

УДК 622.268.2

О.И. Казанин, О.В. Ковалев, А.А. Мешков

**ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ
ЭЛЕМЕНТОВ ГОРНОГО МАССИВА
ДЛЯ УСЛОВИЙ ШАХТЫ «КРАСНОЯРСКАЯ»
ОАО «СУЭК-КУЗБАСС»**

Изложены принципиальные подходы к оценке напряженно-деформированного состояния горного массива, вмещающего угольные пласты, с позиции возможности формирования трещин и провалов на поверхности горных отводов угольных шахт.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, массив горных пород, горно-геомеханические модели, поверхность, трещины.

Оценка механических параметров элементов массива горных пород, определяемых уровнями их напряженно-деформированных состояний (НДС), актуальна для различных месторождений полезных ископаемых – как угольных, так и рудных. Устойчивое состояние элементов горных выработок (кровли, почвы, боков и др.) значимо предопределяет эффективность ведения горных работ на шахтах и рудниках, а соответственно, и целесообразность инвестиционных вложений в добычу конкретного сырья.

Ниже остановимся на методических подходах к рассматриваемой оценке НДС массива, конкретизируя её, например, для условий добычи угля на шахтах Кузбасса, как наиболее представительного в РФ угольного бассейна. Отметим, что упомянутая характеристика Кузбасса, предопределена не только запасами углей, но и применением на шахтах бассейна высокопроизводительного горного оборудования, позволяющего, в частности, формировать горное предприятие, характеризуемое, например, понятием «шахта-лава».

Для данного бассейна остановимся на рассмотрении упомянутой проблемы применительно к условиям шахт ОАО «СУЭК-Кузбасс», отрабатывающих угольные пласты в пределах раз-

личных их свит. В частности, целесообразно рассмотреть, направления подхода к решению задач по оценке НДС массива применительно к шахте «Красноярская» данного объединения. Конкретизация задачи определяется весьма широким спектром решаемых для предприятия горно-геомеханических вопросов. Таковыми являются, например, задачи: по оценке НДС массива в зонах контактов наносов и коренных пород, по оценке НДС горных пород в целиках различного назначения, по оценке НДС в элементах массива в функции скоростей подвигания очистных забоев, по оценке НДС массива, включающего угольные пласты при отработке их в свите, в том числе, с учётом порядка и времени отработки таких пластов и др. задачи.

Методические подходы и выполненные решения по оценке механических состояний элементов массива, реализованные применительно к данной шахте рассмотрены далее. Частным вариантом является, например, изучение НДС массива в зоне контакта: коренные породы – наносы. Отметим, что этот вопрос – его решение – значимо предопределяет механизм развития на земной поверхности шахты так называемых зон «провалов».

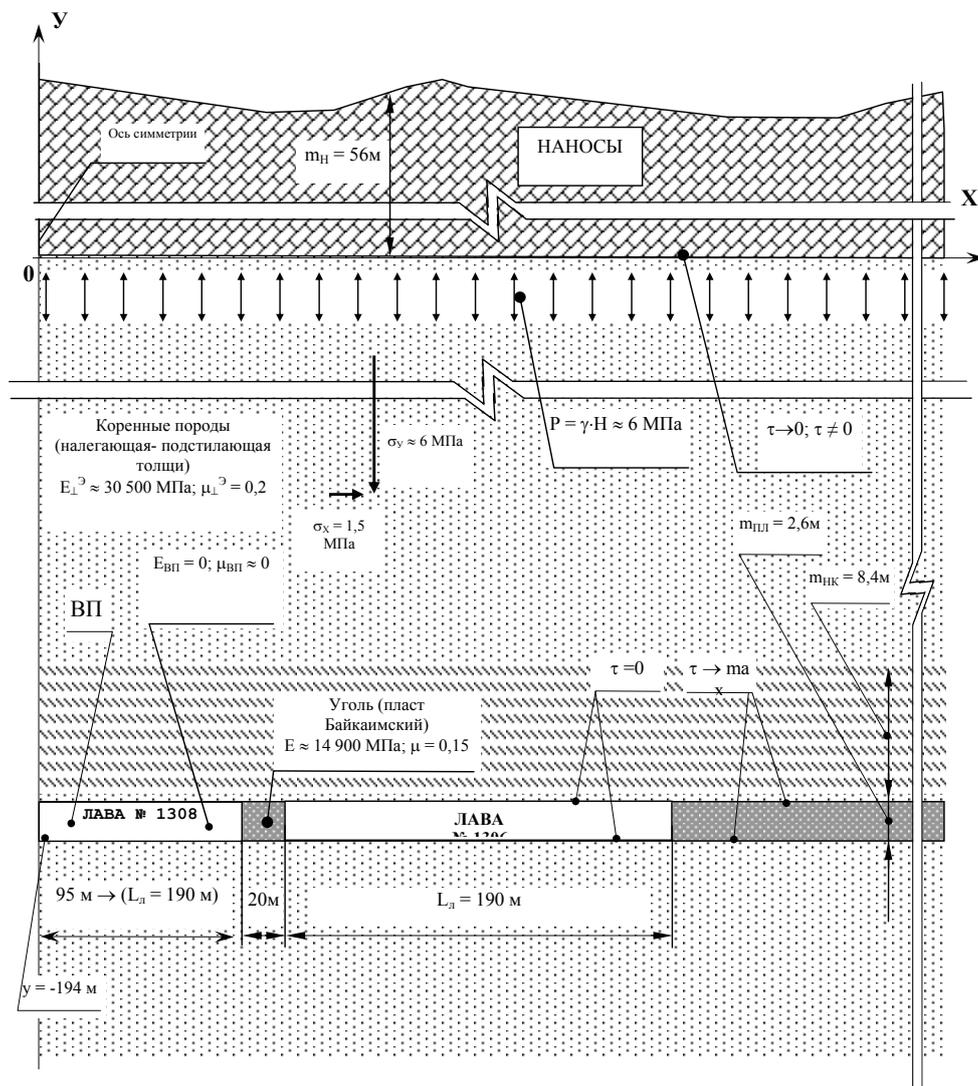


Рис. 1. ГММ(РС) для массива, вмещающего пласт "Байкаимский", отрабатываемый лавами № 1306 и № 1308 на «момент» отсутствия в выработанном пространстве лав № 1308 и № 1306 подпора пород кровли (то есть $E_{\text{ВП}} = 0$)

Кратко характеризуем возможные варианты выполнения оценок НДС массива, определяющие необходимый уровень количественных оценок искомых параметров напряженно-деформированного состояния горных пород в исследуемой зоне.

Напомним, что указанная оценка может быть реализована методами: экспе-

риментальными, экспериментально-аналитическими и аналитическими. Учитывая известные положения о возможности рассмотрения массива горных пород как тела квазисплошного, ниже принят метод экспериментально-аналитического решения задачи. Особенностью этого метода является необходимость обобщения данных натуральных исследований с после-

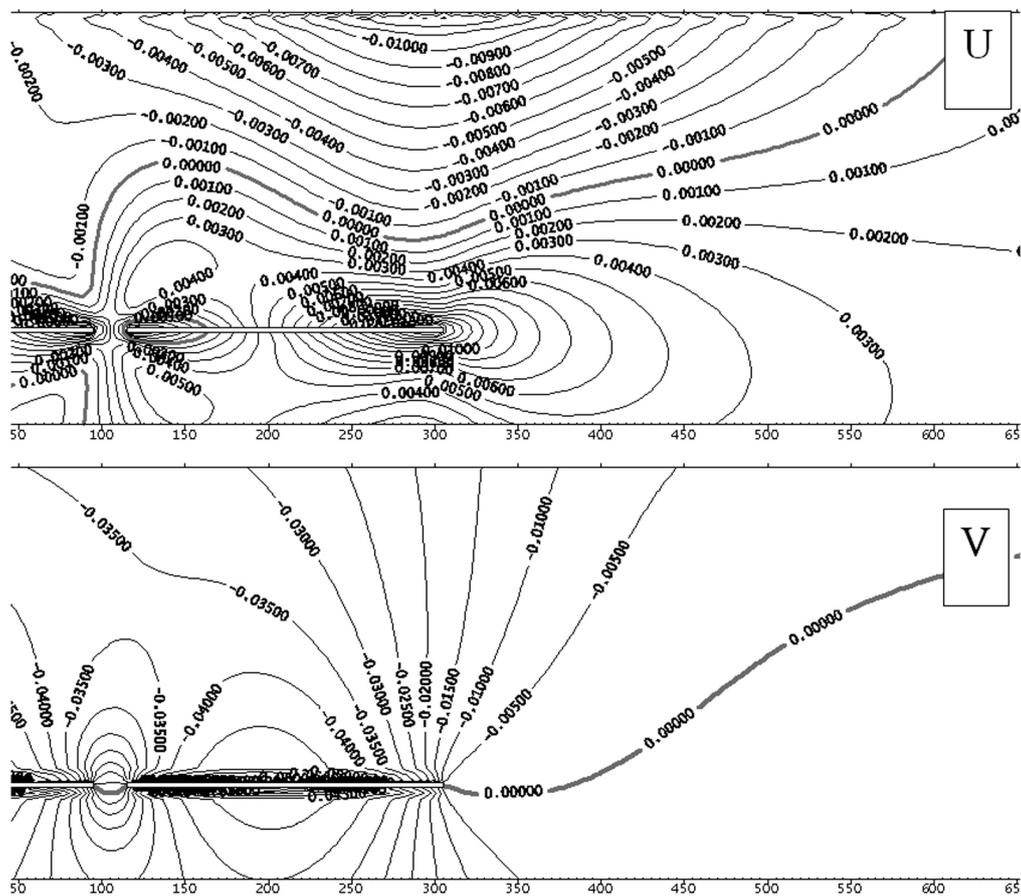


Рис. 2. Поля компонент вектора перемещений U и V , характерные для условий ГГМ(РС)-1. На контакте: наносы –жоренные породы $\tau = 0$

дующим использованием его результатов для построения «горно-геомеханических моделей» (ГГМ) изучаемых объектов и формирования на этой базе «расчётных схем» (РС), для которых разрабатываются соответствующие математические модели. Рассмотренные варианты экспериментально-аналитического метода решения задачи, а именно: МКР (метода конечных разностей), МКЭ (метода конечных элементов) и вариации метода граничных элементов (МГЭ), а также результаты анализа целесообразности применения их в данном случае показали преимущество использования здесь метода МРС (метода разрывных смещений, одной из вариаций

МГЭ). Не излагая подробно методику МРС, обстоятельно рассмотренную, например, в работе [1], отметим лишь следующее. Метод разрывных смещений (МРС) основан на аналитическом решении задачи о бесконечной плоскости, смещения в которой имеют постоянный по величине «разрыв» (на одном «берегу» трещины смещения отличаются от смещений на другом «берегу» на некоторую постоянную величину) в пределах конечного отрезка. Физический аналог данного положения – линейная трещина, противоположные поверхности которой смещены друг относительно друга вдоль всей трещины на постоянную величину. Рассмот-

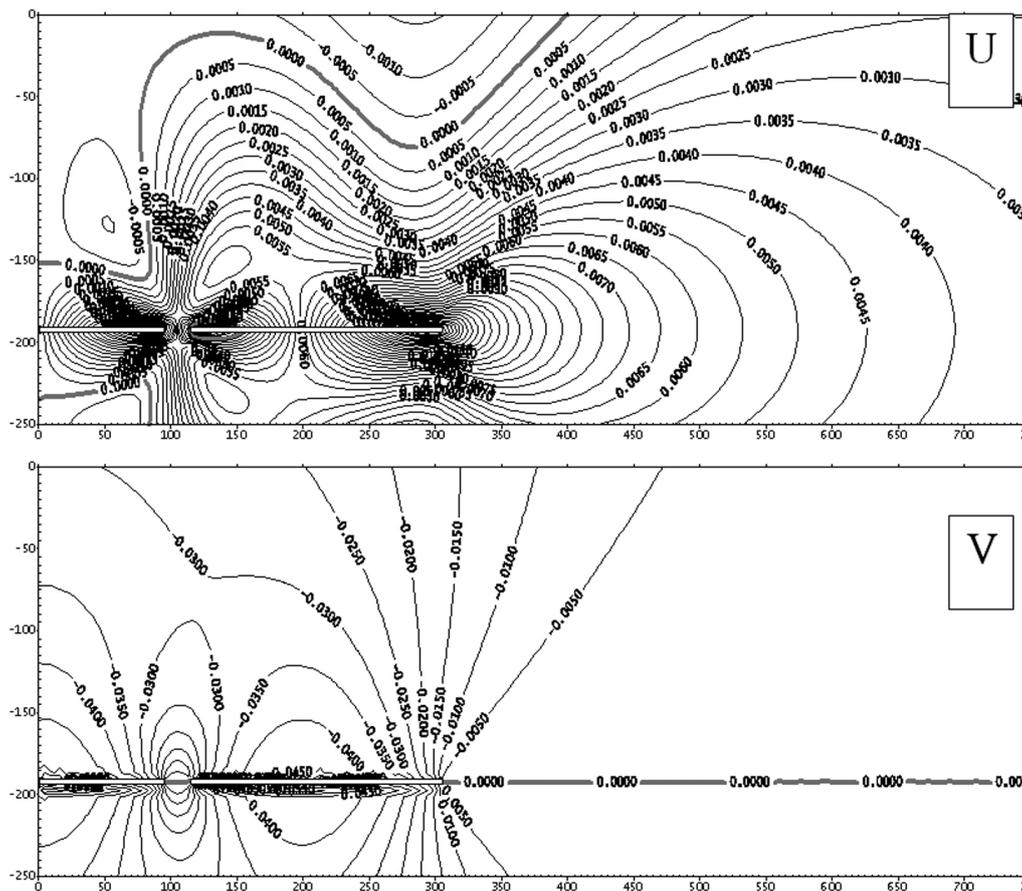


Рис. 3. Поля компонент вектора перемещений U и V , характерных для условий ГМ(РС)-1. На контакте: наносы – коренные породы $\tau \neq 0$

ренные базовые постулаты позволяют реализовать процедуру численного эксперимента по определению искомым параметров НДС в исследуемых зонах массива горных пород. Исследования проводятся на основе разработанных для конкретных горно-геологических условий так называемых ГМ (горно-геомеханических моделей), отражающих механическое состояние элементов неоднородного массива. В конкретно рассматриваемом (в виде примера) случае это не стационарно подрабатываемый участок массива коренных пород в зоне отработки лавы № 1308 по пласту «Байкаимский» (шахта «Красноярская»). На базе ГМ разрабатывается со-

ответствующая ей расчётная схема (РС), позволяющая количественно оценить характер изменения параметров НДС в толще коренных пород, отвечающей участку возникновения «провальных» явлений на поверхности данного шахтного поля.

На рис. 1 приводится горно-геомеханическая модель (соответственно – с расчётной схемой) – ГМ(РС), используемая для расчёта численных решений по оценке НДС комплекса коренных пород, например, на «момент» времени, для которого характерно отсутствие достаточного подбучивания пород кровли в смежных лавах применительно к принятому на шахте способу управления горным давле-

нием – полным обрушением. Отметим, что параметры деформационных свойств вмещающего массива, характеризующиеся индексом «Э» (например $E_{\perp}^{\text{Э}}$ и $\mu_{\perp}^{\text{Э}}$) – отвечают так называемым «эквивалентным» их величинам [2]. В ГМ(РС) необходимо отражаются также контактные условия, характерные для контактов: наносы-коренные породы и коренные породы – угольный пласт. Эти условия в общей форме учтены в виде: $\tau = 0$ и $\tau \neq 0$.

По разработанной программе для ЭВМ выполнялись оценки наиболее значимых параметров вектора перемещений δ_i , а также тензоров деформаций и напряжений: ε_{ij} и σ_{ij} . С учётом горно-геологических условий программа оценивала формирование НДС элементов массива в постановке плоско-деформированного напряжённого состояния.

Примеры численных решений в графической интерпретации, например, для компонентов параметров перемещений U (горизонтальная компонента перемещений) и V (вертикальная компонента перемещений) приведены на рис. 2 и 3. Поля иных компонент в данной статье не приводятся, также как и иные ГМ(РС).

Резюмируя результаты конкретного (на базе, например, ГМ(РС)-1) исследования механического состояния массива, выполненного с использованием выше приведённой методики численных оценок параметров напряженно-деформированного состояния комплекса коренных горных пород в зоне влияния на массив лав №№ 1306 и 1308, возможно констатировать следующее:

- развитие вертикальных компонент смещений (V) в зоне контакта

«наносы-коренные породы» — может происходить в направлении неотработанного массива (зона последующей отработки рассматриваемого пласта лавой № 1304); в целом следует констатировать, что развитие данных смещений коренных пород в зоне контакта их с наносами значимо предопределено условиями сцепления – условиями его наличия ($\tau \neq 0$) либо отсутствия ($\tau = 0$);

- согласно ГМ(РС)-1 характер полей компонентов деформаций (ε_x и ε_y) в обоих случаях ($\tau \neq 0$ и $\tau = 0$) достаточно взаимно адекватен (равноценен), что не позволяет – на этой базе – говорить о чётких различиях при деформировании коренных пород с учётом неоднозначных контактных условий (то есть условий на контакте «коренные породы — наносы»);

- для этой же ГМ(РС)-1 оценка напряженно-деформированного состояния межлавных целиков (на базе анализа поля вертикальной компоненты напряжений — σ_y) показывает возможность их разрушения, что может привести к изменению характера деформирования значительной области в массиве коренных пород.

Обобщая – в целом – следует отметить, что рассмотренная в работе методика, позволяющая выполнять численные оценки параметров НДС массива горных пород, возможна к применению для широкого круга различных горно-геологических условий угольных шахт. Частный, достаточно сложный пример её реализации для исследования механизма формирования поверхностных «провалов» в условиях шахты «Красноярская» подтверждает вышеотмеченное обстоятельство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твёрдого тела. М., «Мир», 1987.

2. Руппенейт К.В. Деформируемость массивов трещиноватых горных пород. М., Недра, 1975. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Казанин О.И. — доктор технических наук,

Ковалев О.В. — доктор технических наук,

Санкт-Петербургский государственный горный университет,

Мешков А.А. — горный инженер, ОАО «СУЭК-Кузбасс».