© В.Ф. Демин, А.Е. Судариков, Т.В. Демина, Ю.Ю. Стефлюк, В.В. Демин, 2014

УДК 622.86:622.26.004.5

В.Ф. Демин, А.Е. Судариков, Т.В. Демина, Ю.Ю. Стефлюк, В.В. Демин

ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ СОПРЯЖЕНИИ ВЫРАБОТОК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБОТКИ

Для определения функциональных возможности разных видов крепи проведены сравнительные аналитические исследования. Устанавлены проявления горного давления при креплении выработки анкерами, комбинированной или рамной крепью и выявлен уровень их работоспособности.

Произведена оценка напряженно-деформированного состояния горного массива с использованием программы Phase² и определены параметры влияния напряжений на устойчивость выработок в зависимости от горно-технологических параметров разработки.

Ключевые слова: технология ведения подземных работ, угле-породный массив, контуры горных выработок, параметры крепления, дефектность выработок, управление геомеханическими процессами, системы, средства, способы крепления, технологические схемы, аналитическое моделирование, напряженно-деформированного состояние, натурные наблюдения, исследование деформационных процессов, конвергенция, анкерная крепь, горно-технологические параметры разработки.

К факторам, которые влияют на возможность применять определенные анкерные системы при проведении подготовительных выработок относятся: прочность анкерного крепления во вмещающих породах; размер зон опасных деформаций породы вокруг горных выработок; величина смещений горных пород, находящихся в кровле, величина конвергенции, срок службы выработки, а также предельная величина безопасного смещения (опускания) пород кровли, закрепленных в горной выработке [1–4].

Для определения функциональных возможности разных видов крепи проведены сравнительные исследования. Устанавливались проявления горного давления при креплении выработки анкерами, комбинированной или рамной крепью и выявление уровня их работоспособности крепления.

Задачами исследований явилось установление характера действующих физико-механических процессов, сдвижений структурного строения в массиве горных пород для различных типов кровель выработок; определение особенностей давления массива горных пород на крепь, когда выработки расположены в зоне и вне зоны влияния очистных работ.

В качестве факторов, порождающих такое поле напряжений и деформаций, можно рассматривать: разброс в массиве физико-механических свойств породы (деформационных, прочностных и т.д.), внешние воздействия, отклонения границ массива. Соответственно можно привести следующий перечень задач механики горных пород, где применение статистических методов представляется перспективным: исследование про-

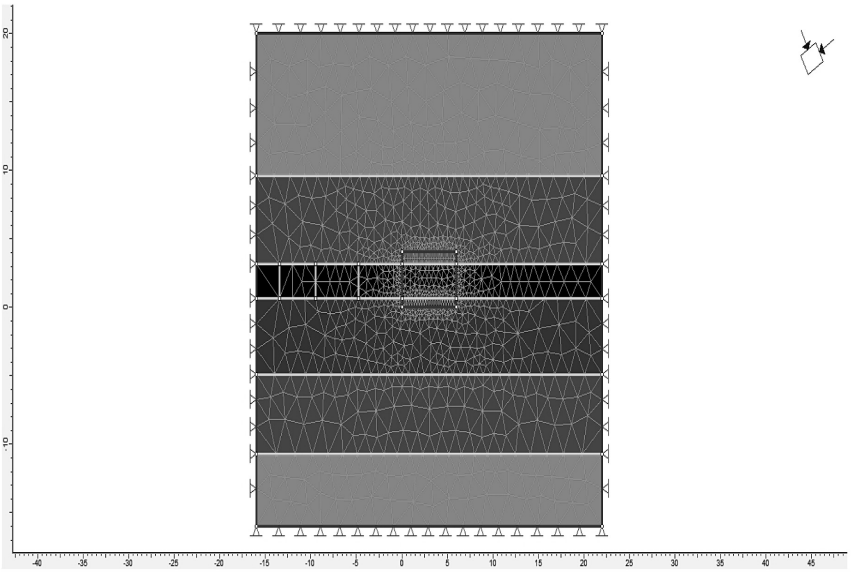

Рис. 1. Параметры залегания угольного пласта и вмещающих пород

цессов деформирования в массивах, статистически неоднородных по своим деформационным свойствам, при переходе в состояние предельного равновесия в массивах, статистически неоднородных по своим прочностным свойствам; механических процессов в массивах при воздействиях на его границах.

Ниже представлена оценка напряженно-деформированного состояния горного массива с использованием программы *Phase*[2] [1], которой изображаются результаты в 2D размерно-

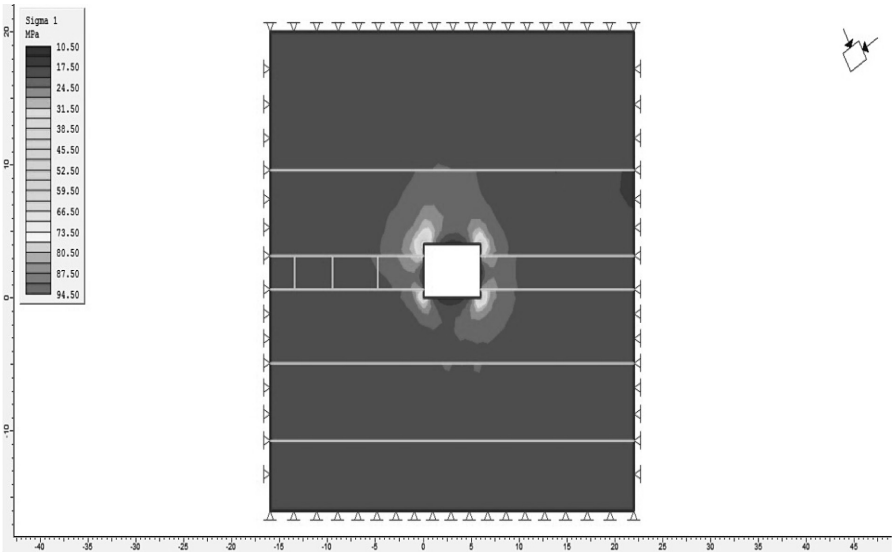

Рис. 2. Напряжения в зоне по контурам горной выработки

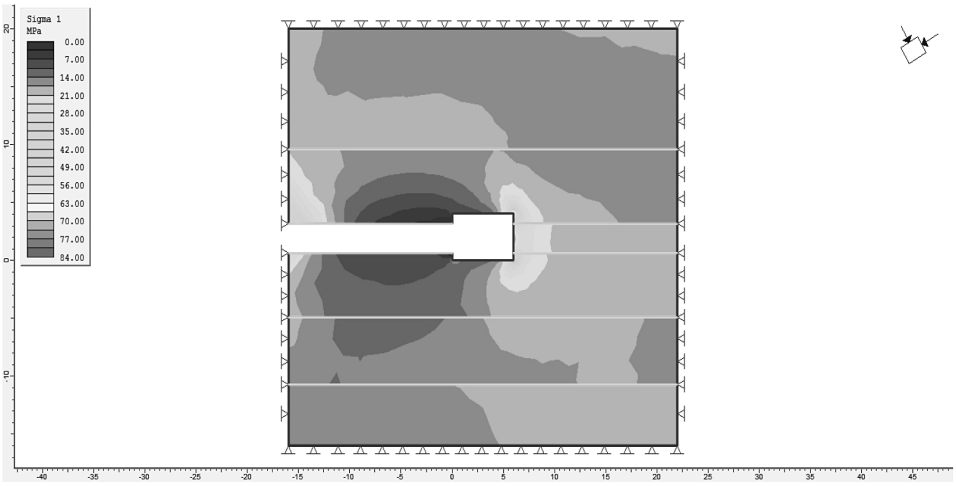

Рис. 3. Оценка напряженного состояния массива горных пород на сопряжении выработок или при въезде очистного механизированного комплекса в демонтажную камеру

сти и служит для анализа напряжений при производстве горных работ при образовании сопряжений выработок или при въезде очистного механизированного комплекса в демонтажную камеру. Анализ результатов осуществлялся методом конечных элементов.

Моделирование выполнялось для условий мощного угольного пласта $к_{12}$ шахты «Саранская» УД АО «Арселор-Миттал Темиртау» в несколько стадий. На первом этапе задавались параметры вмещающих пород и угольного пласта и контуров горной выработки и сопряжения – рис. 1. Сечение горной выработки прямоугольное с шириной 5,5 м и высотой 3,7 м.

После задания параметров пород и угля, осуществляется создание сетки конечных элементов. Исследованы напряжения при проведении пластовой выработки и расчет напряженно-

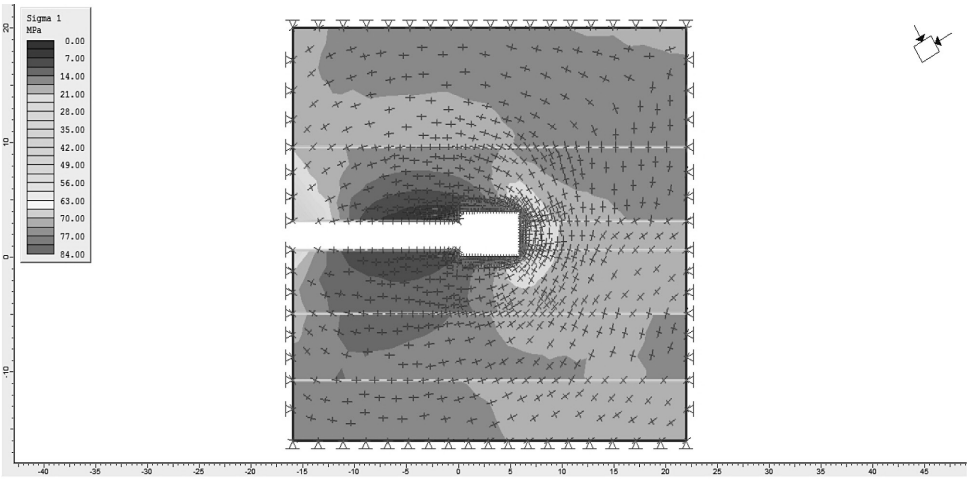

Рис. 4. Траектории напряжений вокруг сопряжения выработок

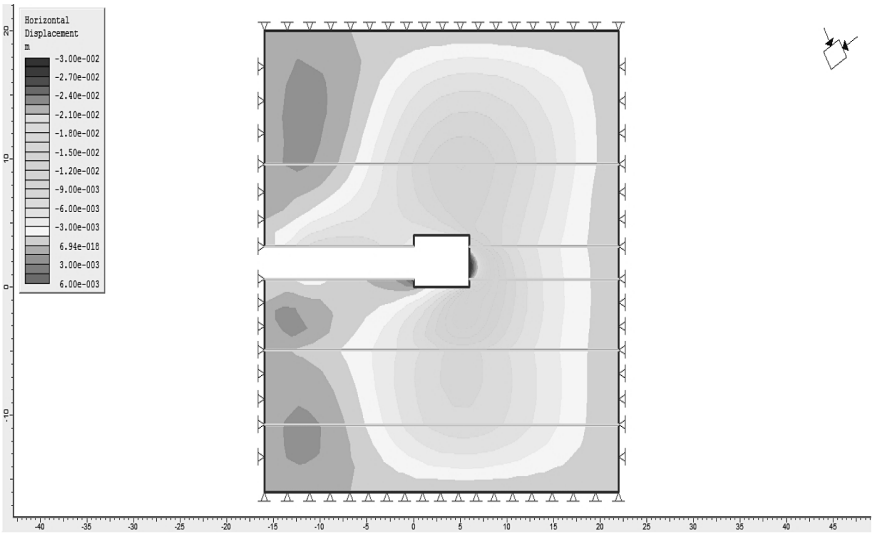

Рис. 5. Горизонтальные смещения при сопряжении выработок

деформированного состояния. Наблюдается увеличение напряжения в углах контура выработки.

Исследован процесс проявлений горного давления при сопряжении выработок. На рис. 2–3 изображены стадии поэтапной проходки сопрягаемой выработки. Наблюдается влияние напряжений на сопряжении выработок. В углах выработки напряжение достигает максимального значения σ_1 равного 49–63 МПа. Минимальное значение напряжения σ_3 составляет 10–20 МПа.

На рис. 4 изображены траектории напряжения, которые представлены в виде красных крестиков. Длинная ось указывает на максимальные значения напряжения, а короткая ось направлена в сторону минимального напряжения.

На рис. 5 и 6 произведена оценка горизонтальных и вертикальных сме-

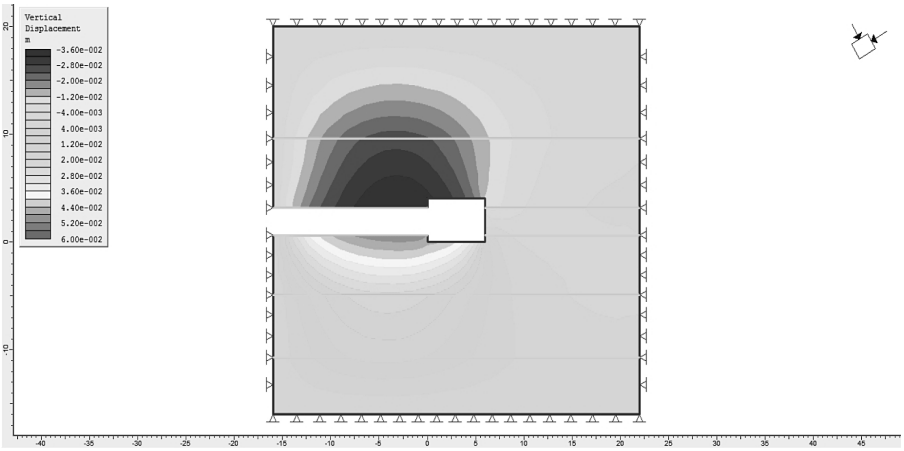

Рис. 6. Вертикальные смещения при сопряжении выработок

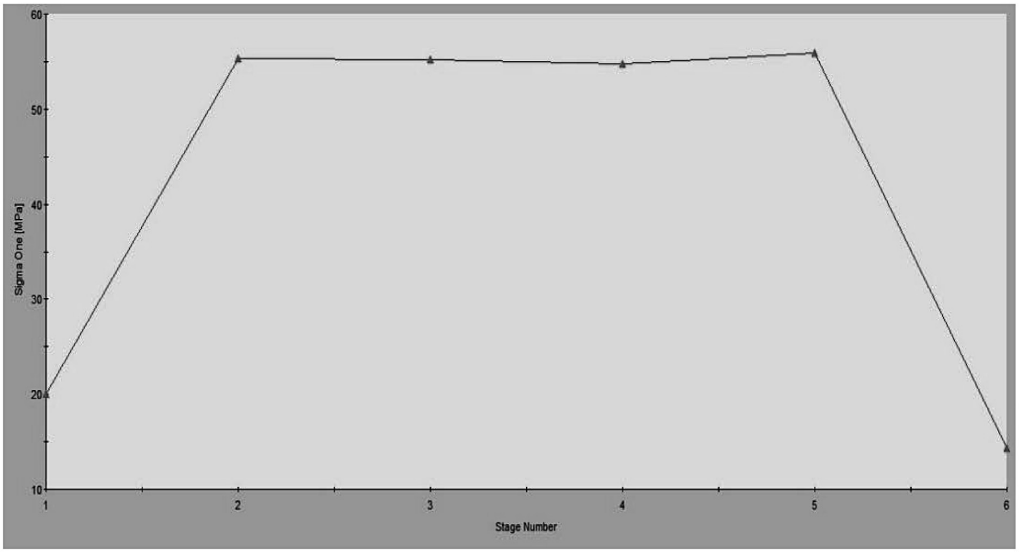

Рис. 7. Напряжения в зоне выработки в зависимости от расстояния очистной выработки

щений. Горизонтальные смещения U_x активно проявляются со всех сторон выработки. Вертикальные смещения U_y наблюдаются у почвы выработки, при максимальных смещения на последней стадии до 0,05–0,1 м.

Результаты поэтапного моделирования показывали, что основным фактором, влияющим на величину напряжения σ, является расстояние до сопряжения между выработками. На графике, изображенном на рис. 7, показано зависимость напряжения от расстояния до выработки. При этом максимальные напряжения (55–57 МПа) возникают при расстоянии между сопрягаемыми выработками (или при въезде очистного механизированного комплекса в демонтажную камеру) равном 2–5 м, что требует технологического воздействия на приконтурный массив горных пород.

Наблюдается скачок напряжений в зоне сопрягаемого сопряжения выработок с 10–15 до 50–60 МПа. Целик, расположенный в зоне сопрягаемых выработок воспринимает на себя вертикальные нагрузки.

В представленном материале результаты оценки напряженно-деформированного состояния горного массива с использованием программы *Phase*[2] и определены параметры влияния напряжений на устойчивость выработок в зависимости от горно-технологических параметров разработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Макаров А.Б.* Практическая геомеханика. Пособие для горных инженеров. – М.: Издательство «Горная книга», 2006. – 391 с.

2. *Попков Ю.Н., Прокопов А.Ю., Прокопова М.В.* Информационные технологии в горном деле: Учебное пособие. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2007. – 202 с.

3. *Вылегжанин В.Н., Егоров П.В., Мурашев В.И.* Структурные модели горного массива в механизме геомеханических процессов. – Новосибирск: Наука, 1990. – 295 с.

4. *Судариков А.Е.* Основы механики подземных сооружений: Учебное пособие. – Караганда: КарГТУ, 2003. – 74 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Демин Владимир Федорович – доктор технических наук, профессор,
e-mail: vladfdemin@mail.ru, Карагандинский государственный университет, Казахстан;
Судариков Александр Евгеньевич – кандидат технических наук, старший преподаватель,
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»;
Демина Татьяна Владимировна – кандидат технических наук, старший преподаватель,
Стефлюк Юрий Юрьевич – докторант,
зам. начальника участка УСШМД УД АО «АрселорМиттал Темиртау»,
Демин Виталий Владимирович – кандидат технических наук, старший преподаватель,
Карагандинский государственный университет, Казахстан.

UDC 622.86:622.26.004.5

INFLUENCE OF STRESSES ON EXCAVATION STABILITY DEPENDING ON MINING TECHNOLOGY PARAMETERS

Demin V.F., Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: vladfdemin@mail.ru,
Karaganda State University, Kazakhstan;
Sudarikov A.E., Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer,
National Mineral Resource University «University of Mines»;
Demina T.V., Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer,
Steflyuk Yu.Yu., Doctoral Candidate,
Branchwork Deputy Manager, Special Mine Assembling and Degassing Division,
Coal Department, ArcelorMittal,
Demin V.V., Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer,
Karaganda State University, Kazakhstan.

Functional capabilities of various types of support are compared within an analytic survey. Rock pressure events in an excavation with bolting, combined support and frame support are identified, and performance of the support types is defined.

Stress-strain state of rocks is assessed using Phase2 program, and the influence of stresses on the stability of excavations depending on mining technology parameters is evaluated.

Keywords: underground mining technology; coal-and-rock mass; outlines of excavations; support parameters; excavation damage; geomechanical process control; support systems, means and methods; process charts; analytical modeling; stress–strain state; in situ observation; analysis of deformation processes; convergence; rock bolting; mining technology parameters.

REFERENCES

1. Makarov A.B. *Prakticheskaja geomehanika. Posobie dlja gornyh inzhenerov* (Practical geomechanics. Mine engineer's manual), Moscow, Izdatel'stvo «Gornaja kniga», 2006, 391 p.
2. Popkov Ju.N., Prokopov A.Ju., Prokopova M.V. *Informacionnye tehnologii v gornom dele: Uchebnoe posobie* (Information technologies in mining: Educational aid), Novocherkassk: JuRGTU, 2007, 202 p.
3. Vylegzhanin V.N., Egorov P.V., Murashev V.I. *Strukturnye modeli gornogo massiva v mehanizme geomehanicheskih processov* (Structural models of rock mass in the mechanism of geomechanical processes), Novosibirsk: Nauka, 1990, 295 p.
4. Sudarikov A.E. *Osnovy mehaniki podzemnyh sooruzhenij: Uchebnoe posobie* (Basic mechanics of underground structures: Educational aid), Karaganda: KarGTU, 2003, 74 p.