

## ВОПРОСЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЯМР-СПЕКТРОМЕТРА

Даниленко А.Ф., НТУ “ХПИ”,  
Дьяков А.Г., ХГАТП, г. Харьков

Одним из самых современных методов исследования пищевых продуктов являются исследования с помощью спектрометра ЯМР. В основе метода лежит воздействие электромагнитного поля на вещество, что позволяет оценить состояние воды в продуктах. Для получения необходимой информации используются различные виды воздействия импульсных последовательностей. В большинстве случаев используется так называемый двухимпульсный метод Хана.

При использовании данного метода, для воздействия на ядра атома водорода на образец подаются последовательно два радиочастотных импульса с интервалом  $\tau$ , после прохождения которых в момент времени  $2\tau$  наблюдается ответный эхо-сигнал.

Амплитуда ответного эхо-сигнала определяется выражением:

$$A(t) = A_0 \exp\left(\frac{-2t}{T_2} - \frac{2}{3} \gamma^2 G^2 D t^3\right)$$

где  $A_0$  – максимальное значение сигнала эхо;  $T_2$  – время спин-спиновой релаксации;  $\gamma$  – постоянная гиромагнитного отношения;  $G$  – градиент магнитного поля в образце;  $D$  – искомый коэффициент самодиффузии в исследуемом веществе.

Обычно при проведении исследований предполагают, что вторым слагаемым можно пренебречь что упрощает вычисление величины  $T_2$ . Кроме того значительно упростить аппаратную реализацию измерительной системы

При проведении исследований пищевых продуктов оказалось, что во многих случаях, отбрасывание второго слагаемого из уравнения приводило к ошибочным определениям величины  $T_2$ . Это обусловлено тем, что даже при малых значениях  $\tau$  слагаемые становятся сопоставимыми.

Коэффициент, стоящий при  $\tau$  может изменяться в диапазоне 2-10, а при  $\tau^3$  может изменяться от 300 до 20000. Следовательно, при выборе  $\tau$  в пределах 0,01 – 0,1 с., влиянием второго слагаемого пренебрегать нельзя. Основным фактором, влияющим на величину  $T_2$ , является коэффициент самодиффузии  $D$ . Для исключения влияния коэффициента самодиффузии  $D$  при исследовании маловязких образцов необходимо использовать малые временные отрезки между импульсами. Однако, такой подход в свою очередь усложняет проведение исследований из-за малых значений измеряемых амплитуд на фоне действия помех.

С целью повышения точности определения  $T_2$  предложено использовать модифицированную последовательность импульсов, которая позволит снизить влияние коэффициента  $D$ . На основе анализа требований к многоимпульсному методу и точности измерения параметров обоснована и предложена структура системы управления спектрометром ЯМР.