

Р.А. СИМОНЯН, А.Г. ГУЛЯН, Э.Г. ВЕЗИРЯН,
О.А. МАРТИРОСЯН, О.Ж. СЕВОЯН

РАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ИК ДИАПАЗОНА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Описано радиометрическое устройство в составе высокочувствительного радиометра и источника стабильного модулированного излучения инфракрасного (ИК) диапазона. Приведены результаты измерения величин коэффициентов передачи и диффузного отражения ряда масломолочных продуктов и жидкостей. На основе этих измерений делается заключение о целесообразности определения качества и состава масломолочных продуктов и ряда жидкостей при помощи коэффициентов передачи и диффузного отражения ИК лучей

Ключевые слова: ИК радиометр; чувствительность, поглощение, отражение, жидкость, качество.

Как известно, высокочувствительные радиометры инфракрасного диапазона получили применение в системе тепловидения [1]. В [2] описано устройство, в котором при помощи радиометра ИК диапазона определяется проницаемость мякоти при исследовании динамики созревания плодов.

В настоящей работе описано радиометрическое устройство для исследования коэффициента передачи или диффузного отражения лучей ИК диапазона в ряде масломолочных продуктов, жидкостей, растворов с целью определения их качественных показателей или состава. Эти исследования особенно ценны в настоящее время, когда в продаже появляются пищевые продукты сомнительного происхождения и качества, с достаточным уровнем имитации внешних атрибутов (цвет, аромат) качественных продуктов известных фирм.

Структурная схема устройства приведена на рис 1.

Радиометрическое устройство состоит из двух основных узлов – узла получения стабильных модулированных излучений ИК диапазона и высокочувствительного радиометра. Устройство работает следующим образом. От источника 1 импульсы однополярного тока проходят через излучающий диод 2, который генерирует модулированное излучение в ИК диапазоне. Часть излучения отражается от полупрозрачного зеркала 3 и попадает в окно фотодиода 4 канала стабилизации мощности излучения. Другая часть после прохождения через зеркало 3 частично поглощается в кювете 9 исследуемой жидкости и попадает в окно фотодиода 10 канала измерения. Напряжение излучения, преобразованное в электрический ток фотодиодом 10, после малошумящего усилителя 11 преобразуется в напряжение постоянного тока синхронным детектором и фильтром 12 и измеряется цифровым вольтметром 13.

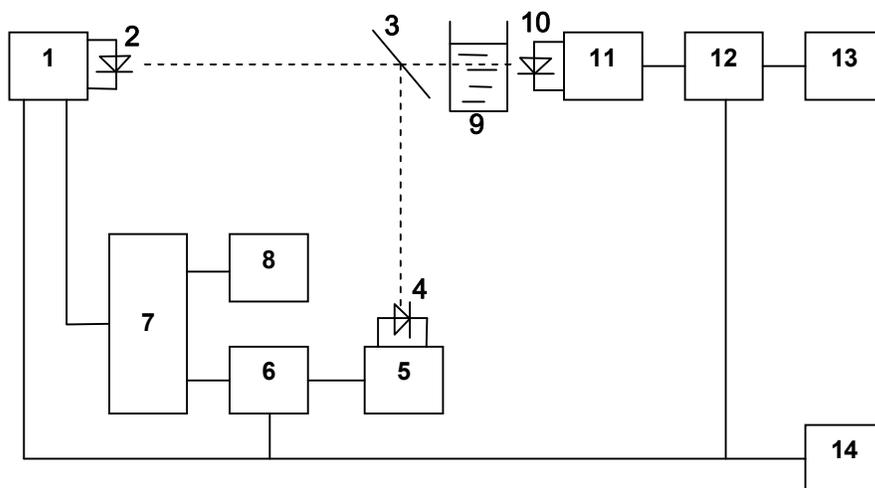


Рис. 1. Структурная схема радиометрического устройства:

1- модулируемый источник света, 2- излучающий диод, 3- полупрозрачное зеркало, 4- фотодиод 1 канала стабилизации мощности излучения, 5- усилитель 1 канала стабилизации мощности излучения, 6- синхронный детектор и фильтр канала стабилизации мощности излучения, 7- дифференциальный усилитель, 8- источник напряжения постоянного тока, 9- кювета с исследуемой жидкостью, 10 - фотодиод 2 канала измерения, 11- малозумящий усилитель канала измерения, 12- синхронный фильтр и детектор канала измерения, 13- регистрирующий прибор (цифровой вольтметр), 14- генератор меандра

Стабилизация мощности излучения производится следующим образом. Выходной сигнал фотодиода 4 после усилителя переменного тока 5 преобразуется в напряжение постоянного тока синхронным детектором и фильтром 6, после чего подается к одному из входов дифференциального усилителя постоянного тока 7. Ко второму входу усилителя 7 подается опорное напряжение постоянного тока источника 8. Выходное напряжение, пропорциональное усиленной разности входных напряжений усилителя 7, управляет током излучающего диода 2 так, что любое изменение мощности излучения (от температуры, от старения излучающего диода) полностью компенсируется.

Модуляция потока ИК излучения и управление ключами синхронных детекторов и фильтров 6 и 12 осуществляются генератором меандра 14.

В функциональной схеме не показана оптическая часть устройства, необходимая для формирования параллельных лучей, падающих на полупрозрачное зеркало 3, а также оптика для фокусировки лучей на приемные площадки фотодиодов 4 и 10.

Конструктивно радиометрическое устройство выполнено в виде основного блока, где размещены все измерительно-преобразовательные узлы (синхронные детекторы-фильтры, генератор меандра, цифровой вольтметр и т.д.), и двух выносных головок. Первая из выносных головок предназначена для

измерения коэффициента пропускания материалов, а вторая – для измерения уровня мощности диффузного отражения.

В выносной головке установлены излучающий диод ИК диапазона 2, источники тока питания диодов 1, фотоприемные диоды 4 и 10, предусилители к усилителям 5 и 11. Кроме того, в головке измерителя коэффициента пропускания имеется место для установки кюветы 9 (между зеркалом 9 и фотодиодом 10), а для головки измерителя уровня отраженного луча обеспечивается выход лучей (после зеркала 3) в окружающую среду; имеется также окно для входа отраженных лучей. Оси падающих и отраженных лучей пересекаются вне головки, и угол между ними составляет 90° , а окно для падающих и отраженных лучей закрыто тонким и прозрачным для ИК диапазона материалом.

Обе выносные головки конструктивно выполнены так, чтобы обеспечить полную развязку между лучами канала стабилизации мощности и каналом измерения.

Таким образом, радиометрический комплекс измеряет чрезвычайно малые уровни мощности ИК излучения, полученные после затухания в измеряемой среде (или после диффузного отражения) благодаря применению малошумящего усилителя и сверхузкополосного каскада, реализованного в виде синхронного фильтра и детектора [3]. Отметим также, что система, благодаря очень узкой полосе приема полезного сигнала, обладает высокой помехоустойчивостью и устойчивостью к изменениям частот генератора меандра.

Параметры разработанного устройства следующие:

- коэффициент пропускания – $1 \dots 0,98 \cdot 10^{-5}$;
- коэффициент передачи отраженной мощности – $0,8 \dots 0,9 \cdot 10^{-5}$;
- длина волны излучения – $0,94 \text{ мкм}$;
- постоянная времени синхронного детектора – 3 с ;
- разрядность цифрового вольтметра – 3, 5;
- питание прибора – $220\text{В} \pm 10\%$;
- мощность потребления – 10 Вт .

Отметим, что коэффициент пропускания измеряется относительно уровня измеренной мощности при пустой кювете в измерительной камере, а уровень отраженного сигнала - относительно уровня мощности, когда в точке пересечения оси падающих лучей и оси фотоприемника установлена заранее калиброванная пластинка с 45° -ым наклоном площади относительно падающих лучей.

Для измерения жидкостей применялась кювета, имеющая окна из сапфира толщиной $0,5 \text{ мм}$. Для измерения коэффициента пропускания материалов, не имеющих текучести (масло, маргарин, сыр), применялась очерненная изнутри трубочка, имеющая плоскопараллельные полированные торцы, которые закрывались прозрачными окнами. Для измерения мощности диффузного отражения материал вдавливался в область пересечения диаграммы направленности падающих лучей и фотоприемника так, чтобы толщина слоя материала была достаточна для обеспечения полного поглощения лучей в измеряемой среде. Экспериментально найдено, что толщина слоя измеряемого

материала (масло, маргарин, сыр) составляет примерно 1 см. Отметим также, что во время измерения наличие незначительных воздушных зазоров или пузырьков может внести существенные погрешности в измерения (как в случае измерения проходного затухания, так и в случае коэффициента диффузного отражения).

Для оценки возможностей разработанного радиометрического комплекса были измерены ряд жидкостей и растворов, коэффициенты передачи масломолочных продуктов, коэффициенты диффузного отражения масломолочных продуктов, зависимость коэффициента передачи ИК лучей этих же продуктов от температуры.

В табл. 1 приведены величины коэффициента передачи растительных масел и питьевой воды. Толщина измеряемого слоя - 10 мм, температура измеряемой среды - 20°C.

Таблица 1

Материал	Калибр	Коэффициент передачи
Растительное масло №1	300	397
Растительное масло №2	300	396
Оливковое масло	300	390
Вода	300	294

Ощутимая разность в величинах коэффициента передачи между маслом и водой связана с разностью диэлектрических постоянных этих веществ и, вследствие этого, с разными величинами отраженного от переходов потока ИК излучения.

Названия всех фирм-изготовителей в данной работе пропущены и заменены цифрами, чтобы данная статья не служила рекламой (или антирекламой) для продукции данной фирмы.

В табл. 2 приведены величины коэффициента диффузного отражения для сливочных масел различного происхождения и фирм.

Таблица 2

Материал	Калибр	Толщина слоя, мм	Коефф. диффуз. отражения
Слив. масло №1	300·10 ⁻⁴	10	155·10 ⁻⁴
Слив. масло №2	300·10 ⁻⁴	10	170·10 ⁻⁴
Слив. масло №3	300·10 ⁻⁴	10	255·10 ⁻⁴
Слив. масло №4	300·10 ⁻⁴	10	262·10 ⁻⁴

В табл. 3 приведены величины коэффициента передачи смеси этилового спирта с дистиллированной водой. Отмечается строгая линейная зависимость между коэффициентом передачи и процентным содержанием количества спирта в воде.

Таблица 3

Содержание спирта в %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Коэффициент передачи	298	302	306	310	314	318	321	325	329	333

На рис. 2 приведен график зависимости коэффициента передачи смеси воды со свежим молоком, полученным от разных коров при температуре 20°C.

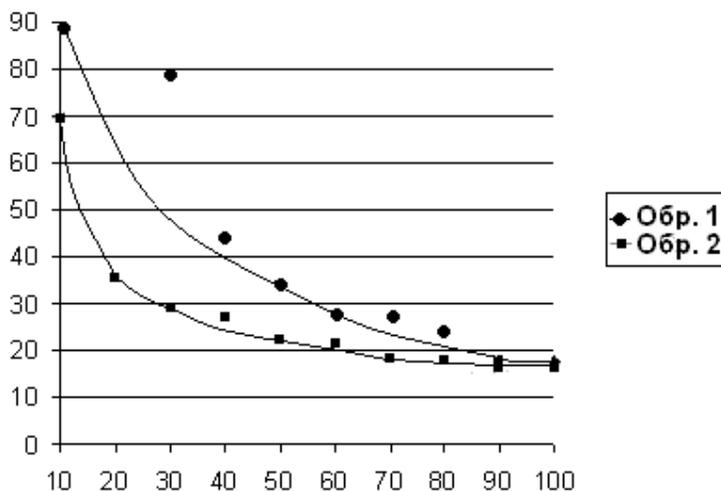


Рис. 2. Зависимость коэффициента передачи смеси воды со свежим молоком

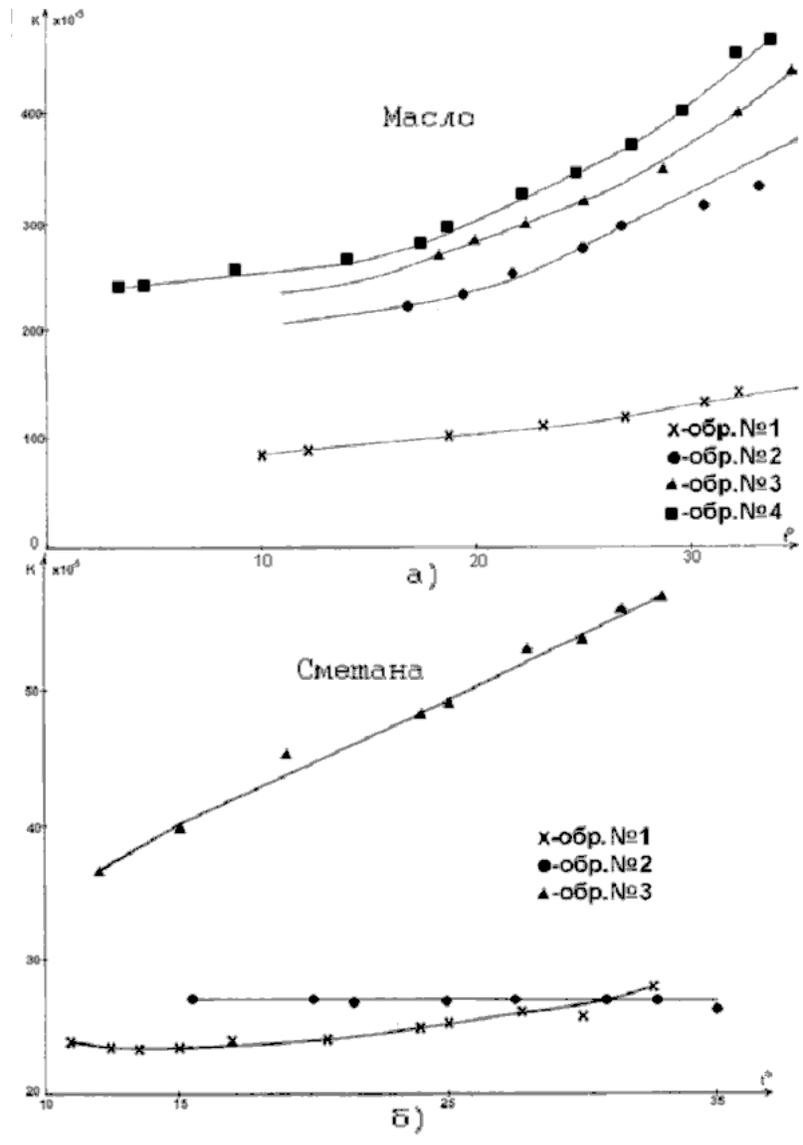
Молоко №1 отличается от №2 повышенным содержанием жира. Даже 1%-ное содержание воды приводит к заметному изменению проходного затухания.

На рис. 3 приведена зависимость коэффициента передачи различных сортов и происхождения сливочного масла, сметаны, маргарина и сыра от температуры.

Из рис. 3а видно, что масла № 2,3 и 4 имеют примерно одинаковую форму и величину температурной зависимости. Масло №1 имеет большую величину затухания из-за большого содержания микропузырьков воды и воздуха и малое содержание основного вещества.

Из рис. 3б видно, что сметаны под № 1 и 2 имеют совершенно отличающуюся от №3 температурную зависимость величины коэффициента передачи, обусловленную малым содержанием масла в сметане №3.

Из рис. 3в следует, что маргарины различных сортов имеют отличающуюся зависимость коэффициента передачи от температуры, связанную с технологией изготовления и применяемыми компонентами.



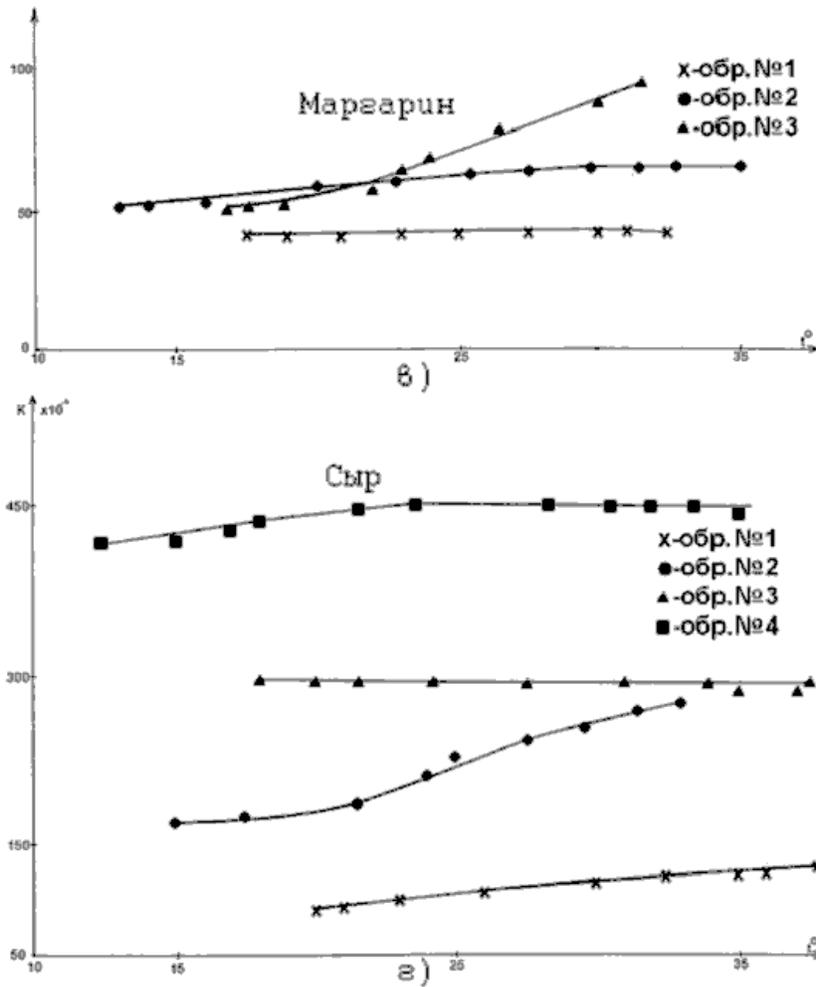


Рис. 3. Зависимость коэффициента передачи лучей ИК диапазона сливочного масла (а), сметаны (б), маргарина (в) и сыра (г) от температуры (толщина слоя 10 мм)

Из рис. 3г следует, что для сыров жидкой консистенции и коэффициента передачи решающее значение имеет содержание других компонентов, приводящих к изменению не только величины затухания, но и температурной зависимости последнего.

Проведены измерения коэффициента пропускания натурального, сфальсифицированного и искусственного меда. В результате получилась более чем 30%-я разность показаний величины этих измерений, что говорит об их достаточной информативности.

Таким образом, исследования коэффициентов пропускания и диффузного отражения масломолочных продуктов и жидкостей создают определенные

предпосылки для создания семейства специализированных приборов для экспресс-анализа качества масла, маргарина, сыра, бесконтактного измерения процента спирта в воде, измерения для выявления сфальсифицированного меда и т.д. Эти приборы могут быть разработаны в малогабаритном варианте с автономным питанием и иметь большой спрос как у покупателей сельхозпродуктов, так и в лабораториях по контролю качества за продуктами питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ллойд Дж. Система тепловидения.-М.: Мир, 1978.- 414 с.
2. Снапян Г.Г., Симомян Р.А. и др. Определение проницаемости мякоти плодов в инфракрасных лучах // Садоводство и виноградарство.- 1989. -№9. – С. 28-31.
3. Ипатов А.В., Берлин А.Б. Синхронный детектор и синхронный фильтр // Известия ВУЗов. -1973. -Т. XVI, №5 - С. 712-715.

ИРФЭ НАН РА. Материал поступил в редакцию 10.06.2006.

**Ռ.Ա. ՄԻՄՈՆՅԱՆ, Ա.Գ. ԳՈՒԼՅԱՆ, Ե.Գ. ՎԵԶԻՐՅԱՆ,
Օ.Ա. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Օ.Ժ. ՄԵՎՈՅԱՆ**

ԻՎ ՏԻՐՈՒՅԹԻ ՌԱԴԻՈՄԵՏՐԻԿ ՄԱՐԲ՝ ՄՆԴԱՄԹԵՐՔԻ ՈՐԱԿԻ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Նկարագրված է ռադիոմետրիկ սարք, որը բաղկացած է բարձր զգայնությամբ ռադիոմետրից և կայուն հզորությամբ, մոդուլացված ինֆրակարմիր [իկ] տիրույթի ճառագայթման աղբյուրից: Բերվում է սարքի նկարագրությունը, բացատրվում է աշխատանքը, բերվում են այդ սարքով կատարված չափումները՝ աղյուսակների և գրաֆիկների ձևով: Չափվել են մի շարք յուղակաթնային մթերքների և հեղուկների փոխանցման և դիֆուզիոն անդրադարձման գործակիցները: Այդ չափումների հիման վրա եզրակացվում է, որ նպատակահարմար է ԻՎ տիրույթի ալիքների կիրառումը յուղա-կաթնային մթերքների և որոշ հեղուկների որակի գնահատման և կազմի որոշման, ինչպես նաև այդ նպատակի համար անհրաժեշտ մասնագիտացված սարքերի պատրաստման համար:

Առանցքային բառեր. ԻՎ ռադիոմետր, զգայունություն, կլանում, անդրադարձում, հեղուկներ, որակ:

**R.A. SIMONYAN, A. G. GHULYAN, E.G. VEZIRYAN,
O. A. MARTIROSYAN, O.ZH. SEVOYAN**

IR RADIOMETER DEVICE FOR QUALITY CONTROL OF FOOD PRODUCTS

A radiometer device including a stable source of modulated IR radiation and a highly sensitive receiver is described. The structural diagram of the device is given and its operation is described. The results of measurements are presented in the form of IR transmission and diffusive reflection coefficients for some dairy products and liquids, organized as tables and plots. As a summary, we state that quality and composition of certain milk products, as well as some liquids may be efficiently determined by the method and special device described.

Keywords: IR radiometer, sensitivity, reflection, liquids, quality.