

Калініченко О. В., к.е.н., доцент (Криворізький національний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МАСИВУ ПРИ ВІДПРАЦЮВАННІ ПОКЛАДУ З СУЦІЛЬНОЮ ТА КОМБІНОВАНОЮ «КАРКАСНО-МОДУЛЬНОЮ» ТЕХНОЛОГІЄЮ ЗАКЛАДКИ КАМЕР

Метою даної роботи є аналіз та дослідження напружено-деформованого стану масиву при відпрацюванні покладу камерними системами розробки з суцільною та комбінованою «каркасно-модульною» закладкою виробленого простору. Характер розвитку напружено-деформованого стану масиву на ділянці рудного покладу досліджувався з урахуванням технології розвитку очисних робіт та наступного відповідного заповнення відпрацьованих очисних камер закладними сумішами. Аналіз результатів досліджень дозволив встановити базові закономірності варіації головних напружень σ_1 в структурно-неоднорідних масивах і діагностувати ключові залежності величини деформацій ϵ в контрольних точках гірського масиву на денній поверхні і на контакті з стелиною відпрацьованих камер. Для коректного порівняння отриманих результатів виконано зіставлення діагностованих величин напружень і деформацій в контрольних точках гірського масиву при формуванні каркасно-модульної структури штучного цілика з кореспондуючими результатами напружень і деформацій при формуванні штучного цілика твердіючої закладки. На підставі виконаних досліджень встановлені нові залежності розвитку напружено-деформованого стану масиву від технології відпрацювання покладу при суцільній та комбінованій «каркасно-модульній» закладці виробленого простору. Встановлені нові закономірності варіації головних напружень в структурно-неоднорідних масивах та діагностовані ключові залежності величини деформацій в контрольних точках гірського масиву на денній поверхні і на контакті з стелиною відпрацьованих камер.

Ключові слова: руда, камерні системи, закладка, «каркасно-модульна» структура, напруження, деформації.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На сьогодні відпрацювання родовищ багатих залізних руд та ма-

гнетитових кварцитів підземним способом здійснюється камерними системами розробки та системами розробки з обваленням руди та вміщуючих порід. Якщо відпрацювання багатих залізних руд здійснюється на глибинах понад 1200 м і досить слабо впливає на стан денної поверхні в полях діючих шахи, то відпрацювання магнетитових кварцитів підземним способом здійснюється на вищерозташованих горизонтах, де вплив підземної розробки призводить до істотних змін денної поверхні. Тому дослідження напружено-деформованого стану масиву при відпрацюванні покладів багатих залізних руд та магнетитових кварцитів камерними системами розробки з суцільною та комбінованою «каркасно-модульною» закладкою виробленого простору мають важливе наукове та практичне значення.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідження напружено-деформованого стану масиву при відпрацюванні покладів багатих залізних руд та магнетитових кварцитів підземним способом, вплив суцільної або комбінованої технології «каркасно-модульної» закладки виробленого простору на розвиток напружено-деформованого стану масиву є досить складним аналітичним та практичним процесом. Сучасні дослідження, які проводяться сьогодні в науково-дослідних лабораторіях та на підприємствах направлені на вирішення цієї проблеми [1; 2; 4-11].

Визначення закономірностей розподілу полів напружень, встановлення залежностей їх впливу на розвиток геомеханічних процесів та економічну оцінку геомеханічних ризиків при застосуванні запропонованих технологій доцільно виконувати з урахуванням рекомендованих технологій відпрацювання та закладення виробленого простору, застосовуючи сучасні математичні методи та програми комп'ютерного моделювання [3-5; 12-16].

Постановка завдання. Характер розвитку напружено-деформованого стану масиву на ділянці рудного покладу необхідно досліджувати з урахуванням технології розвитку очисних робіт та наступного відповідного заповнення відпрацьованих очисних камер закладними сумішами. Тому метою представленої роботи є аналіз та дослідження напружено-деформованого стану масиву при відпрацюванні покладу камерними системами розробки з суцільною та комбінованою «каркасно-модульною» закладкою виробленого простору.

Викладення матеріалу та результати. Дослідження і розробка ресурсозберігаючих технологій комбінованої закладки виробленого простору є вимушеним заходом. Запропонований варіант суцільної

закладки виробленого простору пустими породами характеризується як очевидними перевагами, так і серйозними недоліками.

Найважливішою перевагою є відсутність капітальних витрат на будівництво закладного комплексу і, безумовно, відсутність витрат на придбання дорогих в'язучих компонентів. У цьому випадку в якості закладного матеріалу при закладці камер першої і другої черги передбачається використовувати суху, або гідравлічну закладку з відходів гірничорудного виробництва.

В якості сухих закладних сумішей рекомендується використовувати пусті породи від проходки виробок.

З огляду на значні обсяги заповнюваних камер доцільно використовувати породні відвали, які можливо перепускати по відокремлених або по групових підняттяєвих, спеціально пройдених до окремих відпрацьованих камер, або до групи відпрацьованих камер.

Можливий варіант з повним або частковим використанням в якості закладного матеріалу хвостів збагачувальних фабрик.

У разі застосування «бюджетного» варіанту закладки виробленого простору пустими породами камери другої черги можливо відпрацьовувати камерними системами розробки з одночасним випуском відбитої руди і паралельним заповненням камер пустою породою.

Можливий також варіант відпрацювання камер другої черги системами розробки з обваленням руди і вміщуючих порід. Однак застосування останнього варіанту має більш жорсткі обмеження, особливо в умовах необхідності збереження денної поверхні.

На рис. 1 представлені результати розрахунку головних напружень σ_1 (а) і деформацій (б) після завершального етапу заповнення камер першої і другої черги подрібненими пустими породами, що характеризують зміну вихідного поля напружень.

Аналіз результатів досліджень дозволив встановити базові закономірності варіації головних напружень σ_1 в структурно-неоднорідних масивах і діагностувати ключові залежності величини деформацій ϵ в контрольних точках гірського масиву на денній поверхні і на контакт з стелиною відпрацьованих камер.

Характерною особливістю «бюджетної» технології закладки є формування над відпрацьованою ділянкою єдиного склепіння умовної рівноваги, в той час як при «класичній» технології закладних робіт формуються диференційовані склепіння над кожною відпрацьованою камерою.

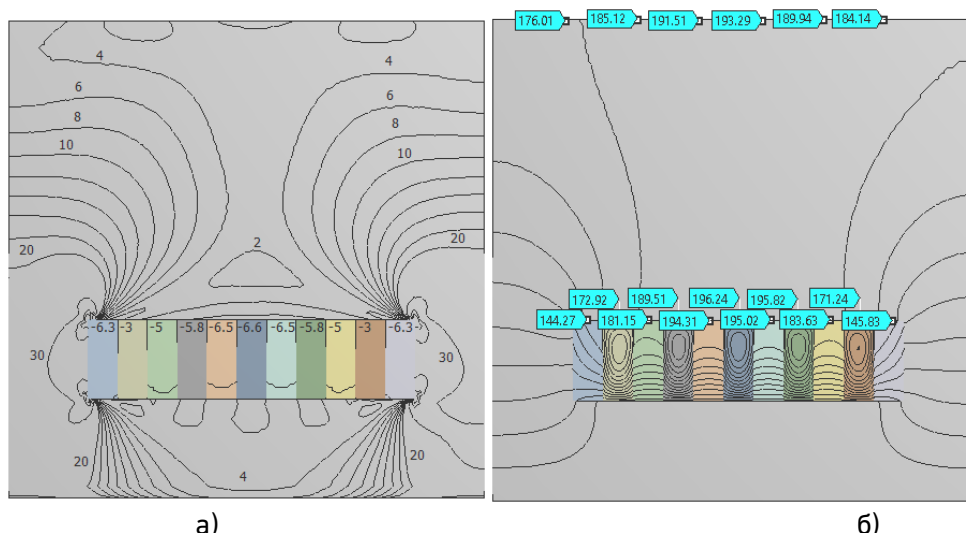


Рис. 1. Результати розрахунку головних напружень σ_1 (а) і деформацій ε (б) після завершального етапу відпрацювання ділянки і заповнення камер першої і другої черги подрібненими пустими породами

Розвиток єдиного склепіння умовної рівноваги відбувається плавно по мірі відпрацювання очисних камер. Величина склепіння залежить від величини відпрацьовуємої ділянки.

Стійкість єдиного склепіння залежить від повноти заповнення камер. Рекомендується в міру природного ущільнення пустих порід здійснювати дозакладку виробленого простору.

Хороші результати дає комбінована закладка відпрацьованого простору подрібненими пустими породами в комплексі з дрібнозернистими хвостами збагачення. В даному випадку відбувається природне ущільнення закладного масиву з формуванням штучних ціликів з низьким коефіцієнтом усадки.

Аналіз деформацій ε в контрольних точках гірського масиву на денній поверхні і на контакті з стелиною відпрацьованих камер дозволив констатувати наступне.

Відносні максимальні деформації денної поверхні на 20-25% перевищили аналогічні фіксовані величини вертикальних зсувів, характерних для класичної технології закладки з заповненням камер першої черги твердіючими закладними сумішами.

У той же час, абсолютні максимальні величини вертикальних деформацій денної поверхні не перевищують 40-50 мм, що цілком допустимо для ділянки денної поверхні, порівнянної з розмірами шахтного поля.

Закладка виробленого простору, як правило, вимушений захід.

Основною перевагою закладки є збереження денної поверхні і налягаючих гірських порід.

До основних недоліків закладки відноситься ускладнення технології та підвищення собівартості видобутку. При цьому розглянуті вище технології з твердіючою закладкою характеризуються високою собівартістю, а «бюджетні» технології з породної закладкою характеризуються більш низькою стійкістю і більш високими показниками засмічення руди при випуску.

Для ліквідації зазначених недоліків авторами запропонована технологія комбінованої закладки камер з каркасом твердіючої закладки та породним модулем всередині сформованої структури, яка отримала назву «каркасно-модульної» технології закладки.

Безсумнівно, що запропонована технологія комбінованої «каркасно-модульної» закладки камер може бути рекомендована для заповнення камер як першої, так і другої черги при відпрацюванні родовищ за технологією «камера-цілик». Однак основною перевагою даної технології можна вважати доцільність її застосування в камерах першої черги.

У цьому випадку рекомендована технологія забезпечує дотримання основних вимог, які пред'являються до закладного масиву камер першої черги:

1. Повне заповнення відпрацьованої камери закладним матеріалом, в тому числі на контакт з стелиною.

2. Формування на контакт відпрацьована камера – рудний цілик (камера другої черги) каркаса твердіючої закладки, необхідного для формування стійких оголень при відпрацюванні ціликів (камер другої черги).

3. Формування каркаса твердіючої закладки з боку всячого боку камери, необхідного для запобігання зсуву порід всячого боку в вироблений простір.

4. Зниження собівартості закладки за рахунок формування породного модуля пустих порід в монолітному каркасі твердіючої закладки.

У загальному вигляді сутність запропонованої «каркасно-модульної» технології закладки полягає в наступному.

Спочатку відпрацьовують очисну камеру першої черги з повним випуском відбитої руди.

Далі днище відпрацьованої камери заповнюють твердіючою закладкою для формування стійкої стелини, необхідної при подальшому відпрацюванні нижчележачої камери. Закладку камери здійсню-

ють по закладних свердловинах, пробурених з закладної виробки в покрівлю відпрацьованої камери.

Після повного затвердіння суміші з закладної виробки в центр покрівлі відпрацьованої камери по закладних підняттях подають пусту породу. Закладний підняттявий проходять на лежачий бік камери під кутом, достатнім для скочування кусків подрібненої пустої породи під дією власної ваги.

Одночасно, за закладних свердловин, пройдених в покрівлю відпрацьованої камери на межі з ціликами (камерами другої черги) подають твердіючу закладку, необхідну для формування стійкого каркаса твердіючої закладки на межі з камерами другої черги.

Після максимального заповнення камери пустими породами решту виробленого простору заповнюють твердіючою закладкою, формуючи, таким чином, внутрішній закладний «модуль» пустих порід.

З метою визначення оптимальної товщини каркаса твердіючої закладки по простяганню з боку камер другої черги були виконані дослідження по встановленню залежностей стійкості каркасно-модульного цілика від товщини його несучого каркаса. Товщина каркаса твердіючої закладки змінювалася в межах від 30-35% до 65-70% загальної товщини цілика по простяганню.

Результати досліджень дозволили зробити наступні висновки.

Оскільки каркасно-модульний цілик знаходиться в умовах об'ємного стиснення його стійкість практично не залежить від ширини каркаса і коливається в межах 3-8% у відносних величинах.

Стійкість оголень каркаса твердіючої закладки залежить, в основному, від міцності закладки і величини оголення закладного масиву.

На рис. 2 представлена динаміка трансформації напружено-деформованого стану масиву при заключному етапі розвитку очисних робіт на досліджуваній ділянці, а саме при формуванні в останній технологічній камері першої черги «каркасно-модульного» закладного масиву.

Наведено ізолінії головних напружень та результати розрахунку деформацій денної поверхні і гірського масиву в контрольних точках шахтного поля.

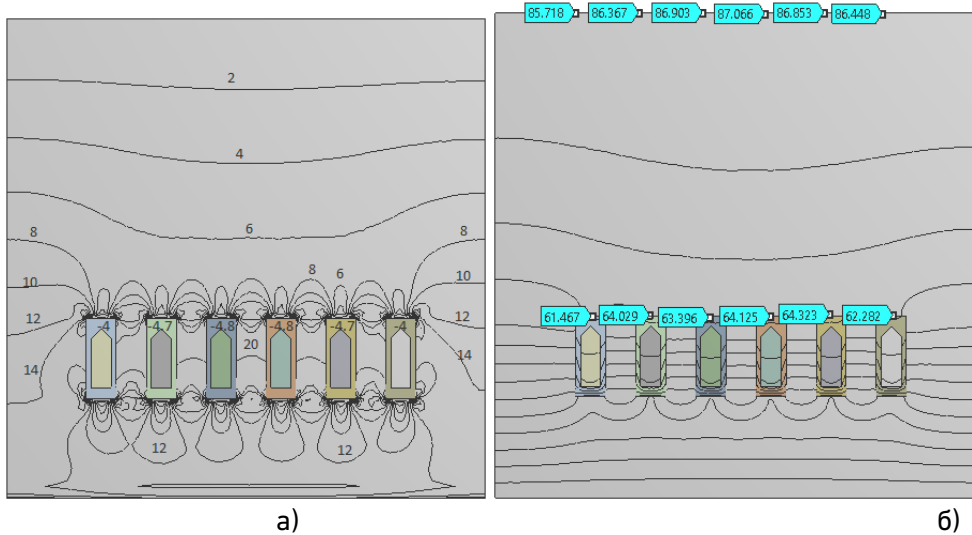


Рис. 2. Результати розрахунку головних напружень σ_1 (а) і деформацій ϵ (б) при формуванні каркасно-модульної структури штучного закладного масиву

Висновки та напрямок подальших досліджень. Для коректного порівняння отриманих результатів виконано зіставлення діагностованих величин напружень і деформацій в контрольних точках гірського масиву при формуванні каркасно-модульної структури штучного цілика з кореспондуючими результатами напружень і деформацій при формуванні штучного цілика твердіючої закладки.

Встановлено, що при формуванні каркасно-модульної структури штучного масиву принциповою відмінною закономірністю є збільшення величини розтягуючих напружень в контрольних точках гірського масиву на контакті з стелиною відпрацьованих і закладених камер першої черги. Варіація відповідних величин в контрольних точках гірського масиву досягає 55-60%.

У той же час, величина деформацій в контрольних точках на денній поверхні над очисним простором відпрацьованих блоків і на контакті з стелиною відпрацьованих і закладених камер першої черги дозволяє констатувати практично тотожні величини.

Варіація відповідних значень в контрольних точках гірського масиву не перевищує 3-5%, що порівняно з точністю розрахунків в гірничій справі.

1. Stupnik N., Kalinichenko V. Parameters of shear zone and methods of their conditions control at underground mining of steep-dipping iron ore deposits in Kryvyi Rig basin. *Geomechanical Processes During Underground Mining. School*

of Underground Mining. Dnipropetrovsk. 2012. P. 15–19. **2.** The research of strain-stress state of magnetite quartzite deposit massif in the condition of mine “Gigant-Gliboka” of central iron ore enrichment works (CGOK)/ N. Stupnik, V. Kalinichenko, E. Kalinichenko, I. Muzika, M. Fed'ko, S. Pis'menniy. *Metallurgical and mining industry*. 2015. No 7. P. 377–382. **3.** Ступнік М. І., Калініченко В. О., Калініченко О. В. Визначення економічних ризиків від порушень денної поверхні в результаті підземного видобутку руд. *Вісник Криворізького національного університету* : зб. наук. праць. Кривий Ріг. 2012. Вип. 32. С. 246–250. **4.** Калініченко О. В. Удосконалення концепції управління напружено-деформованим станом гірського масиву при підземних гірничих роботах. *Сборник научных трудов ГП «Научно-исследовательский горнорудный институт»*. Кривой Рог, 2015. С. 104–111. **5.** Ступнік М. І., Калініченко В. О., Калініченко О. В. Дослідження напружено-деформованого стану гірського масиву покладу магнетитових кварцитів в умовах шахти «Гігант-Глибока» ПАТ «ЦГЗК». *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2015. № 5. С. 85–88. **6.** Інформаційні технології – складова процесів моніторингу та керування напружено-деформованим станом масиву / М. І. Ступнік, В. О. Калініченко, І. О. Музика, О. В. Калініченко, М. Б. Федько, С. В. Письменний. *Розробка родовищ 2015* : щорічний наук.-техн. зб. Дніпропетровськ : Літограф, 2015. С. 175–181. **7.** Ступнік М. І., Калініченко В. О., Калініченко О. В. Економічна оцінка ризиків можливих геомеханічних порушень денної поверхні в полях шахт Кривбасу. *Науковий вісник Національного гірничого університету*. Дніпропетровськ. 2012. № 6(132). С. 126–130. **8.** Ступнік Н. И., Калиниченко В. А. Проблемы мониторинга дневной поверхности в полях закрытых и действующих шахт Криворожского железорудного бассейна. *Збірник наукових праць Науково-дослідного гірничорудного інституту Державного вищого навчального закладу «Криворізький національний університет»*. Кривий Ріг. 2013. № 54. С. 17–22. **9.** Куліковська О. Є., Перегудов В. В., Сергеева М. П. Співвідношення між швидкостями сучасних рухів денної поверхні й особливостями геологічної будови Криворізького регіону. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. Львів. 2004. С. 158–162. **10.** Куліковська О. Є. Концептуальні засади маркшейдерського моніторингу безпечного функціонування гірничовидобувних регіонів : дис. ... д-ра техн. наук : 05.15.01. Кривий Ріг, 2012. 346 с. **11.** Панжин А. А., Панжина Н. А. Мониторинг геодинамических процессов на горных предприятиях и урбанизированных территориях. *Горный информ.-аналит. бюл.* 2007. № 3. С. 171–183. **12.** Сашурин А. Д., Панжин А. А., Коновалова Ю. П. Исследование геодинамических процессов с применением GPS-технологий. *Горный информ.-аналит. бюл.* 2003. № 7. С. 34–38. **13.** Розробка інформатизованих систем моніторингу і керування процесами взаємодії полів напружено-деформованого стану масиву при формуванні відкритих гірничих виробок і штучних підземних споруд» : звіт з НДР, 0114U003776с. Кривий Ріг : ДВНЗ «КНУ»–«НГУ», 2015. 117 с. **14.** Денисов А. И. Современные движения земной поверхности района Криворожья и их выраженность в рельефе. *Мате-*

риалы научно-технической конференции КГРИ. М. : ВИНТИ, 1981. № 268-81. С. 59–69. **15.** Цариковский В. В., Булат А. Ф., Приходченко В. Л. Контроль процессов разрушения руд Кривбасса геофизическими методами для повышения эффективности их отработки. *Проблемы горнодобывающей промышленности металлургического комплекса Украины*. Кривой Рог : НИ-ГРИ, 1998. С. 21–24. **16.** Калініченко О. В. Удосконалення концепції системного управління процесами підземних гірничих робіт з урахуванням впливу на них напружено-деформованого стану гірського масиву. *Гірничий вісник : наук.-техн. збірник*. Кривий Ріг, 2016. Вип. 100. С. 27–31.

REFERENCES:

1. Stupnik N., Kalinichenko V. Parameters of shear zone and methods of their conditions control at underground mining of steep-dipping iron ore deposits in Kryvyi Rig basin. *Geomechanical Processes During Underground Mining. School of Underground Mining*. Dnipropetrovsk. 2012. R. 15–19. **2.** The research of strain-stress state of magnetite quartzite deposit massif in the condition of mine "Gigant-Gliboka" of central iron ore enrichment works (CGOK)/ N. Stupnik, V. Kalinichenko, E. Kalinichenko, I. Muzika, M. Fedko, S. Pismenniy. *Metallurgical and mining industry*. 2015. No 7. R. 377–382. **3.** Stupnik M. I., Kalinichenko V. O., Kalinichenko O. V. Vyznachennia ekonomichnykh ryzykiv vid porushen dennoi poverkhni v rezultati pidzemnoho vydobutku rud. *Visnyk Kryvorizkoho natsionalnoho universytetu : zb. nauk. prats*. Kryvyi Rih. 2012. Vyp. 32. S. 246–250. **4.** Kalinichenko O. V. Udoskonalennia kontseptsii upravlinnia napruzhenno-deformovanyim stanom hirskoho masyvu pry pidzemnykh hirnychykh robotakh. *Sbornik nauchnykh trudov HP «Nauchno-issledovatel'skii hornorudnyi institut»*. Kryvoi Roh, 2015. S. 104–111. **5.** Stupnik M. I., Kalinichenko V. O., Kalinichenko O. V. Doslidzhennia napruzhenno-deformovanoho stanu hirskoho masyvu pokladu mahnetytovykh kvartsytyv v umovakh shakhty «Hihant-Hlyboka» PAT «TsHZK». *Metallurhicheskaia i hornorudnaia promyshlennost*. 2015. № 5. S. 85–88. **6.** Informatsiini tekhnolohii – skladova protsesiv monitorynhu ta keruvannia napruzhenno-deformovanyim stanom masyvu / M. I. Stupnik, V. O. Kalinichenko, I. O. Muzyka, O. V. Kalinichenko, M. B. Fedko, S. V. Pysmennyi. *Rozrobka rodovyshch 2015 : shchorichniy nauk.-tekhn. zb*. Dnipropetrovsk : Litohrad, 2015. S. 175–181. **7.** Stupnik M. I., Kalinichenko V. O., Kalinichenko O. V. Ekonomichna otsinka ryzykiv mozhyvykh heomekhanichnykh porushen dennoi poverkhni v poliakh shakht Kryvbasu. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. Dnipropetrovsk. 2012. № 6(132). S. 126–130. **8.** Stupnik N. I., Kalinichenko V. A. Problemy monitorinha dnevnoi poverkhnosti v poliakh zakrytykh i deistvuiushchikh shakht Krivorozhskoho zhelezorudnoho baseina. *Zbirnyk naukovykh prats Naukovo-doslidnoho hirnychorudnoho instytutu Derzhavnoho vyshchoho navchalnoho zakladu «Kryvorizkyi natsionalnyi universytet»*. Kryvyi Rih. 2013. № 54. S. 17–22. **9.** Kulikovska O. Ye., Perehudov V. V.,

Serheeva M. P. Spivvidnoshennia mizh shvydkostiamy suchasnykh rukhiv dennoi poverkhni y osoblyvostiamy heolohichnoi budovy Kryvorizkoho rehionu. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva*. Lviv. 2004. S. 158–162. **10.** Kulikovska O. Ye. Kontseptualni zasady marksheiderskoho monitorynhu bezpechnoho funktsionuvannia hirnychovydobuvnykh rehioniv : dys. ... d-ra tekhn. nauk : 05.15.01. Kryvyi Rih, 2012. 346 s. **11.** Panzhin A. A., Panzhina N. A. Monitorinh heodinamicheskikh protsessov na hornykh predpriatiakh i urbanizirovannykh territoriakh. *Hornyi inform.-analit. biul.* 2007. № 3. S. 171–183. **12.** Sashurin A. D., Panzhin A. A., Konovalova Yu. P. Issledovanie heodinamicheskikh protsessov s primeneniem GPS-tekhnologii. *Hornyi inform.-analit. biul.* 2003. № 7. S. 34–38. **13.** Rozrobka informatyzovanykh system monitorynhu i keruvannia protsesamy vzaiemodii poliv napruzhenno-deformovanoho stanu masyvu pry formuvanni vidkrytykh hirnychyykh vyrobok i shtuchnykh pidzemnykh sporud» : zvit z NDR, 0114U003776c. Kryvyi Rih : DVNZ «KNU»–«NHU», 2015. 117 s. **14.** Denisov A. I. Sovremennye dvizheniia zemnoi poverkhnosti raiona Krivorozhia i ikh vyrazhennost v reliefe. *Materialy nauchno-tekhnicheskoi konferentsii KHRI*. M. : VYNYTY, 1981. № 268-81. S. 59–69. **15.** Tsarikovskii V. V., Bulat A. F., Prikhodchenko B. JI. Kontrol protsessov razrusheniia rud Krivbassa heofizicheskimi metodami dlia povysheniia effektivnosti ikh otrabotki. *Problemy hornodobyvaiushchei promyshlennosti metallurhicheskoho kompleksa Ukrainy*. Krivoi Roh : NIHRI, 1998. S. 21–24. **16.** Kalinichenko O. V. Udoskonalennia kontseptsii systemnoho upravlinnia protsesamy pidzemnykh hirnychyykh robot z urakhuvanniam vplyvu na nykh napruzhenno-deformovanoho stanu hirsokoho masyvu. *Hirnychiy visnyk* : nauk.-tekhn. zbirnyk. Kryvyi Rih, 2016. Vyp. 100. S. 27–31.

Kalinichenko E. V., Candidate of Economics (Ph.D.), Associate Professor (Kryvyi Rih National University)

STUDY OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE MASSIF IN MINING THE DEPOSIT AREA WITH SUBSEQUENT COMPLETE AND COMBINED “FRAMEWORK-MODULE” BACKFILLING

The article is aimed at analyzing and studying the stress-strain state of the massif when mining the deposit with room-and-pillar methods with the subsequent complete and combined “framework-module” backfilling of dead areas. The main research methods are the technical and economic analysis of factors and conditions impacting the stress-strain state of the massif when mining stopes and their subsequent complete or combined “framework -module” backfilling with consolidating mixtures and mining or production wastes.

Mathematical and finite element methods are applied during the study. The character of the massif stress-strain state development on the deposit area is studied considering technologies of stoping and subsequent backfilling of dead areas. The analysis of the study results enables determining basic regularities of variations principal stresses and strains σ_1 in structurally nonuniform massifs and diagnosing key dependencies of strain values ε in control points on the daylight surface and on the interface with the crown of dead stopes. For correct comparison of the obtained results, the diagnosed stress and strain values in the control points of the rock massif when forming the framework-module structure of the sill pillar are collated with the corresponding stress and strain values obtained when forming the sill pillar of the consolidating backfill. The suggested technology of combined “carcass-module” backfill of stopes can be recommended for backfilling both I and II stage when applying the room-and-pillar mining method. The technology ensures complete backfilling of stopes including the interface with the crown and decrease of backfill prime costs due to forming the waste rock module in the monolithic consolidating backfill carcass. The study conducted enables determining new regularities of the massif stress-strain state development when mining the deposit with room-and-pillar methods with subsequent complete and combined “framework-module” backfilling of dead areas. There are obtained new regularities of the variation of principal stresses in structurally nonuniform massifs and diagnosed key dependencies of the strain values in massif control points on the daylight surface and on the interface with the crown of dead stopes.

***Keywords:* ore, room-and-pillar systems, “framework-module” structure, stresses, strains.**

Калиниченко Е. В., к.э.н., доцент (Криворожский национальный университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ПРИ ОТРАБОТКЕ ЗАЛЕЖИ С СПЛОШНОЙ И КОМБИНИРОВАННОЙ «КАРКАСНО-МОДУЛЬНОЙ» ТЕХНОЛОГИЕЙ ЗАКЛАДКИ КАМЕР

Целью данной работы является анализ и исследование напряжен-

но-деформированного состояния массива при отработке залежи камерными системами разработки со сплошной и комбинированной «каркасно-модульной» закладкой выработанного пространства. Характер развития напряженно-деформированного состояния массива на участке рудной залежи исследовался на основе технологии развития очистных работ и последующего соответствующего заполнения отработанных очистных камер закладными смесями. Анализ результатов исследований позволил установить базовые закономерности вариации главных напряжений σ_1 в структурно-неоднородных массивах и диагностировать ключевые зависимости величины деформаций ϵ в контрольных точках горного массива на дневной поверхности и на контакте с потолочиной отработанных камер. Для корректного сравнения полученных результатов выполнены сопоставления диагностированных величин напряжений и деформаций в контрольных точках горного массива при формировании каркасно-модульной структуры искусственного целика с коррелирующими результатам напряжений и деформаций при формировании искусственного целика твердеющей закладки. На основании выполненных исследований установлены новые зависимости развития напряженно-деформированного состояния массива от технологии отработки залежи при сплошной и комбинированной «каркасно-модульной» закладке выработанного пространства. Установлены новые закономерности вариации главных напряжений в структурно-неоднородных массивах и диагностированы ключевые зависимости величины деформаций в контрольных точках горного массива на дневной поверхности и на контакте с потолочиной отработанных камер.

Ключевые слова: руда, камерные системы, закладка, «каркасно-модульная» структура, напряжения, деформации.
