

УДК 620.172.242

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНДЕНТИРОВАНИЯ ЧАСТИЦ ШЛАМА****П. В. Асвинова, И. Н. Степанкин, В. М. Ткачѳв***Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь***Р. Е. Гутман, А. В. Халецкий, Р. В. Асвинов***РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»
БелНИПИнефть, г. Гомель*

Исследовательская работа посвящена изучению физико-механических свойств горных пород, их напряженного состояния, процессов деформирования и разрушения, происходящих под влиянием природных и технологических факторов. Все перечисленные аспекты, изучаемые в специализированном разделе механики материалов – геомеханике, играют важную роль при бурении скважин, планировании стратегии гидравлического разрыва пласта (ГРП) и разработке месторождений природных ископаемых. Объектами геомеханики являются горные массивы со всеми элементами геологического строения и нарушенности в недрах Земли на различных масштабных уровнях и собственно горные породы, составляющие эти массивы. Горная порода рассматривается как геологическое образование твердой деформируемой среды минерального состава с присущей ей плотностью, трещиноватостью и прочностью.

В практике горного дела используются в основном эмпирические и полумэмпирические методы расчета. И в обоих случаях в качестве граничных условий используются данные о прочностных характеристиках горной породы. Она по своей морфологической сущности довольно часто представляет собой композиционный материал, состоящий из мелких частиц, скрепленных природным цементом. Классическим примером такого материала является песчаник.

Для получения достоверных данных при постановке задачи моделирования важно в оперативном порядке получать информацию о свойствах породы на определенном горизонте ее разработки. Одним из наиболее современных направлений диагностики свойств горных пород, позволяющих определять такие параметры, как прочность, модуль упругости и коэффициент Пуассона является индентирование. Первые эксперименты в этом направлении были апробированы Л. А. Шрейнером [1]. Главным недостатком указанного способа определения прочностных характеристик горных пород является неравномерное распределение давления под индентором – плоским штампом. В результате испытываемый слой материала находится в условиях неравномерного сжатия с высоким градиентом сжимающих напряжений в окрестности рабочей поверхности индентора. В настоящее время достаточно результативными являются методики на основе вдавливания индентора переменного сечения, применяемые для оценки свойств отдельных компонентов горных пород [2]. Применение индентора переменного сечения дает возможность для создания равномерного фронта распределения напряжений в испытываемом материале. Анализ напряженного состояния, проведенный с помощью компьютерного моделирования, показывает, что внедрение пирамидального индентора позволяет получить близкий к сферическому фронт распределения главных напряжений.

Для практической реализации описанного взаимодействия между индентором и испытываемым материалом использована новая методика, разработанная для микродюрометрического воздействия на образец горной породы с помощью пирамиды

Виккерса. Как видно из рис. 1, применение непрерывного вдавливания индентора обеспечивает вовлечение в процесс деструктуризации – разрушения определенного объема материала, который на некотором этапе испытаний начинает взаимодействовать с практически всей поверхностью пирамиды. Учитывая, что размеры отдельных составляющих композиционного материала – горная порода – достаточно малы, можно достичь такого уровня взаимодействия, при котором упругая и пластическая (разрушение связей) реакции испытуемого материала будут находиться в постоянном балансе между собой.

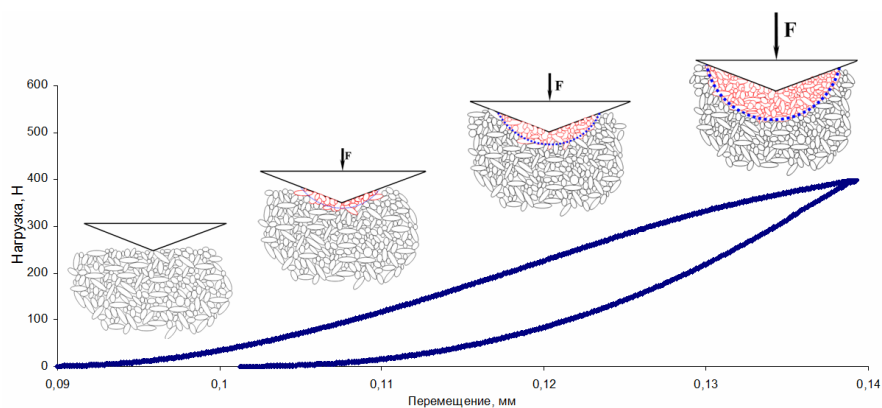


Рис. 1. Изменение морфологии материала горная порода при непрерывном вдавливании индентора переменной сечения

Одним из основных преимуществ разработанной методики является возможность испытаний весьма малых частиц материала, который в процессе бурения в виде шлама выносятся из скважины с буровым раствором. Для практической реализации описанной методики в отношении небольших частиц шлама их размещали в цилиндрическом образце из эпоксидной смолы и после стандартной пробоподготовки подвергали индентированию (рис. 2).

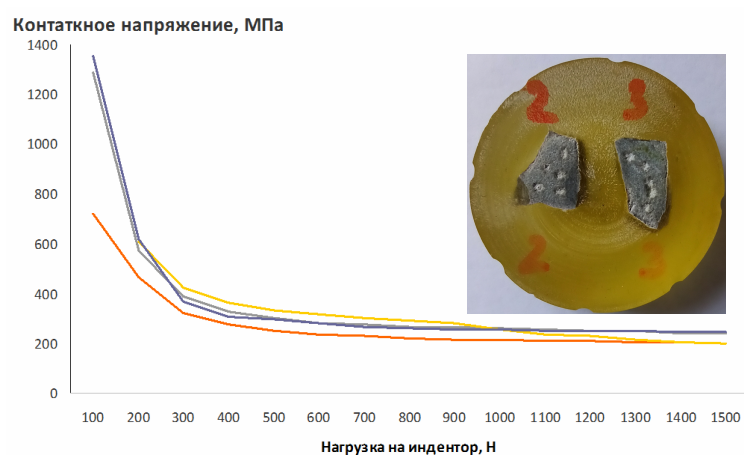


Рис. 2. Зависимости, отражающие изменение контактного напряжения между индентором и испытуемым материалом при увеличении нагрузки на индентор, внедряющийся во фрагменты шлама, полученного при бурении нефтяной скважины

По результатам экспериментов проводили анализ ветвей нагружения и разгрузки диаграммы индентирования для каждого отдельного цикла. Это позволило выделить ту компоненту приложенной к индентору нагрузки, которая была ответственна за пластическую деформацию породы под рабочей поверхностью индентора. По сути, в области, непосредственно примыкающей к рабочей поверхности индентора, формировалась сферическая зона, внутри которой цементные связи между отдельными частицами разрушались и на стадии упругого отторжения тонкая разрушенная область материала уже не воспроизводила упругую реакцию, регистрируемую телеметрической аппаратурой. Последовательное циклическое нагружение материала ступенчато возрастающей нагрузкой позволило получить серию диаграмм индентирования. По результатам их математической обработки строилась итоговая кривая, отражающая изменение контактного напряжения в области рабочей части индентора, контактировавшего с отдельными частицами шлама, закрепленными в образце эпоксидной смолой (рис. 2).

Как видно из рис. 2, при увеличении нагрузки на индентор возрастает площадь контактной поверхности между ним и испытуемым материалом за счет более глубокого внедрения рабочей части в испытуемый материал. Это приводит к снижению контактного напряжения, ответственного за локальное разрушение породы под индентором. При возрастании нагрузки до значений более 1000 Н полученные кривые имеют пологие участки, отражающие постоянную составляющую внешней нагрузки, ответственную за разрушение породы под индентором. Полученные значения находятся в диапазоне 198–244 МПа, что коррелирует с прочностными характеристиками испытуемого материала в условиях его трехосного сжатия.

Л и т е р а т у р а

1. Шрейнер, Л. А. Методы оценки твердости и абразивности горных пород / Л. А. Шрейнер. – М. : Гостоптехиздат, 1959. – 189 с.
2. Оценка прочностных и деформационных характеристик минеральных компонентов горных пород методом микро- и наноиндентирования / С. Д. Викторов [и др.]. // Нанотехнологии и наноматериалы. – 2014. – № 4. – С. 47–55.
3. Способ определения прочности материала: пат. 2721089С1 Рос. Федерация : МПК G01N 3/32 (2020.01) ; МПК G01N 3/40 (2020.01) / И. Н. Степанкин, А. В. Халецкий, В. М. Ткачев, Р. Е. Гутман. – Оpubл. 15.05.2020.

УДК 622.24:622.276(476)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭМУЛЬСИОННЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ВСКРЫТИЯ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД, СКЛОННЫХ К ОСЫПАНИЮ

И. В. Добродеева, Н. В. Шемлей, Д. С. Матвеевко

*РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»
БелНИПИнефть, г. Гомель*

В последние годы разработка нефтяных месторождений в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» ведется преимущественно путем бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин. При этом в условиях низких пластовых давлений эффективность бурения ствола скважины, первичного и вторичного вскрытия продуктивных пластов существенно зависят от параметров и компонентного состава буровых растворов.