

УДК 622.831.1

А.Н. Соловицкий

## ТОЧНОСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЛЬНОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ БЛОЧНОГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Традиционная методика контроля напряженного состояния массива горных пород маркшейдерским методом базируется на результатах точных измерений [1,2,3]. Блочное представление массива горных пород и контроль взаимодействия блоков требуют иного уровня точности. Поэтому проведение контроля напряженного состояния блочного массива горных пород интегральным методом предлагается поэтапно, что обеспечивает приемственность развития традиционных методов, используемых в геомеханике [1,3].

Интегральный метод контроля напряженного состояния блочного массива горных пород разработан на основе теории сложных динамических систем. Структурное моделирование блоковых структур разных рангов характеризует многоуровневость реализации сложной динамической системы. В данном случае первый уровень – это структурная аппроксимация отдельного блока земной коры.

Состояние динамической системы характеризуется минимальной информацией, которая необходима для определения её выхода при известной функции входа.

Интегральный метод контроля напряженного состояния блочного массива формируется на основе системного подхода, как сложная динамическая система и базируется на комплексе современных измерительных и вычислительных технологий, что принципиально отличает от маркшейдерского метода контроля за состоянием горного массива пород.

Отличительными особенностями интегрального метода контроля напряженного состояния блочного массива в данном случае являются:

- теоретическое обеспечение;
- математическое обеспечение;
- техническое обеспечение сбора, хранения и переработки разнородной информации;
- программное обеспечение оценки напряжений, обусловленных формированием и взаимодействием структур блоков;
- эффективность.

Теоретической основой интегрального метода контроля напряженного состояния блочного массива является исследование фундаментальных гипотез:

- оценка медленных скоростей деформаций земной коры, не приводящих к проявлению геодинамических явлений;
- проверка гипотезы о преемственности новейших движений блоков земной коры в современный период.

Следует отметить, что в нетронутом блочном массиве горных пород не отмечается проявление геодинамических явлений, обусловленных естественными геодинамическими процессами, при скоростях деформации земной коры, оцениваемых  $1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-6}$  в год [4].

Поэтому в системе регистрации контроля напряженного состояния блоков земной коры интегральным методом учиты-

вается их форма и пространственное положение, а также малые скорости деформаций земной коры, не приводящие к проявлению геодинамических явлений.

Построения на ГДП по целевому назначению подразделяются на две группы: однопорядковые и многопорядковые, а по точности – на три. Деление по точности подразумевает степень доверия к полученным результатам, а также продолжительности периода исследований. Чем выше точность, тем достовернее полученные результаты и короче период исследований. Выявление малых скоростей деформаций земной коры, не приводящих к проявлению геодинамических явлений, характеризует чувствительность регистрации взаимодействия блоков на основе повторных высокоточных инструментальных наблюдений, которая оценивается в 0,997. Уменьшение данной величины отношения уменьшает доверительную вероятность. Маркшейдерский метод контроля напряженного состояния массива горных пород характеризуется чувствительностью регистрации вертикальных и горизонтальных движений 0,1-0,2.

Повышение точности основывается на более строгой тео-

Таблица 1

Кажущиеся значения компонент деформации земной коры в районе Саяно-Шушенского ГДП, обусловленные влиянием техногенных изменений гравитационного поля на результаты повторного нивелирования ( $1 \cdot 10^{-6}$ )

№ реперов	Изменение уровня на 46 м (цикл 3)		Изменение уровня на 81 м (цикл 4)	
	$\theta[t-t_0]$	$\gamma[t-t_0]$	$\theta[t-t_0]$	$\gamma[t-t_0]$
6092-6122-6118	+8.4	-0.2	-3.7	+3.0
6130-6118-6119	+7.4	-0.2	+14.7	-3.7
6130a-6130-6119	+0.7	+0.2	+8.2	-0.7
6130a-6119-6038	-0.1	+0.8	-0.6	+0.5

рии, которая требует учёта влияния ранее не исследованных факторов.

Так, результаты повторного нивелирования интегрально регистрируют не только вертикальные движения, но и влияния изменений во времени гравитационного поля. С помощью ПЭВМ по разработанным алгоритмам [4] можно вычислить техногенные изменения нормальных высот, по известным значениям которых можно оценить соответствующие величины компонент деформации земной коры. В табл. 1 приведены кажущиеся значения компонент деформации земной коры  $\theta[t-t_0]$  и  $\gamma[t-t_0]$ , обусловленные влиянием техногенных изменений гравитационного поля на результаты повторного нивелирования в районе Саяно-Шушенского ГДП.

Компоненты деформации земной коры  $\theta[t-t_0]$  и  $\gamma[t-t_0]$  отнесены к центрам тяжести треугольников, образованных реперами высотной сети ГДП.

Для сопоставления величин кажущихся компонент деформаций земной коры в табл. 2 и 3 приведены соответствующие значения, полученные по результатам повторного нивелирования и свободные от влияния техногенных изменений

Таблица 2  
Компоненты деформации земной коры, полученные по результатам повторного нивелирования

№ реперов	3-ий цикл		4-ый цикл	
	$\theta[t-t_0]$	$\gamma[t-t_0]$	$\theta[t-t_0]$	$\gamma[t-t_0]$
6092 6122 6118	+238.9	-0.8	+262.8	-0.5
6130 6118 6119	+75.0	-1.2	+47.8	-1.7
6130a 6130 6119	+36.1	-3.1	+32.6	-2.4
6130a 6119 6038	-75.4	-12.3	+26.2	-0.9

Таблица 3  
Компоненты деформации земной коры, свободные от влияния техногенных изменений гравитационного поля

№ реперов	3-ий цикл		4-ый цикл	
	$\theta[t-t_0]$	$\gamma[t-t_0]$	$\theta[t-t_0]$	$\gamma[t-t_0]$
6092 6122 6118	+230.5	-0.6	+259.6	-0.3
6130 6118 6119	+82.3	-1.4	+62.5	-2.1
6130a 6130 6119	+36.7	-3.0	+40.9	-3.1
6130a 6119 6038	+74.2	-11.5	+25.7	-0.5

гравитационного поля, обусловленных изменением уровня воды в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС.

Результаты, приведенные в табл.1-3, показывают:

-с позиций системного подхода при применении интегрального метода контроля напряженного состояния блочного массива горных пород повышение инструментальной точности сопровождается развитием теоретического обеспечения;

-определение кажущихся компонент деформации земной

поверхности является результатом реализации современных возможностей вычислительной техники и программного обеспечения ранее не использованного для решения задач геомеханики;

-прикладной геодинамический анализ при решении задачи сдвига бортов водохранилища на участке земной коры в районе Саяно-Шушенского ГДП не может быть выполнен без учета влияния техногенных изменений гравитационного поля.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Егоров П.В. Геомеханика /Егоров П.В., Штумпф Г.Г., Ренёв А.А., Шевелев Ю.А., Махраков И.В., Сидорчук В.В. -Кемерово: Кузбассвузиздат, 2001.-276 с.
- Управление состоянием массива горных пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых /Ю.П. Астафьев, Р.В. Попов, Ю.М. Николашин. -Киев; Донецк: Вища шк. Головное изд-во, 1986. - 272 с.
- Турчанинов А.И. Основы механики горных пород/ А.И.Турчанинов, М.А.Иофис, Э.В. Каспарян. -Л.: Недра, 1989.-488 с.
- Соловицкий А.Н. Интегральный метод контроля напряженного состояния блочного массива горных пород / Под ред. П.В. Егорова. –Кемерово: ГУ КузГТУ, 2003. - 260 с.

Автор статьи:

Соловицкий

Александр Николаевич

- канд.техн.наук, доц. каф. маркшейдерского дела и геодезии