

БУРЕНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

УДК 622.24

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

К.И. БОРИСОВ

Излагаются результаты лабораторных исследований динамики процесса резания горных пород, моделирующих работу породоразрушающего инструмента режуще-скалывающего действия. Относительная уникальность методики организации и проведения экспериментальных работ по резанию горных пород позволила достоверно установить ряд новых количественных зависимостей между основными характеристиками процесса резания: силами резания, скоростью резания и глубиной срезаемого слоя породы. Приведенная интерпретация полученных данных свидетельствует о целесообразности продолжения разработки качественно нового критерия оценки эффективности работы режущих элементов в процессе разрушения горных пород инструментами режуще-скалывающего действия.

Общеизвестно, что силовые характеристики взаимодействия единичного породоразрушающего элемента режуще-скалывающего действия в динамике значительно отличаются от статических показателей. Качественно это можно объяснить изменением силового равновесия с началом движения элемента — дополнительно появляется так называемая "сила резания". В начальный (переходный) период от статического процесса вдавливания элемента в горную породу к установившемуся динамическому перемещению за счет потери силового равновесия происходит постепенное дополнительное его внедрение в породу на определенную величину — до наступления нового динамического силового равновесия.

Данный факт обнаружен экспериментально и представлен в работах В.С. Владиславлева [1] и частично описан в аналитическом виде в работах С.С. Сулакшина и автора [2,3].

Завершение переходного периода внедрения единичного элемента режуще-скалывающего породоразрушающего инструмента определяет величину "установившейся стружки", снимаемой им с разрушаемой горной породы. В свое время важность фактического обнаружения и какого-либо аналитического описания переходного периода резания горных пород определялась длительной "исторической" дискуссией по методикам аналитического количественного описания эффективности резания в зависимости от силовых параметров резания — осевой нагрузки, силы резания, и от геометрии режущего элемента. Кстати, и до сего дня, вследствие сложности реальных процессов разрушения пород при резании, количественное прогнозирование его результатов — толщины снимаемой "стружки", — является практически неразрешенной задачей.

В контексте вышесказанного представляется интересным, на наш взгляд, экспериментальное изучение и аналитическая оценка количественных взаимоотношений между силовыми характеристиками внедрения при резании горных пород — осевая сила на породоразрушающий элемент, сила реакции породы, сила резания, силы трения по контактирующим граням при самых различных условиях резания и типах горных пород.

Контактные давления при резании горных пород, меньшие, чем необходимые для так называемого "объемного разрушения", вызывают обычное абразивное "истирание" пород. При этом взаимосвязь силы резания и осевой нагрузки определяется, очевидно, значением коэффициента трения физической пары "резец — порода" в конкретной жидкой среде. Значительно большие контактные давления, вызывающие процессы реальных объемных нарушений в горной породе при движении единичного породоразрушающего элемента, с большой долей вероятности изменяют количественное взаимоотношение между силой резания и осевой нагрузкой. Их взаимосвязь становится существенно сложнее, и определяется не только коэффициентом трения, но и, условно назовем, "коэффициентом разрушения". Суммарная величина двух последних характеристик определяет величину коэффициента "сопротивления" при резании.

Вполне логично предположить существование некоего оптимального значения коэффициента сопротивления при резании, определяющего наиболее эффективное использование энергии на реализацию процесса разрушения горной породы. Для проверки этого выполнен комплекс экспериментальных лабораторных исследований. Эксперименты проводились по методике "жестко фиксированного реза", моделирующей установившийся режим резания. Методика, подробно ранее изложенная в работах автора [4], позволяет регистрировать силовую картину процесса резания слоя горной породы неизменной глубины.

На первом этапе была изучена взаимосвязь между коэффициентом сопротивления при резании песчаника (образец №4) с твердостью по Шрейнеру равной 174 кгс/мм^2 , и глубиной срезаемого слоя. Скорость линейного перемещения резца составляла во всех экспериментах 5.7 м/с ; передний угол резания равнялся нулю; разрушение породы осуществлялось в блокированных условиях, т.е. по следу предыдущих резов. Результаты измерений, статистически обработанные по стандартным вероятностным методикам, приведены на графике 1.

Зависимость коэффициента сопротивления разрушению от глубины резания

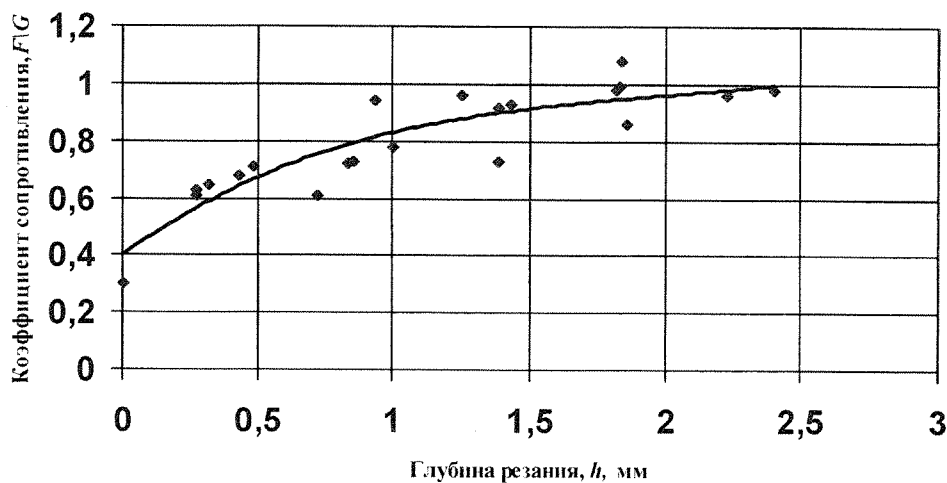


График 1

Графическая зависимость коэффициента сопротивления от глубины срезаемого слоя горной породы подтверждает предположение о том, что количественно его значение не остается неизменным, а увеличивается от величины, определяющей ориентировочно коэффициент трения пары "сталь-песчаник", приближаясь к единице, и, стабилизируясь на этом значении. Предварительно вполне логично сделать вывод о том, что при глубинах резания после 2 мм для данной горной породы процесс разрушения приобретает так называемый "объемный" характер с установившимся значением коэффициента сопротивления равным единице.

Исследования, проведенные для образца другой горной породы, показали подобные результаты.

На данном этапе изучалась взаимосвязь между коэффициентом сопротивления и глубиной срезаемого слоя при резании песчаника (образец № 9) с твердостью по Л.А. Шрейнеру равной также 174 кгс/мм^2 . Однако, упруго-пластические свойства породы несколько отличались от аналогичных свойств песчаника № 5: предел упругости выше на 10 %, чем у образца № 5. Скорость линейного перемещения резца составляла также 5.7 м/с ; передний угол резания равнялся нулю; разрушение породы осуществлялось в блокированных условиях, т.е. по следу предыдущих резов. Результаты измерений, обработанных методами математической статистики, приведены на графике 2.

Зависимость коэффициента сопротивления разрушению от глубины резания

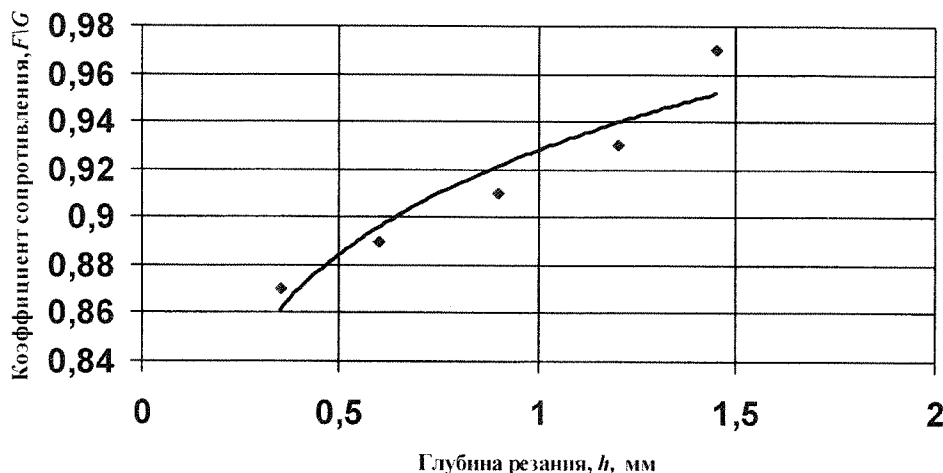


График 2

Графическая зависимость подтверждает тенденцию, обнаруженную ранее на образцах породы № 4: с увеличением "толщины срезаемого слоя", т.е. объемов разрушения при резании, коэффициент сопротивления перемещению резца также растет. Причем, на глубинах резания в 1,5 мм наблюдается тенденция к стабилизации коэффициента с приближением к единице.

Таким образом, возможно считать экспериментально установленным, что установившийся процесс динамического резания горных пород может быть достаточно полно количественно охарактеризован так называемым коэффициентом сопротивления разрушению горных пород K_p . При этом величина данного коэффициента варьирует практически от значения коэффициента трения для изучаемой пары "материал резца – горная порода", когда снимаемый слой породы не превышает долей миллиметра (режим "истирания" породы), до определенной установившейся величины при относительно больших размерах "стружки", когда процесс резания породы предположительно переходит в "объемную стадию". Для исследованных горных пород установившаяся величина слоя, при которой возможно считать достижение объемного разрушения при резании, составила ориентировочно 1,9–2,0 мм.

Установившаяся величина коэффициента сопротивления в объемном режиме резания горной породы может служить неплохим количественным критерием оптимальности процесса резания.

В других работах автора [4] был предложен для рассмотрения научной общественности другой количественный критерий объективной оценки сопротивляемости разрушению горных пород в процессе их резания инструментом режуще-скалывающего действия R_k . Иными словами, вместо статической характеристики прочности (твердости) горных пород на вдавливание H_v по Л.А. Шрейнеру, предлагался "динамический показатель твердости пород" для условий процесса резания. По нашему мнению, совокупность двух предлагаемых динамических характеристик процесса разрушения горных пород при резании позволит более полно, а главное, более точно воспроизвести реальное силовое взаимодействие пород и разрушающих их режущих элементов.

Однако, для более полной оценки данных критериев, возможного последующего анализа их работоспособности в сравнении с другими количественными критериями, используемыми в настоящее время в практическом и теоретическом анализе механизма разрушения горных пород при резании, необходимо, естественно, их дополнительное изучение во взаимосвязи с другими факторами процесса резания.

В частности, ранее автором была установлена степенная зависимость выталкивающей силы на резец, снимающий слой постоянной величины, от скорости резания [3]. С увеличением скорости перемещения резца по горной породе, резко возрастают силы резания, необходимые для сохранения "стружки" постоянной величины. Одни авторы это объясняют существованием так называемой "временной" зависимости прочности, другие – инерционными факторами процесса накопления повреждений, распространения трещин (перемещения дислокаций) и завершающего этапа – разрушения горной породы.

В связи с вышеизложенным, представляло интерес провести дополнительное экспериментальное изучение и дать аналитическую оценку количественных взаимоотношений между коэффициентом сопротивления разрушению и значением такого параметра как скорость резания для различных по свойствам горных пород.

В этих целях выполнен комплекс экспериментальных лабораторных исследований. Эксперименты проводились по методике "жестко фиксированного резца", моделирующей установившийся режим резания, и регистрирующей силовую картину процесса резания горной породы слоем постоянной глубины.

На данном этапе была изучена взаимосвязь между коэффициентом сопротивления при резании песчаника, отобранного с одного из нефтяных месторождений Томской области (образец № 4) с твердостью по Л.А. Шрейнеру равной 174 кгс/мм², и скоростью резания. Для исследований использовались стандартные пластины из твердого сплава по ГОСТ 3882-74 формы Г 5108. Скорость линейного перемещения резца изменялась от 5,7 м/с до 80 м/с; передний угол резания равнялся нулю; разрушение породы осуществлялось в заблокированных условиях, т.е. по следу уже выполненных "резов". Результаты измерений, статистически обработанные по стандартной методике, приведены на графике 3.

Зависимость коэффициента сопротивления разрушению от скорости резания

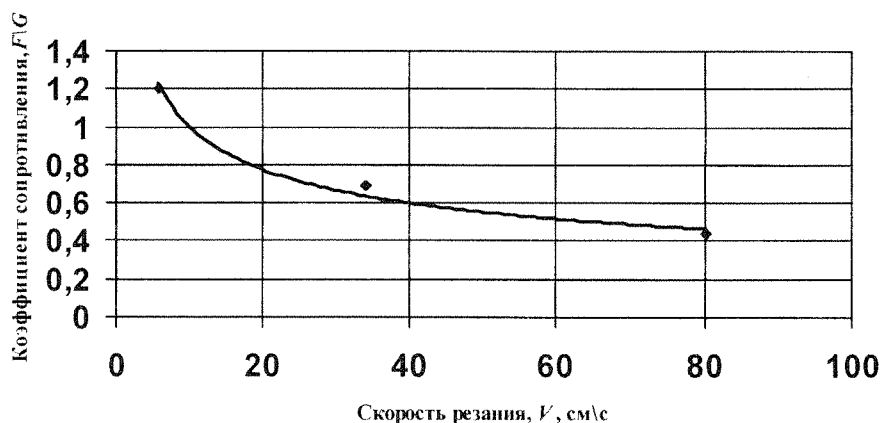


График 3

Графическая зависимость коэффициента сопротивления резанию породы от скорости резания показывает, что количественно его значение не остается неизменным, а уменьшается более чем в два раза в интервале скоростей резания от 5,7 см/с до 80,0 см/с.

Налицо, на первый взгляд, парадоксальный результат: сопротивление внедрению резца в горную породу с ростом скорости резания резко возрастает, а коэффициент сопротивления резанию, т.е. сопротивления перемещению при резании — практически с таким же темпом падает.

Видимо, нет смысла считать, что изменение прочностных характеристик исследуемой горной породы в различных направлениях, вдоль линии резания и вдоль линии внедрения — противоположно по знаку. Ответ на данное противоречие, несмотря на сложность процессов разрушения горных пород при резании, следует искать в различии механизмов статического и динамического трения материалов. Однако это требует дополнительного изучения и проверки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владиславлев В.С. "Теория работы породоразрушающих инструментов" — М.: изд. МГРИ, 1982, С. 76.
2. Борисов К.И. Исследование сил резания горных пород твердосплавными резцами. — В сб. Технология и техника геологоразведочных работ. — М.: изд. МГРИ, Вып. 5., 1982, С. 117—126.
3. Борисов К.И., Сулакшин С.С. Исследование закономерностей разрушения горных пород резцами в динамическом режиме резания. — В сб. Разрушение горных пород при бурении скважин. Т.1. Вып. 3. Уфа, 1982, С. 137—141.
4. Борисов К.И. Определение сопротивляемости породы разрушению при резании. — В сб. Технология и техника геологоразведочных работ. — М.: изд. МГРИ, Вып. 10., 1987, С. 28—30.

УДК 622.24

EXPERIMENTAL NUMERICAL EVALUATION OF THE FORCE CHARACTERISTICS OF FORMATIONS CUTTING

K.I. BORISOV

Committed results of laboratory investigations of the process dynamics formation cutting, modeled of the cutting drill bits. Relatively unique of experimental laboratory methodic formation cutting permitted to real put up a row new numerical relationships between the base characteristics cutting process: cut forces, cut speed and formation cuttings value. Exposed interpretation experimental values showed about necessity of continuation development of the new criteria evaluation of efficiency cut elements while the formation cut process with the cutting drill bits.

УДК 622.244.4:622.245.422

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ ГЛИНИСТОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Н.Г. КВЕСКО

Анализ дисперсного состава порошков, являющихся составляющей частью буровых растворов, традиционно осуществляется методом пипетки Андреазена. Этот метод обладает высокой точностью, но для его проведения требуются большие затраты времени от нескольких часов до суток. Поэтому разработка экспресс-методов для определения гранулометрического состава таких порошков имеет важное значение.

Чтобы сократить время анализа была предложена простая методика, предполагающая использование метода весовой объёмной седиментации с применением весов для получения кривой накопления осадка. Седиментационный анализ проводился в течение 15 минут, при этом снималось 15 показаний приращения веса осадка на весах. Кривая накопления осадка обрабатывалась с помощью специально разработанной программы аналитической аппроксимации.

Роль буровых растворов в процессе ввода скважины в эксплуатацию трудно переоценить. Выполнение специфических функций буровых растворов обеспечивается взаимодействием раствора с проходимыми горными породами, характер и интенсивность взаимодействия которого определяются природой и составом дисперсионной среды. Дисперсный состав твёрдой фазы при приготовлении бурового раствора играет важную роль. Особенно трудоёмкой считается операция по определению дисперсного состава бентонитового глинопорошка или порошкообразного барита, в которых размеры частиц варьируются от 5 до 75 мкм и 10—25 мкм, соответственно.

Традиционно анализ дисперсного состава глин осуществляется методом пипетки Андреазена, который, несмотря на высокую точность, обладает существенным недостатком — весьма ощутимой продолжительностью (от нескольких часов до суток). Поэтому разработка экспресс-методов для определения гранулометрического состава глин всегда актуальна.

Чтобы сократить время анализа была предложена простая методика [1], предполагающая использование метода весовой объёмной седиментации с применением торсионных весов для получения кривой накопления осадка. Осо-