

РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЫМОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

Шахов С.В.¹, Мальцева О.В.¹, Ткачев О.А.¹, Сухарев И.Н.¹, Шубкин С.Ю.¹

¹ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия (394036, Воронеж, пр. Революции, 19), e-mail: i.suxarev@yandex.ru

В последние годы возрос интерес исследователей к копченым изделиям. Одним из перспективных направлений в области копчения является изменение вкуса и аромата продукции при помощи натурального дымного копчения, что обеспечивает увеличение сроков хранения и расширение ассортимента продукции. Разработанная конструкция установки позволяет не только производить процесс копчения в широких диапазонах температур, но и получать однородную и стабильную дымовоздушную смесь, которая насыщает ароматом дыма поры продукта. Для решения задач, связанных с обеспечением высокой эффективности копчения, необходима разработка нового вспомогательного оборудования, которое может измерить плотность дымовоздушной смеси, что обеспечивает проникновение копильных частиц внутрь продукта путем устранения лимитирующих факторов на их пути. Представленный датчик оптической плотности полностью отвечает современным тенденциям развития пищевой промышленности. Разработанный датчик оптической плотности позволяет производить замер плотности дымовоздушной смеси с более точными показаниями. Для данного датчика предусмотрен специальный алгоритм калибровки; он избегает осаждения копильных веществ на оптических поверхностях за счет того, что излучатель и приемник заключены в цилиндрический корпус с отверстиями для прохода светового пучка и в корпуса с небольшим расходом, ограниченным дросселем, подается воздух, создавая внутри небольшое избыточное давление и препятствует тем самым попаданию копильных веществ во внутреннее пространство. Также датчик подключается к персональному компьютеру с установленным специальным программным обеспечением для передачи результатов. Все настройки и конфигурации прибора выполняются с персонального компьютера. Данный датчик служит вспомогательным инструментом для лабораторных опытов для улучшения качества копченых изделий.

Ключевые слова: датчик оптической плотности, дымовоздушная среда, яркость фоновой засветки, дымогенерация, индуктивная энергия, алгоритм калибровки.

DEVELOPMENT OF THE SENSOR OF OPTICAL DENSITY

Shakhov S.V.¹, Maltceva O.V.¹, Tkachyov O. A.¹, Sukharev I.N.¹, Shubkin S.Y.¹

¹FSBEI HPE «Voronezh state university of engineering technologies», Voronezh, Russia (394036, Voronezh, Revolution Ave., 19), e-mail: i.suxarev@yandex.ru

In recent years the interest of researchers to smoked products. One of the promising directions in the field of Smoking is changing the taste and fragrance products using natural smoky smoked that provides increased retention and expansion of its product range. Developed the design of the system allows not only to make the process of Smoking in a wide range of temperatures, but also to obtain a homogeneous and stable smoke blend that nourishes the smell of smoke from the pores of the product. To solve problems associated with achieving high quality of Smoking is necessary to develop new accessories, which can measure the smoke density of the mixture, which allows the penetration of smoke particles inside the product, by removing the limiting factors in their way. Presents the optical density sensor corresponds to the modern trends of development of food industry. Developed by the optical density sensor allows to measure the density of smoke mixed with more precise readings, the sensor contains a special algorithm calibration and it avoids the deposition of Smoking substances on optical surfaces, due to the fact that the emitter and receiver are prisoners in a cylindrical body with openings for the passage of the light beam and in buildings with low flow, limited throttle, air is blown inside creating a slight positive pressure and thereby prevents the ingress of smoke substances into the inner space. Also the sensor is connected to a personal computer with installed special software for transferring results, all settings and configuration of the device are performed with a personal computer. This sensor serves as an auxiliary tool for laboratory experiments for improving the quality of smoked products.

Keywords: sensor of optical density, air-flue environment, brightness of a background flare, dymogeneration, inductive energy, algorithm of calibration

Для создания систем управления различными процессами необходимы устройства, способные преобразовывать различные физические величины в электрические сигналы. Такие устройства и называются датчиками. Поскольку величин, которые необходимо измерять в различных системах, существует множество, то и различных типов датчиков выпускается довольно много. Выходные электрические сигналы датчиков могут принадлежать к различным стандартам, поэтому вместе с собственно датчиками часто используются преобразователи, трансформирующие сигнал датчика в необходимый электрический интерфейс [1, 2].

Датчик оптической плотности (колориметр) используется для измерения проницаемости света в растворе. Преимуществом светодиодных источников света является то, что они никогда не будут нагревать исследуемый раствор.

Существует множество различных конструкций приборов типа «ИОПД-24», «LASD-1-2», «ИКВЧ» и иных, недостатками которых являются сложность конструкции, большие габариты, довольно высокая стоимость. Кроме того, при длительном контакте с дымовоздушной смесью их поверхность очень быстро загрязняется, что снижает точность их измерений. Все эти недостатки снижают возможность применения приборов-фотометров при исследованиях процессов дымогенерации и копчения. Разработанная конструкция (рис. 1) позволяет решать большинство перечисленных проблем [3, 5].

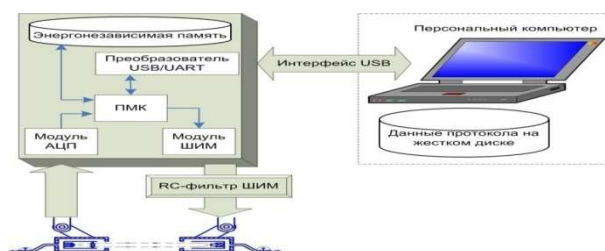


Рис. 1. Структурная схема датчика

Материалы и методы

Датчик оптической плотности дымовоздушной смеси (рис. 1) состоит из выносного измерительного блока, размещаемого в трубопроводе подачи дыма (или непосредственно в коптильной камере), микропроцессорного блока, выполняющего обработку полученных сигналов и передачу результатов на персональный компьютер (ПК) с установленным специальным программным обеспечением (ПО).

Предлагаемый датчик используется в основном в исследовательских целях, поэтому в нем предусмотрены собственные элементы индикации (табло, дисплей и т.п.), а также настройки прибора выполняются с ПК при помощи специального программного обеспечения для снижения себестоимости датчика.

Главное окно программы работы с датчиком (рис. 2) включает в себя область

отображения данных (график), индикаторы величины текущего значения оптической плотности и уровня мощности, на который включен световой излучатель (лазерный модуль), а также панель настроек.

Интерфейс программного обеспечения имеет возможность изменять мощность лазерного излучателя, обеспечивая большой диапазон измерения. Данные, полученные датчиком во время изучения оптической плотности исследуемой среды, представлены на мониторе персонального компьютера в виде графика, а также сохраняются в текстовом файле. При этом полученные данные можно перенести в стандартные программы типа MS Excel, MathCAD, MathLAB и иные для их дальнейшей обработки.

Измерительный преобразователь представляет собой расположенные друг напротив друга излучатель и приемник светового пучка. В качестве излучателя применяется лазерный модуль, а в качестве приемника – фотодиод [4].

При длительной работе датчика в дымовоздушной среде возникает проблема загрязнения его посредством осаждения копильных веществ на оптическую поверхность. Для устранения загрязнения и соответственно для более длительной работы излучатель и приемник помещены в цилиндрический корпус с отверстиями для прохода светового пучка. В корпус подается воздух, создавая внутри избыточное давление, тем самым он не дает копильным веществам попадать во внутреннее пространство. При этом оптические поверхности излучателя и приемника остаются чистыми на протяжении всего периода эксплуатации прибора.



Рис. 3. Экранная форма главного окна программы работы с датчиком

В процессе работы датчика оптической плотности возможно появление погрешности в измерениях из-за постороннего фонового света. Кроме того, исследуемая среда, даже при нулевом уровне анализируемого компонента, может иметь некоторую оптическую плотность, которая также будет вызывать неточности в результатах измерений. Для получения более точных показаний и уменьшения влияния различных посторонних факторов в программном обеспечении

датчика предусмотрен специальный алгоритм калибровки (рис. 3).

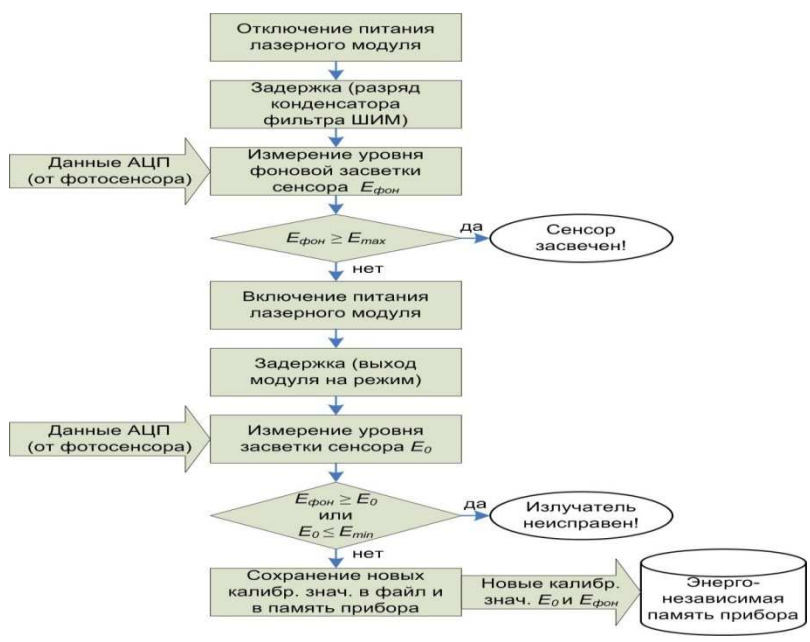


Рис. 2. Алгоритм калибровки датчика

При отключении лазерного модуля и яркости E_0 с нулевой концентрацией интересующего нас компонента в исследуемой среде алгоритм предусматривает измерения яркости фоновой засветки $E_{фон}$. Значение E_0 обязано превышать значение $E_{фон}$ на определенную величину. Если этого не происходит, то поступает сигнал, сигнализирующий о неисправности датчика и невозможности дальнейшего продолжения работы. В памяти прибора сохраняются величины E_0 и $E_{фон}$ и используются при дальнейшей работе прибора. Оптическую плотность исследуемой среды C_{opt} в ходе работы датчика рассчитывают по следующей зависимости (1):

$$C_{opt} = \left(1 - \frac{E_{тек} - E_{фон}}{E_0 - E_{фон}} \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

В таблице 1 приведено соответствие показаний оптического датчика (оптической плотности, %) и массовой концентрации копильных компонентов в газовой фазе дымовоздушной смеси.

Таблица 1

Соответствие оптической плотности реальным значениям концентрации копильных веществ

Оптическая плотность, %	Концентрация копильных веществ, г/м ³
20	0,12
25	0,33

30	0,53
35	0,75
40	0,91

На экспериментальной установке (рис. 4) с использованием оптического датчика (рис. 1) были выявлены в процессе дымогенерации закономерности изменения оптической плотности от мощности индуктивного нагрева [6].

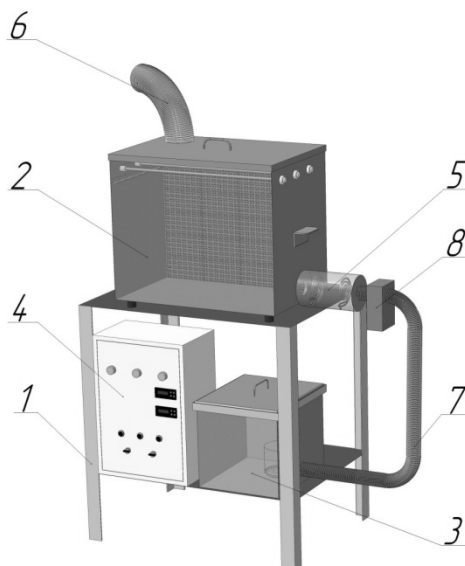


Рис. 4. Лабораторная установка для насыщения ароматом дыма продуктов с развитой структурой

1 – рама; 2 – коптильная камера; 3 – дымогенератор; 4 – пульт управления; 5 –нагреватель; 6 –патрубок, соединенный с эжекторным вакуум-насосом; 7 – трубопровод для подачи дыма; 8 – датчик оптической плотности

Результаты и обсуждение

При изучении экспериментальных кривых (рис. 5) видно, что при мощности $P \approx 0,8$ кВт источника индуктивной энергии наблюдается максимальный показатель оптической плотности получаемой дымовоздушной смеси.

При изучении зависимостей оптической плотности дыма от скорости движения воздушной смеси с различной мощностью источника индуктивного подвода энергии видно, что оптическая плотность возрастает при увеличении скорости до 1,5 м/с, а затем падает. Это объясняется недостаточной скоростью образования коптильных компонентов при превышении скорости движения воздушной смеси 1,5 м/с, т.е. имеет место разбавление дымовоздушной смеси свежим воздухом.

Такая закономерность проявляется при различной мощности источника индуктивного подвода энергии.

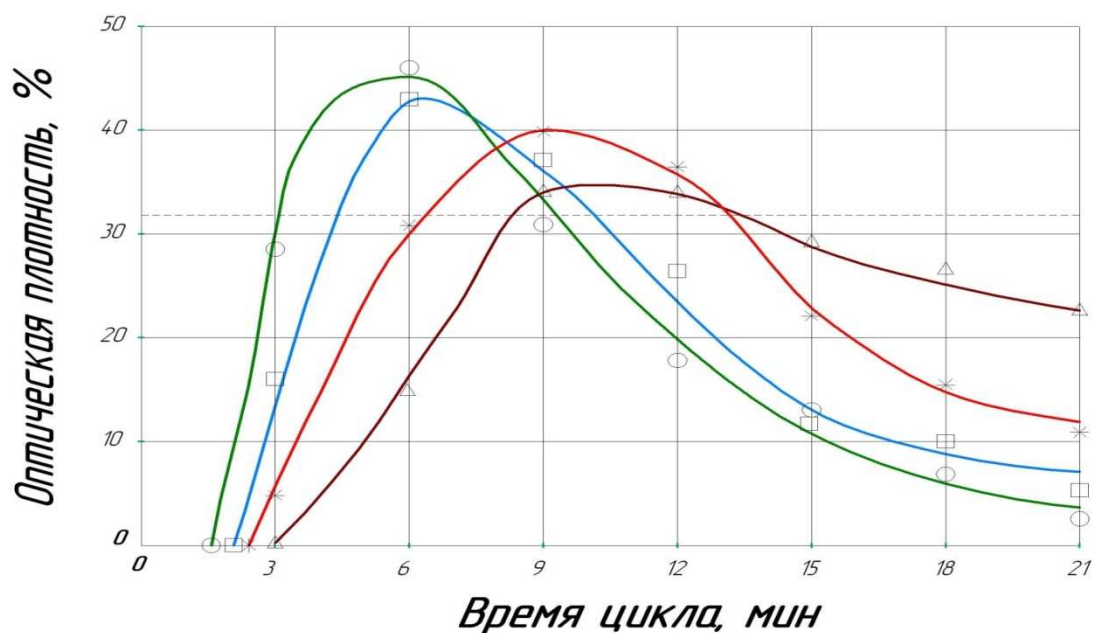


Рис. 5. Зависимость оптической плотности дыма при различной мощности источника индуктивного подвода энергии:

-O- – 1,25 кВт; -□- – 1,0 кВт; -* - 0,75 кВт; -Δ- – 0,5 кВт

Данный датчик оптической плотности имеет следующие преимущества:

1) позволяет в процессе продолжительной работы в дымовоздушной среде предотвращать проблемы осаждения копильных веществ на оптических поверхностях за счет того, что излучатель и приемник заключены в цилиндрические корпуса с отверстиями для прохода светового пучка; в корпуса с небольшим расходом, ограниченным дросселем, подается воздух, создавая в них небольшое избыточное давление и препятствуя тем самым попаданию копильных веществ во внутреннее пространство;

2) позволяет оставлять чистыми поверхности излучателя и приемника на протяжении всего периода эксплуатации прибора;

3) исключает ситуации, при которых появляются погрешности в измерениях; для устранения влияния данных факторов в ПО датчика предусмотрен специальный алгоритм калибровки;

4) не имеет сложную конструкцию;

5) не имеет большие габариты;

6) довольно низкая стоимость.

Список литературы

1. Антипов С.Т. Модернизация дымогенератора установки для копчения и термической обработки рыбных продуктов [Текст] / С.Т. Антипов, С.В. Шахов, С.Ю. Китаев // Прогрессивные технологические процессы обработки рыбы и морепродуктов: межвуз. сб. науч. тр. – Калининград: Калининградский гос. технич. унив. – 2002. – С. 41–44.

2. Горбатков С.А. Химические аппараты с индукционным обогревом [Текст] / Кувалдин А.Б., Минеев В.Е., Жуковский В.Е.– М.: Химия, — 1985. — 176 с.
3. Гордон Л.В., Скворцов С.О., Лисов В.И. Технология и оборудование лесохимических производств. М.: Лесная промышленность, — 1988. – 360 с.
4. Кольцов И.С., Ткачев О.А., Шахов С. В., Сухарев И.Н, Шубкин С.Ю. Разработка лабораторной установки для насыщения продуктов ароматом дыма в осциллирующих режимах // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5 (ч. 1). – С. 163–164.
5. Мальцева О.В. Использование индуктивного подвода энергии при дымогенерации [Текст] / О.В. Мальцева, С.Ю. Китаев // Материалы XLVII отчет. науч. конф. / Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 2008. — Ч. 2. — С. 42.
6. Павлов Н.А. Инженерные тепловые расчеты индукционных нагревателей [Текст] / Н.А. Павлов – М.: Энергия, 1978. —120 с.

Рецензенты:

Глотова И.А., д.т.н., профессор, заведующая кафедрой технологии переработки животноводческой продукции ФГОУ ВПО Воронежского ГАУ, г. Санкт-Петербург;

Алексеев Г.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой процессов и аппаратов пищевых производств университета ИТМО, г. Воронеж.