УДК 622.831

А.А.САНКОВСКИЙ, *аспирант, asankovsky@gmail.com*
Е.Р.КОВАЛЬСКИЙ, *канд. техн. наук, доцент, e.r.kovalsky@gmail.com*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

A.A.SANKOVSKY, *post-graduate student, asankovsky@gmail.com*
E.R.KOVALSKY, *PhD in eng. sc., assistant professor, e.r.kovalsky@gmail.com*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ ОЧИСТНЫХ КАМЕР

Произведен расчет напряженно-деформированного состояния междукамерных целиков и смещений водозащитной толщи для условий СКРУ-3 ОАО »Уралкалий» на основе математического моделирования и метода конечных элементов. Показано, что нагрузки на междукамерные целики по пласту Кр.II превышают напряжения в целиках пласта АБ на 15-20 %.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, калийные пласты, камерная система разработки, численное моделирование, метод конечных элементов.

THE ANALYSIS OF THE STRESS-AND-STRAIN STATE IN VICINITY OF MINING EXCAVATIONS

Estimation of the strain-and-stress state and displacement of the water-protective layers in vicinity of mining excavations in conditions of SKRU-3 mine (Uralkali Group) is done. It is shown that loadings on pillars on layer Kr.II exceed 15-20 % loadings on layer AB.

Key words: deflected mode, potash seams, room-and-pillar mining method, numerical modeling, finite element method.

Расчет параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород – МГП (в частности, междукамерных целиков – МКЦ) является одним из ключевых моментов при обосновании параметров камерно-столбовых систем разработки. Это обусловлено необходимостью обеспечения сохранности водозащитной толщи (ВЗТ), мощность которой для условий Верхнекамского месторождения калийных солей составляет более 60 м. В связи с тем, что надежные данные о строении ВЗТ и физико-механических свойствах вмещающего массива появляются лишь на этапе подготовки выемочного блока, точные расчеты параметров камер и МКЦ приходится производить непосредственно перед началом очистных работ*. Сложность строения и свойств продуктивной толщи калийно-магниевых солей и ВЗТ требует использования в решении таких задач численных методов, в частности метода конечных элементов.

В данной работе произведена оценка НДС междукамерных целиков и смещений ВЗТ для условий СКРУ-3 ОАО «Уралкалий» на основе моделирования методом ко-

* Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей (технологический регламент) / ВНИИГ. СПб, 2008. 95 с.

Underworked objects and flooding protection instruction for mines of Verhkamskoe deposit of potassium salts / VNIIG. Saint Petersburg, 2008. 95 p.

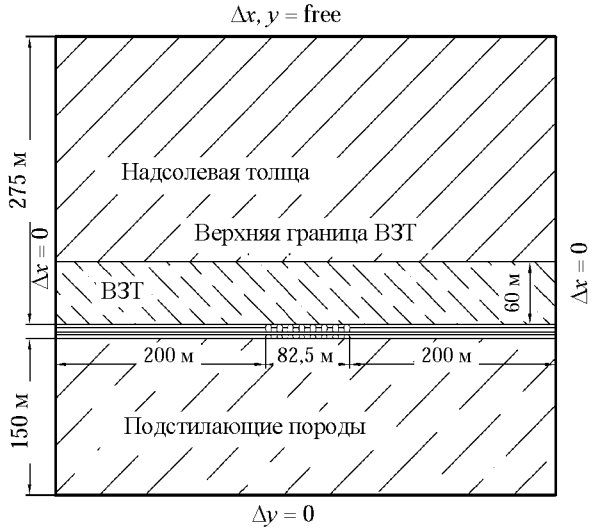


Рис.1. Схема расчетной модели

нечных элементов. Расчет производился на примере упругой модели для отработанного участка с 16 камерами, пройденными соосно на всю мощность пластов Вс, АБ (восемь камер высотой 7 м) и Кр.II (восемь камер высотой 3 м). Ширина камер 5,5 м, межосевое расстояние 11 м. Физико-механические свойства пород приняты согласно «Указаниям по защите рудников...». Так, для надсолевой толщи принят коэффициент Пуассона $\mu = 0{,}3$, модуль Юнга $E = 10000$ МПа и плотность $\gamma = 2{,}2$ т/м^3. Для пород, слагающих ВЗТ, подстилающий массив и междупластье пластов АБ и Кр.II, принят модуль Юнга $E = 15000$ МПа. Для сильвинитовых пластов приняты значения $\mu = 0{,}2$, $E = 8000$ МПа, $\gamma = 2{,}1$ т/м^3.

Так как выработки прямолинейны и их длина значительно больше поперечных размеров, допустимо рассматривать задачу в плоско-деформированной постановке, что позволяет значительно снизить время вычислений и при этом сохранить необходимую для решения данной задачи точность. Горно-геомеханическая модель (рис.1) имеет следующие граничные и начальные условия*:

– смещения на боковых границах модели запрещены в горизонтальном направлении;

– смещения нижней части модели запрещены в вертикальном направлении;

– верхняя часть модели (поверхность земли) может свободно перемещаться;

– начальные напряжения в массиве распределяются в соответствии с геостатической нагрузкой.

Размеры моделируемой области МГП выбраны с таким расчетом, чтобы условия на границах модели не влияли на решение, получаемое в окрестностях исследуемых выработок. В результате анализа описанной модели были получены графики распределения вертикальных напряжений в МКЦ на пластах АБ и Кр.II (рис.2).

Как видно из графика, вертикальные напряжения σ_{YY} в МКЦ вышележащего пласта АБ распределяются достаточно равномерно. В крайних целиках значения напряжений уменьшаются, так как часть нагрузки принимает на себя краевая нетронутая часть МГП. Максимальные значения напряжений в МКЦ пласта Кр.II составили 12,5 МПа и превысили значения для нетронутого массива в 2,1 раза.

Напряжения в целиках на нижележащем пласте Кр.II выше на 15-20 %, что связано с передачей нагрузки на них через целики вышележащего пласта АБ. Кроме того, нагрузки на МКЦ нижележащего пласта распределены по сечению целика неравномерно и имеют в его краевых частях существенные пики. Данное обстоятельство обусловлено, по-видимому, коэффициентом формы – соотношением высоты целика к его

* *Ковальский Е.Р.* Основные факторы, учитываемые при численном моделировании процессов деформирования вмещающих пород при разработке угольных пластов короткими забоями / Е.Р.Ковальский, С.П.Мозер // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: Труды 10-й международной научно-практической конференции. 11-13 апреля 2012 г. / Воркутинский горный институт (филиал) ФГБ ОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Воркута, 2012. Т.1. С.66-70.

Kowalski E.R., Mozer S.P. The major factors considered at numerical modeling of deformation processes in surrounding rocks in case of short wall development of coal seams // Development of mineral resources of the North: problems and decisions: Works of the 10th international scientific and practical conference. April 11-13, 2012 / Vorkuta mining institute (branch) of FGB OU VPO «National Mineral Resources University (Mining University)». Vorkuta, 2012. Vol.1. P.66-70.

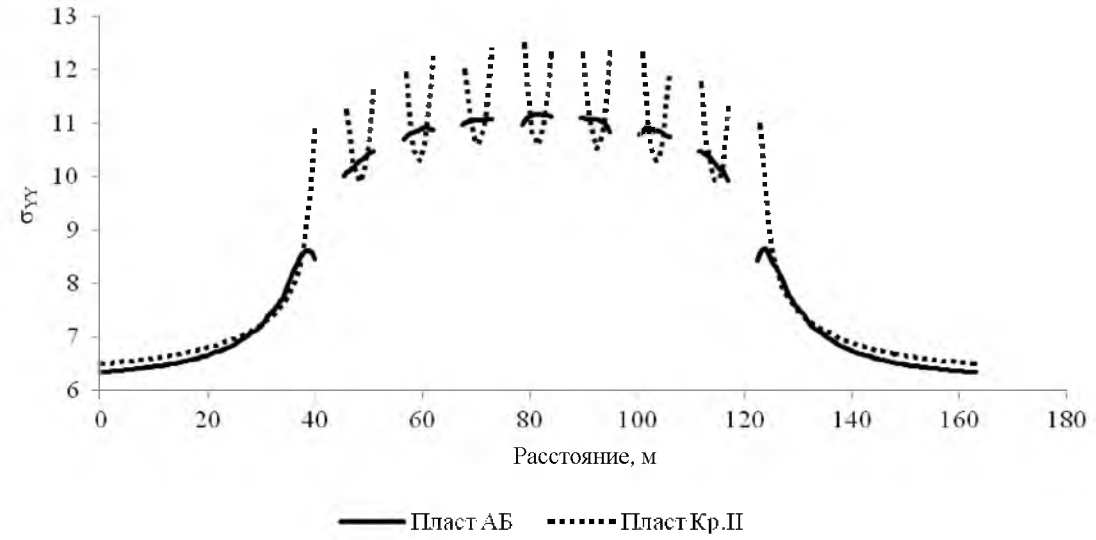


Рис.2. Зависимость вертикальных напряжений от координат

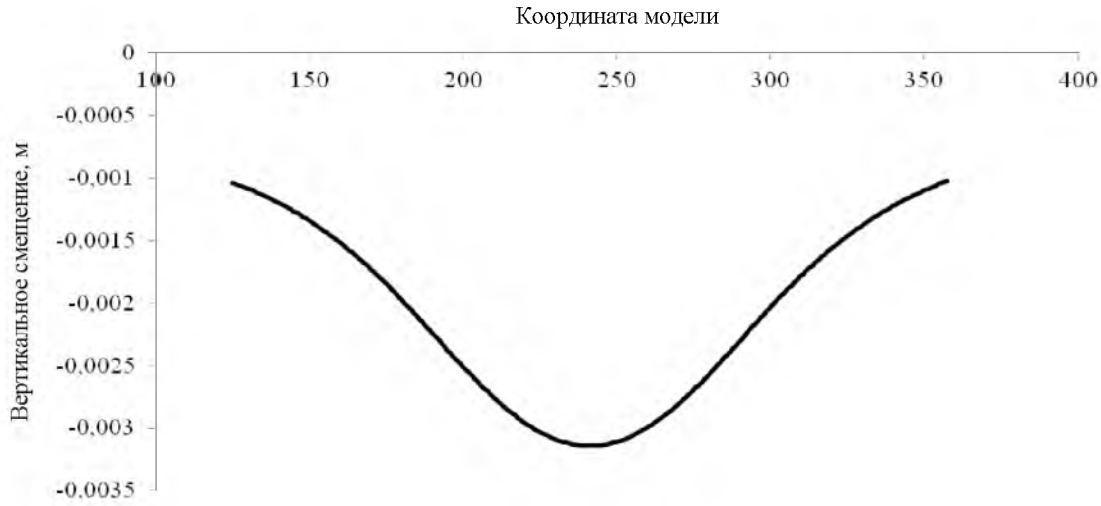


Рис.3. Профиль вертикальных смещений верхней границы ВЗТ в зоне подработки

ширине, которое для рассматриваемых условий составляет 0,545.

Рассчитанные значения напряжений в целиках могут быть использованы для оценки устойчивости МКЦ и времени их существования по известным инструкциям.

Также для оценки устойчивости ВЗТ проведен анализ вертикальных смещений по ее верхней границе (рис.3). Как и следовало ожидать, смещения незначительны, в связи с тем, что модель построена для жестких МКЦ.

Область влияния очистных работ на состояние ВЗТ составила приблизительно 50 м от крайних камер. Начиная с этого расстояния, смещения проявляют все более интенсивный рост по мере приближения к зоне подработки.

Рассмотренный способ позволяет рассчитать напряжения в МКЦ и окружающем выработки массиве и может быть использован для расчета устойчивости целиков при камерной системе разработки.