Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1985, т.105

УДК 622.245.3

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОТЕПЛОВОГО СПОСОБА БУРЕНИЯ

В.С.ЛИТВИНЕНКО, В.К.ЧИСТЯКОВ, Г.С.БРОДОВ

Одним из перспективных направлений создания и освоения новых комплексов высокопроизводительных технических средств для бурения скважин в сложных горно-геологических условиях является разработка принципиально новых способов разрушения горных пород, отличающихся как видом используемой энергии, так и характером передачи ее в массив породы на забое скважины. Анализ результатов многочисленных экспериментальных исследований и практических разработок, выполненных в последние годы в этом направлении, позволяет считать наиболее реальным и эффективным использование при бурении тепловой энергии для нагрева пород в зоне забоя с целью существенного снижения их прочностных свойств для последующего механического разрушения или непосредственного разрушения в результате возникающих термических напряжений или агрегатных изменений в тонком призабойном слое [I, 3, 4].

Специфика условий разупрочнения горных пород при повышении их температуры определяет эффективность их разрушения как под действием возникающих при нагреве термических напряжений, так и в процессах плавления или испарения, позволяя обосновать выбор теплового энергоносителя, рабочий уровень его температуры и метод передачи тепла породе. Условия, благоприятные для разрушения горных пород за счет возникающих в них термических напряжений, возникают при температурах 400-800 ^{0}С при наличии существенных различий величин коэффициента теплового расширения составляющих породу отдельных минералов и компонентов. Температура плавления большинства горных пород II00-I600 ^{0}С, исключение составляют породы, при нагреве которых образуются тугоплавкие компоненты. Так, известняк при температуре 895 ^{0}С разлагается с образованием тугоплавкого оксида CaO, при этом поглощается I785 кДж/кг тепла, что приводит к низкой эффективности процесса плавления в этих условиях.

Практический интерес для бурения скважин значительной протяженности представляет использование различных электронагревательных устройств для получения тепловой энергии непосредственно в зоне забоя скважины, что позволяет до минимума снизить потери при передаче с поверхности требуемой мощности. Передача породе в призабойной зоне скважины преобразуемой из электрической тепловой энергии в общем случае может осуществляться контактной теплопередачей, конвекцией жидкостного или газообразного теплоносителя, а также излучением. Многофакторные особенности происходящих при этом про-

цессов тепло- и массопереноса затрудняют возможность полного и точного их математического описания и исследования для определения взаимосвязи основных режимных параметров и их влияния на основные технико-экономические показатели, характеризующие эффективность нового способа бурения в конкретных горно-геологических условиях. Поэтому важным направлением исследования различных методов нагрева горных пород и последующего их разрушения при тепловом способе бурения являются экспериментальные.

Для предварительной оценки эффективности различных технологических вариантов теплового способа бурения скважин, в первую очередь термомеханического и бурения плавлением, проверки и уточнения математических моделей и полученных на их основе приближенных расчетных зависимостей для определения основных режимных параметров, а также для уточнения требований к разработке специальных технических средств на кафедре технологии и техники бурения скважин ЛГИ с учетом результатов [I, 4] создан экспериментальный стенд. С его помощью предполагается провести комплекс исследований для выработки оптимальных критериев расчета и проектирования технических средств и технологических параметров бурения. Выделены следующие проблемы:

I) тепло- и массопередача в зоне забоя скважины;

2) энергоемкость термического и термодинамического способов разрушения горных пород;

3) характер движения расплавов горных пород при высоких температурах;

4) избирательность способов разрушения к свойствам горных пород;

5) термодинамические условия формирования на стенках скважины остеклованного слоя застывающего расплава и регулирование его физико-механических свойств;

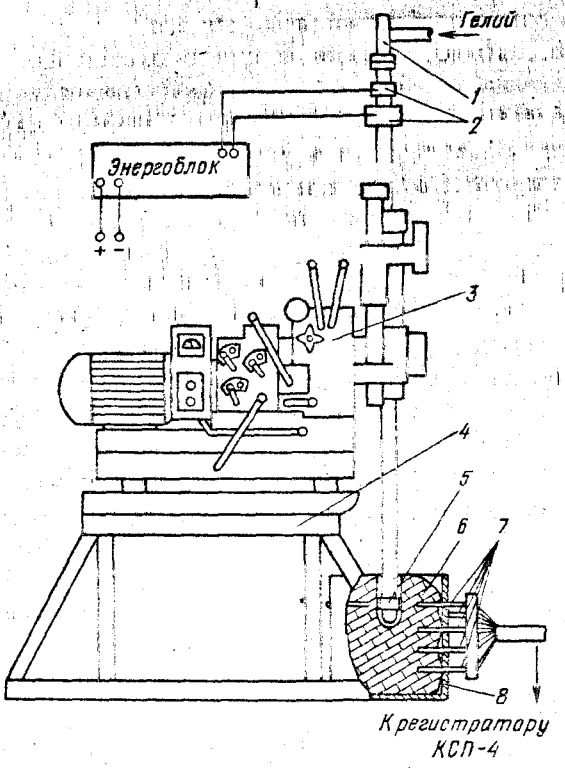
6) условия охлаждения призабойной зоны скважины;

7) характер выноса застывших продуктов разрушения различными циркулярными агентами;

8) отбор специальных тугоплавких, теплопроводных и изоляционных материалов, разработка их конструктивного соединения.

Основная часть стенда (см. рисунок) - смонтированный на опорной сварной раме 4 буровой станок 3 типа БСК-2М2-100 с гидравлическим регулятором подачи, который служит для создания осевой нагрузки на рабочую часть (пенетратор) электротермического снаряда 5. Для исследования распространения тепла по оси скважины и в глубь массива стенд снабжен термодатчиками 7. Изменение температуры и проходку фиксирует самопишущий потенциометр КСП-4. В верхней части снаряда закреплено устройство I с каналом, позволяющим вводить гелий для обеспечения работы нагревателя в инертной среде и охлаждения снаряда. Электрический ток к нагревателю передается через переходник 2 по наружной и внутренней трубам снаряда. Исследования проходят на блоке горной породы 6. Такая конструкция стенда позволяет проводить исследования различных способов разрушения горной породы с использованием тепловой энергии.

Для исследования способа бурения-плавления горных пород в разборный кожух 8 стенда устанавливают образец горной породы, электротермический



Экспериментальный стенд для исследования электротеплового способа бурения.

снаряд закрепляют в патроне вращателя станка. При подаче электрического тока через наружную и внутреннюю трубы снаряда на нагреватель сопротивления, находящийся в гелиевой среде внутри тугоплавкого корпуса, происходит высокотемпературный нагрев корпуса. Затем, не прекращая нагревания и подачи гелия, при помощи гидравлической системы станка создают осевую нагрузку на пенетратор. Происходит бурение-плавление. Система термодатчиков, закрепленных в блоке горной породы, позволяет регистрировать изменение температуры образца в радиальном и осевом направлениях.

Техническая характеристика стенда:

Наибольшее усилие подачи вниз, кН	12
Рабочий ход, мм	0–500
Диаметр наружной трубы снаряда, мм	До 42
Наружный диаметр пенетратора, мм	До 114
Создаваемая температура, К	1500–1800
Мощность нагревателя, кВт	До 10
Тепловой поток пенетратора, $Мвт/м^2$	До 2
Вес стенда без электрической части, кг	1300

На стенде могут проводиться исследования на образцах пористых (туф) и плотных (диабаз) пород.

Для бурения-плавления по пористым породам применяют электротермический снаряд с уплотняющим (консолидационным) пенетратором. Расплавляя пористую породу, пенетратор обеспечивает затвердевание всего расплава в остеклованном слое на стенках скважины. Снаряд для плотных пород включает в себя пенетратор экструзионного (выдавливающего) типа. Расплав удаляется в форме охлажденных шариков, стержней или нитей потоком охлажденного газа. Электротермический снаряд может также состоять из пенетратора для бурения-плавления с отбором керна как консолидационного, так и экструзивного типов, конструкции которых характеризуются наличием кольцевого нагревателя.

Нагреватель сопротивления, выполненный из пиролитического графита, излучающий энергию корпуса пенетратора, выполненного из жароупорного металла, работает в корпусе, заполненном гелием, и может передавать тепловые потоки до 2 МВт/м^2. Применение такого нагревателя в электротермическом снаряде позволяет получать на стенде температуры, превышающие на несколько сотен градусов температуру плавления исследуемых образцов горных пород.

Анализ полученных на стенде данных позволяет определить рациональные параметры бурения сплошным забоем и кольцевым с отбором керна, надежность и устойчивость нагревательных устройств, оценить работоспособность их отдельных элементов, пути совершенствования электротермических рабочих органов и режимов их работы, обеспечивающих наибольшую производительность разрушения при минимальных затратах и получение прочного и монолитного остеклованного слоя на стенках скважины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новые способы разрушения горных пород. Обзор по основным направлениям развития отрасли. Сер. Бурение, М., изд. ВНИИОЭНГ, 1978.

2. Чистяков В.К., Саламатин А.Н., Фомин С.А., Чугунов В.А. Тепломассоперенос при контактном плавлении (Применительно к условиям теплового бурения). Казань, Изд-во Казанского ун-та, 1984.

3. Чистяков В.К. Бурение-плавление горных пород. - Зап. ЛГИ, 1982, т. 93.

4. S i m s D.L. - „Petr.Eng.", 1974, vol.46, N 7.