием отсыпаемого грунта принятому в проекте производства работ или в технологической схеме, однородностью грунта, наличием гумусированного или почвенного слоя, органических включений, строительного мусора, комьев мерзлого грунта, переувлажненного грунта и т. п.;

толщиной отсыпаемых слоев грунта;

влажностью отсыпаемого грунта;

соответствием типа и веса грунтоуплотняющих механизмов, принятым в проекте или в технологической схеме производства работ;

количеством проходов (ударов) грунтоуплотняющих механизмов;

плотностью и влажностью уплотненного грунта.

11.2. Наблюдения за качеством выполненных работ по возведению обратных засыпок котлованов проводятся заказчиком, технической инспекцией, авторским надзором, геотехнической или строительной лабораторией генподрядчика.

При несоблюдении требований проекта или технологической схемы производства работ контролирующие инстанции делают соответствующие записи в журнале производства работ.

11.3. Плотность уплотненных грунтов в соответствии с требованиями пп. 2.8—2.14 может определяться методами:

парафинирования отобранных проб грунтов из приямков и шурфов;

режущего кольца в приямках и шурфах;

радиоактивных изотопов поверхностными приборами;

радиоактивных изотопов в скважинах;

зондированием песчаных грунтов.

Первые три метода используются, как правило, при толщине отсыпаемых слоев до 1 м, а последний — при толщине уплотненного слоя более 1—2 м.

11.4. В процессе контроля качества уплотнения плотность грунтов в каждом пункте определяется при толщине уплотненного слоя:

до 50 см — в середине слоя;

50—80 см — на двух горизонтах, расположенных на расстоянии 10—15 см от верха и низа слоя;

1,5—2,5 м — через 50 см по глубине;

более 3 м — в пределах верхнего слоя на глубину 2 м через 0,5 м, а ниже через 1 м по глубине.

11.5. Контроль качества уплотнения слоев толщиной до 2,5 м допускается осуществлять в отдельных случаях по отказу, т. е. по понижению поверхности при трамбовании. Уплотнение признается удовлетворительным, если величина понижения уплотненной поверхности не превышает установленной для данного грунта опытным трамбованием величины отказа.

Контроль качества уплотнения грунтов по отказу оформляется соответствующим актом или соответствующей записью в журнале производства работ.

11.6. При недостаточной степени уплотнения грунтов, указанной в пп. 2.8—2.14, производится дополнительное их уплотнение в пределах выделенных участков с увеличением веса, количества проходов катка, груженых автомашин, а при уплотнении трамбованием путем увеличения диаметра трамбовки, массы, высоты ее сбрасывания и т. п.

Принятый способ доуплотнения грунтов согласовывается с авторским надзором.

11.7. Сдача-приемка выполненных работ по обратным засыпкам котлованов производится комиссией по данным журнала производства работ, исполнительной схемы на сдаваемую площадь, результатов послойного контроля за плотностью и т. п.

При отсутствии данных послойного контроля производится проверка плотности отсыпанных грунтов методом радиоактивных изотопов или зондированием песчаных грунтов из расчета одной радиометрической или зондировочной скважины на 300—500 м² уплотненной площади.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАЗНАЧЕНИЮ НЕОБХОДИМОЙ СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

1. Для назначения необходимой степени уплотнения грунтов и отходов производств в обратных засыпках котлованов, траншей, планировочных насыпях, подсыпках, а также в грунтовых подушках (из глинистых, песчаных грунтов и других материалов) выполняется комплекс лабораторных исследований, включающий изучение: уплотняемости грунтов (стандартное уплотнение); прочностных и деформационных характеристик уплотненных до различной плотности грунтов.

Исследования выполняются в процессе проведения инженерно-геологических изысканий или перед началом производства работ.

2. Стандартное уплотнение выполняется для основных разновидностей грунтов обратных засыпок в соответствии с методикой, из-

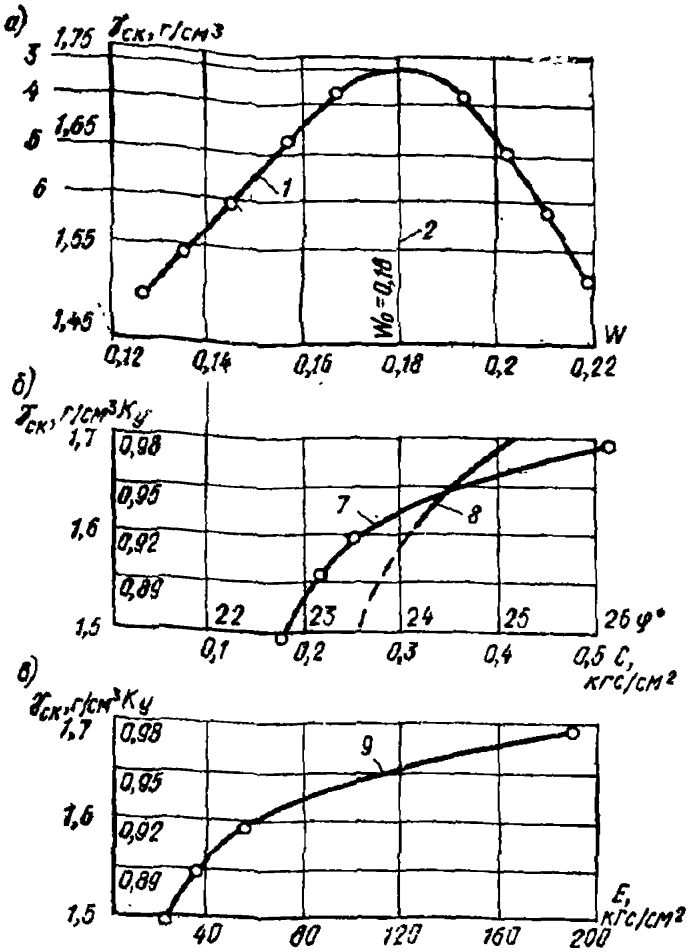

Рис. 11. Графики испытаний уплотненного грунта

а — график зависимости объемной массы скелета грунта от влажности; б — график зависимости сцепления c(7) и угла внутреннего трения φ(8) от объемного веса скелета и коэффициента уплотнения $K_у$ грунта; *в* — график зависимости модуля деформации E (9) от объемной массы скелета и коэффициента уплотнения ($K_у$) грунта; *1* — кривая стандартного уплотнения, *2* — оптимальная влажность $W_0=0{,}18$; *3* — максимальная плотность $\gamma_{ск}=1{,}74$ г/см³ при $K_у=1$ и $W=W_0=0{,}18$; *4* — $K_у=0{,}98$ при $\gamma_{ск}=1{,}7$ г/см³ и $W=0{,}164$—$0{,}195$; *5* — $K_у=0{,}95$ при $\gamma_{ск}=1{,}65$ г/см³ и $W=0{,}153$—$0{,}202$; *6* — $K_у=0{,}92$ при $\gamma_{ск}=1{,}6$ г/см³ и $W=0{,}145$—$0{,}208$.

ложенной в «Руководстве по геотехническому контролю при производстве земляных работ». М., Стройиздат, 1974.

3. По результатам стандартного уплотнения строится график зависимости объемной массы скелета грунта от влажности (рис. 11,*а*), по которому определяются максимальное значение плотности и оптимальная влажность (3) для данного вида грунта.

На основе результатов стандартного уплотнения (см. рис. 11,а) назначаются также необходимые плотности (значения объемной массы скелета $\gamma_{ск}$) и диапазоны изменения влажности, соответствующие заданным в проекте коэффициентам уплотнения. Необходимая плотность определяется как произведение максимальной плотности

(значение $\gamma_{макс}$), полученной из опыта на стандартное уплотнение, на коэффициент уплотнения. Диапазон изменения влажности определяется по кривой стандартного уплотнения путем проведения линии из точки, соответствующей значению требуемого $\gamma_{ск}$, параллельно оси абсцисс. Из точек пересечения этой линии с кривой стандартного уплотнения параллельно оси ординат проводят прямые, которые при пересечении с осью абсцисс дают верхний и нижний пределы влажности грунта, при которой обеспечивается заданная плотность.

При назначении необходимой плотности уплотненного грунта учитывается природная влажность грунта. Если природная влажность грунта выше оптимальной, устанавливается пригодность его для устройства обратных засыпок и насыпей при более низком коэффициенте уплотнения на основе анализа прочностных и деформационных характеристик уплотненных до различной плотности грунтов.

4. Прочностные характеристики уплотненных грунтов (сцепление c и угол внутреннего трения φ) определяют путем испытаний на срез образцов грунтов, уплотненных до коэффициента уплотнения 0,85—0,9; 0,92; 0,95 и 0,98.

Испытания на срез проводят после полного водонасыщения образцов грунта по стандартной методике в соответствии с ГОСТ 12248—66 «Грунты. Метод лабораторного определения сопротивления срезу песчаных и глинистых грунтов на срезных приборах в условиях завершенной консолидации», а также рекомендациями «Руководства по лабораторному определению деформационных и прочностных характеристик просадочных грунтов» (М., Стройиздат, 1975).

5. По данным сдвиговых испытаний строят графики зависимости прочностных характеристик (угла внутреннего трения φ и удельного сцепления c) от объемной массы скелета $\gamma_{ск}$ или коэффициента уплотнения грунта $K_у$ (рис. 11,*б*). На основе графиков зависимости c и φ от плотности грунтов решаются вопросы о необходимой степени уплотнения грунтов и допустимых пределах снижения плотности уплотненных грунтов.

Если в проекте заданы определенные величины прочностных характеристик c и φ, то по кривым *7* и *8* (см. рис. 11, *б*) с использованием заданных значений c и φ определяются минимально допустимые плотности и коэффициенты уплотнения, при которых обеспечивается выполнение заданных условий.

При отсутствии специальных требований за минимально допустимую степень уплотнения грунта принимается плотность или коэффициент уплотнения, при которых начинается более интенсивное увеличение прочностных характеристик грунта, что на рис. 11, *б* соответствует $\gamma_{ск}=1{,}6$ т/м^3 и $K_у=0{,}92$.

6. Сжимаемость уплотненных до различной степени грунтов определяется путем компрессионных испытаний образцов при их полном водонасыщении и коэффициенте уплотнения изменяющимся от 0,85—0,9 до 0,98. Испытания проводят в соответствии с «Руководством по лабораторному определению деформационных и прочностных характеристик просадочных грунтов» (М., Стройиздат, 1975).

По данным испытаний вычисляют модуль деформации и строят график зависимости модуля деформации E от плотности $\gamma_{ск}$ и коэффициента уплотнения $K_у$ (рис. 11,*в*), на основе которого судят о величине сжимаемости грунта и о степени ее изменчивости α_E различных коэффициентах уплотнения.

Необходимая и допустимая степени уплотнения грунта исходя из его сжимаемости определяется по аналогии с изложенным в п. 5.

ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УПЛОТНЕННЫХ ГРУНТОВ

1. Основными физико-механическими характеристиками уплотненных грунтов, используемыми при расчете оснований и фундаментов на уплотненных обратных засыпках котлованов, траншей, планировочных насыпях, являются: модуль деформации E; степень изменчивости сжимаемости основания α_E, удельное сцепление c и угол внутреннего трения φ уплотненного грунта. Эти характеристики должны быть определены для каждого вида грунта, уплотненного до заданной плотности.

2. Модули деформации уплотненных грунтов определяются в процессе проведения опытных работ или на первом этапе производственного уплотнения путем испытания штампами уплотненных до заданной степени плотности грунтов. Загрузка штампов производится до давления на грунт, в 1,2—1,5 раза превышающего принятое давление по подошве фундаментов, или расчетного сопротивления на уплотненный грунт.

При отсутствии данных непосредственных испытаний уплотненных грунтов на рассматриваемой площадке допускается принимать значения модулей деформации, полученные на других участках для аналогичных видов и степени уплотнения грунтов или по табл. 3.

Таблица 3

Вид уплотненного грунта	Нормативные значения модулей деформации уплотненного грунта, МПа			
	при влажности уплотнения равной W_p		в водонасыщенном состоянии	
	K_y=0,92	K_y=0,95	K_y=0,92	K_y=0,95
Лессовидные супеси	20	25	15	20
Лессовидные суглинки и глины	25	30	20	25
Крупные пески	30	40	—	—
Средние пески	25	30	—	—
Мелкие пески	15	20	—	—

Примечание. За расчетные значения модулей деформации уплотненных грунтов принимаются их нормативные значения.

3. Коэффициент изменчивости сжимаемости основания из уплотненных грунтов представляет собой отношение модулей деформации, полученных при максимально и минимально допустимой степе-

ни уплотнения, а для лессовых грунтов отношение модулей деформации при полном водонасыщении и влажности в процессе уплотнения.

При выполнении требований настоящего Руководства коэффициенты изменчивости сжимаемости оснований допускается принимать в зависимости от заданного значения коэффициента уплотнения $K_у$ равными:

при

$K_у = 0{,}92$ $\alpha_E = 1{,}2$;

$K_у = 0{,}95$ $\alpha_E = 1{,}35$;

$K_у = 0{,}98$ $\alpha_E = 1{,}5$.

4. Прочностные характеристики уплотненных грунтов определяются, как правило, в процессе проведения инженерно-геологических изысканий, на образцах, уплотненных в лабораторных условиях в соответствии с «Руководством по лабораторному определению деформационных и прочностных характеристик просадочных грунтов» (М., Стройиздат, 1975).

В связи с возможной различной степенью уплотнения грунтов прочностные характеристики их рекомендуется определять при 3—4 значениях коэффициентов уплотнения $K_у$, изменяющихся от 0,88—0,9 до 0,97—0,98.

При отсутствии данных непосредственных определений нормативные значения прочностных характеристик уплотненных лессовых суглинков допускается принимать до табл. 4.

Таблица 4

Характеристики грунтов	Значения характеристик уплотненных лессовых грунтов при $K_у$		
	0,92	0,95	0,97
Сцепление, МПа	0,055/0,025	0,075/0,035	0,1 /0,045
Угол внутреннего трения (градусы)	28/24	30/25	32/26

Примечания: 1. Над чертой приведены значения c и φ, относящиеся к уплотненным лессовым суглинкам со степенью влажности $G \leqslant 0{,}5$ при $\gamma_{ск} = 1{,}6$ т/м³ и $G \leqslant 0{,}6$ при $\gamma_{ск} = 1{,}7$—$1{,}8$ т/м³, под чертой при $G \geqslant 0{,}8$.

2. Для предварительных расчетов оснований по деформациям расчетные значения c и φ принимаются равными нормативным (при $K_г = 1$), а по несущей способности расчетные значения c и φ принимаются равными нормативным, разделенным соответственно на 1,5 и 1,15.

5. Расчетные давления на уплотненные грунты обратных засыпок котлованов, траншей и планировочных насыпей назначаются по СНиП II-15-74 с учетом их прочностных характеристик и размеров фундаментов.

При отсутствии прочностных характеристик, а также для предварительного назначения размеров фундаментов допускается пользоваться условными значениями расчетных давлений R_0 на уплотненные насыпные грунты (табл. 5).

Таблица 5

Вид уплотненного грунта	Значения R_0, МПа при коэффициенте уплотнения $K_у$		
	0,92	0,95	0,97
Супеси	0,2	0,25	—
Суглинки	0,25	0,3	—
Глины	0,3	0,35	—
Крупные пески	0,3	0,4	0,5
Средние пески	0,25	0,3	0,4
Мелкие пески	0,2	0,25	0,3

Примечания: 1. Значения R_0 соответствуют фундаментам с шириной подошвы $b=1$ м и глубиной заложения $h=2$ м.

2. Значения R_0 относятся к водонасыщенным грунтам ($G \geqslant 0{,}8$), т. е. учитывают возможность замачивания уплотненных грунтов в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РАДИОИЗОТОПНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ В ОБРАТНЫХ ЗАСЫПКАХ

Общие положения

1. Контроль качества обратных засыпок радиоизотопными методами производят путем определения значений объемной массы и объемной влажности грунта, уложенного в них. По этим показателям грунта определяют объемную массу скелета грунта и весовую влажность, пользуясь формулами:

$$\gamma_{ск} = \gamma - \frac{W_{об} \cdot \gamma_W}{100}; \qquad (4)$$

$$W = \frac{W_{об}\,\gamma_W}{\gamma_{ск}}, \qquad (5)$$

где $\gamma_{ск}$ и γ — соответственно объемная масса скелета грунта и объемная масса грунта, определяемая радиоизотопным плотномером;

W и $W_{об}$ — соответственно весовая влажность грунта и объемная влажность, определяемая нейтронным влагомером;

γ_W — плотность воды, принимаемая равной 1, т/м³.

Указанные показатели насыпного грунта позволяют оценить качество уплотнения выбранным способом по соответствию значений объемной массы и оптимальной влажности значениям этих показателей, заложенным в проекте работ, а также в случае необходимости произвести корректировку технологии производства работ и учесть неравномерности укладки грунтов.

Радиоизотопные приборы при проведении измерений должны располагаться на расстоянии не менее чем 0,5 м от любых строительных конструкций.

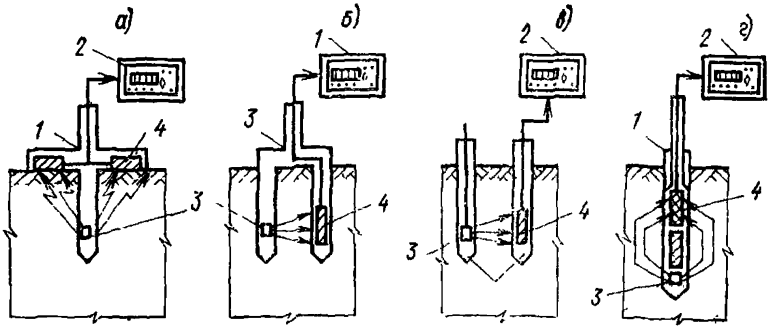

Рис. 12. Принципиальные схемы измерений; *а* **— одинарная;** *б* **— двойная фиксированная;** *в* **— двойная;** *г* **— по методу рассеянного первичного излучения;** *1* **— измерительный преобразователь;** *2* **— измерительный шульт;** *3* **— источник;** *4* **— детектор**

2. Методы радиоизотопного определения объемной массы грунта основаны на измерении плотности потока гамма-излучения при взаимодействии его с грунтом; эти методы разделяют на методы ослабленного и рассеянного первичного гамма-излучения.

Методы ослабленного первичного гамма-излучения применяют для определения объемной массы по следующим схемам (ГОСТ 23061—78):

одинарной (рис. 12,*а*);

двойной фиксированной (рис. 12,*б*);

двойной (рис. 12,*в*).

Одинарную схему измерений применяют для определения объемной массы грунта на глубине от 0,3 до 0,5 м от поверхности грунта.

Двойную фиксированную и двойную схемы используют для определения объемной массы грунта на глубине от 0,1 до 1,5 м от поверхности земли. Расстояние между источником и детектором не должно превышать 0,5 м.

Метод рассеянного первичного гамма-излучения (см. рис. 12,*г*) следует применять для определения объемной массы грунта на глубине более 0,5 м.

3. Нейтронный метод определения объемной влажности грунта основан на эффекте замедления нейтронов в процессе упругого рассеяния на ядрах атомов водорода.

Определение объемной влажности грунта производят нейтронными влагомерами по методу определения плотности потока рассеянных медленных нейтронов.

4. Радиоизотопные приборы включают следующие функциональные блоки:

измерительный преобразователь с закрытым радиоизотопным источником гамма (нейтронного)-излучения;

детектор гамма (нейтронного)-излучения;

измерительный пульт.

5. Объемную массу и объемную влажность грунтов определяют по градуировочным графикам $n=f(\gamma)$ и $n=f(W_{об})$, выражающим

зависимости показаний приборов (регистрируемой плотности потока излучения) от указанных показателей грунта.

6. Информация об объемной массе и влажности грунтов радиоизотопными приборами при применении методов рассеянного излучения снимается:

при измерении объемной массы грунта — с объема грунта размерами — по вертикали $L+(5—8)$ см (L — база прибора) и по горизонтали от 6 до 10 см в зависимости от объемной массы;

при измерении влажности — с объема грунта, который приближенно имеет вид сферы с радиусом $R_в$, см, определяемым по формуле:

$$R_в = 15 \sqrt[3]{\frac{100}{W_{об}}}. \qquad (6)$$

7. Радиоизотопные приборы должны обеспечивать:

диапазоны измерений;

по плотности — 0,8—2,5 г/см³;

по влажности — 1—100%;

Примечание: Для исследования торфов и заторфованных грунтов, а также грунтов с объемной массой $<0{,}8$ г/см³ необходимы радиоизотопные приборы специальных конструкций.

работоспособность при температуре окружающей среды от минус 10°С до плюс 40°С и относительной влажности воздуха до 95± ±3% при $t=35$°С;

соблюдение санитарных правил работы с радиоактивными веществами в соответствии с (ОСП-76).

Градуировка радиоизотопных приборов

8. Градуировку радиоизотопных приборов в производственных условиях производят на основе сопоставления показаний приборов и результатов определения объемной массы грунтов по ГОСТ 5182—78 и влажности грунтов по ГОСТ 5180—75.

Градуировку радиоизотопных приборов проводят на участках со значениями параметров:

объемной массы, т/м³: 1—1,2; 1,2—1,4; 1,4—1,6; 1,6—1,8; 1,8—2, 2—2,2; значения объемной массы должны отличаться друг от друга не менее чем на 0,1 т/м³;

объемной влажности, %: 5—10, 10—20, 20—35, 35—50, 50—100, 100 (вода); значения объемной влажности должны отличаться друг от друга не менее чем на 8—10%.

9. Допускается использовать для градуировки участки грунта с коэффициентом вариации средних значений: объемной массы — не более 0,025; весовой влажности — не более 0,1 при влажности до 10%; не более 0,05 при влажности 10—20%; не более 0,025 при влажности выше 20%.

10. При отсутствии участков с заведомо известными значениями объемной массы и влажности выбор участков и проведение градуировки осуществляют в следующем порядке:

используя данные инженерно-геологических изысканий, намечают участки с широким диапазоном значений объемной массы и влажности.

на каждом из этих участков закладывают скважину, отвечающую принятой технологии ее проходки, и производят приборами замеры скорости счета по глубине скважины с интервалом 10—20 см;

выделяют интервалы свыше 1 м, для которых показания приборов в пределах интервала отличаются не более чем на 2—3% и принимают их как опорные для определения значений объемной массы и влажности грунта;

при расположении этого интервала на глубине до 1,5 м отрывают шурф и отбирают на расстоянии не более 0,3 м от центра скважины пробы грунта, для определения объемной массы по ГОСТ 5182—78 и влажности по ГОСТ 5180—75; количество слоев, с которых отбираются пробы грунта, должно быть не менее 4 с интервалом по глубине 20—25 см; с каждого слоя отбирают не менее 3 проб;

при расположении интервалов на глубине свыше 1,5 м закладывают на расстоянии 30—50 см от центра скважины не менее 3 скважин для отбора проб или монолитов;

пробы отбирают через 20—25 см, количество слоев должно быть не менее 4;

по полученным пробам производят оценку средних значений показателей свойств и однородности грунта по ГОСТ 20522—75.

11. Градуировку следует проводить в скважинах:

необсаженных диаметром до 65 мм, отклонение диаметра скважин от принятого при градуировке не должно превышать 2 мм.

с обсадкой с наружным диаметром труб не более 60 мм, стенки обсадных стальных труб должны быть толщиной не более 6 мм, зазор между стенкой скважины и обсадной трубой не должен превышать 1 мм, отклонения толщины стенки обсадной трубы $\pm 0{,}2$ мм.

12. Грунт, используемый при градуировке, не должен содержать:

при измерении объемной массы — химических элементов с атомным номером более 30 (железо, марганец, титан и т. д.), в количестве более 4—5% (по весу); погрешность, вызванная содержанием железа в 5% составляет 0,02—0,03 т/см^3;

при измерении влажности — нейтронопоглощающих элементов, (хлора более 0,05%, бора более 0,001%), а также карбонатов более 25%, органических веществ более 2%.

При проведении измерений влажности грунта нейтронным методом необходимо учитывать:

влияние связанного водорода, входящего в твердую фазу грунта, так как связанный водород обладает практически такой же рассеивающей способностью по отношению к быстрым нейтронам, как и водород, находящийся в составе свободной воды; показания прибора, полученные на грунтах, содержащих связанную воду, следует относить к значению влажности, обусловленному суммарному содержанию свободной и связанной воды;

вариации объемной массы скелета грунта при определенном значении объемной влажности; изменение значения объемной массы скелета грунта на 0,1 г/см^3 вызывает погрешность в определении влажности грунта на 1—1,5%; при градуировке нейтронного влагомера следует фиксировать значения объемной массы скелета грунта для каждого участка с определенной объемной влажностью, используемого при градуировке прибора.

13. График градуировки радиоизотопного плотномера $n=f(\gamma)$ строится в линейном или полулогарифмическом масштабе путем графической интерполяции или методом наименьших квадратов.

График градиуровки нейтронного влагомера $n=f(W_{об})$ строится обычно в линейном масштабе.

14. Поверку радиоизотопных плотномеров и влагомеров следует выполнять не реже одного раза в год, а также после устранения

неисправности или замены основных элементов измерительного преобразователя.

Поверку следует производить не менее чем на 3 значениях плотности (объемной влажности) грунта, отличающихся на 0,4 г/см^3 (20%).

15. Погрешность измерений при доверительной вероятности 0,95 не должна превышать:

для объемной массы:

по методу рассеянного первичного гамма-излучения — 2%;

по методу рассеянного первичного гамма-излучения — 3%;

для объемной влажности:

в диапазоне 1—20% — ±1% (абс);

» 1—50% — ±1,5% (абс);

» более 50% — ±2% (абс).

16. Факторы, влияющие на погрешность измерений:

аппаратурные — активность и энергетический спектр радиоизотопного источника; эффективность регистрирующего устройства; длина и диаметр чувствительной зоны детектора; взаимное расположение источника и детектора; форма, диаметр и толщина разделительного экрана и ряда других элементов прибора;

скважинные — диаметр скважины, материал и толщина обсадных труб, затрубные зазоры, уплотнения и каверны в грунте;

грунтовые — химический состав и неоднородность распределения исследуемых свойств.

17. Погрешность измерения объемной массы и влажности при измененных условиях измерений по отношению к принятым при градуировке определяется в полевых условиях путем сопоставления результатов измерения объемной массы (влажности) радиоизотопными приборами с данными параллельных определений по ГОСТ 5182—78 и W по ГОСТ 5180—75 на участках грунта, отвечающих по вариации показателей требованиям п. 9. При погрешностях измерений, превышающих допустимые, следует провести переградуировку прибора.

Методика проведения измерений

18. При проведении измерений объемной массы и влажности грунтов радиоизотопными приборами следует применять приборы, прошедшие государственные испытания (ППГР-1, ВПГР-1, РПГ-36, РВГ-36, РПП-2), а также образцы, разрешенные к использованию ведомственными органами метрологической службы.

19. *При определении плотности грунта на глубине* менее 0,5 м в основном применяются приборы, основанные на методе ослабленного первичного гамма-излучения (см. рис. 12, *а, б, в*).

При использовании одинарной схемы измерений (см. рис. 12, *а*) определяется среднее значение плотности исследуемого грунта, расположенного между радиоизотопным источником и детектором гамма-излучения. Измерительный преобразователь устанавливается на выровненную поверхность грунта, при этом зазор между корпусом преобразователя и поверхностью грунта не должен превышать 1 мм по отношению к принятому при градуировке. Способ проходки скважин или шурфов, необходимых для введения источника, должен обеспечивать постоянство диаметра скважины (шпура) по всей глубине, за исключением первых 10 см от земной поверхности. Блок источника гамма-излучения вводится на необходимую глубину, определяемую с погрешностью не более 1%.

Двойная фиксированная и двойная схема (см. рис. 12,*б, в*) применяются с целью послойного определения объемной массы грунта на глубине от 0,1 до 1,5 м от земной поверхности. В двойной схеме измерительный преобразователь помещается в одну из скважин, а радиоизотопный источник в другую; расстояние между ними, определяемое с погрешностью не более 0,5%, не должно превышать 0,5 м. В двойной фиксированной схеме взаимное расположение радиоизотопного источника и преобразователя является жестко фиксированными.

20. При определении объемной массы (влажности) грунтов на глубине более 0,5 м рекомендуется применять метод рассеянного первичного гамма-излучения или медленных нейтронов (см. рис. 12,*г*).

Исследования грунтов по методу рассеянного излучения делятся на два этапа:

проходка скважин;

измерения в скважине.

21. Проходка скважин должна осуществляться по единой технологии и может производиться методами ударного, вращательного, вибрационного бурения. При бурении исключается применение промывки или продувки забоя скважины. Скважины должны отвечать требованиям п. 11 и не отличаться по материалу, диаметру, толщине стенки обсадных труб от принятых при градуировке.

Рекомендуется погружение обсадных труб без предварительной проходки скважин, при этом колонна труб должна быть оборудована снизу конусом, а места соединения труб изолированы от проникания воды. Применение муфтовых и ниппельных соединений труб не допускается.

Проходка скважин и погружение труб может быть осуществлено следующими установками:

ударно-механического бурения — УБП-15М, БУКС-ЛГТ, УЛБ-30;

вращательного бурения — УРБ-16, УГБ-50М, ЛБУ-50;

вибрационного бурения — УБВ-3, УБВ-15, АВБ-2М, АВБ-3М;

мотобурами и переносными станками вращательного бурения — ДМ-10, УПБ-25, ПВБСМ-15, ПБУ-25, УКБ-12/25.

22. До проведения рабочих измерений проверяют и подготавливают радиоизотопные приборы к работе в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации. Затем опускают прибор в скважину, выдерживают 3—5 мин и приступают к рабочим измерениям.

При массовых измерениях объемной массы и влажности грунтов в слоях мощностью более 1 м определения производят с интервалом 0,5 м; при проведении опытных работ целесообразно проводить измерения с интервалом 0,2—0,25 см.

Рекомендуется проводить измерения с двукратной повторностью. Допускаемая погрешность определения глубин измерений при повторных отсчетах не должна превышать 1 см.

Воспроизводимость показаний приборов при повторных измерениях должна обеспечивать погрешность не более 2%.

При проведении измерений допускается использование непрерывной записи показаний приборов; при этом мощность однородных по свойствам слоев грунта должна превышать 0,5 м; при определении плотности и влажности однородных слоев меньшей мощности непрерывная запись может быть применена только для установления качественного характера распространения плотности и влажности в контролируемом массиве грунта.

Обработка результатов измерений

23. Результаты определений объемной массы и влажности грунта представляют с округлением соответственно до 0,01 г/см³ и 1%. К результатам радиоизотопных измерений следует прилагать схему, на которой указаны участки расположения пунктов измерений, номера и шифры скважин; схема должна быть подписана производителем земляных работ (начальником участка, прорабом, бригадиром и т. п.).

24. Определение объемной массы и влажности производят по градуировочным графикам $n=f(\gamma)$ и $n=f(W_{об})$ для конкретных условий измерений, т. е. принятых при градуировке.

25. Вычисление объемной массы скелета грунта и влажности производят по формулам (4) и (5).

26. При обработке результатов измерений нейтронным влагомером следует принимать во внимание возможное влияние на показания связанной воды, объемной массы скелета грунта и его химического состава.

27. Для получения действительного значения влажности необходимо из значения объемной влажности, определенной радиоизотопным влагомером, вычесть объемную влажность, обусловленную наличием связанной воды. Наличие связанной воды устанавливается при сушке образцов грунта при температуре 250—300°С в течение 6—8 ч после определения весовой влажности по ГОСТ 5180—75; содержание связанной воды менее 1% не учитывается.

28. Учет влияния изменения объемной массы скелета грунта производится по приближенной формуле:

$$\Delta W_{об} \approx \pm 10\,(\gamma_{ск.\,изм} - \gamma_{ск.\,гр}), \qquad (7)$$

где $\gamma_{ск.\,изм}$ —значение объемной массы скелета грунта, вычисленное по формуле (4) по данным измерений радиоизотопными приборами.

$\gamma_{ск.\,гр}$ — значение объемной массы скелета грунта, принятое при градуировке влагомера.

Техника безопасности

29. При контроле качества обратных засыпок применяются серийные радиоизотопные приборы — радиоизотопные плотномеры и нейтронные влагомеры, а также опытно-методические и экспериментальные образцы, разрешенные к использованию органами санэпидемслужбы.

30. К работе с радиоизотопными приборами допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

31. Хранение радиоизотопных приборов осуществляется в специально отведенных закрытых нежилых помещениях, доступ в которые посторонним лицам должен быть строго воспрещен.

32. Перевозка радиоизотопных приборов может осуществляться любым видом транспорта, за исключением транспорта общественного пользования (автобусы, метро и т. д.). Рекомендуется выделять для перевозки приборов и обслуживающего персонала специальные автомашины.

33. Извлечение источников излучения из контрольно-транспортных устройств строго воспрещается. Соединение блоков источников с блоками преобразователей должно осуществляться только в контрольно-транспортных устройствах в соответствии с инструкциями по эксплуатации приборов.

34. Вновь получаемые радиоизотопные приборы должны быть зарегистрированы в местной санэпидемстанции. Лица, получающие приборы и работающие с ними, должны быть зарегистрированы в специальном журнале.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Наименование строительной организации _____

Объект _____

ЖУРНАЛ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО УПЛОТНЕНИЮ ГРУНТОВ ГРУНТОВЫМИ СВАЯМИ

1. Проектная глубина уплотнения _____

2. Наименование грунта _____

3. Влажность грунта в массиве _____

4. Оборудование для пробивки скважин _____

5. Вес ударного снаряда _____

6. Диаметр ударного снаряда, м _____

7. Характеристика засыпаемого грунта

а) наименование _____

б) оптимальная влажность _____

8. Расчетный вес грунта на сваю _____

№ грунтовой сваи	Пробивка скважин				Набивка скважин						Примечание
	Дата, смена	Время пробивки, мин	Глубина пробивки, м	Диаметр, м	Дата, смена	Объем порции засыпаемого грунта, м³	Число порций	Фактическая влажность засыпаемого грунта	Число ударов на одну порцию грунта	Исполнитель, ф. и. о.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Сменный мастер (или производитель работ) _____ подпись

Сменный техник _____ подпись

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие положения	5
2. Требования к грунтам обратных засыпок и планировочным насыпям	7
3. Классификация обратных засыпок и насыпей	9
4. Механизмы и оборудование для отсыпки и уплотнения грунтов	11
5. Подготовка поверхности для устройства обратных засыпок и насыпей	13
6. Подготовка грунта для возведения обратных засыпок и насыпей	14
7. Опытные работы по уплотнению грунтов	16
8. Возведение обратных засыпок и насыпей на относительно свободных площадях	21
9. Возведение обратных засыпок в глубоких пазухах и траншеях	22
10. Отсыпка и уплотнение грунтов в узких щелях	23
11. Контроль качества и приемки работ	25
Приложение 1. Рекомендации по назначению необходимой степени уплотнения грунтов	26
Приложение 2. Основные физико-механические характеристики уплотненных грунтов	29
Приложение 3. Рекомендации по применению радиоизотопных методов для контроля качества уплотнения грунтов в обратных засыпках	31
Приложение 4. Журнал производства работ по уплотнению грунтов грунтовыми сваями	38

НИИОСП им. Н. М. Герсеванова

Руководство по устройству обратных засыпок котлованов с подготовкой оснований под технологическое оборудование и полы на просадочных грунтах

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией Г. А. Жигачева
Редактор Е. А. Волкова
Мл. редактор А. Н. Ненашева
Технический редактор Г. В. Климушкина
Корректор Г. А. Кравченко

Сдано в набор 5.12.79 Подписано в печать 10.03.80 Т-00986
Формат 84×108¹/₃₂ Бумага типографская № 3
Гарнитура «Литературная» Печать высокая
Усл. печ. л. 2,10 Уч.-изд. л. 2,82 Тираж 20 000 экз.
Изд. № XII—8645 Заказ № 644 Цена 15 к.

Стройиздат
101442, Москва, Каляевская, 23а

Подольский филиал ПО «Периодика» Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25

gost.e-ecolog.ru