
**МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ
ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ**

УДК 338.512:622.338.26

DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2020-2-30>**Ащеулова О.М.**кандидат економічних наук, доцент,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»**Мамайкін О.Р.**кандидат технічних наук, доцент,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»**Медяник В.Ю.**кандидат технічних наук, доцент,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»**Asheulova Oleksandra, Mamaikin Oleksandr, Medyanik Volodymyr**
Dnipro University of Technology**ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИКІВ ВНУТРІШНЬОГО ПОТЕНЦІАЛУ
ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ****RESEARCH OF THE COMPONENTS OF INTERNAL POTENTIAL
OF MINING-AND-CONCENTRATING COMPLEX ENTERPRISES**

Установлено, що формування потенціалу технологічних мереж шахт є симбіозом взаємодії чинників рівня концентрації гірничих робіт, стійкості з провітрювання та взаємодії продуктивних потоків підприємства та окремих підсистем шахти (транспорт, дегазація, водовідлив, підйом, породний комплекс). Для встановлення їхнього впливу на формування даного параметра використано метод статистичного аналізу та встановлено залежність між показником технічного потенціалу та низкою незалежних показників технічного рівня шахти. Отримані аналітичні залежності «внутрішнього потенціалу» базуються на дослідженні співвідношень між даним показником як результативним і гірничо-геологічними і технологічними показниками – як факторними. Для дослідження залежностей та отримання регресійного рівняння показника «внутрішній потенціал» використано методи оптимального програмування і прийняття рішень в умовах невизначеності.

Ключові слова: вугільні шахти, вуглепромисловий регіон, беззбитковість, моделювання, диверсифікація, потенціал, запаси.

Установлено, что формирование потенциала технологических сетей шахт является симбиозом взаимодействия факторов концентрации горных работ, устойчивости по проветриванию и взаимодействия производительных потоков предприятия и отдельных подсистем шахты (транспорт, дегазация, водоотлив, подъем, породный комплекс). Для установления их влияния на формирование данного параметра использован метод статистического анализа и установлена зависимость между показателем технического потенциала и рядом независимых показателей технического уровня шахты. Полученные аналитические зависимости «внутреннего потенциала» базируются на исследовании соотношений между данным показателем как результативным и горно-геологическими и технологическими показателями – как факторными. Для исследования зависимостей и получения регрессионного уравнения показателя «внутренний потенциал» использованы методы оптимального программирования и принятия решений в условиях неопределенности.

Ключевые слова: угольные шахты, углепромышленный регион, безубыточность, моделирование, диверсификация, потенциал, запасы.

It was established that the formation of the mine technological networks potential is a symbiosis of interaction of factors of mining concentration level, stability in ventilation and interaction of enterprise productive flows and individual subsystems of mine (transport, degassing, drainage, lifting, rock complex). The method of statistical analysis was applied to establish their influence on the formation of this parameter, and dependence between the indicator of technical potential and a number of independent

indicators of the technical level of mine was established. The obtained analytical dependences of the "internal potential" are based on research of relations between the given indicator as effective, and mining-and-geological and technological indicators as factor one. The method of test points was applied in order to determine the behavior of criteria in the given area of change of required parameters. In order to perform it, it is necessary to prove that it is reasonable to study the nature of criteria changes in this area of parameters using rating tests. When setting both lower and upper limits of the values of each criterion, there are no special dissimilarities in the different direction of the criteria. This is due to the fact that we are not looking for an extreme value of each criterion separately, but for a compromise solution of the problem, which contains the best combination of criteria values, perhaps even contradictory. The given mathematical formulation of the problem assumes that at a certain moment conditions of coal mining at a given mine reach a certain boundary causing the necessity of adoption of more effective methods of coal mining. It was established that almost all factors characterizing mining-and-geological conditions, technological conditions of mining, indicators of business activity largely depend on the specifics of mine activity and its branch belonging, which determines the presence of not only functional links between the factors in forming of the potential, but also analytical ones, which are quite significant.

Key words: coal mines, coal-mining region, break-even, modeling, diversification, potential, reserves.

Постановка проблеми. Категорію «потенціал технологічної схеми» по відношенню до окремої шахті, очевидно, не має сенсу вводити, оскільки вона не вносить нічого нового порівняно з реконструкцією. По-іншому йде справа, коли розглядається великий район, такий, наприклад, як Західний Донбас або антрацитові регіони Донецької і Луганської областей. Тут збільшення видобутку і поліпшення техніко-економічних показників можуть бути досягнуті різними шляхами: будівництвом других черг шахт, реконструкцією або навіть закриттям діючих шахт. Для таких регіонів поняття «потенціал технологічних схем» набуває нового змісту, і тут доречно говорити про розвиток, одним з елементів якого є модернізація окремих шахт і тісно пов'язана з нею концентрація та інтенсифікація виробництва.

У найбільш загальному вираженні під концентрацією виробництва розуміють зосередження виробничої потужності або навантаження на окремих шахтах або їхніх ланках, яке призводить до підвищення економічного ефекту. Таке визначення поширюється на концентрацію в просторі (збільшення навантаження на шахту, виїмкове поле, підйом і т. д.) і на концентрацію в часі (збільшення змінного навантаження). Стосовно вугільних шахт це означає підвищення навантаження на лаву або збільшення обсягу пройдених гірничих виробок в одиницю часу (за допомогою технічних і організаційних заходів). Підвищення рівня концентрації може бути наслідком впливу як інтенсивних, так і екстенсивних чинників. Саме ця обставина служить межею, який відділяє інтенсифікацію від концентрації. Тому дослідження складників підприємств гірничозбагачувального комплексу є актуальним науковим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, пов'язані з підтриманням потужності шахт, ефективним використанням технологічних ресурсів гірничого виробництва, привертали увагу цілої низки відомих дослідників.

Серед них такі, як О.С. Астахов, В.І. Бондаренко, А.С. Бурчаков, Б.М. Воробйов, Ю.Б. Грядущий, В.Г. Гріньов, В.Г. Ілляшенко, О.В. Колоколов, О.М. Кузьменко, А.Т. Курносів, В.Н. Кухарев, В.І. Саллі, К.Ф. Сапицький, А.О. Хорольський та ін. У даній роботі зроблено спробу розглянути цю проблему крізь призму необхідності забезпечення бездотаційного видобутку вугілля в Донбасі за рахунок ефективного узгодження та взаємодії схем вуглевидобування з інноваційними процесами. На основі ретроспективного аналізу стану галузі [1] авторами зроблено припущення, що без оцінки потенціалу підприємств та пошуку внутрішніх резервів галузь неможливо вивести з кризового стану.

Метою дослідження є аналіз закономірностей та розроблення системи оцінки управління основними виробничими ресурсами для підвищення потенціалу технологічних схем вуглевидобутку, зниження рівня збитковості державних вугільних шахт.

Виклад основного матеріалу дослідження. Загальновідомо, що умови видобутку вугілля в Україні і за природними, і за технічними умовами надзвичайно складні. Відсутність протягом низки років інвестицій у галузь і недооцінка ролі вугілля як основного джерела отримання енергії призвели також і до суттєвого відставання технологій видобутку, переробки і використання вугілля. Кризові явища в галузі, що посилювалися протягом останніх 8–10 років, сьогодні припинені за рахунок стійкої роботи групи приватизованих шахт. І тим не менше видобуток вугілля знаходиться на рівні 1952–1953 рр., а середньомісячна продуктивність праці робітника з видобутку – на рівні 1950 р. Разом із тим слід констатувати зростаючу залежність технічних показників і кінцевих результатів діяльності шахт від природних умов, погіршення яких (зростання глибини шахт, газовості, температури порід та ін.)

тягне за собою зростання питомих капітальних витрат на підтримку потужності шахт.

Беручи до уваги вищесказане, можливо, слід переглянути ставлення до необхідності зростання видобутку вугілля як деякої аксіоми і панацеї від усіх бід вугільної промисловості і вивести на передній план поняття ефективності природокористування [2; 3], заснованого на управлінні перспективою відпрацювання запасів на чергових ділянках шахтного поля [4]. Актуальний принцип концентрації гірничих робіт, розглянутий крізь призму ефективного управління виробничими ресурсами, містить у собі не тільки звичні збільшення навантаження на вибій, що веде до зростання обсягу видобутку (якщо є резерви пропускної спроможності на підземному транспорті, підйомах та інших технологічних ланках шахти), а й відмови від експлуатації неефективних лав зі збереженням або навіть скороченням загальношахтного обсягу видобутку.

Ресурси, що вивільняються в ході звуження фронту робіт, здебільшого володіють достатньою мобільністю, щоб бути переданим діючим вибоєм і підвищити ефективність їхньої роботи. Перейшовши від рівня окремого підприємства до вуглепромислового регіону, слід вивчити можливості закриття деяких шахт і перерозподілу їхніх ресурсів найбільш перспективним підприємствам [5]. У роботі зроблено спробу розставити акценти дещо інакше і наділити виробничі ресурси «активною» функцією, тобто саме керуючи межами витрачання того чи іншого технологічного ресурсу (а як буде показано нижче, комплексно керуючими ресурсами), моделюється внутрішній потенціал технологічної схеми шахти в плані сприйнятливості до інновацій – основи роботи шахт у беззбитковому режимі.

Дана робота пропонує вивчити «зворотний» вплив, тобто співвіднести здатність даної технологічної схеми до забезпечення сталого вуглепотоків в рамках виробничої потужності та ліміти виробничих ресурсів на кожен тонну потужності.

Як відомо, основним принципом розрахунку оптимальних пропорцій потужності машин і технологічних виробництв на конкретній шахті є взаємозалежність провідної ланки та інших елементів системи [6]. Використання цього принципу повного завантаження провідної ланки технологічної схеми свого часу було деякою мірою виправданим, оскільки вибір конкретного технічного рішення визначався скоріше політичними, ніж економічними міркуваннями, й самі критерії економічної ефективності соціалістичного виробництва були відсутні, відкидалися товарно-грошові відносини як необхідний атрибут економіки [7]. Положення про примат провідної ланки, що збереглися в теорії організації виробничих процесів, обмежують підвищення

ефективності виробництва, не забезпечують вибір найбільш ефективного напрямку його розвитку. Проектування розвитку гірничих робіт, планування завантаження відповідних підсистем шахти має здійснюватися з позицій системи у цілому, а не її окремої (провідної) ланки [8].

Сьогодні, коли обсяги видобутку вугілля багатьох шахт значно нижче закладених у ході проектування підприємства (чи то в силу дії економічних факторів, чи то зміни гірничо-геологічних умов або ін.), виникає питання про нераціональне використання значних виробничих ресурсів, капіталізованих на шахтах. Організація перерозподілу цих ресурсів приховує у собі значний потенціал підвищення економічної ефективності вуглевидобутку. Оскільки гірниче виробництво тісно пов'язане з природними умовами, шахта належить до складних стохастичних систем, тому сформовані нею технологічні схеми вуглевидобутку не стільки унікальні, скільки наділені глибокими внутрішніми резервами (потенціалом), породженими в тому числі й топологією мережі, притаманною саме даній ділянці родовища [9; 10].

Багато антрацитових шахт сьогодні практично відпрацювали балансові запаси і змушені перейти до видобутку гірших, тому зі звичайним зниженням рівня ведення гірничих робіт тут присутнє ускладнення гірничо-геологічних умов відпрацювання та погіршення якості вугілля. Кожен неефективно функціонуючий у різних частинах шахтного поля очисний вибій, окрім технічного оснащення для вуглевидобутку, вимагає підготовчих виробок, провітрювання, транспорту і т. д. І це крім загальношахтних систем підйому, водовідливу, поверхневого комплексу, апарату управління. Саме тому політика оптимального використання виробничих ресурсів повинна будуватися на оцінці економічної ефективності запасів, що залишилися, обґрунтованому плануванні відтворення очисної лінії та відповідності виїмкової техніки умовам експлуатації. Підвищення концентрації виробництва досягається за рахунок перерозподілу запасів, що залишилися, і об'єднання шахт гірничими роботами. Перерозподіл ділянок, що базується на реальному критерії оптимальності, дає можливість концентрувати ресурси на тих частинах шахтного поля, де ефект буде найбільшим. Основу моделювання таких завдань повинна становити система обмежень, позбавлена обов'язкових у минулому вимог забезпечення планових навантажень на шахту. Обсяги видобутку у цьому разі можуть бути шуканою величиною або порогом беззбитковості.

Усі ці питання мають першорядне значення під час планування розвитку шахт регіону та збереження в числі діючих частини тих підприємств, які працюють украй неефективно. При

цьому термін «розвиток» передбачає модернізацію технологічних ланок перспективної групи шахт, підвищення ефективності видобутку до рівня беззбитковості, збереження конкурентоспроможності донецького антрациту на ринку палива. Такий підхід буде служити основою підвищення ефективності роботи великої групи збиткових шахт галузі, масове закриття яких на даному етапі не представляється доцільним.

Питання про те, на яких саме шахтах можливий приріст видобутку і як його здійснити, повинно розглядатися залежно від стану технологічної схеми конкретної шахти. За інших рівних умов вигідніше підвищувати потужність тих шахт, де потрібні менші інвестиції. Згідно із цим, виникає необхідність синтезу розпливчастих понять «запущена» або «малоефективна» шахта, що має теоретичне і практичне значення під час безпосереднього планування розвитку гірничих робіт. Це питання ще не отримало однозначного рішення, й у даній роботі розглянуто механізм комплексної оцінки потенціалу шахти з позицій системного аналізу як досить складної природно-індустріальної системи.

Перша частина (підсистема) представлена гірничо-геологічними умовами (включаючи топологію і характеристику вугільних запасів), які існують спочатку і належать до чинників некерованих. Друга частина представляє технологію видобутку вугілля. Вона формується під впливом досягнутого рівня технології, вимушеного пристосовуватися до природних умов.

Природна і технологічна підсистеми (до них відносяться, зокрема, такі параметри, як потужність пластів, що розроблюються, глибина розроблення, газоносність, засоби механізації, виїмки та транспорту вугілля) впливають безпосередньо і побічно на економічні результати роботи шахти. За системного підходу показник, що характеризує шахту, повинен урахувувати всі ці її складники, і тому стає ясною невдача спроб обмежитися яким-небудь одним показником.

Найбільш повною і найбільш загальною характеристикою функціонування виробничої системи є потенціал. Під потенціалом слід розуміти здатність шахти до досягнення такого результату, за якого прийнято вважати за доцільне продовження функціонування системи. Результат, який визначає ефективність системи, може мати різну кількісну та якісну характеристику. Троїтий характер шахти як природної, індустріальної й економічної системи та об'єкта впровадження інновацій дає підстави для висновку про те, що і показник, який оцінює технологічну схему вуглевидобутку в низці інших повинен узагальнювати її триєдину сутність. Таким показником, на нашу думку, може бути запропонований потенціал технологічної схеми шахти.

Потенціал шахти – це кількісний показник, що визначає місце шахти в низці вугільних підприємств за пріоритетністю інвестування простого або розширеного відтворення на ринкових принципах. Пропоноване визначення об'єднує у собі технологічні чинники (обсяг виробництва або пропускна здатність ланок), економічний потенціал і ступінь забезпеченості запасами. З огляду на те, що шахта являє собою динамічну систему, у неї не може бути «вічних» оцінок, кожна з них дійсна лише в деякому часовому інтервалі.

Згідно із цим, у роботі створено науково обґрунтовану систему оцінки управління основними виробничими ресурсами для підвищення потенціалу технологічних схем вуглевидобутку, зниження рівня збитковості державних вугільних шахт.

Для досягнення цього було вирішено такі завдання:

- кількісно оцінити стан шахти з позицій мінімізації ентропійного впливу на інноваційний потенціал підприємства;
- розробити аналітичні підходи до багатокритеріальної оцінки рівня внутрішніх складників технологічних схем шахт для управління процесами збереження потужності;
- створити залежності щодо оцінки доцільності відпрацювання складних ділянок шахтного поля на принципах корпоративності і розробити систему оціночних параметрів за характеристикою виживаності шахти;
- запропонувати основи паспортизації технологічних схем вугільних шахт у контексті оцінки продуктивних потоків, які формують інноваційний рівень шахти і мають найбільший вплив на навколишнє середовище;
- виконати розрахунки потенціалу технологічних схем групи антрацитових шахт.

Згідно з наведеною концепцією, політика оптимального управління підтриманням потужності діючих шахт повинна будуватися на оцінці запасів, що залишилися, обґрунтованому плануванні відтворення очисної лінії та відповідності виїмкової техніки умовам експлуатації. Підвищення концентрації виробництва досягається за рахунок перерозподілу запасів, що залишилися, й об'єднання шахт гірничими роботами, що дає можливість концентрувати ресурси на тих частинах шахтного поля, де ефект буде найбільшим. Основу моделювання таких завдань повинна становити система обмежень, позбавлена обов'язкових у минулому вимог забезпечення планових навантажень на шахту.

Усі ці питання мають першорядне значення під час планування розвитку шахт регіону та збереження в числі діючих частини тих підприємств, які працюють украй неефективно. При цьому термін розвитку передбачає модернізацію технологіч-

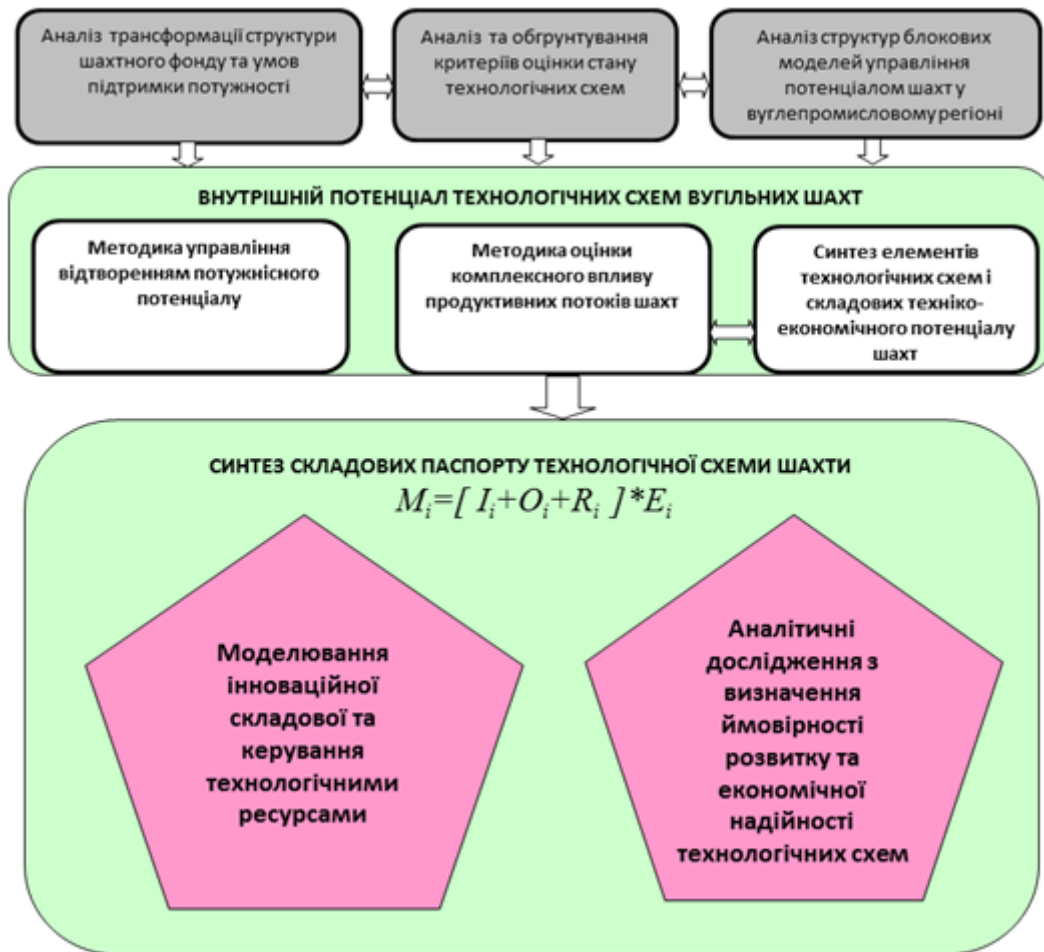


Рис. 1. Схема оцінки потенціалу підприємства

них ланок перспективної групи шахт, підвищення ефективності видобутку до рівня беззбитковості, збереження конкурентоспроможності донецького антрациту на енергетичному ринку.

Вирішення всіх питань виконувалося згідно з методикою, яка складається з алгоритму послідовних дій із виконання всіх етапів проведення досліджень (рис. 1).

У нинішніх умовах неефективність роботи шахт посилюється й унаслідок відсутності корінних перетворень у системі управління інноваційної діяльності. Не менш важливими є граничні параметри розроблення, які встановлюють не залишковий термін служби вуглевидобувного підприємства, а межу, досягнення якої зумовлює необхідність переходу до більш ефективних методів розвитку технологічних схем у часі й просторі. Отримані прогнози оцінки трансформації структури шахтного фонду та ближню перспективу становлять вихідні дані для визначення граничних значень собівартості для групи збиткових антрацитових шахт, рекомендованих для передачі до концесії.

Висновки з проведеного дослідження. Категорія «потенціал технологічної схеми» найбіль-

шою мірою зумовлюється головною властивістю вугільної шахти – розвитком у просторі. Ця властивість має об'єктивний характер, оскільки вона зумовлена фундаментальною властивістю вугілля – його не відтворюваністю. Темп розвитку визначається індустріальними чинниками (діяльністю людини) і залежить від багатьох причин, зокрема рівня науково-технічного прогресу, але необхідність розвитку задана природою і не може бути виключена або чимось замінена, навіть якщо буде змінена технологія виробничого процесу.

Найбільш дієвим способом рішення задачі з оцінки стану шахти є багатокритеріальний метод Парето, тобто для них не можна побудувати поняття екстремуму, але можна ввести поняття ситуації, яка не поліпшується. Досягнення оптимальних значень параметрів технологічної схеми означає повну реалізацію економічного потенціалу шахти, тобто гранично досяжного (еталонного) рівня, оскільки досягнення саме цього рівня робить технологічну схему шахти сприйнятливою до інновацій.

Слід констатувати, що стосовно вугільних шахт практично відсутня система кількісної оцінки стану технологічних схем, а існуючим розрізненим

характеристикам схем притаманні принципові помилки. Тому в роботі запропоновано механізм співвідношення оцінки якості технологічної схеми шахти відносно до інновацій з урахуванням інтенсивності продуктивних потоків, що формуються під час видобування вугілля. При цьому ці потоки часто мають змінну інтенсивність, будь то зміна попиту на вугілля або екстенсивне відтворення на шкоду інноваційним перевагам.

Встановлено, що втрати запасів можуть призводити до скорочення терміну дії підприємства чи до зменшення його виробничої потужності (видобутку). Наслідки кожного із цих варіантів розрізняються не тільки впливом на техніко-економічні показники роботи шахти, а й за часом впливу, причому наслідки в другому випадку віддалені на майбутнє і виявлять себе за межами даного підприємства, як правило, у зовсім інших умовах.

Список використаних джерел:

1. Hrinov V., Khorolskyi A. Improving the process of coal extraction based on the parameter optimization of mining equipment. *E3S Web of Conferences*. 2018. № 60. P. 00017.
2. Models and methods to make decisions while mining production scheduling / A. Khorolskyi et al. *Mining of Mineral Deposits*. 2019. № 13(4). P. 53–62.
3. Khorolskyi A., Hrinov V., Kaliushenko O. Network models for searching for optimal economic and environmental strategies for field development. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2019. № 6(3). P. 463–471.
4. Khorolskyi A., Hrinov V., Mamaikin O. New approach to the design of mining operations. In *Physical & Chemical Geotechnologies*. Dnipro : University of Technologies, 2019. P. 29–31.
5. Khomenko O., Kononenko M., Myronova I. Ecologic-and-technical aspects of iron-ore underground mining. *Mining of mineral deposits*. 2017. № 11(2). P. 59–67.
6. Increasing ecological safety during underground mining of iron-ore deposits / O. Khomenko et al. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2018. № 2. P. 29–38.
7. Productive flows control in coal mines under the condition of diversification of production / O. Mamaikin et al. In *E3S Web of Conferences*. 2018. № 60. P. 0008.
8. Salli S., Pochevov V., Mamaykin O. Theoretical aspects of the potential technological schemes evaluation and their susceptibility to innovations. *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining*. 2014. P. 491–496.
9. Complex assessment of the recovery ratio of unprofitable mines / O.R. Mamaykin et al. *Mining of Mineral Deposits*. 2015. № 9(1). P. 135–139.
10. Beaulieu M., Gamache M. An enumeration algorithm for solving the fleet management problem in underground mines. *Computers & operations research*. 2006. № 33(6). P. 1606–1624.

References:

1. Hrinov, V., & Khorolskyi, A. (2018) Improving the process of coal extraction based on the parameter optimization of mining equipment. In *E3S Web of Conferences*, vol. 60, p. 00017. EDP Sciences.
2. Khorolskyi, A., Hrinov, V., Mamaikin, O. & Demchenko Yu. (2019) Models and methods to make decisions while mining production scheduling. *Mining of Mineral Deposits*, 13(4), 53–62. doi.org/10.33271/mining13.04.053 (Scopus, Web of Sciences).
3. Khorolskyi, A., Hrinov, V., & Kaliushenko, O. (2019) Network models for searching for optimal economic and environmental strategies for field development. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, 6(3), 463–471.
4. Khorolskyi, A., Hrinov, V., & Mamaikin, O. (2019) New approach to the design of mining operations. In *Physical & Chemical Geotechnologies – 2019: Dnipro University of Technologies*, 29–31.
5. Khomenko, O., Kononenko, M., & Myronova, I. (2017) Ecologic-and-technical aspects of iron-ore underground mining. *Mining of mineral deposits*, 11(2), 59–67.
6. Khomenko, O., Kononenko, M., Myronova, I., & Sudakov, A. (2018) Increasing ecological safety during underground mining of iron-ore deposits. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), 29–38.
7. Mamaikin, O., Sotskov, V., Demchenko, Y., & Prykhorchuk, O. (2018) Productive flows control in coal mines under the condition of diversification of production. In *E3S Web of Conferences*, vol. 60, p. 00008. EDP Sciences.
8. Salli, S., Pochevov, V., & Mamaykin, O. (2014) Theoretical aspects of the potential technological schemes evaluation and their susceptibility to innovations. In *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining*, pp. 491–496.
9. Mamaykin, O. R., Salli, S. V., Pochevov, V. M., & Ashcheulova, O. M. (2015) Complex assessment of the recovery ratio of unprofitable mines. *Mining of Mineral Deposits*, 9(1), 135–139.
10. Beaulieu, M., & Gamache, M. (2006) An enumeration algorithm for solving the fleet management problem in underground mines. *Computers & operations research*, 33(6), 1606–1624.