

## РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ ВЯЗКОСТИ САХАРНОГО СИРОПА В ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА СИРОПА В ПРОИЗВОДСТВЕ КАРАМЕЛИ

Бей С.В., магистрант; Корнев В.Д., к.т.н., доц.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

### Общая постановка проблемы

Карамель по объему производства среди различных видов кондитерских изделий занимает одно из первых мест. Существующие способы получения карамельной массы состоят из двух самостоятельных стадий: приготовление сиропа и уваривание его до получения массы требуемой влажности (концентрации). Свойства карамельной массы определяются прежде всего составом и свойствами карамельного сиропа. [1]

Продукцию высокого качества можно выпустить только при соблюдении технологического режима производства и своевременном исправлении всех возможных отклонений. Для этого нужна постоянная оперативная информация о ходе технологического процесса.[4] Процесс приготовления сиропа состоит из 2-х операций: растворение сахара и уваривание полученного сиропа до нужной концентрации.[1]

Большое значение в карамельном производстве имеет вязкость сиропа. Вязкость сиропа подчиняется закону внутреннего трения Ньютона, который связывает касательное напряжение внутреннего трения  $\tau$  (вязкость) и изменение скорости среды  $v$  в пространстве  $\partial v / \partial n$  (скорость деформации):  $\tau = \eta \cdot \frac{\partial v}{\partial n}$ . [3]

Чем выше вязкость сиропа, тем меньше карамель подвержена кристаллизации при остывании – засахариванию. Высокая вязкость способствует поддержанию карамельной массы в аморфном состоянии.[1] Поэтому важно контролировать именно этот параметр для получения продукта высокого качества.

### Постановка задачи исследования

При большом многообразии существующих методов для измерения вязкости сахарного сиропа наиболее подходит ротационный способ измерения. К его преимуществам относятся: достаточно простая конструкция, воплощающая метод, пригодность для работы в широких интервалах температур и давлений, а также возможность автоматизировать процесс. Вискозиметры, работа которых основана на этом методе, позволяют производить измерения в диапазоне до  $10^3$  Па·с.

Сущность ротационных методов заключается в том, что исследуемую жидкость помещают в зазор между двумя поверхностями правильной геометрической формы. Одна из поверхностей приводится во вращение с постоянной скоростью. При этом вращательное движение передается жидкостью к другой поверхности. Согласно методу предполагается отсутствие проскальзывания жидкости у поверхностей. Момент вращения, передаваемый от одной поверхности к другой, является мерой вязкости жидкости.[2]

В настоящее время наиболее распространены вискозиметры электро-ротационные: цилиндр, погруженный в вязкую среду, приводится во вращение электродвигателем. Вращающийся с постоянной скоростью ротор вискозиметра при погружении в жидкость или расплав встречает сопротивление равномерному

вращательному движению, на валу двигателя возникает тормозящий момент, прямо пропорциональный вязкости среды, что вызывает соответствующее изменение характеристик работы двигателя.

### Решение задачи, результаты исследований

В электро-ротационных вискозиметрах чаще всего используют постоянную скорость вращения, но при таком измерении момент прямо пропорционален вязкости, которая может изменяться в несколько десятков раз:

$$M = \eta \cdot K \cdot \omega, \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент для разных типов, рассчитывается один раз и остается неизменным,

$\omega$  – угловая скорость вращения ротора.

Изменение момента может вызвать нестабильную работу электродвигателя, что повлечет нарушение ламинарного потока и вызовет повышения касательного напряжения  $\tau$ . Поэтому для поддержания постоянного момента необходимо изменять скорость вращения с изменением вязкости. Так, при больших вязкостях скорость должна понижаться, а при малых вязкостях – повышаться.

В качестве чувствительного элемента можно использовать асинхронный исполнительный микродвигатель АД с тахогенератором ТГН. Двигатель через редуктор РЕД вращает ротор в измеряемой жидкости. Контроль частоты вращения ротора осуществляется с помощью тахогенератора, сигнал с тахогенератора поступает на АЦП и идет на контроллер К. Изменение частоты вращения осуществляется с помощью частотного преобразователя ЧП и преобразователя напряжения ПН. Для того чтобы момент двигателя при изменении частоты вращения оставался постоянным, контроллер изменяет частоту  $f$  и напряжение  $U$  закону:

$$\frac{U}{f} = const. \quad (2)$$

Если регулировать частоту тока и напряжения, соблюдая указанное условие, то механические характеристики двигателя будут оставаться жесткими, а максимальный момент - почти не зависящим от частоты (он существенно изменится лишь при относительно низких частотах). Крутящий момент двигателя вычисляется как отношение полезной мощности  $P_{пол}$  к скорости вращения ротора (6):

$$M = \frac{P_{пол}}{\omega} \quad (3)$$

Полезная мощность равна произведению КПД и полной потребляемой мощности  $P$ :

$$P_{пол} = \eta_{кпд} \cdot P \quad (4)$$

Скорость вращения ротора асинхронного исполнительного двигателя зависит от частоты электрического тока  $f$  и от скольжения двигателя  $s$ :

$$\omega = \frac{f \cdot 60 \cdot (1 - s)}{p} \quad (5)$$

где  $p$  – число пар полюсов двигателя.

Учитывая, что потребляемая мощность равна  $P$ , и подставляя выражения (4) и (5) в (3), получим

$$M = \frac{P \cdot \eta_{\text{кпд}} \cdot U \cdot I}{f \cdot 60 \cdot (1 - s)}. \quad (6)$$

Ток нагрузки измеряется измерительным преобразователем ИПТ и регистрируется контроллером (рис. 1).

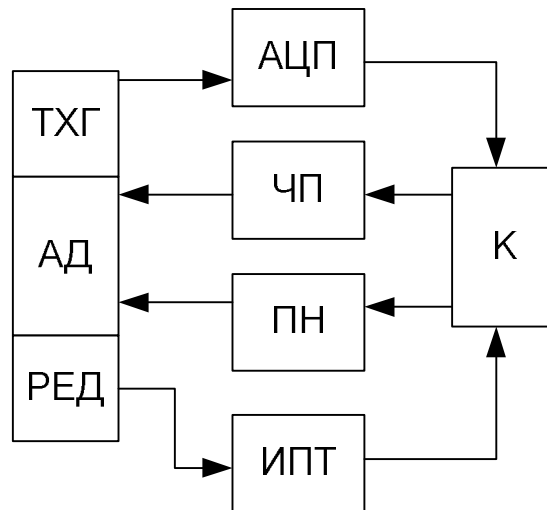


Рисунок 1 – Структурная схема канала измерения вязкости

Приравнивая (1) и (6) и выражая вязкость, получим

$$\eta = \frac{p \cdot \eta_{\text{кпд}} \cdot U \cdot I}{60 \cdot (1 - s) \cdot K \cdot f \cdot \omega}, \quad (7)$$

Контроллер К, меняя скорость вращения ротора с помощью частоты тока и напряжения, измеряет ток и поддерживает постоянный момент; вязкость он определяет путем измерения скорости вращения ротора тахогенератором.

#### Выводы

1. Разработана структурная схема канала измерения вязкости.
2. При измерении вязкости для поддержания постоянного момента необходимо изменять скорость вращения с изменением вязкости, меняя частоту тока  $f$  и напряжение  $U$ .

#### Перечень ссылок.

1. Лурье И.С. Руководство по технологическому контролю в кондитерском производстве. — М.: Пищевая промышленность. — 1978.— 278 с.
2. Кузнецов О.А. Реология пищевых масс: Учебное пособие. / Волошин Е.В., Сагитов Р.Ф. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. - 106 с.
3. Степанова И.В. Вязкость жидких сред: учебное пособие. / Тарасов А.В. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения – 2006. – 37 с.
4. Кузнецова О.Н. Автоматизированная система контроля параметров сахарных растворов кондитерского производства // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, випуск 3. / Коренев В.Д., Зори А.А. — Донецьк: ДонНТУ, 1999. — С.370–375.