

ОСНОВЫ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Тажибаев Кушбакали Тажибаевич

д-р техн. наук, профессор, заведующий лабораторией, Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, Кыргызская Республика, г. Бишкек

Акматалиева Минажат Сабыровна

научный сотрудник, Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, Кыргызская Республика, г. Бишкек

Тажибаев Данияр Кушбакалиевич

кандидат технических наук, заведующий лабораторией, Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, Кыргызская Республика, г. Бишкек

Basics of polarization-acoustic method of active stresses determination in rocks

Kushbakali Tazhibaev

doctor of technical sciences, professor, head of the laboratory, Institute of Geomechanics and development of bowels NAS KR, Kyrgyz Republic, Bishkek

Minajat Akmatalieva

researcher, Institute of Geomechanics and development of bowels NAS KR, Kyrgyz Republic, Bishkek

Daniyar Tazhibaev

candidate of technical sciences, head of the laboratory, Institute of Geomechanics and development of bowels NAS KR, Kyrgyz Republic, Bishkek

Аннотация. На основе установленной закономерности изменений относительной величины скорости поперечной (сдвиговой) поляризованной волны от механического напряжения предложен метод определения напряжений в горных породах.

Abstract. Method of determining the stresses in the rocks on the basis of established regularity of relative value changes of the velocity of transverse (shear) polarized wave from the mechanical stresses is proposed.

Ключевые слова: горная порода; напряжения; поляризованная волна; волновой модуль напряжения; горная выработка.

Keywords: rock; stresses; polarized wave; the wave module of stress; mining output.

Определение напряжений, в том числе остаточных, в различных технических конструкциях, сооружениях, горных породах – одна из актуальных проблем механики твердых деформируемых материалов. Это связано с тем, что существующие методы (методы полной и частичной разгрузки, рентгенографического анализа, голографической интерферометрии, гидроразрыва, акустической эмиссии, магнитоупругости, фотоупругости и т.д.) определения напряжений трудоемки, имеют невысокую точность, и каждый метод имеет ограниченную область применения и недостатки. Например, метод рентгенографического анализа, хотя и имеет высокую точность, позволяет определять напряжения только вблизи поверхности из-за небольшой глубины проникновения рентгеновских лучей в твердые плотные материалы, а методы гидроразрыва и акустической эмиссии, применяемые в геомеханике, косвенные. При разработке месторождений полезных ископаемых подземным и открытым способом для выполнения инженерных расчетов устойчивости обнажений горных выработок различного назначения, размеров конструктивных элементов систем разработок, обеспечивающих минимальность потерь полезных ископаемых и безопасность ведения горных работ необходимо оперативно и более точно определять напряжения в массиве горных пород.

В настоящее время наиболее актуальной проблемой является точное и надежное определение опасных в некоторых случаях остаточных напряжений в технических конструкциях, деталях механизмов и машин, в горных породах.

Опасность остаточных напряжений состоит в том, что они не проявляются длительное время и не представляют опасность до тех пор пока не будет нарушено их равновесное состояние. При нарушении равновесия остаточных напряжений высокого уровня они обуславливают внезапное динамическое, взрывоподобное разрушение конструкций, горных пород (горные удары). Эти остаточные напряжения можно определять с помощью предложенного поляризационно-акустического метода.

В результате экспериментальных исследований скорости распространения поляризованных волн при разных напряженных состояниях, нами была установлена закономерность изменения относительной величины скорости ультразвуковой поляризованной сдвиговой (поперечной) волны в зависимости от механического напряжения в твердых материалах. Установленная закономерность заключается в том, что изменение механического напряжения в твердых материалах, в том числе в горных породах, приводит к пропорциональному, в зависимости от величины установленной новой характеристики твердого материала – волнового модуля напряжения (название наше) – K , изменению относительной величины скорости распространения ультразвуковой поперечной поляризованной волны в направлении перпендикулярном к направлению действия напряжения [3,4]. Знак и величина напряжений в твердых материалах по определенным направлениям для определенной базы измерения определяются на основе формул, отражающих данную закономерность.

Сущность предлагаемого метода заключается в определении механических напряжений в зависимости от изменения относительной величины скорости поперечной поляризованной волны с учетом волнового модуля напряжения данной горной породы. Действующее в породном массиве напряжение определяется путем создания параллельных плоских поверхностей в горной выработке и прозвучивания промежутка поверхностей, измерения скорости распространения поляризованной поперечной ультразвуковой волны (рис.1) [5].

Как видно из рис.1. для измерения напряжений в массиве горных пород в горной выработке 1 создаются две параллельные плоские щели 2, затем с помощью воздушной подушки 3 к поверхностям щелей прижимаются преобразователи (излучатель и приемник поляризованной сдвиговой волны), которые подключены к ультразвуковому прибору типа УК-10ПМ. С помощью преобразователей определяется время прохождения поляризованной сдвиговой волны через заданную базу измерения и затем рассчитывается скорость распространения поперечной (сдвиговой) поляризованной волны в массиве горных пород. Также необходимо определить волновой модуль напряжения горной породы путем изготовления и

прозвучивания поляризованной поперечной волной призматического образца отобранного из исследуемого участка массива при различных уровнях напряжения. В конечном итоге, исходя из данных скоростей распространения волн для не напряженного и напряженного состояния, а также величины волнового модуля по установленным формулам определяются напряжения по заданному направлению [4].

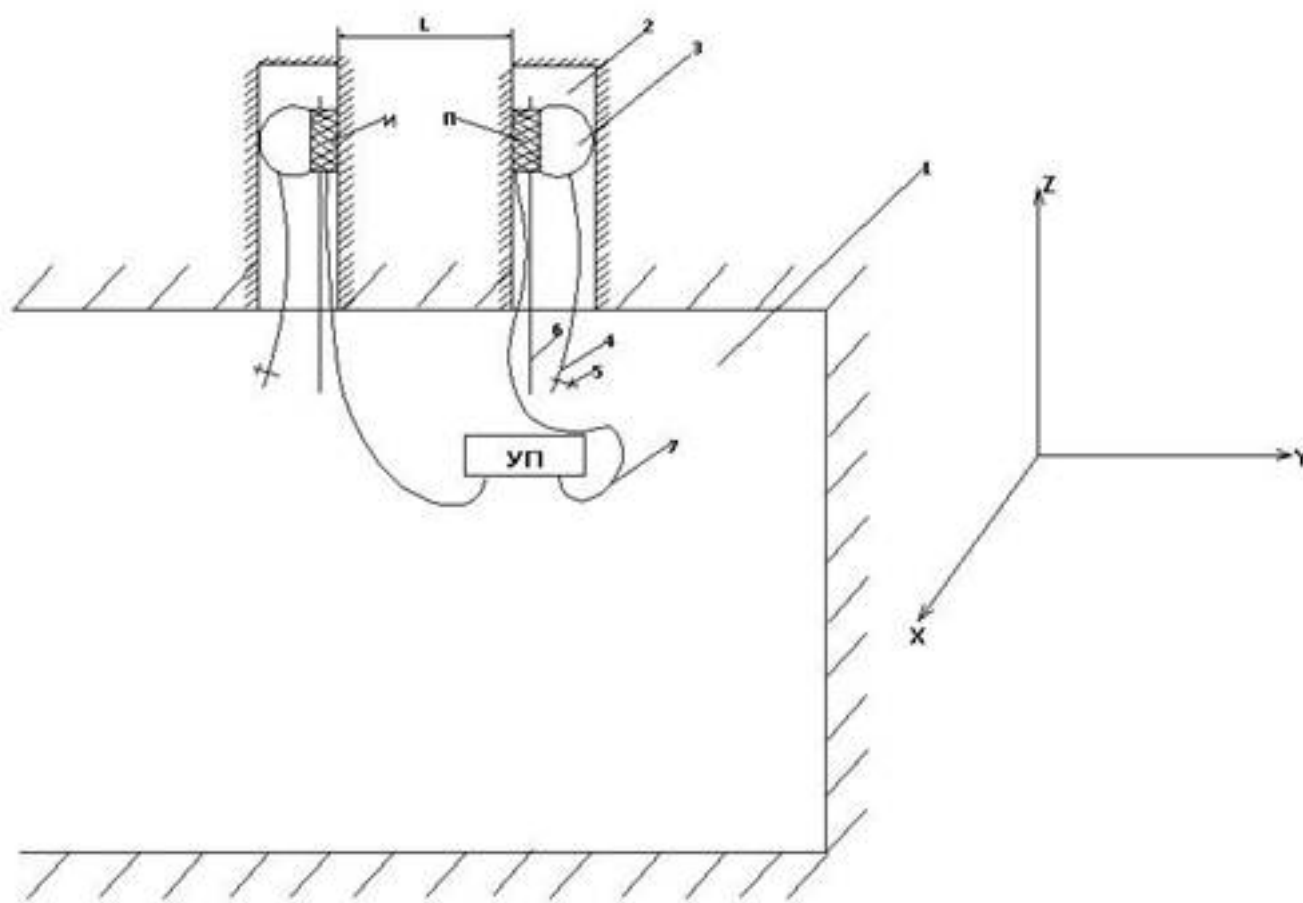


Рисунок 1. Схема измерения действующих напряжений в массиве горных пород:

1- горизонтальная горная выработка; 2- щель; 3- воздушная подушка; 4- шланг; 5- вентиль; 6- досылник; 7- электропровод; И - излучатель поляризованной сдвиговой волны; П - приемник поляризованной сдвиговой волны; УП - ультразвуковой прибор; L - база измерения.

При необходимости контроля напряжения в массиве горных пород измерение скорости распространения ультразвуковой поляризованной волны проводится многократно через определенный интервал времени для постоянной базы прозвучивания.

С целью приспособления плоских преобразователей ультразвуковых волн для измерения напряжений между параллельными скважинами (шпурами) нами разработаны и усовершенствованы конструкции преобразователей сдвиговых волн и контактным поверхностям преобразователей придана цилиндрическая форма.

Ниже, в качестве примера, приводятся результаты сравнения значений фактического

действующего напряжения σ_z , определяемых прямыми экспериментальными измерениями нагружающего устройства (силоизмеритель гидравлического пресса), со значениями действующего напряжения полученными по предлагаемому методу для разных горных пород в условиях их внешнего нагружения (рисунки 2 и 3). В данных случаях в призматических образцах разных горных пород и технических материалов, путем статического одноосного сжатия формировались напряжения сжатия разного уровня и эти напряжения определялись с применением ультразвуковой поляризованной поперечной волны.

Как видно из этих рисунков, значения действующего напряжения, полученные по формуле 1 (поляризационно-акустическому методу), хорошо согласуются со значениями напряжений определенных путем прямых измерений по силоизмерителю пресса.

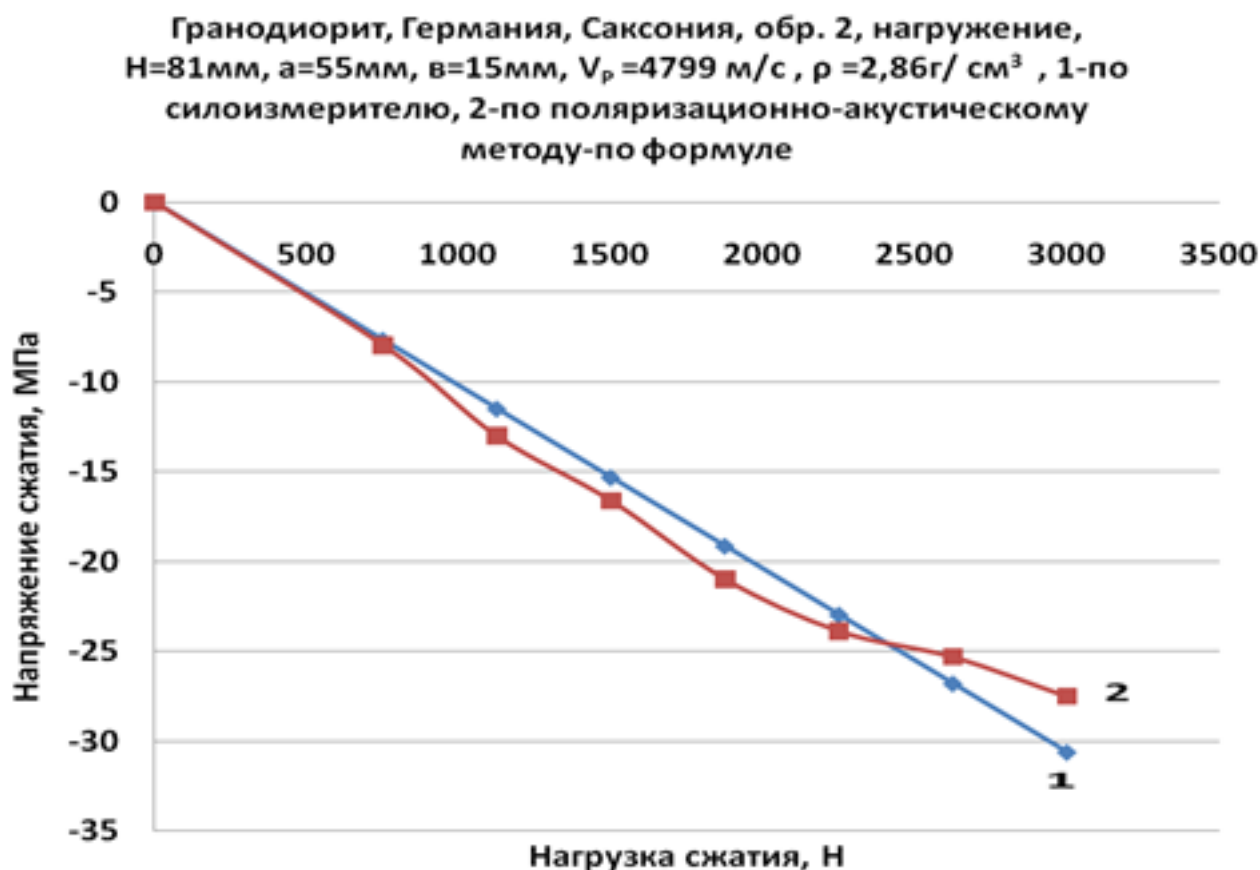


Рисунок 2. Графики вертикальной компоненты действующего напряжения

(1 - по силоизмерителю, 2 - по формуле 1, нагружение, гранодиорит, Германия, Саксония, образец 2)

Мрамор, Токтогул, призма, Н=98мм, а=48мм, в=20мм,
предварительно нагруженный до 952 кгс,нагружение,
1-по силоизмерителю, 2-по
поляризационно-акустическому методу-по формуле

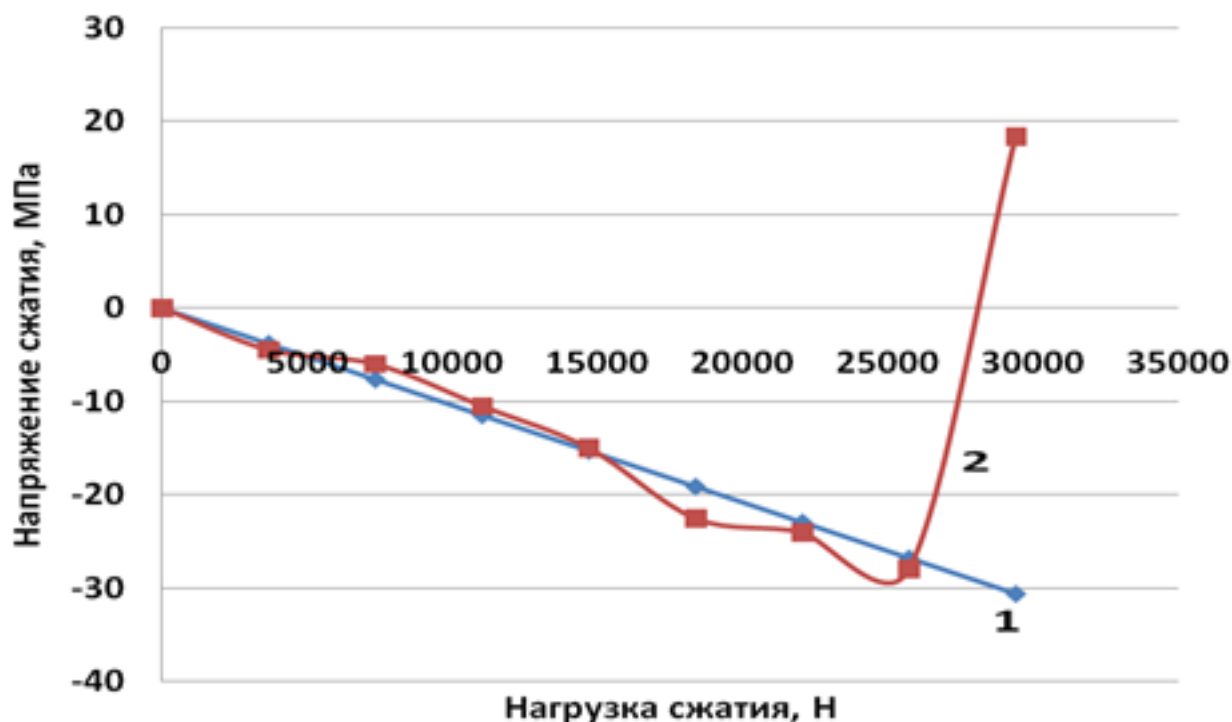


Рисунок 3. Графики вертикальной компоненты действующего напряжения

(1 - по силоизмерителю, 2 - по формуле 1, нагружение, $\sigma_{сж} = 30,66$ МПа, среднезернистый мрамор, Токтогул)

Из рисунка 3 видно, что в момент трещинообразования в конце нагружения резко изменяется напряжение, которое фиксируется предлагаемым поляризационно-акустическим методом.

В пределах упругости имеется хорошая согласованность значений напряжений определяемых по силоизмерителю прессы и с помощью акустического метода для многих горных пород и технических материалов, причем и для случаев разгрузки.

Следует отметить, что определение напряжений, в том числе и остаточных, поляризационно-акустическим методом, стало возможным благодаря основополагающим результатам исследований Ф.Ф. Горбачевича, разработавшего преобразователи сдвиговых волн и акустополярископ [1,2].

В заключении можно отметить, что предложенный поляризационно-акустический метод позволяет оперативно и более точно определять напряжения в твердых материалах, в том числе горных породах, при известных значениях волнового модуля напряжения изучаемого материала. Необходимо также отметить, что по данному методу определяются средние значения напряжений для определенной представительной базы измерения по заданному направлению.

Список литературы:

1. Горбачев Ф.Ф. Акустополарископия порообразующих минералов и кристаллических пород. – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2002. –140 с.
2. Горбачев Ф.Ф. Акустополаризационные измерения характеристик анизотропии горных пород. – Апатиты: Кольский Научный Центр РАН, 1985. –30 с.
3. Тажибаев К.Т. Закон изменения скорости прохождения поляризованной поперечной ультразвуковой волны от напряжения в твердых материалах и его применение // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2011г., том 11, №11, г. Бишкек. – С. 151-156.
4. Тажибаев К.Т., Тажибаев Д.К., Акматалиева М.С. Закономерность изменения относительной величины скорости прохождения ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны от механического напряжения в твердых материалах (закон Кушбакали) /Диплом № 453 на научное открытие от 3 октября 2013 года, г. Москва. Международная академия авторов научных открытий и изобретений, Российская академия естественных наук // Научные открытия - 2013. Сборник кратких описаний. – М.РАЕН, 2014 г. – С. 48-50.
5. Тажибаев К.Т., Акматалиева М.С., Тажибаев Д.К. Способ определения остаточных и действующих напряжений в твердых материалах / Патент Кыргызской Республики: № 1826, зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Кыргызской Республики 29.01.2016 г.