



ЭнергоСинтез

127051, Москва, ул. Трубная, 17/4, стр.2, Телефоны: (495) 744-3008, (495) 621-2351,

E-mail: 7443008@mail.ru, URL: <http://energointez.su>



Буровые реактивные установки БРУ

Вариант: Второй

Автор: «Энергосинтез»

Москва 2015

Содержание:

Введение.....	3
1 . Описание технологии бурения.....	4
2. Опыт реактивного бурения.....	6
3 . Преимущества.....	9
4 . Технические характеристики.....	10
5 . Колтюбинговая машина.....	13

Введение

Буровые работы составляют половину затрат труда и средств во всем комплексе горного производства. Существующие в настоящее время механические способы бурения скважин не обеспечивают необходимых темпов роста производительности труда, а в ряде случаев не позволяют в принципе осуществлять бурение и при этом себестоимость буровых работ относительно высока.

Перспективы совершенствования технологии горных работ в значительной мере связаны с инновационным развитием способов высокоэффективного разрушения горных пород при реактивном бурении скважин и шпуров на основе интеграции тепловых и газодинамических методов бурения.

Буровые реактивные установки БРУ предназначены для бурения за счет термогазодинамического воздействия на породу скважин, как на открытой местности, так и в подземных горных выработках.

Перспективным направлением использования технологии РБ (Реактивного Бурения) является бурение многочисленных неглубоких скважин, предназначенных для закладки ВВ. В этом случае бурение может производиться без использования колтюбинговой машины, с помощью штанги необходимой длины с жестко закрепленным аппаратом. Также нет необходимости в использовании сложносоставного шланга – компоненты могут подаваться по связке обычных РВД (Рукавов Высокого Давления).

С целью увеличения производительности целесообразно использовать буровую машину, оснащенную 2 – 4 буровыми аппаратами для одновременной проходки нескольких скважин с заданным шагом по горизонтали. При этом каждый аппарат оснащается отдельной системой подачи компонентов и автоматики.

Основной особенностью и главным преимуществом БРУ является чрезвычайно высокая скорость бурения, обусловленная инновационным способом разрушения породы высокоскоростными газовыми струями без механического контакта с разрушаемой породой. Максимальная коммерческая скорость бурения достигается за счет того, что бурение идет без периодических остановок (например, для наращивания буровых штанг, замены инструмента), а непрерывно – с помощью колтюбинговой установки.

Также не требуется подготовки площадки, наклон поверхности земли в месте бурения не является помехой. Возможно бурение в закрытом пространстве с высотой от 5 метров, а также бурение с подвижных или плавучих платформ.

Ресурс работы аппарата практически не ограничен, так как рабочий орган БРУ не имеет механического контакта с разрушаемой породой в процессе бурения.

1. Описание технологии бурения

Концепция бурения скважин с использованием технологии реактивного бурения с применением БРУ принципиально меняется незначительно.

При бурении твердых (скальных) пород нет необходимости укреплять боковые стенки скважин. В неустойчивых (сыпучих или увлажненных) грунтах, или с прослойками такого грунта, применяют бурение по обсадной трубе.

Рабочим органом БРУ является Реактивный буровой аппарат (РБА), который состоит из буровой головки и парогазогенератора. Буровая головка предназначена для создания высокоскоростных струй рабочего тела, используемых для термогазодинамического разрушения породы.

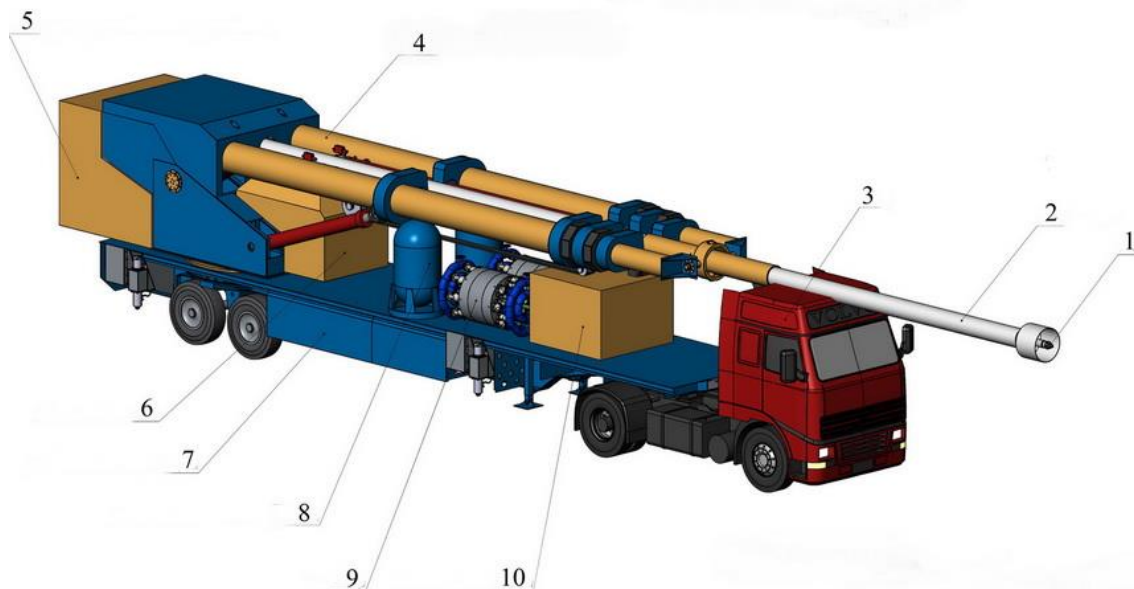
Комбинированное воздействие на породу высокотемпературных сверхзвуковых газовых струй (хрупкое шелушение, плавление, эрозия) обуславливает высокую эффективность технологии. Твердая среда разрушается в режимах хрупкого шелушения. При хрупком шелушении от нагреваемой до температуры 300-800 °С поверхности забоя отделяются небольшие твердые частицы (1-20 мм). Причина разрушения - термические напряжения, вызванные неравномерным прогревом поверхностного слоя среды и режим шелушения.

Шлам и отработанный парогаз, образующиеся в процессе бурения, через отвод на куполе попадают в систему шлакоудаления, состоящую из адсорбирующего циклона, фильтра и теплообменника для утилизации тепла.

Небольшая глубина бурения позволяет бурить каждую скважину за одну операцию без дополнительных монтажно-пристыковочных работ. Это, также, позволяет использовать сильфоны (гофрированные гибкие рукава с рабочим давлением до 15 -17 МПа) для подачи компонентов в РБА. Всё это существенно упрощает систему питания и управления БРУ, а также снижает суммарное время необходимое для бурения и обвязки скважины.

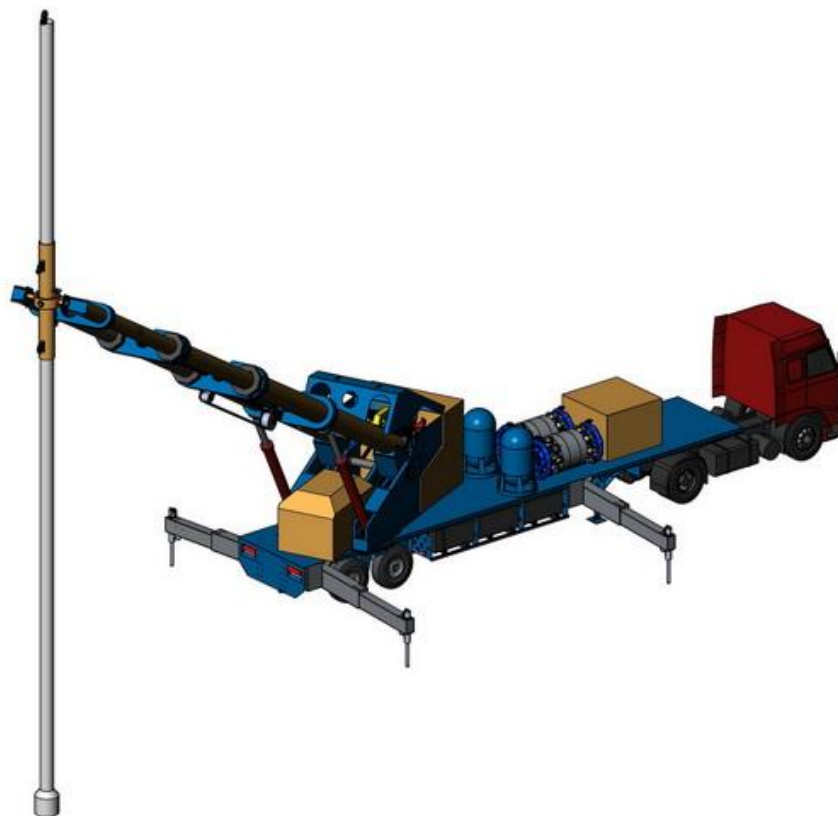
Состав реактивного бурильного комплекса для бурения в сложных климатических условиях принципиально не изменяется. Необходимо только подобрать соответствующие шасси для размещения всего технологического оборудования, бака горючего и воды. Критерием выбора шасси должна быть его достаточность для данного вида буровых работ с учетом близлежащих перспектив на использование в схожих климатических условиях. Все это может быть обеспечено только с четким пониманием сложности, объема и обеспеченности необходимыми материалами (в том числе ГСМ, воды) выполняемых бурильных работ.

БРУ с одним установленным аппаратом РБА, предназначенным для бурения скважин до 20 м состоит из следующих основных модулей:



БРУ в транспортном состоянии

- | | |
|---|--|
| 1. Реактивный буровой аппарат РБА | 6. Кабина управления БРУ |
| 2. Обсадная труба РБА | 7. Полуприцеп буровой платформы |
| 3. Автомобиль-буксировщик | 8. Воздушный ресивер высокого давления |
| 4. Крановая установка буровой платформы | 9. Компрессор |
| 5. Блок управления процессом бурения | 10. Дизельная электростанция |



БРУ в рабочем состоянии.

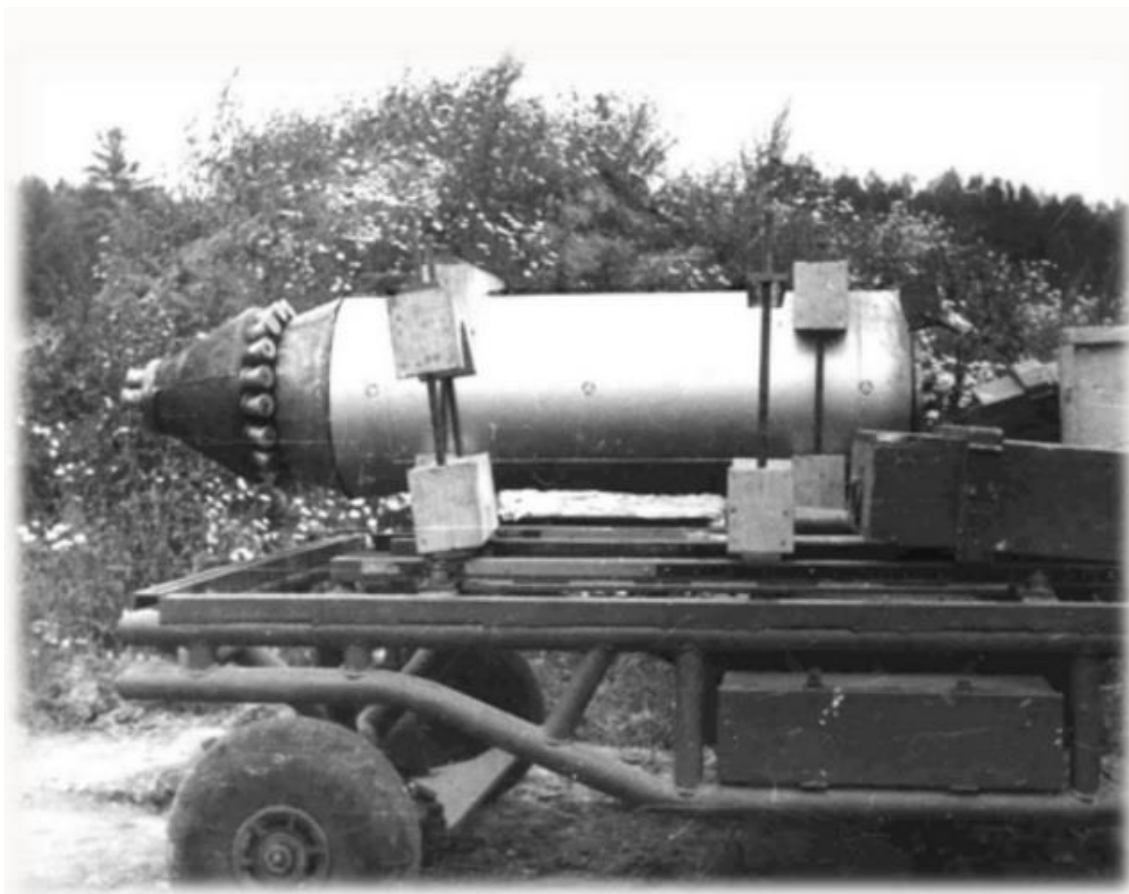
Данная модель БРУ имеет следующие основные характеристики:

- Глубина бурения до 20 м.
- Диаметр скважины – 150-250 мм (определяется конструкцией сменных буровых головок).
- Извлечение породы – продувкой отработанными на разрушении породы парогазовой струей.
- Энергетическая установка – парогенератор (ПГ):
 - ✓ Вид топлива – углеводородное горючее (дизтопливо, бензин, керосин).
 - ✓ Окислитель – сжатый воздух.
 - ✓ Хладагент – вода.
 - ✓ Мощность по теплу 2500 кВт, суммарная мощность с учетом энергии сжатого воздуха – 3500 кВт.
 - ✓ Выбросы соответствуют нормам для двигателей внутреннего сгорания
- При бурении отсутствуют вибрации, а уровень шумов определяется дополнительным оборудованием, в основном, компрессорными установками.
- Управление работой РБА и комплекса осуществляется автоматически под надзором оператора.

Для бурения с глубокой проходкой необходимо использовать колтюбинговые машины оснащенные РБА (см. раздел 5).

2. Опыт реактивного бурения

Буровые реактивные установки БРУ показали высокую эффективность при бурении различных скважин. Были разработаны Реактивные Буровые Аппараты РБА пригодные для широкого спектра буровых работ.



Для бурения скважин под высокие опоры ЛЭП (Линии ЭлектроПередач) глубиной 18 м был спроектирован буровой аппарат диаметром 240 мм. Соотношение диаметра скважины и диаметра буровой головки РБА составляет 1,5 – 1,7 для осадочных пород.



Под нужды заказчика специально был разработан буровой аппарат, с помощью которого бурили скважины до 1270 м.

Первые аппараты работали на твердом органическом топливе. В последствии в РБА стали использовать в основном жидкое топливо.



Очень много проведено работ по бурению скважин на строительных площадках. Как правило, это неглубокие скважины до 12 м. Диаметры скважин варьировались от 140 мм до 324 мм.

Нужно отметить, что глубина бурения для реактивных буровых аппаратов принципиального значения не имеет. Но скорость бурения с глубиной падает из-за того, что с увеличением глубины труднее происходит вынос буримой породы из скважины. При бурении на 1270 м первоначальная скорость была выше 1 м/сек, а в конце достигла 0,2 м/сек.

Последние модели реактивных буровых аппаратов универсальны и работают, как на органическом, так и на минеральном топливе.

Разработано большое количество буровых головок, позволяющих с огромной скоростью бурить по осадочным породам, а также бурить скальные породы с высоким коэффициентом крепости.

Зависимость скорости бурения от твердости пород по шкале Протодяконова приведена в таблице в разделе технических характеристик.



3. Преимущества

Применение комбинированного воздействия на породу высокотемпературными сверхзвуковыми газовыми струями, обуславливает высокую эффективность технологии. Отметим преимущества реактивного бурения перед традиционными способами бурения.

Высокая скорость бурения. По скальным породам высшего класса твердости скорость бурения достигает 6 м/час. По осадочным породам – от 500 до 1000 м/час в зависимости от глубины и характера породы. По мерзлым грунтам – до 100 м/час. Коммерческая скорость бурения по осадочным породам – до 1000 м за смену, по скальным – до 100 м за смену.

Длительный срок эксплуатации. Аппарат РБА не имеет движущихся частей и не контактирует с породой во время работы. Бурение производится воздействием паро-газовой струи, формирующейся в соплах буровой головки.

Простота обслуживания. Отсутствие расходных материалов и высокая степень автоматизации комплекса БРУ делает его простым в обслуживании, в результате чего высокая скорость проходки и низкая себестоимость бурения.

Универсальность. Для бурения различных пород используются сменные буровые головки. Среди них есть универсальные и специальные для сложных пород. Наборы буровых головок позволяют производить бурение скважин большого диаметра.

Мобильность. Буровой комплекс отличается мобильностью и не требует подготовки буровой площадки. Это позволяет использовать его в труднодоступных местах и экстремальных условиях - в болотистой местности, на крутых склонах, узких и стесненных местах - ущельях, штольнях, с минимальной высотой 5 метров. Возможно бурение с понтонов и машин на воздушной подушке.

Технология РБ позволяет осуществлять бурение под любым углом, включая бурение снизу-вверх. Последнее может найти применение для организации вентиляции тоннелей и выработок.

Для нужд геологоразведки технологию можно использовать как для бурения скважин сейсморазведки в труднодоступных местах, так и для разведочных скважин для поиска месторождений. В этом случае, используется кассетный сбор бурового шлама с получением псевдокерн, пригодного для химических исследований.

В качестве компонентов топлива используются такие широко распространенные компоненты как воздух, дизтопливо и вода. Доступность, низкая стоимость, а также относительно высокая пожаро-взрывобезопасность выбранного топлива ликвидирует недостатки, присущие огневому способу бурения на кислородо-керосиновой смеси.

4. Технические характеристики

Основным рабочим органом комплекса БРУ является Реактивный буровой аппарат (РБА). Он конструктивно состоит из следующих основных частей:

- *Парогазогенератор (ПГГ).* Предназначен для получения рабочего тела - парогазовой смеси с требуемыми физико-химическими свойствами. ПГГ состоит из блока управления системой зажигания, камеры сгорания и испарителя для смешения продуктов сгорания с хладогентом (водой) и дальнейшего испарения воды с достижением требуемой температуры парагаза;
- *Поворотный узел (опционально).* Предназначен для обеспечения вращательного движения буровой головки. Устанавливается при необходимости в зависимости от типа породы;
- *Буровая головка.* Предназначена для создания высокоскоростных струй рабочего тела, используемых для термогазодинамического разрушения породы.

Геометрические характеристики:

	масса, кг	диаметр макс, мм	диаметр мин., мм	длина мин., мм
Параметры ПГГ	94,2	127	92	2537
Параметры РБА	160	130	92	4500

Технические характеристики

Режимные параметры РБА	
Давление в камере сгорания РБА:	3,0 -5,0 МПа
Температура парогаса на выходе из РБА:	600°C±25 °C
Производительность по парогазу:	4 - 6 т/час
Примерный состав парогазовой смеси (объемные %)	
H ₂ O	55%
N ₂	38%
CO ₂	7%
Питающие компоненты	
Дизельное топливо	0,044 ±0,002 кг/с
Воздух	0,656 ±0,01 кг/с
Хладагент (вода)	0.4± 0.01 кг/с

Дизельное топливо (ДТ) ГОСТ 305-82 или другие жидкие продукты переработки нефти; Воздух ГОСТ 4.119-84; Вода ГОСТ 6709-72.

Производительность БРУ существенно отличается для разных типов пород с различными прочностными характеристиками. Наиболее распространена классификация горных пород по крепости, разработанная профессором М. М. Протодьяконовым. Эта классификация основана на том, что сопротивляемость горной породы любым видам разрушения может быть выражена одним определенным числом – коэффициентом крепости породы (f), который показывает, во сколько раз крепость данной породы больше или меньше крепости породы, условно принятой за единицу.

В таблице приведены скорости бурения БРУ в зависимости от прочности пород.

Крепость пород и их классификация по Протодьяконову		Наименование пород	Предел прочности на сжатие	Скорость бурения БРУ		
коэффициент крепости, f	категория крепости		кг/см ²	м/час	м/мин	мм/сек
1-2	VI-VII	Известняк мягкий пористый, сильно трещиноватый, мел плотный	100-200	1200	20	333
3-4	V-Va	Песчаник глинистый выветренный, сильно трещиноватый	300-400	600	10	167
5-6	IV-IVa	Гранит, гнейс, сиенит, мягкие, сильно выветренные, плотный известняк	500-600	300	5	83
8-10	III-IIIa	Гранит крупнозернистый, весьма крепкий доломит	800-1000	90	1,5	25
12-14	II	Гранито-гнейс, гранит средне-зернистый крепкий, диорит, диабаз, порфирит	1000-1500	18	0,3	5
16-20	I	Гранит высшей крепости, базальт, роговик крепкий, диабаз, диорит высшей крепости, габбро и кварцит крепкие	>1500	6	0,1	2

Предел прочности на сжатие не является определяющим для разрушения породы, однако по нему можно судить о дифференциации крепости пород. Коэффициент прочности на растяжение составляет примерно 10% от коэффициента прочности на сжатие.

На рисунках показано стендовое бурение гнейса и красного гранита, подтверждающих высокую скорость бурения на твердых породах.



5. Колтюбинговая машина

При бурении глубоких скважин мы используем колтюбинговые буровые машины. Колтюбинговые технологии основаны на применении гибких непрерывных труб вместо традиционных буровых труб и насосно-компрессорных труб при внутрискважинных работах: капитальном ремонте, бурении, геофизических исследованиях. Гибкие трубы позволяют получить доступ в горизонтальные и боковые стволы. В нашем случае они используются для подачи питающих компонентов к парогенератору реактивного аппарата РБА.



Суммарно, буровой комплекс представляет собой совокупность машин и оборудования, связанных магистралями для подачи компонентов и системой автоматике.

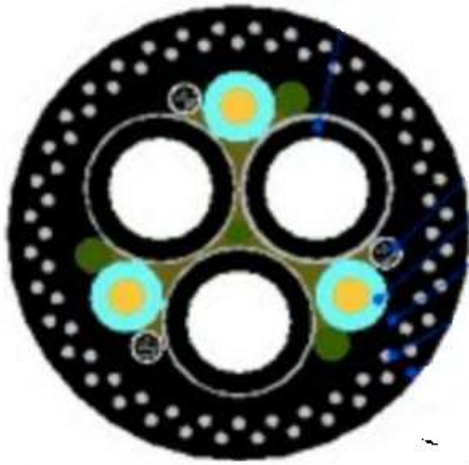
Основной машиной комплекса является колтюбинговая машина, оснащенная РБА, катушкой с питающим шлангом и системой его подачи. Здесь также установлена кабина управления, управляющая система и автоматика.

Второй является машина обеспечения, с установленными питающими насосами для воды и топлива, и элементами управляющей системы. Также на этой машине установлен электрогенератор и гидроманипулятор.

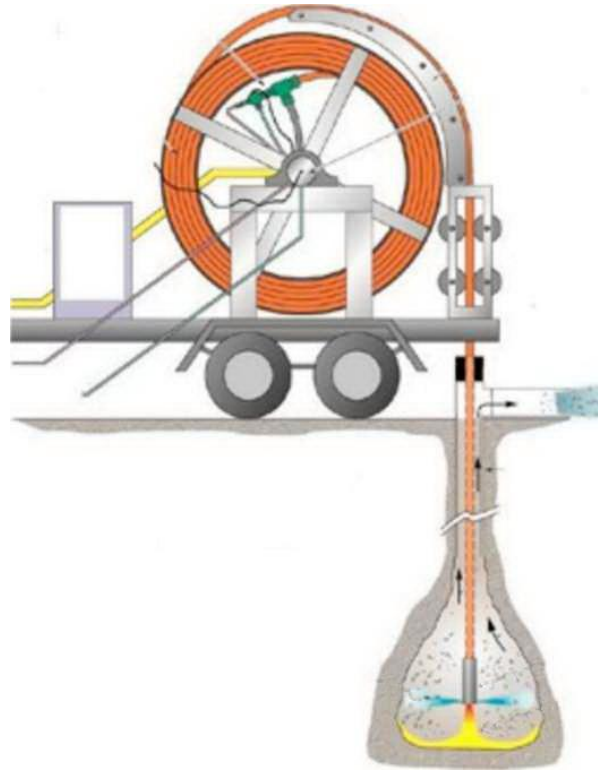
Подача сжатого воздуха осуществляется мобильными компрессорными установками, входящими в состав комплекса.

БРУ с колтюбинговой машиной в своем составе имеет следующие подвижные единицы:

- Для бесперебойной подачи компонентов используется особый шлангокабель.
- Шлангокабель подается со специальной бобины, снабженной жидкостной муфтой и токосъемниками.
- Подача шлангокабеля осуществляется инжектором, устанавливаемым над устьем скважины.



Шлангокабель



- На устье скважины устанавливается пусковой модуль, обеспечивающий устойчивость конструкции, связь с инжектором и отвод шламов разрушенной породы.
- Отведенные шламы отделяются от отработанной парогазовой смеси с помощью пневмоциклона и дополнительных фильтров.
- Управление осуществляется под контролем оператора. Данное оборудование монтируется на автомобильном шасси.

В составе комплекса имеется компрессорная установка, также смонтированная на автомобильном шасси.

Вода может подаваться из вытеснительных емкостей или отдельным насосом. Для воды из открытых водоемов используется предварительная фильтрация и подготовка.

Колтюбинговые машины также используются в буровых реактивных комплексах с проходческими щитами при сооружении тоннелей различного назначения и при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом.