

## Экспресс-измерение цветности белого кристаллического сахара

В связи с вступлением Украины в ВТО и применением международных методов контроля качества в сахарной промышленности необходимо использовать комплексную обобщенную оценку качества сахара, как это принято в странах ЕС [1,2].

Критерии качества сахара, кроме показателей в абсолютных единицах содержат показатели в баллах [3...5], сумма которых зависит от величины трех основных слагаемых:

- цветности сахара, определяемой в соответствии с официальным методом ICUMSA GS 2/3...9, 1994 г. с дополнениями;
- цветности сахара в кристаллическом виде относительно стандартных Брауншвейгских образцов сахара, определяемой в соответствии с официальным методом ICUMSA GS 2...11, 1994 г.;
- содержания кондуктометрической золы, которое определяют официальным методом ICUMSA GS 2/3...17, 1994 г.

Цветность сахара в кристаллическом виде можно определить визуально по Брауншвейгским стандартным образцам (официальная методика ICUMSA) и приборам – специализированным фотометрам отражения (экспериментальная методика ICUMSA).

Брауншвейгские стандартные образцы типов цветности представляют собою шкалу из семи сахаров, которые должны быть тщательно очищены от несахаров и красящих веществ, лишены всякого оттенка и имеют низкий показатель отражения. Размер кристаллов сахара должен находиться в диапазоне 0,5...1 мм и окрашиваться они должны по специальной методике несколькими красителями. Такие образцы изготавливают лишь в Брауншвейгском институте углеводов (Германия).

Цветность сахара на сахарных заводах стран СНГ определяют преимущественно в растворах. К сожалению, заводы не имеют эталонных образцов и приборов-фотометров отражения, а приборы, предлагаемые зарубежными

производителями (Sucroflex, Saccharoflex 2000 и др.), не всем доступны из-за высокой стоимости. Цветность сахара определяют, анализируя его растворы обычно в средних пробах, отобранных в течение смены, приборами КФК-3, которыми укомплектованы сахарные заводы. Контроль качества партии сахара определением цветности в растворе и сравнение со стандартными образцами – достаточно трудоемкий процесс и требует значительных затрат времени, а также соответствующего оснащения лаборатории сахарных заводов. В то же время для текущего контроля показателя цветности сахара при центрифугировании утфеля каждого сваренного аппарата важен экспресс-метод на соответствующем оборудовании.

В Институте технической теплофизики Национальной академии наук Украины совместно с УкрНИИСПом и кафедрой технологии сахаристых веществ НУХТа разработан и изготовлен прибор для экспресс-определения цветности сахара-песка в кристаллическом виде – автоматический программируемый анализатор ЦУ ТЕП-С, предназначенный для измерения цветности белого кристаллического сахара без растворения [6].

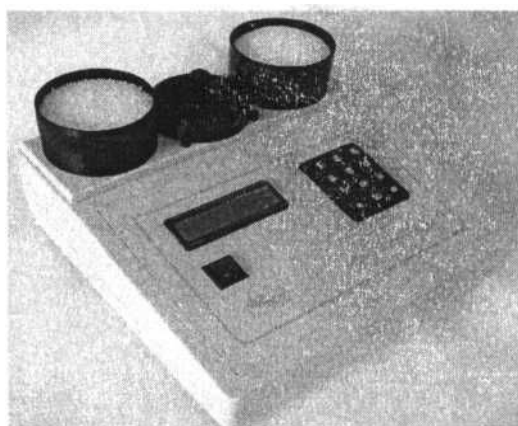


Рис. 1. Прибор ЦУ ТЕП-С

Принцип действия прибора основывается на зависимости интенсивностей диффузно-отраженного от образца белого кристаллического сахара излучения выбранных спектральных диапазонов от цветности сахара.

Внешний вид прибора приведен на рис. 1, функциональная схема прибора на рис. 2.

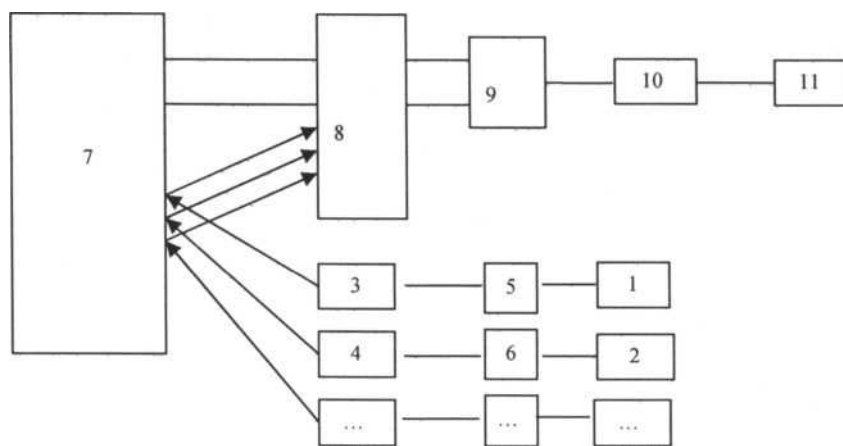


Рис. 2. Функциональная схема прибора ЦУ ТЕП-С:

1, 2, 3, – излучатели; 4, 5, 6 – конденсирующие оптические системы;  
 7 – исследуемый образец; 8 – фокусирующая оптическая система;  
 9 – фотоприемник; 10 – блок обработки информации; 11 – дисплей

Предлагаемый автоматический анализатор действует следующим образом. Излучение от излучателей 1, 2, 3 – спектральных линий  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  последовательно подают через конденсирующие оптические системы 4, 5, 6 со светофильтрами на исследуемый образец 7 белого кристаллического сахара. Отраженное от исследуемого образца 7 излучение после взаимодействия с исследуемым образцом направляют на фокусирующую оптическую систему 8 и фотоприемник 9. Полезный сигнал после фотоприемника 9 обрабатывают в блоке обработки информации 10 и результат визуализируют в единицах цветности для выбранной шкалы на дисплее 11.

Анализатор ЦУ ТЕП-С откалиброван в единицах ICUMSA, в условных единицах (Штаммера) и в Брауншвейгских стандартных единицах цветности кристаллического белого сахара. Для калибровки колориметра отбирали образцы белого кристаллического сахара и измеряли их цветность на приборе ЦУ ТЕП-С без приготовления раствора. Параллельно измеряли цветность этих же образцов сахара стандартным методом в разбавленном состоянии в единицах ICUMSA и условных единицах на фотоэлектроколориметре КФК-3 в центральной испытательной лаборатории УкрНИИСПа. Сравнительные данные представлены в табл. 1.

На рис.3 приведено корреляционное поле зависимости значений  $Z^*$

цветности кристаллического белого сахара в единицах ICUMSA, определенных стандартным методом от соответствующих значений  $Z$ , определенных анализатором ЦУ ТЕП-С. Коэффициенты корреляции для свекловичного сахара изменялись в диапазоне  $K_1 = 0,981 \dots 0,985$ .

Зависимости значений цветности белого сахара от значений интенсивностей  $x$ ,  $y$ , диффузно отраженного от образца белого кристаллического сахара излучения аналитически определяются уравнениями типа:

$$Z = a + b * x^n + c / y^m,$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $n$ ,  $m$  - коэффициенты, которые зависят от типа исследуемого образца и оптической схемы прибора.

Анализатор внесен в Госреестр Украины и производятся работы по внесению его в Госреестр России. Прибор имеет следующие технические характеристики:

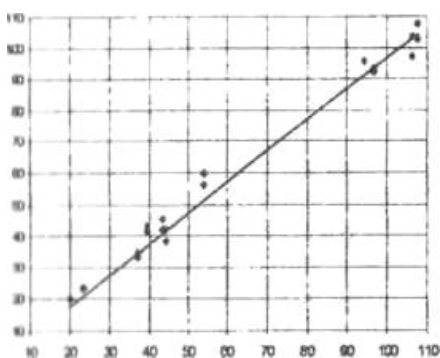
Диапазон измерений, ед. ICUMSA	0...250
Диапазон измерений, усл. ед. Штаммера	0...1,92
Габаритные размеры, мм	220x220x70
Вес прибора, кг	0,9
Гарантийный срок, мес.	12

*Таблица 1*

Цветность образцов свекловичного сахара по результатам измерений на КФК-3 и колориметре ЦУ ТЭП-С

№ образца	Сухие вещества, СВ, %	Оптическая плотность, $D_{420}$	Цветность, усл. ед. (Штаммера) определенная на приборе		Цветность, ед. ICUMSA, определенная на приборе	
			КФК-3	ЦУ ТЕП-С	КФК-3	ЦУ ТЕП-С
1	52,03	0,065	0.154	0.154	20.12	20.05

2	53,68	0,077	0.180	0.180	23.4	23.40
3	53,29	0,124	0.289	0.261	37.1	33.93
5	53,56	0,148	0.339	0.310	44.28	40.25
6	48,60	0,116	0.307	0.327	39.33	42.45
я7	54,41	0,148	0.332	0.336	43.37	43.63
10	54,06	0,183	0.416	0.446	54.12	57.98
13	53,25	0,312	0.723	0.736	94.35	95.68
15	53,84	0,363	0.829	0.810	107.6	105.35
17	54,57	0,331	0.734	0.713	96.58	92.68
18	52,95	0,351	0.816	0.773	106.3	100.45



В соответствии с ГОСТ 12572-93 за конечный результат испытаний цветности принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных измерений, допустимое расхождение между которыми не должно превышать 10% при доверительной вероятности  $P=0,95$ .

С целью снижения влияния размеров и формы кристаллов на показатели цветности сахара в новой модификации прибора ЦУ ТЕП-СМ, как и в зарубежных аналогах, предусмотрено увеличение площади взаимодействия излучения и поверхности образца.

Для достижения дальнейшего повышения воспроизводимости параллельных измерений исследовано влияние конструктивных особенностей оптико-электронного блока на стабильность измерений. Для увеличения равномерности освещения образца установлены равномерно рассеивающие экраны

для каждого источника излучения при увеличении количества излучателей. Исследование влияния количества излучателей на стабильность и интенсивность полезного сигнала позволило установить оптимальное количество источников излучения.

В табл. 2 приведены значения результатов измерений цветности кристаллического белого сахара на приборе ЦУ ТЕП-С и новой модификации ЦУ ТЕП-СМ. При этом максимальная относительная погрешность для 10 измерений цветности образца кристаллического белого сахара для первого прибора составляет 4,6 %, в то время, как для ЦУ ТЕП-СМ – не превышает 2,04%.

*Таблица 2*

Относительная погрешность измерения цветности кристаллического белого сахара на анализаторах ЦУ ТЕП-С и ЦУ ТЕП-СМ

№ измер.	Наименование	Цветность, ед. ICUMSA	Относительная погрешность, %	
			ЦУ ТЕП-С	ЦУ ТЕП-СМ
1	Сахар рафинированный, высшего качества (Германия)	35,36	4,11	-1,65
2			-1,06	-1,93
3			-1,06	-0,51
4			-0,52	0,34
5			1,39	0,34
6			-1,33	0,62
7			4,39	0,91
8			-4,60	1,48
9			-1,88	2,04
10			0,57	-1,65

Следовательно, увеличение равномерности освещения образца кри-

сталлического белого сахара за счет применения равномерно рассеивающего экрана при оптимизации количества светодиодов позволяет увеличить стабильность измерений и соответственно снизить расхождение между результатами параллельных измерений.

Прибор ЦУ ТЕП-СМ надежен, прост в эксплуатации и наряду с высокими характеристиками доступен по цене.

Таким образом, модернизированный автоматический анализатор может быть рекомендован для экспресс-контроля цветности кристаллического белого сахара каждой вари вакуум-аппаратов, что важно с точки зрения получения стабильного качества продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Европейского экономического сообщества по качеству сахара № 12655/69 от 1 июня 1969 года.
2. Постановление Комиссии ЕЭС №782/68-3 от 26 июня 1968 года.
3. Рамирез З., Братусь В.В. Контроль качества и управление технологическими процессами в производстве сахара. – Сахар. – 2003, № 2 – С. 52-55.
4. Book Methods. ICUMSA. England. – 1994.pp 45-53
5. Schneider F Sugar Analysis. ICUMSA Methods. ICUMSA Peterborough. England. – 1979 pp 125-129,182
6. Автоматический колориметр для экспресс-контроля цветности сахара-песка, Сахар, 2006, №6, с. 20-21.