

ЦУКОР УКРАЇНИ

№4 (60)' 2010

ТЕПЛОКОМ
ENERGY SAVING SOLUTIONS WE PROMISE YOU'LL SAVE

*З найкращими побажаннями
успішного 2011 року!*

СУЧАСНА КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА



Оцінювання підприємства
Розробка технічних рішень

- Техніко-економічне обґрунтування
- Розробка проектної документації

- Будівельні та монтажні роботи
- Автоматизація технологічних процесів

- Постачання обладнання
- Пуск і налагодження обладнання

Методика розрахунку шкідливих викидів в атмосферу із відпрацьованим сатураційним газом

Л. М. Верченко, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій

Т. С. Кос, кандидат технічних наук, науковий співробітник проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій

42

У статті наводиться спрощений метод розрахунку кількості шкідливих викидів в атмосферу із відпрацьованим сатураційним газом та заходи із зменшення вмісту оксиду вуглецю в пічному газі, який утворюється у вапняних печах під час випалу вапняку на цукрових заводах.

Ключові слова: вапняна піч, вапно, сатураційний газ, оксид вуглецю, діоксид вуглецю.

В статье приводится упрощенный метод расчёта количества вредных выбросов в атмосферу с отработанным сатурационным газом и меры по уменьшению количества оксида углерода в печном газе, который образуется в известковых печах при обжиге известняка на сахарных заводах.

Ключевые слова: известковая печь, известь, сатурационный газ, оксид углерода, диоксид углерода.

In article authors describe the simplified method of calculation of quantity of harmful blowouts to atmosphere with spent carbonating gas and specify measures directed on oxide carbon blowouts reduction in oven gas which is formed in limy furnaces at limestone roasting on sugar mills.

Keywords: limy furnace, lime, carbonating gas, oxide carbon, carbon dioxide.

Сьогодні дуже гостро постають питання шкідливих викидів в атмосферу з промисловими газами [1]. У цукровій промисловості для очищення дифузійного соку використовують вапно та сатураційний газ, які одержують випалом вапняку в шахтних вапняних печах. Основними компонентами сатураційного газу є діоксид вуглецю, кисень, оксид вуглецю та азот. В технології очищення дифузійного соку використо-

ється тільки діоксид вуглецю. Діоксид вуглецю під час карбонізації нейтралізує надлишок вапна та утворює карбонат кальцію, який є додатковим реагентом в очищенні соку, бо адсорбує на своїй поверхні певну кількість нецукрів: переважно високомолекулярні сполуки забарвлених речовин та кальцієві солі амінокислот [2]. Такі компоненти сатураційного газу, як оксид вуглецю та кисень, теж частково поглинаються соками в процесі

карбонізації [3], і в залежності від складу вапнованого соку в ньому може залишатись до 700 мг кисню та 400 мг оксиду вуглецю [4]. Не поглинається соками тільки азот. Сатураційний газ не має постійного складу, склад його змінюється в залежності від режиму випалу в таких межах: діоксид вуглецю – 26...39%, кисень – 2,5...6%, оксид вуглецю – 0,2...3% об'ємних, решта припадає на азот (табл. 1).

Таблиця 1

Склад сатураційного газу, який було встановлено під час обстеження цукрових заводів, % об'ємний

№ п/п	Назва заводу	CO ₂	O ₂	CO	N ₂
1	Гнідавський	29,2	4	0,4	66,4
2	Горохівський	36	3,1	0,3	60,6
3	Миронівський	37,5	2,4	0,3	59,8
4	Добровеличківський	31	4,5	2,6	61,9
5	Ім. Куйбишева (Росія)	26	6	2,0	66
6	Перегонівський	39,2	2,8	0,4	57,6
7	Наркевицький	29,3	6,2	0,2	64,3
8	Браїлівський	37,4	2,8	0,45	59,35
9	Уладовський	34	4,8	0,3	60,9

Склад сатураційного газу до та після сатурації

Назва заводу	Склад сатураційного газу, % об'ємний							
	До сатурації				Після сатурації			
	CO ₂	O ₂	CO	N ₂₍₁₎	CO ₂	O ₂	CO	N ₂₍₂₎
Шепетівський	32	3,6	2,1	62,3	13,8	4,1	2,5	79,6
Саливонківський	33,6	3,8	0,6	62	12,8	3,9	0,7	82,6
Дубненський	32	2,2	2,6	63,2	12,6	3,7	2,7	81

В ході численних досліджень було встановлено, що коефіцієнт утилізації діоксиду вуглецю сатураційного газу в більшості діючих на сьогодні сатураторів становить 56-70%, Тому зрозуміло, що після сатурації з відпрацьованим газом в атмосферу потрапляють такі шкідливі викиди, як діоксид та оксид вуглецю. Для того, щоб підрахувати кількість викидів потрібно знати загальну кількість газу, який подається на сатурацію, та склад його до та після сатурації.

У таблиці 2 наведені дані складу сатураційного газу до та після сатурації. Дані були одержані під час проведення на вказаних заводах матеріального балансу вапняних відділень.

Враховуючи, що азот в сатураційному газі не поглинається соками, які сатуруються, пропонуємо нижче наведену методику підрахунку викидів діоксиду та оксиду вуглецю із відпрацьованим сатураційним газом.

Методика розрахунку кількості пічного газу, який виходить із вапняної печі та подається на сатурацію, представлена окремо [5]. В середньому кількість пічного газу складає 2000 м³ на 1 т активного СаО [6]. Цукровий завод потужністю 3000 т переробки буряків на добу споживає, як правило, кожен добу 100 т активного оксиду кальцію. Тоді кількість сатураційного газу, яка подається на сатурацію, буде дорівнювати $2000 \cdot 100 = 200000$ м³/добу. Розрахунок проведемо на прикладі Шепетівського цукрового заводу.

Як вже було вказано, з усіх складових сатураційного газу

тільки азот не поглинається соками під час карбонізації. Тому кількість відпрацьованого сатураційного газу зменшиться настільки, наскільки збільшиться концентрація азоту в ньому порівняно із концентрацією у вихідному газі, або:

$$\frac{N_{2(2)}}{N_{2(1)}} = \frac{79,6}{62,3} = 1,28$$

де, $N_{2(1)}$ – вміст азоту в сатураційному газі перед сатурацією, % об'ємний;

$N_{2(2)}$ – вміст азоту в сатураційному газі після сатурації, % об'ємний

Тоді кількість відпрацьованого газу, яка викидається в атмосферу, буде дорівнювати: $200000/1,28 = 156250$ м³.

Шкідливими для атмосфери є діоксид та оксид вуглецю.

Об'єм діоксиду вуглецю, що викидається, згідно концентрації його у відпрацьованому газі, складе:

$$V_{CO_2} = \frac{156250 \cdot 13,8}{100} = 21562,5 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Об'єм оксиду вуглецю, що викидається, згідно концентрації його у відпрацьованому газі, складе:

$$V_{CO} = \frac{156250 \cdot 2,5}{100} = 3906,2 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Абсолютну кількість кожного з цих газів можна обчислити, скориставшись непрямым наслідком закону Авогадро, а саме: за нормальних умов: 0°C, 760 мм. рт. ст. моль будь-якого газу займає об'єм 22,4 дм³ [7]. В цьому випадку маса CO₂ в 44 г буде мати об'єм 22,4 дм³, або $44 \cdot 10^{-6}$ т CO₂ займає об'єм $22,4 \cdot 10^{-3}$ м³. Тоді об'єм 21562,5 м³ буде мати масу в тонах X_{CO_2} .

$$X_{CO_2} = \frac{44 \cdot 21562,5 \cdot 10^{-3}}{22,4} = 42,3 \text{ т/добу, або}$$

$$\frac{42,3}{24} = 1,8 \text{ т/ГОД.}$$

Абсолютна кількість оксиду вуглецю, який викидається за добу із відпрацьованим сатураційним газом, складе:

$$28 \cdot 10^{-6} \text{ т CO} - 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$X \text{ т CO} - 3906,2 \text{ м}^3$$

$$X_{CO} = \frac{28 \cdot 3906,2 \cdot 10^{-3}}{22,4} = 4,9 \text{ т/добу, або}$$

$$\frac{4,9}{24} = 0,203 \text{ т/ГОД}$$

Загальна формула кількості діоксиду або оксиду вуглецю, які викидаються в атмосферу із відпрацьованим сатураційним газом, має вигляд:

$$B = \frac{A \cdot CaO \cdot N_{2(1)} \cdot C \cdot M \cdot 10^{-3}}{N_{2(2)} \cdot 22,4 \cdot 24}, \text{ т/добу}$$

де, **B** – кількість діоксиду або оксиду вуглецю, які викидаються в атмосферу, т/добу;

A – кількість пічного газу, який виходить із печі та подається на сатурацію, м³/т CaO;

CaO – витрата вапна на переробку буряка, т/добу;

N₂₍₁₎ та **N₂₍₂₎** – концентрація азоту в сатураційному газі до та після сатурації, % об'ємний;

C – концентрація діоксиду або оксиду вуглецю у відпрацьованому сатураційному газі, % об'ємний;

M – молярна маса газу, кількість викидів якого визначається, г;

22,4 – об'єм, який займає грам-моль будь-якого газу за нормальних умов, дм³;

24 – кількість годин в добі.

Дані щодо складу сатураційного газу, які наведені в таблиці 1, були свого часу одержані на цукрових заводах, вапняні печі яких працювали на коксі. Як свідчать ці дані, за умов роботи на коксі вміст оксиду вуглецю може бути мінімальним – 0,3...0,4% об'ємних, але бувають випадки, коли вміст його зведений до нуля. Дослідженнями УкрНДІЦП [8] встановлено, що в шахтних печах, які працюють на твердому паливі, оксид вуглецю утворюється за рахунок реакції відновлення CO₂ на поверхні розпеченого палива. Область відновлення розташована у вузькій «холостій» зоні на межі зон підігріву та горіння довжиною 0,15...0,5 м, що складає 10...20 діаметрів середнього розміру шматка палива. Збільшення дози палива в шихті, або скупчення її в одному місці через нерівномірний розподіл по поперечному перерізу печі, а також збільшення тривалості контакту розпеченого палива через недостатню потужність газових насосів, призводять до зростання концентрації CO в пічному газі.

Сьогодні через більшу вартості коксу порівняно із антрацитом випал вапняку на цукрових заводах переведений на антрацит. Це має ряд негативних наслідків. *По-перше*, антрацит на відміну від коксу вміщує 2% летючих речовин, що складаються з метану та водню, які за теплотворною здатністю сприяють втратам 8% невикористаного тепла. До того ж, концентрації метану та водню бувають досить високими, що за умов підсмоктування повітря може створювати в печі вибухонебезпечні суміші. На відміну від антрациту кокс є стовідсотковим вуглем, тому вищеперелічені негативи в разі його використання відсутні.

По-друге, антрацит порівняно із коксом має в 1,8...2 рази більшу питому вагу та значно менший коефіцієнт тертя. Тому, щоб запобігти його проскакуванню через міжкускові пори шихти та втратам тепла з механічним недопалом, рекомендовано [6, 8] використовувати антрацит із співвідношенням розмірів шматків в шихті вапняк:паливо=1:1. Це призводить до різкого зменшення кількості осередків горіння, а внаслідок цього - до проскакування невикористаного кисню та нерівномірного випалу шматків вапняку. Простий підрахунок зменшення осередків горіння за умов використання антрациту порівняно із коксом свідчить, що кількість їх в об'ємі зони горіння зменшується майже в 12 разів [9]. Тому в разі необхідності підвищення ступеня випалу вапняку, або переведення його з м'якого режиму на середньожорсткий, підвищена доза антрациту в шихті автоматично підвищить його загальну

витрату, і низька ціна буде перекрита перевитратою палива.

Виходячи з цього, економічна доцільність використання антрациту для випалу вапняку дуже сумнівна та повинна вирішуватись для кожного заводу окремо з врахуванням не тільки вартості сировини та палива франко завод, але й кількості шкідливих викидів в атмосферу.

До цього хочемо додати, що під час випалу вапняку на будь-якому паливі є імовірність утворення оксидів азоту [10]. Взагалі, азот за високих температур утворює п'ять оксидів: закис (N₂O), оксид (NO), діоксид (NO₂), чотириоксид (N₂O₄) та азотистий ангідрид (N₂O₃). Всі перелічені оксиди азоту, крім NO добре розчиняються у воді. Всі вони газоподібні та фізіологічно активні, а оксид азоту (NO) та діоксид (NO₂) є отруйними.

Проведене нами свого часу фотометричне визначення сумарного вмісту оксидів азоту у пічному газі вапняних печей цукрових заводів [3] показало, що вміст їх в неочищеному пічному газі складає лише 4·10⁻⁴% об'ємного, або не більше 5 мг/м³, тобто в пічному газі присутні тільки сліди, тоді як згідно з сучасними санітарними нормами вміст NO_x у викидах в атмосферу не повинен перевищувати 1...2·10⁻² % об'ємного. За технологічною схемою пічний газ перед тим, як потрапити на сатурацію, піддають промиванню та очищенню [11]. Саме промитий, очищений та охолоджений пічний газ слід вважати сатураційним. Тому добре розчинні в воді сполуки, такі як оксиди азоту, в ньому відсутні.

На сьогодні існує ряд заходів, якими можна зменшити кількість шкідливих викидів в атмосферу із відпрацьованим сатураційним газом.

Для зменшення шкідливих викидів в атмосферу діоксиду вуглецю слід встановлювати сатуратори сучасної конструк-

ції з високим коефіцієнтом утилізації діоксиду вуглецю [12].

Основним засобом з запобігання утворення оксиду вуглецю під час випалу вапняку є відновлення традиції випалу його на коксі.

Другим основним засобом з запобігання утворення оксиду вуглецю під час випалу вапняку є рівномірний розподіл твердого палива по поперечному перерізу печі, що досягається використанням сучасного лоткового завантажувально-розподільного пристрою [13].

Вищеперелічені заходи сприятимуть також загальній економії твердого палива на випал вапняку, витрата якого за умов використання коксу не перебільшує 0,5% маси буряку.

Список використаних джерел

1. Матеріали науково-технічної конференції цукровиків України. – К.: Цукор України, 2009. – 229 с.
2. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства / Учебник для

Вузов. А.Р. Сапронов – М.: Колос, 1999. – 495 с.

3. Табунчиков Н.П., Шевцов Л.Д., Верченко Л.М. Сатурационный газ и его использование в сахарной промышленности. – ЦНИИТЭПИЩЕПРОМ, 1974. – 23 с.

4. Верченко Л.М. Влияние компонентов сатурационного газа и режимов получения известкового молока на качество соков свеклосахарного производства: Автореферат дис... канд. техн. наук. – Киев, 1989. – 202 с.

5. Верченко Л.М., Кос Т.С. Методика розрахунку кількості пічного газу, який виходить із вапняної печі та подається на сатурацію // Харчова промисловість. – К.: НУХТ, 2010. – №9. – С. 5-6.

6. Табунчиков Н.П., Шевцов Л.Д. Получение извести и сатурационного газа для технологических нужд сахарного производства. – М.: ЦНИИТЭПИЩЕПРОМ. – 1973. – 41 с.

7. Болдырев А.И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высшая школа. – 1974. – 503 с.

8. Шевцов Л.Д. Исследование влияния эксплуатационных факторов шахтных пересыпных известково-обжигательных печей на образование

оксида углерода. Автореферат дис. ... канд. техн. наук. – Київ, 1974. – 21 с.

9. Табунчиков Н.П. Опыт эксплуатации известково-газовых печей // Цукор України. – №3, 2002. – С. 23-26.

10. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. – М.: Наука. – 1966. – С. 319-325.

11. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Правила усталеної практики. – К.: Мінагрополітики України. – 2007. – 418 с.

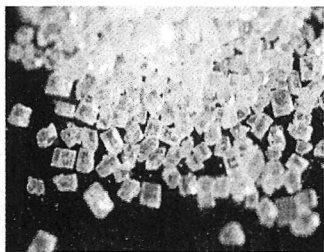
12. Хомічак Л.М. Наукове обґрунтування та розроблення способів очищення дифузійного соку. Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Київ: НУХТ. – 2003. – 40 с.

13. Табунчиков Н.П., Аксёнов Э.Т., Гуревич Р.Я., Шевцов Л.Д. Производство извести и сатурационного газа на сахарных заводах / Н.П. Табунчиков, Э.Т. Аксёнов, Р.Я. Гуревич, Л.Д. Шевцов. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. – 174 с.

Рецензент: Л.М. Хомічак,
д.т.н., проф.

ЦІКАВІ НОВИНИ

Coca-Cola і Pepsi інвестують в цукрозамінники



Наслідуючи моду на «здоровий спосіб життя», багато споживачів стали відмовлятися від висококалорійних і цукровмісних продуктів. Провідні виробники безалкогольних напоїв відреагували на набираючу популярність тенденцію і вжили заходи.

Так «PepsiCo» незабаром запустить лінію продукції, яка здійснить «прорив в області смаку». За словами голови компанії Індри Нуйи (Indra Nooyi) в новій продукції використовуватиметься поєднання цукрозамінників і підсилювачів смаку, які зроблять напій солодшим і не залишать неприємного післясмаку, як це зазвичай буває з підсолоджувачами.

У серпні компанія «PepsiCo» оголосила про укладення контракту з американським виробником харчових добавок «Senomux» з метою зосередитися на розробці підсилювачів смаку і натуральних підсолоджувачів для того, щоб вивести на ринок нові напої зі зниженим вмістом калорій.

Раніше цього місяця компанія «Coca-Cola» оголосила про укладання партнерства з науково-дослідною компанією «Cromocell Corp.», з метою «удосконалити використання цукрозамінників, натуральних підсолоджувачів і інших смакових інгредієнтів». Цікаво те, що раніше «Coca-Cola» досить довго співпрацювала з «Senomux», проте шляхи компаній розійшлися за два місяці до підписання контракту між «Senomux» і «PepsiCo».

Голова «Dr. Pepper Snapple Group» Ларі Янг також підтвердив, що його компанія проводить експерименти з поєднанням цукрозамінників і підсилювачів смаку.

«Coca-Cola» і «PepsiCo» вже інвестували кошти в розробку натуральних, некалорійних цукрозамінників, у виробництві яких використовується посконник кропиволистий. Натуральний підсолоджувач від «Coca-Cola» носить назву Truvia, від PepsiCo - PureVia.

Джерело: sostav.ru