

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

**ЛОЗИНСЬКИЙ ВАСИЛЬ ГРИГОРОВИЧ**



УДК 622.278-6

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ  
СВЕРДЛОВИННОЇ ПІДЗЕМНОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГІЛЛЯ  
В ЗОНАХ ГЕОЛОГІЧНОЇ ПОРУШЕНОСТІ  
ГІРСЬКОГО МАСИВУ**

Спеціальність 05.15.02 – підземна розробка родовищ  
корисних копалин

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

**Науковий керівник:**

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ)

**ФАЛЬШТИНСЬКИЙ**  
**Володимир**  
**Сергійович**

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор, професор кафедри геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України

**ГАЙКО**  
**Геннадій**  
**Іванович**

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу вібропневмотранспортних систем Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпропетровськ)

**РЯБЦЕВ**  
**Олег**  
**Вікторович**

Захист відбудеться «15» травня 2015 р. о 14<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03 із захисту дисертацій при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19, тел. (0562) 47-24-11.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19).

Автореферат розісланий «14» квітня 2015 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03  
кандидат технічних наук, доцент



М.В. Петльований

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** Світовий та вітчизняний досвід показує, що видобування вугілля в зонах геологічної порушеності гірського масиву традиційним способом є недоцільним через високу його собівартість, низьку безпеку праці шахтарів та газодинамічні явища, які мають місце поблизу відповідних зон. Виникає необхідність розвитку альтернативних технологій видобування, що базуються на науковому підґрунті, відповідають сучасному розвитку науки та техніки, є економічно вигідними й екологічно безпечними. Такою технологією є свердловинна підземна газифікація вугілля (СПГВ), що дозволяє відпрацьовувати вугільні пласти на місці їх залягання, з отриманням теплової енергії, генераторних газів та хімічних продуктів.

Видобування вугілля в зонах впливу геологічних порушень технічно вирішується, але не обґрунтовані параметри підготовки та вигазовування вугілля в цих зонах. Відповідно, очевидним є те, що відсутність наукового обґрунтування ведення процесу підземної газифікації в зонах впливу геологічних порушень V класу потребує вирішення нової наукової задачі із визначення параметрів технології свердловинної підземної газифікації вугілля в зонах аномальної напруженості гірського масиву, що має важливе наукове та практичне значення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана на кафедрі підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» відповідно до плану найважливіших держбюджетних робіт Міністерства освіти і науки України: тема ГП – 464 «Обґрунтування технічних та технологічних параметрів енергохімічного комплексу на базі свердловинної підземної газифікації вугілля» (№ держреєстрації 0112U000869, 2013 – 2014 рр.); програми співробітництва Міністерства освіти і науки України із закордонними вищими навчальними та науково-дослідними закладами: тема ОБ-47 «Розробка технічних параметрів та технологій свердловинної підземної газифікації вугільних пластів на малих глибинах» (№ держреєстрації 0109U004382, 2009-2010 рр.); господарчих договорів Національного гірничого університету із ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»: тема 10–0/820–У/010176, 2010 – 2011 рр «Обґрунтування технології свердловинної підземної газифікації відповідно до умов ВАТ Павлоградвугілля»; господарчого договору Національного гірничого університету із ВАТ «Донецьксталь – металургійний завод»: тема 11 – 11/132 – ПД/010178, 2011 р. «Реалізація технології газифікації вугілля Західного Донбасу на стендовій установці із отриманням товарної енергетичної та хімічної сировини» та ін. Дисертаційна робота відповідає Стратегії розвитку вугільної промисловості України до 2030 р. та Енергетичній програмі розвитку України до 2030 року.

**Мета роботи** полягає в обґрунтуванні параметрів технології свердловинної підземної газифікації вугілля в зонах геологічної порушеності гірського масиву на основі встановлених закономірностей зміни термохімічних процесів в підземному газогенераторі.

Для досягнення поставленої мети сформульовано й вирішено наступні задачі:

- аналіз сучасного стану технології свердловинної підземної газифікації вугілля в зонах геологічної порушеності гірського масиву;
- встановлення закономірності зміни напружено-деформованого стану гірського масиву навколо геологічного порушення;
- встановлення часу виходу підземного газогенератора на ефективний режим вигазовування за довжиною зміщувача геологічного порушення;
- обґрунтування параметрів відсікання зони підвищених напружень при переході геологічних порушень підземними газогенераторами;
- визначення доцільності застосування технології СПГВ на основі розрахунку коефіцієнта економічної ефективності.

**Ідея роботи** полягає в урахуванні зміни закономірностей параметрів режиму роботи підземного газогенератора в зонах геологічної порушеності гірського масиву.

**Об'єкт дослідження** – процес свердловинної підземної газифікації вугілля при переході геологічних порушень підземним газогенератором.

**Предмет дослідження** – параметри технології свердловинної підземної газифікації вугілля в зонах геологічної порушеності гірського масиву.

**Методи досліджень.** Для вирішення поставлених задач у роботі використовувався комплексний підхід, який містив аналіз літературних і патентних джерел, проведення аналітичних розрахунків, комп'ютерного моделювання, стендових експериментальних досліджень.

**Наукові положення, що виносяться на захист:**

1. Лінія відхилення траси обхідних свердловин, при подоланні диз'юнктивного порушення V класу, визначається простяганням зони відсікання підвищених вертикальних напружень ( $\sigma_y$ ), що логарифмічно залежить від зміни амплітуди зміщувача ( $h_{zm}$ ) за довжиною геологічного порушення ( $l_{2,n}$ ) та емпіричних коефіцієнтів ( $k_1, k_2$ ), що враховують особливості зміни гірничо-геологічних умов. Це дозволяє ефективно проводити планування підготовчих робіт із урахуванням розповсюдження полів напружень.

2. Час виходу підземного газогенератора ( $t$ ) на ефективний режим роботи, при переході диз'юнктивного геологічного порушення з амплітудою диз'юнктиву до 0,9 потужності вугільного пласта, зростає за експоненціальною залежністю від збільшення амплітуди зміщувача ( $h_{zm}$ ) та регулюється швидкістю посування вогневого вибою ( $V_{e,e}$ ). Це дозволить корегувати технологічні параметри підземної газифікації в зонах геологічної порушеності гірського масиву.

**Обґрунтованість і вірогідність** наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджуються використанням апробованих методів аналітичних, комп'ютерних і стендових експериментальних досліджень, застосуванням основних положень теорії деформації пластичних, пружно-пластичних систем, теплообміну порід, достатнім обсягом проведених експериментів та високим ступенем відповідності результатів теоретичних і експериментальних досліджень, аналітичних розрахунків і комп'ютерного моделювання методом скінчених різниць (розбіжність отриманих результатів не

перевищує 19 %). Відповідність результатів експериментальних досліджень забезпечувалася застосуванням спеціального сертифікованого обладнання.

**Наукове значення роботи** полягає у встановленні закономірностей зміни підготовки та режиму роботи підземного газогенератора в залежності від характеру геологічної порушеності гірського масиву на основі яких обґрунтовані параметри технології свердловинної підземної газифікації вугілля.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

1. Уперше встановлено, що при наближенні свердловини до зміщувача геологічного порушення в зоні підвищених вертикальних напружень контур експлуатаційної свердловини зменшується за лінійною залежністю.

2. Отримано степеневу залежність, що описує зменшення процентного вмісту концентрацій горючих генераторних газів при наближенні вогневого вибою до геологічного порушення.

3. Уперше встановлено закономірності впливу амплітуди зміщувача геологічних порушень на час виходу підземного газогенератора на ефективний режим вигазовування.

**Практичне значення роботи** полягає у наступному:

– розроблені рекомендації щодо відпрацювання вугільних пластів в зонах впливу диз'юнктивних геологічних порушень технологією свердловинної підземної газифікації вугілля;

– запропоновані технологічні рішення переходу диз'юнктивних геологічних порушень підземними газогенераторами, впровадження яких розширить область застосування технології свердловинної підземної газифікації вугілля;

– визначено оптимальні параметри закладання та викривлення експлуатаційних свердловин для мінімізації втрат вугілля на ділянці вигазовування;

– обґрунтовано параметри виходу підземного газогенератора на ефективний режим вигазовування при переході геологічного порушення без розриву суцільності вугільного пласта;

– запропоновано алгоритм розрахунку коефіцієнта економічної ефективності для визначення доцільності відпрацювання вугільних пластів технологією свердловинної підземної газифікації вугілля.

**Реалізація результатів роботи.** Для шахти «Великомостівська» ДП «Львіввугілля» запропоновані рекомендації щодо відпрацювання вугільних пластів в зонах впливу диз'юнктивних геологічних порушень технологією свердловинної підземної газифікації вугілля.

**Особистий внесок здобувача** полягає: у формулюванні мети, задач дослідження та наукових положень; обробці, узагальненні й аналізі отриманих результатів; обґрунтуванні параметрів технології свердловинної підземної газифікації вугілля в зонах геологічної порушеності гірського масиву.

**Апробація результатів роботи.** Матеріали дисертаційної роботи доповідались та обговорювалися на всеукраїнських та міжнародних науково-технічних конференціях, форумах і семінарах: V Міжнародний форум студентів і молодих вчених «Розширюючи обрії» (Дніпропетровськ, 2010); III Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих вчених «Наукова весна» (Дніпропетровськ, 2010); науковий семінар в ДонНТУ (Алчевськ, 2010);

«Школа підземної розробки» (Ялта 2010, 2013 pp.; Бердянськ 2014); Szkoła Eksploatacji Podziemnej (Krakow, Poland, 2013); «Форум гірників» (Дніпропетровськ 2013, 2014 pp.).

**Публікації.** За результатами дисертації опубліковано 21 наукову працю, у тому числі 1 колективна монографія, 5 робіт опубліковано у фахових виданнях з переліку МОН України, 5 в закордонних виданнях, 10 у матеріалах конференцій.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел із 151 найменування на 17 сторінках; містить 138 сторінок машинописного тексту, 45 рисунки, 33 таблиці і додатки на 32 сторінках; загальний обсяг роботи – 187 сторінок.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність вибраної теми досліджень, розглянуто зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету, ідею та завдання досліджень, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, викладено основні наукові положення, наукову новизну та значення отриманих результатів, наведено інформацію про особистий внесок здобувача, апробацію результатів та структуру роботи.

**У першому розділі** представлені результати аналізу вивчення та впровадження технології свердловинної підземної газифікації вугілля. Досягнення останніх десятиріч в області СПГВ були отримані завдяки значному інтересу до розвитку альтернативних технологій видобування вугілля, що пов'язано із постійно зростаючим попитом та ціною на енергоносії. Дослідженнями розвитку й впровадження екологічно чистої технології підземної газифікації вугільних пластів займалися не одне покоління вітчизняних та зарубіжних науковців. Особливу увагу в даному питанні заслуговують роботи науковців з Державного ВНЗ «Національний гірничий університет», ДонНТУ, Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, ІГС ім. Скочинського (Росія), Фрайбургської гірничої академії (Німеччина), Головного інституту гірничої справи (Польща) а також наукових підрозділів компаній «Linc Energy», «Carbon Energy», «Cougar Energy», «Wildhors Energy», (Австралія), «Ergo Energy» (Канада), «Lawrence Livermore National Laboratory», «Carbon County» (США), «ENN Coal Gasification Mining Corporation», «Xinwen Coal Industry Group» (Китай) та ін.

Проведений аналіз застосування процесу свердловинної підземної газифікації вугілля вказує на негативні явища, які спостерігаються біля геологічних порушень з великими амплітудами зміщення, а саме такі порушення впливають на матеріально-тепловий баланс процесу, погіршуючи енергетичні показники кінцевих продуктів внаслідок неконтрольованої втрати дуття і газу. За таких умов підземні гірничі роботи зупинялися через неможливість їх переходу. Тому в роботі розглядаються геологічні порушення V класу з амплітудою зміщувача до 3 м, які є характерними для Львівсько-Волинського кам'яно-вугільного басейну та аномальні зони, що утворилися при веденні гірничих робіт.

На сьогоднішній день, при наявності диз'юнктивних геологічних порушень на ділянці ведення гірничих робіт, можливе лише використання технологічної схеми суть якої полягає в бурінні густої сітки свердловин, що недостатньо повно

відображає сучасні досягнення розвитку технології СПГВ. Крім цього собівартість отриманого генераторного газу буде надто високою у зв'язку із значними експлуатаційними витратами на буріння свердловин.

Забезпечення технологічності процесу підземної газифікації і його адаптація до конкретних гірничо-геологічних умов залягання вугільного пласта є важливим аспектом. У зв'язку з цим в даному розділі приділена значна увага тектонічній будові потенційно можливих ділянок Львівсько-Волинського кам'яновугільного родовища до СПГВ.

За результатами виконаного аналізу сформульовані мета роботи, задачі досліджень та обґрунтовані методи їх вирішення.

**У другому розділі** розглянута модель формування полів напружень та їх вплив на стан гірського масиву навколо диз'юнктивних геологічних порушень, вибрані методи розрахунку напружень та методика проведення досліджень.

Прийнята у дисертаційній роботі модель формування напруженості гірського масиву відображає складну будову Львівсько-Волинського басейну. Вона може бути використана для визначення стійкості експлуатаційних свердловин при переході розривних геологічних порушень.

Загальна оцінка стану стійкості свердловини надавалася на основі деформації її контуру. Враховуючи складність визначення оцінки НДС масиву, у роботі прийнято метод оцінки напруженості, що містить у собі аналітичні дослідження, а також комп'ютерне моделювання. Це дозволило встановити закономірності впливу напруженості масиву навколо геологічного порушення на стійкість експлуатаційних свердловин та в подальшому визначити геометричні параметри їх викривлення поза зоною впливу підвищених напружень.

Проведеними аналітичними дослідженнями з використанням програмного продукту Surfer 8.0 на основі методу інтерполяції даних встановлено, що при наявності диз'юнктивних геологічних порушень з амплітудою зміщувача до 3 м, величина максимальних вертикальних напружень, яка спостерігається у висячому боці сягає  $1,3 \text{ } \mu\text{H}$ , а простягання зони підвищених напружень – 19 м.

Для визначення достовірності проведених аналітичних розрахунків напруженості полів висячого і лежачого боків виконувалося комп'ютерне моделювання з використанням ліцензійного програмного продукту FLAC 5.0. Інформаційний продукт на основі узагальненого критерію міцності Хоека-Брауна та утиліти Interface, при використанні відомого методу кінцевих різниць, дав змогу отримати епюри вертикальних напружень породувугільного масиву навколо геологічних порушень при змінні їх амплітуди.

За результатами аналізу отриманих епюр побудований графік переміщень точок над свердловиною у вугільному пласті, що відповідають значенням вертикальних нормальних напружень  $3,5 - 0,5 \text{ МПа}$ . Відповідно встановлена лінійна залежність деформації контуру свердловини при віддалені від геологічного порушення (рис. 1).

Так зменшення контуру свердловини в зоні підвищених вертикальних нормальних напружень змінюється за лінійною залежністю  $U = -1,42l + 25$ , ( $R^2 = 0,95$ ) від довжини до зміщувача геологічного порушення.

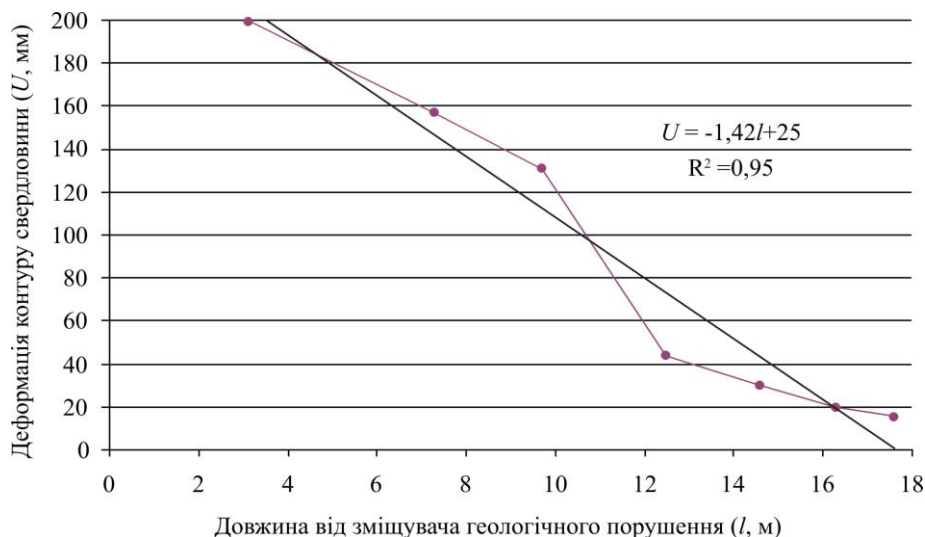


Рисунок 1 – Залежність деформації контуру свердловини при віддалені від геологічного порушення

У результаті проведених досліджень встановлено, що вертикальні нормальні напруження, що не перевищують геостатичні більш ніж на 2 МПа суттєво не впливатимуть на стійкість свердловин протягом терміну їх експлуатації. Зважаючи на необхідність дотримання пропускної здатності свердловини в межах зони допустимих напружень слід проводити відхилення траси експлуатаційних свердловин. В такому випадку свердловина проходить по пустих породах підошви вугільного пласта, фізико-механічні властивості яких є більш стійкіші.

Збіжність результатів аналітичних розрахунків та комп'ютерного моделювання (81 %) свідчить про вдалий вибір підходів щодо визначення напруженості масиву в зонах впливу геологічних порушень та можливість використання комп'ютерного моделювання для розв'язання подібних геомеханічних задач.

**У третьому розділі** наведено результати експериментальних досліджень на стендовій установці використовуючи відомі інваріанти та симплекси подібності з врахуванням критерію гомохронності.

Експериментальні дослідження проводилися на спеціальній стендовій установці, що розроблена та запатентована в Національному гірничому університеті. Розгорненим варіантом стендової установки є модель підземного газогенератора. У загальному вигляді установка складається з чотирьох основних елементів: випробувального стенда, дуттьової та газовідвідної систем, а також контрольно-виміральної апаратури.

Аналітичний прогноз матеріально-теплового балансу процесу газифікації разом із фізичним моделюванням вигазування вугілля на стендовій установці дав змогу встановити закономірності ефективного протікання процесу газоутворення при подоланні газогенератором геологічних порушень. Встановлені закономірності дозволили визначити час виходу підземного газогенератора на ефективний режим роботи.

Встановлення часу виходу підземного газогенератора на ефективний режим вигазування при зміні амплітуди зміщувача геологічного порушення вимагало визначення часового моменту переходу диз'юнктивного зміщувача для



встановлення відповідності розрахункової швидкості посування вогневого вибою газогенератора з фактичною. Автором запропоновано провести такий аналіз за допомогою наявної системи датчиків опускання та термопар, які заздалегідь встановлювалися у визначені місця по обидві сторони від геологічних порушень на відстань – 10 см в 3 ряди, а також виходячи з наявних даних виходу горючих генераторних газів впродовж експерименту.

У ході досліджень моделювалися три зміщувача геологічних порушень з амплітудами 0,5; 0,75 та 0,9 потужності вугільного пласта. Відповідно був введений так званий коефіцієнт перекриття вугільного пласта висячим боком лежачого, який є обернено пропорційний амплітуді диз'юнктивного зміщувача.

Аналізуючи результати експериментальних досліджень встановлено, що відстань ( $l$ ), при якій зменшується процентний вміст концентрацій горючих генераторних газів при переході газогенератором геологічного порушення V класу змінюється за степеневою залежністю  $l = 15h_{зм}^{2,75}$  від амплітуди зміщення до 0,9 потужності вугільного пласта, оскільки порушуються хімічні зони у вугільному пласті перпендикулярно реакційному каналу. Утворення, так званого, пониження виходу генераторних газів приблизно співпадає з наявністю геологічних порушень, хоча існує деяка розбіжність з розрахунковими величинами. Крім цього збільшується концентрація димних газів при зменшенні коефіцієнта перекриття вугільного пласта до 0,1, що свідчить про перехід процесу підземної газифікації в процес підземного спалювання вугілля.

Виходячи із відомих закономірностей розповсюдження температурного поля в масиві впливає, що температура у визначеній точці масиву має поступовий характер до збільшення аж до наближення вогневого вибою впритул до даної точки з максимальним значенням на час протікання термохімічних реакцій. Встановлення часового моменту переходу вогневим вибоєм геологічного порушення зводилося до визначення середнього значення температур, величина яких перевищила 500 °C.

Максимальна температура, що була зафіксована термопарами, перевищила межу вимірювання в 1000 °C при підході до геологічного порушення з коефіцієнтом перекриття вугільного пласта 0,5. Також слід зазначити, що за тепловим фактором дане геологічне порушення було подолане без особливих втрат тепла за встановлений проміжок часу. При збільшенні амплітуди зміщувача геологічних порушень до 0,75 та 0,9 потужності вугільного пласта максимальні температури становили 889 та 832 °C відповідно. Тут відбувається не втрата тепла в навколишнє середовище, а зменшення його виділення у зв'язку із різким зменшенням коефіцієнта перекриття вугільного пласта.

Характери опускань реперних датчиків фіксувалися вимірювальною лінійкою та системою оптичних датчиків. Опускання при змінні амплітуди зміщувача мали як свої власні, так і відмінні особливості. Їх черговість у кожному випадку залежала від регулювання режиму реверсування дугтя. Відмінність полягала у збільшенні часу між опусканням у лежачому боці по відношенню до висячого боку геологічного порушення, причому із зменшенням коефіцієнту перекриття відповідний час постійно збільшувався з максимальним значенням 1 год 15 хв при  $k_n = 0,13$  тоді як при  $k_n = 0,5$  цей показник склав лише 15 хв.

Здебільшого середні значення часу переходу інтерфейсу значною мірою не відповідають розрахунковому. Отримані показники опускань вказують на те, що по суті при зменшенні коефіцієнта перекриття відбувається нове перерозпалення вугільного пласта, що підтверджується аналізом зменшення процентного вмісту концентрацій горючих генераторних газів.

В результаті проведення аналізу зниження процентного вмісту горючих генераторних газів, а також отримавши усереднений час подолання зміщувача вогневим вибоєм за даними температурних датчиків та реперів опускань отримані графіки усереднених часових відхилень переходу геологічного порушення підземним газогенератором (рис. 2).

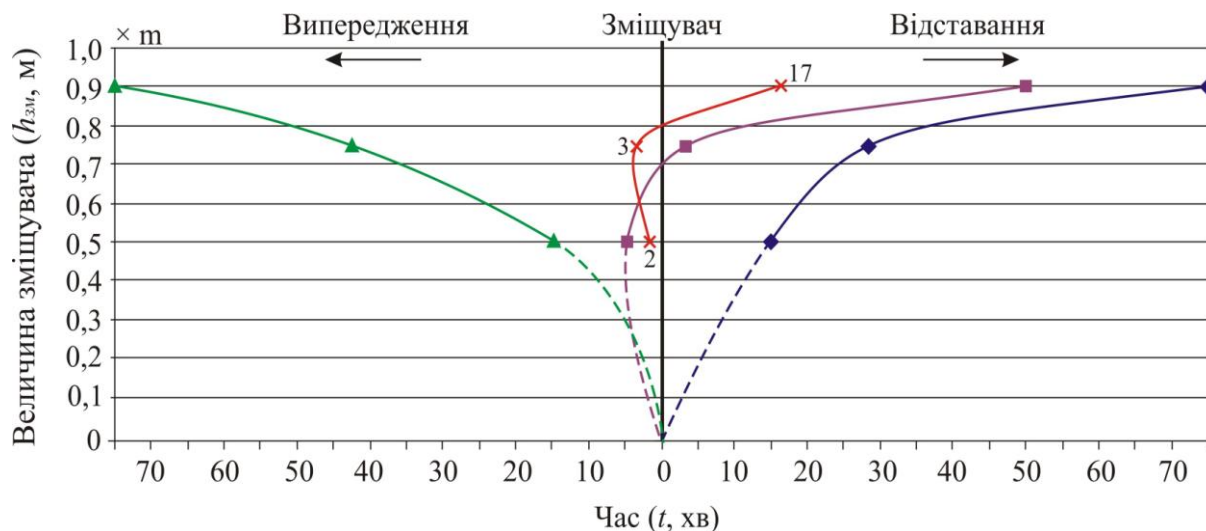


Рисунок 2 – Графіки усереднених часових відхилень переходу газогенератором зміщувача геологічного порушення:  $\blacktriangle$  усереднення по зменшенню процентного вмісту генераторного газу ( $\bar{V}$ ),  $\blacksquare$  усереднення по температурі термодатчиків ( $\bar{T}$ ),  $\blacklozenge$  усереднення по опусканнях реперних датчиків ( $\bar{U}$ ),  $\times$  усереднене часове відхилення ( $\bar{V, T, U}$ )

Встановлено, що при збільшенні амплітуди геологічного порушення випередження розрахункового часу відбувається за усередненнями зменшення процентного вмісту горючих генераторних газів, а відставання за температурними датчиками та реперами опускання. В той же час, при співставленні усереднень максимальне відхилення сягає 17 хв, що становить 6 % погрішності. Тому немає потреби корегувати початкову точку часу виходу підземного газогенератора на ефективний режим вигазовування. Апроксимація графіків для нерозривного вугільного пласта наближена до нуля оскільки параметри, що розглядалися, взаємопов'язані між собою і в реальних умовах без наявності геологічного порушення змінюються одночасно із вигазовуванням вугільного пласта. Підтвердження лінійної швидкості посування вогневого вибою дало змогу провести аналіз часових рамок переходу геологічного порушення підземним газогенератором з виходом останнього на ефективний режим вигазовування за отриманими даними сумарного виходу горючих генераторних газів  $\bar{t}_V$  та їх теплоти згоряння  $\bar{t}_Q$ .

За даними роботи промислових та експериментальних станцій підземної газифікації, ефективний режим роботи газогенератора настає при сумарному виході горючих генераторних газів  $> 25\%$  або теплоті згорання  $> 4$  МДж/м<sup>3</sup>. Відповідно отримані аналітичні рівняння для визначення часу виходу генераторних газів  $\overline{t_V}$  та теплоти їх згорання  $\overline{t_Q}$  на ефективний режим роботи підземного газогенератора (1, 2).

$$\overline{t_V} = \left[ t_1 + \left( \frac{t_2 - t_1}{100} \right) \cdot \frac{25 - \sum \tilde{N}_{\bar{a}\bar{a}\bar{a}}, \text{ ідè } t_1}{\sum \tilde{N}_{\bar{a}\bar{a}\bar{a}}, \text{ ідè } t_2 - \sum \tilde{N}_{\bar{a}\bar{a}\bar{a}}, \text{ ідè } t_1} \cdot 100 \right] - t_\zeta, \quad (1)$$

де  $t_1$  – найближчий фіксований час, при якому значення сумарного виходу горючих генераторних газів становить  $\leq 25\%$ , хв;  $t_2$  – найближчий фіксований час, при якому значення сумарного виходу горючих генераторних газів становить  $\geq 25\%$ , хв;  $\sum C_{z.z.z}$  – сумарний процентний вміст горючих генераторних газів, %;  $t_\zeta$  – розрахунковий час переходу зміщувача геологічного порушення, хв.

$$\overline{t_Q} = \left[ t_1 + \left( \frac{t_2 - t_1}{100} \right) \cdot \frac{4 - Q_{z.z}, \text{ нпу } t_1}{Q_{z.z}, \text{ нпу } t_2 - Q_{z.z}, \text{ нпу } t_1} \cdot 100 \right] - t_\zeta, \quad (2)$$

де  $t_1$  – найближчий фіксований час при якому значення теплоти згорання генераторного газу становить  $\leq 4$  МДж/м<sup>3</sup>, хв;  $t_2$  – найближчий фіксований час, при якому значення теплоти згорання газу становить  $\geq 4$  МДж/м<sup>3</sup>, хв;  $Q_{z.z}$  – теплота згорання генераторного газу, МДж.

Для зручності здійснення аналізу дослідження проведений розрахунок необхідної швидкості вигазовування вугілля для співставлення часу вигазовування моделі газогенератора  $t_x$  і газогенератора в натурі  $t_y$  та  $t_z$ .

$$\begin{cases} l_{z.z}^M \rightarrow t_x, \text{ нпу } V_1 \\ l_{z.z}^H \rightarrow t_y = \frac{l_{z.z}^H}{V_1}, \text{ нпу } V_1, \\ l_{z.z}^H \rightarrow t_z, \text{ нпу } V_2 \end{cases} \quad \text{де } t_z = t_x \cdot \frac{\text{доб}}{\text{год}}, \text{ тоді } V_2 = \frac{l_{z.z}^H}{t_z}.$$

У даній системі рівнянь часові та геометричні рамки розраховуються із змінними величинами для можливості співставлення числових значень  $x$  та  $z$ . Провівши розрахунок, отримано значення швидкості вигазовування газогенератора в натурі 7,5 см/год, а загальний час вигазовування  $t_z = 20$  діб. Відповідно отримана залежності впливу амплітуди зміщувача на відстань, при якій газогенератор переходить на ефективний режим роботи при теплоті згорання  $\overline{t_Q}$  та сумарному виходу генераторних газів  $\overline{t_V}$ . Часові значення переходу газогенератора на ефективний режим вигазовування співставлені з відповідними величинами відстані від зміщувача за наступними спрощеннями:

якщо  $l_{2.2}^M \rightarrow t_x = l_{2.2}^H \rightarrow t_z$ , тоді,  $t_x = t_z$ .

Відповідно  $l_{t_V}^- = \frac{l_{2.2}^H}{t_z} \cdot \overline{t_V}$ , а  $l_{t_Q}^- = \frac{l_{2.2}^H}{t_z} \cdot \overline{t_Q}$ .

Високий ступінь збіжності значень  $\overline{t_V}$  та  $\overline{t_Q}$  дав змогу визначити відстань від зміщувача  $l$  при подоланні якої підземний газогенератор перейде на ефективний режим роботи і становитиме  $l = 2,0e^{1,1 \cdot h_{3m}}$ .

**У четвертому розділі** обґрунтовані параметри технології свердловинної підземної газифікації вугілля при переході підземним газогенератором геологічних порушень V класу і дана економічна оцінка доцільності вигазовування вугілля на основі розрахунку коефіцієнта економічної ефективності.

Відсікання частини вугільного пласта, що знаходиться в зоні підвищених напружень, експлуатаційними свердловинами відбувається у випадку наявності підвищених напружень у висячому чи лежачому боці геологічного порушення.

Проведеними дослідженнями, на основі методу інтерполяції даних точок максимумів вертикальних напружень, встановлено, що в зоні впливу геологічних порушень V класу область підвищених напружень визначається логарифмічною залежністю  $\sigma_y = 2,56 \ln(l_{2.n}) + 2,08$  від зміни амплітуди зміщувача за довжиною геологічного порушення, що дає можливість планувати розташування підземних газогенераторів поза цими зонами. Відповідно, отримані аналітичні рівняння для визначення довжини зони відсікання підвищених напружень в залежності від кута зустрічі експлуатаційних свердловин з геологічним порушенням.

Визначення місця закладання дуттьової та газовідвідної свердловин поза зоною простягання підвищених вертикальних напружень є розв'язком задачі з декількома змінними параметрами. Для знаходження довжини відповідної зони використано натуральний ряд чисел, в якому складена числова послідовність, починаючи з нуля, утворює наступні значення за допомогою додавання до попереднього.

Найбільш точно зміна зони простягання підвищених напружень на площині, для свердловин з кроком  $l_{2n}$  описується кривою за логарифмічною залежністю і може бути знайдена з виразу

$$l_{2n} = k_1 \cdot \ln \left( \frac{l_{\bar{a}.i} - l_{\delta.\hat{e}}}{2} - n \cdot (l_{\delta} + l_{\delta.\hat{e}}) \right) + k_2 \quad (3)$$

де  $l_{2.n}$  – простягання геологічного порушення, м;  $l_{p.k}$  – розрахункова довжина реакційного каналу, м;  $l_y$  – розрахункова довжина цілика між газогенераторами, м;  $k_1$ ,  $k_2$  – емпіричні коефіцієнти, що враховують особливості зміни гірничо-геологічних умов.

Для свердловин з кроком  $l_{2n}$  вираз (3) зміниться і матиме наступний вигляд

$$l_{2n+1} = k_1 \cdot \ln \left( \frac{l_{2.n} - l_{p.k}}{2} - l_y \cdot \frac{2n+2}{2} - l_{p.k} \cdot n \right) + k_2. \quad (4)$$

Якщо ж за певних умов оптимальним є перехід геологічного порушення під кутом, то в такому разі формули (3, 4) дещо зміняться враховуючи кут  $\alpha$ , під яким вони проводяться. У такому випадку необхідно визначити значення точок на осі ординат, через які проходять свердловини з кроком  $x_{2n}$  та  $x_{2n+1}$  з виразів

$$x_{2n} = \left( \frac{l_{z.n} - (+) \frac{l_{p.k}}{\sin \alpha}}{2} - (+)n \cdot \left( \frac{l_y + l_{p.k}}{\sin \alpha} \right) \right) \quad (5)$$

$$x_{2n+1} = \left( \frac{l_{z.n} - (+) \frac{l_{p.k}}{\sin \alpha}}{2} - (+) \frac{l_y}{\sin \alpha} \cdot \frac{2n+2}{2} - (+) \frac{l_{p.k}}{\sin \alpha} \cdot n \right) \quad (6)$$

Знак мінус у виразах (5) та (6) вказує на те, що розрахунок проводиться для лівої частини геологічного порушення (рис. 3), тоді як знак плюс використовується для розрахунку правої частини.

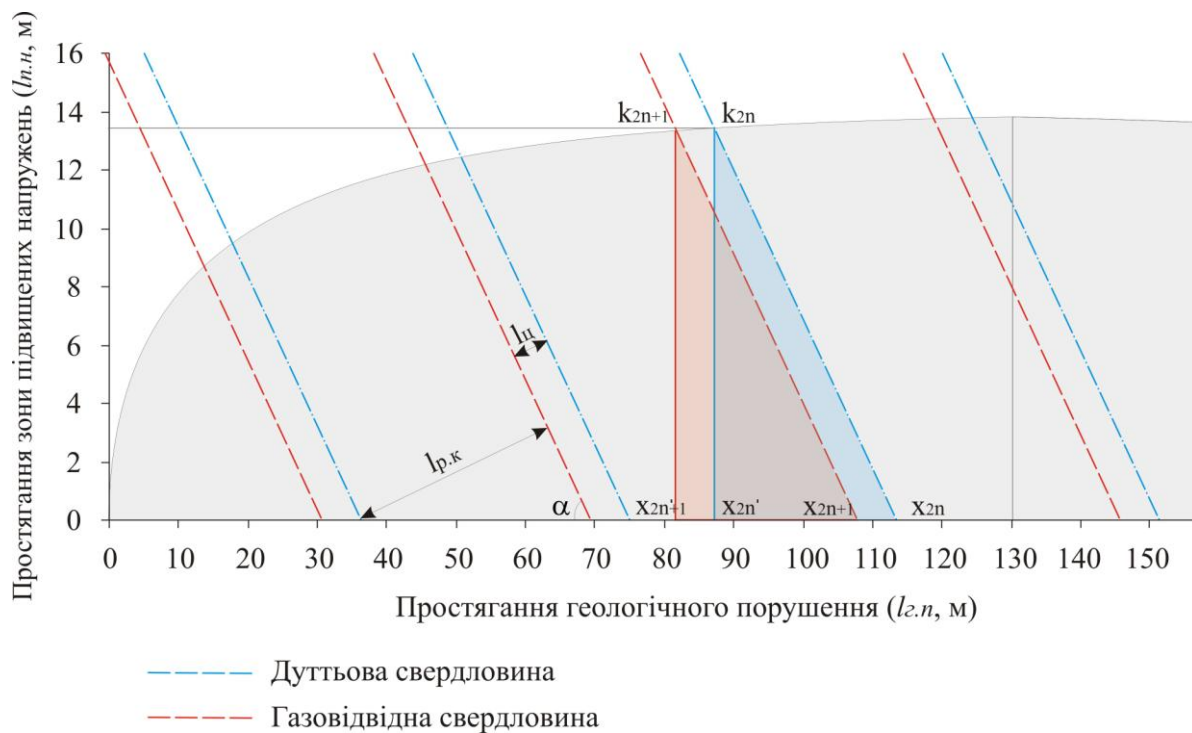


Рисунок 3 – Схема до визначення довжини зони відсікання підвищених напружень: — дуттьові свердловини; --- газовідвідні свердловини;  $k_{2n}$ ,  $k_{2n+1}$  – межа простягання зони підвищених напружень  $x_{2n}$ ,  $x_{2n+1}$  – координати точок пересікання вугільного пласта у висячому боці зміщувачем геологічного порушення по осі ординат

Оскільки суть подальшого розрахунку для кожного кроку наступної свердловини однакова, то довжина зони відсікання підвищених напружень при закладанні траси експлуатаційних свердловин під кутом  $\alpha$  становитиме

$$xk = \frac{kx'}{\sin \alpha}.$$

Враховуючи той факт, що величина вертикальних напружень поза зоною відсікання не має суттєвий вплив на зменшення поперечного перерізу свердловин, можна завчасно розрахувати довжину зони відсікання, що є ваговою величиною для визначення основних параметрів їх викривлення.

Виходячи з геометричних параметрів геологічного порушення, а саме ширини зони впливу підвищених напружень ( $l_{n.n}$ ), кута падіння ( $\alpha$ ) та амплітуди зміщувача ( $h_{zm}$ ) по нормалі, проводиться визначення радіусу викривлення експлуатаційних свердловин і перевірка, щодо технічної можливості їх проведення із заданим радіусом, а також визначається довжина викривленої частини свердловини виходячи з отриманих математичних виразів за запропонованою схемою (рис. 4).

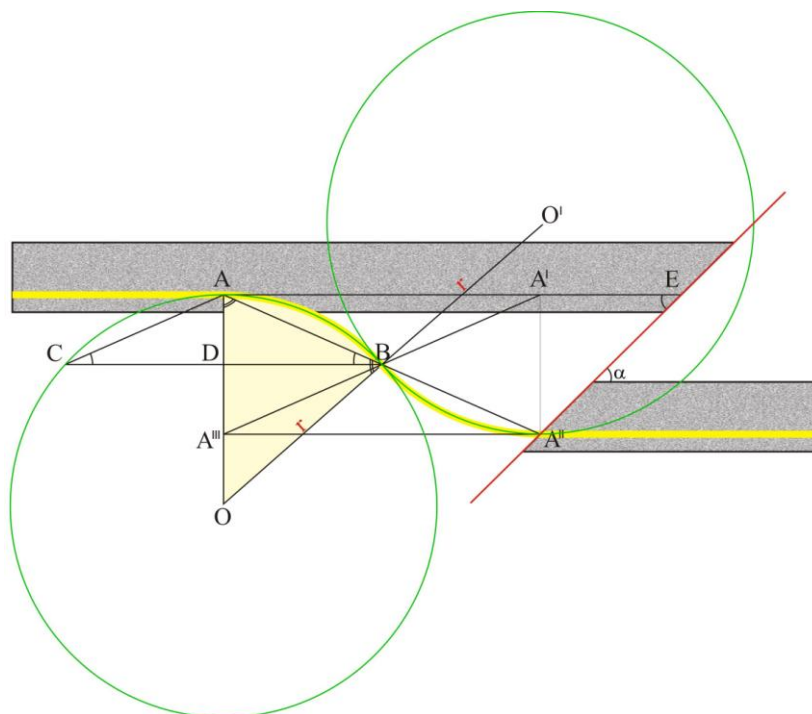


Рисунок 4 – Схема до визначення радіуса викривлення свердловини

Розроблений алгоритм розрахунку вищезазначених геометричних параметрів є універсальним для розрахунку геологічних порушень типу насув та скид і залежить від визначення величини  $AA'$

$$AA' = AE - (+) \frac{A'A''}{\operatorname{tg} \angle A'EA''},$$

де  $\operatorname{tg} \angle A'EA''$  – кут зміщувача геологічного порушення, град.

В такому випадку радіус викривлення експлуатаційних свердловин становитиме

$$r = \frac{AB \cdot BC \cdot AC}{4 \cdot S_{ABC}}.$$

Довжина половини дуги (викривленої частини) експлуатаційної свердловини від точки  $A$  до центра межі викривлення знаходиться з довжини окружності, помноженої на частину сегмента дуги

$$l = 2\pi r \cdot \frac{\angle \text{сигм}(AOB)}{360},$$

де  $O$  – центр окружності.

Якщо технологічно неможливо проводити буріння з розрахованим радіусом викривлення, то в такому разі необхідно провести зворотний розрахунок для визначення місця викривлення експлуатаційної свердловини, хоча як показує сучасний стан розвитку технології направленої буріння, викривлення траси може відбутися з над малими радіусами.

На основі проведених досліджень в дисертаційній роботі були вибрані дві ділянки вугільних пластів з геологічними порушеннями, що притаманні Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейну, для яких проводилося визначення місця закладання експлуатаційних свердловин.

Економічна оцінка доцільності вигазовування вугілля підземними газогенераторами при переході диз'юнктивних геологічних порушень V класу дана на основі розрахунку коефіцієнта економічної ефективності як відношення отриманого результату до витрат, що його зумовили. Отриманий коефіцієнт економічної ефективності вказує на те, що в умовах Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну довжина газогенератора повинна бути не менше 200 м за наявності геологічних порушень в межах ділянки вугільного пласта.

На основі проведених досліджень були розроблені рекомендації щодо відпрацювання вугільних пластів в зонах впливу диз'юнктивних геологічних порушень технологією свердловинної підземної газифікації вугілля в умовах Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі встановлених закономірностей зміни напружено-деформованого стану гірського масиву від характеру геологічного порушення з урахуванням протікання термохімічних процесів в підземному газогенераторі вирішена актуальна нова науково-практична задача з обґрунтування часових та геометричних параметрів технології свердловинної підземної газифікації вугілля в зонах геологічної порушеності гірського масиву.

У ході виконання роботи отримано наступні результати:

1. Аналіз сучасного стану технології свердловинної підземної газифікації вугілля в зонах геологічної порушеності гірського масиву з великими амплітудами зміщення виявив негативні явища, що впливають на матеріально-тепловий баланс процесу газифікації, погіршуючи енергетичні показники генераторного газу та підготовку газогенераторів. Тому в роботі розглядалися геологічні порушення V класу з амплітудою зміщувача до 3 м, що характерні для Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну.

2. При збільшенні амплітуди зміщувача геологічного порушення до 3 м в умовах Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну величина максимальних вертикальних напружень сягає  $1,3 \mu H$ , а простягання зони підвищених напружень становить 19 м. Зменшення контуру свердловини в цій зоні відбувається за лінійною залежністю  $U = -1,42 l + 25$  від довжини до зміщувача геологічного порушення. Поза межами впливу геологічного порушення максимальні вертикальні напруження  $\sigma_y^{max}$  не перевищуватимуть  $\mu H$  і відповідно суттєво не впливатимуть на пропускну здатність свердловин.

3. Встановлено, що в зоні впливу геологічних порушень V класу область підвищених вертикальних напружень визначається логарифмічною залежністю  $\sigma_y = 2,56 \ln(l_{z,n}) + 2,08$  від зміни амплітуди зміщувача по довжині геологічного порушення, що дає можливість планувати розташування підземних газогенераторів поза цими зонами.

4. На основі аналізу експериментальних даних температур, деформацій, якісних та кількісних показників отриманого паливного генераторного газу встановлено час виходу підземного газогенератора на ефективний режим вигазовування, що змінюється за експоненціальною залежністю від амплітуди зміщувача  $h_{zm}$  та швидкості посування вогневого вибою  $V_{g,g}$  при переході диз'юнктивного геологічного порушення з амплітудою зміщення до 0,9 потужності вугільного пласта.

5. Обґрунтовано технологічні параметри переходу геологічних порушень підземними газогенераторами на основі визначення довжини зони відсікання підвищених напружень в залежності від кута зустрічі експлуатаційних свердловин з диз'юнктивним порушенням, кута падіння та амплітуди зміщувача геологічного порушення.

6. Розроблені рекомендації, щодо відпрацювання вугільних пластів в зонах впливу диз'юнктивних геологічних порушень технологією свердловинної підземної газифікації вугілля в умовах шахти «Великомостівська» ДП «Львіввугілля».

7. Економічна оцінка, що проведена на основі розрахунку коефіцієнта економічної ефективності, підтверджує доцільність застосування технології свердловинної підземної газифікації при вигазовуванні вугілля в зонах геологічної порушеності гірського масиву при довжині газогенераторів не менше 200 м для покриття витрат на отримання товарної продукції.

### **Основні положення і результати дисертації опубліковані в наступних роботах:**

1. Лозинський В.Г. Економічні і екологічні аспекти комплексної генерації та утилізації енергії в умовах урбанізованих і промислових територій: монографія / [Півняк Г.Г., Бешта О.С., Пілов П.І та ін.]. – Д.: НГУ, 2013. – 176 с.

2. Лозинський В.Г. Обґрунтування технологічних схем експериментального шахтного газогенератора / В.С. Фальштинський, Р.О. Дичковський, К. Станчик [та ін.] // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 3. – С. 34 – 38.



3. Лозинський В.Г. Дослідження адаптаційних процесів системи «породо-вугільний масив – підземний газогенератор» на стендовій установці / В.С. Фальштинський, Р.О. Дичковський, В.Г. Лозинський [та ін.] // Науковий вісник НГУ. – 2011. – № 6. – С. 66 – 74.
4. Лозинський В.Г. Визначення параметрів порожнин розшарування над газогенератором при газифікації буровугільного пласта / В.С. Фальштинський, Р.О. Дичковський, В.Г. Лозинський [та ін.] // Збірник наукових праць НГУ. – 2013. – № 42. – С. 114-124.
5. Лозинський В.Г. Аналітичні дослідження напруженості масиву в зоні впливу диз'юнктивного порушення / Р.О. Дичковський, В.С. Фальштинський, В.Г. Лозинський [та ін.] // Розробка родовищ: щорічний науково-технічний збірник – Д.: НГУ, 2014. – С. 361 – 365.
6. Лозинський В.Г. Стендові експериментальні дослідження температурного режиму підземного газогенератора в зоні впливу геологічних порушень / В.Г. Лозинський // Збірник наукових праць НГУ. – 2014. – № 44. – С. 33-43.
7. Lozynsky V. New method for justification the technological parameters of coal gasification in the test setting / V. Falshtynskyu, R. Dychkovskyu, V. Lozynskyu // Geomechanical processes during underground mining. – Netherlands: CRC Press, Balkema, 2012. – P. 201 – 208.
8. Lozyn'skyi V. Justification of the gasification channel length in underground gas generator / V. Falshtynskyi, R. Dychkov'skyi, V. Lozyn'skyi [et. al.] // Mining of mineral deposits. – Netherlands: CRC Press, Balkema, 2013. – P. 125 – 132.
9. Lozynskyi V. Some aspects of technological processes control of in-situ gasifier at coal seam gasification / V. Falshtynskyi R. Dychkovskyi, P. Saik [et. al.] // Progressive Technologies of coal, coalbed methane and ores mining. – Netherlands: CRC Press, Balkema, 2014. – P. 109 – 112.
10. Łozinskij V. Economiczne uzasadnienie celowości doszczelniania skał stropowych nad obszarem podziemnego zgazowania węgla metodą otworów wiertniczych / W.S. Falsztinskij, R.E. Diczkowski, W.G. Łozinskij // Prace Naukowe GIG, Górnictwo i Środowisko. – 2010. – P. 51 – 59.
11. Lozynskyi V.G. Determination of the technological parameters of borehole underground coal gasification for thin coal seam / V.S. Falshtynskyi, R.O. Dychkovskyi, V.G. Lozynskyi [et. al.] // Journal of sustainable mining. – 2013. Issue 3, Volume 12. – P. 8 – 16.
12. Lozynskyi V.G. Mathematical Model of Rockmass Behaviour in Underground Coal Gasification / V.G. Lozynskyi // The 5th International Forums for Students and Young Researches: Widening our horizons – D.: NMU, 2010. P 61.
13. Лозинський В.Г. Аналіз сучасного стану і перспективи промислового застосування свердловинної підземної газифікації вугілля в Україні / В.Г. Лозинський, П.Б. Саїк, О.В. Паваленко [та ін.] // Школа підземної розробки: матер. IV міжн. наук.-практ. конф – Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2010. – С. 279 – 287.
14. Лозинський В.Г. Економічна доцільність сумісного відпрацювання вугільних пластів способом свердловинної підземної газифікації. / Р.О. Дич-

ковський, В.С. Фальштинський, П.Б. Саїк [та ін.] // Школа підземної розробки: матер. V міжн. наук. практ. конф. – Д.: НГУ, 2011. – С. 403 – 411.

15. Лозинський В.Г. Особливості застосування технології свердловинної підземної газифікації при сумісній розробці свити вугільних пластів / Р.О. Дичковський, В.С. Фальштинський, П.Б. Саїк // Форум гірників: матер. міжн. конф. – Д.: НГУ, 2011. – С. 73 – 78.

16. Lozynskyi V. Research an adaptation process of the system «rock and coal massif – underground gasgenerator» on stand setting / V.S. Falshtynskyi, R.O. Dychkovs-kyi, V.G. Lozynskyi [et. al] // Instytut Gospodarki Surowcami mineralnymi i energiją Polskiej akademii nauk: Szkoła Eksploatacji podziemnej – 2012. – Str. – 241 – 254.

17. Лозинський В.Г. Інтенсифікація процесу свердловинної підземної газифікації вугілля малопотужних вугільних пластів / В.Г. Лозинський, П.Б. Саїк // Наукова весна: матер. III Всеукр. наук. техн. конф. – Д.: ДВНЗ НГУ, 2012. – С. 39 – 40.

18. Лозинський В.Г. До питання створення замітника природного газу при свердловинній підземній газифікації вугілля / М.О. Ілляшов, Р.О. Дичковський, В.С. Фальштинський [та ін.] // Форум гірників: матер. міжн. конф. – Д.: НГУ, 2012. – С. 41 – 49.

19. Лозинский В.Г. Обоснование способов газификации угольных пластов / Н.М. Табаченко, В.С. Фальштинский, Р.О. Дичковський [та ін.] // Розробка родовищ: щорічний науково-технічний збірник – Д.: НГУ, 2013. – С. 345 – 353.

20. Лозинский В.Г. К вопросу управления горным давлением при газификации угольных пластов / Н.М. Табаченко, В.С. Фальштинский, Р.О. Дичковський [и др.] // Форум гірників: матер. міжн. конф. – Д.: НГУ, 2013. – С. 42 – 47.

21. Лозинський В.Г. Особливості експлуатації геотехнологічних свердловин. Матеріали міжнародної конференції / М.М. Табаченко, Р.О. Дичковський, В.С. Фальштинський [та ін.] // Форум гірників: матер. міжн. конф. – Д.: НГУ, 2014. – С. 42 – 47.

**Особистий внесок здобувача в роботах, опублікованих у співавторстві:** полягає в наступному: [13, 17] – аналіз літературних джерел, опрацювання та систематизація даних з визначення пріоритетних напрямів розвитку технології СПГВ; [3, 16] – участь у проведенні досліджень та узагальненні отриманих результатів стендових експериментальних досліджень; [5, 7, 15, 19, 20, 21] – структурування роботи, обробка результатів досліджень; [2, 9] – аналіз геологічних умов дослідної ділянки, формування технологічних схем підземних газогенераторів; [13, 18] – обґрунтування екологічної компоненти протікання процесу газифікації, врахування особливостей протікання хімічних реакцій; [10, 14] – аналіз економічної доцільності впровадження підземної газифікації; [4, 8, 11] – аналіз технологічних параметрів підземного газогенератора; [1] – написання другого розділу монографії. Зміст дисертації та автореферату автором викладено самостійно.

## АНОТАЦІЯ

Лозинський В.Г. Обґрунтування параметрів технології свердловинної підземної газифікації вугілля в зонах геологічної порушеності гірського масиву. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин». – Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» МОН України, Дніпропетровськ, 2015.

У дисертаційній роботі вирішена актуальна задача з обґрунтування параметрів технології свердловинної підземної газифікації вугілля в зонах геологічної порушеності гірського масиву. На основі аналітичних, комп'ютерних та стендових експериментальних досліджень встановлені закономірності зміни підготовки та режиму роботи підземного газогенератора в залежності від характеру геологічної порушеності гірського масиву.

Встановлено, що відсікання зони підвищених напружень має логарифмічну залежність від зміни амплітуди зміщувача по довжині геологічного порушення. Обґрунтовано технологічні параметри переходу підземними газогенераторами геологічних порушень V класу на основі визначення довжини зони відсікання підвищених вертикальних напружень в залежності від кута зустрічі експлуатаційних свердловин із диз'юнктивним зміщувачем, кута падіння та амплітуди геологічного порушення.

Визначено час виходу підземного газогенератора на ефективний режим вигазовування, що змінюється за експоненціальною залежністю від амплітуди зміщувача та швидкості посування вогневого вибою при переході диз'юнктивних геологічних порушень.

Розроблені рекомендації, щодо відпрацювання вугільних пластів в зонах впливу диз'юнктивних геологічних порушень технологією свердловинної підземної газифікації вугілля в умовах шахти «Великомостівська» ДП «Львіввугілля». Економічна оцінка, що проведена на основі розрахунку коефіцієнта економічної ефективності, підтверджує доцільність застосування технології свердловинної підземної газифікації при вигазовуванні вугілля в зонах геологічної порушеності гірського масиву.

**Ключові слова:** підземна газифікація вугілля, підземний газогенератор, диз'юнктивні порушення, гірський масив.

## АННОТАЦИЯ

Лозинский В.Г. Обоснование параметров технологии скважинной подземной газификации угля в зонах геологической нарушенности горного массива. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых». – Государственный ВУЗ "Национальный горный университет" МОН Украины, Днепропетровск, 2015.

В диссертационной работе решена актуальная задача по обоснованию параметров технологии скважинной подземной газификации угля в зонах геологической нарушенности горного массива. На основе аналитических, компьютерных и стендовых экспериментальных исследований установлены закономерности изменения подготовки и режима работы подземного газогенератора в зависимости от характера геологической нарушенности горного массива.

Установлено, что отсечение зоны повышенных напряжений имеет логарифмическую зависимость от изменения амплитуды сместителя по длине геологического нарушения. Обосновано технологические параметры перехода подземными газогенераторами геологических нарушений V класса на основе определения длины зоны отсечения повышенных вертикальных напряжений в зависимости от угла встречи эксплуатационных скважин с дизъюнктивным сместителем, угла падения и амплитуды геологического нарушения.

Определено время выхода подземного газогенератора на эффективный режим выгазовывания изменяющееся по экспоненциальной зависимости от амплитуды сместителя и скорости подвигания огневого забоя при переходе дизъюнктивных геологических нарушений.

Разработаны рекомендации по отработке угольных пластов в зонах влияния дизъюнктивных геологических нарушений технологией скважинной подземной газификацией угля в условиях шахты «Великомостовская» ГП «Львовуголь». Экономическая оценка, проведенная на основе расчета коэффициента экономической эффективности, подтверждает целесообразность применения технологии скважинной подземной газификации при выгазовывании угля в зонах геологической нарушенности горного массива.

**Ключевые слова:** подземная газификация угля, подземный газогенератор, дизъюнктивные нарушения, горный массив.

## ABSTRACT

Lozynskyi Vasyl. Substantiation of parameters of borehole underground coal gasification technology in the faulting zone of massif. – Manuscript.

Candidate of technical sciences thesis on specialty 05.15.02 – “Underground mining of mineral deposits.” – SHEI “National Mining University”, Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipropetrovsk, 2015.

Coal is the main fossil fuels used in power generation. International and local experience shows that traditional coal mining in areas of geological fracturing is unviable because of the high cost of coal produced, low labor safety of miners and gas-dynamic phenomena that occur near the affected zones.

The existing technologies of in-situ coal gasification process in the area of small-amplitude geological faults not sufficiently reflect the latest achievements of science and technology. Based on the problems associated with cross the disjunctive geological faults, it is clear that the study of new methods for the coal seams extraction in difficult geological conditions is now an urgent task not only for Ukraine but other countries around the world. Breakthrough over the last decades in the field of underground coal gasification were obtained thanks to the strong interest in the development of alternative technologies of coal mining, due to the ever increasing demand and fuel price.

The dissertation solved the problem with the current study of borehole underground coal gasification technology in the faulting zone of massif. Based on analytical, computer and laboratory experimental studies, dependences of changes in preparation and operation of underground gasifier are established depending of the geological faulting of massif.

Established that the bypass zone of increased vertical strain has logarithmic dependence on changes in the displacement amplitude lengthways of faulting. Technological parameters of crossing geological faults with underground gasifier are substantiated based on determination the bypass zone of increased vertical strain depending on the borehole inclination angle and displacement amplitude of the faulting.

The investigations on the laboratory model explain the need for a thorough examination of possible transition disjunctive geological dislocation without full coal seam fracturing at different values of displacement amplitude and also to receipt the initial data for development the methods for coal seam gasification in natural conditions.

Reduce the percentage concentration of combustible generator gases appear ahead of disjunctive fault, plane of geological fault, because break down altogether chemical zone in coal seam perpendicular to the reaction channel.

Time at which underground gasifier reach the regime of stabilization, that are determined by the total output of generator gases and the heating value of generator gases crossing disjunctive geologic fault with the amplitude up to 0.9 of coal seam thickness at an exponential dependence depends on the displacement amplitude and the speed of combustion face advance.

The enhancement of total process of carbon gasification theoretically depend both the rate of chemical reactions and the enhancement of injected air supply and extraction of gasification product. The role of these heterogenous factors depends on specific conditions of gasification process. The enhancements of the geological fault crossing zones depend on balanced supply of injected reagents, respectively, take into account heterogenic geometry of coal seam. That is why it was necessary to conduct additional calculation of material and heat balance and make manual mode of gasification process. After enhancement of coal seam gasification we have an opportunity for a shorter time reach the regime of stabilization. However these actions require additional technical implementations in the gasifier operation.

Based on conducted researches the recommendations for coal seams gasification in the faulting zone with borehole underground coal gasification was developed for the mine "Velykomostivska" SE "Lvivvugillia". Economic evaluation that was made based on the calculation of economic efficiency justifies the use of borehole underground coal gasification technology during coal seams gasification in the faulting zones.

**Key words:** underground coal gasification, in-situ gasifier, faulting, massif.

**Лозинський Василь Григорович**

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ  
СВЕРДЛОВИННОЇ ПІДЗЕМНОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГІЛЛЯ  
В ЗОНАХ ГЕОЛОГІЧНОЇ ПОРУШЕНОСТІ ГІРСЬКОГО МАСИВУ**

(Автореферат)

Підписано до друку 10.04.15. Формат 60x90/16.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.  
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 120 прим. Зам. №250

Державний вищий навчальний заклад  
«Національний гірничий університет»  
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса,19