

Избор на оптимални параметри на камерно-целикова система на разработване

Росица Ангелова, Драгомир Стефанов

Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Изследването разглежда въпроса за избор на оптимални параметри на камерно-целикова система на разработване за конкретни минно-геоложки условия. Разработена е комплексна методика за избор на параметрите на камерно-целиковата система за условията на находище "Кошава". За целта чрез анализ на получените резултати, използвайки метода на поддържаната зона и метода на граничните елементи се прави избор на вариант на камерно-целикова система за нов проектен участък.

CHOICE OF OPTIMUM PARAMETERS OF THE OPEN STOPE AND PILLARS MINING METHOD

ABSTRACT. The research examines a question on a choice of optimum parameters of the open stope and pillars mining method under specified mining and geological conditions. The complex technique of a choice of parameters of the open-stope-and-pillars mining method for conditions of a deposit "Koshava" is developed. For this purpose, the analysis of the received results, using a tributary area method and boundary elements method, a choice of variant of mining method on a new design section is made.

Въведение

В настояще време голяма част от запасите в рудничното поле на гипсовото находище "Кошава" са иззети. Затова актуален е въпросът за включване в експлоатация на фланговите части на находището, на запад от техническата граница на рудничното поле. Тази част на гипсовото находище се характеризира с променливи и сложни минно-геоложки условия. Отличителни особености са:

- Ъгълът на западане на гипсовия пласт - от 16° в най-северната част до 2° ÷ 4° в най-южната част;
- Дълбочината на разработване – от 230 m до 300 m;
- Якостта на гипса – от 14 МПа до 8 МПа.

Във връзка с тези променливи условия на залягане на гипсовия пласт, въпросът за определяне на рационални параметри на камерите и целиците от гледна точка на устойчивостта и безопасността на минните работи е от особена важност.

При разработване на находища с камерно-целикова система на разработване, важен фактор, обуславящ устойчивостта на системата са правилно избраните параметри на камерите и целиците, за конкретните условия.

Основен фактор, определящ конструктивните параметри на камерно-целиковата система на разработване; устойчивостта на изработките; безопасния и ефективен добив на гипс е напрегнатото състояние на масива. Анализът от теоретическите изследвания за напрегнатото състояние на целиците при камерно-целикова система на разработване показва, че все още няма единен подход при избора на най-приемливи параметри – форма, геометрични размери, разположение на междукамерните целици, за обезпечаване на тяхната максимална носеща способност. Прегледът на наличната информация за характера на естественото напрегнато състояние за рудник "Кошава", показва че извършените изследвания са крайно недостатъчни.

Метод на изследването

Разработена е методика за комплексно изследване на параметрите на камерите и целиците при прилагането на камерно-целикова система на разработване за проектен участък в новата част на рудничното поле на находище "Кошава". Методиката включва:

- първо - оценка на устойчивото състояние на гипсовия масива чрез прилагането на метода на поддържаната зона;
- второ – определяне на характера на разпределение на напреженията с помощта на метода на граничните елементи;
- трето - използване на подходящ критерий за оценка на устойчивост на гипсовия масив.

Изборът на проектния участък R_1 е съобразен така, че да има максимално използване на съществуващите възможности, а именно:

- Панелна галерия 3 и галерия 34 в новия участък R_1 са продължение на съществуващите панелна галерия 3 и галерия 34 в старото руднично поле;
- Галерия 190^a е техническата граница на рудник "Кошава 1";
- Галерия 186, прокарана по западане на пласта е свързваща между галерия 34 и панелна галерия 3.

Всички галерии се прокарат по гипс със сечение 20 m² (широчина 5 m и височина 4 m).

Проектните дължини на изработките са както следва:

Галерия 34 -	150 m
Панелна галерия 3 -	150 m
Галерия 190 ^a -	118 m
Галерия 186 -	118 m

Участък R_1 се характеризира с максимален наклон на гипсовия пласт 16° и най-добри якостни показатели на гипса.

Предложен е вариант на камерно-целикова система с равномерно разположени, изолирани правоъгълни целици, табл.1.

Таблица 1

Параметри на камерно-целиковата система за участък R₁

параметър	стойност	мерна единица
Дължина на блок	150	m
Широчина на блок	118	m
Дължина на целик	30	m
Широчина на целик	20	m
Височина на целик	10	m
Дължина на камера	30	m
Височина на камера	10	m
Целик в горнището на пласта	3	m
Целик в долнището на пласта	1	m

Общ план на предлаганата камерно-целикова система е представен на фиг.1.

При така заложените параметри на камерно-целиковата система е направена оценка на устойчивото състояние на гипсовия масив в участъка, чрез използване на метода на поддържаната зона, (Brady, V.H.G., E.T. Brown.,1993). Изчислените основни емпирични зависимости в съответствие с метода на поддържаната зона са представени в табл.2.

Таблица 2

Изчислени емпирични зависимости в съответствие с метода на поддържаната зона

ПАРАМЕТЪР	СТОЙНОСТ	МЕРНА ЕДИНИЦА
W_p	20	m
α	-0,6	-
β	0,5	-
P_{zz}	5,175	MPa
σ_p	9,431	MPa
S	15,715	MPa
F	1,7	-

където:

- W_p - широчина на целика;
- α, β - константи;
- P_{zz} - естествено напрежение;
- σ_p - аксиално напрежение в целика;
- S - якост на целика;
- F - коефициент на безопасност.

Коефициентът на безопасност на целика F е функция от геометричните размери на целика, широчината и височината на камерата (или изземваната мощност). Т.е. чрез едно правилно определяне на минно-геометричните параметри на камерно-целиковата система е възможно постигане на максимален коефициент на обемно извличане и обезпечаване на механичната цялост на поддържащия целик, във всички фази от минния процес (Р.Ангелова, 2004).

При предложените параметри на камерно-целиковата система е постигната една приемлива стойност на коефициента на безопасност, т.е. определените проектни стойности на параметрите на системата са предпоставка за поддържане на целостта на междуканерните целиците. Също така не се отчита излишен резерв в носещата способност на целиците, при изчисленията за камерно-целиковата система съгласно метода на поддържаната зона.

За потвърждаване на резултатите е проведено моделиране на напрегнато-деформираното състояние на междуканерните целици с помощта на метода на граничните елементи. За целта е използван програмния продукт VEAP3D (Canmet, Canada), който е предназначен за решаване на сложни задачи в областта на подземния добив. Моделирането с VEAP3D ни позволява получаване на:

- Количествени и качествени резултати относно разпределението на напреженията в масива;
- Стойностите на напреженията и коефициентите на устойчивост Hoek-Brown и Drucker-Prager;
- Големината на преместванията и деформациите;
- Определяне на зоните, в които се очаква едно бъдещо разрушаване.

За решаването на задачата е съставен модел на проектния участък със предложените параметри на камерно-целикова система – вариант с изолирани правоъгълни целици, табл. 3, фиг.1.

Получени са резултати за максималното главно напрежение σ_1 , минималното главно напрежение σ_3 , вертикалните напрежения σ_{zz} , хоризонталните напрежения σ_{xx} , напреженията σ_{yy} , тангенциалните напрежения τ_{xz} , както и стойности на коефициента на устойчивост Hoek-Brown и коефициента на устойчивост Drucker-Prager.

Таблица 3

Основни параметри на модела

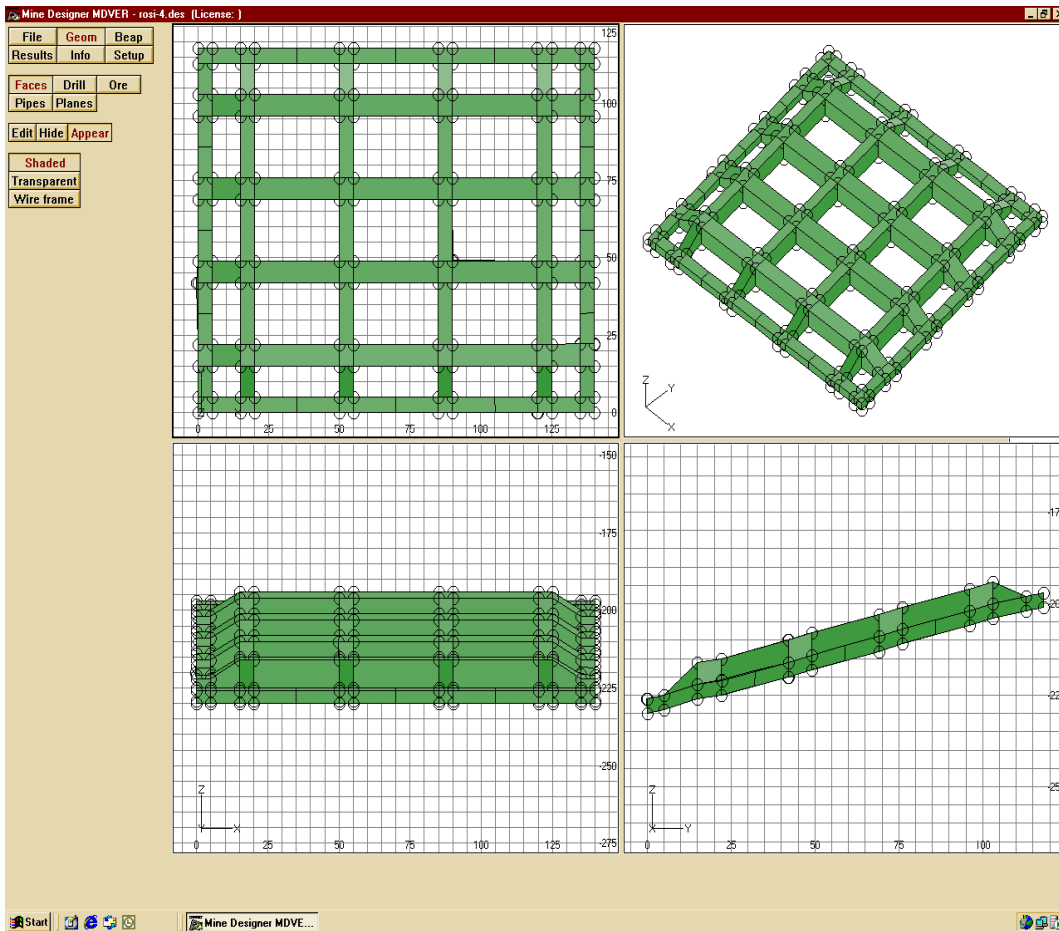
ПАРАМЕТЪР	СТОЙНОСТ	МЕРНА ЕДИНИЦА
Мощност на гипсовия пласт	19,60	m
Дълбочина на разработване	230	m
Ъгъл на западане	16	°
Обемно тегло на гипса	0,0225	MN/m ³
Якост на гипса	14	MPa
Модул на Юнг	11000	MPa
Коефициент на Поасон	0,23	-
Сцепление	3,2	-
Ъгъл на вътрешно триене	33	°

Анализът на резултатите от разпределението на напреженията и отчетените коефициенти на устойчивост, са предпоставка да се направи извод, че е постигната устойчивост на системата камери-целици, при така заложените параметри на системата.

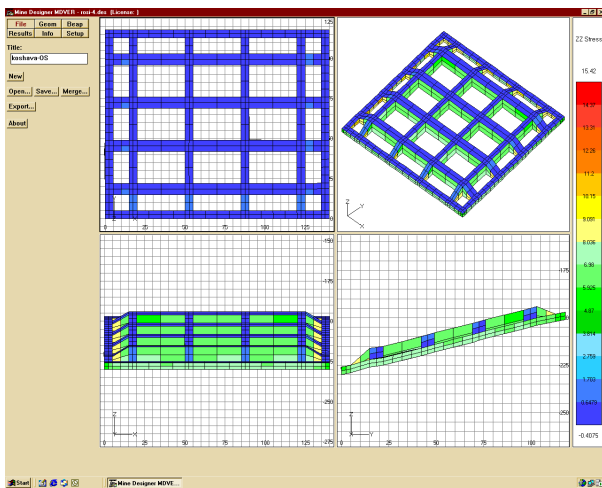
Резултатите от диаграмите, (фиг.2, фиг.3а, фиг.3б, фиг.4а, фиг.4б, фиг.5а, фиг.5б, фиг.6а, фиг.6б, фиг.7а, фиг.7б, фиг.8а, фиг.8б) потвърждават устойчивостта на

целиците и приложимостта на системата за условията в зона R_1 . Очаква се целиците в по-голямата си част да

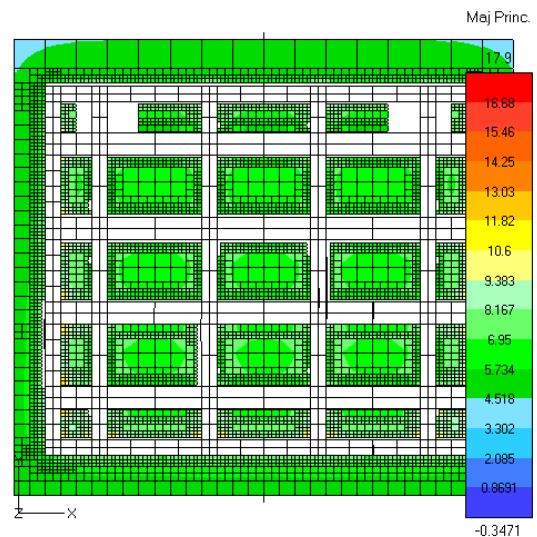
работят в еластичен стадий (с изключение на локални зони в близост до стените на панелните галерии).



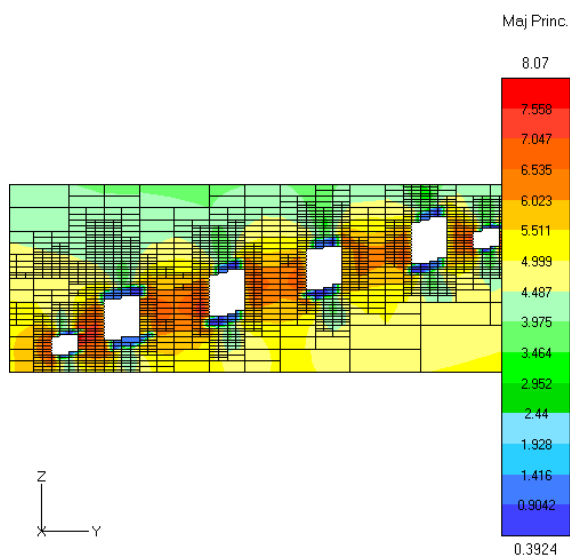
Фиг. 1. Камерно-целикова система - участък R_1



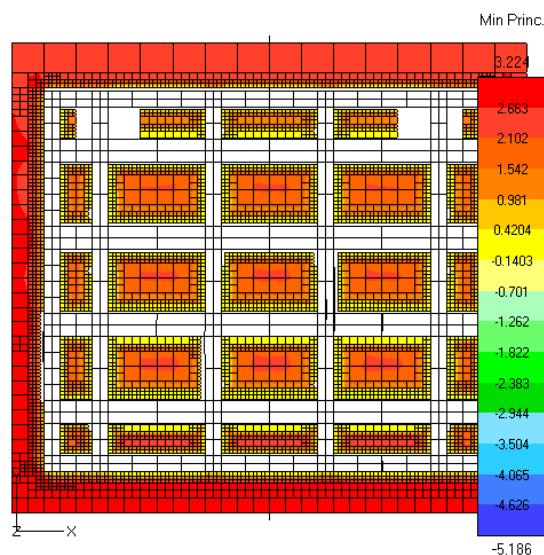
Фиг. 2. Разпределение на вертикалните напрежения



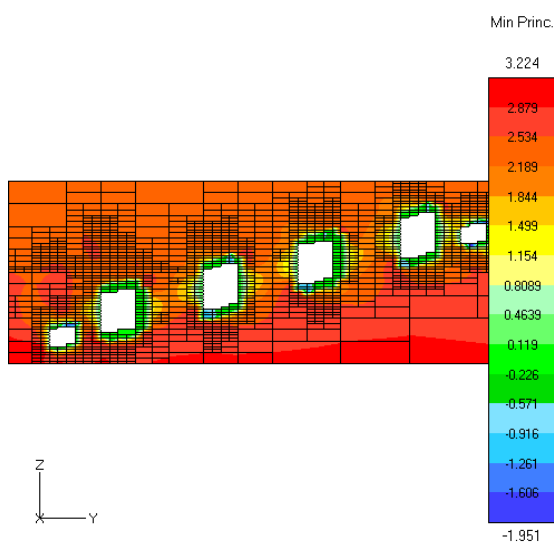
Фиг. 3а. Максимално главно напрежение



Фиг. 36. Максимално главно напрежение (вертикална равнина)



Фиг. 4а. Минимално главно напрежение



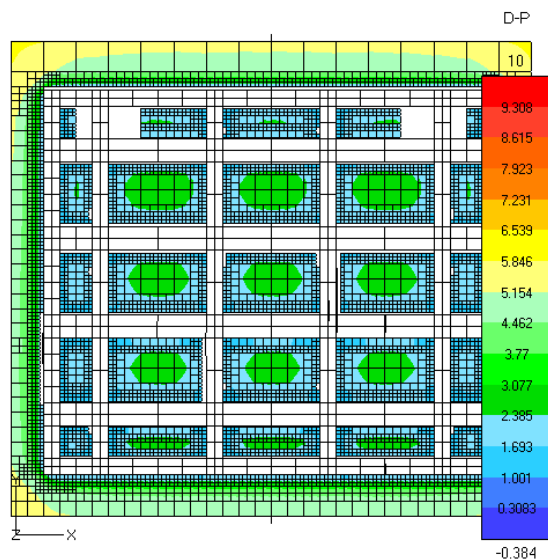
Фиг. 4б. Минимално главно напрежение (вертикална равнина)

Аналитично изчислената стойност на естественото напрежение, съгласно метода на поддържаната зона за дадения модел е 5,2 МПа. От *fig.2* се вижда, че преобладаващите стойности на напреженията за модела са в границите 0,648 МПа ÷ 5,92 МПа. Над целиците стойността на напреженията трайно се задържа около 4,8 МПа, т.е. не се очаква последващо разрушаване на същите. В същото време трябва да се отбележи, че във флангово разположените целици, вследствие на намаляване на опорното сечение на контура имаме очаквано повишаване на напреженията. Стойността от 9,09 МПа ясно показва, че е налице пренатоварване на тези малки целици и може да се очаква последващо напукване и разрушаване на стените им във времето.

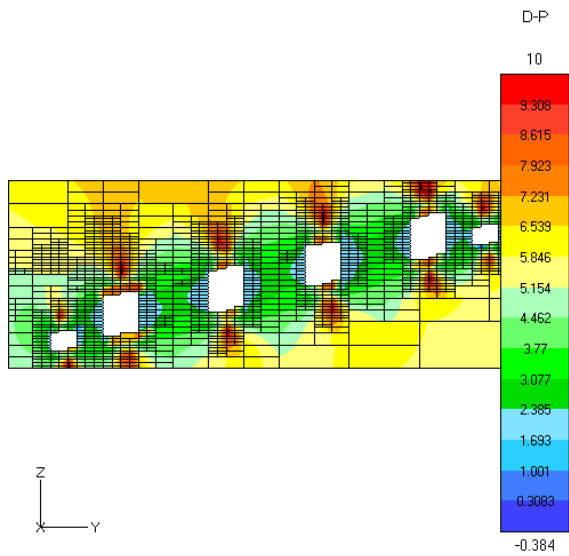
Максималното главно напрежение в гипсовия масив е натисково за всички целици, като стойности от 4,52 МПа до 5,73 МПа се локализируют в централната част на целиците. Установяваме концентрация на максималните и минималните нормални главни напрежения в центъра на целиците.

Коефициентът на устойчивост *Hoek – Brown* за разглеждания вариант на камерно-целиковата система е в границите 1,001 МПа ÷ 2,385 МПа. Стойности над 1 са получени и за коефициента на устойчивост *Drucker–Prager* (3,1 МПа ÷ 3,8 МПа).

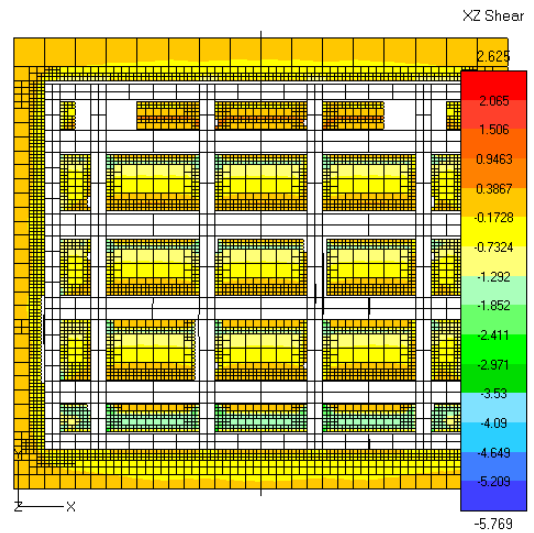
Като цяло, отчитайки резултатите от разпределението на напреженията и стойностите на коефициентите на устойчивост, може да се направи извод, че е постигната устойчивост на системата камери-целици, при така заложените параметри на системата.



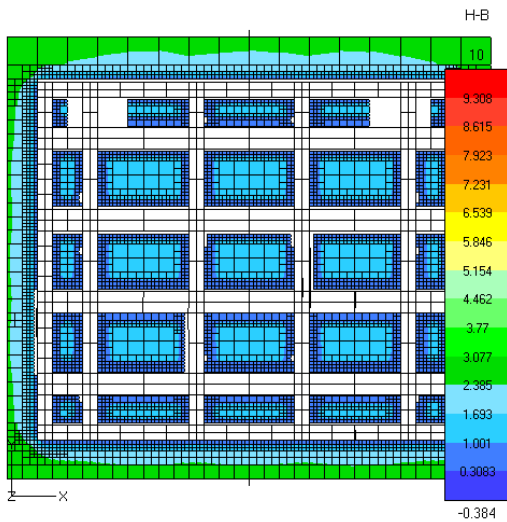
Фиг. 5а. Стойности на коефициента на устойчивост *Drucker–Prager*



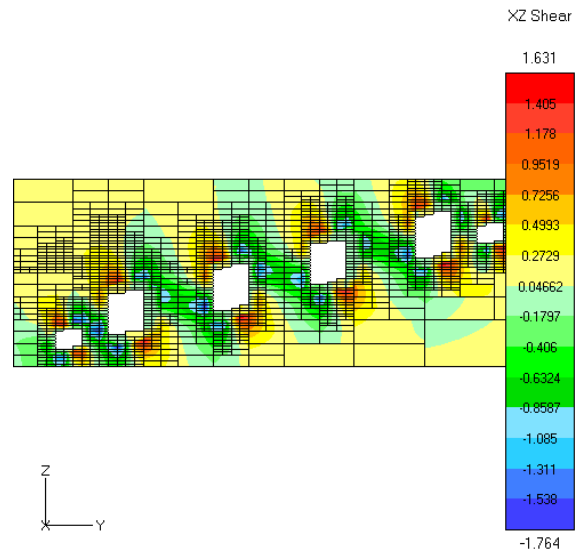
Фиг. 56. Стойности на коефициента на устойчивост *Drucker-Prager* (вертикална равнина)



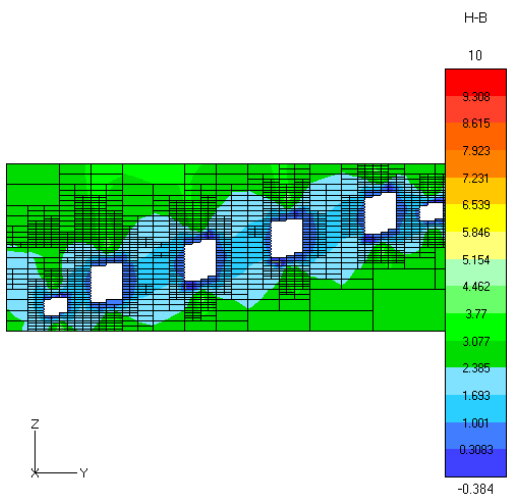
Фиг. 7а. Тангенциални напрежения



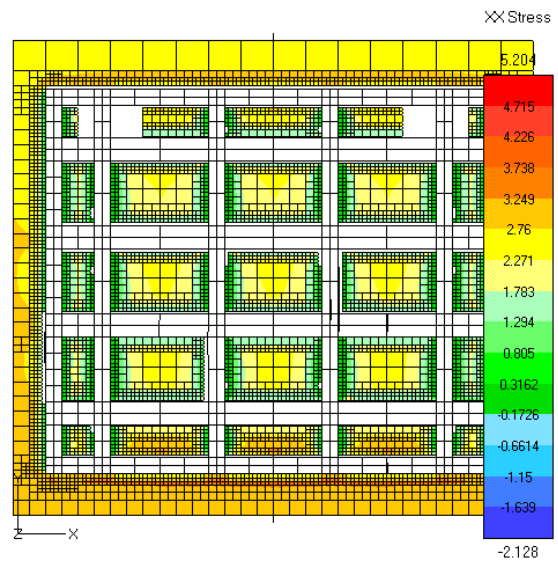
Фиг. 6а. Коефициент на устойчивост *Hoek-Brown*



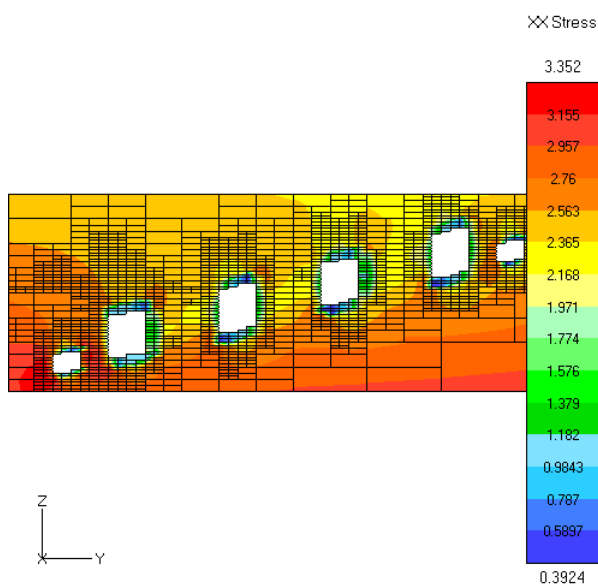
Фиг. 7б. Тангенциални напрежения (вертикална равнина)



Фиг. 6б. Коефициент на устойчивост *Hoek-Brown* (вертикална равнина)



Фиг. 8а. Горизонтални напрежения σ_{xx}



Фиг. 86. Горизонтални напрежения σ_{xx} (вертикална равнина)

Заклучение

Направеното изследване на напреженията в междукамерните целици позволява да се премине към обосновано определяне на якостта им.

Съпоставянето на емпирично изчислените параметри по метода на поддържаната зона и резултатите от изследването на модела чрез метода на граничните елементи, показва достатъчно близка сходимост. Това позволява да се направи извод, че подходът за избиране на параметри на камерно-целиковата система за конкретно определения участък в рудник "Кошава" е правилен и е стъпка към решаването на основния проблем в рудника – постигане на максимален коефициент на обемно извличане и безопасно развитие на минните работи чрез обезпечаване на механичната цялост на целиците, във всички фази от минния процес.

Литература

- Ангелова Р., *Изследване параметрите на камерно-целикова система на разработване*. II Младежка техническа конференция, София, 2004.
- Baolin Wang, *BEAP3D*, Canmet, Canada.
- Brady, B.H.G., E.T. Brown., *Rock Mechanics for Underground Mining*. Champan & Hall. London, 1993.