

*Абакумова О.В.
к. т. н. Денисенко В.П.,
к. т. н. Лепіло Н.М.
(ДонДТУ, Алчевськ, Україна)*

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА ЯКІСТЮ МЕТАНОПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ, ЩО ВИЛУЧАЮТЬСЯ З ВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ ДЕГАЗАЦІЄЮ

Получена зависимость показателя стабильности метановоздушных смесей от среднего значения содержания метана в них. Предложена классификация по качеству метановоздушных смесей при их извлечении скважинной дегазацией.

Ключевые слова: *метановоздушная смесь, дегазация, содержание метана, качество, классификация.*

Одержана залежність показника стабільності метаноповітряних сумішей від середнього значення вмісту метану в них. Запропонована класифікація за якістю метаноповітряних сумішей при вилученні їх свердловинною дегазацією.

Ключові слова: *метаноповітряна суміш, дегазація, вміст метану, якість, класифікація.*

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними задачами.

Більшість запасів вугілля шахт Донбасу мають високу природну метаноносність, що погіршує безпеку гірничих робіт. Вилучення і утилізація метану вугільних родовищ дозволить знизити собівартість вугілля, підвищити газову безпеку гірничих робіт, знизити забруднення навколишнього середовища, зменшити дефіцит енергетичних ресурсів країни [1]. Вміст метану у сумішах, що вилучаються у теперішній час на шахтах Донбасу, рівно як і інших басейнів, характеризується низькими значеннями вмісту метану в сумішах та його значними коливаннями в часі, причому вміст метану в сумішах часто знижується нижче допустимого рівня (25 %), що призводить до втрати певних обсягів метану [2]. Це є однією з причин низької ефективності використання метаноповітряних сумішей в Донбасі. В разі використання когенераційних технологій утилізації зменшення вмісту метану в сумішах до 30 % призводить до зниження потужності устаткування [1].

Аналіз досліджень і публікацій. У літературі [3-4] відзначається, що на шахтах Донецького басейну, як і інших вугільних басейнів зару-

біжжя, застосовують стандартні способи дегазації масивів, що під- і надробляються, чи їх сполучення, а також дегазацію виробленого простору. При цьому в залежності від виду дегазації спостерігаються різні значення середнього вмісту метану в сумішах. У роботах [5-6] запропоновані класифікації метаноповітряних сумішей за середнім вмістом метану в них в залежності від засобів вилучення метану з метанозного масиву. Але при цьому не враховувалися коливання вмісту метану в сумішах.

У роботі [5] на основі дослідження статистичних характеристик метаноповітряних сумішей, що вилучаються дегазаційними системами шахт, запропоновані показники якості сумішей, що враховують коливання вмісту метану в них (коефіцієнти стабільності та прямої утилізації).

Постановка задачі. Мета роботи – розробка класифікації за якістю метаноповітряних сумішей, що вилучаються свердловинною дегазацією, для підвищення повноти використання сумішей.

Для реалізації цієї мети сформульовано наступні задачі:

- встановити залежності показників якості метаноповітряних сумішей, що враховують коливання вмісту метану, від середнього значення вмісту метану в них;
- розробити критерій класифікації сумішей;
- обґрунтувати розподіл метаноповітряних сумішей за категоріями.

Викладання матеріалу і його результати. Об'єкт дослідження – вміст метану в сумішах, що вилучаються свердловинною дегазацією на шахтах Краснодонського району Донбасу за період роботи з 2004 по 2009 роки. При дослідженні керувалися наступними міркуваннями:

- умови гірничих робіт повинні бути характерними для більшості шахт Донбасу;
- наявність різних видів дегазації;
- зібрана інформація повинна охоплювати тривалий період роботи дегазаційних систем.

Основними статистичними характеристиками метаноповітряних сумішей є середні значення вмісту і дебіту метану і відхилення від їх середніх значень. Для характеристики відхилення нами використано відносний показник коефіцієнт варіації, який вимірюється в частках одиниці і дозволяє порівнювати дані за різні періоди або для різних шахт. Коефіцієнт варіації вмісту метану в суміші визначається за формулою

$$v = \frac{\sigma}{C_{cp}},$$

де σ – стандартне відхилення вмісту метану;

C_{cp} – середнє значення вмісту метану в суміші, %.

Оскільки для прийняття рішення щодо утилізації метану велике значення має стабільність складу метаноповітряної суміші, нами запропонований коефіцієнт стабільності складу суміші $K_{stab} = 1 - \nu$, що характеризує не коливання складу суміші, а її стабільність [5].

Вхідні дані про вміст метану в метаноповітряних сумішах, що вилучаються в межах окремої видобувної ділянки, і значення коефіцієнтів стабільності і прямої утилізації приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вхідні дані про якість метаноповітряних сумішей

Найменування шахти	Найменування лави	Вид дегазації і місто виміру	Середній вміст метану в суміші, %	Коефіцієнт стабільності	Коефіцієнт прямої утилізації
Молодогвардійська	17 Орловська	підземна	16,3	0,40	0,15
		газовідвід	18,1	0,42	0,24
Суходольська-Східна	12 східна	підземна	25,2	0,47	0,45
		ВДС	62,0	0,74	0,93
	23 західна уклінна	підземна	34,2	0,60	0,74
		ВДС	86,2	0,87	1,00
Самсонівська-Західна	1 східна уклінна	ВНС	28,8	0,66	0,55
		ДГ	33,6	0,67	0,74
	1 блок	ВДС	74,7	0,74	1,00
			2 блок	86,4	0,86
	6 східна уклінна	ДГ	34,0	0,69	0,79
		ВДС	49,3	0,68	1,00
1-біс східна	ДГ	48,0	0,69	1,00	
Никанор-Нова	середнє за період	ВНС	37,7	0,53	0,76
	1 західна	ВНС	37,3	0,64	0,85
	1 східна	ВНС	46,5	0,65	0,88
	2 західна	ВНС	54,9	0,79	1,00
	3 західна	ВНС	59,4	0,80	1,00

Примітки: ВНС – вакуум-насосна станція; ВДС – вертикальні дегазаційні свердловини; ДГ – дільничий газогін.

В результаті статистичної обробки даних встановлено, що із збільшенням вмісту метану в суміші зменшуються коливання і склад метаноповітряної суміші стає більш стабільним. Це пояснюється особливостями об'єктів вилучення метану – із зростанням вмісту метану в суміші зменшуються підсоси повітря, і склад суміші стає стабільним. Графік залежності коефіцієнта стабільності метаноповітряної суміші від середнього значення вмісту метану показаний на рисунку 1.

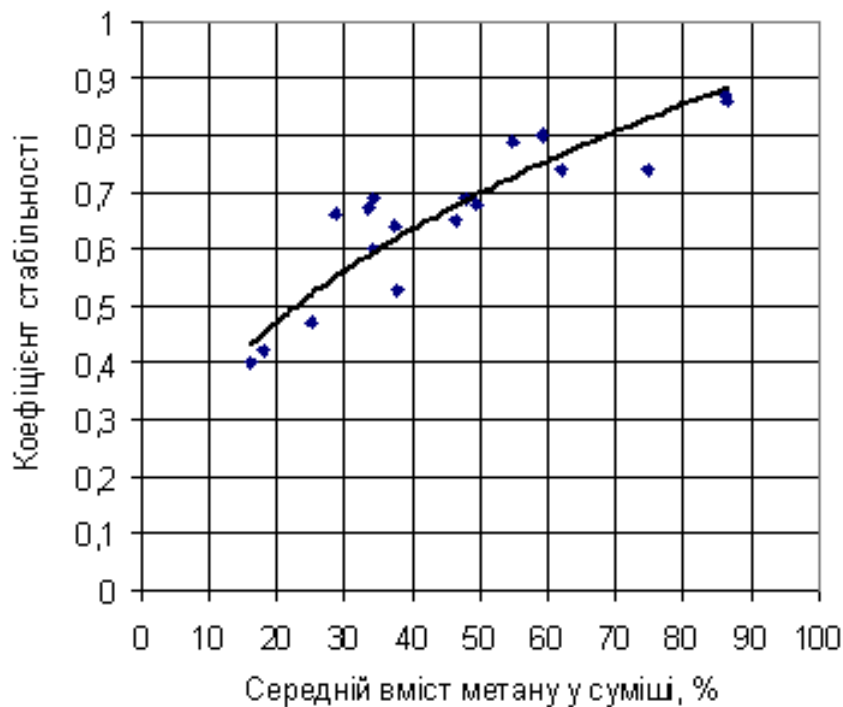


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта стабільності метаноповітряних сумішей від середнього значення вмісту метану

Ця залежність описується рівнянням регресії з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,83$

$$K_{стаб} = 0,131C_{cp}^{0,428} \quad (1)$$

Коефіцієнт прямої утилізації суміші K_{ny} характеризує частку об'єму метаноповітряної суміші, у якій концентрація метану не нижче припустимої (25 %). Графік залежності коефіцієнту прямої утилізації метаноповітряних сумішей від середнього значення вмісту метану показаний на рисунку 2.

Ця залежність описується рівнянням регресії з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,97$

$$K_{ny} = 5 \cdot 10^{-6} C_{cp}^3 - 0,0011C_{cp}^2 + 0,0804C_{cp} - 0,8995. \quad (2)$$

Рівняння регресії (1, 2) дозволяють розрахувати коефіцієнти стабільності і прямої утилізації метаноповітряної суміші, якщо відоме середнє значення вмісту метану в ній.

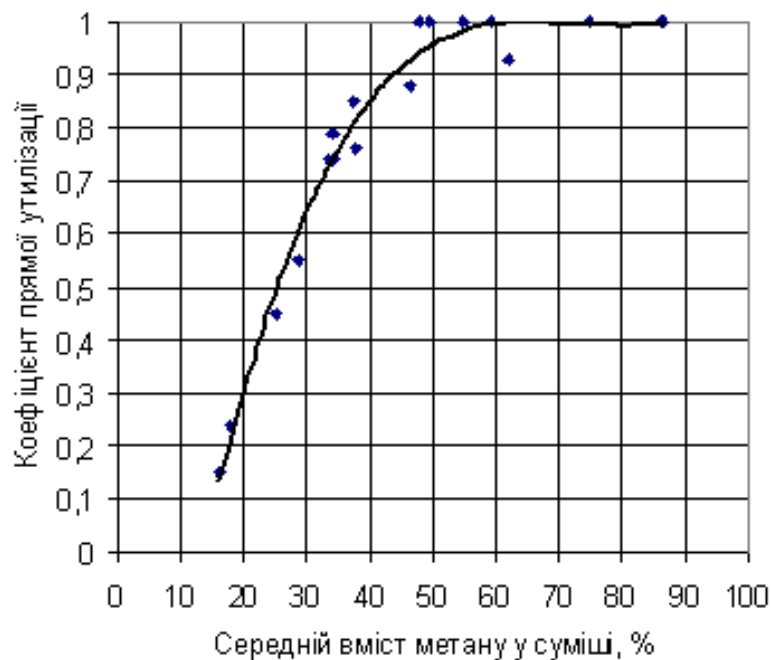


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта прямої утилізації метаноповітряних сумішей від середнього значення вмісту метану

Вхідні дані для дослідження якості змішаних метаноповітряних сумішей, що були вилучені окремими видобувними дільницями та змішувалися у загальному газогоні, приведені в таблиці 2. Виміри вмісту метану в сумішах здійснювалися на вакуум-насосних станціях.

Графік залежності коефіцієнту стабільності змішаних метаноповітряних сумішей від середнього значення вмісту метану показаний на рисунку 3. Ця залежність описується рівнянням S-образної кривої з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,94$

$$K_{\text{стаб}} = e^{0,2425 - \frac{19,168}{C_{\text{cp}}}} \quad (3)$$

На підставі статистичного аналізу зміни складу метаноповітряних сумішей запропонована класифікація сумішей за їх якістю. В основу класифікації з точки зору використання сумішей для утилізації покладено середній вміст метану та його коливання. Виділені наступні групи сумішей:

- високоякісна, для якої середній вміст метану перевищує припустиме значення на величину більше двох стандартних відхилень 2σ і яка не потребує підготовки перед використанням;

- якісна, для якої середній вміст метану перевищує припустиме значення в межах 2σ і достатня підготовка шляхом змішування для підвищення стабільності складу;

– низькоякісна, для якої середній вміст метану перевищує припустиме значення в межах стандартного відхилення σ і потрібна підготовка шляхом збагачення;

– непридатна до використання із середнім значенням вмісту метану нижче гранично припустимого.

Таблиця 2 – Вхідні дані якості змішаних метаноповітряних сумішей

Шахта	Період роботи, місяць і рік	Середній вміст метану в суміші, %	Коефіцієнт стабільності
Орехівська	03.2004 – 06.2004	16,0	0,38
Самсонівська-Західна	05.2009 – 08.2009	26,0	0,59
Самсонівська-Західна	02.2008 – 05.2008	30,0	0,71
ім. М.П. Баракова	05.2005 – 10.2005	36,0	0,80
ім. М.П. Баракова	11.2004 – 12.2006	38,0	0,67
Самсонівська-Західна	09.2008 – 03.2009	38,5	0,84
ім. М.П. Баракова	01.2005 – 02.2005	45,0	0,86
Суходольська-Східна	08.2007 – 10.2007	53,0	0,88
Суходольська-Східна	01.2006 – 12.2006	65,0	0,91

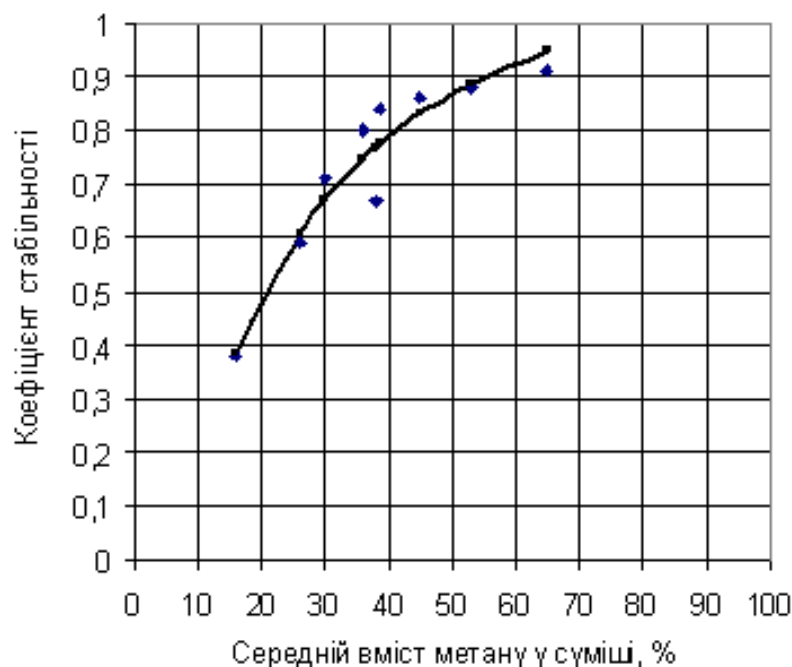


Рисунок 3 – Залежність коефіцієнта стабільності змішаних метаноповітряних сумішей від середнього значення вмісту метану

Виконаємо кількісну оцінку границь цих груп сумішей з використанням рівняння (1). Введемо позначення

$$K_o = \frac{C_{cp} - C_{зр}}{C_{cp}},$$

де C_{cp} – середній вміст метану у суміші, %;

$C_{зр}$ – гранично допустимий рівень вмісту метану у суміші, що обумовлений вимогами безпеки і особливостями роботи устаткування з утилізації метану (прийнято 25 %).

Класифікація приведена у таблиці 3. Максимальні значення вмісту і коефіцієнтів стабільності і прямої утилізації для цих груп розраховані, виходячи з прийнятих умов класифікації і приведених рівнянь регресії (1,2).

Графічне представлення класифікації приведено на рисунку 4. Злиною лінією зображено залежність коефіцієнту стабільності окремих метаноповітряних сумішей від середнього значення вмісту метану в них, а пунктирною лінією – та ж сама залежність для змішаних сумішей.

Таблиця 3 – Класифікація метаноповітряних сумішей за якістю

Категорія якості суміші		Значення коефіцієнту K_o	Максимальне значення		
позначення	характеристика		C_{cp}	$K_{стаб}$	$K_{ну}$
1	високоякісна	$K_o > 2(1 - K_{стаб})$	100	1,00	1,00
2	якісна	$1 - K_{стаб} < K_o \leq 2(1 - K_{стаб})$	55	0,73	1,00
3	низькоякісна	$0 < K_o \leq 1 - K_{стаб}$	40	0,63	0,88
4	непридатна до використання	$K_o \leq 0$	25	0,52	0,50

Для стабілізації вмісту метану в сумішах та поліпшення їх якості запропоновані наступні заходи [2]:

- забезпечення належного стану газотранспортної мережі у відношенні її герметичності;
- вибір оптимальних параметрів дегазації масиву з урахуванням динаміки виділення метану у свердловини (кількість дегазаційних свердловин, що одночасно працюють, та щільність їх буріння);
- змішування окремих метаноповітряних сумішей, що вилучені дегазацією із різних джерел метановиділення.

Перші два заходи підвищують вміст метану в суміші, що дозволяє одержати більш якісні суміші. Третій захід дозволяє навіть при однако-

вому середньому вмісту метану в суміші підвищити її якість завдяки зменшення коливань вмісту метану в суміші. Це наглядно ілюструється рисунком 4.

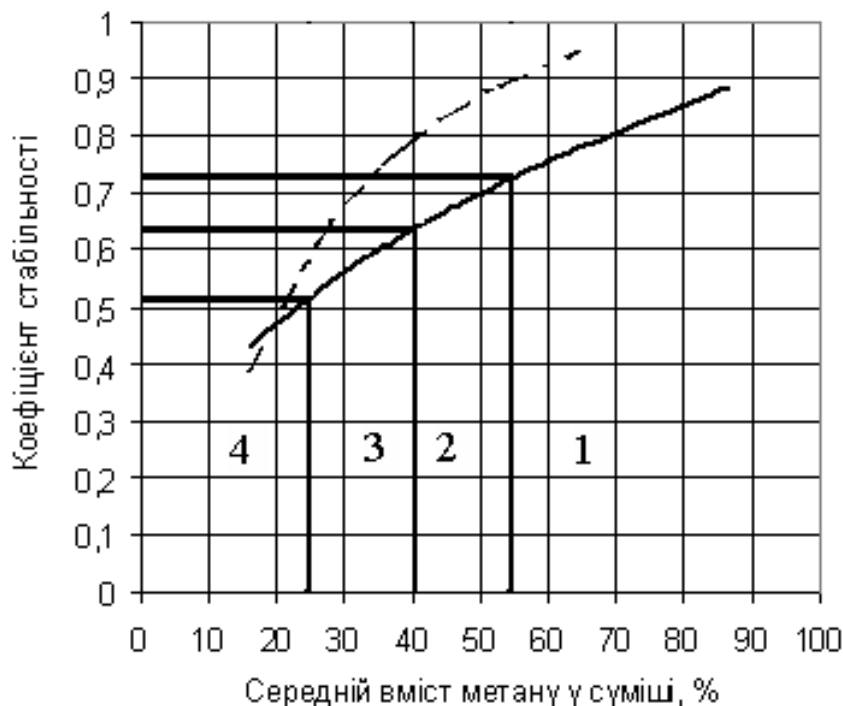


Рисунок 4 – Категорії метаноповітряних сумішей за якістю

Висновки.

Одержані залежності коефіцієнтів стабільності і прямої утилізації від середнього значення вмісту метану у метаноповітряних сумішах. Запропонована класифікація за якістю метаноповітряних сумішей, що вилучаються з вугільних родовищ свердловинною дегазацією, яка дозволить оцінювати суміші за якістю в умовах вугільних шахт для підвищення повноти використання сумішей.

Бібліографічний список.

1. Булат А.Ф. *Научно-технические основы создания шахтных когенерационных энергетических комплексов*/ А.Ф. Булат, И.Ф. Чемерис. – К.: Наукова думка, 2006. – 175 с.
2. Денисенко В.П. *Прогноз обсягів шахтного метану та управління його якістю у процесі вилучення підземною дегазаційною системою*// *Геолог України*, 2009. – № 3. – С. 103-107.

3. Газобильность каменноугольных шахт СССР: в 8 т. / Под ред. Г.Д. Лидина. – М.: Наука, 1987. – Т. 7. Эффективные способы искусственной дегазации угольных пластов на больших глубинах. – 1987. – 200 с.

4. Малышев Ю.Н. Комплексная дегазация угольных шахт/ Ю.Н. Малышев, А.Т. Айруни – М.: Изд. Академии горных наук, 1999. – 327 с.

5. Денисенко В.П. Критерии качества метановоздушных смесей, извлекаемых дегазационными системами шахт/ В.П. Денисенко, Н.Н. Лепило, Д.С. Чепурной, И.Н. Егоров// Алчевск: ДонГТУ, 2008. – Вып. 26. – С. 159-168.

6. Бойко В.А. Анализ средств утилизации шахтного метана и выбор пригодных для применения на газовых шахтах Донбасса/ В.А. Бойко, А.В. Бойко// Сб. научн. трудов НГАУ, 2002. – Т. 1. – № 13.– С. 218-227.

Рекомендовано до друку д. т. н., проф. Фрумкіним Р.А.