

жения возникающие в приграничном массиве от чаши карьера.

Параметрами, характеризующими устойчивость горных выработок являются компоненты напряжений  $\sigma_{z1}$  и  $\sigma_{k1}$  которые в основном определяют величину радиусов кривизны и оснований свода естественного равновесия. Криволинейная часть поперечного сечения выработки описывается тремя сочлененными кривыми с указанными выше радиусами кривины [4]

Количественно параметры свода определяются системой уравнений

$$\begin{cases} v = 2\sqrt[3]{R\sigma_z^2}, \\ h = 2\sqrt[3]{r\sigma_x^2}. \end{cases}$$

где  $h$  и  $v$  - вертикальная и горизонтальная полуоси кривой параболической формы, максимально приближенной к контуру свода устойчивого равновесия, м;  $R$ ,  $r$  - большой и малый радиусы свода, м.

Полученная система уравнений позволяет определить малый и большой радиусы свода горных выработок. Применение комплексного подхода при определении параметров горных выработок, позволит без значительных затрат увеличить скорость проходки и устойчивость выработок за счет уменьшения затрат времени на крепление и придания горной выработке оптимальной устойчивой формы.

#### Список литературы

1. Ступнік М.І. Комбіновані способи подальшої розробки залізрудних родовищ Криворізького басейну / М.І. Ступнік, С.В. Письменний // Гірничий вісник ДВНЗ "Криворізький національний університет". – 2012. – Вип. 95(1). – С. 3-7.
2. Андреев Б.Н. Методические рекомендации по целенаправленному формированию внутренних отвалов в действующих железорудных и флюсовых карьерах / А.Ю. Дриженко, С.А. Сторчак, В.А. Щелканов и др. // Днепрпетровск: НГАУ, 2001. – 58 с.
3. Андреев Б.Н. Вскрытие и отработка подземным способом балансовых запасов под дном и бортами Анновского карьера: Отчет о НИР (заключительный). № ГР 0103U007486 / Криворожский технический унив-т. - № 1-430-03. – КТУ, 2004. – 139 с.
4. Новожилов М.Г. Глубокие карьеры / М.Г. Новожилов, В.Г. Селянин, А.Е. Троп // М.: Госгортехиздат, 1962. – 258 с
5. Щелканов В.А. Комбинированная разработка месторождений / В.А. Щелканов, С.А. Сторчак // Кривой Рог: КТУ, 1996. – 293 с.
6. Андреев Б.Н. Оценка технического состояния крепи наклонных стволов № 1 и № 2 шахты "Артем-2" ПАО "ЦГОК" и выдача рекомендаций по дальнейшей их безопасной эксплуатации: Отчет о НИР (заключительный). № ГР 0103U007486 / Криворожский национальный унив-т. - 1655-13-04/8-891-11. – ГВУЗ "Криворожский национальный университет", 2004. – 139 с.
7. Ступнік Н.І. Перспективні технологічні варіанти подальшої обробки залізрудних родовищ системами з масовим обрушенням руди / Н.І. Ступнік, С.В. Письменний // Вісник ДВНЗ "Криворізький національний університет". – 2012. – Вип. 30. – С. 3-7.

Рукопись поступила в редакцию 22.05.12

УДК 622.34

І.Є. ГРИГОР'ЄВ, канд.техн.наук, доц., ДВНЗ «Криворізький національний університет».

### МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ КАР'ЄРІВ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

Розглянуто та запропоновано нові сучасні підходи до проектування гірничих систем з урахуванням їх ієрархічного рівня.

Система, проектування, ієрархічність, рішення.

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами.** Кардинальні зміни соціально-економічних умов функціонування держави принципово змінили зовнішнє середовище гірничо-видобувних підприємств. Конкуренція на ринках мінеральної сировини призвела до суттєвого підвищення коливання діапазону цін у 3-6 раз. Частота оновлення модельного ряду виробничих, гірничотранспортних та інших машин підвищилась у 2-3 рази. Зміни законодавчої бази, правових, нормативно проектних документів, які впливають та регламентують роботу гірничих підприємств, значно підвищились. Виснаженість надр, погіршення гірничо-геологічних, екологічних умов функціонування гірничих підприємств призводять до необхідності залучення у розробку родовищ з низькою потужністю покладів корисних копалин, з складною геометрією покладів, низьким вмістом корисного компоненту. Для виведення або підтри-

мання високого рівня конкурентоспроможності гірничого підприємства необхідно постійно слідкувати за співвідношенням показників проекту у внутрішньому середовищі підприємства з динамікою змін у зовнішньому. Подальша інтеграція України до глобальної світової спільноти приводить підприємства або їх власників до необхідності постійної уваги до своєї конкурентоспроможності на ринку мінеральної сировини, яке може бути досягнуте лише за рахунок ефективних та надійних проектних рішень.

**Аналіз досліджень і публікацій:** Розвитком теорії проектування гірничих об'єктів займалось багато видатних радянських вчених таких як Є.Ф. Шешко, Б.П. Боголюбов, Арсентьев О.І., Ржевський В.В., Мельников М.В., Новожилов М.Г., Хохряков В.С., Астаф'єв Ю.П. та багато інших. У сучасній Україні до таких вчених можна віднести Бизова В.Ф., Завсєгдашнього В.О., Четверика М.С., Близнюкова В.Г., Ковальчука В.А. та ін.

Для оцінки ефективності проектних рішень, які досліджує або пропонує проектувальник гірничих об'єктів, необхідно чітко визначити основні показники, які впливають на конкурентоспроможність підприємства, їх параметри та взаємозв'язки, термін життєвого циклу проекту.

Традиційний підхід до аналізу гірничого об'єкту полягає у тому, що проектувальник його розглядає як гірничотехнічну систему. При цьому, основна увага проектувальника приділяється тільки тим елементам гірничотехнічного об'єкту, які знаходяться найбільш низькому ієрархічному рівні. Структура елементів цієї технічної системи створюється з елементів-підсистем системи. Як правило, дослідник або проектувальник кар'єру аналізує такі підсистемами гірничотехнічної системи: процеси відкритих гірничих робіт, до яких відносять процеси підготовки порід до виймання, процеси виймально-навантажувальних робіт, процеси гірничотранспортних робіт, процеси відвалотворення та допоміжні процеси гірничих робіт. Інші досліджують кар'єр як сукупність розкривних або(і) добувних уступів. Деякі досліджують технічну, технологічну, організаційну підсистеми. У свою чергу, підсистеми створюються з більш дрібних елементів і з більш нижчим ієрархічним рівнем. Усі більш дрібні елементи підсистеми об'єднуються у структуру за метою функціонування та характеризуються різноманітними параметрами, показниками та інформацією, якою вони володіють. Для кожної підсистеми кар'єру є свої якісні та кількісні параметри та показники виміру. У такому випадку із дослідження проектувальника випадають взаємозв'язки та взаємодія гірничотехнічної системи з системами більш високого ієрархічного рівня. Результатом є те, що зворотні сигнали цих систем, які формують та визначають вимоги до показників конкурентоспроможності гірничотехнічного об'єкту, не досліджуються.

У такому разі не досліджується вплив зовнішніх факторів (технічних, технологічних, економічних та ін.) на показники гірничотехнічної системи - кар'єр, дуже слабо враховується динаміка їх змін та вимог.

Традиційно, оцінка гірничотехнічної системи виконується за допомогою показників ефективності техніко-економічного плану. До таких показників відносять: головні параметри кар'єру, виробничу потужність підприємства по розкривним породам та мінеральній сировині, собівартість продукції, загальні та питомі капітальні і експлуатаційні витрати, рентабельність, строк окупності, прибуток підприємства. Останній показник, з метою урахування фактору часу, дисконтують. Такий підхід до проектування є притаманним проектувальникам, які розглядають гірничий об'єкт як технічну (машинну) систему та призводить до того, що система сама собі формує вимоги до себе та до цінності продукту своєї діяльності. Результатом є малий строк життєвого циклу проектних рішень, які визначають показники конкурентоспроможності гірничого підприємства.

**Постановка задачі:** У даній роботі з метою подальшого розвитку теорії проектування застосовано раніше запропонований підхід до об'єкту проектування як до системи. Основною відмінністю від раніше запропонованого є наукова ідея про те, щоб розглядати гірничий об'єкт як виробничу соціально-економічну систему - організація, яка є підсистемою системи більш високого ієрархічного рівня та представлена структурою власних елементів - підсистем. Це дозволить визначити показники конкурентоспроможності системи, їх параметри, виконати їх оцінку та дослідити вплив на систему внутрішніх та зовнішніх факторів, що дозволить значно збільшити життєвий цикл проекту.

**Викладення матеріалу.** У сучасний час метою підвищення якості та ефективності проектних рішень, що приймаються при створенні або реконструкції гірничих підприємств, автором запропоновано інший підхід до їх розробки. Він полягає у тому, що ми повинні розглядати гірниче підприємство не як гірничотехнічну систему, а як виробничу соціально-економічну органі-

зацію по видобутку корисних копалин. Адже організація створюється замовниками з метою задоволення потреб людського суспільства. Тому на систему впливають різноманітні зовнішні та внутрішні чинники. У результаті, до системи - організація, висувуються інші вимоги, ніж до гірничотехнічної системи. Це визначається тим, що проектуючи систему - організацію, ми будемо систему більш високого ієрархічного рівня ніж гірничотехнічна. Тому вона має набагато більш складну структуру та інформативність, а її ефективність необхідно оцінювати за більшою кількістю показників, застосовувати додаткові різноманітні критерії. Основною вимогою до проекту створення або реконструкції гірничого підприємства є його конкурентоспроможність у сучасний час та в майбутньому. Показник конкурентоспроможності системи (гірничого підприємства) - це комплексний, багатокритеріальний показник ефективності.

У роботі (1) доведено, що у загальному вигляді на фактичні або проектні показники роботи гірничого підприємства, які визначають його конкурентоспроможність на ринку, впливають внутрішні та зовнішні фактори. У загальному вигляді конкурентоспроможність підприємства можна подати у вигляді

$$КП=f(IF,OF), \quad (1)$$

де  $КП$  - конкурентоспроможність гірничого підприємства;  $IF$  - внутрішні фактори;  $OF$  - зовнішні фактори.

Найбільш доцільно, для оцінки фактичних або проектних показників, застосовувати системний підхід. Системний підхід дозволяє визначити усі суттєві взаємозв'язки елементів систем, встановити їх вплив один на одного та на поведінку всієї системи.

У такому разі гірничо-металургійний комплекс, окремі гірничі підприємства, в складі якого вони працюють, необхідно розглядати як відкриті динамічні системи. Ці системи - організації утворюють ряди стійких ієрархічних рівнів, які функціонують заради досягнення загальної кінцевої мети. Тоді системи більш високого та свого ієрархічного рівня будуть зовнішнім середовищем для об'єкта дослідження, а їх вплив на нього - впливом зовнішніх факторів. Сам об'єкт дослідження у свою чергу представлений структурою власних елементів - підсистем, які знаходяться між собою у власних взаємозв'язках та взаємодії. Їх прояв та вплив на об'єкт дослідження, один на одного, буде проявом внутрішніх факторів. Такий підхід дозволяє визначити всі основні показники впливу на систему - організація із зовнішнього та внутрішнього середовища, дослідити їх, визначити параметри та характеристики.

Зовнішні і внутрішні фактори являють собою певну сукупність укрупнених показників елементів системи, кожен з яких, в свою чергу, складається з показників нижчого ієрархічного рівня. Крім того, кожен показник впливає не тільки на загальний показник конкурентоспроможності підприємства, але й на інші показники, тобто формується багаторівневий взаємозв'язок. При даному зв'язку, зміна одного показника впливає як на зміну інтегрального показника конкурентоспроможності, так і на зміну інших показників, які формують конкурентоспроможність гірничого підприємства та які мають високий ступінь динамічності. Проектні рішення, що пропонуються, повинні забезпечувати високі показники ефективності кожної підсистеми системи-організація. Висока конкурентоспроможність показників кожної підсистеми, якими вони характеризуються, формують загальну конкурентоспроможність гірничого підприємства. Основними підсистемами виробничої соціально-економічної системи - організація є: технічна, технологічна, організаційна, маркетингова.



Рис. 1. Загальна структура виробничої соціально-економічної системи-організації

Технічна підсистема - це елемент структури виробничої соціально-економічної системи - організація, представлена сукупністю технічних засобів, які забезпечують виконання основних та допоміжних процесів по видобутку корисних копалин.

Технологічна підсистема - це елемент структури виробничої соціально-економічної системи - організація, представлена сукупністю техногенних об'єктів, які змінюються у часі та просторі, надають доступ до геологічних ресурсів та розміщенню тех-

нічних засобів для виконання процесів по видобутку корисних копалин.

Організаційна підсистема - це елемент структури виробничої соціально - економічної системи - організація, представлена сукупністю зв'язків та відношеннями технічних та технологічних елементів, яка визначає умови для їх застосування та необхідну кількість і кваліфікаційну підготовку персоналу.

Маркетингова підсистема - це елемент структури виробничої соціально-економічної системи - організація, представлена сукупністю властивостей продукції підприємства, яка забезпечує систему інформаційно-економічними зв'язками з зовнішніми системами більш високого ієрархічного рівня.

Для досягнення необхідного рівня конкурентоспроможності вітчизняних гірничих підприємств на ринку мінеральної сировини в умовах зростаючої динаміки змін зовнішнього та внутрішнього середовища необхідно суттєво підвищити ефективність використання ресурсів гірничого підприємства за рахунок впровадження надійних проектних рішень, сучасних стратегій розвитку підприємства, забезпечуючи більш високі ніж у конкурентів результати.

Це можливо при тривалому та сталому розвитку гірничого підприємства, яке необхідно представляти як постійний комплексний процес проектування системи - організація, що приводить до суттєвих змін у елементах та зв'язках системи. Аналіз роботи ведучих світових та вітчизняних гірничих підприємств показує, що в умовах динаміки змін це можливо досягнути лише у тому випадку, якщо структура виробничої соціально-економічної системи, її параметри та показники можливо легко та швидко коригувати.

Сучасні підходи до теорії проектування гірничих підприємств базуються на тому, що динаміка змін у зовнішньому та внутрішньому середовищі не є суттєвою, а тому у багаторічній перспективі проектувальниками не передбачено заходи до трансформації структури елементів системи та їх взаємозв'язків.

Необхідний темп перетворень у гірничій системі можливий тільки при постійному її розвитку. Гірниче підприємство це відкрита динамічна система, яка постійно зростає. У ринкових умовах при строку роботи гірничого підприємства більш 10-20 років однозначно будуть зміни зовнішнього та внутрішнього середовища. Результат - фактичні показники елементів системи гірничого підприємства будуть не відповідати проектним. Тому при проектуванні нового або реконструкції діючого підприємства повинні бути закладені такі рішення по трансформації системи, які б забезпечували співвідношення динаміки змін зовнішнього середовища із внутрішнім, забезпечували оптимальні показники кожної підсистеми. Сукупність конкурентоспроможності показників усіх елементів гірничої системи забезпечує конкурентоспроможність всієї виробничої соціально-економічної системи - організація. Невідповідність закладених у проект показників змін у зовнішньому та внутрішньому середовищі призводить до низького використання ресурсів системи, а не раціональні її показники призводять до погіршення загальних показників ефективності виробничої соціально-економічної системи - організація: продуктивність праці одного робітника (т/люд. рік), загальний прибуток від реалізації одиниці продукції підприємства (од/т).

Дослідження та аналіз показників роботи вітчизняних гірничовидобувних підприємств показав, що відхилення від проектної потужності роботи підприємства призводить до не повного використання можливостей виробничого обладнання, персоналу, зростання витрат на одиницю продукції та як наслідок зменшення прибутку підприємства на 30-50 % або взагалі до банкрутства. Відхилення у бік зменшення виробничої потужності можливі тільки при нераціональних проектних рішеннях або при недооцінці змін умов функціонування всієї виробничої соціально-економічної системи - організація. Відхилення у бік збільшення виробничої потужності можливі тільки при наявності нераціональної кількості виробничого обладнання. Даний висновок підтверджується аналізом та оцінкою структури використання календарного часу основного та допоміжного гірничого обладнання на лідируючому вітчизняному гірничому підприємстві за 2001-2009 рр., рис. 2.



**Рис. 2 .** Середньомісячна продуктивність роботи екскаватора в кар'єрі Інгульського ГЗКа

Ефективність роботи системи, що проектується, полягає у розробці проектних рішень, які б дозво-

ляли швидко та надійно змінювати ті елементи структури системи, які найбільш схильні до негативного впливу змін у зовнішньому та внутрішньому середовищі у сьогоденні та у майбутньому.

Як відомо, проект це майбутній та бажаний стан системи, поведінка якої може бути досліджена за допомогою економіко-математичного моделювання (2). Моделюючи зміни у зовнішньому та внутрішньому середовищі можна встановити їх вплив на структуру, параметри системи, показники їх підсистем, дослідити та виконати аналіз чутливості системи до змін.

Проектні конкурентоспроможні показники елементів підсистеми можливо подати у вигляді певної комбінації - суперпозиції функцій.

Суперпозиція функцій - це є композиція функцій, між якими є тісний багаторівневий взаємозв'язок і остаточний вид якої можна отримати шляхом емпіричних досліджень [3]. Суперпозиція не є самою функцією, вона відображає взаємозв'язок своїх складових частин і позначається  $\otimes$ .

Згідно з наведеним, можна стверджувати, що конкурентоспроможність проекту підприємства не є функцією (адже функція відображає залежність певної залежної змінної від сукупності незалежних змінних); терміни «залежність», «комбінація», «сукупність», які пропонуються дослідниками, не відображають наявності багаторівневої залежності - це є саме суперпозиція функцій.

Функціональний взаємозв'язок внутрішніх факторів та їх показників являє собою таку суперпозицію

$$IF = KT \otimes ORG \otimes TN \otimes TH, \quad (2)$$

де  $KT$  - показники маркетингової підсистеми;  $ORG$  - показники організаційної підсистеми;  $TN$  - показники технічної підсистеми;  $TH$  - показники технологічної підсистеми.

Стійкість основних показників проекту можливо досягнути лише у тому випадку, коли проектувальником гірничої системи закладена раціональна структура резервів, яка б надавала можливість компенсувати негативний вплив змін на всьому протязі життєвого циклу проекту.

**Висновки.** Отже, в сучасних умовах конкуренції для підвищення ефективності та надійності проектних рішень предметом процесу проектування гірничих об'єктів повинні стати:

стійка направленість розвитку виробничої соціально-економічної системи - організація, яка б забезпечувала постійне зростання ефективності виробництва;

визначення структури резервів, які б забезпечували компенсацію негативного прояву змін зовнішнього та внутрішнього середовища на проектні показники системи на всьому етапі життєвого циклу проекту.

#### Список літератури

1. **І.В. Завсєгдашня** Автореф. дис. Комплексна рейтингова оцінка конкурентоспроможності гірничозбагачувальних підприємств. - Кривий Ріг. - Изд-во КТУ, 2009.
2. **Н.В. Мельников, К.Е. Виноцкий, В.С. Меньшов, Э.И. Реентович** Вопросы выбора производственной мощности карьера. - Москва. - Изд-во «Наука». - С.19-20.

Рукопис подано до редакції 19.03.12

УДК 622.235

А.А. СКАЧКОВ, аспірант, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВИБУХОВОЇ ХВИЛІ У МАСИВІ ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ

Розглядається задача про розташування двох зарядів на уступі гірських порід і розповсюдження прямої хвилі напруг, а слідом двох її відображень: від покрівлі уступу і його укосу, за умов підривання одного із зарядів, з метою визначення сприятливих умов для підривання другого заряду.

### 1. Загальне розв'язання (лінійне джерело)

Задача математичного моделювання динаміки вибуху розв'язується методами геометричної оптики без врахування дифракції хвиль. Згідно цьому вибухова хвиля розповсюджується вздовж промінів, її фронт перпендикулярний цим промінням. Оскільки дифракція не враховується, фронт хвилі не огинає перешкоди. При відбиванні енергія не втрачається, вона рів-