

УДК.622.831

Феклистов Юрий Георгиевич

кандидат технических наук, доцент,
зав. лабораторией геодинамики
и горного давления,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58;
e-mail: feklistov@igduran.ru

**ДЕФОРМАЦИОННЫЙ СПОСОБ
КОМПЛЕКСНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ
НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ
И УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ГОРНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ***Аннотация:*

Цель комплексного способа состоит в повышении эффективности натурных исследований напряженно-деформированного состояния горных и строительных объектов. Суть в совместном использовании измерений трех видов деформаций на кольцевую щель:

1 – частичной разгрузки массива на щель; 2 – полной разгрузки обуренного керна; 3 – навешенных в керне деформаций пошаговой фиксируемой нагрузкой, задаваемой в центральном шуре. Результаты применяют при расчетах физико-механических свойств массива на данном участке, величины и направления действия главных напряжений и в итоге для определения устойчивых параметров объекта.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, деформации разгрузки, кольцевая щель, характеристики, устойчивость

DOI: 10.18454/2313-1586.2017.04.028

Feklistov Yury G.

candidate of technical sciences,
assistant professor,
the head of the laboratory
The Institute of mining UB RAS,
620075, Yekaterinburg,
58 Mamin-Sibiryak st.
e-mail: feklistov@igduran.ru

**THE DEFORMATIONAL MODE
OF COMPLEX DETERMINATION
OF DEFORMED STATE AND STRENGTH
CHARACTERISTICS OF MINING
AND CONSTRUCTION OBJECTS***Abstract:*

The purpose of complex mode consists in increasing efficiency of nature studies of mining and construction objects stressed-deformed state. The essence is in jointed application the measurements of three kinds of deformations on ring slot: 1 – partial rock mass disloading on the slot; 2 – complete kern disloading; 3 – deformations in the kern by on-step fixed load given in central blast hole. The results are applied in calculations physical and mechanic rock mass properties in the given site; the value and direction of principle stresses and as a result for determination the stable object's parameters.

Key words: stressed-deformed state, disloading deformations, the discharge deformation, the ring slot, characteristics, stability.

Введение

В основе расчетов устойчивости конструкций и сооружений, т. е. для сохранения их формы и размеров во времени при подземной, открытой и строительной геотехнологиях, в обязательном порядке заложены параметры напряженно-деформированного состояния (НДС) объектов. Актуальность задачи состоит в определении оптимальной формы, размеров и несущих возможностей элементов систем разработки, бетонной крепи горных выработок, транспортных тоннелей и метрополитенов, а также виадуков мостов, высотных, гидротехнических и других ответственных сооружений.

Решение задачи невозможно без применения конкретных прочностных и деформационных характеристик массива пород или материала объектов при действии нагрузок известной величины и направления.

В настоящее время при исследовании параметров НДС горных и строительных объектов с повышенными требованиями к устойчивости, а значит, к безопасности и эффективности применяют две основные группы способов, которые непременно выполняют в натурных условиях:

1. Геофизические способы основаны на измерении изменений под внешней нагрузкой некоторых свойств горных пород и строительных материалов, например:

электропроводности, радиоактивности, сейсмичности и др. Мобильные и обеспеченные в аппаратурном и методическом отношении способы характерны тем, что, к сожалению, дают только безразмерные соотношения вертикальных и двух горизонтальных напряжений. Количественный тензор главных напряжений рассчитывают с использованием известной величины хотя бы одного из них, которую можно определить с помощью деформационных способов.

2. Деформационные способы определения НДС основаны на измерении деформаций разгрузки участка массива пород или элементов конструкции строительных объектов от действующих в них нагрузок. Эффект разгрузки вызывают образованием полостей: горных выработок, шпуров, скважин, щелей и т. д. Расчет величин напряжений выполняют по известным зависимостям с применением упругих характеристик массива или объекта (модуля упругости и коэффициента Пуассона), которые получают в основном при лабораторных испытаниях образцов породы или материала объекта.

В этой группе известен «Метод частичной разгрузки», в котором деформации измеряют электротензодатчиками, наклеенными вокруг будущего шпура [1]. Недостатками метода являются малая база измерения – длина датчика 20 – 30 мм; сложность наклейки и гидроизоляции датчиков во влажной среде; трудности коммутации датчиков с контрольными приборами; неудобства бурения разгрузочного шпура при наличии проводов.

Хорошо известен «Метод щелевой разгрузки», сущность которого состоит в измерении деформаций между стенками плоской разгрузочной щели в виде полудиска [2]. Деформации разгрузки измеряют с точностью 0,002 мм как разницу расстояний между реперами до и после выбуривания щели шпурами. Информацию о напряжениях получают с участка массива порядка 1 м, что уменьшает влияние разномодульности пород, взаимодействие структурных блоков и остаточных напряжений в них.

К недостаткам метода следует отнести трудоемкость образования щели для измерения деформаций в одном из направлений – горизонтальном или вертикальном. Для получения базы достоверных результатов требуется значительное количество разгрузок, т. е. шпурометров. Упругие характеристики пород, необходимые для расчета напряжений на данном участке массива, получают чаще всего в лабораторных условиях.

Определение параметров НДС объекта по измеренным деформациям разгрузки и упругим характеристикам на одном участке

Целью предложенного способа является повышение эффективности натуральных исследований напряженно-деформированного состояния объектов путем разработки комплексного способа определения его параметров, основанного на применении кольцевой разгрузочной щели [3].

Задачей предложения является разработка и обеспечение комплекса натуральных измерений трех видов деформаций на кольцевую щель: частичной разгрузки массива, полной разгрузки керна и наведенных деформаций в нем от фиксируемой нагрузки для расчета упругих характеристик пород и в итоге определения параметров напряженного состояния объекта.

Технический результат способа заключается в том, что величины и направления действия главных напряжений в объектах устанавливаются поэтапно:

1. Измеряют деформации частичной разгрузки на обуренную кольцевую щель со стороны массива и полной разгрузки в образованном керне.

2. Измеряют наведенные деформации и значения нагрузок, заданных пошагово установленным в центральном шпуре керна прессиомером, по которым рассчитывают упругие характеристики породы в керне.

3. Определяют по известным зависимостям параметры напряженного состояния объекта, используя измеренные деформации разгрузки на этапе 1 и рассчитанные упругие характеристики породы на этапе 2.

Сущность способа поясняется чертежами:

На рис.1а представлены варианты размещения кольцевой разгрузки (в стенках, кровле и забое горной выработки), а также оси координат.

На рис.1б показаны детали выполнения разгрузки: реперы/марки А-А, Б-Б, В-В, Г-Г, установленные в плоскости массива М и реперы/марки а-а, б-б, в-в, г-г, установленные в плоскости керна К, обуренного кольцевой щелью КЩ; Ш – шпур в центре керна; D – диаметр керна, h – глубина керна.

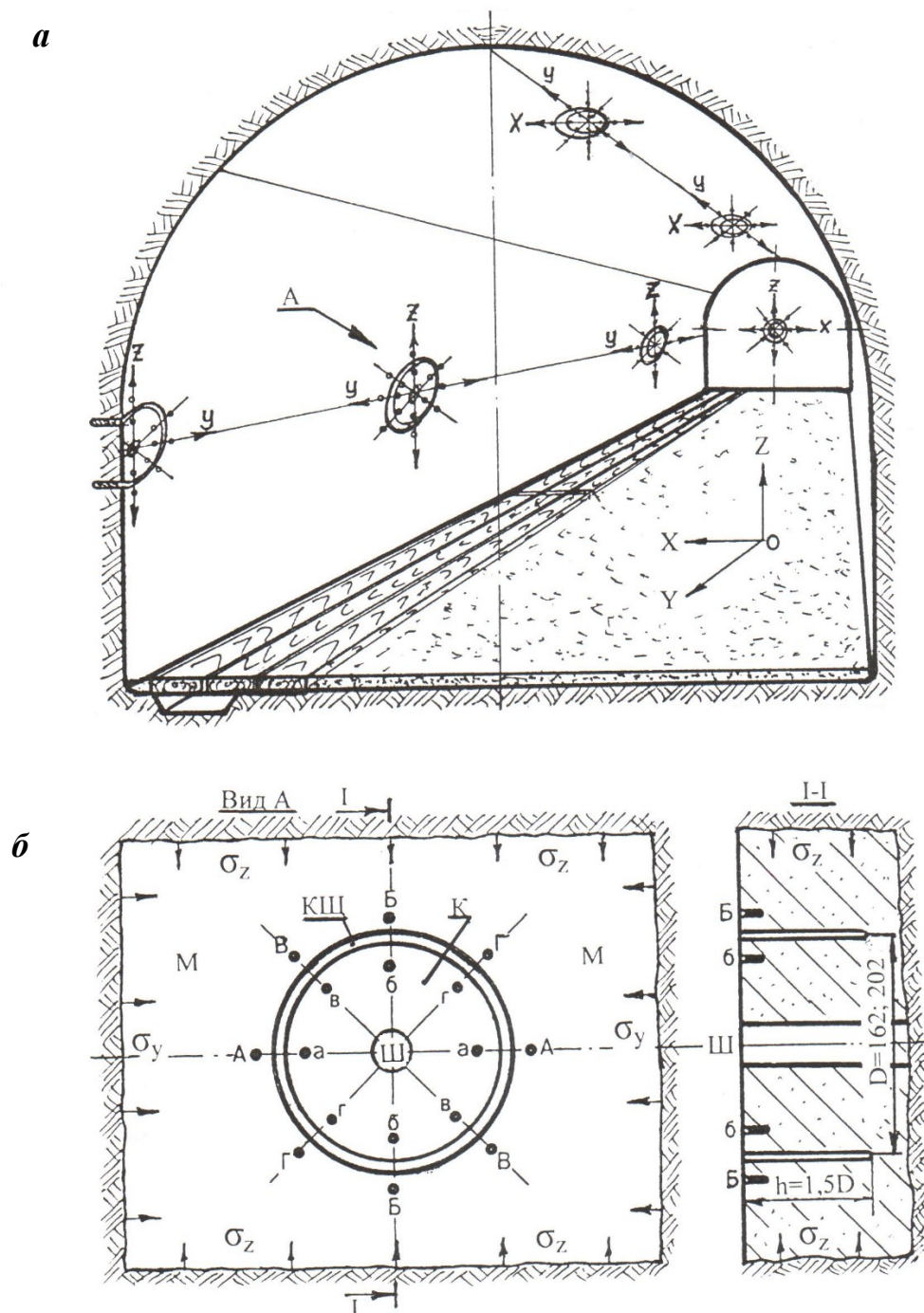


Рис. 1 – Комплексный способ определения НДС объектов геотехнологии
а – варианты размещения кольцевой разгрузки в горной выработке;
б – детали выполнения разгрузки: реперы/марки А-А, Б-Б, В-В, Г-Г в массиве – М,
реперы/марки а-а, б-б, в-в, г-г в керна – К, кольцевая щель – КЩ;
Ш – центральный шпур; D – диаметр керна, h – глубина керна

Реализацию способа выполняют следующим образом

На подготовленном участке выработки, допустим, в плоскости $Z-Y$, аккумуляторной дрелью-перфоратором типа DeWALT сверлят центральный шпур и устанавливают шаблон. По внешней и внутренней окружностям шаблона сверлят отверстия диаметром 6 – 8 мм и запрессовывают в них реперы – трубчатые или прутки с кольцевой канавкой под шарик.

Затем электронным индикатором типа MarCator 1088 с точностью 0,001 мм измеряют расстояния между реперами по линиям **A-A, Б-Б** и т. д., а также по линиям **a-a, б-б** и т. д.

Далее по шаблону алмазной коронкой диаметром 162 или 202 мм и более с помощью электроагрегата типа STIHL обуривают керн на глубину 1,5 – 2 его диаметра.

На обуренную кольцевую щель происходят деформации следующих видов:

- частичной разгрузки со стороны массива, которые фиксируют повторными измерениями по линиям **A-A, Б-Б** и т. д.;
- полной разгрузки в керне, которые фиксируют по линиям **a-a, б-б** и т. д.

Затем в центральный шпур устанавливают зонд гидравлического прессиометра, последовательно задают нагрузку в керне, контролируемую манометром, и пошагово измеряют наведенные деформации по линиям **a-a, б-б** и т. д.

В результате получают тензоры плоской деформации. Таким образом, по измеренным наведенным деформациям и известным нагрузкам в керне рассчитывают упругие характеристики породы, которые на конечном этапе в совокупности с измеренными компонентами тензора деформаций разгрузки используют при расчете по известным зависимостям параметров напряженного состояния объекта: величины и направления действия главных напряжений в плоскости.

Возможен вариант фотофиксации деформаций разгрузки и нагрузки с использованием цифровой камеры с одной установки до и после обуривания щели с последующим определением параметров по программе «Автокад». При этом в качестве реперов можно применить пластиковые дюбели и саморезы с тонкой крестообразной насечкой или маркшейдерские марки.

Новая совокупность существенных признаков и наличие связей между ними, в частности, за счет применения кольцевой разгрузочной щели позволяет получить ощутимый положительный эффект, а именно:

- организационные и финансовые преимущества выполнения натуральных исследований параметров напряженно-деформированного состояния объектов способом разгрузки достигают комплексом взаимосвязанных действий и приемов с одной стоянки оборудования и приборов;
- повышение информативности способа разгрузки за счет единовременной ее фиксации в конкретной плоскости по определенным линиям, которые представляют компоненты тензора плоской деформации;
- снижение трудоемкости эксперимента за счет применения современного автономного бурового оборудования, а также измерительных средств и аппаратуры, что, кстати, исключает использование оборудования заказчика.

Заключение

Предложение относится к подземной, открытой и строительной геотехнологиям и может быть использовано как деформационный способ комплексного определения параметров напряженного состояния и упругих характеристик массива пород, крепи горных выработок, метрополитенов и тоннелей, а также конструкций мостов и гидротехнических сооружений.

Целью предложения является повышение эффективности исследований напряженного состояния объектов путем внедрения комплексного способа определения его параметров, основанного на применении кольцевой разгрузочной щели.

Задачей способа является разработка и обеспечение комплекса натуральных измерений трех видов деформаций на кольцевую щель: частичной разгрузки массива и полной разгрузки керна, а также наведенных в нем деформаций от фиксируемой нагрузки для расчета упругих характеристик пород и в итоге определения параметров напряженного состояния объекта.

Технический результат способа достигают поэтапно с одной стоянки следующим образом:

1. Измеряют деформации частичной разгрузки со стороны массива на обуренную кольцевую щель и полной разгрузки в образованном керне.

2. Измеряют наведенные деформации и значения нагрузок, заданных пошагово прессиометром в центральном шпуре керна, которые используют при расчете упругих характеристик породы в керне.

3. Определяют по известным зависимостям параметры напряженного состояния объекта, используя измеренные деформации разгрузки на этапе 1 и рассчитанные упругие характеристики породы на этапе 2.

Положительный эффект внедрения кольцевой разгрузочной щели достигим за счет организационных и финансовых преимуществ комплекса измерений деформаций с одной стоянки; повышения информативности способа разгрузки путем фиксации компонент тензора плоской деформации; снижения трудоемкости эксперимента применением современного автономного бурового оборудования и измерительных средств.

Литература

1. Влох Н.П. Управление горным давлением на подземных рудниках. Метод частичной разгрузки с наклейкой тензодатчиков / Н.П. Влох. - М.: Недра, 1994. - С. 15 - 19.

2. Влох Н.П. Совершенствование метода щелевой разгрузки / Н.П. Влох, А.В. Зубков, Ю.Г. Феклистов // Диагностика состояния породных массивов: Сб. тр. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1980. - С. 30 - 35.

3. Пат. 2597660 Российская Федерация, МПК G0N1 1/16. Комплексный метод определения напряженно-деформированного состояния объектов геотехнологии / Ю.Г. Феклистов, А.В. Зубков, И.В. Селин, И.В. Бирючев, С.В. Сентябов. - № 2014129352/28, заявл. 16.07.2014; опубл. 24.08.2016, Бюл. № 26