

РОЗРОБКА МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ В ПРОЕКТАХ УТИЛІЗАЦІЇ ШАХТНОГО МЕТАНУ

Кандидат технічних наук Хрутьба В.О.,
Плошай Ф.В.,
Расновська О.П.

Шахтний метан (ШМ) та вугілля формуються разом під час карбонізації – процесу, в результаті якого рослинна біомаса перетворюється під впливом біологічних та геологічних умов на вугілля. У більшості випадків шахтний газ або видують на поверхню потужними вентиляторами, або спалюють у факелах, забруднюючи атмосферу. І лише деякі підприємства використовують метан, наприклад, в котельнях для опалювання шахтних приміщень. При цьому не тільки знижується кількість шкідливих викидів в атмосферу, а й здійснюється економія вугілля, що спалюється в топках з метою виробництва теплоенергії для внутрішніх потреб. Окрім діючих вугільних шахт існує також багато покинутих шахт, з яких ШМ продовжує виділятися після завершення розробки. Навіть після припинення видобутку вугілля ШМ ще на протязі багатьох років виходить до атмосфери прямим чи дифузним шляхом через відкриті стволи, тріщини та існуючі дегазаційні свердловини у розкритій породі. Вміст метану в шахтному газі коливається від 1 до 98%, таким чином утилізація ШМ стає більш важливою з огляду на світову зосередженість на скороченні викидів парникових газів та для подолання залежності України від імпортованого газу [1].

ШМ можна використовувати для виробництва теплової та електричної енергії, або як пальне для автотранспорту, що обходиться значно дешевше від бензину чи дизельного палива.

Для збору ШМ та його уловлювання розробляється велика кількість проектів, впровадження яких дозволить використовувати метан як енергоносіє. Реалізація цих проектів має позитивні економічні і екологічні результати внаслідок скорочення парникових газів і забруднення повітря.

При впровадженні цих проектів доводиться постійно здійснювати вибір, приймати рішення в умовах невизначеності, конфлікту й зумовленого ними ризику. Ризик складає об'єктивно неминучий елемент прийняття будь-якого господарського рішення в силу того, що невизначеність - неминуча характеристика умов господарювання. Компанії, які займаються розробкою та впровадженням проектів утилізації ШМ метану, часто недооцінюють процес аналізу проектних ризиків, зразу приступаючи до планування або до реалізації проекту. Визначення проектних ризиків, розробка концепцій і моделей, які дозволяють проводити ідентифікацію ключових ризиків, оцінювати їх та приймати рішення по впровадженню протиризикових дій є важливим елементом системи управління ризиками, яка дозволяє формувати систему ефективного управління проектами утилізації шахтного метану. Недостатня увага до визначення проектних ризиків, формування системи управління ризиками, найчастіше приводить до розпорошення зусиль компанії на хаотичні ініціативи без суттєвого результату. В цьому випадку реальні проблеми залишаються невирішеними, а можливості — втраченими.

Метою роботи є розробка моделі управління технологічними ризиками в проектах утилізації шахтного метану.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- здійснити аналіз існуючих проектів збору та утилізації ШМ;
- провести класифікацію ключових ризиків та визначити причини їх виникнення;
- з використанням теорії нечітких множин розробити модель управління технологічними ризиками в проектах збору та утилізації ШМ.

Впровадження проектів збору та утилізації шахтного метану ставить за мету зменшення викидів метану, парникового газу зі значним ефектом глобального потепління; зменшення рівня місцевого забруднення навколишнього середовища і покращення умов життя шахтарів і місцевого населення; зниження собівартості вугілля в результаті переходу на виробництво власної електроенергії та відмова від закупки електрики з єдиної енергетичної системи; отримання додаткового прибутку від використання шахтного метану; утилізація каптованого ШМ для виробництва тепла та електроенергії. Проекти реалізуються в два етапи - дегазація родовищ та безпосередньо використання ШМ [2]. Етапи типового проекту збору та утилізації шахтного метану представлені на рис. 1

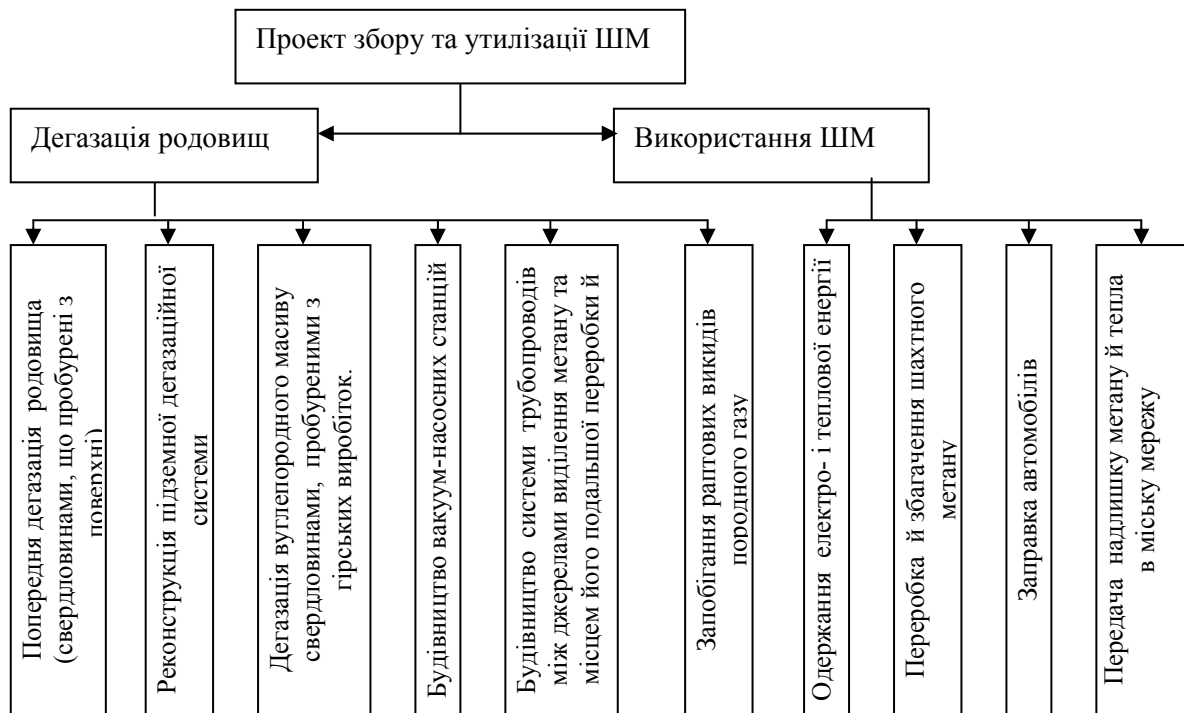


Рис. 1. Етапи типового проекту збору та утилізації ШМ

Реалізація проектів дозволяє забезпечувати каптування шахтного метану, його використання для електрогенеруючих потужностей, одержання теплової енергії, а також реалізувати на потреби міста та газозаправку автотранспорту. Крім того, реалізація проекту суттєво знижує об'єми викидів ШМ у навколишнє середовище. За розрахунковими даними впровадження проектів утилізації ШМ призведе до скорочення потенціалу глобального потепління на 87%. Крім того впровадження проектів максимально забезпечує безпеку праці шахтарів, через попередження інтенсивного виділення шахтного метану в робочу зону; допомагає знизити об'єм небезпечних викидів метану, які могли б призвести до накопичення вибухонебезпечних концентрацій метану у підвалах та стоках житлових районів.

За попередніми розрахунками рентабельність проекту може сягнути 18%. Проекти з утилізації ШМ є економічно вигідними, якщо враховувати також доходи від продажу одиниць скорочення викидів (ОСВ) та одиниць встановленого об'єму (ОВО) для зменшення парникового ефекту.

Таким чином, реалізація проектів утилізації ШМ підвищує безпеку у вугільній галузі, техніко-економічні показники роботи, знижує енергозалежність країни, покращує стан навколишнього середовища вугільних регіонів та створює додаткові робочі місця. Проте вплив факторів зовнішнього та внутрішнього середовища в процесі реалізації проекту призводить до невиконання деяких із передбачених проектом дій; зміни запланованих термінів виконання проектних дій; відхилення від прогнозованих проектних результатів, що вимагає створення ефективної системи управління ризиками цих проектів.

Ризик визначається як ступінь імовірності певної негативної події, яка може відбутися в певний час або за певних обставин на території об'єкта підвищеної небезпеки і/або за його межами. Згідно методики РМВоК [3], управління ризиками проекту включає в себе процеси, які відносяться до планування управління ризиками, їх ідентифікації і аналізу, реагуванню на ризики, моніторингу і управлінню ризиками проекту. Більшість з цих процесів підлягає оновленню в ході проекту. Цілі управління ризиками проекту – підвищення ймовірності виникнення і вплив сприятливих подій і зниження ймовірності виникнення і впливу несприятливих для проекту подій. Процеси управління ризиками проекту збору та утилізації ШМ включають в себе планування управління ризиками та їх ідентифікацію, якісний та кількісний аналіз; планування реагування на ризики та моніторинг і управління ризиками. Отже, розробка ефективної системи управління проектними ризиками передбачає, в першу чергу, класифікацію та ідентифікацію ключових ризиків.

Залежно від завдань класифікації ризики поділяють за різними якісними та кількісними показниками, що характеризують найважливіші складові поняття ризику: випадкову подію як причину виникнення ризику, ризикогенний об'єкт як його носій, імовірність настання випадкової події щодо місця, часу та наслідків. Іноді беруть до уваги й інші критерії класифікації, які дають змогу повніше охарактеризувати прояви ризиків. Динаміка ризиків зумовлюється економічними, технологічними та організаційними змінами, що супроводжують розвиток суспільства. Отже, для мінімізації проектних ризиків в проектах утилізації ШМ необхідно визначити імовірні ризики, причини їх виникнення та шляхи їх подолання.

Основні фактори ризику, що виникають у процесі управління проектами в умовах ринкової економіки поділяються на зовнішні прямої та непрямої дії і внутрішні. На виявлення відхилень від прогнозованих проектних результатів спрямований облік факторів невизначеності, одна з найважливіших задач якого полягає в розробці управлінських процедур механізму реалізації проекту, які нададуть можливість забезпечити адаптацію проекту до умов, що змінюються, і необхідне коригування перебігу реалізації проекту [4]. Проектні ризики в проектах утилізації шахтного метану можемо поділити на основні п'ять груп - фінансові, технологічні, соціальні, законодавчі та організаційні. Аналіз основних причин виникнення ризиків приведено на рис. 2.



Рис.2. Аналіз основних причин виникнення ризиків

Проаналізувавши причини виникнення ризиків, можливі шляхи реагування на ризик, рівень управління ризиками, для розробки ефективної системи управління ризиками проекту утилізації ШМ обираємо технологічні ризики, оскільки планування, моніторинг та управління такими ризиками залежить від самого вугледобувного підприємства. В таблиці 1 приведена карта-схема технологічних ризиків проекту з визначенням стадії проектного циклу, на якій цей ризик може виникнути та рівень управління даним ризиком. Прогнозування ризиків в залежності від факторів, що на них впливають, доцільно виконувати на основі експертних кількісних та якісних оцінок.

Для створення експертно-моделювальної системи для багатофакторного аналізу процесів управління ризиками використаний математичний апарат, що базується на теорії нечіткої логіки. Цей метод, як взаємопов'язана сукупність математичних моделей, алгоритмів й формалізованих методик дозволяє використовувати експертно-лінгвістичну інформацію для прогнозування ризиків від факторів, що їх обумовлюють [5].

Таблиця 1

Карта-схема технологічних ризиків в проектах утилізації шахтного метану

№	Ризики	Шляхи подолання	Стадія проектного циклу	Рівень управління ризику
1	Утилізація меншої кількості метану ніж передбачалося	Покращання роботи підземної відкачувальної системи для стабілізації відкачуваної кількості ШМ, за рахунок навчання персоналу і регулярного технічного обслуговування обладнання.	Реалізація	Внутрішній
2	Нижча концентрація метану у видобутому газі	Буріння дегазаційних свердловин з поверхні на техногенні поклади метану.	Реалізація	Внутрішній
3	Накопичення вибухонебезпечної концентрації метану в підвалах жилих районів	Відкачування рудникового газу з-під землі після закриття шахти	Ініціація	Внутрішній
4	Викиди SO _x та NO _x від експлуатації когенераційної установки	Розташування когенераційної установки далеко від житлового сектора, з врахуванням невеликої потужності установки, негативний ефект не призведе до серйозних наслідків	Реалізація	Внутрішній
5	Зниження ефективності роботи існуючої системи дегазації	Буріння дегазаційних свердловин з поверхні на техногенні поклади метану. Сполучення свердловин з поверхні в когенераційну мережу забезпечить надійність її роботи	Ініціація	Внутрішній
6	Вихід метану на поверхню на покинутих шахтах	Активне відкачування рудникового газу з-під землі після закриття шахти	Реалізація	Внутрішній
7	Застосування нової технології	Аналіз досвіду країн вже впроваджених технологій. Перепідготовка персоналу. Інвестування коштів.	Реалізація	Внутрішній

Аналіз карти технологічних ризиків дозволяє виявити ті ризики, якими можна управляти ще на стадії ініціації проекту. З використанням теорії нечітких множин побудуємо інформаційно-лінгвістичну модель управління проектним ризиком накопичення вибухонебезпечної концентрації метану в підвалах жилих районів.

Для встановлення ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на ризик накопичення метану в підвалах, виконана їх класифікація за ознаками: самовільна вентиляція, нерегулярна дегазація, стан дегазаційних свердловин. Розглядаючи ризик накопичення метану в підвалах на системному рівні, лінгвістичну змінну (ЛЗ) $L_{\text{нак}}$, можна подати у вигляді співвідношення

$$L_{\text{нак}} = f(X, Y, Z), \quad (1)$$

де X – лінгвістична змінна (ЛЗ), що описує вплив самовільної вентиляції;

Y – ЛЗ, що описує вплив нерегулярної дегазації;

Z – ЛЗ, що описує вплив стану дегазаційних свердловин.

ЛЗ, що описує вплив самовільної вентиляції, може бути подана виразом

$$X = f(x_1, x_2, x_3) \quad (2)$$

де x_1 – ЛЗ «атмосферний тиск менший за газовий»

x_2 – ЛЗ «закриття свердловин», x_3 – ЛЗ «не контрольованість метану».

$$x_2 = f(q_1, q_2, q_3) \quad (3)$$

де q_1 – закриття шахти, q_2 – затоплення шахтної розробки,

q_3 – невідповідний стан кріплень свердловин.

$$q_1 = f(u_1, u_2) \quad (4)$$

де u_1 – рентабельність, u_2 – безпечність функціонування.

Лінгвістичну змінну, що описує вплив нерегулярної дегазації, можна розгорнути у співвідношення

$$Y = f(y_1, y_2, y_3) \quad (5)$$

де y_1 – ЛЗ «утилізація»; y_2 – ЛЗ «спалювання на факелі»; y_3 – ЛЗ «випуск в атмосферу».

Лінгвістичну змінну, що описує вплив стану дегазаційних свердловин, можна розгорнути в співвідношення

$$Z = f(z_1, z_2, z_3) \quad (6)$$

де z_1 – ЛЗ «діаметр свердловин»; z_2 – ЛЗ «відповідність технічним вимогам»; z_3 – ЛЗ «технічні свердловини».

За результатами аналізу сукупності співвідношень побудуємо дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на прийняття рішень з управління ризиками проекту. Корінь дерева логічного висновку відповідає величині ефекту накопичення метану, а висячі вершини – факторам, що впливають на його величину (рис.3).

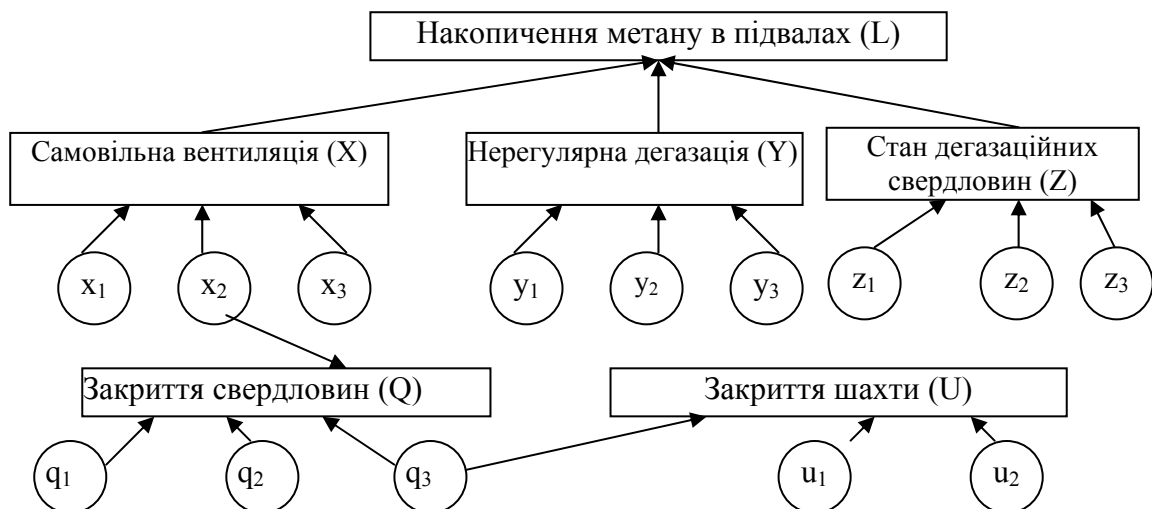


Рис. 3. Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на прийняття рішень з управління ризиками проекту

Оцінка значень лінгвістичних змінних, які наведені в співвідношенні (1), проводиться за допомогою системи якісних термів: Н – низька; С – середня; В – висока. Кожний з цих термів становить відповідну нечітку множину, тобто деяку властивість, яка розглядається як лінгвістичний терм. Для лінгвістичних змінних, які впливають на ймовірність виникнення ризику, оціночні терми наведені в табл.2.

Для розробки математичної моделі управління даними технологічними ризиками в проектах утилізації шахтного метану та прийняття організаційно-технологічних рішень щодо зменшення ймовірності виникнення технологічних ризиків як джерело інформації

використовуються експертні оцінки, які мають якісний характер і доступні розробникам проекту. Метод побудови функцій належності передбачає фазифікацію нечітких оцінок факторів впливу. Етап фазифікації включає вибір нечітких термів для лінгвістичної оцінки факторів впливу, що задані на відповідних універсальних множинах (табл. 2).

Нечіткою множиною, за допомогою якої формалізується терм \hat{S} , є сукупність пар

$$\hat{S} = \left\{ \frac{\mu_c(u_1)}{u_1}, \frac{\mu_c(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{\mu_c(u_n)}{u_n} \right\}$$

де $\{u_1, u_2, \dots, u_n\} = U$ – універсальна множина, на якій задається нечітка множина $S \in U$; $\mu_c(u_i)$ – ступінь належності елемента $u_i \in U$ нечіткій множині \hat{S} .

Таблиця 2

Фактори як лінгвістичні змінні

Параметр	Позначення і назва змінної	Універсальна множина	Терми для оцінки
Самовільна вентиляція	x_1 – атмосферний тиск менший за газовий	(0..760), мм.рт.ст	Низький (н), середній (с), високий (в)
	x_2 – закриття свердловин	(1..2), у.о.	Тимчасово (т), постійно (п)
	x_3 – не контрольованість метану	(1...3), у.о.	Низька (н), середня (с), висока (в)
	q_1 – закриття шахти	(1..2), у.о.	Тимчасово (т), постійно (п)
	q_2 – затоплення шахти	(0..100), %	Відсутнє (вд), середнє (с), повне (пв)
	q_3 – невідповідний стан кріплень свердловин	(1...3), у.о.	Низька (н), середня (с), повна (пв)
	u_1 – рентабельність	(0..100), %	Відсутня (вд), середня (с), повна (пв)
	u_2 – безпека функціонування	(1...3), у.о.	Низька (н), середня (с), висока (в)
Нерегулярна дегазація	y_1 – утилізація	(0..100), %	Низька (н), середня (с), висока (в)
	y_2 – спалювання на факелі	(0..100), %	Низька (н), середня (с), висока (в)
	y_3 – випуск в атмосферу	(0..100), %	Низька (н), середня (с), висока (в)
Стан дегазаційних свердловин	z_1 – діаметр свердловин	(1...3), у.о.	Вузька (вуз), середня (с), широка (ш)
	z_2 – відповідн.техн. вимогам	(0..100), %	Відсутнє (вд), середнє (с), повне (пв)
	z_3 – технічні свердловини	(1...3), у.о.	Низька (н), середня (с), висока (в)

Розв'язання задачі фазифікації ґрунтується на ідеї розподілу ступенів належності універсальній множині згідно з їх рангами. Оскільки повністю виключити ризик неможливо і завжди зберігається імовірність його виникнення, то моделі управління проектними ризиками дозволяють здійснювати планування реагування на ризики, розробляти шляхи і визначення дій по збільшенню можливостей та зниженню загроз для цілей проекту.

Висновок. Використання теорії нечітких множин дозволяє побудувати інформаційно-лінгвістичну модель управління технологічними ризиками проекту. Побудована модель дерева логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів накопичення вибухонебезпечної концентрації метану в підвалах жилих районів дозволяє використовувати її для прийняття рішень з управління даним ризиком проекту. Використана методика може бути застосована для побудови системи моделей управління ризиками проекту утилізації шахтного метану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Астахова. С. А. Утилизация шахтного газа. Перспективы развития // Уголь. – 2006 г. – № 8. – С. 63 – 65.
2. Колосовський О.М., Плошай Ф.В., Середюк Л.М., Хрутьба В.О. Аналіз досвіду розробки та впровадження проектів збору та утилізації метану // Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdow samochodowych i maszyn roboczych. samojezdnych, Жешув, Польща, 2009 р., с.207.
3. Руководство к Своду знаний по управлению проектами. (Руководство РМВОК) .— 3-е изд. - Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 USA, 2004. - 388 с.
4. Бушуев С.Д., Войтенко О.С. Развитие методологий управления проектами // Тезиси II міжнародн.конференц. «Управління проектами у розвитку суспільства» - К.:КНУБА, 2005.- 96с.
5. Жирабок А.Н. Нечеткие множества и их использование для принятия решений <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/1178.html>