

РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ В БУРЕНИИ СКВАЖИН

В.В. Барцайкин

Томский Политехнический Университет, г. Томск

E-mail: barcaikin.vladislav@mail.ru

Научный руководитель: Козлова Н.В., ст. преподаватель

В результате научно-технического прогресса возникают новые альтернативные способы использования ресурсов, добычи полезных ископаемых. В статье авторы рассматривают традиционный и инновационный методы бурения скважин, проводят сравнение и оценку этих методов с точки зрения ресурсоэффективности. Описывается электроимпульсный метод разрушения горных пород, разработанный учеными ТПУ.

Ресурсы являются основой промышленного производства. Они формируют вещественный состав выпускаемой продукции, а также обеспечивают производственный процесс. В свою очередь, продукция удовлетворяет нужды и потребности общества. Поэтому благосостояние общества зависит от того, как используются материальные ресурсы. В частности, насколько эффективен процесс добычи природных ресурсов. Переход от экстенсивного к интенсивному типу хозяйствования неизбежно ставит проблему рационального и экономного потребления материальных, в том числе и природных ресурсов перед каждым промышленным предприятием.

Повышение экономической эффективности всегда было коренным вопросом хозяйственной жизни предприятия. Достигается оно с помощью многочисленных факторов, сводящихся либо к увеличению производственного эффекта, например, к росту объемов производства, либо к уменьшению затрат на получение данного производственного эффекта, т.е. снижению себестоимости за счет снижения трудоемкости и материалоемкости производства.

Решающим фактором повышения экономической эффективности является внедрение в производство новой техники и технологий, разработанных с учетом современных требований и предоставляющих выбор альтернативных вариантов производственных процессов. Одним из важных требований, предъявляемых к методам и технологиям, особенно в добывающей промышленности, можно назвать ресурсосбережение и как следствие ресурсоэффективность. В первую очередь это следующие виды ресурсов:

- материальные (как природные, так и созданные человеком средства производства и потребления);
- трудовые (совокупность физических и интеллектуальных способностей человека, используемых в производстве);
- финансовые (для обеспечения капиталовложений);
- временные (ресурсы времени, затраченные на производство единицы продукции) [4, с.40].

Цель работы – рассмотреть механический и альтернативный способы бурения скважин, а также сравнить их ресурсоэффективность.

В мире постоянно возрастает объем разведочного и промышленного бурения скважин различного назначения.

По назначению скважины разделяются на:

1) структурно-поисковые служат для установления литологии, тектоники, стратиграфии местности и оценки продуктивности пластов;

2) разведочные скважины служат для нахождения продуктивных объектов, а также для оконтуривания уже разрабатываемых нефтяных и газонасыщенных пластов;

3) опорные скважины бурятся для изучения геологического строения крупных регионов, чтобы установить общие закономерности залегания горных пород и выявить возможности образования в этих породах месторождений нефти и газа.

4) добывающие скважины. Их назначение заключается в добычи нефти и газа из недр Земли. К ним также относятся:

а) нагнетательные скважины предназначаются для закачки в пласт воды, газа или пара с целью поддержания пластового давления. Чтобы продлить период фонтанного способа добычи нефти;

б) оценочные скважины. С их помощью определяют начальную нефтеводонасыщенность и остаточную нефтенасыщенность пласта;

в) контрольные и наблюдательные скважины служат для наблюдения за объектом разработки, исследования характера передвижения флюидов и изменения газонасыщенности пласта.

Поскольку бурение остается основным видом разведки, необходимо его совершенствовать и удешевлять. Особенно, если принять во внимание, что затраты на проведение буровых работ при разведке и поисках полезных ископаемых составляют значительную часть от общих затрат на поисковые и разведочные работы.

Основной наиболее трудоёмкой и затратной операцией при бурении скважин является разрушение горных пород. Скважина – это направленная цилиндрическая горная выработка в земле, диаметр которой мал по сравнению с её длиной по стволу, сооруженная без доступа человека на забой. Бурение скважин – это процесс, в ходе которого разрушаются горные породы, и раздробленные частицы выносятся на поверхность.

Экономическая оценка бурения геологоразведочных скважин зависит от характеристики (состава) буримых пород, способов бурения и от применяемой техники. Для бурения этих скважин применяются различные, главным образом, механические способы бурения.

Механическое бурение, или бурение скважин породоразрушающими инструментами, это бурение при котором горная порода разрушается в результате механического воздействия (резание, раздавливание, скол, истирание) породоразрушающего инструмента на породу забоя. Разделяют следующие виды механического способа разрушения пород:

- ударное или канатное бурение. Его особенность – большие временные затраты и ограниченная глубина бурения. Заключается в измельчении породы за счет подъема и бросания тяжелого плоского ударного инструмента и ударной штанги, на конце которой привязан канат. По мере углубления ствола скважины, он облицовывается обсадной колонной, для предупреждения обрушения стенок скважины. Этот вид очень трудоёмкий, в настоящее время редко используется;

- роторное бурение. Наиболее распространенный метод при бурении добывающих и разведочных скважин;

- роторно-ударное бурение. Это комбинация роторного и ударного бурения. Роторный бур использует циркулирующую гидравлическую жидкость для управле-

ния механизмом, похожего на большой молот. Он производит серию быстрых ударных толчков, которые позволяют, и бурить и пробиваться сквозь землю;

- электробурение и турбобурение. Обеспечивают большую мощность прямо буровому инструменту за счет установки бурильного двигателя над самим инструментом на забое скважины.

Основным видом бурения при разведке полезных ископаемых в крепких породах является вращательное и ударно-вращательное бурение, до недавнего времени широко использовались шарошечные долота. Сегодня предприятиями используются буровые долота с поликристаллическими алмазными резцами (долота режущескалывающего действия).

Механический способ бурения обладает рядом безусловных достоинств. В первую очередь это возможность отбора образцов пород для их изучения и составления геологического разреза, возможность бурения скважин в заданном направлении, а также благоприятные условия вскрытия и исследования подземных горизонтов.

К недостаткам механического бурения можно отнести:

- износ дорогостоящих рабочих элементов породоразрушающих инструментов, приводящий к необходимости его замены, особенно при бурении крепких и очень крепких горных пород;

- низкий коэффициент использования энергии, уменьшающийся с увеличением глубины скважины, если двигатель расположен на поверхности земли. Этот недостаток привел к созданию забойных двигателей (турбобуров и электробуров), у которых двигатель установлен в скважине над породоразрушающим инструментом;

- низкие скорости проходки скважин;

- особой проблемой является проходка скважин большого диаметра (более 300мм).

Кроме того, бурение скважин долотами любого типа имеет достаточно высокую аварийность, существенно снижающую производительность буровых работ. Можно предположить, что этот недостаток приведет к необходимости проведения исследований по выявлению альтернативных способов бурения, особенно в крепких горных породах. Примером одного из перспективных направлений являются исследования в области шароструйного бурения, проводимые на кафедре бурения скважин ТПУ.

Также в ТПУ ведется поиск других физических «бездолотных» способов разрушения горных пород при бурении, например, электроимпульсный способ бурения скважин.

Полное название этого способа, открытого и разрабатываемого в ТПУ – электроимпульсный способ разрушения твёрдых диэлектрических и полупроводящих материалов. (Свидетельство на открытие № А-122 от 29.04.1998 с приоритетом от 14.12.1961 / А.А. Воробьев, Г.А. Воробьев, А.Т. Чепиков. Закономерности пробоя твердого диэлектрика на границе раздела с жидким диэлектриком при действии импульса напряжения). Способ основан на обнаруженном эффекте превышения электрической прочности жидких диэлектриков и воды над прочностью твёрдых диэлектриков и горных пород при времени до пробоя 10^{-6} с и менее [2, с.79].

Разрушение породы происходит посредством откалывания крупных кусков породы, что обеспечивает высокую эффективность превращения энергии, низкий уровень энергопотребления и большой объем разрушения. Последовательность внедре-

ния заряда на забое контролируется автоматически, что исключает необходимость вращения буровой коронки и других частей механической системы. Все это позволяет изготавливать компоненты бурового устройства из обычной стали. Разрушающая способность буровой коронки рассчитана на не менее чем 1000 м. Форма поперечного сечения скважины может быть различной, в зависимости от расположения электродов на коронке. Особенностью электроимпульсного метода является значительная скорость бурения при увеличенном диаметре скважины.

При подаче высокого напряжения на породу, погруженную, в изоляционную жидкость разряд проходит через эту породу, и разрядная плазма разрушает её. Данный процесс можно определить как электроразрыв породы. Используя этот метод, можно разрушить практически любую породу, за исключением лишь той, что обладает высокой электропроводностью.

Система электроимпульсного (ЭИ) бурения – состоит из трех основных подсистем, таких как само буровое устройство, источники импульсов высокого напряжения и система промывки. Важным фактом является то, что составные компоненты этих систем производятся в настоящее время промышленностью и их производство не требует переналадки существующих технологических процессов. Колонна буровых труб предназначена для спуска буровой коронки на забой, передачи энергии от энергонакопительного элемента к буровому наконечнику и выноса разрушенной породы на поверхность [5, с.231]. Буровой наконечник диаметром 270 мм приведен на рисунке 1.

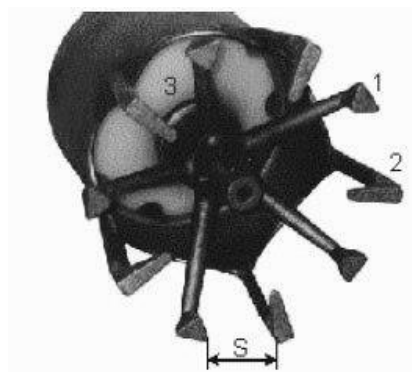


Рис. 1. Буровой наконечник

- 1) – высоковольтный электрод; 2) – заземленный электрод;
3) – изолятор бурового наконечника; S – расстояние между электродами

В литературе приводятся результаты эксперимента, проведенного в НИТПУ Важовым Владиславом Федоровичем и группой других ученых на разрушение горных пород механическим и ЭИ методом. Был разработан образец бурового наконечника, совмещающий в себе электродную систему для ЭИ разрушения и резцы для механической обработки всей поверхности забоя. Диаметр наконечника – 200 мм. Расстояние между электродами 22 мм. Частота следования импульсов – 2 имп/с. Конструкция бурового наконечника предполагает первичное разрушение горной породы электрическими разрядами, а вторичное – резание её механическими резцами. Высота резца 6,0 мм. Сила давления на наконечник составляла 7200 Н. В качестве жидкости использовалась деионизованная вода. Количество воздействующих импульсов, разрядные напряжения и токи фиксировались осциллографом Tektronix.

При механическом бурении образуется скважина диаметром 200 мм. Глубина разрушения за один оборот образца составила для песчаника 1 мм, для гранита 0,14 мм, что в 7,14 раза меньше, чем для песчаника в связи с высокой механической прочностью гранита.

ЭИ бурение осуществлялось на тех же образцах песчаника и гранита, что и при механическом бурении. Осевое давление на буровой наконечник отсутствовало, что исключало механическое разрушение поверхности забоя. Поскольку при ЭИ воздействии на горную породу имеет место существенная шероховатость поверхности, то глубина разрушения оценивалась по средней величине, которая для песчаника составила 3,6 мм, что в 3,6 раза больше, чем при механическом бурении. Для гранита глубина бурения составляет 1,78 мм, что только в 2 раза меньше, чем для песчаника. А глубина бурения увеличилась в 12,7 раз.

Комбинированное бурение проводилось на тех же образцах после выравнивания поверхности механическим способом и при тех же условиях, которые отмечены выше. Глубина комбинированного бурения за один оборот образца для песчаника составила 5,7 мм, что в 5,7 раза больше, чем при механическом бурении, и в 1,58 раза больше, чем при ЭИ бурении. Для гранита глубина комбинированного бурения составила 2,95 мм, что в 1,93 раза меньше, чем для песчаника. Но в сравнении с механическим бурением глубина возросла в 21,1 раза, а при сравнении с ЭИ бурением – в 1,66 раза, что ещё раз подчеркивает меньшую зависимость ЭИ составляющей комбинированного бурения от механической прочности горных пород.

Процесс бурения скважины ЭИ методом включает в себя такие основополагающие шаги как проходка (разрушение) породы, вынос разрушенных кусков на поверхность. Разрушенная порода выносится с помощью жидкости, которая часто используется для выноса породы в горных выработках. Такая жидкость должна быть электрически изоляционной, но может быть различной по составу, включая обычную воду.

Область применения ЭИ бурения это бурение геотермальных скважин, глубоких скважин на нефть и газ, скважин под опоры мостов и вентиляционных шахтных скважин. Может применяться для геологической съемки и разведки, в строительстве и горнопроходческих работах, для бурения в крепких и очень крепких горных породах, а также в мерзлом грунте. ЭИ способ бурения может применяться там, где существует затрудненность по передаче вращательного движения породоразрушающему инструменту и шахт диаметром 5 м и более. Опытная установка была испытана в полевых условиях в различных регионах и на различных горных породах. Оборудование показало более высокую эффективность по сравнению с обычными механическими методами. Это выразилось в таких показателях как снижение временных затрат на замену буровой коронки и как следствие, увеличению производительности проходки скважин.

Основные преимущества метода ЭИ бурения включают следующее:

- преобразование электрической энергии конденсаторов в механическую работу разрушения происходит непосредственно в разрушаемом материале без промежуточных этапов, обеспечивая высокую производительность и низкое энергопотребление;
- возможность концентрировать высокую энергию на забое и контролировать её в зависимости от условий бурения;
- буровой наконечник является износостойким, нет необходимости в его за-

мене. Это приводит к увеличению технической и промышленной скорости бурения, снижению стоимости работ (другие способы требуют приблизительно половины стоимости работ на буровое оборудование);

- нет необходимости во вращение буровой колонны и породоразрушающего инструмента, что исключает потерю энергии вследствие трения буровых труб о стенки скважины. Возможно использование тонкостенных (полимерных и композитных) труб;

- ЭИ бурение осуществляется без вращения бурового снаряда, а разрушение поверхности забоя происходит за счёт автоматического саморегулирования траектории канала разряда между электродами бурового наконечника.

К недостаткам данного метода относится работа с высоким напряжением (свыше 200 кВ), получаемые вследствие взрыва шероховатые стенки скважины, а также крупные куски шлама. Кроме того, технология ЭИ бурения находится пока на стадии разработки.

Данной технологией активно интересуются за рубежом. Так в Норвежском университете науки и технологии (г. Трондхейм) рассматривалась возможность применения ЭИ разрушения горных пород при бурении геотермальных скважин. Было подсчитано, что порядок величины затрат мог бы составить 100 евро за 1 м (в ценах 2010г.) для скважины глубиной 6000 м и диаметром около 50 см. При таких условиях цена геотермальной энергии на устье скважины составит 1 евроцент за 1 кВт/час. Бурение таких скважин механическим способом не эффективно вследствие высокой стоимости получаемой энергии.

Обобщая сказанное, следует отметить, что наличие альтернатив, возможность выбора способов и методов производства позволяют найти оптимальный вариант, снизить издержки и повысить тем самым ресурсоэффективность производства или проекта.

Список использованной литературы.

1. Брылин В.И. Бурение скважин специального назначения: Учебное пособие. – Томск: Изд – во ТПУ, 2006. – 255 с.
2. Вазов В.Ф., Гафаров Р.Р., Дацкевич С.Ю., Журков М.Ю. Электроимпульсный пробой и разрушение гранита. Изд-во ТПУ, 2009.
3. Воробьев А. А. Разрушение горных пород электрическими импульсными разрядами. – Томск: Изд-во ТГУ, 1961.–150 с.
4. Дульзон А.А., Ушаков В.Я., Чубик П.С. Ресурсоэффективность – основа устойчивого развития цивилизации // Известия ТПУ. – 2012. – Т.320. – С. 39-46.
5. Сёмкин Б.В., Усов А.Ф., Курец В. И. Основы электроимпульсного разрушения материалов. Спб.: Наука, 1993 – 276 с.
6. Протасов Ю.И. Разрушение горных пород. – М.: Изд – во МГТУ, 2009.– 453 с.
7. Уваков А.Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.
8. Штрассер В.В. Исследование процессов разрушения горных пород ударами шаров, 1966. – 217 с.