

Николаева А.Н.

Студент

4 курс, Инженерная школа природных ресурсов

Национальный исследовательский Томский политехнический

университет

Россия, Томск

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД НА ЖЕСТКОМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

***Аннотация:** В работе изложен порядок определения механических показателей горных пород на сжатие при испытании образцов на жестком электромеханическом оборудовании. В рамках учета жесткости испытательного оборудования разработан метод корректировки диаграмм деформирования горных пород. С этой целью предложено уравнение, описывающее собственную кривую нагружения пресса, для определения параметров которой использовался метод наименьших квадратов. Предложена методика оценки толщины деструктивного слоя, возникающего при изготовлении образцов горных пород, основанная на обработке скорректированной диаграммы деформирования.*

***Ключевые слова:** диаграмма деформирования, жесткость пресса, толщина деструктивного слоя.*

***Annotation:** The work outlines the procedure for determining the mechanical parameters of rocks for compression when testing samples on rigid electromechanical equipment. As part of the rigidity of the test equipment, a method for correcting the deformation diagrams of rocks has been developed. For this purpose, an equation describing the self-loading curve of the press was proposed, to*

determine the parameters of which the least squares method was used. A technique is proposed for estimating the thickness of the destructive layer that occurs in the preparation of rock samples, based on the processing of an adjusted deformation diagram.

Keywords: *the deformation diagram, the rigidity of the press, the thickness of the destructive layer.*

При геомеханическом обосновании безопасных условий ведения горных работ на месторождении полезных ископаемых важная роль отводится определению физико-механических показателей горных пород, полученных в лабораторных условиях с использованием прессовых установок. Для этих целей лучше всего подходит современное жесткое электромеханическое оборудование, позволяющее получать механические показатели в до и запредельной областях деформирования в широком интервале скоростей прикладываемых нагрузок. Как правило, подобные эксперименты осуществляются в режиме контролируемой деформации, подразумевающим постоянную скорость смещения траверс пресса с записью нагрузок и перемещений образца в память персонального компьютера. По результатам эксперимента на сжатие строится полная диаграмма деформирования образца горной породы, по которой, согласно приведенной в работе [1] методике, определяется полный комплекс механических показателей, включающий предел прочности, разрушающую деформацию, секущий и касательный модуль деформации, модуль упругости, модуль спада и удельную энергоемкость разрушения.

В тоже время, в ряде случаев, условия проведения эксперимента, а также поведение образца под нагрузкой исключают использование датчиков деформаций, в результате чего измерение перемещений образца необходимо осуществлять по траверсам пресса. В работе [2] приводится метод, согласно которому, абсолютная деформация образца определяется по формуле:

$$U_{обр} = U_c - U_{ж}, \quad (1)$$

где u_c – общая деформация системы «пресс – образец»; $u_{жс}$ – деформация испытательного оборудования, обусловленная его жесткостью.

В рамках разработанного метода собственную кривую нагружения прессы предлагается аппроксимировать уравнением

$$F = K \frac{u_{жс}^2}{u_{жс} + u_l}, \quad (2)$$

где F – нагрузка; K – жесткость «идеального» прессы, не имеющего люфтовых смещений; u_l – суммарная величина люфтовых смещений в узлах «реального» испытательного оборудования.

Согласно уравнению (2), деформация испытательного оборудования, учитываемая уравнением (1), определяется выражением:

$$u_{жс} = \frac{F + \sqrt{F^2 + 4KFu_l}}{2K}. \quad (3)$$

Для определения параметров K и u_l преобразуем уравнения (2) до вида:

$$\frac{F}{u_{жс}} = K - u_l \frac{F}{u_{жс}^2}. \quad (4)$$

Вводя новые переменные $Y = \frac{F}{u_{жс}}$ и $X = \frac{F}{u_{жс}^2}$, получаем линейное уравнение:

$$Y = K - u_l X. \quad (5)$$

Для определения параметров выражения (5) используется метод наименьших квадратов, позволяющий минимизировать расхождение между экспериментальной и теоретической зависимостями. Иллюстрация к определению параметров K и u_l приведена на рис. 1.

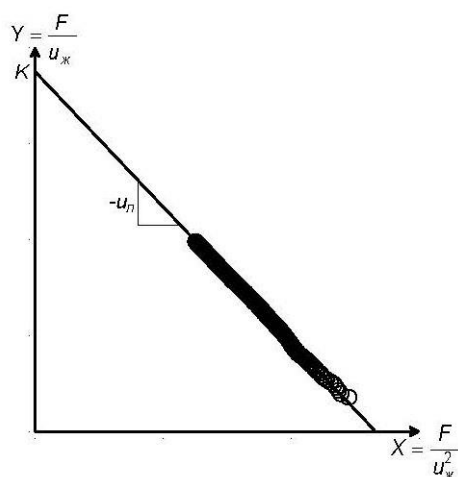


Рисунок 1. Определение параметров аппроксимации кривой нагружения электромеханического прессы

Применение зависимостей (1) и (3) позволяет получать скорректированные диаграммы деформирования, обработка которых значительно повышает достоверность значений механических показателей горных пород.

Одной из характерных особенностей, испытываемых образцов горных пород является наличие деструктивного (нарушенного) поверхностного слоя, образующегося при их изготовлении, толщина которого зависит от таких факторов, как используемый режущий инструмент, прочностная связь между зернами кристаллов, а также размеры самих зерен. В работе [3] указывалось, что именно толщина данного слоя в образцах квазипластичных пород определяет величину масштабного эффекта второго рода. Схематичное изображение деструктивного слоя образца горной породы приведено на рис. 2.

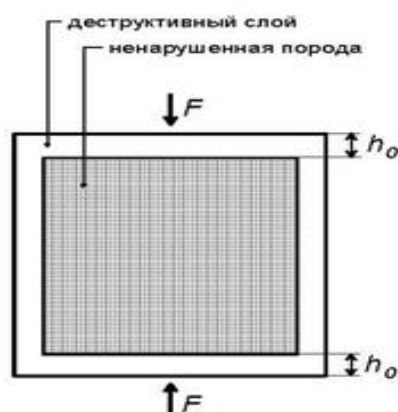


Рисунок 2. Схематичное изображение деструктивного слоя, образующегося при изготовлении образца горной породы

Для оценки толщины деструктивного слоя использовалось аналогичное уравнению (2) выражение, применяемое для аппроксимации начального участка скорректированной диаграммы деформирования

$$F = G \frac{u_{обр}^2}{u_{обр} + 2h_0}, \quad (6)$$

где G – жесткость ненарушенного образца горной породы; h_0 – толщина деструктивного слоя.

На рис. 3 приведена схема определения толщины деструктивного слоя и жесткости ненарушенного образца горной породы по начальному участку скорректированной диаграммы деформирования.

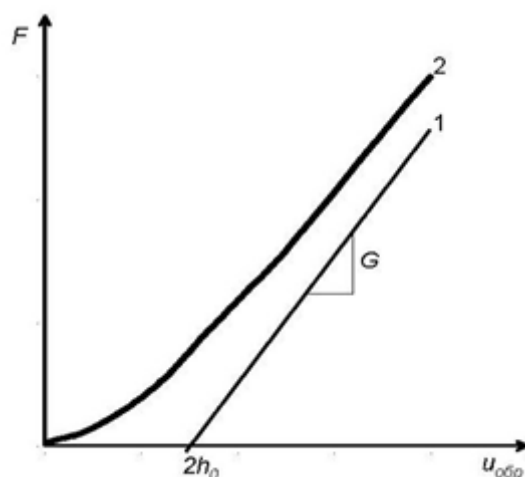


Рисунок 3. Определение толщины деструктивного слоя и жесткости ненарушенного образца горной породы (1) по начальному участку скорректированной диаграммы деформирования (2)

Жесткость ненарушенного образца используется для вычисления «истинного» модуля деформации горной породы в массиве

$$E = G \frac{l_0}{S_0}, \quad (7)$$

где l_0 и S_0 – высота и площадь поперечного сечения образца.

Изложенные методические аспекты экспериментального определения физико-механических показателей горных пород, используемых при

геомеханическом обосновании безопасных условий ведения горных работ на месторождениях полезных ископаемых, необходимо апробировать на предварительных задачах получения данных, используемых в расчетах параметров системы разработки для условий Верхнекамского месторождения калийных солей.

Библиографический список

1. Барях А.А., Асанов В.А., Паньков И.Л. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 199с.
2. Паньков И.Л., Безматерных М.Д. Изучение влияния жесткости испытательного оборудования на деформационные показатели геоматериалов // Сборник материалов 60-й Международной научной конференции «Актуальные проблемы прочности». – Витебск, 2018. – С. 306 – 308.
3. Паньков И.Л., Асанов В.А. Изучение механизма масштабного эффекта при сжатии квазипластичных соляных пород // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук: научный журнал. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2015. – С.273 – 278.