

25X1

Page Denied

Next 1 Page(s) In Document Denied

Approved For Release 2009/07/09 : CIA-RDP80T00246A007300450002-0

1 руб.

ГОССТРОЙ УССР
АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ УССР

**ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ
К ПРОЕКТИРОВАНИЮ
И ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ
ПО ТЕРМИЧЕСКОМУ
УКРЕПЛЕНИЮ ГРУНТОВ**

ГОССТРОЙИЗДАТ УССР
КИЕВ—1959

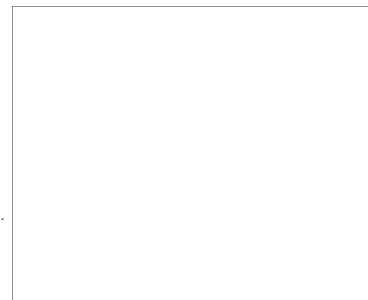
Approved For Release 2009/07/09 : CIA-RDP80T00246A007300450002-0

Approved For Release 2009/07/09 : CIA-RDP80T00246A007300450002-0

ГОССТРОИ УССР
АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ УССР

И. М. ЛИТВИНОВ,
действ. член АСнА УССР

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ
К ПРОЕКТИРОВАНИЮ
И ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ
ПО ТЕРМИЧЕСКОМУ
УКРЕПЛЕНИЮ ГРУНТОВ



Государственное издательство
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ УССР
Киев — 1959

25X1

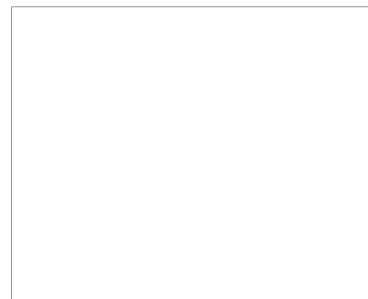
Approved For Release 2009/07/09 : CIA-RDP80T00246A007300450002-0

Approved For Release 2009/07/09 : CIA-RDP80T00246A007300450002-0

ГОССТРОИ УССР
АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ УССР

И. М. ЛИТВИНОВ,
действ. член АСнА УССР

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ
К ПРОЕКТИРОВАНИЮ
И ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ
ПО ТЕРМИЧЕСКОМУ
УКРЕПЛЕНИЮ ГРУНТОВ



Государственное издательство
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ УССР
Киев — 1959

25X1

Approved For Release 2009/07/09 : CIA-RDP80T00246A007300450002-0

В брошюре приведены основные требования, предъявляемые к проектированию и производству работ по термическому укреплению просадочных лессовидных и других глинистых грунтов, обладающих пористой структурой.

Брошюра предназначена для инженерно-технических работников научно-исследовательских, проектных и строительных организаций.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Просадочные лессовидные грунты распространены во многих странах мира и, особенно, на территории Советского Союза, в южных его районах. В практике строительства на таких грунтах наблюдаются многочисленные случаи значительных и неравномерных осадков фундаментов зданий и сооружений, в результате способности просадочных грунтов значительно уменьшаться в объеме (уплотняться) при увлажнении под нагрузкой, что вызывает опасные и часто аварийные деформации, а иногда и полное разрушение этих сооружений. В то же время на просадочных грунтах уже построено и строится огромное количество крупных зданий и сооружений.

Задача надежного упрочнения просадочных грунтов является важной и актуальной, так как разрешение ее позволит осуществить в районах расположения просадочных грунтов возведение различных зданий и сооружений, не опасаясь последующего их повреждения.

Многими исследователями были предложены различные методы укрепления лессовых грунтов. Однако эти методы либо не обеспечивают необходимой степени упрочнения грунтов, либо требуют больших затрат времени и слишком трудоемки и дороги.

В Южном научно-исследовательском институте промышленности строительства (ЮЖНИИ) Академии строительства и архитектуры УССР совместно с трестом «Запорожстрой» Министерства строительства УССР разработаны термические и термохимические методы упрочнения лессовых грунтов. Эти методы позволяют полностью устранить просадочные свойства грунтов с одновременным значительным увеличением их несущей способности.

Результаты лабораторных исследований показали, что не только лессы и лессовидные суглинки, но и лессовидные черноземы

(гумусированные суглинки) после их термического укрепления могут служить надежными, совершенно непросадочными основаниями для различных зданий и сооружений, причем коэффициенты и углы внутреннего трения, а также сцепление этих грунтов значительно увеличиваются.

Экспериментально-исследовательские работы по проверке и производственному освоению термических способов укрепления грунтов проводились в Южном научно-исследовательском институте промышленного строительства (ЮЖНИИ) Академии строительства и архитектуры УССР и в строительных трестах «Запорожстрой», «Дзержинскстрой», «Никопольстрой» Министерства строительства УССР действительным членом Академии строительства и архитектуры УССР И. М. Литвиновым и кандидатом техн. наук Н. А. Остапеным при участии Н. Ф. Белякова, Л. А. Гелле, А. К. Линовского, Г. К. Лубенца, В. С. Посяды, Н. А. Русаковой, В. П. Чернышева и Н. Д. Фалькова.

Консультации и разъяснения по применению термического укрепления просадочных и других грунтов можно получить в Академии строительства и архитектуры УССР (Киев, Владимирская, 24, Президиум АСИА УССР) или в ЮЖНИИ (Харьков, Юмовская, 18).

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Термические способы позволяют полностью ликвидировать просадочные свойства лессовидных и других глинистых грунтов, обладающих пористой структурой, при одновременном значительном повышении несущей способности этих грунтов на глубину до 10—15 м ниже подошвы фундаментов.

Применение термических способов глубинного укрепления грунтов технически и экономически целесообразно:

а) для укрепления просадочных лессовидных грунтов 2-й и 3-й категорий в основаниях вновь возводимых наиболее ответственных жилых, промышленных, специальных и других зданий и сооружений, не допускающих неравномерности осадок (доменных печей, заводских дымовых труб высотой до 100 м и более, водонапорных башен, различных высотных сооружений, коксовых батарей, сталеплавильных агрегатов, прокатных станков, ответственного технологического оборудования, многоэтажных крупнопанельных и каркасно-панельных жилых и промышленных зданий и т. п.);

б) для ликвидации аварийного состояния различных зданий и сооружений в результате интенсивно развивающихся неравномерных осадок;

в) для борьбы с оползневыми явлениями и в ряде других случаев.

Термическое укрепление просадочных лессовидных и других грунтов можно производить двумя способами.

*Первый способ*¹ заключается в нагнетании под давлением в грунт через жароупорные трубопроводы и скважины горячего воздуха, предварительно нагретого до температуры 600—800° в специальных стационарных или передвижных нагревательных агрегатах (рис. 1).

Этот способ может оказаться целесообразным для ликвидации просадочных свойств лессовидных грунтов в районах действующих

¹Автор Н. А. Остапьев.

заводов, где имеется возможность использования отходящих горячих газов с температурой не ниже 500° или в случаях, когда по местным условиям установка камер сгорания и форсунок, требующихся для применения второго способа укрепления грунтов, является затруднительной.

В настоящем научном сообщении изложены условия проектирования и производства работ по второму способу термического укрепления грунтов.

Второй способ¹ основан на термической и термохимической обработке укрепляемых грунтов горячими газообразными продуктами горения, обогащенными при необходимости специальными химическими добавками (термохимический способ). Сжигание горючего (газообразного, жидкого, твердого) производится непосредственно в толще укрепляемого грунта или в устьях скважин с регулируемым химическим составом продуктов горения путем соответствующих химических добавок. В результате воздействия на грунты раскаленных газообразных продуктов горения и химических добавок (твердых, жидких или газообразных), вводимых до процесса термической обработки грунта, в процессе ее или после, достигается соответственно термическое, термохимическое или комбинированное укрепление различных грунтов.

Возможность регулирования температурного режима в процессе прожигания грунта путем подачи разного количества воздуха на 1 кг сжигаемого топлива или на 1 м³ горючего газа с широким диапазоном развиваемых при этом температур (до 2000°) позволяет применять второй способ не только для равномерного укрепления значительных массивов просадочных лессовидных грунтов, но и для других целей в строительстве, когда требуется сплавление грунта.

Для усиления инфильтрации раскаленного воздуха в грунт необходимо постоянно поддерживать в скважинах избыточное давление за счет нагнетания холодного воздуха под давлением. Повышение избыточного давления резко увеличивает эффективность термической обработки и улучшает технические и экономические показатели. Основным условием, обеспечивающим избыточное давление, является герметизация устья скважины и осуществление мероприятий по уменьшению газопроницаемости верхней зоны грунта.

Максимальная температура продуктов сгорания в скважине не должна превышать температуры плавления укрепляемого грунта. Расход горючего в единицу времени устанавливается в зависимости от газопроницаемости грунта.

Второй способ требует менее сложного оборудования, менее трудоемок и на много экономичнее чем первый, что значительно облегчает и расширяет область его применения.

¹ Авторы И. М. Литвинов, Ф. А. Беляков и П. К. Черкасов.

В качестве горючего могут использоваться различные виды газообразного, жидкого или твердого топлива.

На рис. 2 приведена схема установки для термического укрепления грунтов жидким топливом.

Аналогичная установка применяется и для использования газообразного топлива.

При применении газообразного топлива значительно облегчается разжигание скважины, происходит более равномерный прогрев ее стенок, а следовательно и толщи грунта, упрощается регулировка температуры, создаются лучшие условия для предохранения стенок скважины от их оплавления, значительно удешевляется стоимость термического укрепления.

Сжигание горючего производится в устьях скважин или непосредственно в толще укрепляемого грунта. Устья скважин сверху герметически закрываются специальными за-

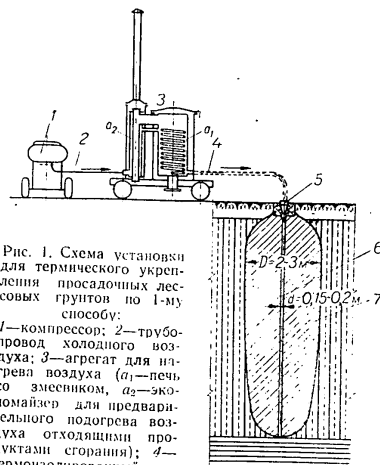


Рис. 1. Схема установки для термического укрепления просадочных лессовых грунтов по 1-му способу:
1—компрессор; 2—трубопровод холодного воздуха; 3—агрегат для нагрева воздуха (а₁—печь со змеевиком, а₂—экономайзер для предварительного подогрева воздуха отходящими продуктами сгорания); 4—термоизолированный трубопровод горячего воздуха; 5—затвор скважины; 6—скважина; 7—зона термического укрепления грунта.

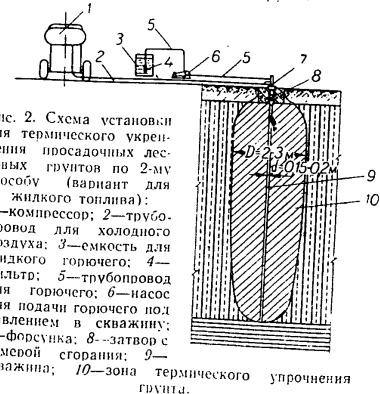


Рис. 2. Схема установки для термического укрепления просадочных лессовых грунтов по 2-му способу (вариант для жидкого топлива):
1—компрессор; 2—трубопровод для холодного воздуха; 3—емкость для жидкого горючего; 4—фильтр; 5—трубопровод для горючего; 6—насос для подачи горючего под давлением в скважину; 7—форсунка; 8—затвор камерной сгорания; 9—скважина; 10—зона термического укрепления грунта.

творами. Раскаленные газообразные продукты горения, не имея выхода наружу, фильтруются через поры грунта и прогревают его толщу до заданной температуры.

При достаточной мощности источников подачи воздуха, обеспечивающей избыточное давление в скважинах в пределах 0,25—0,50 *ати*, можно вести одновременно работы по термическому укреплению значительных по объему массивов грунта.

Передача тепла окружающему грунту осуществляется главным образом в результате фильтрации раскаленных газообразных продуктов горения и воздуха через поры укрепляемого грунта и в меньшей мере непосредственной теплопередачей, обусловленной разностью температур и контактом между источниками нагрева и грунтом.

У лессовидных грунтов, подвергнутых термическому воздействию, полностью ликвидируются просадочные свойства и размокаемость; во много раз повышается сопротивляемость сжатию, сдвигу и сцеплению; немедленно прекращаются процессы осадок, вызванные увлажнением этих грунтов под нагрузкой; изменяется цвет (от палевых оттенков, свойственных природному состоянию, переходит в красновато-кирпичные тона).

ОБОРУДОВАНИЕ

Оборудование для термического укрепления грунтов состоит из приспособлений, легко монтируемых на месте работ.

При применении *жидкого топлива* используются: установки для нагнетания в скважины наружного воздуха под давлением 0,5 *ати* (компрессоры, турбовоздуховки и др.); горелки (форсунок) для сжигания жидкого топлива в скважинах;

затворы с камерами сгорания, устанавливаемые в верхней части (в устье) скважин;

насосная установка или приспособление с использованием сжатого воздуха для подачи жидкого топлива к скважинам;

сеть трубопроводов с кранами и манометрами для сжатого воздуха (0,5—1,0 *ати*) и жидкого топлива.

При применении *газообразного топлива* (в газифицированных районах или в районах коксохимических заводов и других промышленных предприятий, имеющих производственный горючий газ) используются:

установки для нагнетания в скважины наружного воздуха под давлением 0,5 *ати* (такие же, как и для жидкого топлива); газовые горелки (форсунок) для сжигания газообразного топлива в скважинах;

затворы с камерами сгорания (такие же, как и для жидкого топлива);

газовый компрессор или газодувка для нагнетания в скважины под давлением 0,5—1,0 *ати* горючего газа;

сеть трубопроводов с кранами и манометрами для сжатого воздуха (0,5—1,0 *ати*) и газообразного топлива.

При производстве работ в негазофицированных районах с использованием различных видов газов в баллонах с регулировкой их давления при помощи редуктора необходимость в газовом компрессоре отпадает.

Основными требованиями к оборудованию, применяемому для термического укрепления грунтов, являются:

- возможность надежного, бесперебойного и полного сгорания топлива в скважине или другой выработке, ограниченной по диаметру и герметически закрытой сверху (или у устья для наклонных или горизонтальных скважин или других выработок);
- несложность и быстрота (не более 15—20 мин.) разжигания нагревательной установки;
- надежная непрерывность действия нагревательной установки в течение длительного времени;
- надежный и простой контроль за количеством горючего и воздуха, расходуемых в процессе обжига скважины, и за температурой газов в скважине;
- равномерность распространения горячих газов по глубине (или длине) скважины;
- возможность регулирования средней величины температуры газов в скважине для достижения оптимальных условий термической обработки грунта.

Разработанное в ЮЖНИИ и проверенное в производственных условиях специальное несложное оборудование для термического укрепления грунтов, и в основном удовлетворяющее этим требованиям¹, состоит из:

- горелок (форсунок) для сжигания, в герметически закрытых сверху скважинах, жидкого и газообразного топлива;
- герметических затворов с камерами сгорания, устанавливаемых в верхней части (или у начала) скважин;
- портативных насосных установок для одновременного нагнетания жидкого топлива в 12—14 скважин и более или приспособления для подачи жидкого топлива в скважины сжатым воздухом;
- газовоздуховки для нагнетания в скважины под давлением 0,5—1,0 *ати* горючих газов и в случае необходимости выполняющей функции компрессора;
- газосборника, распределяющего газ по скважинам;
- воздухосборника-ресивера, распределяющего сжатый воздух по скважинам;
- приспособления для контрольных замеров фактических расходов воздуха и газа;

¹ Допускается применение и иных конструктивных решений и типов оборудования, удовлетворяющих указанным выше требованиям.

оборудования для механизированного бурения скважин; приспособления для высверливания образцов из термически укрепленного грунта.

Горелка-форсунка (рис. 3) используется для сжигания в замкнутом пространстве скважины определенного количества жидкого топлива, соответствующего проектным условиям термического укрепления грунта.

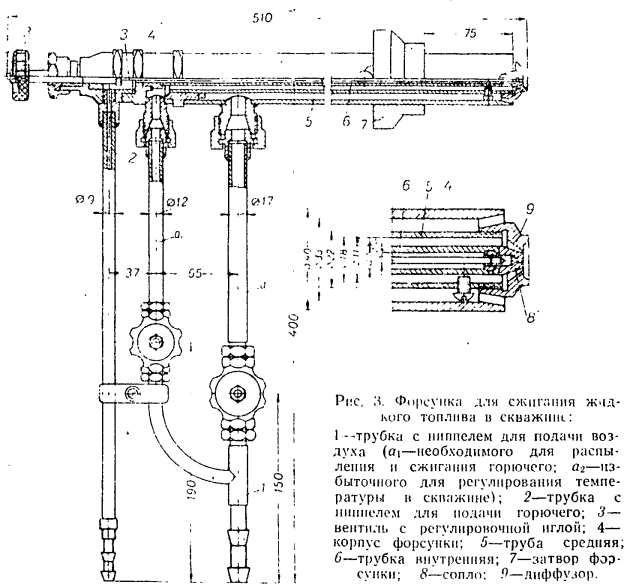


Рис. 3. Форсунка для сжигания жидкого топлива в скважине:
1—трубка с ниппелем для подачи воздуха (a_1 —необходимого для распыления и сжигания горючего; a_2 —избыточного для регулирования температуры в скважине); 2—трубка с ниппелем для подачи горючего; 3—вентиль с регулировочной иглой; 4—корпус форсунки; 5—труба средняя; 6—трубка внутренняя; 7—затвор форсунки; 8—сопло; 9—диффузор.

Горючее и воздух подаются в форсунку под давлением: горючее — в центральную трубку форсунки, на конце которой находится сопло с отверстием диаметром, зависящим от принятого вида горючего и его расхода, а воздух — через окружающие трубки.

Для солярового масла (дизельного топлива) рекомендуется диаметр сопла 0,3 мм, а для более тяжелых видов горючего и газа

диаметр может быть увеличен. Регулируется подача горючего при помощи насосной установки (см. ниже) и вентиля форсунки, оканчивающегося иглой, посредством которой закрывается и при необходимости прочищается отверстие сопла.

Для сжигания тяжелого жидкого топлива (нефти, мазута, кубовых остатков и др.), а также газа применяют форсунку, в ко-

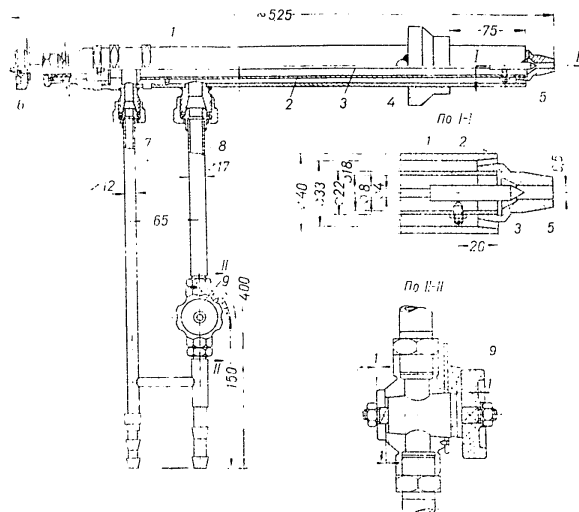


Рис. 4. Форсунка для сжигания газообразного топлива в скважине:

1—корпус форсунки; 2—внутренняя трубка для подачи газа; 3—регулятор подачи газа; 4—затвор форсунки; 5—диффузор; 6—маховичок для регулировки подачи газа; 7—трубка с ниппелем для подачи газа от распределителя; 8—трубка с ниппелем для подачи воздуха; 9—кран с маховичком для регулировки подачи воздуха.

торой воздух подают по внутреннему полуму шпинделю, а горючее под давлением 0,6—1,0 атм — по наружному каналу, из которого оно и выходит через щель, концентрически расположенную по отношению к отверстию для выхода воздуха. Регулирование факела горе-

ния осуществляется через щель для подачи горючего при помощи маховичка с микрометрическим винтом.

При газообразном топливе рекомендуется форсунка изображенная на рис. 4.

Кроме воздуха, необходимого для процесса сгорания топлива, в скважину подается также и дополнительный воздух (через форсунку и затвор), который, смешиваясь с продуктами горения, понижает их температуру в скважине до заданной проектом.

Регулирование подачи воздуха, необходимого для распыления и сжигания топлива, а также для понижения температуры продуктов горения в скважине, осуществляется регулировочными кранами форсунок.

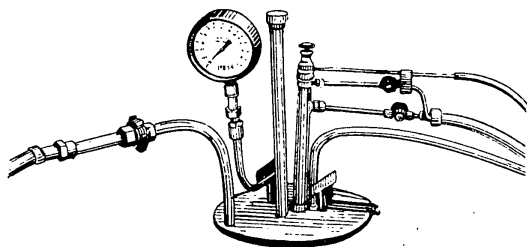


Рис. 5. Общий вид надземной части прожигаемой скважины.

Герметические затворы с камерой сгорания могут изготавливаться любой конструкции, удовлетворяющей следующим требованиям: максимально возможной герметизации верхней части скважины, не допускающей выхода из нее наружу горячих газов и снижения их давления ниже 0,25—0,5 атм;

удобству разжигания скважины и последующего процесса обжига;

удобству наблюдений за температурным режимом и давлением горячих газов в скважине;

безопасности в работе;

несложности в изготовлении и установке на место;

инвентарности.

Такой затвор скважины состоит из двух основных частей: надземной — в виде стальной сварной или чугуновой литой металлической крышки и подземной — огнеупорной камеры сгорания.

Ниже приведено описание трех рекомендуемых вариантов затвора, а на рис. 5 — общий вид надземной части скважины.

Первый вариант затвора обычно применяется при обжиге жидким топливом (рис. 6). К металлической крышке затвора приварены точеная втулка для крепления форсунки, трубка со смотровым глазком и отводом для манометра и трубка для верхнего подвода дополнительного воздуха. Форсунка закрепляется в затворе при помощи двух клиньев, обеспечивающих быструю установку форсунки и плотное герметическое соединение.

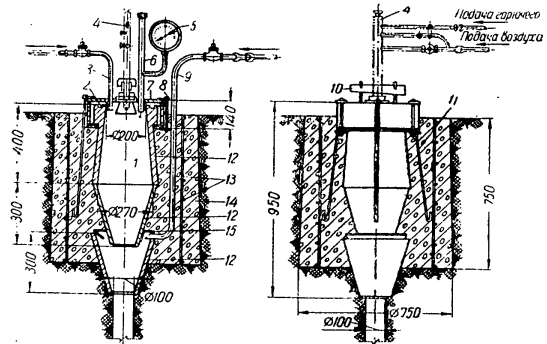


Рис. 6. Герметический затвор с камерой сгорания:

1—камера сгорания; 2—термоизоляционная набивка; 3—трубка для подачи избыточного воздуха в верхнюю часть камеры сгорания; 4—форсунка; 5—манометр; 6—смотровой глазок с отводом для манометра; 7—металлическая крышка; 8—крепление металлической крышки; 9—трубка для подачи избыточного воздуха в нижнюю часть камеры сгорания; 10—клинья для закрепления форсунки; 11—анкерные крепления; 12—керамические воронки, образующие камеру сгорания; 13—арматурная сетка из 6-миллиметровой стали (общий вес 3—4 кг); 14—бетон на красном кирпичном щебне; 15—полое кольцо со щелью.

Трубка со смотровым глазком и отводом для манометра выводится непосредственно в камеру сгорания, что дает возможность наблюдать за процессом горения и за показаниями давления в скважине.

Для того, чтобы поступающий сверху избыточный воздух распределялся равномерно и не попадал непосредственно на пламя форсунки, что может вызвать задувание его, с внутренней стороны крышки приварены конус и цилиндр с кольцевым бор-

тиком таким образом, что между конусом и этим бортиком образуется щель шириной 5—7 мм.

Здесь камера сгорания образуется тремя керамическими (огнеупорными) воронками. Верхняя керамическая деталь специальной формы¹ имеет сверху цилиндрическое кольцо для крепления металлической крышки затвора. Средняя и нижняя воронки стандарт-

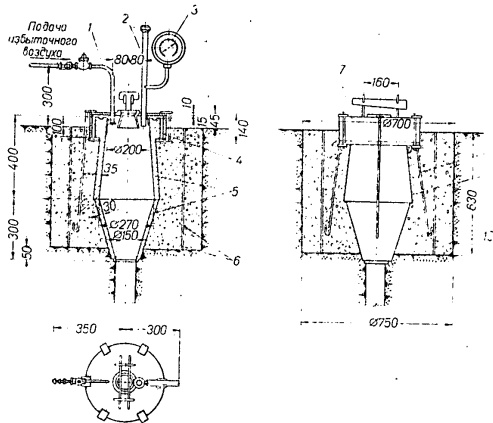


Рис. 7. Герметический затвор с камерой сгорания для газообразного топлива:

1—трубка для подачи избыточного воздуха; 2—смотровой глазок с отводом для манометра; 3—манометр; 4—термоизоляционная набивка; 5—керамические воронки, образующие камеру сгорания; 6—арматурная сетка; 7—крышка колпаса с клиновым затвором; 8—анкерные крепления; 9—корпус камеры сгорания; 10—бетон на кирпичном шпоре.

ные. Верхняя и средняя воронки, обращенные одна к другой широкими основаниями, образуют камеру сгорания. Нижняя воронка служит для удлинения камеры сгорания и для подачи через трубку 9 дополнительного наружного воздуха, особенно необходимого при разжигании скважины. Подача воздуха через трубки 3 и 9 регулируется кранами.

В процессе обжига форсунку наглухо закрепляют в металлической крышке затвора клиновым замком.

¹ Изготавливается Запорожским и другими огнеупорными заводами.

Второй вариант затвора (рис. 7 и 8) рекомендуется к применению при газообразном топливе. При обжиге жидким топливом этот упрощенный тип затвора можно использовать только при наличии опытных рабочих, умеющих разжигать скважины без применения нижней подачи воздуха. В таком затворе отсутствует нижняя огнеупорная воронка и исключена трубка для подачи избыточного воздуха в нижнюю часть камеры сгорания.

Третий вариант затвора (рис. 9) возможно применять при производстве работ на открытых площадках при термическом укреплении грунтов в основаниях вновь возводимых сооружений. Этот затвор состоит из трех частей: массивной верхней чугунной крышки, чугунной камеры сгорания с пригрузочной плитой и керамической облицовки устья скважины.

В верхней крышке имеются конический патрубок для форсунки, штуцер с внутренней резьбой для ввинчивания трубки смотрового глазка с отводом для манометра и растроб для распределения по периметру камеры сгорания избыточного сжатого воздуха, регулирующего температуру горячих газов в скважине.

Нижняя часть чугунного затвора состоит из цилиндрического патрубков, образующего камеру сгорания, и плиты диаметром 1500 мм со шпорой, заводимой в грунт с целью повышения герметичности затвора.

В патрубке имеются: штуцер для подачи сжатого воздуха в устье скважины и фланец для крепления крышки затвора.

Керамическая облицовка устья скважины выполняется из стандартной воронки, применяемой в металлургическом производстве при разливе стали.

Портативная насосная установка используется для подачи жидкого топлива к форсункам¹. Такая установка (рис. 10 и 11) состоит из шестерчатого насоса типа Г-11-11А, электродвигателя, выключателя и манометра, смонтированных на двух сварен-

¹ Подачу жидкого топлива можно производить путем естественного напора горючего, находящегося в емкостях, установленных на высоте 5—8 м над горизонтом устья скважины.

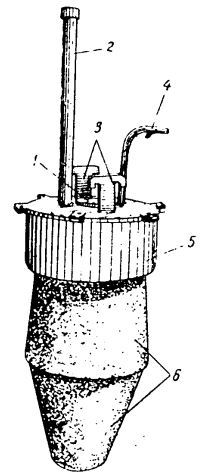


Рис. 8. Общий вид огнеупорной камеры сгорания с закрепленной металлической крышкой:

1—отверстие для форсунки; 2—смотровой глазок; 3—стойки для крепления форсунки клиньями; 4—трубка для подачи избыточного воздуха; 5—металлическая крышка затвора; 6—керамические воронки, образующие камеру сгорания.

ных емкостях в виде общей плиты, в боковых частях которых установлены краники для подключения шлангов к форсункам.
 Для поддержания необходимого давления, нагнетаемого этим насосом в форсунки топлива, в насосной установке имеется специальный регулировочный вентиль со шкалой, обеспечивающий перепуск лишнего горючего во внешнее кольцо трубопровода. Давление горючего проверяется по манометру, установленному у насоса, с точностью отсчетов 0,1 атм.

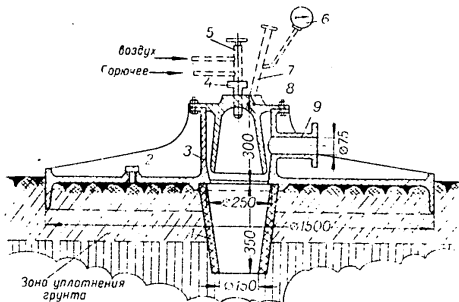


Рис. 9. Схема чугунного затвора:

- 1—керамическая воронка—нижняя часть камеры сгорания;
- 2—заглушка; 3—корпус затвора; 4—стойки для закрепления форсунки клиньями; 5—форсунка; 6—манометр; 7—смотровая трубка; 8—крышка затвора; 9—трубка для подачи избыточного воздуха.

По количеству установленных отводных краников одна такая насосная установка обеспечивает подачу жидкого горючего в 12—14 скважины. Однако мощность шестеренчатого насоса позволяет одновременно нагнетать горючее не менее чем в 20—30 скважины путем переключения его полностью на распределительную гребенку с соответственно увеличенным количеством отводных краников.

Засос горючего производится непосредственно из емкости по бензостойкому шлангу или металлической трубке, снабженным сетчатым фильтром.

Расход горючего контролируется при помощи специального приспособления, состоящего из мерного цилиндра емкостью 560 см³ (полезная емкость 500 см³) с трехходовым краном. Контрольное приспособление устанавливается между насосом и ем-

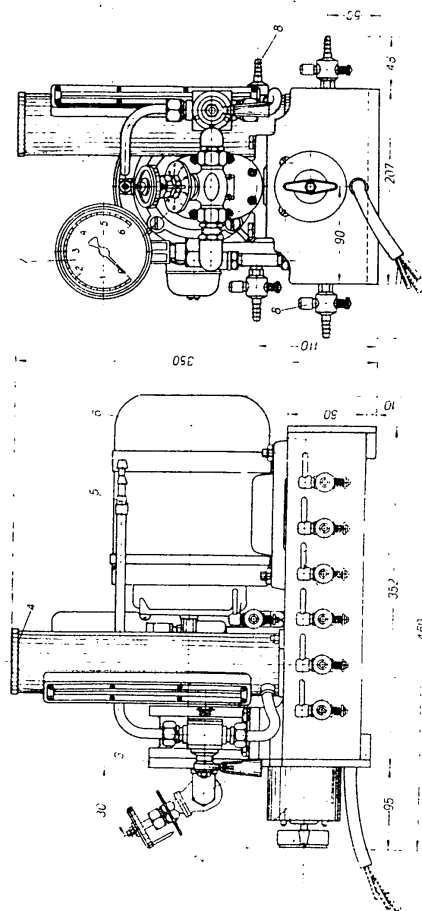


Рис. 10. Насосная установка для подачи жидкого горючего в 12—14 и более одновременно обжитых скважин: 1—выключатель; 2—регулятор давления; 3—шестеренчатый насос (5 л/мин или 0,3 л/час); 4—расходомер; 5—электродвигатель (0,27 кВт); 6—основание, состоящее из двух сваренных емкостей; 7—манометр; 8—пробковые краны с инициатором для подсоса топлива форсункой.

костью с горючим. Определяя при помощи секундомера скорость опорожнения мерного цилиндра с горючим, устанавливают фактический расход горючего при разных показателях манометра.

Упрощенная и менее мощная насосная установка, рассчитанная на одновременную подачу жидкого горючего в небольшое количество скважин (10—12 шт.) может быть изготовлена из небольшого автомобильного насоса типа М-20 № 20-1011010-В (см. каталог запасных частей к легковой автомашине «Победа» М-20), приводимого в движение электродвигателем мощностью 0,27 квт.

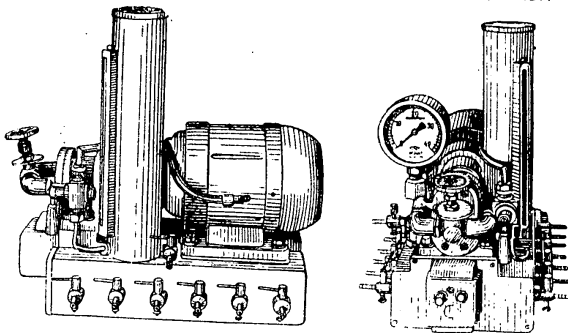


Рис. 11. Общий вид насосной установки для подачи жидкого горючего в 12—14 и более одновременно обжигаемых скважин.

Следующий тип установки для нагнетания под давлением жидкого топлива в форсунки основан на применении сжатого воздуха. Такая установка состоит из двух спаренных между собой емкостей, установленных на общей сварной раме (рис. 12). В местах соединения емкостей установлены трехходовые краны, через которые, попеременно для каждой емкости, сверху поступает сжатый воздух при давлении 2,0—2,5 атм, а снизу — жидкое топливо и под давлением этого воздуха направляется по трубопроводу в газосборник, откуда распределяется по форсункам прожигаемых скважин.

В то время, как одна из емкостей находится в работе, другая наполняется горючим.

В нижней части каждой емкости установлены мерные трубки, которые дают возможность постоянно держать под контролем степень заполнения этих емкостей горючим.

Для контроля за давлением сжатого воздуха на емкостях установлены манометры.

Газодувки используются для нагнетания горючих газов, имеющих небольшое давление в газопроводе (0,005—0,1 атм), в скважины с избыточным давлением (0,25—0,50 атм).

В качестве газодувки может применяться вакуум-насос марки РМК-2, изготовляемый Бессоновским компрессорным заводом. Этот насос позволяет создавать избыточное давление нагнетаемого газа до 1,3 атм (рис. 13). Газодувка состоит из водокольцевого насоса, электродвигателя типа А-61 мощностью 10 квт и газосборника, смонтированных на стальной передвижной раме. Для работы установки необходима вода в количестве 10 л в минуту. Поэтому с целью упрощения условий эксплуатации опорную передвижную раму, на которой смонтирован РМК-2, нужно несколько переделать, сделав ее в виде закрытого резервуара. Циркуляция воды через резервуар осуществляется посредством небольшого вспомогательного насосика, дополнительно устанавливаемого на этой же раме.

Производительность РМК-2 характеризуется следующими данными, приведенными в табл. 1.

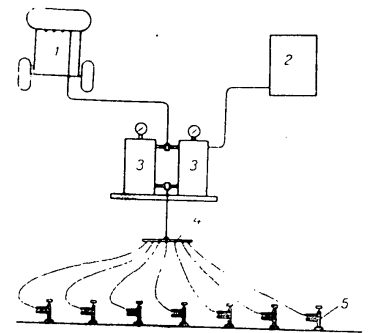


Рис. 12. Схема подачи горючего в форсунки посредством сжатого воздуха: 1—компрессор; 2—емкость на 2—3 т; 3—установка для подачи горючего сжатым воздухом; 4—распределитель; 5—форсунки скважин.

Таблица 1

Наименование показателей	Единица измерения	Давление нагнетания, атм				
		0,3	0,5	0,8	1,0	1,3
Производительность, приведенная к условиям всасывания	л ³ /мин	2,75	2,53	2,01	1,52	0,68
То же	м ³ /час	165,0	151,8	120,6	91,2	40,8
Эффективная мощность	квт	6,7	7,13	7,5	8,0	8,85

При среднем давлении 0,5 *ати* газодувка обеспечивает подачу газа одновременно в 10 скважин (расход газа на одну скважину обычно колеблется в пределах 8—12 м³/час).

Основная регулировка расхода газа при обжиге производится при помощи вентиля, установленного на РМК-2, а дополнительная (применительно к режиму термической обработки каждой скважины) — вентилями форсунок обжигаемых скважин.

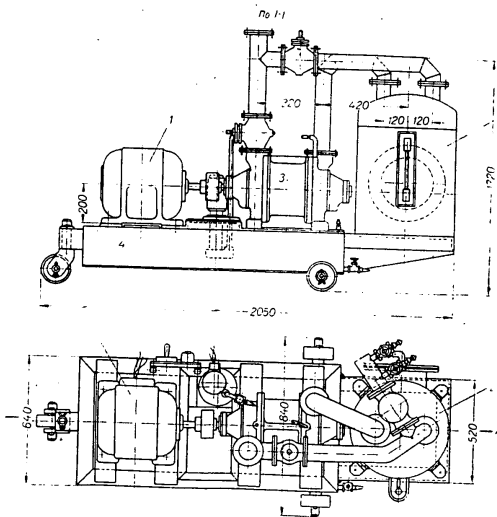


Рис. 13. Установка для подачи сжатого воздуха и газа:
1 — электродвигатель А-61 (N=14 квт; n=1450 об/мин); 2 — газосборник;
3 — водокольцевой насос РМК-2 (Q=2,85 м³/мин); 4 — рама-резервуар.

Принцип работы и порядок включения газодувки РМК-2 при газообразном топливе для термического укрепления грунтов заключается в следующем.

В начале работы газодувки подключают газ и воду: первый к всасывающему трубопроводу, а вторую — через ниппель к вакуум-наосу. Поворотом рукоятки рубильника включают электродвигатель, который при помощи соединительной муфты вращает

вал вакуум-наоса. Затем поворотом вентиля открывается подача газа в насос. Запорный вентиль служит также и для предотвращения, при остановке машины, выброса из нее воды во всасывающий трубопровод.

Всасываемый газ, а также вода, подаваемая в насос для создания гидравлического затвора, питания водяного кольца и охлаждения сальников, поступают по трубе в газосборник. Так как в газосборнике создается давление нагнетания, то отделившаяся вода удаляется из газосборника через поплавковый регулятор уровня — водоотводчик (работа его контролируется водомерным устройством) в канализацию (с противоположной стороны водомерного устройства), а газ при открытом вентиле через выходной штуцер по шлангам поступает в форсунки для сгорания в скважинах.

Для осуществления регулировки давления газа в газосборнике, а также в связи с тем, что из условий эксплуатации газ не должен быть выпущен в атмосферу, всасывающий и нагнетательные трубопроводы соединены перепускной трубой.

Регулировка давления производится при помощи вентиля. На газосборнике установлен также манометр, а на трубе, перед вентилем, обратный клапан.

Газосборник предназначен для распределения горячего газа по скважинам. Он состоит из отрезка металлической трубы длиной 1,2—2,0 м и диаметром 100—150 мм, на боковых стенках которой расположены в два ряда сваренные отрезки трубок диаметром 1/2" с кранами и штуцерами, предназначенными для присоединения шлангов, направляющих горячие газы к форсункам скважин (рис. 14).

В средней части газосборника вваривается подводящая газ труба, соединяемая с газодувкой.

Такой газосборник-распределитель дает возможность подключить необходимое количество форсунок (20—30 шт.), в зависимости от наличных мощностей газодувки и компрессоров, а также включать, регулировать и отключать подачу газа отдельно для каждой форсунки.

При изготовлении газосборника следует обращать особое внимание на качество сварки и соединений отдельных частей, чтобы избежать утечки газа.

Для нагнетания в обжигаемые скважины наружного (холодного) воздуха, необходимого для процесса горения, снижения температуры и поддержания необходимого избыточного давления горячих газов в скважине (0,25—0,50 *ати*) можно применять различные источники сжатого воздуха: компрессоры электрические (передвижные или стационарные), турбовоздуходувки, вакуум-наосы РМК-2 и РМК-3, заблокированные вентиляторы сверхвысокого давления и др. Следует избегать применения бензиновых и маломощных компрессоров, как весьма неэкономичных и зна-

чительно удорожающих стоимость термического укрепления грунтов и более трудоемких в эксплуатации.

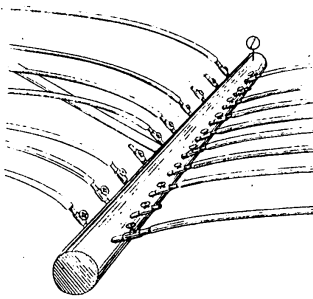


Рис. 14. Общий вид газосборника.

При применении даже наиболее экономичных мощных электрических компрессоров стоимость сжатого воздуха составляет не менее $\frac{1}{3}$ от общей стоимости термического укрепления. Поэтому с целью снижения стоимости сжатого воздуха рекомендуется применять турбовоздуходувки или заблокированные вентиляторы сверхвысокого давления или другие источники более дешевого воздуха, обеспечивающие необходимое давление в скважинах (0,25—0,50 атм) при значительно большей

производительности, чем это свойственно компрессорам.

Производительность компрессоров для термического укрепления грунта можно значительно повысить за счет использования воздуха отдельно от каждой из двух имеющихся ступеней его сжатия путем соответствующего переключения.

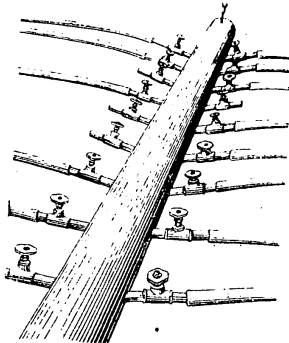


Рис. 15. Общий вид воздухопосборника.

Воздухопосборник-ресивер служит для распределения сжатого воздуха по скважинам. Он состоит из металлической трубы длиной не менее 10 м и диаметром 250—400 мм. С одного конца этой трубы на ее боковых стенках (с двух сторон) размещаются сваренные отрезки труб диаметром не менее $1\frac{1}{4}$ " с кранами и штуцерами для подсоединения шлангов, направляющих сжатый воздух к форсункам и затворам скважин (рис. 15). С другого конца трубы подключаются компрессоры или иные источники сжатого воздуха. Такой воздухопосборник имеет объем в несколько кубических метров, что обеспечивает более равномерное давление нагнетаемого в скважины воздуха.

При применении компрессоров каждую из имеющихся двух ступеней сжатия следует подключать к воздухопосборнику отдельными шлангами диаметром 2".

Для контроля за создаваемым в воздухопосборнике давлением устанавливают манометр.

Такой воздухопосборник дает возможность равномерно подавать сжатый воздух в обжигаемые скважины, а также включать, регулировать и отключать подачу воздуха для каждой скважины в отдельности.

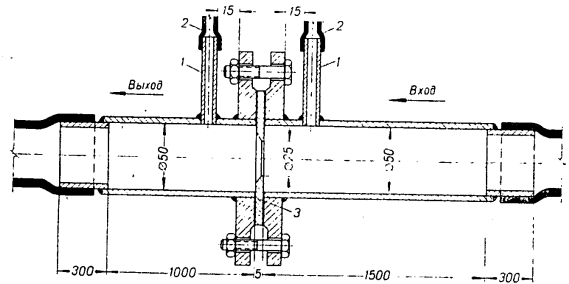


Рис. 16. Приспособление для замеров расхода воздуха и газа: 1—ниппеля для подсоединения дифманометра; 2—резиновые трубки для подключения; 3—диафрагма.

Приспособлением для контрольных замеров фактического расхода воздуха и горючего газа (в куб. метрах), расходуемых в единицу времени (в мин. или час.) каждой скважиной в процессе ее термической обработки, служит несложное устройство, изображенное на рис. 16. Оно состоит из двух отрезков трубы длиной 1000, 1500 мм и диаметром 50 мм, подключаемых к источникам подачи и потребления воздуха или газа, а посредством сваренных в эти трубы ниппелей — к дифманометру. Между отрезками труб вставлена диафрагма с расположенным на ее оси отверстием диаметром 25 мм.

Схемы подключения этого приспособления для замеров воздуха и газа приведены ниже.

Как показала практика строительства, стоимость газообразного топлива составляет 3—5% от общей стоимости работ по укреплению грунта, а примерно 70% приходится на воздух и бурение.

Бурение является наиболее трудоемкой частью подготовительных работ при термическом укреплении просадочных грунтов. При этом очень часто, особенно при ликвидации аварийного состояния

уже построенных зданий, бурение требуется производить в стесненных, сложных условиях (вблизи фундаментов, внутри помещений и т. д.). Несмотря на относительно небольшие объемы буровых работ при данном методе укрепления грунтов, стоимость бурения обычно составляет весьма большой удельный вес, достигая 40% от общей стоимости термического укрепления. Поэтому при производстве буровых работ нельзя допускать:

а) весьма трудоемкого, малопроизводительного ручного бурения, требующего большой затраты сил, времени и средств;

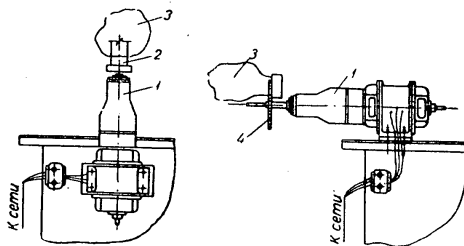


Рис. 17. Приспособления для высверливания цилиндрических образцов из монолитов термически укрепленных грунтов: 1—электродреель; 2—цилиндрическая полая фреза; 3—термически упрочненный грунт; 4—металлический диск.

б) сложных буровых установок, предназначенных для механизированного глубокого бурения, имеющих большие габариты и требующих значительного обслуживающего персонала, большой затраты электроэнергии и т. д. Применение таких сложных, хотя и механизированных установок, обычно вызывает затраты, превышающие стоимость даже ручного бурения.

В качестве оборудования для бурения скважин применяются портативные механизированные установки облегченного типа, рассчитанные на проходку скважин диаметром 150—200 мм глубиной до 10—15 м. Эти установки основаны на вибро- или пневмопродолке или механизированном высверливании.

Приспособления для высверливания образцов (рис. 17). В связи с тем, что лессовидные грунты, подвергнутые термической обработке, имеют повышенную прочность (до 15 кг/см² и более), производить вырезывание образцов из них обычными способами, применяемыми в лабораторной практике для связных грунтов, не представляется возможным. Поэтому отбор образцов термически укрепленных грунтов и подготовку их для исследований на

просадочность и сдвиг следует осуществлять механизированным способом при помощи электродреели, к которой пристраивается фреза цилиндрической формы для высверливания образцов (керна) заданных размеров и строго цилиндрической формы. Торцы полученных кернов обрезают той же электродреелью, для чего цилиндрическая фреза заменяется гладким металлическим диском.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Термическое укрепление грунтов должно осуществляться по заранее разработанным проектам упрочнения основания и организации работ, содержащих данные, которые определяют размещение и диаметры скважин, глубину термообработки, диаметры зон обжига, расположение потребного оборудования, порядок производства работ и методы контроля их выполнения.

При применении термического укрепления грунтов шурфы, штольни и другие выработки, в которых производится сжигание топлива под давлением, можно размещать вертикально, горизонтально, под разными углами наклона и в различных комбинациях указанных положений.

Размещение скважин диаметром 0,15—0,2 м или других выработок (траншей, штолен и т. п.) в плане и расстояние между их осями принимается в зависимости от конструктивных особенностей, возводимых или укрепляемых сооружений, конфигурации и размеров их фундаментов и характера распределения нагрузок.

При равномерном распределении нагрузок на фундаменты размещение скважин в плане можно производить по прямоугольной сетке или в шахматном порядке.

Учитывая, что средний диаметр термически упрочненного массива грунта вокруг одной скважины при правильном производстве работ обычно составляет 2,0—2,5 м, наименьшее расстояние между осями скважин можно принимать равным 2,0 м.

Наибольшее расстояние между осями скважин зависит от конструктивных особенностей зданий и их фундаментов, способных работать на изгиб между укрепленными столбчатыми опорами. В частности, для жилых домов и промышленных сооружений расположение укрепляемых зон желательно совмещать с наличием междупроемных простенков (рис. 18).

Проектная глубина скважин принимается в зависимости от мощности слоя, подлежащего укреплению грунта и обычно колеблется в пределах 6—15 м.

При расчетах предпосылки для термически укрепленных оснований можно строить исходя из следующих соображений. Свойства основного массива обожженной зоны грунта в пределах действия температур 800—300° практически почти однородны. В зоне же

действия более высоких температур (800—1000° и более), вызывающих спекание частиц грунта, прочностные свойства термически укрепленного грунта значительно повышаются и могут достигать весьма высоких значений, на что ориентироваться не следует, так как основной целью термического укрепления является ликвидация просадочности грунта.

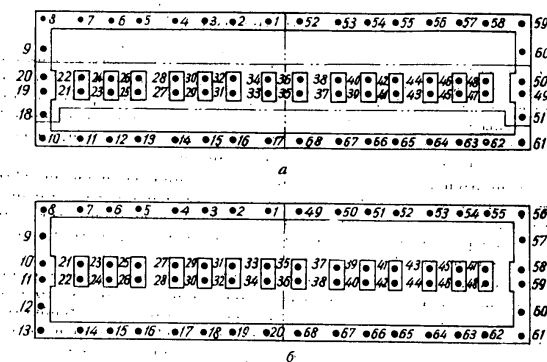


Рис. 18. Порядок производства работ по термическому укреплению грунта в основании 5-этажного жилого дома:
 а—для производства работ в четыре цикла (I цикл—скважины № 1-17, II цикл—скважины № 18-34, III цикл—скважины № 35-51, IV цикл—скважины № 52-68); б—при производстве работ в два цикла (I цикл—скважины № 1-34, II цикл—скважины № 35-68).

При расчете несущей способности термически укрепленного грунта следует принимать среднее расчетное (допускаемое) сопротивление в опорной поверхности всего обожженного массива в пределах 4—6 кг/см² с модулем деформации 200—300 кг/см².

В случае необходимости фактическую несущую способность обожженной столбчатой опоры можно уточнить с помощью испытания штампом обожженных опытных свай.

Рассчитывать несущую способность укрепленного столбчатого массива на всю глубину просадочной толщи можно аналогично заглубленному столбчатому фундаменту с передачей всего давления от сооружения на поверхность обожженной зоны без учета передачи давления на промежутки между обожженными столбами.

В случае, если столбчатые обожженные опоры не доходят до слоя непросадочного грунта, они работают как висячие сваи в условиях возможного увлажнения и осадки неупрочненного грунта.

В связи с тем, что термически укрепленные грунты не только полностью ликвидируют свои просадочные свойства (что является главной целью их укрепления), но и одновременно с этим повышают несущую способность не менее чем в 2—3 раза, размещение термически укрепленных массивов можно производить с учетом соответствующего повышения допускаемых давлений на упрочненные зоны грунта (как на кустовые сваи), что позволяет оставлять промежутки неупрочненного грунта в пределах до 66% от общей площади основания.

При определении расстояния между скважинами столбы обожженного грунта следует рассматривать как сваи с предельной нагрузкой N_n (кг), вычисляемой по формуле

$$N_n < R_y F_{cp} = m R F_{cp},$$

где R_y —среднее расчетное сопротивление столба обожженного грунта, определяемое на основании обжига опытных скважин, кг/см²;

F_{cp} —площадь усредненного поперечного сечения столба обожженного грунта, определяемая по замеру опытных скважин, см²;

m —коэффициент повышения нормативного сопротивления необработанного грунта, вычисляемый в зависимости от глубины термообработки по формулам и таблицам, приведенным в п. 13 главы II-Б 6 СНиП;

R —расчетное сопротивление грунта до термообработки, кг/см².

Кроме перечисленных требований, проектом необходимо предусмотреть мероприятия, обеспечивающие защиту котлованов и скважин от влияния атмосферных осадков и других вод в процессе производства работ по термическому укреплению (обвалование и устройство водоотводных канав вокруг котлована и скважин и др.). Кроме того, в грунтах, имеющих повышенную газопроницаемость, наряду с герметизирующей скважиной следует предусматривать мероприятия по снижению газопроницаемости верхней зоны грунта на толщину 0,5—0,8 м путем поверхностного уплотнения, развития крышки затвора, глинизации, бетонизации и т. п.

Температура газообразных продуктов горения в скважине при полном сгорании может превышать 2000°. Газы, имеющие такую температуру, соприкасаясь с грунтом, вызывают его оплавление, что ухудшает условия проникновения газов и замедляет скорость их движения. Во избежание этого максимальная температура газов в скважине должна быть ниже температуры плавления окружающего ее грунта.

Температура плавления лессовых грунтов колеблется в пределах 1200—1400°, повторное нагревание грунта в скважине повышает температуру на 70—100°.

Наибольшая температура газообразных продуктов сгорания достигается при минимально возможном количестве воздуха, необходимом для химического процесса сгорания горючего.

Минимально необходимое количество воздуха V_0 для сжигания 1 кг горючего может приниматься в следующих размерах:

- для солярового масла (дизельного топлива), имеющего теплотворную способность Q_r , равном 10 000 ккал/кг, $V_0=11,2 \text{ м}^3/\text{кг}$;
- для нефти при Q_r , равном 10 300 — 10 900 ккал/кг, $V_0=11,5 \div 12,2 \text{ м}^3/\text{кг}$;
- для мазута при Q_r , равном 9 740 ккал/кг, $V_0=10,9 \text{ м}^3/\text{кг}$;
- для коксового газа при Q_r , равном 4300 — 4820 ккал/м³, $V_0=4,8 \div 5,4 \text{ м}^3/\text{м}^3$;
- для генераторного газа при Q_r , равном 1350 — 1440 ккал/м³, $V_0=1,5 \div 1,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Температуру газов, образующихся в результате сгорания топлива, можно регулировать путем изменения количества воздуха, поступающего в скважину. При этом избыточный воздух, вводимый в скважину, не участвует в химической реакции горения и служит для смешивания с продуктами горения и снижения температуры смеси. Кроме того, он выполняет функцию дополнительного теплоносителя, передающего тепло через поры грунта.

Теоретически возможная температура t_r газов в скважине (без учета потерь) может быть определена по формуле:

$$t_r = \frac{Q_r}{(1,293V_0 + 1)C_p}$$

- где Q_r — теплотворная способность топлива, ккал/кг или ккал/м³;
- V_0 — количество подаваемого в скважину воздуха на 1 кг горючего, м³;
- C_p — средняя весовая теплоемкость продуктов сгорания при постоянном давлении P , принимаемая равной $0,235 + 0,000019 t_r$, ккал/кг·град.

Примерная теоретическая зависимость между количеством подаваемого воздуха на 1 кг горючего и температурой газов в скважине при применении жидкого горючего (соляровое масло или дизельное топливо) приведена в табл. 2.

Таблица 2

$\frac{V_0, \text{ м}^3/\text{кг}}{V_0, \text{ м}^3/\text{кг}}$	1	1,5	2	2,5	3	3,5
$V_0, \text{ м}^3/\text{кг}$	11,2	16,8	22,4	28	33,6	39,2
t_r , град.	2300	1670	1300	1050	896	785

Количество подаваемого в скважину воздуха V_0 должно быть в 2,5—3 раза больше воздуха V_0 , минимально необходимого для полного сгорания топлива.

Во избежание оплавления грунта в скважине и для обеспечения наиболее оптимального режима его термической обработки количество нагнетаемого в скважину воздуха должно приниматься в пределах 25—35 м³ на 1 кг жидкого горючего с условной теплотворной способностью около 10 000 ккал/кг. Соответственно этому на 1 м³ коксового газа с теплотворной способностью 4300—4820 ккал/м³ количество воздуха должно приниматься в пределах 10—15 м³. Указанные объемы воздуха приведены к условиям температуры наружного воздуха, равной 0°, и атмосферному давлению 760 мм рт. ст., применительно к формулам и таблицам для подсчетов объемов воздуха, определяемых по дифманометру.

Количество воздуха, фильтруемого через стенки скважины и окружающий ее просадочный грунт, зависит от газопроницаемости последних и давления в скважине и должно устанавливаться опытным путем — пробной продувкой. Для лессовых грунтов, имеющих влажность 8—20%, количество воздуха, фильтруемого в толщу грунта, обычно составляет 10—40 м³/час на 1 м глубины скважины.

В первом приближении можно принимать линейную зависимость расхода воздуха от длины скважины.

При составлении проекта термического укрепления грунта расчетное количество потребного воздуха V_0 , необходимого для обеспечения наиболее оптимального режима термической обработки в условиях полного сгорания топлива и соответствующего охлаждения продуктов горения, которое исчисляется в кубических метрах на 1 кг сжигаемого жидкого или на 1 м³ газообразного топлива, устанавливается в зависимости от заданной температуры горячих газов в скважине по данным формулы или табл. 2, приведенных выше. Например, при расчетной температуре горячих газов в скважине 1000° количество подаваемого в скважину воздуха должно составлять: при применении солярового масла (дизельного топлива) $V_0=29 \text{ м}^3$ и коксового газа $V_0=9 \text{ м}^3$ и т. д.

Расчетное количество горючего, сжигаемого в течение одного часа на 1 пог. м скважины по ее глубине, устанавливается в зависимости от его калорийности, газопроницаемости укрепляемого грунта, температуры его плавления, влажности и объемного веса скелета. Так, например, при расчетной температуре газов в скважине 1000° и при газопроницаемости 1 пог. м скважины 20 м³/час следует сжигать за 1 час: солярового масла не более $20:29=0,69 \text{ кг}$, т. е. не более 6,9 кг/час на скважину глубиной 10 м; коксового газа не более $20:(9+1)=2 \text{ м}^3$ на 1 пог. м глубины скважины, т. е. не более 20 м³/час коксового газа на такую же скважину глубиной 10 м.

Увеличение горючего, сжигаемого в единицу времени, вызывает повышение температуры газов выше расчетной, в результате чего может иметь место оплавление стенок скважины, чего нельзя допускать, так как оплавленная скважина бракуется и заменяется новой, которая должна быть пробурена рядом.

Приведенные расчетные данные позволяют приблизительно определить расход горючего в скважинах в условиях герметичности их затворов. Эти данные уточняются по результатам прожигания опытных скважин с установлением количества воздуха, фильтруемого через ее стенки на 1 лог. м глубины при разных давлениях внутри, и с установлением оптимальных расходов подаваемого воздуха и сжигаемого горючего на 1 лог. м скважины.

В приложении 1 приведен пример расчета необходимого количества жидкого и газообразного топлива и времени, потребного для обжига одной скважины глубиной 12 м при диаметре укрепленной зоны 2 м и влажности грунта 12,5%.

Для ориентировочных подсчетов расходов горючего, воздуха и времени, потребных для термической обработки грунта на глубину 10 м и при диаметре обожженной зоны 2 м можно пользоваться следующими приближенными данными.

Расход жидкого топлива в 1 час равен 0,4—0,5 кг на 1 лог. м скважины по ее глубине или 4—5 л на всю скважину; газообразного топлива — 1,0—1,2 м³ на 1 лог. м скважины по ее глубине или 10—12 м³ на всю скважину.

Расход воздуха в 1 час при жидком топливе равен 25 м³ на 1 кг сжигаемого топлива или 100—125 м³ на всю скважину; при газообразном топливе — 10 м³ на 1 м³ сжигаемого газа или 100—120 м³ на всю скважину.

Расход времени составляет 10 суток или 1 сутки на 1 лог. м скважины по ее глубине.

При помощи одной скважины диаметром $d=0,15 \div 0,2$ м в течение 8—10 дней можно произвести термическое укрепление массива грунта диаметром $D=1,5 \div 2,5$ м и глубиной 8—10 м.

При удлинении времени, затрачиваемого на термическую обработку грунта, зона укрепления для каждой скважины увеличивается и может достигать диаметра $D=3$ м и более, и глубины 15 м и более, что соответствует 100 м³ укрепленного грунта для одной скважины. Однако в некоторых случаях, в зависимости от специфических особенностей структуры грунта, при чрезмерном удлинении времени, затрачиваемого на термическую обработку грунта, зона укрепления увеличивается только до оптимального предела ($D=2,0 \div 2,5$ м). Этот предел характеризуется снижением эффективности дальнейшей термообработки вследствие резкого падения давления газов в скважинах из-за утечки их по вертикальным порам в верхней зоне скважины, сечение которой увеличивается за счет выгорания гумусовых примесей и деградации грунтового скелета.

30

При нормальных условиях, т. е. при избыточном давлении 0,25—0,50 ати и при относительно однородном грунте, увеличение массива термически укрепляемого грунта обычно происходит по концентрическим зонам вокруг скважины примерно одинаково, с небольшим уменьшением по глубине (рис. 19, а). В практике строи-

тельствах Приднепровья в УССР обжиг грунта в течение 8—12 суток создавал вокруг скважины глубиной 8—12 м укрепленную зону столбчатой формы диаметром 2,0—2,5 м.

При неправильных условиях производства работ (отсутствие избыточного давления в скважине или недостаточность его, нарушение герметичности верхней части скважины) вместо цилиндрической формы укрепленной зоны грунта получается коническая форма (рис. 19, б), что недопустимо.

Наличие вокруг обжигаемой скважины подготовленных к последующей термической обработке (или уже обожженных) открытых сверху скважин (рис. 20) улучшает условия обжига, т. е. повышает циркуляцию газов с нижней зоны грунта вокруг обжигаемой скважины. Скважины для одновременного обжига следует подключать через одну.

Термическое укрепление грунтов проектируется к производству работ в I, II, III или IV цикла (очереди или захватки) с одновременной термической обработкой соответствующего количества скважин за каждый цикл (рис. 18, 20—24).

Количество циклов зависит от общего количества подлежащих обработке скважин, а главное — от мощности имеющегося оборудования для подачи воздуха, наличия гибких и беззастойких шлангов.

С целью ускорения производства работ количество циклов (очердей) должно быть возможно меньшим. Так, при укреплении оснований под фундаменты промышленных труб и высотных частей зданий, а также при ликвидации аварий, вызванных местным

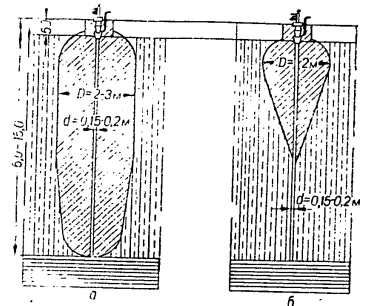


Рис. 19. Распространение зон термического укрепления (упрочнения) грунта вокруг вертикальных скважин: а—при избыточном давлении в скважине 0,2—0,5 ати; б—при отсутствии избыточного давления в скважине.

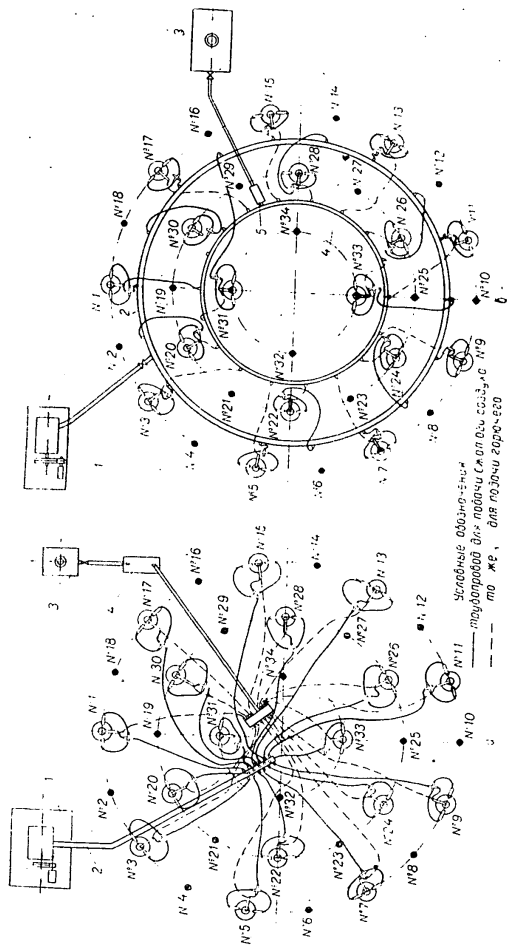


Рис. 20. Схема подключения оборудования при одновременном обжиге 17 скважин жидким топливом:
 а—первый вариант (при применении безостойких распределительных шлангов);
 б—второй вариант (при частичной замене безостойких распределительных шлангов металлическими трубами); 1—компрессор; 2—ресивер для сжатого воздуха; 3—сливной бак для солярового масла; 4—рабочая емкость для горючего; 5—трубопровод для сжатого воздуха; 6—сливной бак для солярового масла; 7—ресивер для горючего; 8—насос.

Условные обозначения: — трубопровод для воздуха; — труба; — резервуар для солярового масла; — насос; — компрессор; — ресивер для сжатого воздуха; — сливной бак для солярового масла; — рабочая емкость для горючего.

увлажненным просадочным грунтам, и при небольшом количестве прожигаемых скважин в пределах 6—30 шт., работы следует производить в 1—2 цикла, что позволит выполнить их в течение 10—20 дней.

Длительность каждого цикла (сжигания расчетного количества топлива в скважинах при заданном режиме) составляет примерно около 10 дней и может колебаться в ту или иную сторону в зави-

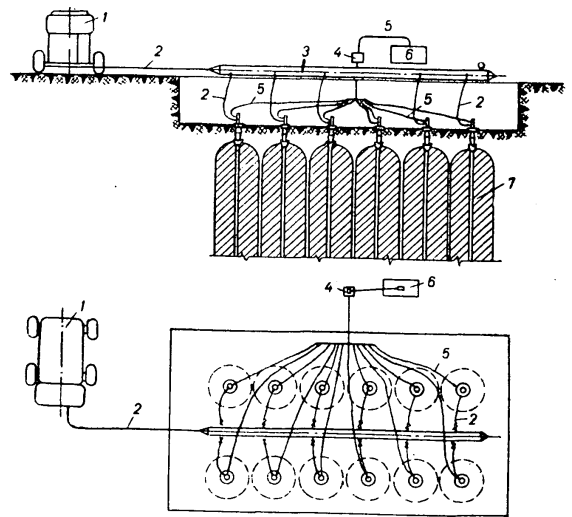


Рис. 21. Схема подключения оборудования к 12 одновременно обжигаемым скважинам:

- 1—компрессор; 2—трубопровод для холодного воздуха под давлением;
- 3—ресивер; 4—насос для подачи горючего под давлением в скважины;
- 5—трубопровод для горючего; 6—емкость с горючим; 7—скважины.

симости от глубины скважины, расчетного диаметра зон термического укрепления грунта и мощности оборудования для получения воздуха, нагнетаемого в скважины под давлением.

Количество одновременно обжигаемых скважин за один цикл (очередь) обуславливается наличием мощности оборудования и, в

Рис. 23. Схема подключения оборудования при одновременном обжиге 17 скважин газодобываемым топливом: а — план; б — детали подключения; 1 — газодувка; 2 — газопровод; 3 — газоборник; 4 — воздушный вентиль; 5 — герметический затвор с камерой сгорания; 6 — воздушный прибор (ресивер); 7 — форсушка; 8 — воздушные шланги; 9 — крестовина.

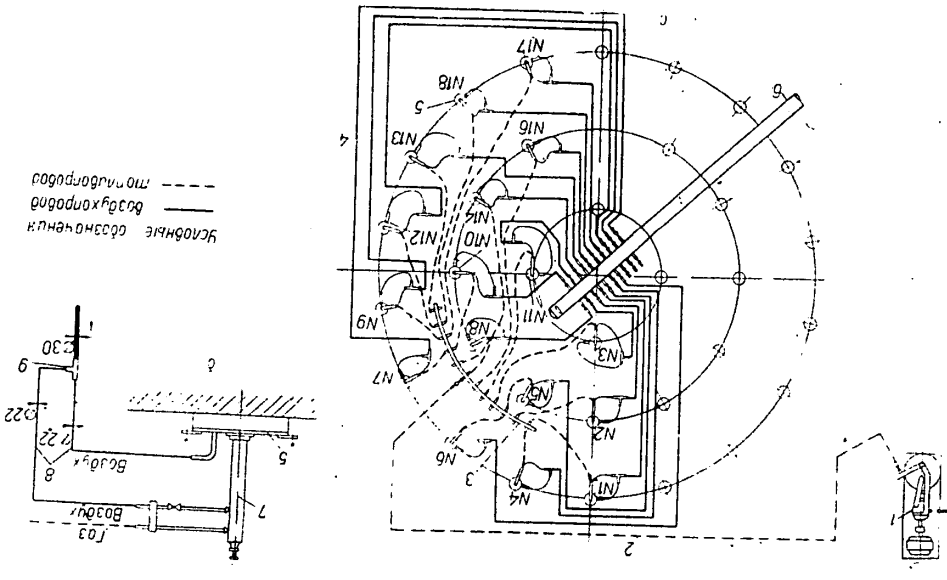
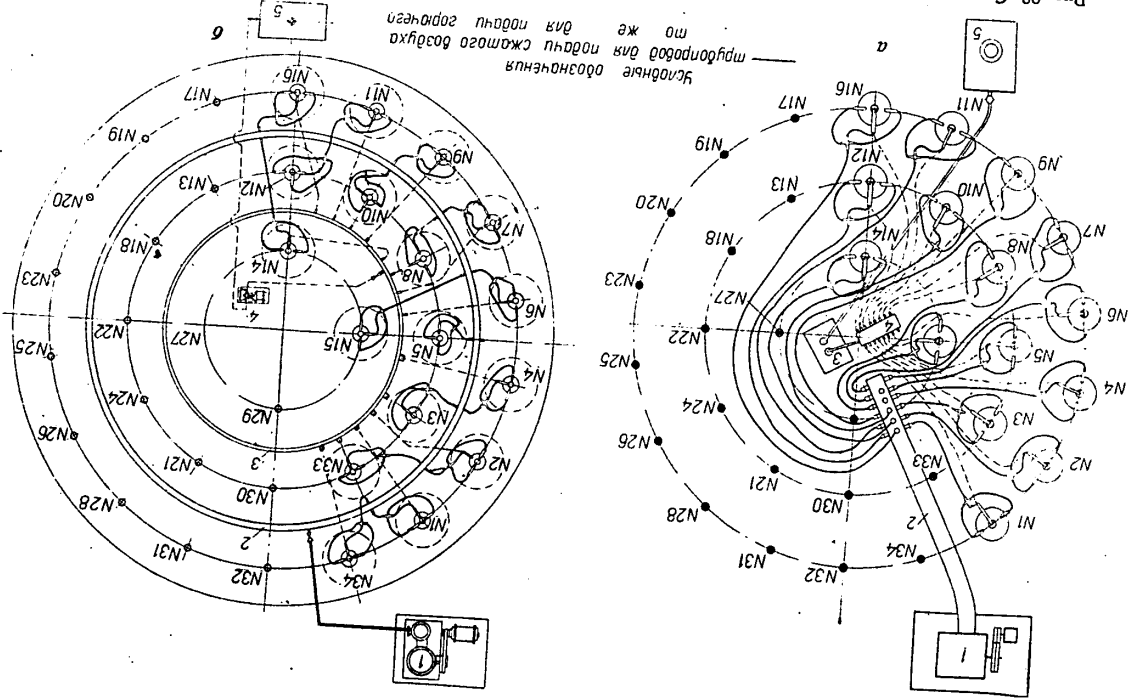


Рис. 22. Схема подключения оборудования при одновременном обжиге 15-17 скважин жидким топливом: а — первый вариант (при применении безостойких распределительных шлангов); б — второй вариант (при частичной замене безостойких распределительных шлангов металлическими трубами); 1 — стационарный компрессор производительностью 30 м³/мин.; 2 — ресивер для сжатого воздуха из трубы диаметром 240 мм.; 3 — рабочая емкость для горючего; 4 — насосная установка; 5 — бак для топлива.



первую очередь, источников сжатого воздуха (компрессоров, турбо-воздуходувок и др.).

Следует также учитывать, что при подключении форсунок и затворов к источникам подачи воздуха и горючего требуется применение значительного количества дюритовых шлангов разных сече-

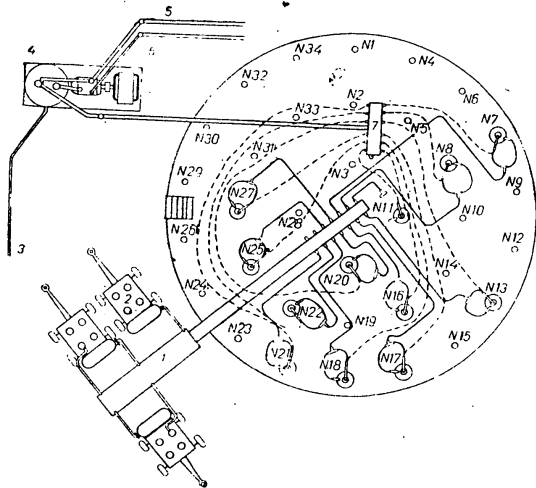


Рис. 24. Схема подключения оборудования при одновременном обжиге 12 скважин коксовым газом:
1—воздухосборник; 2—передвижные компрессоры; 3—слив;
4—газодувка; 5—газопровод; 6—водопровод; 7—газосборник.

ний. С целью экономии этих шлангов проектом рекомендуется предусматривать частичную замену их стальными трубами, используя гибкие шланги только в местах соединений. Особенно это важно при применении жидкого топлива, когда для его разводки по скважинам требуются дефицитные бензостойкие шланги.

Количество форсунок должно соответствовать количеству одновременно обжигаемых за один цикл скважин с двумя-тремя запасными. При применении жидкого топлива следует предусматривать

современное обеспечение производства работ достаточным количеством запасных игл для прочистки сопла форсунок.

Количество комплектов металлических затворов к скважинам желательно иметь на два цикла, с целью сокращения сроков проведения работ.

Керамическая часть затвора, огнеупорные камеры сгорания и трубка для нижней подачи воздуха (см. первый вариант затвора) могут быть использованы только один раз, поэтому их количество должно соответствовать общему количеству скважин, включая и контрольные.

Устанавливаемая в верхней части скважин камера сгорания с затвором обetonируется бетоном марки 100 на красном кирпичном щебне.

Подключение обжигаемых скважин следует производить через одну для улучшения условий фильтрации горячих газов в нижней зоне укрепляемого грунта через промежуточные скважины, являющиеся, в данном случае, как бы дренажными отводами.

Для уточнения фактических расходов топлива, воздуха и времени для термического укрепления 1 м³ грунта, применительно к местным условиям, а также для практической проверки проектных предположений, необходимо предусматривать термическое укрепление грунта в двух контрольных скважинах, размеры и геологические условия заложения которых должны полностью соответствовать основным скважинам укрепляемого участка.

Размещение опытных скважин должно позволять последующее их открытие, а в случае необходимости — и испытание.

При применении термического метода укрепления просадочных лесовых грунтов должна учитываться экономическая или техническая его целесообразность в данных конкретных условиях. Экономически нерационально применение этого метода для укрепления оснований под фундаментами небольших и неответственных зданий и сооружений, а также при небольшой мощности просадочной толщи (1—3 м).

При составлении проекта следует учитывать, что при термическом укреплении газообразным топливом затраты на отдельные виды работ в процентном отношении, по данным ряда украинских строок за 1956—1957 гг., распределяются примерно следующим образом:

Бурение скважин	37,0
Топливо (коксовый газ)	2,9
Воздух (электрические компрессоры производительностью 6 м ³ /мин или 180 м ³ /час каждый)	32,5
Рабочая сила	12,3
Материалы и оборудование ¹	14,5
Прочие расходы	0,8

Как видно из приведенной калькуляции, стоимость горючего составляет всего лишь 2,9%, в то время как стоимость буровых

¹ Стоимость инвентарного оборудования в эти данные не включена.

работ и воздуха занимает наибольший удельный вес (70% от общей стоимости термически укрепляемого грунта), что является недопустимым. Поэтому при составлении проекта необходимо обращать особое внимание на снижение стоимости бурения и воздуха. Такого снижения можно достигнуть путем применения портативных механизированных буровых установок, производящих проходку скважин без воды и уплотнения стенок скважин; более дешевых источников сжатого воздуха небольшого давления, но большой производительности, взамен применяющихся в настоящее время дорогих и малопроизводительных электрических компрессоров.

ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

Перед началом производства работ по термическому укреплению грунтов необходимо провести ряд подготовительных и организационных мероприятий, к которым, в частности, относятся:

- обучение производству работ и соответствующим требованиям техники безопасности ответственного руководителя, сменных ответственных исполнителей (бригадиров) и рабочих, которые затем должны быть распределены по трем сменам;
- организация площадки в соответствии с проектом и подготовкой или постройкой временного помещения для обслуживающего персонала и хранения контрольно-измерительной аппаратуры;
- подготовка котлована;
- бурение основных и контрольных скважин;
- установка камер сгорания с затворами и герметизация верхней части скважин. В грунтах, имеющих повышенную газопроницаемость, кроме герметизации верхней части скважин следует также осуществлять мероприятия по снижению газопроницаемости верхней зоны грунта (поверхностное уплотнение, глинизация, бетонизация и др.);

- размещение оборудования и предварительная проверка его;
- подводка и подключение по участку электроэнергии, воды, горючего и сжатого воздуха;
- подключение форсунок и затворов к горючему и воздуху.

Учитывая непрерывный характер этих работ, для каждой из трех смен необходимо выделить ответственного исполнителя смены (бригадира), слесаря, бетонщика и компрессорщика.

При осуществлении подготовительных работ необходимо обращать особое внимание на проведение мероприятий, обеспечивающих защиту котлованов и скважин от заливания их водой.

Термическое укрепление грунтов в основаниях фундаментов осуществляется в котлованах или шурфах, открытых до проектной отметки основания или до уровня на 0,5 м выше этой отмет-

ки. В котловане пробуриваются скважины диаметром 0,15—0,20 м, глубина и количество их принимается согласно проекту.

При производстве буровых работ необходимо проверять в натуре соответствие грунтов данным геологических исследований.

Бурить следует сухим способом, не допуская заливки в скважины воды с целью облегчения их проходки. При этом не допускаются способы изготовления скважин, вызывающие уплотнение их стенок.

При бурении скважин в подвалах и других местах, где затруднено применение длинных буровых штанг, следует использовать подвешиваемые на тросе снаряды стаканоударного действия с механическим, электро-магнитным или пневматическим подъемом ударных частей (пневмобур конструкции инж. В. С. Посяды и др.).

Затворы с камерами сгорания устанавливают в верхней части скважин. Для установки их верхнюю часть скважины (устье) расширяют до диаметра 0,75 м на глубину 0,7—0,75 м. Во избежание попадания грунта в скважину при расширении устья, ее закрывают деревянной пробкой длиной 0,7—1,0 м. По окончании расширения устья пробку вынимают, скважину проверяют и в случае ее засорения — тщательно прочищают и устанавливают затвор. При этом сначала устанавливают нижнюю керамическую воронку (см. рис. 6), плотно втапливая ее в грунт на глубину, равную примерно половине высоты воронки.

Затем, при применении первого варианта затвора, на воронку устанавливают кольцо со щелью с вваренной в него трубкой для подачи дополнительного холодного воздуха, после чего устанавливают верхнюю и среднюю воронки с крышкой. Пространство между стенками камеры сгорания и грунтом плотно забивают бетоном марки 100 на красном кирпичном щебне.

При втором варианте затвора (см. рис. 7) его установка производится за счет отсутствия нижней воронки и так называемой трубки нижнего поддува, приведенных на рис. 6.

Трубка нижнего поддува, в основном предназначена для упрощения розжига скважины, что имеет особенное значение при применении жидкого топлива. При переходе скважины на нормальный режим обжига подача холодного воздуха через эту трубку необходима.

При установке камеры сгорания и крышки затвора необходимо особое внимание обращать на обеспечение максимально возможной герметичности.

Разогревают скважины и сжигают в них топливо лишь после приобретения бетоном 50% проектной прочности, т. е. не ранее чем через 3—4 дня после бетонирования. Срок вызревания бетона можно сократить за счет ускоренной сушки затвора путем сжигания в нем без избыточного давления небольшого количества го-

рючего. Керамическая часть камеры сгорания при этом не должна накаляться до покраснения.

В случае применения чугунного варианта затвора (см. рис. 9) устье скважины расширяют путем уплотнения увлажненного грунта коническим шаблоном при помощи вибрации с пригрузом.

После окончания расширения устья вынимают шаблон, проверяют скважину на засоренность, а затем устанавливают керамическую воронку с плотной посадкой на глиняном растворе.

Нижнюю часть чугунного затвора устанавливают после поверхностного уплотнения грунта у скважины пневматическими трамбовками и устройством концентрической щели для заведения шпоры затвора в грунт и смазки поверхности грунта глиношамотным раствором.

Устанавливают части затвора при помощи треноги и тали с плотной посадкой чугунной плиты на грунт при помощи вибраторов. Плотность посадки проверяют вытеснением глиношамотного раствора смазки в контрольные штуцеры, имеющиеся в плите, которые после просушки увлажненного грунта закрывают чугунными заглушками на резьбе.

При наличии в верхней части котлована насыпных грунтов затворы следует устанавливать ниже — в толще плотных ненарушенных грунтов, так как в противном случае будет происходить усиленная фильтрация горячих газов через толщу рыхлых грунтов, расположенных в верхней части скважины, и обжиг не распространится на нижележащие, более плотные грунты.

К установленным затворам подключают форсунки и присоединяют шланги, подводящие горючее и воздух.

Для разводки газообразного топлива и сжатого воздуха применяют стальные трубы и обычные газонепроницаемые гибкие

шланги, а для жидкого топлива — стальные и бензостойкие гибкие шланги.

Необходимо стремиться к максимально возможному сокращению протяженности гибких и особенно бензостойких шлангов путем замены их стальными трубами и применения их только в местах соединений этих труб.

Разжигание скважины жидким топливом и вывод ее на постоянный режим обжига производится следующим образом. Нижнюю часть разогревателя (рис. 25) в виде металлического прутка или трубки диаметром 6—20 мм обертывают паклей или ветошью, которые затем смачивают жидким топливом и зажигают. На образовавшийся в скважине факел пламени посредством форсунки направляют слабую струю горючего и воздуха. Когда внутренняя огнеупорная часть камеры сгорания раскалится до ярко-красного цвета, разжигание считается законченным. После этого разогреватель вынимают из скважины, форсунку наглухо закрепляют в затворе и доводят подачу горючего и воздуха до проектных размеров с тем, чтобы перенести обжиг в глубину скважины.

Удаление газообразных продуктов сгорания в процессе разжигания производится через выводную трубку затвора (трубку нижнего поддува).

Для разжигания скважины требуется около 1 кг жидкого топлива, а время, затрачиваемое для этого, обычно составляет 15—25 мин.

После установления устойчивого нормального режима работы форсунки, что характеризуется ярким пламенем в камере сгорания и отсутствием дыма, выходящего через выводную трубку затвора, отверстие выводной трубки закрывают краном, затем подключают к нему воздух нижнего поддува и повышают давление в скважине до расчетного.

Разжигание скважины газообразным топливом и вывод ее на постоянный режим производится следующим образом. Вначале включают компрессоры и газодувку, а потом — открывают краны на воздухохранильнике и газохранильнике. Давление в воздухохранильнике поднимают не более чем до 1,1—1,2 атм. Избыток давления снимают путем частичного открывания свободных кранов. Количество подаваемого в воздухохранильник воздуха следует увеличивать постепенно, по мере увеличения подключаемых к обжигу скважин, в связи с чем компрессоры вводятся в работу также последовательно.

Воздух подают только в форсунку, в небольшом количестве, необходимом для процесса горения, в связи с чем краны на трубах затвора для подачи воздуха на этот период перекрывают. Регулируют подаваемый воздух регулирующим маховичком форсунки.

Затем открывают подводящие газ краны: вначале у газохранильника и потом у форсунки. Одновременно с этим подносят горящую

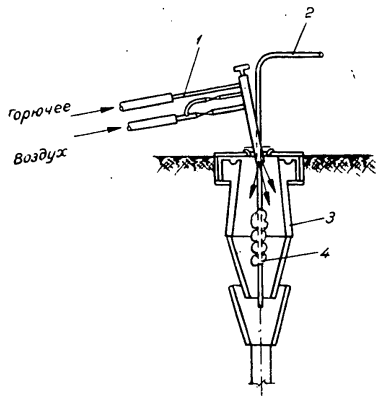


Рис. 25. Схема разжигания скважины жидким топливом:

1—форсунка в период разжигания скважины;
2—разогреватель; 3—затвор; 4—ветошь (пакля)

спичку к струе газа, выходящего из форсунки, который при этом воспламеняется.

Регулируют факел горения путем уменьшения или увеличения подачи воздуха и газа.

Зажженную форсунку необходимо установить в верхней части затвора, направив горящий факел в скважину на огнеупорную часть камеры сгорания, оставляя при этом зазор между запорной втулкой форсунки и отверстием в верхней крышке затвора. В таком положении форсунку временно закрепляют проволокой к трубке смотрового глазка (рис. 26).

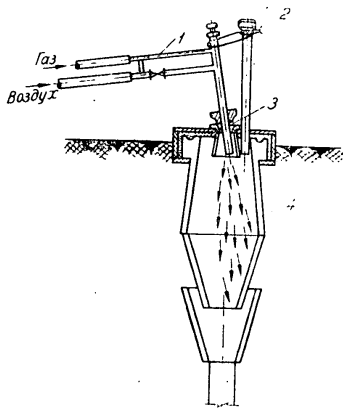


Рис. 26. Схема разжигания скважины коксовым газом:

1—форсунка в период разжигания скважины;
2—временное закрепление форсунки проволокой;
3—зазор 10—15 мм; 4—затвор.

и быстрее, чем жидким топливом. При использовании газообразного топлива можно применять более упрощенную конструкцию затвора.

В процессе проведения работ по термическому укреплению грунта необходимо вести непрерывные наблюдения за поддержанием температуры 750—1000° в скважинах при давлении 0,3—0,5 атм.

Наблюдение за режимом горения в скважине производят через смотровой контрольный «глазок» затвора.

Нормальная работа форсунки характеризуется бесцветным пламенем в камере сгорания и отсутствием дыма.

Скважина по всей своей глубине должна быть прогрета до красного цвета. Потемнение скважины в нижней ее части сигнализирует о недостаточности давления или же плохой герметизации.

Выравнивание температуры по глубине скважины достигается удлинением факела раскаленных газов за счет увеличения избыточного давления в скважине, вызывающего усиленную фильтрацию газов в толщу грунта, в результате чего процесс термической обработки грунта ускоряется и захватывает большую зону.

При отсутствии избыточного давления в скважине во время ее прожигания длина факела раскаленных газов значительно укорачивается, зона повышенной температуры концентрируется только в верхней части скважины, где возникает опасность оплавления грунта на ее боковых поверхностях. При этом резко снижается эффективность термического укрепления за счет значительного уменьшения размеров зоны укрепленного грунта при одновременном непроизводительном увеличении времени, а также расходов горючего и воздуха.

Красный цвет с беловатым оттенком сигнализирует о недопустимом перегреве стенок скважины, грозящем оплавлением ее стенок, в результате которого практически прекращается фильтрация горячих газов через поры укрепляемой толщи грунта, что приводит к браковке этой скважины и замене ее другой.

Причиной такого перегрева является чрезмерное, превышающее допустимое расчетом количество сжигаемого горючего при недостатке добавочного воздуха. В таком случае необходимо немедленно отключить подачу горючего и произвести охлаждение скважины путем нагнетания в нее холодного воздуха. После снижения температуры стенок скважины до 700—800° (не ниже температуры воспламенения газа—680°) форсунка переключается на нормальный режим обжига.

Более точное наблюдение за температурой в скважине осуществляется при помощи оптического пирометра. Для этого, не реже чем через 1 час, останавливают горение в скважине, прекрывая для этого подачу горючего вначале на газосборнике (или у насоса при работе на жидком топливе), а затем на форсунке путем соответствующих переключений вентилей, после чего вынимают форсунку из затвора и просматривают состояние скважины. Затем при помощи оптического пирометра замеряется температура стенок скважины.

Нормальный обжиг должен вестись при температурах 800—1000°, поэтому в случае превышения температуры свыше 1000° стенки скважины охлаждают.

При систематическом перегреве скважин, свидетельствующем о недостаточной мощности источников подачи сжатого воздуха, необходимо отсоединить одну или несколько скважин с целью переключения всего воздуха на оставшиеся. Обжиг отключенных скважин можно производить и после перерыва.

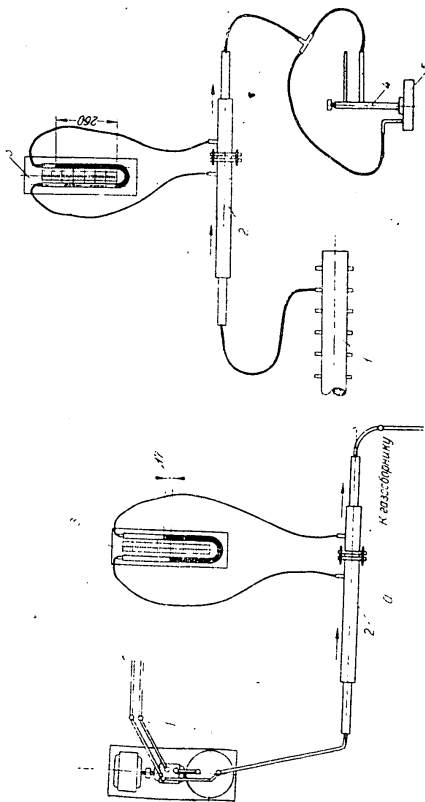


Рис. 27. Схема подключения диафрагмы и дифманометра:
 а — при замере расхода газа: 1—газоподводка; 2—диафрагма; 3—U-образный дифманометр; 6—при замере расхода воздуха: 1—воздухоотборник; 2—диафрагма; 3—U-образный дифманометр; 4—форсунка; 5—затвор.

Особенно важно постоянно поддерживать в скважинах необходимое избыточное давление, которое в начале и в процессе обжига должно быть не менее 0,3—0,5 *ати*, а в конце не ниже 0,2—0,25 *ати*.

Давление горячих газов в скважине контролируют через час по показателям ртутного или пружинного манометра, установленного на верхней части затвора с ценой делений в миллиметрах ртутного столба или в 0,02 *ати*.

При падении давления в скважине вследствие возможного ослабления герметичности затвора и фильтрации продуктов горения через образовавшиеся трещины вокруг затвора необходимо срочно произвести работы по усилению герметизации. Трещины в бетоне заливают цементным раствором, а при фильтрации через дневную поверхность грунта — применяют чеканку глиной.

Одной из причин снижения давления в скважинах является неправильное подключение их по циклам, когда обжигают скважины все подряд, а не через одну (в шахматном порядке). Во втором случае выход горячих газов наружу будет происходить равномерно — через толщу прожигаемого грунта в промежуточные скважины, чего не будет в первом случае.

Воздухом, подаваемым через форсунки и затворы, в скважинах поддерживается давление 200—350 мм ртутного столба или 0,25—0,50 *ати*.

Фактическая производительность компрессоров, бывших в капитальном ремонте, часто значительно ниже паспортной и в ряде случаев снижается до 80—60 и даже 50% от паспортной. Поэтому перед началом работ по термическому укреплению грунтов необходимо производить проверку фактической производительности оборудования, предназначенного для подачи сжатого воздуха, а в процессе производства работ — фактического потребления воздуха каждой скважиной.

Для контрольных замеров воздуха можно применять несложное приспособление (см. рис. 16).

При помощи дифманометра (U-образной стеклянной трубки, наполненной на 40—50% ртутью или водой) измеряют перепад давлений двух участков трубы (в мм рт. ст.) и на основании этого определяют фактический расход воздуха (рис. 27, б).

Так, например, требуется определить фактический расход воздуха Q в м^3 на скважину в 1 час при замеренном перепаде давления $h = 260$ мм и следующих исходных данных:

диаметр трубопровода $D = 50$ мм;
 диаметр рабочей части отверстия диафрагмы $d = 25$ мм;
 температура воздуха $t = 30^\circ$;
 барометрическое давление $P_b = 745$ мм рт. ст.;
 давление нагнетаемого воздуха $P_n = 760$ мм рт. ст.;
 коэффициент расхода (при $d/D = 0,5$) $\alpha = 0,632$;
 объемный вес воздуха при нормальных условиях $\gamma = 1,204 \text{ кг/м}^3$;

абсолютное давление $P = P_6 + P_n = 745 + 760 = 1505$ мм рт. ст.;
 перепад давления (по отсчету дифманометра) $h = 260$ мм
 абсолютная температура $T = 273 + 30 = 303^\circ$;
 вес водяных паров в 1 м³ воздуха (при $t = 30^\circ$) $f = 0,0351$ кг/м³.
 На основе этих исходных данных, по формуле

$$Q = 0,00673 \cdot \alpha \cdot d^2 \sqrt{\frac{P}{T}} \cdot \sqrt{\frac{h}{(\gamma + f)(0,804 + f)}}$$

определяют количество расходуемого воздуха в 1 час:

$$Q = 0,00673 \cdot 0,632 \cdot 25^2 \sqrt{\frac{1505}{303}} \times \sqrt{\frac{260}{(1,204 + 0,0351) \cdot (0,804 + 0,0351)}} = 94 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Фактическое количество газов, расходуемых при термическом укреплении грунта, проверяют при помощи того же приспособления, изображенного на рис. 16, но подключаемого несколько по иной схеме (рис. 27, а).

Здесь следует учитывать, что в связи с весьма незначительным расходом газа для одной скважины, а также вследствие малых диаметров подводящих шлангов, при контрольных замерах этим приспособлением фиксируется очень небольшой перепад давления, не позволяющий достаточно точно определить его фактический расход. Поэтому проверку следует производить не для одной, а для нескольких одновременно обжигаемых скважин. Дальнейшая же методика проверки аналогична приведенной выше. Возьмем для примера пять одновременно обжигаемых скважин, перепад давления h которых оказался равным 17 мм, при следующих исходных данных:

диаметр трубопровода $D = 50$ мм;
 диаметр рабочего отверстия диафрагмы $d = 25$ мм;
 температура коксового газа $t = 30^\circ$;
 барометрическое давление $P_6 = 738$ мм рт. ст.;
 давление нагнетаемого газа $P_n = 304$ мм рт. ст.;
 коэффициент расхода (при $d/D = 0,5$) $\alpha = 0,632$;
 объемный вес коксового газа при нормальных условиях $\gamma = 0,436$ кг/м³;
 абсолютное давление $P = P_6 + P_n = 738 + 304 = 1042$ мм рт. ст.;
 абсолютная температура $T = 273 + 30 = 303^\circ$;
 вес водяных паров в 1 м³ (при $t = 30^\circ$) $f = 0,0351$ кг/м³.
 По формуле

$$Q = 0,00673 \cdot \alpha \cdot d^2 \sqrt{\frac{P}{T}} \cdot \sqrt{\frac{h}{(\gamma + f)(0,804 + f)}}$$

определяют количество газа, потребляемого при обжиге пяти скважин в 1 час:

$$Q = 0,00673 \cdot 0,632 \cdot 25^2 \sqrt{\frac{1042}{303}} \times \sqrt{\frac{17}{(0,436 + 0,0351)(0,804 + 0,0351)}} = 32,5 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Следовательно для одной скважины глубиной 10 м расход коксового газа составил

$$32,5 : 5 = 6,5 \text{ м}^3/\text{час.}$$

После окончания термической обработки контрольных скважин проверяют фактические размеры (диаметр, глубина) укрепленного грунта путем их отрывки на всю глубину с устройством шурфа или траншеи, одна из стенок которых должна ограничиваться вертикальными осями контрольных скважин.

Из укрепленного массива вокруг этих скважин отбирают монолиты грунта для лабораторных испытаний на просадочность, сдвиг и компрессионные свойства; в случае необходимости или по желанию заказчика термически укрепленные массивы грунта могут быть подвергнуты испытанию на сжатие при помощи загрузочного штампа.

Термическую обработку скважины считают законченной, если внутри ее при давлении не менее 0,25—0,50 атм и при соответствующем расчетном расходе воздуха (25—35 м³ на 1 кг жидкого топлива или 10—15 м³ на 1 м³ коксового газа и т. д.) будет сожжено заданное количество топлива.

При производстве работ по термическому укреплению грунтов необходимо вести соответствующую техническую документацию, подробно отражающую все этапы работ, со своевременным составлением актов на все скрытые работы.

В общем журнале производства работ необходимо подробно описывать:

- проведение подготовительных работ и организацию площадки;
- мероприятия по подготовке котлована;
- условия проходки скважин и их размеры;
- соответствие фактических геологических условий площадки проектным данным;
- условия и особенности установки камер сгорания и затворов скважин;
- фактическое размещение и установка оборудования;
- порядок подключения и отключения форсунок и затворов к топящему и сжатому воздуху;
- характер разжигания скважин, затраченное на это время, дату выхода скважин на нормальный режим обжига;
- какие мероприятия проводили по регулировке температуры в скважинах при нормальных условиях и при падении давления;

результаты наблюдений за показателями манометров, устанавливаемых на воздухоборнике (ресивере), газосборнике, насосе для подачи жидкого топлива, затворах скважин и др.; данные наблюдений за температурой в скважинах (при помощи оптического пирометра); показатели наблюдений за расходом горючего и воздуха, с систематическим проведением контрольных замеров; результаты наблюдений за соблюдением требований техники безопасности.

По каждой скважине, в том числе и по контрольным, следует вести журналы термической обработки скважин по форме № 1 (см. приложение II). Учет расходов горючего, воздуха и времени, затраченных на термическое укрепление грунта по каждому объекту, следует вести по форме № 2 (см. приложение III).

Примечание. При неправильном производстве работ, когда давление в скважине снижается до величины менее 0,2 атм, бесполезно затраченные при этом время и горючее не учитываются.

При разжигании и термической обработке скважин должны соблюдаться правила техники безопасности и, в частности:

1) рабочие, занятые на разжигании скважин и поддержании горения в них, должны работать в течение всего времени термической обработки грунта в брезентовых рукавицах и предохранительных очках;

2) в продолжении всей термической обработки скважин необходимо тщательно следить за состоянием и нормальной работой оборудования (форсунок, затворов, газодувок, компрессоров, насоса для подачи жидкого топлива, измерительных и контрольных приборов), а также за системой, подводящей горючее и воздух. При этом особое внимание должно обращать на состояние и тщательность сопряжений шлангов между собой и с металлическими деталями, не допуская их нагревания и утечек топлива и воздуха;

3) при утечке газа, определяемой по запаху или контрольными приборами, необходимо немедленно отключить его подачу, прекратить обжиг и только после тщательного устранения всех неисправностей с последующей контрольной проверкой разрешается продолжение работ;

4) в случае непредвиденного прекращения подачи воздуха (перерывы в электроснабжении, неисправности компрессоров и др.), необходимо немедленно прекратить подачу горючего и затем воздуха, снять форсунки с затворов скважин, а отверстия в затворах прикрыть кирпичами (по одному кирпичу на затвор).

Примечание. Продолжительность перерывов процесса термической обработки скважины не должна превышать 30 мин. в первый день работы и 1-4 часов в последующие дни;

5) нельзя допускать попадания воды в скважины;

6) в процессе термообработки грунта запрещается посторонним лицам подходить к зоне действующих скважин;

7) к работе допускаются лица, прошедшие соответствующий инструктаж по технике безопасности;

8) рабочие, обслуживающие форсунки и механизмы, нагнетающие воздух и горючее (компрессоры, турбовоздуходувки, газодувки и др.) должны иметь соответствующую аттестацию;

9) в зоне ведения работ (в условиях закрытых помещений), а также в узких глубоких котлованах должна быть обеспечена надежная вентиляция;

10) емкости с горючим должны располагаться на расстоянии не менее 5 м от обжигаемых скважин.

После окончания термической обработки всех скважин осуществляется прием работ специальной комиссией с составлением приемочного акта. Прием работ производится:

1) по результатам проверки в натуре соответствия выполненных работ проектным требованиям (количество, размеры и расположение термически обработанных скважин);

2) по журналам производства работ, причем особое внимание обращается на фактически имевшее место давление в скважинах, расходы горючего и воздуха, а также на продолжительность термической обработки каждой скважины и отсутствие оплавлений внутренних поверхностей скважин в процессе обжига;

3) по результатам отрывки зон укрепленного грунта у контрольных скважин с установлением фактических их размеров по диаметру и глубине;

4) по данным лабораторных испытаний на просадочность и сдвиг термически обработанных и природных образцов грунта, отобранных на опытных участках.

Комиссия, принимающая работы, имеет право потребовать произвести разведку шупом или вскрытие верхней части сомнительных скважин для проверки фактических размеров обожженных массивов грунта вокруг скважин.

Если размеры зоны укрепления окажутся меньше проектных, производят дополнительный обжиг дефектных или изготовление и обжиг дополнительных скважин. Время и режим дополнительных работ по обжигу устанавливаются приемочной комиссией.

После подписания акта о приемке основания скважины заполняют грунтом, который плотно утрамбовывают.

За осадкой фундаментов зданий и сооружений, возводимых на грунтах, укрепленных термической обработкой, необходимо установить наблюдения как во время постройки их, так и после сдачи в эксплуатацию. Для этого в надземной части фундаментов закладывают временные реперы, отметки которых должны быть привязаны к отметкам постоянного репера. В процессе строительства и эксплуатации этих зданий и сооружений необходимо производить регулярную проверку отметок реперов нивелировкой.

Приложение 1

ПРИМЕРНЫЙ РАСЧЕТ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ГОРЮЧЕГО ДЛЯ ОБЖИГА СКВАЖИНЫ ГЛУБИНОЙ 12 м ПРИ ДИАМЕТРЕ УКРЕПЛЕННОЙ ЗОНЫ 2 м

Исходные данные

Объем укрепляемого массива $V = \frac{\pi D^2}{4} h = \frac{3,14 \times 2^2}{4} \times 12 = 37,6 \text{ м}^3$

Объемный вес грунта $\Delta = 1,8 \text{ т/м}^3$

Влажность грунта $W = 12,5 \%$

Вес 1 м³ грунтового скелета $P_1 = \frac{\Delta}{1 + 0,01 W} = \frac{1,8}{1 + 0,01 \times 12,5} = 1,6 \text{ т}$

Вес воды в порах грунта $P_2 = \frac{W \Delta}{100 + W} = \frac{12,5 \times 1,8}{100 + 12,5} = 0,2 \text{ т}$

Начальная температура грунта $t_1 = 0^\circ$

Средняя температура грунта при прожигании $t_2 = 700^\circ$

Теплотворная способность солярового масла $Q_c = 10\,000 \text{ ккал/кг}$

Теплотворная способность коксового газа $Q_r = 4\,500 \text{ ккал/м}^3$

Теплоемкость грунтового скелета $C_1 = 0,2 \text{ ккал}$

Теплоемкость воды $C_2 = 1,0 \text{ ккал}$

Скрытая теплота парообразования $C_n = 540 \text{ ккал}$

Расход тепла для нагрева 1 м³ грунтового скелета до 700°

$$S_1 = P_1 C_1 (t_2 - t_1) = 1600 \times 0,2 \times 700 = 224\,000 \text{ ккал}$$

Расход тепла для нагрева воды, содержащейся в 1 м³ грунта, до испарения

$$S_2 = P_2 [C_2 (100 - t_1) + C_n] = 200 [1,0 (100 - 0) + 540] = 128\,000 \text{ ккал}$$

Полный расход тепла для нагрева 1 м³ грунта

$$S_n = S_1 + S_2 = 224\,000 + 128\,000 = 352\,000 \text{ ккал}$$

Расход солярового масла

Для обжига 1 м³ грунта

$$S_n : Q_c = 352\,000 : 10\,000 = 35,2 \text{ кг}$$

На весь укрепляемый массив грунта объемом 37,6 м³

$$35,2 \times 37,6 = 1323 \text{ кг}$$

Если за 1 час на 1 лог. м скважины расходуется 0,4 кг солярового масла, то в сутки расход на скважину составит

$$0,4 \times 12 \times 24 = 115,2 \text{ кг}$$

Продолжительность обжига одной скважины при этом

$$1323 : 115,2 = 11,5 \text{ суток}$$

Расход коксового газа

Для обжига 1 м³ грунта

$$S_n : Q_r = 352\,000 : 4500 = 78,2 \text{ м}^3$$

На весь укрепляемый массив грунта объемом 37,6 м³

$$78,2 \times 37,6 = 2940 \text{ м}^3$$

Если в 1 час на 1 лог. м скважины расходуется 1,0 м³ коксового газа, то в сутки расход на скважину составит

$$1 \times 12 \times 24 = 288 \text{ м}^3$$

Продолжительность обжига газом одной скважины

$$2940 : 288 = 10,5 \text{ суток}$$

Примечание. Расход горючего в единицу времени 1 лог. м скважины корректируется в зависимости от газопроницаемости и температуры плавления грунта.

Приложение II

Приложение III

Форма № 1

ЖУРНАЛ №
ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СКВАЖИН

На участке _____

Скважина № _____

Отметка устья (по высоте) _____

Диаметр _____

Глубина _____

Дата и время начала обжига _____

Дата и время окончания обжига _____

Продолжительность обжига (в часах) _____

Наименование и характеристика горючего _____

Расход горючего (в кг или м³) _____

Дата	Часы замера	Давление в кг/см ² или <i>ати</i>			Температура в скважине и грудах	Продолжительность обжига в одинаковых условиях	Общая продолжительность обжига в часах	Расход топлива по данным контроля и замеров			Примечания
		на воздухоборнике	на масляном насосе или газооборнике	в скважине				в м³	или	в кг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Форма № 2

СВОДНАЯ ВЕДОМОСТЬ
РАСХОДОВ ГОРЮЧЕГО, ВОЗДУХА И ВРЕМЕНИ, ЗАТРАЧЕННЫХ
НА ТЕРМИЧЕСКОЕ УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ

На участке _____

По скважинам № _____

В период с _____ 19__ г. по _____ 19__ г.

№ скважины	Диаметр скважины в м	Глубина скважины в м	Дата и время обжига		Общая продолжительность обжига в часах	Общий расход горючего в кг или м³	Общий расход воздуха в м³	Среднее давление в скважине в <i>ати</i>	Примечания
			начала	окончания					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Общая часть	5
Оборудование	8
Проектирование	25
Производство работ	38
Приложение I. Примерный расчет количества горючего для обжига скважины глубиной 12 м при диаметре укрепленной зоны 2 м	50
Приложение II. Журнал термической обработки скважин	52
Приложение III. Сводная ведомость расходов горючего, воздуха и времени, затраченных на термическое укрепление грунтов	53

Иван Михайлович Литвинов

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ
И ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ
ПО ТЕРМИЧЕСКОМУ УКРЕПЛЕНИЮ ГРУНТОВ

Approved For Release 2009/07/09 : CIA-RDP80T00246A007300450002-0

Редактор Н. В. Данилкина
Технический редактор И. Е. Немченко
Корректор В. Б. Мень

БФ 06333 Сдано в набор 7.XII-1958 г. Подписано в печать 17.II-1959 г.
Бумага 60×92¹/₁₆=1,75 бумажных, 3,5 печатных листов, 3,38 уч.-изд. листов.
Тираж 5000 Цена 1 руб. Зак. 674.
Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре УССР
Киев, Владимирская, 24.

Типография Госстройиздата УССР, Выборгская, 84.

Approved For Release 2009/07/09 : CIA-RDP80T00246A007300450002-0