

УДК 622.272:658.012.23

DOI: 10.31474/2415-7902-2020-1(4)-2(5)-52-59

О.О. Земелько, Б.О. Кодунов

## АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПЛАНУВАННЯ РОЗВИТКУ ГІРНИЧИХ РОБІТ

**Мета.** При аналізі основних параметрів, які впливають на планування розвитку гірничих робіт, необхідно виявити найбільш проблемну сторону з метою подальшого її вивчення і обґрунтування нових можливостей, що зменшують ризики розвитку гірничого підприємства. Аналізуючи програму розвитку гірничих робіт, виявити найменш розвинену сторону та вдосконалити її і визначити основні параметри, які впливають на більш ефективне видобування вугілля.

**Методика.** Проведення аналітичного вивчення факторів, що впливають на планування розвитку гірничих робіт. Моделювання та аналіз методик, які впливають на розроблення програм розвитку гірничих робіт.

**Результати.** Аналіз параметрів, які впливають на планування розвитку гірничих робіт, дає змогу визначити сферу, в якій є істотні недоліки, і продовжувати дослідження в цьому напрямку. При виборі оптимального плану розвитку гірничих робіт на шахтах необхідно враховувати всі проблеми, специфічні особливості і відобразити їх при економіко-математичному моделюванні. Щоб уникнути серйозних ризиків пропонується розробити новий метод планування гірничих робіт, який враховує більшість факторів, що впливають на їх розвиток.

**Наукова новизна.** Тема планування розвитку гірничих робіт вивчена недостатньо, та потребує більш детального вивчення і дослідження. Проаналізовані публікації, показують, що тема має істотний пробіл у економіко-математичних розрахунках з урахуванням ризиків. Дослідження, що пропонуються у даній статті, дозволять визначити основні фактори, що впливають на прогнозування розвитку гірничих робіт та зменшити їх невизначеність.

**Практична значимість.** Аналіз основних факторів, що впливають на розвиток гірничих робіт може допомогти виключити багато параметрів, які негативно впливають на дотримання плану розвитку. Це потрібно для більш ефективної роботи гірничого підприємства. Дослідження існуючих методик вказує на недоліки та розділи, які потребують доопрацювання. Нова методика, яка буде враховувати ризики при здійсненні плану розвитку гірничого підприємства, допоможе оптимізувати виробництво, та уникнути серйозних втрат з видобування вугілля.

**Ключові слова:** план розвитку гірничих робіт, стохастична модель, ризики, шахта, календарний план, економіко-математичне моделювання

**Вступ.** Економічний розвиток з часу промислової революції минулого століття характеризується постійним зростанням обсягів промислового і сільськогосподарського виробництва, збільшенням споживання енергії та енергоносіїв, появою нових технологій і процесів, речовин і матеріалів. Великий обсяг розвитку набула гірничо-промисловість. При підвищенні зростання виробництва став затребуваним облік всіх сфер і ризиків для подальшого розвитку гірничої промисловості.

У зв'язку з цим особливої актуальності має проблема надійного планування і управління основними процесами видобутку вугілля з урахуванням внутрішніх ризиків гірничого виробництва.

Незважаючи на те, що видобуток вугілля здійснюється в потоковому режимі, але своєю структурою програма розвитку гірничих робіт вугільної шахти дуже близька до проектно-орієнтованого стилю управління виробництвом. Шахтне поле розбивається на блоки, горизонти або панелі і кожен блок розглядається як окремий об'єкт, для відпрацювання якого складається проект, який містить всі характерні фази, починаючи від передінвестиційної і закінчуючи демонтажем обладнання із зупинених вибоїв і погашенням гірничих виробок.

Одним з найважливіших компонентів процесу управління проектом є дослідження його чутливості на варіацію окремих факторів, що роблять істотний вплив на хід проекту. Підвищення ефективності управління гірничодобувною промисловістю в

сучасних умовах вимагає застосування науково обґрунтованих систем планування і контролю ризиків виробництва.

Хоча в гірничодобувній промисловості ризики присутні постійно, в теоретичному плані вони вивчені недостатньо. В даний час система управління ризиками геологічних і гірничих проектів здійснюється за традиційною схемою оцінки фінансових ризиків виробничих проектів, часто без урахування геологічних особливостей надр, технології гірничого виробництва та специфічного гірського права.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз робіт [1-11] в сфері виділеної проблеми дозволяє зробити висновок про те, що розробка плану розвитку гірничих робіт та урахування ризиків при його складанні вивчені недостатньо, що потребує глибокого аналізу і детального дослідження.

Безліч досліджень знаходиться в сфері аналізу економічного стану вугільних шахт [7, 9, 10] і так само поліпшення методів їх управління, але не враховуються особливості основних процесів гірничого виробництва. Ряд робіт [3, 8, 10] спрямовані на висвітлення додаткових процесів, які мають самостійні значення з точки зору управління станом гірських порід. Так само програма розвитку гірничих робіт [1 – 9] - це важливий аспект у плануванні та управлінні підземним виробництвом. Зазначена програма обмежена в матеріальних, фінансових та трудових ресурсах. При здійсненні перспективного проекту з'являється дуже багато невизначеностей і через це виникають значні ризики підприємства [9 – 11].

**Мета досліджень.** При аналізі основних параметрів, які впливають на планування розвитку гірничих робіт, необхідно виявити найбільш проблемну сторону з метою подальшого вивчення і обґрунтування нових можливостей, при урахуванні ризиків, для розвитку гірничого підприємства.

**Виклад основного матеріалу.** Головним завданням функціонування шахти є безперервний видобуток вугілля в заданих кількостях і асортименті. Для забезпечення безперервності видобутку вугілля і виконання всіх поставлених вимог складаються перспективні плани розвитку гірничих робіт на певний період.

Планування гірничих робіт є ефективним механізмом регулювання гірничих відносин, який спрямований на оперативне вирішення проблем, що виникають через зміну гірничо-геологічних та гірничотехнічних обставин в умовах розробки родовищ корисних копалин. Але досить часто планування є дуже неефективним. На приведеному прикладі (рис. 1) видно, що заплановане посування лави відстає від проектної позначки на 265 м, що складає близько 100 тисяч тон невидобутого вугілля.

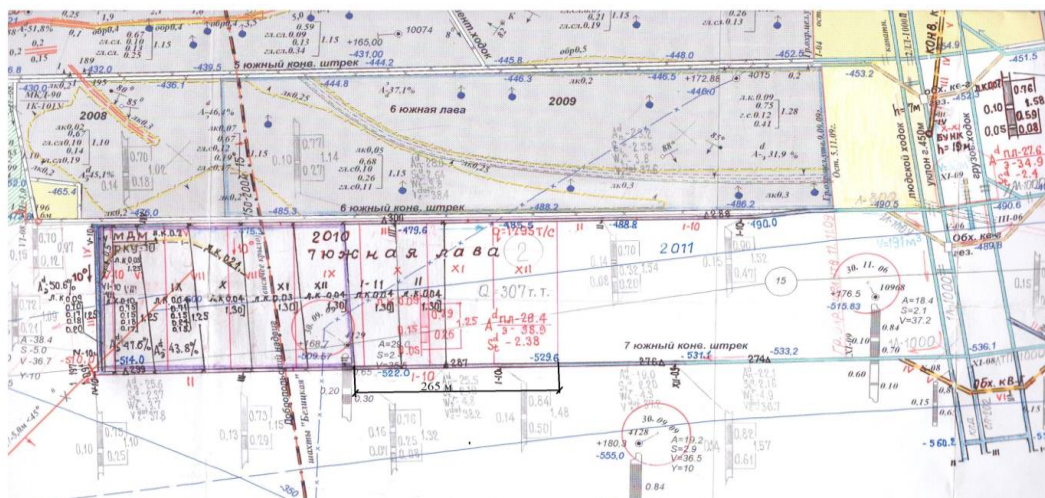


Рисунок 1 – Приклад неефективного планування розвитку гірничих робіт у 7 – й південній лаві пласта  $m_5^{1b}$  шахти «Добропільська»

З метою запобігання подібних явищ в основу планування гірничих робіт необхідно покласти комплексний облік факторів, що впливають на раціональне та безпечне відпрацювання родовищ, що дозволяє на ранній стадії виявити ризики надкористувачів як щодо можливих конфліктів з державними наглядовими та правоохоронними органами, так і по відношенню до виникнення аварійних ситуацій та зміни гірничо-геологічних умов.

Комплексний підхід до оптимального розвитку гірничих робіт полягає не в знаходженні найбільш ефективного обладнання для окремого вибою, а у виборі серед підмножини допустимих варіантів найкращого плану оснащення всіх підготовлюваних вибоїв наявними типами обладнання.

Одним з основних умов, що накладаються на функціонування підсистеми очисних робіт, є вимога безперервності видобутку вугілля заданої якості в достатньому обсязі. Ця вимога зумовлює необхідність комплексного підходу до управління підсистемою підготовчих робіт, тобто оптимальне управління повинно полягати не в прискореному проведенні окремих виробок, а в оптимізації підготовки всіх гірничих виробок, необхідних для нормального функціонування очисних робіт.

Ефективність будь-якого способу ведення очисних робіт, способу проведення виробки в значній мірі залежать від кількості використовуваних матеріальних і людських ресурсів. На шахтах, як правило, всі ресурси обмежені. Тому розподіл ресурсів між очисними і підготовчими вибоями має здійснюватися з метою найкращого розвитку підсистем очисних і підготовчих робіт, а не з позиції отримання найбільшого ефекту для окремих очисних або підготовчих вибоїв.

На розвиток гірничих робіт впливає безліч випадкових факторів, що ускладнюють досягнення поставлених цілей. Внаслідок цього система гірничих робіт повинна постійно «реагувати» на всі перешкоди і вимоги які змінюються, що надходять на її «входи», тобто протягом усього періоду розвитку повинна функціонувати система поточного керування гірничими роботами, що здійснює оптимальне коригування системи на основі принципу зворотного зв'язку.

Практика планування розвитку гірничих робіт на шахтах при складанні річних і перспективних програм в основному зводиться до розробки вручну одного-двох варіантів планів введення і вибуття лав, якість яких значною мірою залежить від кваліфікації, досвіду і інтуїції виконавців.

План розвитку гірничих робіт - це інструкція, що включає в себе графіки, економічні та технічні розрахунки, яка в обов'язковому порядку розробляється в будь-якій гірничодобувній компанії, що проводить діяльність на родовищах корисних копалин. Плани розвитку гірничих робіт складаються ґрунтуючись на спочатку складений і підписаний технічний проект розробки покладів. Планування гірничих робіт зазвичай розробляється на такі періоди: 1 рік, 5 років і більше.

Ці плани не ув'язуються в достатній мірі з наявними трудовими і матеріальними ресурсами, обсяги робіт часто нерівномірно розподілені в часі, а терміни початку і закінчення технологічно взаємопов'язаних робіт не завжди збігаються. У книзі [5] Георгієвський В.В. зробив спробу вирішити деякі проблеми підвищення ефективності планування розвитку гірничих робіт на основі комплексного підходу до оптимального розподілу вибійного обладнання та обмежених ресурсів між наміченими об'єктами робіт з метою отримання найбільшого ефекту в цілому по шахті або виробничому об'єднанню. Також там викладені питання розробки оптимальних планів розвитку гірничих робіт на шахтах на основі економіко-математичного моделювання, з позиції системного підходу виділені основні підсистеми шахти і приведена комплексна модель їх розвитку з урахуванням основних взаємозв'язків підсистем, описано моделі оптимізації за різними критеріями планів виробництва очисних і підготовчих робіт. Але з удосконаленням

сучасного технічного обладнання, гірниче виробництво набуло нових можливостей. Деякі дані вже не актуальні для нашого сучасного світу і потребують серйозного доопрацювання і редагування.

Найбільш ефективним інструментом вибору оптимальних способів розвитку гірничих робіт на шахтах в даний час є економіко-математичне моделювання, яке дозволяє в достатній мірі відобразити реальні складності системи і окремих її підсистем, можливі варіанти розвитку і розподілу ресурсів, технологічні взаємозв'язки між роботами і ряд інших специфічних особливостей.

Але часто вибір плану розвитку гірничих робіт проводиться без достатньої оцінки основних економічних показників і визначення їх залежностей від гірничотехнічних умов виробництва.

У таблиці 1 показано розрахунок відсотків втрат та добування вугілля на шахті «Добропільська» та на шахті «Алмазна», розрахований за формулою

$$P_{\text{ОБЩ}}\% = \frac{P_{\text{ОБЩ}} \cdot 100\%}{D + P_{\text{ОБЩ}}}, \quad (1)$$

де  $P_{\text{ОБЩ}}\%$  – загальні втрати вугілля у процентному вираженні;

$P_{\text{ОБЩ}}$  – загальні втрати вугілля у ваговому вираженні, т;

$D$  – видобуток вугілля за чистими вугільними пачками, т.

Відсоток втрат за 2017 рік менше ніж відсоток, який очікується у 2016 році. На нашу думку такий розрахунок є досить примітивним і не враховує більшість факторів, що впливають на об'єм видобутку вугілля та втрати. Щоб визначити можливі втрати та зменшити їх розмір, потрібно скласти математичну модель для розрахунку ризиків, які можливо уникнути при реалізації плану видобутку вугілля.

**Таблиця 1** – Розрахунок відсотка добування вугілля на шахті «Добропільська» та на шахті «Алмазна»

Показник	Розрахунок відсотка добування вугілля по шахті, %	
	«Добропільська»	«Алмазна»
Очікуваний відсоток втрат на 2016 р.	37,3	29,5
Відсоток добування на 2016 р.	62,7	70,5
Очікуваний відсоток втрат на 2017 р.	31,0	26,1
Відсоток добування на 2017 р.	69,0	73,9

Розробка і коригування планів розвитку гірничих робіт на шахтах повинна здійснюватися в наступному порядку:

- складання п'ятирічного плану розвитку гірничих робіт;
- щорічне його коригування на наступне п'ятиріччя;
- щорічна уточнена розробка річних планів розвитку гірничих робіт;
- поетапна квартална перевірка та коригування прийнятих планів.

Основи теорії і методів оптимального планування закладені в працях Л. В. Канторовича, В. В. Новожилова, Л. Г. Аганбегяна, А. Л. Лур'є, Н. П. Федоренко та інших авторів.

У статті [4] розроблена і випробувана стохастична модель програми розвитку гірничих робіт вугільної шахти у вигляді антисиметричного орієнтованого мультиграфа,

ваги дуг якого визначаються стохастичною моделлю, що має нестационарну експоненціально загасаючу трендову складову і варіаційну компоненту, розподіл якої узгоджується з нормальним законом, а величина ризиків невиконання програми гірничих робіт визначається стохастичним моделюванням з кроком, часу рівним 7 діб. За допомогою розробленої імітаційної моделі здійснена кількісна оцінка ризиків невиконання програми гірничих робіт на вугільній шахті і виділені критичні шляхи, які мають максимальний ризик.

У статті [7] автор зауважує: «Мабуть, одним з найбільш суттєвих недоліків програми розвитку гірничих робіт є повна відсутність управління ризиками виконання самого проекту. Компонента ризиків проекту підміняється ризиками аварій і нещасних випадків, які є окремим видом ризиків проекту в цілому. Разом з тим найбільш масово трапляється невиконання календарного плану розвитку гірничих робіт у плановий термін, що тягне за собою зниження ефективності інвестицій і ставить шахту в складне фінансове становище».

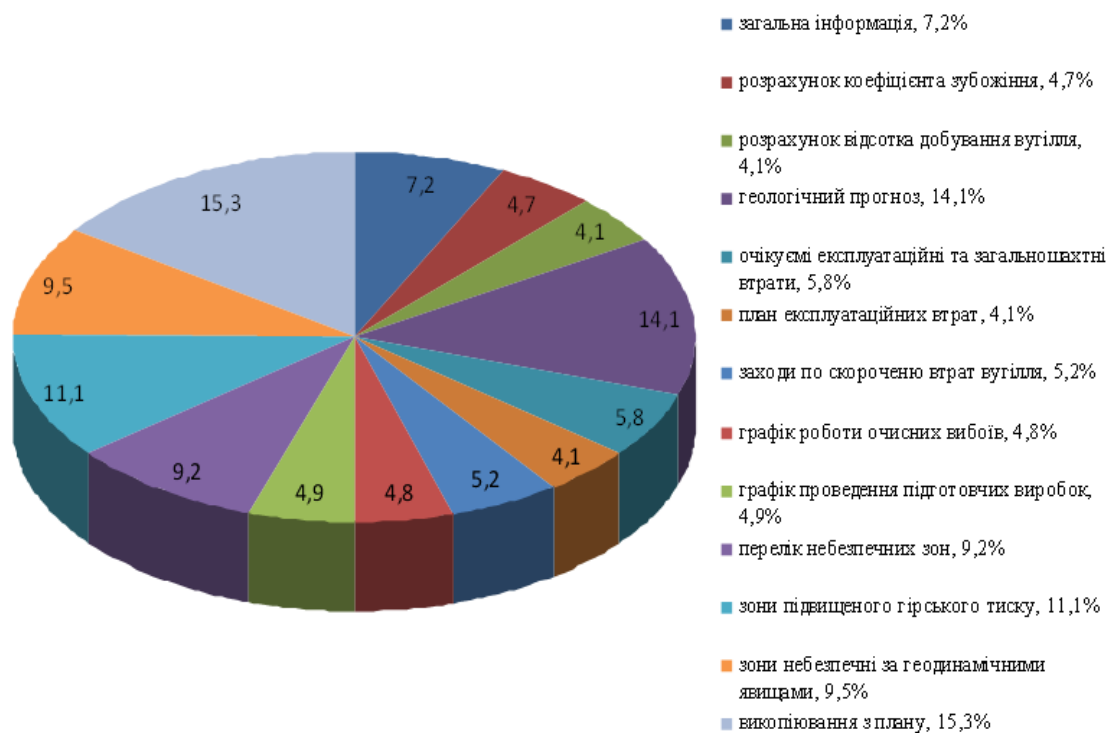
У статті [9] обґрунтована та розроблена стохастична модель календарного плану розвитку гірничих робіт, яка дозволила досліджувати ризики невиконання річної програми розвитку гірничих робіт та розробити ефективні заходи по скороченню строків затримки виконання календарного плану.

У роботі [10] запропоновано методику управління ризиками вуглевидобутку шляхом своєчасного прогнозу втрати стійкості роботи очисного забою на основі корекції форми фазової траєкторії динамічної системи.

У дисертації [11] вирішена науково-прикладна задача обґрунтування і розробки стохастичною моделі управління проектними ризиками підземного вуглевидобутку, застосування якої дозволило скоротити терміни затримки виконання календарного плану в умовах обмеженого часу і дефіциту ресурсів. Складено реєстр проектних ризиків і виконаний їх якісний аналіз. Кількісний аналіз ризиків здійснено за допомогою мережевої моделі, на вхід якої подавалися випадкові величини темпів основних і допоміжних робіт календарного плану вуглевидобутку. Параметри розподілів випадкових величин, а також крок моделювання за часом знайдені на підставі статистичного аналізу представницької кількості аналогів, що забезпечило обґрунтованість моделі і достовірність результатів моделювання.

При аналізі програми розвитку гірничих робіт 2017 року на шахті «Добропільська» (рис. 2), можна виділити найбільш впливові розділи у проекті програми - це геологічний прогноз, розрахунок зон підвищеного гірського тиску, заходи по скороченню втрат вугілля, перелік небезпечних зон. Перелічені розділи дуже важливі для планування гірничих робіт, вони впливають на виконання плану, та безпеку праці.

Необхідно зазначити, що програма підготовлена на достатньо високому рівні, але не містить розрахунку ризиків при виконанні плану. Цей фактор має істотну вагу при виконанні програми. У зв'язку з цим виникає необхідність у модернізації методів розрахунку при складанні планів розвитку гірничих робіт, що дозволить не допустити значних відхилень проектних значень від фактичних.



**Рисунок 2** – Діаграма впливу окремих розділів програми розвитку гірничих робіт на шахті «Добропільська» за 2017 рік на її виконання

**Обговорення результатів.** Численні фактичні дані показують, що досить часто запланована програма видобутку вугілля не відповідає дійсності. Досить резонно виникає питання, чому проектні показники відрізняються від фактичних? Відомо, що програма розвитку гірничих робіт складається з окремих проектів, кожен з яких має специфічну та характерну особливість технологічного процесу вуглевидобутку. Але у більшості таких проектів є основний недолік - це відсутність системи управління проектними ризиками. Це дозволяє в подальшому розробляти і досліджувати цю область.

Незважаючи на велику кількість робіт в області планування розвитку гірничих робіт, методи побудови моделей розвитку, і методи поточного управління системою розроблені недостатньо. У зв'язку з цим виділення основних принципів і розробка на їх основі таких моделей дозволять більш обґрунтовано планувати розвиток гірничих робіт на шахтах.

На нашу думку необхідно продовжити подальше дослідження даної області і розробити більш досконалий метод планування розвитку гірничих робіт.

**Висновок.** Огляд існуючих методів планування розвитку гірничих робіт, і вивчення розробок з управління ризиками на гірничому підприємстві, дозволяє зробити висновки, що багато з існуючих ризиків ще не вивчено, і методологія складання програми розвитку гірничих робіт вимагає серйозних доопрацювань і поліпшень.

На основі матеріалу з шахт, необхідно провести дослідження щодо вдосконалення методів планування розвитку гірничих робіт.

При виборі оптимального плану розвитку гірничих робіт на шахтах необхідно враховувати всі вищеописані проблеми, специфічні особливості і відображати їх при економіко-математичному моделюванні підсистем. Щоб уникнути серйозних ризиків на підприємстві пропонується розробити більш ефективний метод планування розвитку гірничих робіт.

**Список літератури**

1. Fishberg M.C. Least cost estimating and scheduling / M.C. Fishberg. – IBM 650 Program Library. File #10.3.005.
2. Стохастическое моделирование рисков невыполнения программы развития горных работ на угольной шахте / В.С. Маевский, Л.Н. Захарова, А.В. Мерзлякин // Наукові праці ДонНТУ. Серія Проблеми моделювання і автоматизації проектування. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – Вип.10(197). – С. 101–110.
3. Kelly J.E. Critical path planning and scheduling / Proc. Eastern Joint Computer Conference. - Michigan, 1969. - Pp. 121-123.
4. Захарова Л.Н. Исследование чувствительности программы развития горных работ и ее рисков в условиях угольной шахты / Л.Н. Захарова, В.В. Назимко / Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – Харків: Харківський аерокосмічний університет (ХАІ), 2012, №1 (53).-С.157-164.
5. Георгиевский В.В. Оптимальное планирование развития горных работ на шахтах./ монография - Москва «Недра» - 1979 г.
6. Автоматизация производственных процессов при создании годовых планов развития горных работ / С.Н. Кутовой, А.В. Катаев, Е.М. Ефимов, А.В. Оверин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2019. – Т.19, №3. – С.240–250. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.3.4.
7. Аналіз відповідності програми розвитку гірничих робіт вугільної шахти проектно-орієнтованому стилю управління [Електронний ресурс] / В. В. Назимко, А. В. Мерзлякин, Л. М. Захарова, Є. М. Ареф'єв // Гірничий вісник. - 2014. - Вип. 98. - С. 48-52.
8. Benner M.J. and Tushma, M.L. Exploitation, exploration, and process management: the productivity dilemma revisited, Academy of Management Review 28 (2) (2003), pp. 238–256.
9. Захарова Л. Н., Селезнева Ю. М. Анализ рисков невыполнения программы горных работ // Доповіді науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених м. Дніпропетровськ, 19-20 травня 2011 року. — Днепропетровск, : НГУ, 2011. – С. 68–75.
10. Назимко В. В., Кратт О. А., Мерзлякин А. В. Динамическая модель для исследования проектных рисков угледобычи. Наук. пр. ДонНТУ. Проблема моделювання та автоматизації проектування динамічних систем. Донецьк, 2013. Вип. 1(12) - 2(13). С. 75-86.
11. Захарова Л.М. Управління ризиками проектів підземного вугледобутку. – автореферат дисертації 05.12.22. управління проектами та програмами. – Донецький державний університет управління. - Донецьк: 2012 – 172 с.

**References**

1. Fishberg M.C. Least cost estimating and scheduling / M.C. Fishberg. – IBM 650 Program Library. File #10.3.005.
2. V.S. Mayevskiy, L.N. Zakharova, A.V. Merzlikin (2011) Stochastic modeling of risks of non-fulfillment of the program for the development of mining operations at a coal mine [Stokhasticheskoye modelirovaniye riskov nevyopolneniya programmy razvitiya gornykh rabot na ugol'noy shakhte]. Naukovі pratsі DonNTU. Seriya Problemi modeliyuvannya і avtomatizatsiі proyektuvannya. – Donetsk: DonNTU, – v.10(197). – pp. 101–110. (in Russian).
3. Kelly J.E. Critical path planning and scheduling / Proc. Eastern Joint Computer Conference. - Michigan, 1969. - pp. 121-123.
4. Zakharova L.N. (2012) Investigation of the sensitivity of the mining development program and its risks in the conditions of a coal mine [Issledovaniye chuvstvitel'nosti programmy razvitiya gornykh rabot i yeye riskov v usloviyakh ugol'noy shakhty] / L.N. Zakharova, V.V. Nazimko / Radioelectronic and Computer Systems. - Kharkiv: Kharkiv Aerospace University (XAI), - No.1. (53). - pp.157-164. (in Russian).
5. Georgievsky V.V.(1979) Optimal planning of the development of mining operations in mines [Optimal'noye planirovaniye razvitiya gornykh rabot na shakhtakh] / monografiya - Moskva «Nedra». (in Russian).
6. S.N. Kutovoy, A.V. Katayev, Ye.M. Yefimov, A.V. Overin (2019) Automation of production processes when creating annual plans for the development of mining operations [Avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov pri sozdaniі godovykh planov razvitiya gornykh rabot], Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoye і gornoye delo. – v.19, No 3. – S.240–250. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.3.4. (in Russian).
7. V. V. Nazimko, A. V. Merzlikin, L. M. Zakharova, È. M. Aref'ev (2014) Analysis of the programs for the development of tailpipes in the mine design and management style [Analіz vіdповіdnostі programi rozvitku



girnichikh robot vugil'noï shakhti proyektno-oriéntovanomu stilyu upravlínnya], Girnichiy visnik. - v. 98. – pp. 48-52. (In Ukrainian).

8. Benner M.J. and Tushma, M.L. Exploitation, exploration, and process management: the productivity dilemma revisited, *Academy of Management Review* 28 (2) (2003), pp. 238–256.

9. Zakharova L. N., Selezneva YU. M. (2011) Analysis of the risks of failure to fulfill the mining program [Analiz riskov nevypolneniya programmy gornyykh robot], *Dopovídi naukovo-praktichnoï konferentsiï studentív, aspirántív ta molodikh vchenikh m. Dnípropetrovs'k, 19-20 travnya 2011 r. – Dnepropetrovsk: NGU, – pp. 68–75. (in Russian).*

10. Nazimko V. V., Kratt O. A., Merzlikin A. V. (2013) Dynamic model for the study of project risks of coal mining. [Dinamicheskaya model' dlya issledovaniya proyektnykh riskov ugledobychi]. *Nauk. pr. DonNTU. Problema modeliyuvannya ta avtomatizatsp proyektuvannya dinamichnikh sistem. Donetsk, - v. 1(12)—2(13). pp. 75-86. (in Russian).*

11. Zakharova L.M. (2012) Rizik management of projects of underground coal-loading. - abstract of dissertation 05.12.22. management of projects and programs [Upravlínnya rizikami proyektív pídzemnogo vuglevydobutku. – avtoreferat disertatsiï 05.12.22. upravlínnya proyektami ta programami]. – Donetsk'iy derzhavniy uníversitet upravlínnya. – Donetsk, 172 p. (In Ukrainian).

Надійшла до редакції 10.10.2020

**O. Zemelko, B. Kodunov**

## ANALYSIS OF THE MAIN PARAMETERS INFLUENCING THE PLANNING OF MINING DEVELOPMENT

**Purpose.** Analyzing the main parameters that affect the planning of mining development, identify the most problematic points for further study, and justify new opportunities, taking into account the risks for the development of mining enterprise. Analyzing the mining development program, identify the least developed points and improve them. To identify the sections that mostly influence on the efficiency of coal mining.

**Methodology.** The analytical study of the factors influencing on the planning of mining development has been conducted. Modeling and analysis of techniques that influence the preparation of a development plan of mining have been done.

**Results.** The analysis of the parameters that influence the planning of mining development allows to identify the area in which there are significant shortcomings, and to continue research in this direction. When choosing the optimal plan for the development of mining operations at mines, it is necessary to take into account all the problems and specific features to reflect them in the economic and mathematical modeling of subsystems. To avoid serious risks, the company should be offered to develop a new method of planning the mining operations considering the most influencing factors.

**Scientific novelty.** The topic of mining development planning is still insufficiently studied, and requires more detailed research. A lot of publications have been analyzed, but there is a significant gap in economic and mathematical calculations taking into account the potential risks.

**Practical significance.** The analysis of the main factors will help eliminate many parameters that affect non-compliance with the development plan. It is important for more efficient mining enterprise operation. Through the study of the existing methods, you can see the shortcomings and sections that need to be improved. The new methodology, which takes into account the risks of implementation of the development plan, also helps optimize production and avoid serious losses in coal mining.

**Keywords:** mining development plan, stochastic model, risks, mine, calendar plan, economic and mathematical modeling.

### Відомості про авторів

**Земелько Ольга Олександрівна**, аспірант, асистент кафедри геодезії та будівництва підземних споруд, ДВНЗ Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, [olha.zemelko@donntu.edu.ua](mailto:olha.zemelko@donntu.edu.ua).

**Кодунов Борис Олексійович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії та будівництва підземних споруд, ДВНЗ Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, [borys.kodunov@donntu.edu.ua](mailto:borys.kodunov@donntu.edu.ua).

**Zemelko Olha**, Post-Graduate Student, Assistant of the Department of Geodesy and Construction of Underground Structures, SHEE Donetsk National Technical University, [olha.zemelko@donntu.edu.ua](mailto:olha.zemelko@donntu.edu.ua).

**Kodunov Boris**, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associate Professor of the Department of Geodesy and Construction of Underground Structures, SHEE Donetsk National Technical University, [borys.kodunov@donntu.edu.ua](mailto:borys.kodunov@donntu.edu.ua).