

ювання, тобто повинно бути  $F(d_2) \leq F(d_1)$ , якщо  $d_2 \geq d_1$ , де  $d_i$  - відстань  $i$ -го елемента кубу або матриці розсіювання до центру.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Використання метода кінцевих елементів  $i$ , зокрема, клітинних автоматів надає широкі можливості для моделювання процесів розповсюдження. Показане, що для рівномірного розповсюдження прийнята Гаусова модель. Були виконані кількісні оцінки моделі, які дозволяють у окремих випадках звести моделювання в об'ємі к моделі на площині, що може суттєво заощадити обчислювальні ресурси. Одним з напрямків подальших досліджень є аналіз моделі розповсюдження в потоках для використання в геоінформаційних системах.

#### Список літератури

1. Бандман О.Л. Клеточно-автоматные модели пространственной динамики // Системная информатика. – 2006. №10. С. 59-113
2. Бутенко О.С., Охарев В.О. Механізм визначення кількісних характеристик рівня концентрації забруднюючих речовин викидами автомобільного транспорту // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць. М-во освіти і науки України, НАНУ. – К. - 2009, Вип. 3, С14-33.
3. Горячев Г.В., Гаврилюк М.А. Моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с использованием ГИС-технологий по методике ОНД-86 // Наукові праці Вінницького національного технічного університету – 2009, №3.
4. Левченко Н.О., Євстратьев О.А., Гогунський В.Д. Конкурс расчетных методик рассеяния загрязняющих веществ в атмосферном воздухе // Труды Одесского политехнического университета. – 1997, выпуск 2. [http://www.library.ospu.odessa.ua/online/periodic/opu\\_97\\_2/3\\_5.htm](http://www.library.ospu.odessa.ua/online/periodic/opu_97_2/3_5.htm)
5. Методика прогнозирования масштабов заражения сильдействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте РД 52.04.253-90. [http://libgost.ru/rd/67060-Tekst\\_RD\\_52\\_04\\_253\\_90](http://libgost.ru/rd/67060-Tekst_RD_52_04_253_90).
6. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86 / Под ред. М. Е Берлянда. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 94 с.
7. Титов В. П. К вопросу о моделировании диффузии газов в потоке воздуха // Сб. трудов № 144 «Теплогазоснабжение и вентиляция». – М.: МИСИ, 1977. - С.45-50.
8. Turner D.B. Workbook Of Atmospheric Dispersion Estimates. U.S. Department Of Health, Education, And Welfare. <http://www.archive.org/download/workbookofatmosp026353mbp/workbookofatmosp026353mbp.pdf>
9. Wolfram S. A new kind of science. Champaign, Ill., USA: Wolfram Media Inc., 2002.

Рукопис подано до редакції 12.11.11

УДК 622.34

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

## ТЕОРІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ГІРНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ 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.** Проектна діяльність людства відома з давніх часів до сьогодні. Вона охоплює усі сфери функціонування промислового підприємництва: маркетингу, науково-дослідницької діяльності, виробництва і т.ін. Поряд з проектно-орієнтованими галузями - розробка програмного продукту, дослідно-конструкторська діяльність, рекламний бізнес і т.ін., успішно й динамічно працюють і традиційні виробничі гірничо-видобувні підприємства.

Проектні рішення, які приймаються проектантами при проектуванні гірничих об'єктів, мають довготерміновий вплив на роботу гірничих підприємств та визначають ефективність їх діяльності. У сучасних умовах глобалізації для підвищення конкурентоспроможності підприємств, що проектуються, необхідно суттєво підвищити якість проектних рішень та проектів в цілому. Це можливо досягнути подальшим розвитком теоретичних основ проектно-діяльності та застосування сучасних методів та підходів до процесу проектування.

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

Традиційна точка зору сучасного етапу теорії проектування, полягає у тому, що проектувальник на підставі свого уявлення моделює (проектуює) гірничий об'єкт як гірничотехнічну систему. Основна увага проектувальника приділяється проектуванню елементів гірничотехнічного об'єкту, які знаходяться на низькому ієрархічному рівні. Структура елементів цієї технічної системи створюється з елементів-підсистем системи. Підсистемами гірничотехнічної системи є процеси відкритих гірничих робіт до яких відносять наступні: процеси підготовки порід до виймання, процеси виймально-навантажувальних робіт, процеси гірничотранспортних робіт, процеси відвалоутворення та допоміжні процеси гірничих робіт. 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. Наприклад, у процесу підготовки гірничих порід до виймання це можуть бути: метри кубічні, вихід гірничої маси з 1 погонного метру свердловини, середній розмір куска, висота та ширина розвалу гірничих порід, вихід негабариту та багато інших. Для інших процесів є досить велика кількість інших параметрів та показників. Самі процеси мають різноманітну інформацію технологічного та організаційного характеру, яка у свою чергу, визначається умовами у яких виконується процес. Оцінка ефективності структури підсистеми (кожного процесу відкритих гірничих робіт) виконується по методу аналогії з раніше виконаними проектами або по аналітично-розрахунковому методу варіанту за критерієм «більше-менше» або «вартість-ефективність». Тобто, оцінка виконується за шкалою зіставлення аналогічних параметрів і показників по аналогічним процесам та умовам.

Проектувальник у процесі проектування формує їх у систему таким чином, щоб показники, параметри елементів системи відповідали критерію оптимальності.

Оцінка варіанту проекту гірничотехнічної системи виконується за допомогою показників ефективності техніко-економічного плану. Традиційно, до таких показників відносять: головні параметри кар'єру, виробнича потужність підприємства по розкритим 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 приводить до того, що система сама собі формує вимоги до себе та до цінності продукту своєї діяльності. За допомогою порівняння показників варіантів проекту проектувальник обирає найкращий варіант проекту. У свою чергу, найкращий варіант проекту порівнюється з аналогічними проектами, які були виконані раніше. Тобто, виконується порівняння варіанту проекту з досить умовними аналогічними проектами минулого, показники яких, у найкращому випадку, індексуються до сучасного рівня. Такий підхід до проектування призводить до того, що проект слабо реагує на вплив вхідних сигналів із зовнішньої системи щодо потреб ринку та не оцінює їх вплив на ефективність функціонування системи. Основним недоліком такого підходу є те, що у нинішній час він не враховує динамічні зміни у внутрішньому та зовнішньому середовищі гірничого об'єкту, неадекватно реагує на їх вимоги. У такому разі проект має дуже короткий життєвий цикл. У результаті практично не виконується порівняння ефективності функціонування гірничотехнічної системи, що проектується, із сучасними системами свого ієрархічного рівня. Тим більш, не виконується аналіз впливу вимог майбутнього та їх оцінка з боку систем більш вищого ієрархічного рівня. Наслідком є те, що проектні рішення, закладені проектувальником, щодо створення гірничотехнічної системи кар'єр, впливають на діяльність проекту дуже короткий час, сама технічна система не відповідає сучасним вимогам системам більш вищого ієрархічного рівня, тому швидко втрачає свою ефективність та вимагає додаткових коштів та часу на коригування проектних рішень. Така проектна діяльність не відповідає вимогам сучасності.

**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 не як гірничотехнічну систему, а як систему - організація.

**Викладення матеріалу** Для подолання недоліків традиційного підходу, з метою підвищення якості та ефективності проектних рішень, автором запропоновано інший підхід до проектування гірничих систем. Він полягає у тому, що для сучасних умов система, яку ми проектуємо,

повинна розглядатися не як гірничотехнічна система, а як соціально-економічне явище - гірниче підприємство або організація по видобутку корисних копалин. Адже організація створюється замовниками з метою задоволення потреб людського суспільства. У результаті, до системи - гірниче підприємство, висуваються інші вимоги. Це визначається тим, що проектуючи систему - гірниче підприємство, ми будемо систему більш високого ієрархічного рівня ніж гірничотехнічна. Тому вона має набагато більш складну структуру та інформативність, а тому її ефективність необхідно оцінювати за більшою кількістю показниками ефективності, застосовувати додаткові різноманітні критерії. Основною вимогою до проекту створення системи - гірничого підприємства, є його конкурентоспроможність у сучасний час та на майбутнє. Показник конкурентоздатності системи (гірничого підприємства) це комплексний, багатокритеріальний показник ефективності.

Система - гірниче підприємство буде функціонувати тільки до того часу, доки продукт системи (мінеральна сировина) за якістю, кількістю, ціною та наслідками впливу функціонування системи будуть задовольняти вимогам до неї других систем свого або більш вищого ієрархічного рівня (1). Виходячи з цього твердження, система що проектується, буде мати іншу структуру за рахунок якісних змін елементів. Тоді технічну, традиційну систему «кар'єр» необхідно розглядати як підсистему (елемент) системи більш високого ієрархічного рівня і тому вона (система що проектується) має інші властивості, параметри та показники.

З теорії систем відомо, що під системою розуміють набір елементів, які знаходяться між собою у взаємозв'язку і взаємодії у просторі та у часі і функціонують для досягнення спільної мети. Складність системи характеризується її структурою (2). На основі вищенаведеного поняття системи робимо два основних висновки.

*По-перше*, поведінка кожного елемента системи впливає на поведінку системи в цілому.

*По-друге*, поведінка елементів системи та їх взаємодія на ціле взаємозалежні; суттєві властивості системи змінюються при зміні властивостей елементів системи.

Сукупність властивостей елементів системи не формує загальну властивість системи, а створює нову властивість.

Основними частинами системи є вхід, процес або операція, вихід, тобто усі системи складаються з трьох частин. Загальне елементарне зображення системи представлено на рис. 1.



Рис. 1. Загальна схема системи

Вхід системи складається з елементів, які класифікуються в залежності від їх ролі у процесах системи.

Першим елементом входу є те, над чим виконується процес. У проектуванні гірничих об'єктів - це родовище корисних копалин, сировина та матеріали, енергія, інформація та ін.

Другим елементом входу є зовнішнє середовище, під яким розуміють сукупність факторів умов та явищ, які впливають на процес системи і не керуються проектантами гірничих об'єктів. Неконтрольовані фактори зовнішнього середовища можливо поділити на випадкові та на ті, які впливають на систему із зовнішнього середовища. До випадкових факторів входу системи у проектуванні гірничих об'єктів можливо віднести, наприклад, природні - географічні, кліматичні або гірничо-геологічні відомості про корисні копалини, їх форму, склад, потужність, кут падіння, гіпсометрію, запаси, відомості про розкривні породи - рельєф, потужність, склад, обводненість та інші. До інших факторів, які із зовнішнього середовища активно впливають на систему, що проектуємо, можливо віднести закони, нормативні акти по податкам, екології та інше.

Третій елемент входу розміщує та переміщує компоненти системи: це закони організації та функціонування системи, цілі, обмеження та ін. На практиці проектування вхід системи у гірничій справі формується із технічного завдання на проектування гірничого об'єкту, з урахуванням додаткових документів до завдання, та умов у яких буде функціонувати об'єкт, що проектується.

Друга частина системи це процеси або операції, які повинні проходити у системі таким чином, щоб можливо було впливати на елементи входу системи з метою досягнення бажаного виходу. Вона створюється проектувальником на підставі знань, кваліфікації проектувальника та його уявлення про гірничий об'єкт.

Третя частина системи - вихід, який формується з продукту системи та наслідків діяльності підприємства. У гірничій справі це вимоги до продукції гірничого підприємства по якості та кількості та екологічні вимоги.

По ступеню зв'язку із зовнішнім середовищем гірничі системи відносять до відкритих. Відкриті системи - це системи, які обмінюються матеріально-інформаційними ресурсами із зовнішнім середовищем постійним та зрозумілим чином.

Виходячи із першого та другого висновку поняття системи, технічна підсистема - кар'єр, яка є елементом системи більш вищого ієрархічного рівня, буде мати іншу властивість, ніж при традиційній точці зору. Це визначається іншою метою функціонування системи більш високого ієрархічного рівня. Тобто, у такому разі технічна система кар'єр буде мати іншу структуру та по іншому реагувати на сигнали впливу на неї. Якщо ми проектуємо систему-гірниче підприємство, то її необхідно розглядати через призму сукупного впливу сигналів на неї із зовнішнього та внутрішнього середовища (2).

До внутрішнього середовища системи - «гірниче підприємство» необхідно віднести підсистему кар'єр, яка є більш нижчого ієрархічного рівня. У свою чергу вона буде мати наступні елементи: технологія, технічні машини, організаційно-управлінська діяльність. Ці елементи будуть мати свої більш дрібні елементи підсистеми кожна з яких оцінюється за допомогою своїх критеріїв ефективності згідно її мети функціонування. Для підсистеми технологія розробки родовища елементами є: спосіб розкриття, система розробки, спосіб відвалоутворення, схема гірничих робіт, режим гірничих робіт, основні та допоміжні технологічні процеси відкритої розробки. Елементами для підсистеми технічні машини є машини що використовують з метою механізації та автоматизації технологічних процесів та виконують наступні технологічні операції: буріння, навантаження, транспортування, відвалоутворення та для допоміжних операцій. Для підсистеми процеси організаційно-управлінської діяльності елементами є процеси, які мають у собі таку інформацію: режим роботи підприємства, структура підприємства, система оплати праці, термін відпрацювання родовища та інше.

Зовнішнє середовище для системи-гірниче підприємство - це сигнали, які впливають на вхід системи. У теорії проектуванні гірничих об'єктів до таких сигналів можливо віднести наступне: зміна параметрів ринку (об'єм попиту та пропозиції, ціни, вимоги до якості на продукцію), ціни на обладнання та сировину, розширення типового ряду машин та механізмів, вартість робочої сили, енергоносіїв, зміна законів, екологічні вимоги та інше. Якщо не враховувати зміну параметрів сигналів, які динамічно впливають на технологічну, технічну підсистеми, то якісні показники проекту погіршуються у порівнянні з іншими гірничодобувними підприємствами та потребують корективи.

Збільшення частоти та діапазонів змін параметрів зовнішньої та внутрішньої середовища підприємства, яке ми проектуємо, вище значень, що закладені у базовому проекті, значно впливають на ефективність та безпеку функціонування кар'єру. Компенсувати негативні наслідки можливо закладенням у проект резервів технологічного, технічного та організаційно-управлінського характеру.

Усі підсистеми знаходяться між собою у інформаційному, матеріальному взаємозв'язку та взаємодії. Наприклад, місцезнаходження дає кількісну, якісну, вартісну інформацію про відсутність або наявність транспортної інфраструктури, її стан, віддаленість від об'єкту проектування та споживачів продукції, наявність ресурсів - трудових, енергетичних, водних, їх характеристику.

Проектувальник шляхом вивчення та аналізу вхідної інформації про наявність, стан параметрів елементів підсистем та на підставі свого досвіду і підготовки, формує за допомогою методу моделювання ту частину системи, яку необхідно побудувати, згідно мети функціонування системи.

Необхідно пам'ятати, що проектування - це процес, який є початком змін у існуючих системах, що означає розширення його змісту та включення в нього усіх етапів створення об'єкту, з виконанням техніко-технологічних, економічних, фінансових, екологічних розрахунків та, при необхідності, розробки робочих креслень.

На основі аналізу викладеного можливо зробити висновок, що при прийнятті проектних рішень, із застосуванням системного підходу, проектувальником визначається технічна, технологічна, організаційно-управлінська підсистеми або їх елементи. У результаті системного підходу до цієї структури, для системи визначають наступне: якими властивостями вона володіє, як елементи системи впливають один на одного або що буде, якщо змінити структуру системи. Це досягається розкладанням системи на елементи за допомогою аналізу і синтезом елементів у єдину систему. У гірничій справі - це відшукати відповідь на те, як зміняться властивості системи-гірничий об'єкт, показники її параметрів (кількісні, якісні, вартісні), якщо змінити елемент-

підсистему (технологію розробки або систему розробки родовища, замінити комплекс гірничого обладнання або вибрати інший напрям відпрацювання родовища та ін.).

На кожен систему впливає деяка кількість структурних факторів цієї системи та системи, що є системою більш високого ієрархічного рівня. Фактори можуть бути визначені і контролювані або неконтрольовані проектувальником, або фактори, що є невизначеними. Невизначеність може мати різне походження: недостатня вивченість об'єкта проектування або неможливість врахування усіх факторів, що впливають на проектні рішення по гірничому проекту або відсутністю необхідної інформації, або часу.

Використовуючи запропонований автором підхід до процесу проектування, маємо додаткову, більш повну інформацію про об'єкт, що проектується з двох різних систем, які мають різну структуру, набір елементів, мають різні властивості. Результатом є більш якісний проект або проектні рішення за рахунок зниження факторів невизначеності сучасного та майбутнього.

Для підвищення ефективності та якості проектних робіт при створенні гірничих об'єктів проектувальнику необхідно представляти розробку родовищ корисних копалин як динамічну систему, яка має безліч показників свого стану у кожний час, а також може знаходитися у визначеному стані, який характеризується деякими параметрами. На початковому етапі основною задачею для проектувальника гірничих підприємств є зниження різноманітності системи з подальшим поступовим переходом її до стану параметрів, які представлені оптимальними показниками. (3) Оптимізація системи - «гірниче підприємство» виконується на підставі критерію, який визначається згідно мети проекту та обмеженням по ресурсах або інших, заданих замовником проекту. Оптимальним показником системи є показник екстремуму функції (максимум або мінімум). З урахуванням того, що проект створення гірничого об'єкту є складною, багатоцільовою системою, то вона є багатокритеріальною. У такому випадку проектні рішення стають раціональними. Раціональними показниками системи є рішення, які задовольняють обмеженням за цільовою функцією системи та є прийнятними для проектувальника або замовника проекту. Оцінка проектних рішень виконується на підставі розрахунків або у порівнянні з показниками гірничих систем свого ієрархічного рівня. Для досягнення оптимального стану системи проектувальник повинен керувати системою, яку він створює. Отже, управління проектом - це цільова діяльність проектувальника, яка зменшує кількість варіантів стану будь-якої системи.

**Висновки.** Результатом запропонованого автором підходу до процесу проектування гірничих об'єктів є те, що система, яку ми проектуємо та яка є підсистемою-елементом системи більш високого ієрархічного рівня, знаходиться під впливом та у взаємодії з іншими елементами цієї системи. Оцінка ефективності показників проекту виконується у порівнянні з заданими показниками замовника та оцінюється з аналогічними показниками діючих систем свого ієрархічного рівня. Крім того, додатково за допомогою прогнозування тенденцій розвитку зовнішньої середовища можливо виконати аналіз чутливості проекту до змін показників сигналів та врахувати їх вплив на ефективність функціонування об'єкту що проектується. На практиці це означає можливість виконати більш конкурентоздатний проект створення гірничого підприємства та який не буде вимагати додаткових коштів на його коригування більш тривалий час.

#### *Список літератури*

1. Григорьев И.Е., Григорьев Ю.И. Системный подход к процессу проектирования горных объектов / Разраб. рудн. месторожд. - Кривой Рог: 2011.-Вып.87 . С. 175-178
2. Бергаланфи Л. Общая теория систем. -М.: Прогресс, 1969.
3. Евланов Л.Г. Теория и практика принятия решений.- М.: Экономика, 1994.

Рукопис подано до редакції 12.11.11

УДК 622.271.3

Ю.В. ПЕРЕГУДОВ; аспирант, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

### **АНАЛИЗ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СОВМЕСТНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЗОНЕ ВОЗМОЖНОГО ВОРОНКООБРАЗОВАНИЯ**

Рассмотрены постановка и возможные решения геомеханических и технологических задач при совместной разработке крутопадающих железорудных месторождений в зоне возможного воронкообразования.

---

· Перегудов Ю.В., 2012