МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Всесоюзный научно-исследовательский институт
по строительству магистральных трубопроводов

•ВНИИСТ•

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТЕРМИЧЕСКОГО БУРЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРУБОПРОВОДОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Р 461-82

ВНИИСТ

МОСКВА 1983

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Всесоюзный научно-исследовательский институт
по строительству магистральных трубопроводов

·ВНИИСТ·

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТЕРМИЧЕСКОГО БУРЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРУБОПРОВОДОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Р 461-82

МОСКВА 1983

УДК 622.236.34
622.236.3.02

Рекомендации разработаны на основании проведенных ВНИИСТом при участии КазПТИ им. В.И.Ленина теоретических и экспериментальных работ на полигонах в районах г.Лабытнанги, г.Норильске и пос.Маля Хета, исследований технологических особенностей термобурового способа бурения скважин диаметром от 80 до 500мм в вечномерзлых грунтах огнеструйным способом с дожиганием топлива в забое, а также продолжительности восстановления температурного режима грунта вокруг скважин.

Настоящие Рекомендации предназначены для работников научных, проектных, строительных и эксплуатационных организаций, связанных со строительством и эксплуатацией сооружений, в том числе трубопроводов в районах распространения вечномерзлых грунтов.

Небольшие габариты и масса термобуровых установок, простота конструкции в сочетании с высокой скоростью проходки скважин (до 40 м/ч) позволяют использовать их для строительства не только в стационарных условиях площадок, но и при динамическом строительстве линейно-протяженных объектов, в частности трубопроводов.

Рекомендации разработали: от ВНИИСТа кандидаты техн.наук В.В.Спиридонов, Б.Г.Петров, от КазПТИ канд. техн.наук Б.Ф.Шерстюк, инженеры Е.К.Ястребов, Б.К.Стырон.

Замечания и предложения направлять по адресам: 105058, Москва, Окружной проезд, 19, ВНИИСТ, отдел трубопроводов, сооружаемых в особых условиях; 480013, г.Алма-Ата, ул.Сатпаева, 22, НИЧ КазПТИ.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ), 1983

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие Рекомендации распространяются на бурение скважин, предназначенных для устройства свайных фундаментов, в том числе возводимых в районах распространения многолетнемерзлых грунтов (в талых супесях и суглинках и мерзлых песках, супесях, суглинках и глинах, а также с небольшим включением галечника и валунов).

I.2. Рекомендации могут быть использованы при проектировании и строительстве свай, погружаемых в пробуренные скважины с последующим заполнением грунтовым раствором.

I.3. При бурении скважин термобуровыми установками необходимо учитывать, что температура стенок скважин становится выше температуры окружающего массива грунта. В связи с этим скважины могут быть использованы и как лидерные для забивки свай размерами больше диаметра скважины в многолетнемерзлые грунты.

I.4. Термобур ТБВД-I07 м может быть применен для самопогружения свай без предварительного бурения скважин. Во всех случаях после бурения происходит восстановление температурного режима грунтов.

I.5. Рекомендации разработаны на основании и в развитие следующих нормативных документов:

СНиП П-I5-74 "Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования" [I];

СНиП П-I8-76 "Основания и фундаменты зданий и сооружений на вечномерзлых грунтах. Нормы проектирования" [2];

СНиП Ш-9-74 "Основания и фундаменты. Правила производства и приемки работ" [3].

Внесено ООУ	Утверждено ВНИИСТом, КазНТИ 26 апреля 1982 г.	Срок введения I марта 1983 г.

2. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И КОНСТРУКЦИИ ТЕРМОБУРОВЫХ УСТАНОВОК

2.I. Разрушение грунтов термобуровыми установками происходит за счет теплового и динамического воздействий высоко - температурных сверхзвуковых газовых струй.

2.2. Сверхзвуковые потоки газа формируются при истечении продуктов сгорания углеводородных горючих (бензина, керосина, дизельного топлива, горючего газа и т.д.) из специальных сопловых аппаратов.

2.3. Сжигание углеводородных топлив осуществляют в камерах сгорания огнеструйных горелок (термобуров).

2.4. Термобуровые установки для бурения скважин имеют термобур и станцию питания термобура топливными компонентами.

2.5. В зависимости от диаметра и глубины буримых скважин различают тяжелые термобуры и термобуры для ручного бурения (ВТБМ-4, ТБВД -60м).

2.6. Тяжелые термобуры (ТБВД-I07м) при бурении подвешивают на специальных опорах (например,на мачтах буровых станков, стрелах грузоподъемных механизмов, опорных приспособлениях).

2.7. Ручные термобуры при бурении скважин держит в руках бурильщик.

2.8. В табл.I приведена краткая характеристика термобуров, разработанных в КазНТИ, для бурения скважин в горных породах и мерзлых грунтах.

2.9. Модели термобуров (см.табл.I) работают на смеси сжатого воздуха с бензином или керосином и монтируют их в зависимости от характера работ (глубины бурения, диаметра скважин) с различными компрессорными установками (ГСВ-I/I2, ЗИФ-55, МВ-I0).

Установки с термобурами (ВТБМ-4, ТРВ-8, ТБВД-60м) имеют небольшие габариты и массу (до 200 кг). К месту работы их можно доставлять на вездеходе или вертолете.

2.I0. Установки с термобуром ВТБМ-4 можно использовать в северных районах страны для бурения скважин глубиной до 6 м под геодезические знаки.

2.II. Термобуры модификации ВТБМ-4 с диаметром камеры сгорания 39 мм рекомендуется применять для бурения скважин диаметром до 300 мм.

Таблица I

Краткая техническая характеристика термобуров конструкции КазПТИ

Показатель	Значения показателей для разных моделей термобура			
	ВТБМ-4	ТРБ-8	ТБВД-60м	ТБВД-107м
Наружный диаметр горелки, мм	60	54	60	107
Внутренний диаметр камеры сгорания, мм	30	34	34	59
Материал камеры сгорания	Сталь Х18Н10Т		Сталь Х18Н10Т	
Диаметр критического сечения сопла, мм	7,5	I2	8	I9
Окислитель	Воздух		Воздух	
Горючее	Бензин	Керосин	Бензин	Бензин
Расход окислителя, $м^3$/мин	0,6	2-3	0,6-5	I0
Расход горючего, кг/ч	5	I0-I5	3-20	40-50
Диаметр скважины, мм	60-I50	80-I50	80-200	200-450
Скорость бурения, м/ч	3-I2	6-8	2-30	5-I2

2.I2. Модификация термобура ВТБМ-4 снабжена эластичной муфтой, размещенной на наружном кожухе термобура.

2.I3. Под воздействием сжатого воздуха муфта фиксирует термобур в обсадной трубе, и погружение последней происходит одновременно с бурением.

2.I4. Термобур ТРБ-8 в отличие от ВТБМ-4 работает на керосине (вместо бензина).

2.I5. Термобуры типа ВТБМ-4 и ТРБ-8 работают по обычной для всех термоинструментов схеме: полное сжигание топливной смеси в камере и получение сверхзвукового факела продуктов сгорания с возможно большими термодинамическими параметрами.

2.I6. Термобур ТБД-60м может работать как на обычном режиме горения, так и с дожигание топлива на забое, что позволяет повысить производительность бурения.

2.I7. Малогабаритная установка МТБУ-д с термобуром ТБВД-60м для огнеструйного бурения скважины (рис.I) имеет станцию питания, выполненную по блочной схеме, и термобур

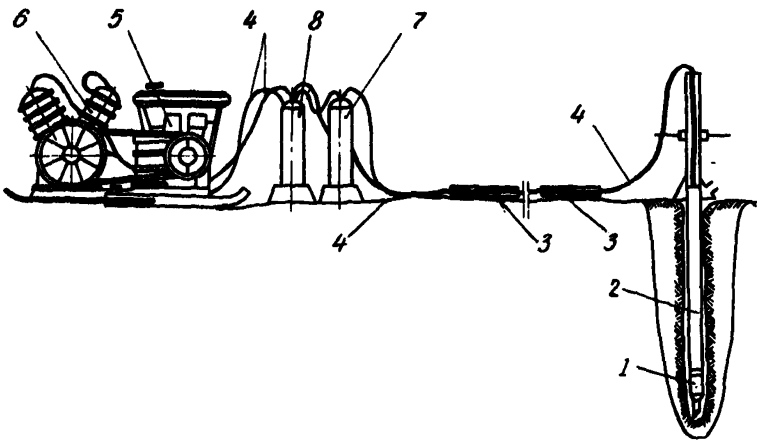


Рис.I. Принципиальная схема малогабаритной установки МГБУ-Д для огнеструйного бурения скважин:

I-огнеструйная горелка; 2-удлинительная штанга; 3-секции; 4-напорные рукава; 5-двигатель внутреннего сгорания УД-2с; 6 - компрессорная головка; 7-бачок с горючим; 8-ресивер

ТЬВД-60м с дожиганием топлива в факеле для ручного бурения скважины глубиной до I5 м под любым углом к поверхности [4].

Термобур состоит из огнеструйной горелки I и удлинительной штанги 2, которую собирают из отдельных секций 3, нанизанных на напорные рукава 4. Штанги удлинительными секциями наращивают в процессе бурения по мере углубления скважины.

2.I8. Станция питания термобуровой установки снабжена двигателем внутреннего сгорания 5, компрессорной головкой 6, бачком с горючим 7 и ресивером 8 (см.рис.I).

2.I9. Термобур ТЬВД-60м имеет сменную сопловую крышу с сопловым отверстием, диаметр которого изменяется от 8 до I3мм в зависимости от условий бурения; конструкция сопла позволяет подавать в камеру сгорания до 3,5 м^3/мин сжатого воздуха.

2.20. Питание термобура можно осуществлять как от обычных передвижных компрессоров, так и от специальной станции питания.

Техническая характеристика некоторых компрессорных станций, рекомендуемых для питания термобуров сжатым воздухом, приведена в прил.1.

2.21. Станция питания малогабаритной установки МТБУ-Д для огнеструйного бурения скважин термобуром ТБВД-60м выполнена по блочной схеме. Установка предназначена для бурения скважины, в частности в труднодоступных малоосвоенных районах Крайнего Севера, Сибири, в горах.

2.22. Компрессорная головка и двигатель смонтированы на раздельных рамах, которые снабжены быстроразъемным замком. Максимальная масса одного блока компрессорной станции не превышает 110 кг.

Блоки имеют ручки для переноса их на небольшие расстояния.

2.23. **Передачу** вращения от двигателя к компрессорной головке осуществляют с помощью клиновых ремней. Натяжение клиновых ремней достигается вращающимся роликом.

2.24. **Ресивер** 8 и бачок для горючего 7 (см.рис.1) выполнены из стандартных баллонов для сжиженного газа. С компрессорной установкой и термобуром они соединены с помощью напорных рукавов 4.

2.25. Блочная компоновка установки позволила укомплектовать компрессорную станцию двумя сменными компрессорными головками.

Для бурения скважин глубиной до 5 м используют компрессорную головку 110I-В5, обе ступени которой переводят на параллельную работу. В этом режиме она обеспечивает расход воздуха в термобуре до 1,2-1,3 $м^3$/мин при давлении 0,4-0,5 МПа.

2.26. Для бурения скважин глубиной более 5 м применяют компрессорную головку модели 155-2В5, которая обеспечивает повышение внутрикамерного давления топливной смеси до 0,7-0,8 МПа при расходе сжатого воздуха 0,5-0,6 $м^3$/мин.

2.27. Горючее и воздух от станции питания по напорным рукавам 4 под давлением подаются к дроссельному блоку термобура 2 (рис.2) и далее к огнеструйной горелке 1.

2.28. Огнеструйная горелка термобура 1 имеет распределительную головку I (см.рис.2), к которой с одной стороны приварена соединительная муфта 2, а с другой присоединены наружный 3 и промежуточный 4 кожухи.

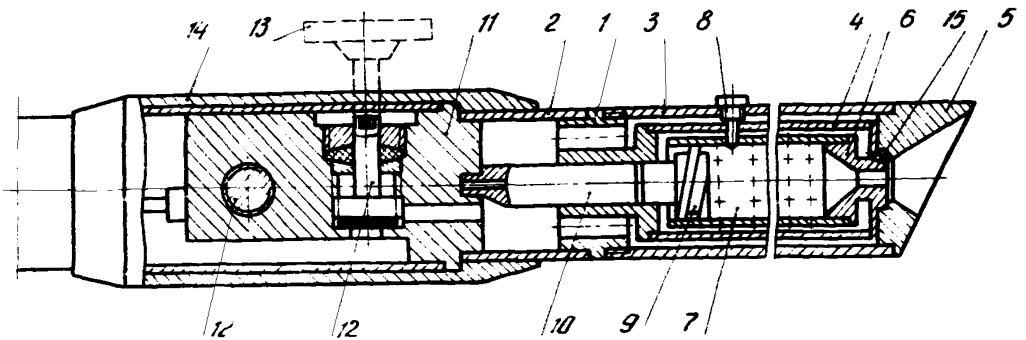


Рис.2. Горелка термобура ТБД-60м:

I-распределительная головка; 2 - соединительная муфта; 3-наружный кожух; 4-промежуточный кожух; 5-калибратор; 6-сопло; 7-камера сгорания; 8-болт; 9-воздушный завихритель; I0-штуцер; II-корпус дроссельного блока; I2-вентили; I3-гнезда для съемного маховичка; I4-защитный кожух; I5-отверстие

Наружный кожух на распределительной головке крепят с помощью резьбы. К свободному концу наружного кожуха приварен калибратор 5, который фиксирует положение промежуточного кожуха 4 и сопла 6, соединенного с помощью развальцовки с камерой сгорания 7.

2.29. Камера сгорания свободно надета на завихритель воздушного потока 9. Между торцом камеры сгорания и распределительной головки должен оставаться зазор 5-7 мм для прохода воздуха в винтовые каналы воздушного завихрителя и компенсации температурного удлинения камеры сгорания 7 в процессе работы термобура.

Камера сгорания 7, промежуточный 4 и наружный 3 кожухи снабжены отверстиями для поджигания топливной смеси в камере. Отверстия перекрывают болтом 8.

2.30. Воздушный завихритель 9 с размещенными на нем элементами форсунки для распыления горючего в камере сгорания крепят на штуцере IO, проходящем через центральное отверстие в распределительной головке I.

2.3I. Штуцер сварен с корпусом II дроссельного блока, который связан с распределительной головкой I посредством соединительной муфты 2.

2.32. В корпусе дроссельного блока размещены вентили I2 для регулирования расхода воздуха и горючего. Штоки регулировочных игл утоплены в корпусе блока и снабжены гнездами для съемного маховичка I3. Дроссельный блок перекрыт защитным кожухом I4.

2.33. Дроссельный блок закончен штуцерами для подсоеди - нения напорных рукавов и резьбой для навинчивания секций 3 удлинительной штанги 2 (см.рис.I).

2.34. Дроссельный блок II в термобуре ТБВД-60м можно размещать непосредственно за распределительной головкой I (см. рис.2) и на конце удлинительной штанги 2 (см. рис.I).

За распределительной головкой дроссельный блок размещен при бурении скважин глубиной более 4-5 м.

2.35. Бурение скважин глубиной до 4-5 м осуществляют с использованием одной неразъемной штанги; дроссельный блок в этом случае размещен на конце штанги и оснащен вентилями обычной конструкции.

2.36. По отверстиям в распределительной головке I сжатый воздух поступает в кольцевую полость между наружным 3 и промежуточным 4 кожухами и далее к радиальным отверстиям в конце промежуточного кожуха (см.рис.2).

2.37. Через отверстия в промежуточном кожухе 4 воздух поступает в кольцевую полость между кожухом и камерой сгорания 7.

2.38. Часть воздуха (10-15%) через отверстие 15 в сопловой крышке 6 подают в факел термобура. Остальной воздух поступает в камеру сгорания 7 через отверстие в ее боковой поверхности и через круговой зазор между распределительной головкой I и торцом камеры сгорания 7.

2.39. Воздух, поступающий в камеру через круговой зазор, попадает в винтовые каналы на поверхности завихрителя воздушного потока 9 и перемешивается с горючим, которое впрыскивают в камеру сгорания из штуцера 10 через топливную форсунку.

2.40. По пути следования воздух, охлаждая кожухи, сопловую крышку и камеру сгорания, нагревается. Для окисления горючего в камеру и факел поступает уже подогретый воздух, что способствует более быстрому протеканию химических реакций.

2.41. Техническая характеристика малогабаритной установки МТБУ-Д с термобуром ТБВД-60м для огнеструйного бурения скважины

Тип термобура	ТБВД-60м
Наружный диаметр термобура, мм	60
Диаметр камеры сгорания, мм	34
Диаметр критического сечения сопла, мм	8-13
Горючее	Бензин
Окислитель	Воздух
Расход горючего, кг/г	3-15
Расход воздуха, $м^3$/мин	0,6-3,5
Давление топливных компонентов в напорных рукавах, МПа	0,4-0,8
Длина камеры сгорания, мм	220
Масса термобура без штанги, кг	Не более 8
Масса термобура при бурении скважины глубиной до 5 м, кг	Не более 15
Диаметр буримых скважин, мм:	

в горных породах	80-90
в мерзлых грунтах	80-200
Средняя скорость бурения, м/ч:	
в термобуримых горных породах...	До 5
в мерзлых грунтах	I0-30
Глубина бурения, м	До I5

Комплект: станции питания и тип оборудования

Привод-двигатель внутреннего сгорания	УД-с
Компрессорная головка для бурения скважин:	
глубиной до 5 м	II0I-B5
глубиной до I5 м	I55-2B5
Ресивер -баллон для сжиженного газа емкостью, л	50
Бачок вытеснительный для горючего - баллон для сжиженного газа емкостью, л	50 или 27
Напорные рукава для подачи:	
горючего, м	20-50
воздуха, м	20-50
Защитная воронка, шт.	I
Ворот для поворота термобура при бурении скважин, шт.	I

2.42. Термобур ТБВД-I07м предназначен для бурения скважины диаметром 200-450 мм глубиной до I0 м в мерзлых грунтах. Для его питания сжатым воздухом необходим компрессор производительностью по воздуху не менее I0 $м^3$/мин.

2.43. Термобур снабжен распределительной головкой I, на которой с помощью резьбы крепят наружный кожух 2 с башмаком 3 (рис.3).

2.44. Сопловая крышка 4 из жаропрочной стали XI8HI0T в заданном положении фиксируется башмаком 3. На цилиндрических выступах сопловой крышки и распределительной головки крепят камеру сгорания 5 и промежуточный кожух 6.

2.45. С одной стороны распределительной головки I приварен штуцер 7, который каналом соединен с форсункой 8 для распыления горючего в камере сгорания.

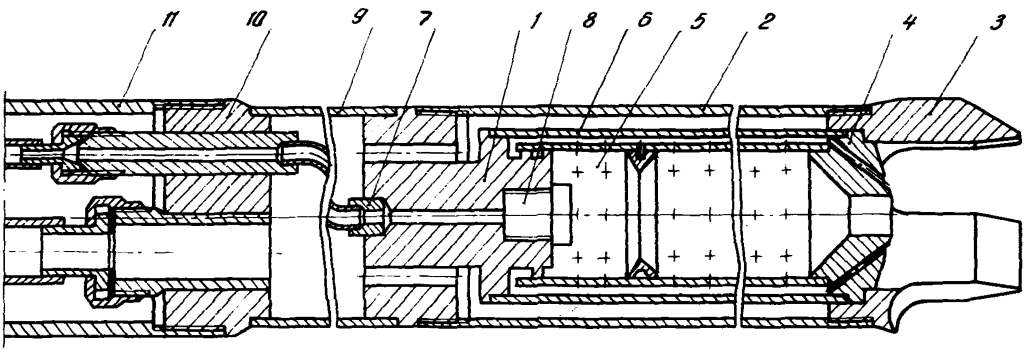


Рис.3. Термобур ТБВД-107м:

1-распределительная головка; 2-наружный кожух; 3-башмак; 4-сопловая крышка; 5-камера сгорания; 6-промежуточный кожух; 7-штуцер; 8-форсунка; 9-соединительная муфта; 10-штуцерный блок; 11 - удлинительная штанга

2.46. Соединительная муфта 9 связывает распределительную головку I с блоком I0, в котором размещены штуцеры для подсоединения напорных рукавов.

2.47. Секции удлинительных штанг II навинчены на резьбовый конец штуцерного блока I0.

2.48. Работа термобура ТБВД-I07м аналогична работе ручного термобура ТБВД-60м: топливные компоненты по напорным рукавам подаются к распределительной головке I и далее по каналам - в камеру сгорания 5.

Часть воздуха через отверстия в сопловой крышке 4 подают в факел для дожигания горючего, которое вводят в камеру сгорания с небольшим избытком.

2.49. Подвеску термобура ТБВД-I07м осуществляют на любом грузоподъемном устройстве (например, автокране, трубоукладчике, специальном опорном приспособлении).

2.50. На рис.4 показана принципиальная схема подвески термобура на опорном приспособлении 3, выполненном из труб, соединенных телескопически.

2.5I. Термобур I с секциями наращиваемых штанг 2 и 7 поднимают или опускают ручной лебедкой 5.

2.52. Для наращивания секции 7 удлинительной штанги термобур необходимо опустить на забой скважины и отсоединить подвесное устройство I0. Удлинительную штангу наращивают по мере углубления скважины.

2.53. Высота опорного устройства должна обеспечить подвеску термобура над поверхностью на расстоянии 3-5 м. При меньшей высоте опорного устройства длина наращиваемых секций 7 удлинительной штанги 2 должна быть сокращена до I м.

2.54. Техническая характеристика термобура ТБВД-I07м

Наружный диаметр термобура, мм	I07
Диаметр камеры сгорания, мм	59
Длина камеры сгорания, мм	240
Диаметр критического сечения сопла, мм	I9
Горючее	Бензин
Расход горючего, кг/ч	30-35
Расход сжатого воздуха, $м^3$/мин	9-I0
Давление топливных компонентов, МПа	0,6-0,7

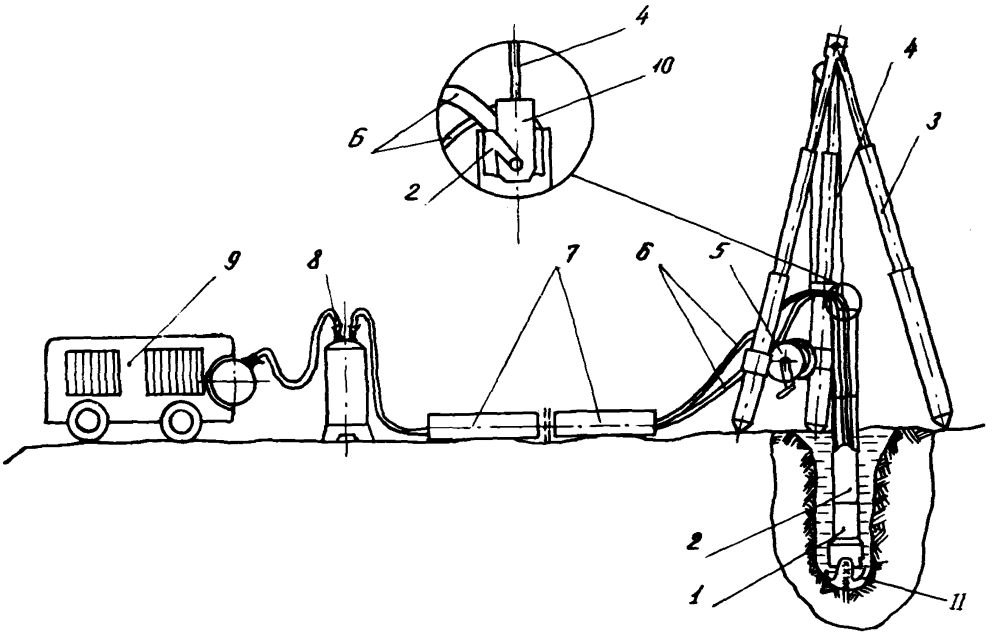


Рис.4. Схема подвески термобура ТЬВД-107м:

I-термобур;2-штанга,соединенная с термобуром; 3-опорные приспособления; 4-подвеска; 5-ручная лебедка; 6-шланги к термобуру; 7-секции наращиваемых штанг; 8-шланг от компрессора;9-компрессор; IO-подвесное устройство; II-забой

Масса термобура без штанги, кг	12
Масса термобура с удлинительными штангами, кг	200–300
Диаметр буримой скважины, мм	200–450
Средняя скорость бурения в мерзлых грунтах, м/ч	8–10
Глубина бурения, м	10

2.55. Зажигание топливной смеси термобура ТБВД-80м и ТБВД-107м можно осуществить открытым огнем или с помощью электрозажигающего устройства.

2.56. Электрозажигающее устройство обеспечивает надежное и безопасное воспламенение рабочей смеси непосредственно в камере сгорания термобура.

2.57. Устройство содержит источник питания I, преобразователи напряжения 3, 6, кнопочный выключатель 2 и запальную свечу 7 (рис.5). В качестве источника питания может быть использована аккумуляторная батарея с напряжением от 6 до 24 В.

2.58. Преобразователь напряжения индукционного типа (Б-I7) служит для повышения напряжения от I2–24 В до 6000 В. Высокое напряжение по высоковольтному проводу подается на запальную свечу. Кнопочный выключатель включен в низковольтную сеть питания преобразователя и служит для его пуска.

2.59. Запальная свеча, выполненная в виде наконечника электрозажигающего устройства, введена в камеру сгорания горелки через сопло. Диаметр наконечника составляет 6–8 мм. Корпус его изготовлен из жаропрочной стали, а центральный электрод из вольфрамового или нихромового провода диаметром 0,5–I мм.

В качестве изолятора между корпусом и центральным электродом использована фарфоровая трубка диаметром 4 мм.

2.60. Емкость для горючего обеспечивает запас бензина для непрерывной работы термобуровой установки в течение 5–6 ч. Горючее из емкости подают к горелке путем вытеснения его сжатым воздухом от компрессора.

Емкость состоит из одного или двух газовых баллонов, оборудованных горловинами для заливки горючего. Герметичность при закрывании горловины обеспечена резьбовыми пробками с бензостойкими прокладками.

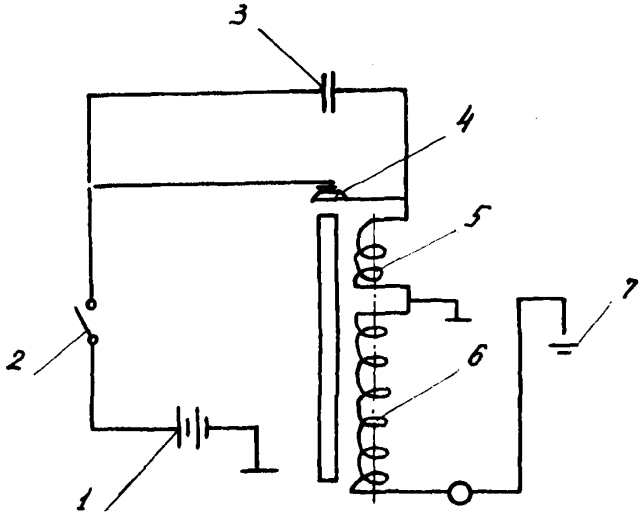


Рис.5. Схема электрозажигающего устройства:
I-источник питания; 2-кнопочный выключатель; 3-конденсатор; 4-контакт; 5,6- преобразователи напряжения; 7- запальная свеча

В нижней части баллона установлены вентили с фильтрами, которые создают надежную очистку горючего от волокнистых и твердых частиц размером более 0,I мм.

2.6I. Для подачи топливных компонентов в термобурах ТБВД-I07м и ТБВД-60м применяют следующие резинотканевые напорные рукава:

для подачи воздуха (ГОСТ 9356-60) с внутренним диаметром I8-32 мм, рабочим давлением I,2 МПа (тип "г");

для подачи горючего (ГОСТ 9356-60) с внутренним диаметром 4-9 мм, рабочим давлением I,2 МПа (тип "б").

2.62. Термодинамические расчеты параметров термобуров ТБВД-60м и ТБВД-I07м выполнены по методике, применяемой для расчета жидкостных воздушно-реактивных двигателей (ЖРД).

В прил.2 приведена методика инженерного расчета основных

геометрических параметров камеры сгорания и сопла термобура (см.рис.2 и 3), которая может быть использована для их пересчета при переходе на другие расходы топливных компонентов или другие диаметры камер сгорания.

3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЕРМОБУРОВЫХ УСТАНОВОК

3.I. Надежность и эффективность термобуровых установок зависит от своевременного проведения профилактических работ и квалифицированного обслуживания.

3.2. Термобуровая установка должна быть укомплектована приспособлениями для заправки емкостей горючим (насос, шланг, канистры) и средствами пожаротушения.

3.3. *Перед началом бурения:*

компрессорщик должен заправить горючим топливный бак двигателя компрессора и напорную емкость термобура, проверить готовность компрессорной установки к работе;

бурильщики должны подключить соответствующие напорные рукава к воздушному ресиверу и вытеснительной емкости для горючего и к термобуру.

3.4. Штанги термобура необходимой длины собирают из отрезков труб, снабженных соединительными муфтами. Огнеструйную горелку со штангами укладывают на подкладки и запускают компрессор.

После прогрева компрессорной установки ее переводят на рабочий режим и при закрытых вентилях термобура осматривают присоединительные устройства и напорные рукава.

3.5. Своевременная профилактика термобуров обеспечивает бесперебойную их работу в течение длительного времени.

Профилактические работы рекомендуется проводить через каждые I00 ч работы горелки. К таким работам относятся:

удаление нагара с поверхности форсунки и завихрителя;

проверка состояния камеры сгорания и сопла;

промывка сетчатых фильтров;

разборка передней части горелки.

3.6. Если при осмотре обнаружится, что камера значительно деформирована (раздута или искривлена) или на ее поверхно-

сти имеются прожоги, а диаметр критического сопла на I,5–2 мм больше номинального размера, то такие камеру и сопло необходимо заменить новыми.

Эксплуатировать прогоревшую камеру запрещается, так как это может привести к выходу из строя также и кожухов горелки.

3.7. Запуск термобура осуществляют в приведенной последовательности:

проверяют работу зажигающего устройства;

продувают камеру сгорания до появления в воздушной струе распыленного горючего;

вводят наконечник зажигающего устройства через сопло в камеру сгорания при закрытом воздушном вентиле;

открывают воздушный вентиль плавно на небольшой расход и нажимают кнопку зажигания, при этом горючая смесь в камере сгорания воспламеняется;

извлекают наконечник электрозажигающего устройства из камеры после того, как на кнопку перестали нажимать;

выводят горелку на рабочий режим, плавно вращая воздушный вентиль.

3.8. При правильной регулировке факел горелки слегка светится и пересекается характерными линиями (зоной уплотнения).

3.9 . Яркий коптящий факел свидетельствует об избытке горючего, а отсутствие факела или голубоватый его оттенок, сопровождающийся треском, – о недостатке горючего.

Работать на бедной или обогащенной смеси не допускается, так как устойчивого горения в этих случаях получить невозможно: горелку трудно запустить, она не обеспечивает заданную производительность и часто гаснет.

4. ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ПОД СВАЙНЫЕ ОСНОВАНИЯ В МЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ И ДРУГИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

4.I. При бурении вручную наклон буровой штанги к поверхности определяют исходя из назначения скважины.

4.2. В зависимости от разновидности мерзлого грунта при бурении необходимо выполнять следующие операции:

в маловлажных и влажных песчаных грунтах термобур периодически поднимают и опускают на высоту 0,1-0,2 м (бурят двое рабочих);

в маловлажных супесчаных грунтах твердой консистенции, а также глинистых, суглинистых и илистых грунтах твердой и полутвердой консистенции термобур опустить на дно скважины и бурить с небольшим подъемом и поворотом;

в каменистых грунтах (галечник, валуны) штангу поворачивают по часовой стрелке на 1/2-3/4 оборота и с нажимом при ручном бурении.

Примечание. Степень влажности песчаных грунтов и показатель консистенции глинистых грунтов определяют в соответствии со СНиП II-15-74 [1].

4.3. Скорость подачи инструмента на забой следует выбирать такой, чтобы при максимальной линейной скорости получить нужный диаметр скважины.

4.4. Диаметр скважины зависит от типа термобуровой горелки, скорости погружения и характера грунта.

Для получения скважины небольшого диаметра (80-200 мм) применяют термобур ТБВД-60м, для скважины диаметром 200-450мм и выше - термобур ТБВД-107м.

Искусственное снижение скорости погружения термобура приводит к значительному увеличению диаметра скважины и снижению производительности бурения.

4.5. Диаметр скважины должен соответствовать размерам сваи, так как от этого в значительной степени зависит качество свайного основания. Свая должна по возможности плотно входить в скважину.

4.6. Небольшое местное расширение скважины рекомендуется осуществлять путем периодического поднимания и опускания термобура. Для значительного расширения сухих скважин их заполняют водой.

В результате нагрева и интенсивной циркуляции воды стенки скважины оттаивают, что увеличивает ее диаметр. Образующуюся грунтовую пульпу при необходимости удаляют после достижения требуемого диаметра скважины.

4.7. Эффективность бурения скважины зависит в основном от влажности и гранулометрического состава грунтов.

Влажность оказывает многофакторное влияние на процесс бурения. Кроме влияния непосредственно на диаметр скважины и на скорость бурения, влажность определяет процесс выноса продуктов разрушения и устойчивость процесса образования скважины.

4.8. Сильно влажные грунты бурят путем погружения бура под действием собственной массы.

4.9. При бурении грунтов небольшой влажности температура на забое скважины достигает значительной величины, что может вызвать оплавление калибратора или его обгорание, поэтому при бурении таких грунтов необходимо периодически поднимать бур на высоту 0,15–0,20 мм от забоя.

4.10. Сильно уплотненные насыпные грунты бурят так же, как и грунты небольшой влажности. Проходка скважин в слабо уплотненных песчаных грунтах осложняется тем, что происходит осыпание грунта, что может привести к заклиниванию бура. В связи с этим при бурении таких скважин необходимо периодически продувать скважину, поднимая бур на высоту 0,5–1,0 м от забоя скважины.

4.11. Наблюдение за процессом бурения – визуальное по продуктам разрушения, выносимым из скважины. Появление раскаленных и оплавленных частиц в продуктах разрушения свидетельствует о том, что труднобуримый участок пройден и нужно вернуться к обычной технологии бурения.

4.12. Если процесс оплавления горной породы не прекращается, термобур для охлаждения забоя периодически поднимают на высоту 0,8–1 м, выдерживают в этом положении 30–40 с, после чего заплав разрушается механически с помощью калибратора, скорость проходки скважин при этом снижается до 0,3–0,5 м/ч.

4.13. При выполнении буровых работ следует учитывать, что скорость бурения мерзлых грунтов резко изменяется, если количество влаги в них, образующейся при оттаивании в процессе бурения, больше полной влагоемкости, определяемой для этих же видов грунтов в талом состоянии.

Примечание. Полная влагоемкость – это максимальное количество влаги, которое может удерживать грунт в талом состоянии в своих порах при полном насыщении водой.

С увеличением влажности песков скорость бурения уменьшается и стремится к скорости бурения, характерной для бурения льда, а для глин в аналогичных условиях резко возрастает и также стремится к скорости бурения льда (рис.8).

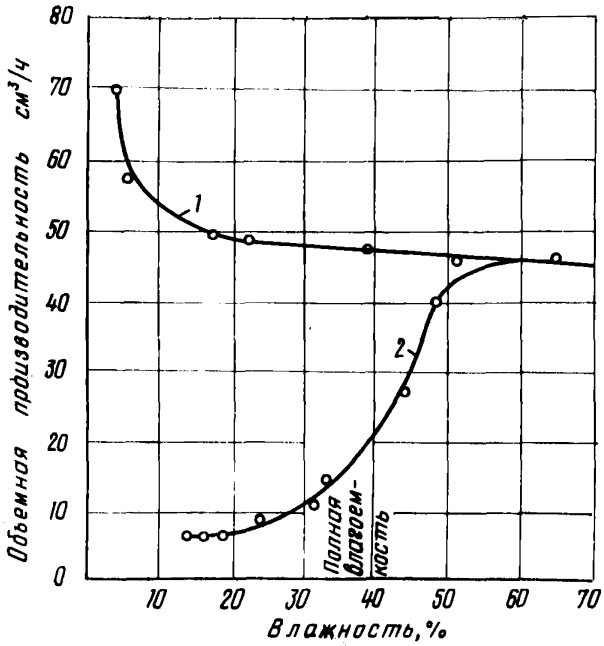


Рис.8. Влияние влажности грунта на скорость бурения скважин:
I - песок; 2 - глина

4.I4. Температура грунта в интервале от 0 до -9°С не оказывает заметного влияния на скорость бурения в связи с небольшими затратами тепловой энергии на нагрев грунта.

4.I5. Для эффективного бурения глинистых грунтов твердой и полутвердой консистенции с небольшой влажностью в скважину необходимо добавлять воду.

4.I6. Влияние влажности мерзлого грунта на скорость его бурения термическим способом представлено в табл.2.

Таблица 2

Скорость бурения мерзлых грунтов в зависимости от их влажности

Тип грунта	Влажность или консистенция	Средняя скорость бурения, м/ч
Песок	Влажный	8,5
	Маловлажный	5,5
Супесь	Текучая	I8,0
	Пластичная	6,5
	Твердая	4,5
Суглинок	Текучий и текучепластичный	I2,0
	Тугопластичный и мягкопластичный	5,0
	Твердый и полутвердый	4,0
Глина	Текучая и текучепластичная	I0,0
	Тугопластичная и мягкопластичная	6,5
	Твердая и полутвердая	3,0
Торф	Влажность более I00%	8,0
Ил	Текучий и текучепластичный	4,0
	Тугопластичный и мягкопластичный	9,0
	Твердый и полутвердый	6,6

4.I7. Бурение песчаных и глинистых грунтов, содержащих небольшие прослойки твердых включений, ведут следующим образом.

Небольшие валуны размером до 0,I5 м оттесняют в сторону от центра скважины при оттаивании окружающего валун грунта.

Крупные валуны периодически нагревают факелом термобура и охлаждают при его подъеме увлажненным грунтом. Этот процесс повторяют до тех пор, пока валуны не растрескаются. В дальнейшем куски валуна оттесняют в сторону от оси скважины.

Для нагрева валуна термобур поднимают над поверхностью на 2-3 см и выдерживают так в течение 5-I0 мин.

4.I8. Контроль за режимом работы термобура осуществляют на основании показаний воздушного манометра. Если давление

резко упало, это указывает на то, что горелка погасла.

4.19. После окончания работы термобур глушат. Для этого выполняют следующие операции:

поднимают термобур из скважины;

закрывают бензиновый вентиль на резервуаре;

очищают калибратор и продувают термобур воздухом после сгорания бензина, оставшегося в напорных рукавах;

останавливают компрессор и стравливают воздух из всех напорных емкостей;

очищают от грязи оборудование, термобур, воронку и шланги и укладывают их в места, отведенные для хранения.

4.20. При переходе на новое место работы термобур вместе со шлангами и другим оборудованием укладывают для транспортировки.

4.21. Производительность бурения скважины в мерзлых грунтах и энергоемкость процесса зависят как от характера разрушаемого грунта, так и от диаметра и глубины буримой скважины, типа используемого термобура.

В прил.3 приведены энергозатраты при термическом бурении скважин в грунтах различного состава и в разных районах страны.

4.22. Восстановление мерзлотного режима вокруг скважины, в зависимости от типа мерзлых грунтов, происходит в течение 2–3 сут после бурения (прил.4).

5. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ТЕРМОБУРОВЫМИ УСТАНОВКАМИ

5.1. При бурении скважин термобуровыми установками следует руководствоваться правилами техники безопасности, изложенными в СНиП Ш-А,11-70 и "Правилами техники безопасности при строительстве магистральных газопроводов" [5].

5.2. Настоящие правила предусматривают безопасное ведение работ по бурению мерзлых грунтов бензовоздушными термобурами.

5.3. Весь административный и технический персонал предприятий, связанный с применением термобуров, должен тщатель-

но изучить настоящие правила, руководствоваться ими в своей практической деятельности и строго соблюдать их в процессе производства.

5.4. К обслуживанию и эксплуатации термобуровых установок допускаются лица, которые достигли 18 лет, прошли специальное обучение и инструктаж по безопасным приемам работ, получили соответствующее удостоверение (о чем сделана запись в книге инструктажа по технике безопасности.

5.5. Лица, связанные с производством работ по бурению, ежегодно проходят повторные квалификационные испытания и не реже одного раза в квартал - инструктаж по технике безопасности и производственной санитарии.

5.6. При работе с термобурами используют горючие вещества и сжатый воздух, что сопряжено с применением открытого огня и выделением в процессе работы продуктов горения, содержащих токсические примеси, поэтому несоблюдение настоящих правил может привести к пожарам, взрывам, отравлениям и преждевременному выходу из строя оборудования.

5.7. Ответственность за выполнение правил техники безопасности и пожарной безопасности несет обслуживающий персонал, эксплуатирующий данный вид оборудования:

механик компрессора (компрессорной), слесарь-механик отвечает за состояние магистральных трубопроводов, резервуаров для горючего, вентилей;

бурильщик отвечает за обеспечение безопасности при эксплуатации термобура и напорных рукавов.

Перечисленные лица отвечают также за противопожарное состояние и обеспечение выполнения мероприятий по технике безопасности на рабочих площадках, на которых размещено указанное оборудование и вся установка.

5.8. Состояние и эксплуатация компрессорной станции должно соответствовать инструкции, прилагаемой заводом-изготовителем к данной установке.

5.9. Резервуар для горючего не реже одного раза в год подвергают гидравлическому испытанию под давлением, превышающем рабочее в два раза.

Резервуары необходимо эксплуатировать в соответствии с правилами эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

5.10. Рабочие компоненты подают от станции питания к термобуру по резиновым напорным рукавам, которые не должны иметь внешних дефектов, под давлением на них не допускаются вздутия и расслоения резины.

В случае, если обнаружены дефекты, то поврежденные участки необходимо удалить, а концы рукавов соединить с помощью специальных ниппелей с "ершами", нарезанными с двух сторон (не менее трех с каждой стороны).

Рукава на ниппелях закрепляют специальными хомутами.

Допускается закреплять шланги вязальной стальной отожженной проволокой диаметром 1,5-2 мм (не менее двух вязок на каждом конце).

Общую длину напорных рукавов берут в пределах от 15 до 40 м. Каждый рукав может состоять из отдельных отрезков общим числом не более 4 и длина каждого куска должна быть не менее 2 м.

5.11. Допускаемые к эксплуатации после хранения новые или старые напорные рукава подвергают гидравлическому испытанию при давлении 1,25 рабочей величины.

5.12. По истечении срока эксплуатации напорные рукава для бензина заменяют полностью.

5.13. Для регулировки расхода топлива и перекрытия напорных рукавов применяют вентили по ГОСТ 9086-66 тип Б. Маховики вентилей следует вращать вручную без значительных усилий и обеспечивать надежное перекрытие.

5.14. Резервуары, трубопроводы, вентили, напорные рукава, уплотнения соединений должны быть герметичны. Утечки горючего или воздуха не допускаются.

5.15. На каждый пост питания термобура заводят формуляр, в котором:

заносят номер инструмента;

проставляют дату замены напорных рукавов и вентилей;

делают отметки о проведенном ремонте инструментов, арматуры и напорных рукавов;

обязательно указывают фамилию слесаря, выполнившего ремонт.

5.16. Персонал, обслуживающий термобуры, должен быть обеспечен:

брезентовыми костюмами;

рабочей обувью;

брезентовыми рукавицами;

головными уборами (в соответствии с временами года), которые предохраняют от раскаленных частиц.

5.17. Для защиты глаз применяют светлые очки типа ОП-2 или прозрачные плексиглазовые щитки.

5.18. Для защиты от шума используют шумозащитные наушники типа ВЦИИСТ-7.

5.19. При бурении некоторых горных пород происходит значительное выделение пыли, поэтому для защиты органов дыхания в этом случае необходимо использовать следующие респираторы:

РУ 60м (ГОСТ 17269-71); РП-КМ; РМП-62; Ф-62ш и ШБ-1 "Лепесток".

Термобуровое оборудование в обязательном порядке должно быть обеспечено щитками с устройством для орошения устья скважины водой.

5.20. Каждую рабочую площадку следует снабдить ящиком с сухим песком, лопатой, углекислотным огнетушителем и брезентом размером не менее 2х2 м. Противопожарное оборудование располагают в доступном месте.

5.21. Обслуживающий персонал должен пройти инструктаж по правилам применения противопожарного инвентаря и профилактике тушения пожара.

5.22. Рабочая площадка должна быть свободной от посторонних предметов, на ней не разрешается хранить легковоспламеняющиеся материалы.

5.23. При заправке емкостей горючим не допускается его разливать. Заправлять емкости горючим следует с помощью сифона с грушей или с помощью воронки.

Около емкостей с горючим недопустимо применять открытый огонь.

5.24. В процессе запуска и работы термобура необходимо следить за тем, чтобы струя выбрасываемого раскаленного газа не была направлена на напорные рукава и емкость с горючим.

5.25. Напорные рукава не должны подвергаться внешним механическим воздействиям (наезд транспорта и т.п.).

5.26. Перед началом работ необходимо заправить емкости

горючим, расставить оборудование и уложить рукава так, чтобы была обеспечена защита их от механических и тепловых поражений.

5.27. Категорически запрещается заправлять емкость через сифон подсасыванием горючего ртом, поскольку это может привести к отравлению.

5.28. Перед подсоединением напорных рукавов необходимо осмотреть и убедиться в исправности ниппелей, штуцеров и накидных гаек. Места присоединения деталей следует очистить путем промывания в бензине, а затем протереть их ветошью.

Не следует очищать загрязненные места металлическими предметами.

После подготовки деталей подсоединяют напорные рукава. Гайки необходимо затягивать ключами соответствующих размеров. Уплотнение соединений должно произойти без значительных усилий.

5.29. Подготовленный к работе термобур подвешивают на специальном приспособлении.

5.30. После подсоединения термобура и резервуара с горючим к компрессору (или магистрали) необходимо убедиться в том, что вентили, регулирующие расход горючего и воздуха в термобур, закрыты.

5.31. Запуск компрессора осуществляют согласно инструкции завода-изготовителя, приложенной к установке.

5.32. Для проверки напорных рукавов и всех соединений необходимо:

последовательно открыть вентили питания термобура воздухом и горючим в ресивере и на резервуаре;

осмотреть напорные рукава под давлением, обратив особое внимание на места соединений.

В случае, если обнаружены утечки, следует:

перекрыть питающие вентили;

сбросить давление из рукавов через регулировочные вентили на термобуре;

приступить к устранению неисправностей.

5.33. Категорически запрещается выполнять какой-либо ремонт оборудования, находящегося под давлением.

5.34. Устранив неисправности в системах питания термобура и убедившись в его готовности к работе, следует:

надеть на термобур защитную воронку;

запустить его и вывести на рабочий режим.

5.35. При бурении надо следить за тем, чтобы горловина воронки была повернута в сторону от напорных рукавов, оборудования и обслуживающего персонала.

Оборудование и люди должны находиться с подветренной стороны.

5.36. Если необходимо работать с термобуром в закрытых помещениях или в местах, не имеющих естественной вентиляции, необходимо соблюдать дополнительные меры безопасности:

помещение в обязательном порядке оборудовать средствами пожаротушения и удалить все горючие материалы;

на рабочем месте оборудовать приточно-вытяжную вентиляцию с производительностью не менее пятикратной производительности термобура по газу;

отсос газа осуществлять на пути выбора его из горелки или из-под экрана (при бурении);

продувку термобура при его запуске выполнять только при полностью закрытом бензиновом регулировочном вентиле.

5.37. Ответственность за соблюдение настоящих правил возлагается на администрацию - директора, главного инженера, начальника участка.

5.38. Контроль за выполнением настоящих правил возлагается на инженера по технике безопасности строительно-монтажной организации.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПИТАНИЯ ТЕРМОБУРОВ СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ

Техническая характеристика компрессора ЗИФ-55

Производительность, $м^3$/мин	5
Давление сжатого воздуха, МПа	0,7
Число оборотов коленчатого вала, об/мин	750
Потребляемая мощность, кВт	81
Двигатель внутреннего сгорания	ЗИЛ-157
Вид топлива	Бензин А-72, 76
Часовой расход топлива, г/л.с.	200
Габариты, мм:	
ширина	1880
длина	3460
высота	1785
Масса, кг	2750

Техническая характеристика компрессора ГСВ-1/12

Производительность, $м^3$/мин	1,0
Конечное давление сжатого воздуха, МПа	1,2
Тип компрессорной головки	1101-Б5
Мощность электродвигателя, кВт	10
Число оборотов коленчатого вала, об/мин	750
Габариты, мм:	
длина	1866
ширина	670
высота	1430
Масса с воздухосборником и электродвигателем, кг	520

В полевых условиях используют только компрессорную головку, как самостоятельный блок малогабаритной термобуровой установки МТБУ-Д.

Техническая характеристика компрессора НВ-10

Производительность, $м^3$/мин 10
Давление сжатого воздуха, МПа 0,7
Потребляемая мощность, л.с. 94
Расход дизельного топлива, л/ч 22
Привод компрессора ..... Двигатель ЯМЗ-236
Габариты, мм:
длина 4550
ширина 1730
высота 1780
Масса, кг 3200

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РАЗМЕРОВ ТЕРМОБУРА

I.Геометрические размеры горелки термобуров, работающих на углеводородно-воздушных топливных смесях, зависят в основном от секундного расхода потребляемого ими топлива.

Если в кислородно-керосиновых термобурах диаметр критического сечения сопла практически не оказывает влияния на поперечные размеры горелки (диаметр камеры сгорания и защитного кожуха) и необходимый для сжигания топлива объем камеры можно достигнуть за счет увеличения ее длины, то в бензовоздушных термобурах отношение площади критического сечения сопла к площади камеры сгорания ($\frac{F_{кр}}{F_{вн.к}}$) не должно превышать 0,106 [5].

2. Наружный диаметр горелки термобура определяется диаметром камеры сгорания и расходом воздуха, от которого зависят площади кольцевых каналов между камерой сгорания и кожухами (см.рис.4 и 5).

3. Конструктивные размеры термобура (распределительная головка, дроссельный и штуцерный блоки и др.) принимают, исходя из прочности того или иного элемента конструкции, условий сборки, монтажа, эксплуатации и т.д.

4. Секундный расход продуктов сгорания топлива в камере термобура через сверхзвуковое сопло (G в кгс/с) определяем из формулы

$$G = \rho_{кр}\, a_{кр} F_{кр}\,, \qquad (I)$$

где $\rho_{кр}$ – плотность газа в критическом сечении сопла, кг.с^2/м^4;
$a_{кр}$ – скорость звука в продуктах сгорания для критического режима, м/с;
$F_{кр}$ – площадь критического сечения сопла.

5. Состояние продуктов сгорания в критическом сечении сопла выразим формулами:

$$\frac{T^*}{T_{кр}} = \frac{K+1}{2}; \quad (2) \qquad \frac{\rho^*}{\rho_{кр}} = \left(\frac{K+1}{2}\right)^{\frac{1}{K-1}}; \quad (3) \qquad \frac{P^*}{P_{кр}} = \left(\frac{K+1}{2}\right)^{\frac{K}{K-1}}; \quad (4)$$

$$\frac{a^*}{a_{кр}} = \left(\frac{K+1}{2}\right)^{1/2}; \quad (5) \qquad \frac{a_{кр}}{a_к} = \left(\frac{T_{кр}}{T_к}\right)^{\frac{1}{K-1}}, \quad (6)$$

откуда

$$a^* = a_{кр}\sqrt{\frac{K+1}{2}} \quad (7); \quad T_{кр} = T^*\frac{2}{K+1} \quad (8); \quad a_{кр} = a_к\left(\frac{T_{кр}}{T_к}\right)^{\frac{1}{K-1}}, \quad (9)$$

где T^*, ρ^*, P^*, a^* – температура, плотность, давление и скорость звука, соответствующие состоянию торможения, т.е. состоянию продуктов сгорания в камере перед соплом;

$K = 1{,}37$ – показатель процесса.

$P_{кр}$ – давление газов в критическом сечении сопла, МПа;

$a_{кр}$ – скорость газов в критическом сечении сопла, м/с.

6. Параметры заторможенной струи даны в уравнениях:

$$\frac{T^*}{T_к} = 1 + \frac{K-1}{2}M^2 \quad (10); \quad \frac{P^*}{P_к} = \left(\frac{T^*}{T_к}\right)^{\frac{K}{K-1}} \quad (11); \quad \frac{\rho^*}{\rho_к} = \left(\frac{T^*}{T_к}\right)^{\frac{1}{K-1}} \quad (12);$$

$$M = \frac{W_c}{a_c} \quad (13),$$

откуда

$$\rho^* = \rho_к\left(\frac{T^*}{T_к}\right)^{\frac{1}{K+1}}, \qquad (14)$$

где $T_к$, $P_к$, $\rho_к$ – параметры газа в камере сгорания;

$a_c = \sqrt{\frac{K \cdot P_c}{\rho_c}}$ – скорость звука в продуктах сгорания, м/с;

где P_c – давление газов на срезе сопла, МПа;

ρ_c – плотность газа на срезе сопла, кг/с^2/м^4;

$W_c = 1545$ м/с – скорость истечения продуктов сгорания из сопла;

M – число Маха.

7. Используя соотношения (п.2) уравнение расхода (G) приводим к виду:

$$G = \rho^* a^* F_{кр} \left(\frac{2}{к+1}\right)^{\frac{к+1}{2(к-1)}}, \qquad (15)$$

откуда

$$F_{кр} = \frac{G}{\rho^* a^* \left(\frac{2}{к+1}\right)^{\frac{к+1}{2(к-1)}}}. \qquad (16)$$

8. Внутренний диаметр камер сгорания находим из эмпирического соотношения

$$\frac{F_{кр}}{F_{вн.к}} \leq 0{,}106. \qquad (17)$$

9. Длина основного участка камеры сгорания ($\ell_{осн}$), на котором происходит сжигание топлива, рассчитываем из условия

$$\ell_{осн} \frac{F_{вн.к}}{F_{кр}} = 120 - 125 \text{ км}. \qquad (18)$$

10. Длинные зоны дожигания топлива в камере ($\ell_{дог}$) определяем эмпирическим соотношением

$$\ell_{дог} = 1{,}1\, \ell_{осн} \qquad (19)$$

Учитывая, что в камере сгорания необходимо создать избыток горючего для его дожигания в факеле термобура непосредственно на забое скважины, длину зоны дожигания ($\ell_{дог}$) принимаем вдвое меньше чем по формуле (19)

$$\ell_{дог} = 0{,}4 - 0{,}6\, \ell_{осн}. \qquad (20)$$

11. Общую длину камеры сгорания определяем формулой

$$\ell_к = \ell_{осн} + \ell_{дог} + \ell_{констр}, \qquad (21)$$

где $\ell_{констр}$ - 35–50 мм – суммарная длина участков камеры сгорания, используемых для крепления деталей (см.рис.4, 5).

I2. Площадь проточной части завихрителя воздушного потока определяем из условия:

$$f_{зав} = \alpha_з \cdot f_в ; \qquad (22)$$

где $\alpha_з$ = 0,I5–0,3– коэффициент избытка воздуха в топливной смеси, поступающей в зону основного горения;

$f_в$ – суммарная площадь подвода воздуха к камере сгорания.

Площадь проточной части завихрителя составляет I60 и 80 мм^2 для термобуров ТБВД–I07 м и ТБВД–60м соответственно.

I3. Длину зоны завихрения воздушного потока принимаем равной 0,2 $\ell_{осн}$ и она составляет 25 и 35 мм для термобуров ТБВД–I07м и ТБВД–6м соответственно.

I4. Ширину кругового зазора ($f_{зав}$) между распределительной головкой и торцом камеры сгорания для подвода воздуха к проточной части завихрителя воздушного потока (см.рис.4 и 5) определяем из уравнения:

$$f_{зав} = t \pi d_{вн.к} , \qquad (23)$$

где $d_{вн.к}$– внутренний диаметр камеры сгорания,мм;

t – ширина кругового зазора, мм.

Для термобуров ТБВД–I07 м и ТБВД–60 м ширина кругового зазора (t) не превышает I мм.

I5. Величину кругового зазора с учетом температурного удлинения камеры сгорания (t_Σ) находим из выражения

$$t_\Sigma = t + \Delta\ell_{т.к.с} , \qquad (24)$$

где $\Delta\ell_{т.к.с}$ – температурное удлинение камеры сгорания при нагреве ее до температуры 700–800°С;

$$\Delta\ell_{т.к.с} = \ell_{к.с} \cdot \alpha_t , \qquad (25)$$

где $\alpha_t = (I0\text{-}I2) \cdot I0^{-\frac{3}{°C}}$ – коэффициент температурного удлинения стали XI8I0T;

$\ell_{к.с}$ – длина камеры сгорания, м.

I6. Для лучшего смешения горючего с воздухом в зоне завихрения сверлят два пояса отверстий, суммарная площадь которых равна площади воздушного потока, подводимого к завихрителю.

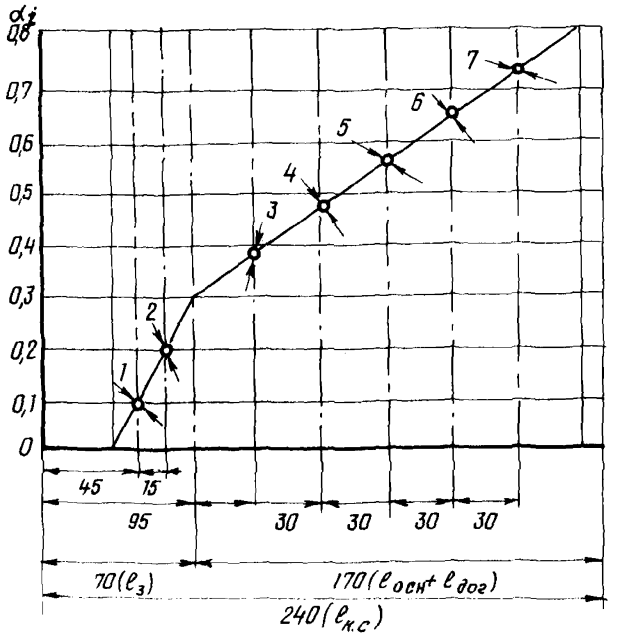


Рис.7. Схема расчета отверстий для подачи воздуха в камеру сгорания термобура ТБВД-107м:

I-первый пояс зоны завихрения ($\ell_з$)-12 отверстий диаметром по 3 мм; 2-второй пояс зоны завихрения-24 отверстия диаметром по 2,5 мм; 3-третий пояс основного участка ($\ell_{осн}+\ell_{дог}$), где $\ell_{осн}$ - основной участок камеры сгорания, $\ell_{дог}$ - зона дожигания)-24 отверстия диаметром по 2,5 мм; 4-четвертый пояс основного участка-16 отверстий по 3 мм; 5-пятый пояс основного участка-16 отверстий по 3 мм; 6-шестой пояс основного участка-12 отверстий по 3,5 мм; 7-седьмой пояс основного участка - 12 отверстий по 3,5 мм; $\ell_{к.с}$ - длина камеры сгорания

Диаметр и количество отверстий принимаем из конструктивных соображений; увеличение количества отверстий повышает турбулентность в зоне завихрения и улучшает смесеобразование,

однако приводит к уменьшению диаметра и вызывает трудности при их выполнении.

В термобуре ТБВД-107 м в зоне завихрения в первом поясе (I , рис.7) располагают 12 отверстий диаметром по 3 мм, во втором-24 отверстия диаметром по 2,5 мм, в термобуре ТБВД-60м-12 отверстий диаметром 2,0 мм и 24 отверстия диаметром по 1,5 мм соответственно.

17. Зону основного участка камеры сгорания термобуров разбиваем на 5 поясов (см.рис.7). В конце зоны необходимо обеспечить топливную смесь с коэффициентом избытка окислителя, равным 0,5-0,6. Площадь подвода воздуха $S_{\Sigma i}$ по каждому поясу определяем, исходя из прямолинейного закона нарастания расхода воздуха по формуле

$$f_{\Sigma i} = \frac{f_в}{\alpha_г}(\alpha_i - \alpha_{i-1}), \qquad (26)$$

где α_i – коэффициент избытка воздуха в расчетном поясе отверстий;

α_{i-1} – коэффициент избытка воздуха в предыдущем поясе отверстий со стороны сопла;

$\alpha_г = 0,8$ – коэффициент избытка воздуха в продуктах сгорания на срезе сопла.

18. Диаметр отверстий для ввода в камеры сгорания (d_i в мм) определяем по формуле

$$d_i = \frac{H_c}{\left(0,3 + 0,415\,\frac{F_{вн.к}}{f_в \cdot \alpha_{i-1}}\right) X^{0,63}}, \qquad (27)$$

где $H_c = 0,5 d_{вн.к}$ – глубина проникновения струи;

X – коэффициент, учитывающий сносящее действие потока; по данным [4] X равен: для I-го пояса – 5,2 и 3, для 6,4,5 и остальных поясов – 7.

19. Число отверстий в поясах (n_i) определяем по формуле

$$n_i = \frac{f_{\Sigma i}}{f_i}, \qquad (28)$$

где f_i – площадь одного отверстия;
f_{Σ_i} – суммарная площадь всех отверстий.

Пример расчета конструктивных параметров термобуров ТБВД-107м и ТБВД-60м

Параметры продуктов сгорания в камере и на срезе сопла зависят только от внутреннего давления, типа топлива и не зависят от его расхода. В связи с этим для термобуров ТБВД-60м с расходом воздуха до 3,5 м³/мин и ТБВД-107м с расходом воздуха до 10 м³/мин; эти параметры будут одинаковы и по расчетным данным равны:

$T_к$ = 2300 К; $P_к$ = 0,5 МПа;
$\rho_к$ = 0,7083 кг/м³ = 0,722 кг.с²/м⁴;
ρ_c = 0,2254 кг/м³ = 0,0230 кг.с²/м⁴.

При производительности компрессорной станции по воздуху 9–10 и 3,5 м³/мин расход топливной смеси в камеру сгорания составит (для полного окисления 1 кг горючего необходимо 14,1968 кг воздуха):

0,1184–0,231 кг/с для термобура ТБВД-107м;
0,014–0,081 кг/с для термобура ТБВД-60м.

Подсчитав параметры газа перед соплом и расход топлива в зависимости от производительности компрессора, определяем критические сечения сопел термобуров по формулам (1-16):

$$a_c = \sqrt{\frac{kPC}{\rho_c}} = \sqrt{\frac{1{,}37 \cdot 1{,}033 \cdot 10^4}{0{,}0230}} = 784\ м/с;$$

$$M = \frac{W_c}{a_c} = 1{,}97;$$

$$T^* = T_к\left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right) = 2300\left(1 + \frac{1{,}37-1}{2} \cdot 1{,}97^2\right) = 3950\ °K;$$

$$T_{кр} = T^* \frac{2}{k+1} = 3950 \frac{2}{1{,}37+1} = 3330\ °K;$$

$$\rho^* = \rho_к \left(\frac{T^*}{T_к}\right)^{\frac{1}{k+1}} = 0{,}0722 \left(\frac{3330}{2300}\right)^{\frac{1}{1{,}37+1}} = 1{,}0133\ кг/м^3;$$

$$a_{кр} = a\left(\frac{T_{кр}}{T_к}\right)^{\frac{1}{k-1}} = 784 \left(\frac{3330}{2300}\right)^{\frac{1}{1{,}37+1}} = 997\ м/с;$$

$$a^* = a_{кр}\sqrt{\frac{k+1}{2}} = 997\sqrt{\frac{1{,}37+1}{2}} = 1062\ м/с.$$

Для термобура ТБВД-107м максимальный секундный расход топлива в камере сгорания составляет 0,231 кг/с; $F_{кр}$ определяем по формуле (16):

$$F_{кр} = \frac{0{,}184}{1{,}0133 \cdot 1062 \left(\frac{2}{1{,}37+1}\right)^{\frac{1{,}37+1}{2(1{,}37-1)}}} = 0{,}295 \cdot 10^{-3}\,м^2 = 295\,мм^2,$$

тогда

$$d_{кр} = \sqrt{\frac{4F_{кр}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4{,}295}{3{,}14}} = 19\,мм,$$

где $d_{кр}$ – диаметр критического сечения сопла.

Для ручного термобура ТБВД-60м секундный расход топлива в камере сгораний составляет 0,014-0,081 кг/с,

$$F_{кр} = 23\text{-}130\ мм^2;$$

$$d_{кр} = \sqrt{\frac{4(23\text{-}130)}{3{,}14}} = 5{,}4\text{-}12{,}9\ мм.$$

Исходя из соотношения (17), находим внутренний диаметр камеры сгорания ($d_{вн.к}$):

для термобура ТБВД-107м: $F_{вн.к} \geq 2783\ мм^2$; $d_{вн.к} \geq 59{,}5мм$;

для ручного термобура ТБВД-60м:

$$F_{вн.к} \geq 200\text{-}226\ мм^2;$$

$$d_{вн.к} \geq 30\text{-}39{,}5\ мм.$$

Внутренний диаметр камер сгорания термобура ТБВД-60м определен для всего диапазона изменения расхода воздуха от 0,6 м³/мин:

при питании термобура от станции установки МТБУ-Д 3,5 м³/мин;

при подаче воздуха от передвижных компрессоров типа [illegible].

По конструктивным соображениям внутренний диаметр камеры сгорания принят равным 34 мм.

Длину основного участка камеры ($\ell_{осн}$) и зоны дожигания ($\ell_{дог}$) находим исходя из формул (18), (20):

для термобура ТБВД-107 м:

$$\ell_{осн} = 135\ мм;$$

$$\ell_{дог} = 0{,}4\text{-}0{,}6\ \ell_{осн} = 60\ мм;$$

для термобура ТБВД-60 м:

$$\ell_{осн} = 150\ мм.$$

$$\ell_{дог} = 0{,}4\text{-}0{,}5\ \ell_{осн} = 45\ мм.$$

Общую длину камеры сгорания определяем формулой (21)

$$\ell_к = \ell_{осн} + \ell_{дог} + \ell_{констр},$$

где $\ell_{констр}$= 35–50 мм суммарная длина участков камеры сгорания, используемых для крепления на распределительной головке и сопловой крышке (см.рис.4, 5).

На основе формулы (21) длина камеры сгорания будет:

термобура ТБВД-107м $\ell_к$ =135+60+45 = 240 мм;

термобура ТБВД-60м $\ell_к$ = 150+45+25=220 мм.

Величину кругового зазора определяем по формулам (24), (25):

для термобура ТБВД-107 м t_Σ =1+12·220·10^{-6}·800=3,1 мм;

для термобура ТБВД-60м t_Σ =1+12·235·10^{-6}·800=3,3 мм.

Величину кругового зазора для пропуска воздуха к завихрителю воздушного потока в термобурах принимаем равной 5 мм.

В табл.3, 4 представлены результаты расчета по формулам (26)-(28) для термобура ТБВД-107м и ТБВД-60 м.

Для дожигания горючего в факеле термобура в сопловых крышках выполнены отверстия для подачи воздуха непосредственно в факел. Площадь отверстий определяем по формуле (26) и составит:

для термобура ТБВД-107 м :

$$f_{\Sigma_i} = \frac{835}{1,0} \cdot 0,2 = 167 \text{ мм}^2;$$

для термобура ТБВД-60 м :

$$f_{\Sigma_i} = \frac{400}{1,0} \cdot 0,2 = 80 \text{ мм}^2.$$

Таблица 3

Диаметры и количество отверстий в камере сгорания термобура ТБВД-107м

Параметры	Значение параметров						
	Зона завихрения по поясам (см.рис.7)		Зона активных реакций по поясам (см.рис.7)				
	I	II	III	IУ	У	УI	УП
α_i	0,I5	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
d_i	3,0	2,5	I,8	I,9	2,2	2,5	2,8
f_i	7,0	4,9	2,5	2,8	3,8	4,9	6,0
$f_{\Sigma i}$	84	II8	I05	I05	I05	I05	I05
n_i	I2	24	42	37	27	2I	I7

Таблица 4

Диаметры и количество отверстий в камере сгорания термобура ТБВД-60м

Параметры	Значение параметров						
	Зона завихрения по поясам (см.рис.7)		Зона активных реакций по поясам (см. рис.7)				
	I	II	III	IУ	У	УI	УП
α_i	0,I5	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
d_i	2,0	I,5	I,0	I,I	I,3	I,4	I,7
f_i	3,2	I,7	0,8	0,9	I,3	I,5	2,3
$f_{\Sigma i}$	37,7	42,4	50	50	50	50	50
n_i	I2	24	62	55	38	33	22

Количество и диаметры отверстий в сопловых крышках составляют 4х6 мм для термобура ТБВД-107 м и от 4х4 мм до 3х2 мм для термобура ТБВД-60 м (в зависимости от расхода воздуха).

20. Во время бурения при воздействии факела на забой скважины образуется отсоединенный скачок уплотнения, который служит своеобразным экраном и снижает теплопередачу от газового потока в разрушаемую среду.

21. Теплопередачу в разрушаемую среду можно повысить, если периодически нарушать структуру и положение отсоединенного скачка уплотнения, снижая тем самым его экранизирующие действия.

22. Периодическое нарушение структуры и положение отсоединенного скачка уплотнения достигаются неполным сжиганием горючего в камере сгорания и с последующим дожиганием его на забое скважины в зоне торможения сверхзвукового факела.

23. Для дожигания горючего на забое скважины в факел термобуров ТБНД-60 м и ТБВД-107 м следует вводить дополнительный воздух. Дожигание избытков горючего в факеле происходит по мере перемешивания воздуха с продуктами сгорания.

24. Расстояние от среза сопла термобура до зоны, соответствующей максимальному выделению тепловой и механической энергии от реакции дожигания, зависит от способа ввода струй воздуха в факел и глубины их проникновения и определяем из выражения:

$$\frac{y}{d_0} = \sqrt{39a}\cdot\ell_n \frac{10 + \frac{X}{d_0} + \sqrt{(X/d_0)^2 + 20X/d_0 + 7actg^2\beta}}{10 + \sqrt{7a}\cdot ctg\beta}, \quad (29)$$

где X и Y – координаты оси струи в факеле продуктов сгорания;

y – общий расход воздуха в термобуре;

d_0 – диаметр отверстия для ввода воздуха в факел;

a – комплекс, характеризующий скоростные напоры, воздушной струи факела;

β – угол ввода струи в факел.

25. Комплекс a в формуле (29) определяем из выражения

$$a = \frac{\rho_0 \cdot V^2}{C_n \cdot \rho_{\text{в}} \cdot W^2} \sin\beta, \quad (30)$$

где ρ_0 – плотность воздушной струи, вводимой с верхзвуковой факел, кг/м^3;

V – скорость воздушной струи, м/с;

$C_п$ – коэффициент силового воздействия воздушной струи на факел ($C_п \approx$ I,I);

ρ_w – плотность сверхзвукового факела продуктов сгорания бензовоздушной смеси – ρ_w =0,22-0,23 кг/м^3 ;

W – скорость истечения сверхзвукового потока продуктов сгорания (факела) – W = I500-I600 м/с .

26. Начальная скорость вводимых в факел воздушных струй зависит от расхода воздуха для дожигания горючего и характеризуется формулой

$$V_0 = \frac{G_g}{S \cdot n} = \frac{4G_g}{\pi d_0^2 n}, \qquad (3I)$$

где G_g – расход воздуха в факеле для дожигания горючего (I5-20% от общего расхода воздуха в термобур);

n – количество воздушных струй, вводимых в факел;

S – площадь сечения отверстия для вводимой струи воздуха.

27. Увеличение расхода вводимого в факел топливного компонента, снижение количества струй (при неизменном расходе топливной смеси), а также увеличение угла ввода струй в факел приводит к увеличению глубины проникновения струи и приближает зону активных реакций дожиганий к срезу сопла термобура (рис.8).

28. Максимальное удаление зоны активного дожигания горючего при вводе струй воздуха в факел под углом более 60° и при проникновении их до оси факела достигает 20 мм (рис.9) в то время как рабочие участки факелов термобура ТБВД-60 м составляют (в зависимости от диаметра критического сечения сопла) 30-60 мм, а термобура ТБВД-I07м – 60-90 мм.

29. Для совмещения зоны активных реакций дожигания с рабочим участком факела термобура каналы для ввода струй воздуха в факел необходимо расположить в торце сопловой крышки за пределами выходного сечения сопла.

30. Угол наклона канала должен обеспечивать пересечение их осей с осью факела на расстоянии 3-6 диаметров критического сечения от среза сопла.

3I. Суммарная площадь сечения каналов для ввода воздуха в факел должна составлять 0,2-0,3 площади критического сечения сопла.

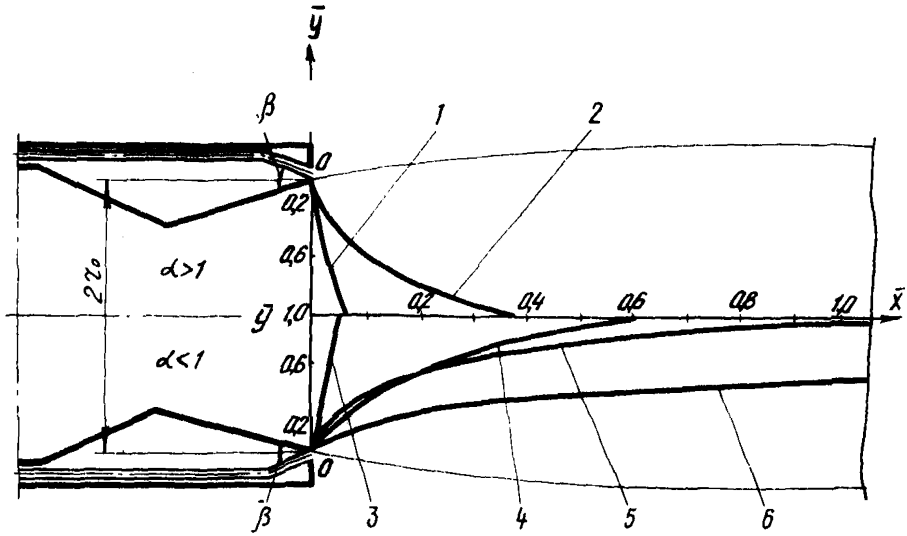


Рис.8. Глубина проникновения струй горючего (I,2) и воздуха (3,4,5,6) в факел термобура ТБВД-60м в зависимости от количества струй (n) и угла их ввода (β):
I - n = I, β =90°; 2- n =I, β =I5°; 3- n =I, β =90°; 4- n = I, β = I5°; 5 - n = 4, β =90°; 6- n =4, β =I5°; X̄-отношение расстояния от сопла к длине рабочего участка факела; $\bar{y}$ - отношение глубины проникновения струи к радиусу факела; r_0 - радиус выходного сечения сопла; α -коэффициент избытка окислителя

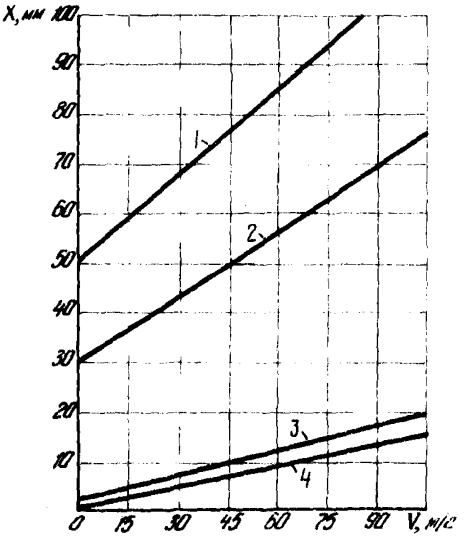


Рис.9. Влияние начальной скорости ввода струи воздуха и топливной смеси на положение зоны дожигания в факеле при разном количестве струй $\left\{ \begin{matrix} n \\ \beta \end{matrix} \right\}$ и углы их ввода $\left\{ \begin{matrix} n \\ \beta \end{matrix} \right\}$:

1- n =3, β =15°; 2- n =3, β =30°;
3- n =2, β =75°; 4- n =2, β =90°

Приложение 3

ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ОГНЕСТРУЙНОГО БУРЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ГРУНТАХ

Горная порода или грунты	Скорость бурения, м/ч	Удельная энергоемкость разрушения, кДж/см^3	Диаметр скважин, мм	Глубина бурения, м	Тип инструмента
Мерзлый глинисто-щебенисто- и щебенисто-песчаный грунт, обломки до 4 см (Бурятская АССР)	6	II,2	80–I00	I,8	ТРВ-8
Мерзлые крупноглыбовые отложения кварцитовидных песчаников (Бурятская АССР 2)	6–8	II,2–I4,9	80–I00	I,7	ТРВ-8
Сухие суглинки с высоким содержанием галечника (Алдан, Якутская АССР)	I–I,5	33–50	90–II0	0,9–I,2	ТБВД-60м
Торфяники с низким содержанием галечника (Алдан, Якутская АССР)	I5–20	I,8–2,5	90–I20	2	То же
Тонкодисперсные суглинки и глины с различным содержанием влаги (Сёяха, п-ов Ямал)	6,5–I7	0,9–4,9	I00–I80	5–I0	-"-
Влажные глины, суглинки, супеси с прослойками галечника (низовья р.Оби, г.Лабытнанги)	6,5–I2	I2,6–6	I00–I20	8–I0	ТБВД-60м
То же	20–30	0,6–0,9	I00–I20	2–3	То же
"	5–7	I,8–4	350–450	4–5	ТБВД-I07м
"	I0–I2	I,3–I,5	350–450	2–3	То же
Влажные глины, суглинки (трасса газопровода Мессояха–Норильск)	I0–I2	3,5–3,7	I80–200	2–3	ВТБМ-5
Тонкодисперсные суглинки супеси с большим содержанием влаги (пос.Черский, Нижнеколымский р-н)	20–25	I,2–2,0	200–250	2–3	ТБВД-60м

Приложение 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕРЗЛОТНОГО РЕЖИМА В СКВАЖИНАХ

Были проведены наблюдения за восстановлением мерзлотного режима после бурения скважин в различных грунтах и районах Крайнего Севера в районах пос.Малая Хета, Норильска, Лабытнанги (табл.5).

Таблица 5

Характеристика исследуемых грунтов

Район наблюдений	Вид грунтов	Температура грунтов, $T^{\circ}C$	Влажность грунтов (W), %
п.Малая Хета	Суглинки, глины с прослойками торфа	От -5 до -8	60 и выше
Норильск	Песчаные, песчано-глинистые грунты	От -4 до 8	От 15 до 60
Лабытнанги	Суглинки с прослойками песка и валунно-галечными прослойками	От -0,2 до -0,8	От 15 до 60

Примечание. Скважины бурили глубиной до 5 м со средней скоростью 12 м/ч.

Температуру в скважинах измеряли на различных горизонтах непосредственно после бурения. Наблюдения за температурой вели вплоть до прекращения ее изменения. Момент прекращения изменения температур указывал на полное восстановление мерзлотного режима в скважине, т.е. температура принимала значения естественной температуры массива.

Измерение температур в скважинах проводили с помощью термодатчиков с линейной характеристикой, а также специально оборудованных термометрами.

Термодатчики для измерения температур в скважине закладывали во внутреннюю полость металлической трубы через 0,5 м и заливали пульпой. Температуру вычисляли по формуле

$$T = t_0 + \frac{(R+R_0)(t_t - t_0)}{R_t - R_0}, \qquad (32)$$

где t_0 - нижняя точка тарировки, $t_0 = 0^{\circ}C$;
t_t - верхняя точка тарировки, $t_t = +50^{\circ}C$;
R_0 - сопротивление датчика при $t_0 = 0^{\circ}C$;
R_t - сопротивление датчика при $t_t = 50^{\circ}C$;
R - сопротивление датчика при определенной температуре.

Указывая, что

$$t = 0^{\circ}C \quad и \quad (t_t - t_0) = t_t,$$

расчетная формула (32) принимает вид

$$T = \frac{(R - R_0)\,t_t}{R_t - R_0}. \qquad (33)$$

Измерение сопротивления термодатчиков проводили мостом постоянного тока Р-333 с точностью до I Ом. Непосредственно после бурения в течение 8-I0 сут проводили замеры температур в скважинах на различных горизонтах. Результаты наблюдений показали, что в районе пос.Малая Хета (табл.6, рис.I0,II,I2) и г.Норильска (табл.7, рис.I3) температура на всех горизонтах скважин достигает $0^{\circ}C$ примерно через 3-4 ч после окончания бурения. Далее в зависимости от характера грунта и температуры окружающей среды температуру стенки скважины на различных горизонтах на нулевой отметке выдерживают различное время от 6 до 40 ч. Затем температура медленно понижается и через 90 ч после бурения изменение температуры на всех горизонтах прекращается и, следовательно, период восстановления мерзлотного режима заканчивается. В пластично-мерзлых грунтах (г.Лабытнанги) картина восстановления мерзлотного режима несколько иная. Здесь температура $0^{\circ}C$ на всех горизонтах достигнет через 48-78 ч после окончания бурения, а период восстановления мерзлотного режима заканчивается в течение 4-5 сут (табл.8). Анализируя полученные результаты, можно сделать выводы, что благодаря высокой скорости термического бурения не происходит значительного радиального прогрева грунта вокруг скважины. В связи с этим время восстановления режима, даже в неблагоприятных условиях, составляет не более 5 сут.

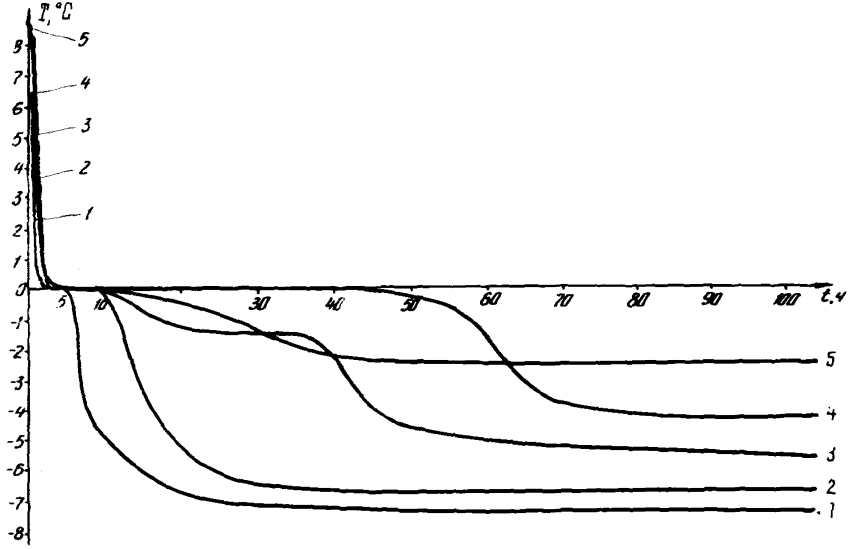


Рис.IO. Изменение температур на различных горизонтах скважины № I ($\ell_{скв}$) пос.Малая Хета:
I - $\ell_{скв}$ = 3,3 м; 2 - $\ell_{скв}$ = 2,5 м; 3 - $\ell_{скв}$ = I,8 м; 4 - $\ell_{скв}$ = I,3 м; 5 - $\ell_{скв}$ = 0,8 м

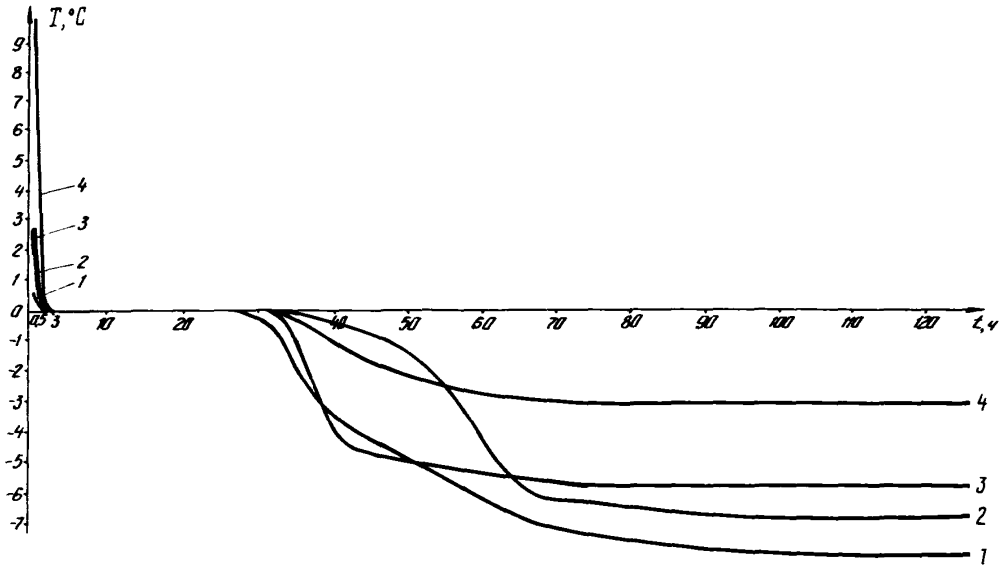


Рис.II. Изменение температур на различных горизонтах скважины № 2 ($\ell_{скв}$) пос.Малая Хета: I – $\ell_{скв}$ = 5,0 м; 2 – $\ell_{скв}$ = 4,5 м; 3 – $\ell_{скв}$ = 3,5 м; 4 – $\ell_{скв}$ = 2,0 м

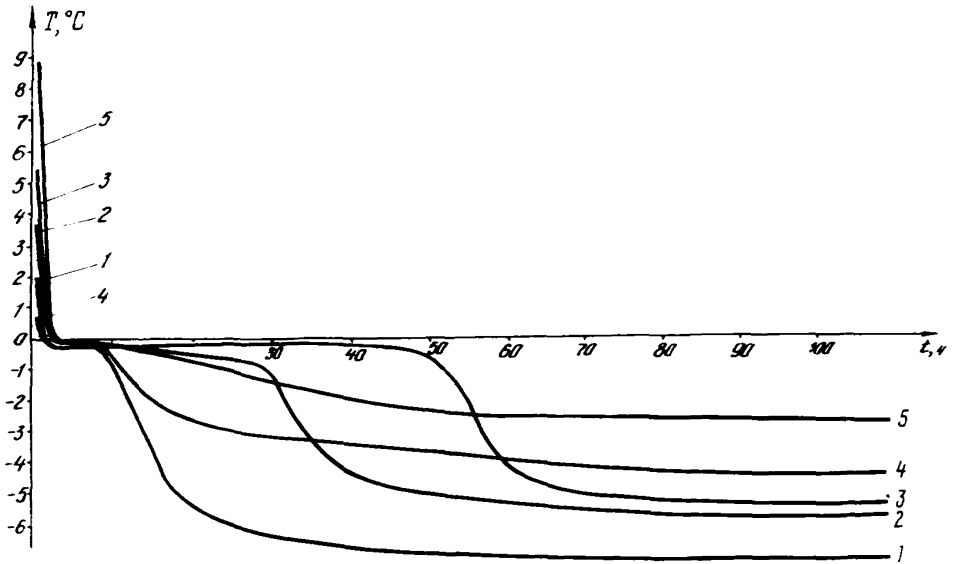


Рис.I2. Изменение температур на различных горизонтах скважины № 3 ($\ell_{скв}$) пос.Малая Хета: I – $\ell_{скв}$ = 3,0 м; 2 – $\ell_{скв}$ = 2,5 м; 3 – $\ell_{скв}$ = 2,0 м; 4 – $\ell_{скв}$ = I,0 м; 5 – $\ell_{скв}$ = 0,5 м

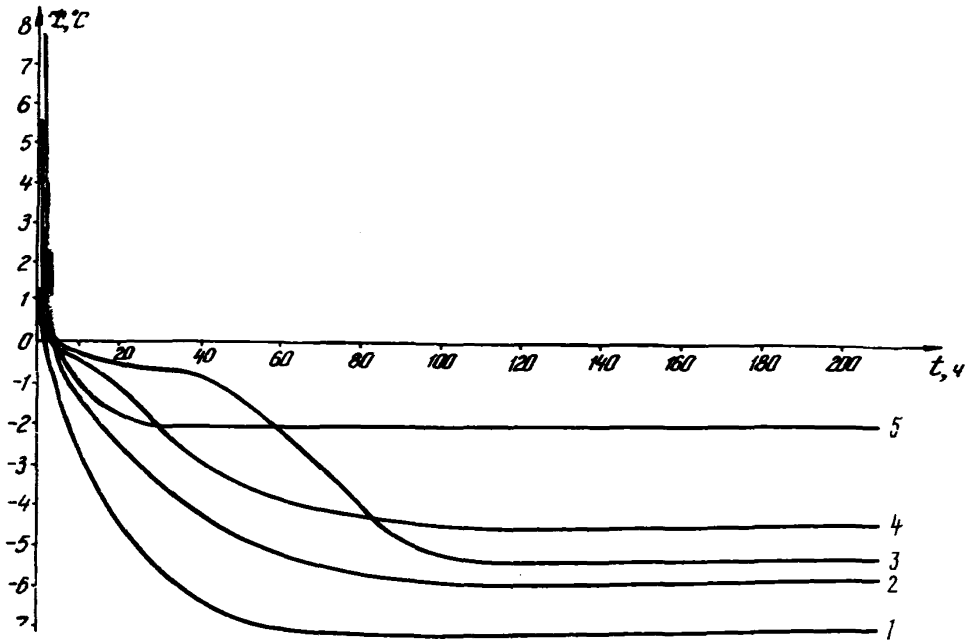


Рис.13. Изменение температур на различных горизонтах скважины № 2 ($\ell_{скв}$) г.Норильска:
1 – $\ell_{скв}$ = 3,0 м; 2 – $\ell_{скв}$ = 2,5 м; 3 – $\ell_{скв}$ = 2,0 м; 4 – $\ell_{скв}$ = 1,0 м; 5 – $\ell_{скв}$ = 0,5 м

Таблица 6

Изменения температуры во времени на различных горизонтах (пос.Малая Хета)

Время измерений после бурения, ч. и мин.	Температура (°С) на разной глубине, м				
	3,3	2,8	I,8	I,3	0,8
			Скважина № I (см.рис.IO)		
0-20	6,45°	6,58°	7,99°	I3,6I°	I4,20°
I-20	0,II	0,78	0,9I	0,78	0,76
2-20	0,II	0,22	0,34	0,II	0,20
3-20	0,II	0,II	0	-0,II	-0,04
4-20	0,II	0,II	0	-0,II	0,08
5-40	-0,45	0	-0,I4	-0,22	-0,03
7-40	-2,83	0,II	0	-0,II	0,08
9-00	-4,4I	0	0	-0,II	-0,08
9-40	-4,64	0,II	0	0	0,08
20-47	-6,9	-5,64	-0,I4	-0,34	-0,73
25-50	-7,I3	-6,20	0	-0,II	-0,50
30-55	-7,24	-6,53	-I,I4	-0,II	-0,5
35-40	-7,24	-6,53	-I,60	-0,II	-2,00
45-IO	-7,47	-6,75	-4,23	-0,II	-2,23
50-40	-7,47	-6,86	-4,68	-0,47	-2,46
55-40	-7,58	-6,98	-4,9I	-0,78	-2,46
59-40	-7,58	-6,93	-5,25	-I,56	-2,46
7I-00	-7,58	-6,98	-5,48	-4,02	-2,58
75-25	-7,58	-6,98	-5,48	-4,25	-2,58
80-40	-7,58	-6,98	-5,60	-4,35	-2,58
93-30	-7,58	-7,08	-5,83	-4,46	-2,58
97-40	-7,58	-7,08	-5,83	-4,46	-2,58
I02-55	-7,58	-7,08	-5,88	-4,46	-2,70
I07-40	-7,58	-7,08	-5,83	-4,58	-2,8I
II6-40	-7,58	-7,08	-5,83	-4,58	-2,8I

Продолжение табл.6

Время измерений после бурения, в ч. и мин.	Температура (°С) на разной глубине, м			
	5	4,5	3,5	2,0
	Скважина № 2 (см.рис.II)			
0-27	0,56°	0,66°	2,30°	9,79°
I-30	0,26	0,I3	0,29	2,06
3-30	0,05	0,02	0,06	0,240
4-I5	0,I6	0,02	0,I7	0,I2
4-57	0,05	0,02	0,I7	0,I2
I6-58	0,05	0,02	0,I7	0,I2
2I-58	-0,05	-0,08	0,I7	0,I2
26-48	0,05	-0,08	0,I7	0,00
3I-48	-0,48	-0,08	0,I7	0,00
4I-I8	-3,85	-0,62	-4,40	-I,2I
46-43	-4,60	-I,05	-4,86	-I,93
5I-48	-5,23	-I,69	-5,09	-2,30
55-48	-5,65	-2,66	-5,20	-2,54
67-03	-7,23	-6,20	-5,20	-3,02
7I-28	-7,44	-6,30	-5,78	-3,02
76-48	-7,65	-6,42	-5,78	-3,I4
89-33	-7,97	-6,87	-5,89	-3,I4
93-38	-8,07	-6,87	-5,89	-3,I4
98-38	-8,07	-6,87	-5,89	-3,I4
II3-43	-8,I8	-6,87	-5,89	-3,I4
I22-43	-8,I8	-6,87	-5,89	-3,I4

Окончание табл.6

Время измерения после бурения, в ч. и мин.	Температура (°С) на разной глубине, м				
	3	2,5	2,0	I,0	0,5
		Скважина № 3 (см.рис.I2)			
0-22	I,90°	4,02°	5,37°	0,72°	8,97°
I-22	0,I2	I,22	I,55	0,36	5,98
2-32	-0,24	0,5I	0,0	-0,24	0,0
3-32	-0,24	0,28	-0,24	-0,24	0,0
5-32	-0,24	0,28	-0,24	-0,24	0,0
6-32	-0,I2	0,28	-0,I2	-0,I2	0,0
7-I2	-0,24	0,28	-0,24	-0,24	-0,I2
I8-52	-5,33	-0,I6	-0,36	-2,85	-0,36
23-52	-6,I6	-0,I6	-0,36	-3,09	-0,36
28-47	-6,40	-0,80	-0,24	-3,09	-0,84
33-37	-6,64	-2,99	-0,24	-3,2I	-I,56
43-I2	-6,99	-4,74	-0,36	-3,45	-2,27
48-42	-7,II	-5,I0	-0,48	-3,57	-2,5I
53-42	-7,II	-5,33	-I,77	-3,8I	-2,5I
57-42	-7,23	-5,45	-3,82	-4,04	-2,63
69-02	-7,23	-5,68	-3,82	-4,28	-2,75
73-22	-7,23	-5,80	-5,25	-4,40	-2,75
78-42	-7,23	-5,9I	-5,37	-4,40	-2,75
9I-32	-7,35	-6,03	-5,6I3	-4,52	-2,87
95-37	-7,35	-6,03	-5,72	-6,64	-2,87
I00-47	-7,35	-6,03	-5,72	-4,64	-2,87
I05-32	-7,35	-6,03	-5,72	-4,64	-2,87
II4-37	-7,23	-6,03	-5,72	-4,64	-2,87
II9-22	-7,35	-6,I5	-5,72	-4,64	-2,87
I24-37	-7,35	-6,I5	-5,72	-4,64	-2,87

Таблица 7

Изменение температуры во времени на различных горизонтах (район г.Норильска)

Время измерения после бурения, ч	Температура (°С) на разной глубине скважин, м								
	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	I,5	I,0	I,5
				Скважина № I					
0	–	5,7	5,2	5,7	6,8	8,5	8,7	4,4	–
I	–	2,9	2,3	2,9	4,7	7,9	5,5	I,9	–
4	–	0,0	0,3	0,4	I,0	I,3	I,5	0,I	–
45	–	-3,6	-0,5	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	-0,7	–
				Скважина № 2 (см.рис.I3)					
0	–	–	–	I,9	4,0	5,7	–	0,7	9,0
I	–	–	–	0,I	I,2	I,6	–	0,4	6,0
4	–	–	–	-0,2	-0,3	-0,2	–	-0,2	0,0
43	–	–	–	-7,0	-4,7	-0,4	–	-3,4	-2,3
9I	–	–	–	-7,3	-6,0	-5,I	–	-4,5	-2,9
I24	–	–	–	-7,3	-6,I	-5,7	–	-4,6	-2,9
2I6	–	–	–	-7,3	-6,I	-5,7	–	-4,6	-2,9
				Скважина № 3					
0	0,7	–	2,8	-I	–	9,I	–	–	–
4	0,0	–	0,2	–	–	0,I	–	–	–
I7	0,0	–	0,2	–	–	0,I	–	–	–
4I	-0,6	–	-4,4	–	–	-I,2	–	–	–
90	-6,9	–	-5,9	–	–	-3,I	–	–	–
I32	-6,9	–	-5,9	–	–	-3,I	–	–	–
I68	–	6,9	-5,9	–	–	-3,I	–	–	–

Таблица 8

Изменение температуры во времени на различных горизонтах (район г.Лабытнанги)

Время измерения после бурения, ч	Температура (°С) на разной глубине скважины, м					
	4,5	4,0	3,0	2,0	I,0	0,5
			Скважина № I			
0	0,I	0,3	0,3	0,5	I,3	0,6
24	-0,8	-0,5	0,0	0,I	-0,3	-0,3
48	0,I	0,I	0,0	0,I	0,3	0,2
I20	-0,8	-0,9	-0,2	0,I	0,3	0,3
I50	-0,9	-I,0	-0,8	-0,2	-0,4	0,4
			Скважина № 2			
0	0,9	I,9	4,6	3,8	I,0	I,4
72	-0,6	-0,6	-0,2	-0,2	-0,0	0,4
I45	-0,8	-0,8	-0,I	-0,I	-0,I	0,4
			Скважина № 3			
24	-	-0,4	-0,2	-0,I	-0,3	-
72	-	-0,8	-0,5	-0,0	0,4	-
I20	-	-0,9	-0,6	-0,6	-0,4	-

ЛИТЕРАТУРА

I. СНиП II-I5-74 "Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования". М., Стройиздат, I975.

2. СНиП Ш-I8-76 "Основания и фундаменты зданий и сооружений на вечномерзлых грунтах". М., Стройиздат, I977.

3. СНиП Ш-9-74 "Основания и фундаменты. Правила производства и приемки работ". М., Стройиздат, I976.

4. Ястребов Е.К., Стырон Б.К., Иванов В.И., Баранов В.С. Малогабаритная установка для огнеструйного бурения. А.с. № 840034I. Б.И., № 23, I98I.

5. СНиП Ш-А.II-70 "Правила техники безопасности при строительстве магистральных газопроводов". М.,"Недра", I970.

6. Голдаев И.П. и др. Методика инженерного расчета воздушно-реактивных горелок термоинструментов. Изв.вузов."Горный журнал", I972, № 4.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения	3
2. Принципы работы и конструкции термобуровых установок	4
3. Техническое обслуживание термобуровых установок	I7
4. Технология бурения скважин под свайные основания в мерзлых грунтах и другие вспомогательные работы	I8
5. Правила техники безопасности при работе с термобуровыми установками	23
Приложения	29

РЕКОМЕНДАЦИИ
по применению термического бурения
при строительстве трубопроводов
в условиях Крайнего Севера

Р 46I-82

Издание ВНИИСТа

Редактор Т.Я.Разумовская
Корректор Г.Ф.Меликова
Технический редактор Т.В.Берешева

Л-89702 Подписано в печать 2/П I983г. Формат 60х84/I6
Печ.л. 3,75 Уч.-изд.л. 3,6 Бум.л. I,875
Тираж 400 экз. Цена 36 коп. Заказ I7

ИСТа

gost.e-ecolog.ru