



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40071 (13) A

(51) 7 G01N33/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ pH І ЛУЖНІСТЮ СОКІВ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

(21) 99127258

(22) 30.12.1999

(24) 16.07.2001

(33) UA

(46) 16.07.2001, Бюл. № 6, 2001 р.

(72) Еременко Борис Антонович, Кравчук Анатолій Федорович

(73) Державна наукова установа "Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості (УКРНДІЦП)", UA

(57) 1. Спосіб безперервного контролю і управління pH і лужністю соків цукрового виробництва, що передбачає покроковий вимір поточних значень pH<sub>i</sub> при температурі 20°C, і визначення лужності соку за математичною залежністю, який **відрізняється** тим, що вимірюють поточне значення pH<sub>i</sub> соку, визначають титруванням лужність соку, порівнюють фактичну лужність з заданою, після чого подачею сатураційного газу доводять лужність соку до регламентної, визначають задане значення pH<sub>зд</sub> відповідно до регламентного значення лужності соку, стабілізують це значення, внаслідок чого стабілізується масштабне значення pH, а при технологічній потребі в зміні регламентного значення лужності соку, відповідне йому задане значення pH<sub>зд</sub> соку, взаємозв'язане з лужністю, визначають розрахунком за лінійною залежністю:

$$pH_{зд-7} = (pH_{mj} - 7) / (1 - e^{-AL_{зд}/AL_m})$$

де pH<sub>зд</sub> - задане значення pH, відповідає регламентному значенню лужності соку, од. pH;

pH<sub>mj</sub> - масштабне значення pH для j-ї експоненти залежності pH від лужності соку, од. pH;

e - основа натурального логарифма;

AL<sub>зд</sub> - задане регламентне значення лужності соку, % CaO;

AL<sub>m</sub> - масштабне значення лужності соку, % CaO, потім встановлюють задане значення регулятора pH, після чого відбирають пробу соку, аналізують її на лужність і, при необхідності, коригують завдання регулятора pH таким чином, щоб відповідне цьому завданню задане регламентне значення лужності мало раціональну чи оптимальну величину, після чого періодичними аналізами контролюють і коригують рівень стабільності лужності.

2. Спосіб по п. 1, який **відрізняється** тим, що масштабне значення pH<sub>mj</sub> соку визначають як межу експоненціальної зміни pH при необмеженому зростанні лужності соку, а масштабне значення лужності соку приймають сталою величиною відповідно до лінійної залежності:

$$pH_{зд-7} = (pH_{mj} - 7) / (1 - e^{-AL_{зд}/AL_m})$$

де pH<sub>зд</sub> - задане значення pH, відповідає регламентному значенню лужності соку, од. pH;

pH<sub>mj</sub> - масштабне значення pH для j-ї експоненти залежності pH від лужності соку, од. pH;

e - основа натурального логарифма;

AL<sub>зд</sub> - задане регламентне значення лужності соку, % CaO;

AL<sub>m</sub> - масштабне значення лужності соку, % CaO.

3. Спосіб по п. 1, який **відрізняється** тим, що в залежності від умов рішення завдання контролю і управління, значення pH<sub>i</sub> і pH<sub>mj</sub> визначають при поточній температурі соку чи при температурі, при веденій до 20°C.

Винахід відноситься до цукрового виробництва, а саме - до способу безперервного контролю і управління pH і лужністю соків цукрового виробництва, який призначений для дільниці технології очищення бурякового соку і застосовується в цукровій промисловості для першої і другої сатурацій.

Автоматичні хімічні аналізатори для виміру лужності, що застосовуються в хімічній промисловості, дуже складні, вимагають великих витрат реактивів і не знайшли застосування в цукровій промисловості.

Відомий спосіб дискретного контролю лужності сатураційного соку, що, відповідно до діючої нині

інструкції, полягає в відборі проб соку і аналізі їх один раз на годину (Інструкція по хіміко-технологічному контролю и учета сахарного производства. - К.: ВНИИСП, 1983 [1]). До недоліків цього способу відноситься те, що за годину лужність соку може змінюватись в широких межах, в зв'язку з чим запропонований вищевказаною інструкцією спосіб не відповідає вимогам об'єктивного контролю.

Найближчим до запропонованого технічного рішення є спосіб визначення лужності соків цукрового виробництва (Авторское свидетельство СССР, № 1788464, м. кл. G01N33/02, публ.

(19) UA (11) 40071 (13) A

15.01.1993, бюл. № 2 [2]), за яким передбачається відбирання досліджуємих проб соку з наступним їх поточним аналізом на лужність, додатковим виміром поточних значень рН (при 20°C). При здійсненні цього способу аналізують 10-12 проб, що відбираються 1-2 рази на сезон виробництва цукру, і визначенням лужності соку покроково розрахунком за математичною залежністю. Такий спосіб вперше вирішує завдання забезпечення безперервного контролю лужності сатураційного соку в залежності від рН, але має ряд недоліків.

Причинами, які не дозволяють одержати технічний результат, є покроковий розрахунок лужності соку за емпіричною формулою, яка є наближеною, а саме:

$$AL_i = -AL_n \ln \{ (1 - [pH_{20i} - 7] / a(pH_{20i} - 7) + b) \}, \quad (1)$$

де  $AL_n$  - стала лужності, що змінюється в межах 0,03-0,06% CaO;

$pH_{20i}$  - поточне значення рН соку в i-му кроці контролю і управління;

a - коефіцієнт рівняння регресії, що за дослідними даними змінюється в межах 0,25-0,70;

b - сталий член рівняння регресії, що за дослідженими даними змінюється в межах 1,5-4,00.

Використання відомого способу в результаті його недоліків, а саме - невизначеної величини сталої лужності, яка може змінюватись в межах 0,03-0,06% CaO, значення коефіцієнта "a", які можуть змінюватись в межах 0,25-0,70, та значення сталої члена "b" рівняння регресії, які змінюються в межах 1,5-4,00, не дозволяє забезпечити достовірність, підвищену точність виміру і підтримання заданих регламентних значень рН і лужності соку та відповідно підвищити доброякісність сатураційного соку і вихід цукру. При цьому розкриття вище перелічених невизначеностей шляхом проведення спеціальних експериментів в сезон виробництва на конкретному цукровому заводі вимагає значних витрат часу і високої кваліфікації дослідників.

В основу запропонованого винаходу поставлено завдання створити спосіб безперервного контролю і управління рН і лужністю соків цукрового виробництва за лінійною математичною залежністю, що забезпечило б достовірність, підвищену точність виміру і підтримання заданих регламентних значень рН і лужності соку, і підвищило б доброякісність сатураційного соку і вихід цукру.

Поставлене завдання вирішується тим, що спосіб безперервного контролю і управління рН і лужності сатураційних соків цукрового виробництва передбачає покроковий вимір поточних значень рН<sub>i</sub> і визначення лужності соку за математичною залежністю. Новим в даному способі є те, що вимірюють поточне значення рН<sub>i</sub> соку, визначають титруванням лужність соку, порівнюють фактичну лужність з заданою, після чого подачею сатураційного газу доводять лужність соку до регламентної, визначають задане значення рН<sub>зд</sub> відповідно до регламентного значення лужності соку, стабілізують це значення, внаслідок чого стабілізується масштабне значення рН<sub>мj</sub>, а при технологічній потребі в зміні регламентного значення лужності соку, відповідне йому задане значення рН<sub>зд</sub>, взаємозв'язане з лужністю, визначають розрахунком за лінійною залежністю:

$$pH_{зд} = (pH_{мj} - 7) / (1 - e^{-AL_{зд}/AL_m}),$$

де рН<sub>зд</sub> - задане значення рН, що відповідає регламентному значенню лужності соку, од. рН;

рН<sub>мj</sub> - масштабне значення рН для j-ї експоненти залежності рН від лужності соку, од. рН;

e - основа натурального логарифму;

AL<sub>зд</sub> - задане регламентне значення лужності соку, % CaO;

AL<sub>m</sub> - масштабне значення лужності соку, % CaO.

Потім встановлюють задане значення регулятора рН, після чого відбирають пробу соку, аналізують її на лужність і, при необхідності, коригують завдання регулятору рН таким чином, щоб відповідне цьому завданню задане регламентне значення лужності мало раціональну чи оптимальну величину, після чого періодичними аналізами контролюють і коригують рівень стабільності лужності.

Масштабне значення рН соку визначають як межу експоненціальної зміни рН при необмеженому зростанні лужності соку, а масштабне значення лужності соку приймають сталою величиною відповідно до встановленої лінійної залежності

$$pH_{зд} - 7 = (pH_{мj} - 7) / (1 - e^{-AL_{зд}/AL_m}),$$

де рН<sub>зд</sub> - задане значення рН, відповідає регламентному значенню лужності соку, од. рН;

рН<sub>мj</sub> - масштабне значення рН для j-ї експоненти залежності рН від лужності соку, од. рН;

e - основа натурального логарифму;

AL<sub>зд</sub> - задане регламентне значення лужності соку, % CaO;

AL<sub>m</sub> - масштабне значення лужності соку, % CaO.

В залежності від умов рішення завдання контролю і управління, значення рН і рН визначають при поточній температурі чи при температурі 20°C.

Сукупність усіх ознак способу за винаходом дозволяє одержати технічний результат - забезпечити достовірність, підвищену точність виміру і підтримання заданих регламентних значень рН і лужності соку, і відповідно підвищити доброякісність сатураційного соку і вихід цукру на 0,05-0,1%, що є вагомою величиною для крупнотоннажного виробництва.

За рахунок нових ознак даний спосіб набуває нових властивостей.

Проведені авторами численні експериментальні дослідження показали, що на першій сатурації рН<sub>20</sub> сатураційного соку (значення рН сатураційного соку, приведені до 20°C) може змінюватись від 9,8 до 11,5 од., при цьому лужність соку змінюється від 0,05 до 0,17% CaO.

Одному й тому ж стабілізованому значенню рН<sub>20</sub> відповідають значення лужності, що змінюються в широких межах. Одному й тому ж стабілізованому значенню лужності відповідають значення рН, що також змінюються в широких межах.

Обробка результатів проведених дослідів, їх аналіз в відповідності до роздробленого раніш методу відносних координат (Еременко Б.А. Автоматическое управление процессами свеклосахарного производства. - М.: Пищевая промышленность, 1976. - С. 34-36) привели до важливого загального закону, що ілюструє непередбаченість даного способу, а саме: кінетика процесу формується не значеннями окремих фізико-хімічних параметрів, а взаємозв'язком їх відносних величин. Для цього змінні величини перетворюються в відносні шляхом поділу їх поточних значень на масштабні ве-

личини. Масштабні значення змінних вибирають з умов узагальнення залежностей методом відносних координат.

На основі цього закону процес сатурації узагальнено описується авторами аналітичною залежністю в відносних координатах:

$$(pH_i - 7)/(pH_{Mj} - 7) = 1 - e^{-AL_i/AL_M} \quad (2)$$

Відносна координата pH формується відношенням поточного значення  $(pH_i - 7)$  до його масштабного значення  $(pH_{Mj} - 7)$ . Масштабне значення  $(pH_{Mj} - 7)$  - це межа зміни цього параметру за експоненціальним законом для  $j$ -ї експоненти при необмеженому зростанні лужності соку. В рівнянні (2) і далі значення приведені до 20°C.

Масштабне значення лужності  $AL_M$  можна вибрати довільно відповідно до умов (2). Значення  $AL_M = 0,04\%$  CaO відповідає сталій лужності в процесі  $pH = f(AL)$ , при якій  $pH = 0,632 \text{ } pH_{Mj}$ .

При стабільному значенні  $pH_i$ , прийнятому значенні  $AL_M$  і сталому значенні  $pH_{Mj}$  лужність соку стабільна. При  $pH_i = \text{const}$  значення  $pH_{Mj}$  може приймати те чи інше стабільне значення, кожному із яких відповідає своє стабільне значення  $AL_i$  згідно умови (2). Значення  $pH_{Mj}$  виявляється при періодичних аналізах соку на лужність.

Практичне застосування даного способу ілюструється прикладом його здійснення в промислових умовах.

Приклад

Запропонований спосіб здійснюють наступним чином.

Дифузійний сік, що одержують в дифузійних апаратах екстрагуванням з бурякової стружки, обробляють в апаратах дефекто-сатурації послідовно вапняним молоком і диоксидом вуглецю. В результаті одержують сатураційний сік, який характеризується величиною pH і лужністю. Лужність соку характеризують різними хімічними сполученнями, але умовно її виражають в % CaO, який є еквівалентним даній лужності.

Даний спосіб безперервного контролю і управління pH і лужністю сатураційних соків цукрового виробництва здійснюють за допомогою автоматизованої системи. При цьому проводять покроковий вимір поточних значень  $pH_i$  при температурі 20°C і визначення лужності соку за математичною залежністю.

Вимірюють поточне значення  $pH_i$  соку, визначають титруванням лужність сатураційного соку, порівнюють фактичну лужність з заданою. Після цього подачею сатураційного газу доводять лужність сатураційного соку до регламентного значення. Задане значення  $pH_{зд}$  визначають відповідно до регламентного значення лужності соку, стабілізують це значення, внаслідок чого стабілізується масштабне значення pH соку. При технологічній потребі в зміні регламентного значення лужності соку, відповідне йому задане значення  $pH_{зд}$  соку, взаємозв'язане з лужністю, визначають розрахунком за лінійною залежністю:

$$pH_{зд} - 7 = (pH_{Mj} - 7) / (1 - e^{-AL_{зд}/AL_M}),$$

де  $pH_{зд}$  - задане значення pH, відповідає регламентному значенню лужності соку, од. pH;

$pH_{Mj}$  - масштабне значення pH для  $j$ -ї експоненти залежності pH від лужності соку, од. pH;

$e$  - основа натурального логарифму;

$AL_{зд}$  - задане регламентне значення лужності соку, % CaO;

$AL_M$  - масштабне значення лужності соку, % CaO.

Потім встановлюють задане значення регулятора pH, після чого відбирають пробу сатураційного соку, аналізують її на лужність і, при необхідності, коригують завдання регулятора pH таким чином, щоб відповідне цьому завданню задане регламентне значення лужності соку мало раціональну чи оптимальну величину, після чого періодичними аналізами контролюють і коригують рівень стабільності лужності.

При цьому враховують, що високій лужності соку відповідає підвищена його доброякісність, але понижена швидкість фільтрування. Точне взаємозв'язане підтримання pH і лужності соку запропонованим способом дає можливість встановлювати і підтримувати оптимальний чи раціональний режим при високій доброякісності соку і задовільній швидкості фільтрування, що забезпечує підвищення виходу цукру в процесі виробництва на 0,05-0,1%.

Масштабне значення pH соку визначають як межу експоненціальної зміни pH при необмеженому зростанні лужності соку, а масштабне значення лужності соку приймають сталою величиною відповідно до встановленої лінійної залежності:

$$pH_{зд} - 7 = (pH_{Mj} - 7) / (1 - e^{-AL_{зд}/AL_M}).$$

Аналізом дослідних даних встановлені найважливіші висновки:

1) при  $pH_i = \text{const}$  і  $pH_{Mj} = \text{const}$   $AL_i = \text{const}$ ;

2) при  $pH_i = \text{const}$  і зміні  $pH_{Mj}$ , лужність  $AL_i$  стабілізується на рівні, що відповідає значенню  $pH_{Mj}$  згідно рівнянню (2). Значення  $pH_{Mj}$  при  $pH_i = \text{const}$  змінюється на невелику величину: середнє відхилення  $pH_{Mj}$  в 2,3-3,5 разів менше, ніж середнє відхилення лужності соку;

3) при  $pH_i \neq \text{const}$   $pH_{Mj} \neq \text{const}$  і  $AL_i \neq \text{const}$ .

Наведений аналіз показує, що треба точно підтримувати  $pH_i = \text{const}$  і періодично перевіряти  $AL_i = \text{const}$  титруванням проб соку за режимом, що встановлюється безпосередньо на об'єкті.

Для аналітичного визначення значення лужності обов'язковою умовою є одночасний відбір проби соку на аналіз і фіксування значення  $pH_i$  і температури соку.

В залежності від умов рішення завдання контролю і управління, значення  $pH_i$  і  $pH_{Mj}$  визначають при поточній температурі соку чи при температурі, приведений до 20°C.

Запропонований спосіб ілюструється даними трьох серій дослідів, що наведені в таблиці. В цій таблиці представлені результати лабораторних аналізів проб соку на приладі Каппуса, значення pH визначались лабораторним pH-метром і приведені до 20°C, відхилення параметрів представлені в відсотках від середніх значень в кожній серії дослідів.

З наведених даних видно, що в серіях № 1 і № 2 значення  $pH_i$  і  $AL_i$  підтримуються стабільно, з невеликими, допустимими відхиленнями.

В серії № 2 при таких же значеннях pH, що в серії № 1, значення  $pH_i$  змінились, що призвело до зміни рівня лужності, але при цьому значення  $pH_i$ ,  $AL_i$  і  $pH_{Mj}$  стабільні.

В серії № 3  $pH_i$ ,  $AL_i$  і  $pH_{Mj}$ , мають суттєві відхилення поточних і середніх значень, чим підтверджується нестабільність  $AL_i$  і  $pH_{Mj}$  при нестабільності  $pH_i$ .

Даний спосіб контролю і управління  $pH$  і лужністю соків цукрового виробництва випробувано автором в експериментальних умовах цукрового виробництва. Результати цих експериментів показали, що застосування даного способу за рахунок забезпечення достовірності, підтримання заданих значень  $pH$  і лужності соку першої та другої сату-

рацій, який одержують у процесі цукрового виробництва, дозволяє підвищити доброякісність сатураційного соку і відповідно підвищити вихід цукру на 0,05-0,1%.

Джерела інформації

1. Инструкция по химико-технологическому контролю и учету сахарного протводства. - К.: ВНИИСП, 1983.

2. Авторское свидетельство СССР, № 1788464, м. кл. 01N33/02, публ. 15.01.1993, бюл. № 2 - прототип.

Таблиця

Результати лабораторних аналізів проб соку першої сатурації, одержаного при застосуванні способу за винаходом

Серії дослідів, №	Досліди		Результати вимірів				Результати розрахунку	
	Характеристика	№ дослідів	$pH_i - 7$		$AL$		$pH_{Mj} - 7$	
			значення $pH$	відхилення %	значення % $CaO$	відхилення %	значення $pH$	відхилення %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Значення $pH$ стабілізовано при $pH_{Mj}=4,22$	86	3,87	+0,25	0,097	-1,02	4,24	+0,48
		87	3,87	+0,25	0,100	+2,04	4,22	0
		88	3,83	-0,76	0,098	0	4,19	-0,72
		89	3,82	-1,04	0,098	0	4,19	-0,72
		90	3,84	-0,51	0,095	-3,06	4,23	+0,24
		91	3,86	0	0,098	0	4,22	0
		92	3,87	+0,25	0,099	+1,02	4,22	0
		93	3,86	0	0,098	0	4,22	0
		94	3,86	0	0,096	-2,04	4,24	+0,48
		середнє	3,86	0,34	0,098	1,02	4,22	0,29
2	Значення $pH$ стабілізовано при $pH_{Mj}=4,32$	95	3,88	+0,51	0,090	+1,12	4,34	+0,46
		96	3,87	+0,25	0,090	+1,12	4,33	+0,23
		97	3,86	0	0,091	+2,20	4,30	-0,46
		98	3,84	-0,51	0,090	+1,12	4,29	-0,69
		99	3,80	-1,04	0,089	0	4,26	-1,39
		100	3,88	+0,51	0,090	+1,12	4,34	+0,46
		101	3,94	+1,55	0,091	+2,20	4,39	+1,52
		102	3,86	0	0,086	-3,73	4,37	+1,17
		103	3,83	-0,76	0,088	-1,12	4,31	-0,23
		104	3,87	+0,25	0,089	0	4,34	+0,46
		105	3,83	-0,76	0,086	-3,37	4,34	+0,46
		середнє	3,86	0,56	0,089	1,52	4,32	0,68
3	Значення $pH$ не стабілізовано	30	4,00	-0,98	0,075	-3,85	4,72	-0,63
		31	4,03	-0,25	0,070	-10,26	4,89	+2,7
		32	4,30	+3,96	0,082	+5,13	4,82	+1,47
		33	4,78	-6,42	0,064	-17,95	4,74	-0,21
		34	4,22	+4,45	0,090	+15,40	4,72	-0,63
		35	3,74	-7,43	0,060	-23,08	4,81	+1,26
		36	4,08	+0,98	0,071	-8,97	4,91	+3,36
		37	4,12	+1,97	0,090	+15,38	4,66	-1,89
		38	3,92	-2,98	0,072	-7,19	4,70	-1,05
		39	4,00	-0,98	0,081	+3,85	4,61	-1,26
		40	4,34	+11,86	0,100	+28,21	4,73	-0,42
		середнє	4,04	3,84	0,078	12,67	4,75	1,42

---

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60х84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

---

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
(044) 268-25-22

---