

систему для контроля качества и анализа сахарной свеклы в соответствии с официальными методами ICUMSA. Содержание сахара, оценённое по измерениям на поляриметре, не отражает реальный выход сахара, поскольку такие образующие мелассу ингредиенты свеклы, как калий, натрий и альфа-амино азот не учитываются в расчётах. Сахарные заводы могут использовать данную систему и дополнительные системы для оценки стоимости сырья, для улучшения качества поставляемой сахарной и, таким образом, увеличивать прибыльность производства из года в год.

Материалом проб является масса-экстракт сахарной свеклы, произведенной по методу «холодной дигестации»: Масса сахарной свеклы разбавляется в соотношении 26 гр / 177 мл с базисным раствором ацетата свинца. Смесь размешивается для экстрагирования растворимых составных частей и дальнейшей фильтрации. Фильтрат должен быть свободным от веществ, обуславливающих помутнение.

Для достижения хорошей точности замера, базисный раствор ацетата свинца не должен содержать мешающие концентрации калия и натрия. Осветляющее средство должно быть достаточно чистым и растворенным в дистиллированной или деминерализованной воде.

Основные технические характеристики к сахарной свекле как к сырью для выработки сахара должны характеризовать не только ее пригодность к переработке, но и для хранения. Введение в стандарт на свеклу требований к показателям физического состояния обусловлены тем, что примеси подвяленных, цветущих, подмороженных и сильно механически поврежденных корнеплодов вызывают не только ослабление к устойчивости ее к хранению, но и приводят к затруднениям в технологическом процессе переработки.

Абсолютное большинство сахарных заводов работает на сахарной свекле. И даже при выборе

оптимального режима переработки и рациональной организации производства технологические качества свеклы определяют характер и размеры потерь сахарозы – и, как следствие, выход кристаллического сахара.

Выход сахара (и хранимость свеклы) зависит от количественного элементного состава: сколько в сырье содержится калия (K), натрия (Na) и альфа-амино-азота, являющихся сильными мелассообразователями. Большая концентрация альфа-амино-азота приводит к термическому разложению сахарозы, нарастанию цветности, повышению кислотности соков и продуктов – а значит, к уменьшению сроков хранения свеклы и снижению количества готового продукта.

Аналитическое исследование свеклы при приеме ее в переработку и закладке на хранение помогает определить эффективность технологии производства на различных стадиях. Используя эти данные специалисты завода могут выработать технико-экономическую модель производства и сформировать комплекс рекомендаций по оптимизации режимов хранения и переработки.

Сахарные заводы могут использовать автоматизированную систему для улучшения качества поступающего для переработки сырья. Если платить за свеклу не по весу брутто, а в зависимости от содержания сахарозы и редуцирующих веществ, то хозяйствам, производящим сахарную свеклу хорошего качества, дается дополнительный стимул. И появляется объективная причина отказать в поставках тем, кто снабжает свеклой низкого качества – или хотя бы платить по справедливости меньше. А агротехнические предприятия, занимающиеся выращиванием семян, могут использовать автоматизированную систему для создания лучших сортов сахарной свеклы с высоким содержанием сахарозы.

УДК 625.7.08

МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ГЕОРАДАРНОАКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОЧНОСТИ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Громыко А.В., Романов А.Ф., Ходасевич А.И., Чернобай И.А.

*Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем
имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета
Минск, Республика Беларусь*

Разработанный авторами георадарно-акустический метод измерений прочности дорожных покрытий основан на измерении модуля упругости E слоев дорожного покрытия

путем измерения скоростей распространения v_1 , v_2 , ..., v_n акустических колебаний в каждом слое покрытия по параметрам распространения радиолокационных сигналов, отраженных от

границ слоев дорожных покрытий [1-4]. Модуль E_n определяется с учетом плотности ρ_n контролируемого покрытия, также определяемой по скорости акустических колебаний:

$$E_n = \rho_n \cdot v_n^2. \quad (1)$$

Измерения скорости распространения акустических колебаний реализуется по временам распространения $T_{P1}, T_{P2}, \dots, T_{Pn}$ акустических волн, определяемым по моментам выделения фазоамплитудных флуктуаций отраженных радиолокационных сигналов от каждой границы между слоями, вибрирующей в соответствии со сдвигом фаз, вызванным распространением акустических волн от излучателя через контролируемые покрытия. На основании полученных результатов для времен распространения вычисляются скорости распространения акустических волн в первом, втором, третьем ... и n -м слоях:

$$v_1 = \frac{l_1}{T_{P1}}; v_2 = \frac{l_2}{T_{P2} - T_{P1}}; \dots; \\ v_n = \frac{l_n}{T_{Pn} - T_{Pn-1}}, \quad (2)$$

где l_1, l_2, \dots, l_n - толщины каждого слоя, измеряемые посредством отраженных радиолокационных сигналов по следующим формулам:

$$l_1 = \frac{c_0 t_1}{2\sqrt{\xi_1}}; \quad l_2 = \frac{c_0(t_2 - t_1)}{2\sqrt{\xi_2}}; \dots; \\ l_n = \frac{c_0(t_n - t_{n-1})}{2\sqrt{\xi_n}}, \quad (3)$$

где c_0 - скорость распространения электромагнитной волны в вакууме; t_1, t_2, \dots, t_n - отметки времени в наносекундах, измеряемые радиолокационным сигналом от момента времени излучения радиолокационного импульса до момента его приема при отражении от каждой границы между слоями дорожной одежды; $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ - величины диэлектрической проницаемости слоев.

Однако проведенные испытания показали, что метод наряду с его перспективностью имеет определенные ограничения за счет внешних помех, связанных со скоростью сканирования автомобильной дороги. Поэтому предложен эффективный метод компенсации динамических погрешностей георадарноакустических измерений, дающий возможность компенсировать влияния случайных и повторных отражений радиолокационных сигналов от любых конструктивных элементов, случайных и систематических неоднородностей, вариации

диэлектрических проницаемостей от разных элементов конструкций и т.п., находящихся в слоях автомобильной дороги. Компенсация базируется на адаптивном принципе обработки сигналов, позволяющем измерять, накапливать и сдвигать во времени информацию об изменяющихся характеристиках объекта контроля на величину автоматически регулируемой задержки с целью постоянной поддержки в измерительной системе наивысшей эффективности компенсации для получения максимально возможной точности измерения [5].

Компенсация динамических погрешностей измерений и обеспечение высокой помехоустойчивости при достаточно большой скорости сканирования автомобильной дороги достигается применением опорного, радиолокационного сигнала. Это осуществляется следующим образом.

Адаптивная обработка сигналов георадарноакустических измерений является основой метода компенсации динамических погрешностей. Существенным методическим приемом реализации метода является то, что осуществляют предварительное опорное зондирование покрытий автомобильной дороги импульсными радиолокационными сигналами и по разности между моментами формирования шумовых фазоамплитудных флуктуаций отраженных радиолокационных сигналов от каждой границы между слоями, формируют и запоминают комплексный опорный (шумовой) георадарноакустический профиль, который представляется в виде

$$P_u(t) = \sum_{i=1}^{i=n} G(j\omega)_u, \quad (4)$$

где $i = n$ - количество границ между слоями дорожных одежд; G - функция интенсивности сигнала; $j\omega$ - комплексный спектр частот, перекрывающий диапазон резонансных частот дорожных покрытий от $i = 1$ до $i = n$.

Измерение и запоминание шумового георадарноакустического профиля $P_u(t)$ осуществляют по ходу сканирования перед основным зондированием покрытий автомобильной дороги импульсными радиолокационными сигналами. В процессе основного зондирования по разности моментов формирования фазоамплитудных флуктуаций, отраженных радиолокационных сигналов от каждой границы между слоями, находящихся под воздействием акустических волн, формируют основной георадарноакустический профиль $P_o(t)$:

$$P_o(t) = \sum_{i=1}^{i=n} G(j\omega)_o, \quad (5)$$

где $G(j\omega)_o$ – функция интенсивности основного сигнала в диапазоне частот ω .

Затем опорный (шумовой) георадарно-акустический профиль $P_u(t)$, соответствующий выражению (4), преобразуют в цифровой вид с оптимизированными весовыми коэффициентами. Этот профиль $P_u(t)$ по логике определения весового вектора с минимизацией погрешности измерений задерживают на время $\tau(n)$ в соответствии с выражением (3), причем время задержки $\tau(n)$ равно времени движения мобильного транспортного средства от центра опорного зондирования до центра основного зондирования. Параллельно формируют основной георадарноакустический профиль $P_o(t)$, соответствующий выражению (5), причем его также преобразуют в цифровой вид с теми же весовыми коэффициентами, затем из профиля $P_o(t)$ непрерывно вычитают опорный шумовой георадарноакустический профиль $P_u(t)$, причем полученный разностный георадарноакустический профиль является искомым измерительным профилем $P_u(t)$:

$$P_u(t) = \sum_{i=1}^{i=n} G(j\omega)_o - \sum_{i=1}^{i=n} G(\omega)_{uu} = \sum_{i=1}^{i=n} G(\omega)_u. \quad (6)$$

Полученный измерительный профиль, соответствующий выражению (6), обрабатывается согласно методики, позволяющей определять скорости распространения акустических волн в слоях дорожных покрытий. Для этого из $P_u(t)$ с учетом полученной по формулам (3) толщины l_1, l_2, \dots, l_n каждого слоя, измеренного посредством определения разности времен $T_{P1}, T_{P2}, \dots, T_{Pn}$ распространения отраженных от границ слоев радиолокационных сигналов с поправкой на диэлектрическую проницаемость слоя, вычисляют и определяют по формулам (2) скорости v_1, v_2, \dots, v_n распространения акустических волн в каждом слое дорожной одежды. По полученным величинам скорости распространения акустических волн уточняют

плотность материала слоев и вычисляют по формулам (1) модуль E_1, E_2, \dots, E_n в каждом из этих слоев, по которым оценивают и определяют их прочности.

1. Чернобай, И.А. Совершенствование георадарной технологии для определения качества автомобильных дорог / А.В. Громько, А.Ф. Романов, А.И. Ходасевич, И.А. Чернобай // Материалы 4-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение-2011». – Минск, 2011. – С.295-296.

2. Чернобай, И.А. Георадарноакустическая аппаратура экспресс-контроля качества покрытий автомобильных дорог / А.Ф. Романов, А.И. Ходасевич, И.А. Чернобай // Достижения физики неразрушающего контроля: сб. научн. тр. / Под ред. Н.П. Мигуна. – Минск, 2013. – 380 с. С. 296-304.

3. Чернобай, И.А. Функционирование георадарноакустического комплекса по определению прочности слоев автомобильных дорог / А.Ф. Романов, А.И. Ходасевич, И.А. Чернобай // Достижения физики неразрушающего контроля: сб. научн. тр. / Под ред. Н.П. Мигуна. – Минск, 2013. – 380 с. С. 305-311.

4. Чернобай, И.А. Исследование точности функционирования георадарноакустического аппаратного комплекса по определению прочности дорожных покрытий / А.В. Громько, А.Ф. Романов, А.И. Ходасевич, И.А. Чернобай // Материалы третьей Международной научно-практической конференции «Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния». – Минск, 28-29 апреля 2015. – С. 208-213.

5. Теоретическое обоснование и реализация метода компенсации динамических погрешностей георадарноакустических измерений с разработкой аппаратного комплекса для мониторинга покрытий автомобильных дорог: отчет о НИР (заключ.) / НИУ «Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко» БГУ; рук. И.А. Чернобай; исполн.: Ходасевич А.И., Романов А.Ф., Громько А.В., Лисименко И.Ф., Позняк Н.К. [и др.]. – Минск, 2015. – 82 с. – № ГР 20143701.