

Технические науки

УДК 519.2

Хорошайло Юрий Евгеньевич

*кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры
проектирования и эксплуатации электронных аппаратов
Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Khoroshaylo Yuriy

*PhD, Associate Professor,
Professor of the Engineering of Embedded Control System Department
Kharkiv National University of Radioelectronics*

Сезонова Ирина Константиновна

*кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры
компьютерно-интегрированных технологий, автоматике и механотроники
Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Sezonova Irina

*PhD, Associate Professor,
Professor of the Department of Computer-Integrated Technologies
Kharkiv National University of Radioelectronics*

Ефименко Сергей Андреевич

*аспирант
кафедры проектирования и эксплуатации электронных аппаратов
Харьковского национального университета радиоэлектроники*

Yefimenko Sergey

*Graduate Student of the
Engineering of Embedded Control System Department of the
Kharkiv National University of Radioelectronics*

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗЕРНА OPTOELECTRONIC EXPRESS QUALITY CONTROL OF GRAIN

Аннотация. Проанализирована целесообразность и преимущества применения оптоэлектронных колориметров для определения качества зерна. Дана сравнительная характеристика устройств для определения цвета, в частности, зерна. Применение цветовой оптоэлектроники в сельском хозяйстве является новым актуальным направлением исследований рассматриваемого вопроса.

Из 20 известных в наше время видов пшеницы наибольшую площадь и максимальное товарное производство зерна в нашей стране принадлежит, также, как и в других странах, мягкой и твердой пшеницы. Мягкая пшеница используется в основном для производства муки, направляемой в хлебопекарную, кондитерскую, частично в макаронную крупяную промышленность. Твердая пшеница является нужным сырьем для производства макаронных изделий. Однако основным фактором, влияющим на качество зерна мягкой и твердой пшеницы, является сорт. Все сорта мягкой пшеницы делятся на сильные, средней силы (ценные) и слабые. Цвет и внешний вид определяют путем осмотра образца в целях установления вида (культуры) зерна, его типовой принадлежности и отчасти для выявления его состояния. Зерно свежее, нормально вызревшее, убранное и хранившееся в благоприятных условиях, имеет хорошо выраженный цвет, свойственный данной культуре, типу, сорту, гладкую блестящую поверхность. Зерно, подвергавшееся подмочке, увлажнению, обычно матовое, белесоватое, а зерно пленчатых культур - потемневшее. Испорченное зерно всегда явно потемневшее, неоднородное, иногда с пятнами плесени на поверхности. Предложен наиболее экономичный и простой в использовании тип колориметра и метод определения цветовых характеристик зерна. Разработанный авторами цифровой колориметр позволяет осуществлять экспресс-контроль

качества зерна с достаточно высокими метрологическими показателями и не требует высокой квалификации обслуживающего персонала.

Ключевые слова: определение цвета, электронный колориметр, качество зерна, оптоэлектроника.

Summary. *The feasibility and benefits of using optoelectronic colorimeters to determine the quality of grain are analyzed. A comparative characteristic of devices for determining color, in particular, grain. The most economical and easy to use type of colorimeter and a method for determining the color characteristics of the grain are proposed. Of the 20 species of wheat known in our time, the largest area and maximum commodity grain production in our country belongs, just as in other countries, of soft and durum wheat. Soft wheat is used mainly for the production of flour, sent to the bakery, confectionery, partly in the pasta groats industry. Durum wheat is a necessary raw material for pasta production. However, the main factor affecting the quality of grain of soft and durum wheat is the variety. All varieties of soft wheat are divided into strong, medium strength (valuable) and weak. Color and appearance are determined by examining the sample in order to establish the type (culture) of the grain, its type accessory, and in part to identify its condition. The grain subjected to the dimple, moisturizing, usually opaque, whitish, and the grain of membranous cultures - darkened. Spoiled grain is always obviously darkened, heterogeneous, sometimes with mold stains on the surface. The most economical and easy to use type of colorimeter and a method for determining the color characteristics of the grain are proposed. The digital colorimeter developed by the authors allows express quality control of grain with sufficiently high metrological indices and does not require highly skilled service personnel.*

Key words: color determination, electronic colorimeter, grain quality, optoelectronics.

Приборы для измерения и определения цвета предмета или поверхности применяются уже не одно десятилетие. В настоящее время они все более находят себе применение в различных областях деятельности человека, как в традиционных промышленных, так и в других, включая сельское хозяйство. Они широко используются в промышленности при тестировании электронных аппаратов, в криминалистике для идентификации цветовых оттенков, в полиграфической и издательской деятельности для подбора цветовых тонов, в промышленном дизайне и т.д. Актуальность разработки и производства новых современных аппаратов и методов измерения цвета с широкими операционными возможностями, недорогих и удобных в эксплуатации на сегодня не вызывает сомнений.

Сравнительный анализ устройств для измерения цвета. Одним из наиболее распространенных устройств для измерения цвета, применяемых в вышеперечисленных областях, является оптоэлектронный колориметр. Он обладает следующими достоинствами: возможность экспресс контроля, простота в эксплуатации, высокая достоверность (точность) измерения, относительная дешевизна. Возможности оптоэлектронного колориметра значительно превосходят по аналогичным параметрам другие приборы для измерения цвета.

Одной из первых разработок авторов данной статьи являлось устройство, принцип действия которого заключался в следующем - измерение цвета осуществлялось путем разложения исследуемого цвета на три составляющие при помощи специальной призмы, преобразования их в фототоки, усиления полученных сигналов до заданного уровня и подачи их на три отклоняющие системы электроннолучевой трубки (ЭЛТ), расположенные на горловине под углом 120° одна относительно другой. На экране трубки нанесен калиброванный градуированный треугольник. Положение светового луча на экране в этой трубке дает процентное

содержание трех основных цветов и результирующий цвет [1, с. 2; 5, с. 37; 6, с. 5].

Однако данное устройство обладает недостаточной точностью измерения вследствие погрешности, связанной с толщиной точки луча на цветовом треугольнике и погрешности координатной сетки самого цветового треугольника и других погрешностей, связанных с методами измерения цвета. В процессе исследований разработано новое устройство, работающее по вышеописанной методике, исключаящее ЭЛТ (Рис.1).

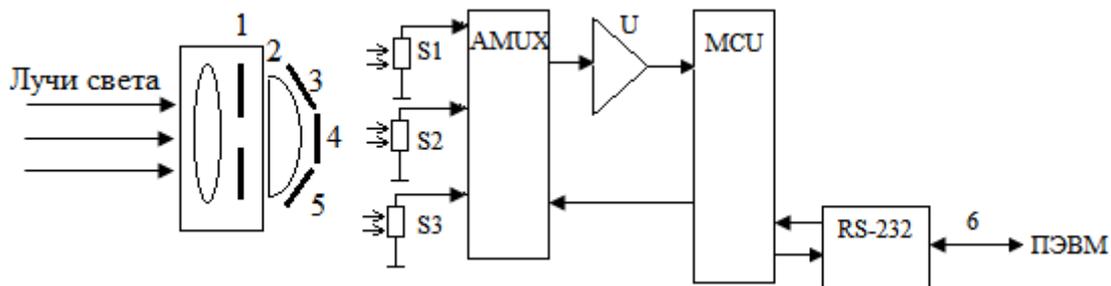


Рис. 1. Схема оптоэлектронного колориметра [2, с.3]

Источник: разработка авторов

Недостаточная точность исследований и погрешности, связанные с координатной сеткой привели к новой конструкции устройств для измерения отраженного цвета. Принцип работы одного из которых заключается в следующем: отраженное излучение от измеряемого объекта попадает в объектив электронного колориметра, который состоит из трех каналов R, G, B. В каждом канале измеряемый световой поток попадает на соответствующий датчик освещенности (фотодиод), с которых аналоговый сигнал попадает на мультиплексор, осуществляющий передачу одного из трех входных сигналов на вход нормализующего усилителя [3, с. 3]. Выбор необходимого канала осуществляет микропроцессор, подавая соответствующий цифровой код на адресные входы мультиплексора. Нормирующий усилитель предназначен для приведения входного сигнала от датчиков освещенности к диапазону 0...4,096В, достаточному для оцифровки сигнала встроенным 10-ти битным аналого-цифровым

преобразователем АЦП процессора (STM32F101 фирмы MICROCHIP). Программа микропроцессора обеспечивает функционирование всего преобразовательного блока в целом. Программа выполняет следующий набор функций: управление переключением каналов аналогового мультиплексора; оцифровка поступающего на вход АЦП микропроцессора нормализованного сигнала с датчиков освещенности; калибровка сигналов, поступающих с датчиков освещенности; цифровая фильтрация и усреднение полученных результатов измерений; преобразование результатов измерений уровня освещенности в стандартный RGB вид; передача по запросу от компьютера результатов измерений и расчетов на компьютере по последовательному каналу связи RS-232 (Рис. 2).

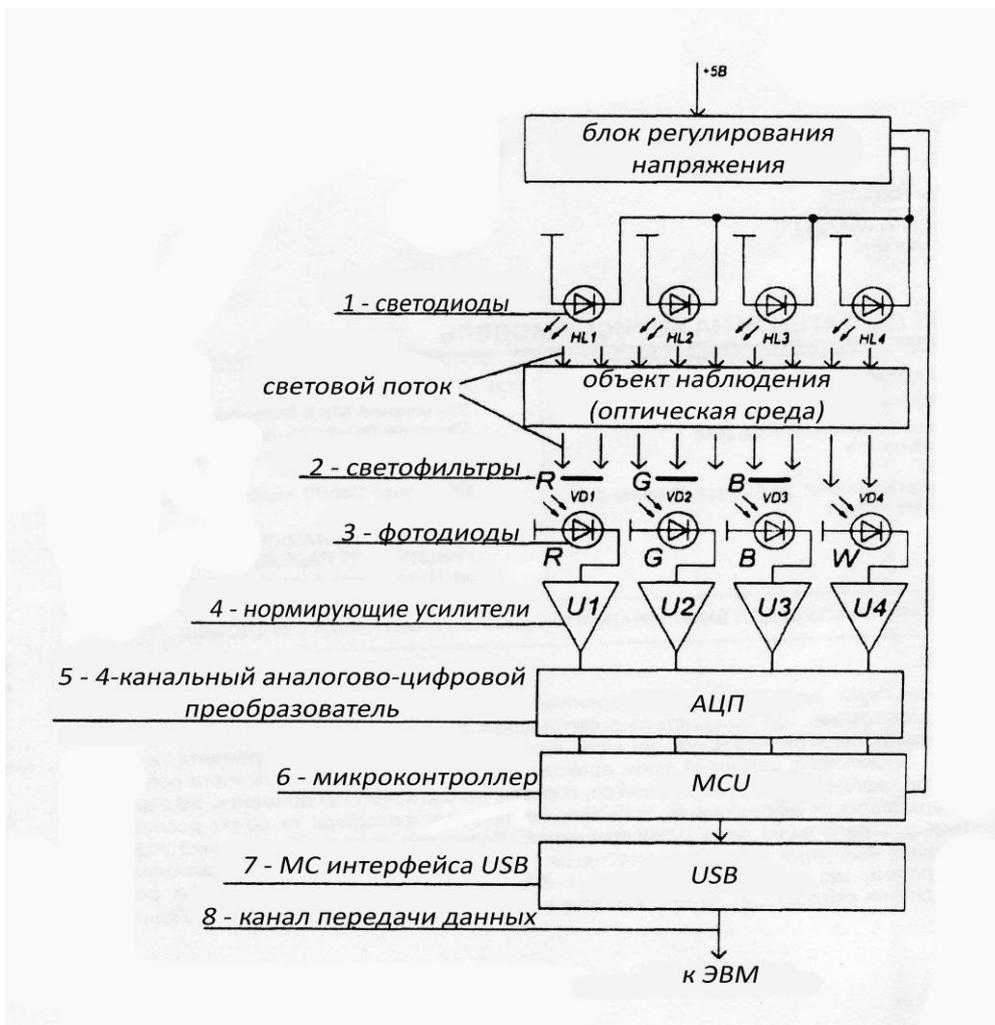


Рис. 2. Цифровой колориметр для измерения проницаемости оптических сред [1, с.2]

Источник: разработка авторов

С целью уменьшения влияния освещенности на объект измерения, а также измерения проницаемости оптических сред разработан цифровой колориметр [3, с. 4], который состоит из эталонного источника освещенности: светодиодов белого цвета свечения с температурой света 5600К, трех светофильтров (красный, зеленый, синий), четырех светочувствительных элементов и четырех нормирующих усилителей. Устройство работает следующим образом - световой поток, проходя от светодиодов эталонного освещения через оптическую среду и светофильтры, попадает на светочувствительные элементы, которые соединены с входами нормирующих усилителей, кроме этого светодиоды, фотодиоды и объект исследования находятся в параллельных плоскостях. Четырехканальный АЦП своими входами соединен с выходами четырех нормирующих усилителей, а выходы - с микроконтроллером, который выходами соединен с блоком регулирования напряжения, предназначенного для регулировки яркости свечения светодиодов, и микросхемой интерфейса USB, выход интерфейса соединен с компьютером (Рис. 2).

Применение цветовой оптоэлектроники в сельском хозяйстве является новым актуальным направлением исследований рассматриваемого вопроса.

Из 20 известных в наше время видов пшеницы наибольшую площадь и максимальное товарное производство зерна в нашей стране принадлежит, также, как и в других странах, мягкой и твердой пшеницы. Мягкая пшеница используется в основном для производства муки, направляемой в хлебопекарную, кондитерскую, частично в макаронную крупяную промышленность. Твердая пшеница является нужным сырьем для производства макаронных изделий. Однако основным фактором, влияющим на качество зерна мягкой и твердой пшеницы, является сорт. Все сорта мягкой пшеницы делятся на сильные, средней силы (ценные) и

слабые.

Основой классификации зерна пшеницы является тип, учитывающий видовые признаки (мягкая, твердая), ботанические особенности (яровая, озимая) и интенсивность окраски (темно-красная, красная, светло-красная, желто-красная, желтая).

Зависимость сортности зерна пшеницы от цвета выглядит следующим образом:

1. Мягкая яровая, краснозерная имеет темно-красный, красный, светло-красный цвет. Допускается наличие желтых, желтобоких, обесцвеченных и потемневших зерен в количестве, не нарушающем основного фона.

2. Твердая яровая имеет темно-янтарный, светло-янтарный цвет. Допускается наличие побелевших, обесцвеченных, мучнистых зерен в количестве не нарушающем основного фона.

Свежесть зерна включает: вкус, запах и цвет. По цвету, блеску, запаху, а иногда и по вкусу можно судить о добротности или природе дефектов партии продукции. На цвет зерна могут влиять: захват на корню морозом, захват суховеем, порошение зерна клопом-черепашкой, нарушение тепловых режимов сушки. Зерно с измененным цветом относят к зерновой примеси [4, с. 135].

Цвет и внешний вид определяют путем осмотра образца в целях установления вида (культуры) зерна, его типовой принадлежности и отчасти для выявления его состояния. Зерно свежее, нормально вызревшее, убранное и хранившееся в благоприятных условиях, имеет хорошо выраженный цвет, свойственный данной культуре, типу, сорту, гладкую блестящую поверхность. Зерно, подвергавшееся подмочке, увлажнению, обычно матовое, белесоватое, а зерно пленчатых культур - потемневшее. Испорченное зерно всегда явно потемневшее, неоднородное, иногда с пятнами плесени на поверхности.

На основании вышеизложенного актуальным является проведение экспертизы качества зерна.

Авторами предлагается один из методов контроля качества зерна по цветовым характеристикам – колориметрический экспресс-контроль, который позволяет быстро и с достаточной достоверностью определять по цветовым оттенкам описанные выше особенности типов зерновых и их состояние.

Основным элементом предлагаемого в данных целях электронного колориметра является датчик цвета, который каждому излучению ставит в соответствие три сигнала, пропорциональных цветовым координатам. Для преобразования световой энергии в электрическую используется три фотоприемника, спектральная характеристика которых должна находиться в области видимого участка спектра и воспроизводить одну из кривых сложения цвета. Так как трудно подобрать фотоприемники с такими характеристиками, то перед ними необходимо установить светофильтры, подобранные так, чтобы результирующая характеристика фотоприемника и светофильтра $f(\lambda)$ совпадали с одной из кривых сложения.

Сигналы с фотоприемников поступают к индивидуальным входам аналогового мультиплексера (AMUX). Данный аналоговый мультиплексор осуществляет передачу одного из трех входных сигналов на вход нормирующего усилителя U. С выхода нормирующего усилителя сигнал поступает на входной порт микроконтроллера (MCU). Нормирующий усилитель предназначен для приведения входного сигнала от датчиков освещенности к диапазону 0...4096В, достаточного для оцифровки сигнала встроенных 10-ти битовых аналого-цифровых преобразователей (АЦП) микроконтроллера, на который поступает сигнал. Выбор необходимого канала осуществляет микропроцессор, подавая соответствующий цифровой код на адресные входы мультиплексора. Программа управления устройства прошивается внутри микропроцессора.

Программа микропроцессора обеспечивает фиксирование всего устройства в целом. Для этого программа использует следующий набор функций: управление переключением каналов аналогового мультиплексора; оцифровка нормированного сигнала с датчиков освещенности, который подается на вход АЦП микропроцессора; калибровка сигналов, которые приходят с датчиков освещенности; цифровая фильтрация и усреднение получаемых результатов измерений; преобразование результатов измерения уровня освещенности в стандартный RGB вид; передача по требованию от компьютера, результатов измерений и расчетов на компьютере по последовательному каналу связи RS-232.

Обмен данными с ПЭВМ осуществляется с использованием асинхронного последовательного порта передачи данных микропроцессора USART. Для согласования уровней цифровых сигналов стандарта EIA RS-232 используется микросхема интерфейса RS-232.

Преобразование результатов измерения уровня освещенности в стандартный RGB вид осуществляется следующим образом: сигнал, который поступил на входной порт микропроцессора преобразуется в систему XYZ, которая стандартизована международной комиссией по освещению CIE по формулам:

$$X = K_{XR}R + K_{XG}G + K_{XB}B,$$

$$Y = K_{YR}R + K_{YG}G + K_{YB}B,$$

$$Z = K_{ZR}R + K_{ZG}G + K_{ZB}B.$$

где X, Y, Z – соответствующие координаты системы XYZ;

K_{XR}, K_{XG}, K_{XB} – координаты для подсчета величины X;

K_{YR}, K_{YG}, K_{YB} – координаты для подсчета величины Y;

K_{ZR}, K_{ZG}, K_{ZB} – координаты для подсчета величины Z – что позволяет однозначно идентифицировать цвет объекта исследования.

Таким образом разработанный способ и реализующий его прибор для проведения измерений цвета вне лабораторий в цеховых и полевых условиях, оснащен простым и удобным интерфейсом, можно создавать собственные компьютерные эталоны. Существенным преимуществом прибора является мобильность при перемещении, оперативность экспресс измерений; отсутствие специальной лаборатории и высококвалифицированных специалистов.

Методика контроля качества (вида) зерна по цветовым характеристикам заключается в следующем: исследуемый образец помещают на столик, расположенный в фокальной плоскости прибора. Столик имеет высокий коэффициент поглощения. Образец освещают со стороны прибора или снизу на просвет через прозрачный столик. Освещение осуществляется красным, зеленым и синим светом. Освещение осуществляется в соответствии с методикой измерений: каждым цветом в отдельности, либо в любой комбинации или всеми источниками света вместе. Прибор измеряет поглощение света от образца и сравнивает с компьютерным эталоном. В автоматическом режиме сигнализирует звуковым сигналом о несоответствии. В ручном режиме накапливает статистику и создает компьютерный эталон.

Сравнение исследуемого зерна с компьютерным эталоном позволяет надежно фиксировать различия в характеристиках проб зерна и исключить субъективность визуальной оценки. Сочетание оцифрованных цветовых характеристик зерновых и рассчитанных характеристик составляет «цифровой эталон зерна».

Вывод. Разработанный авторами цифровой колориметр позволяет осуществлять экспресс-контроль качества зерна с достаточно высокими метрологическими показателями и не требует высокой квалификации обслуживающего персонала.

Литература

1. Электронный колориметр. А.С. №458719 М. Кл. G 01j 3/50 Хорошайло, Ю.Е. Хорошайло Е.С., (30.06.75).
2. Цифровой колориметр. Патент України на корисну модель UA № 112299 МПК G01 J з 3/46 (2006.01) Україна, Ю.Є. Хорошайло, С.Г. Семенов, В.В. Лимаренко. 25.05.2016.
3. Цифровой датчик для вимірювання кольору. Патент України на корисну модель UA № 107317 МПК G01 J з 3/46 (2006.01) Україна, Ю.Є. Хорошайло, С.Г. Семенов, В.В. Лимаренко. 25.05.2016.
4. Иванова, Т. Н. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров: учеб. для вузов / Т. Н. Иванова. - М. : ИЦ Академия, 2004. - 287 с. : ил.
5. Хорошайло Ю.Е., Сезонова И.К. и др. Измерение цвета // Сборник статей. Контрольно-измерительные приборы и автоматика. - № 1. – 2005. - С. 30.
6. ISO 11664 – 1; 2007 (CIES 014 – 1 / E: 2006) Колориметрия. Часть 1. Колориметрические наблюдения по стандарту CIE.

References

1. Elektronnyy kolorimetr. A.S. №458719 M. Kl. G 01j 3/50 Khoroshaylo, YU.Ye. Khoroshaylo Ye.S., (30.06.75).
2. Tsyfrovyuy kolorimetr. Patent Ukrayiny na korysnu model' UA № 112299 MPK G01 J z 3/46 (2006.01) Ukrayina, YU.YE. Khoroshaylo, S.H. Semenov, V.V. Lymarenko. 25.05.2016.
3. Tsyfrovoy datchyk dlya vymiryuvannya koloru. Patent Ukrayiny na korysnu model UA № 107317 MPK G01 J z 3/46 (2006.01) Ukrayina, YU.YE. Khoroshaylo, S.H. Semenov, V.V. Lymarenko. 25.05.2016.
4. Ivanova, T. N. Tovarovedeniye i ekspertiza zernomuchnykh tovarov: ucheb. dlya vuzov / T. N. Ivanova. - M. : ITS Akademiya, 2004. - 287 s. : il.
5. Romanyuk G.G. Tovarovedeniye i ekspertiza zernovykh i plodoovoshchnykh tovarov: Metodicheskoye posobiye po vypolneniyu

laboratorno-prakticheskikh zanyatiy / G.G. Romanyuk, S.B. Ivanova; M.: RGTEU, 2004.

6. Khoroshaylo YU.Ye., Sezonova I.K. i dr. Izmereniye tsveta // Sbornik statey. Kontrol'no-izmeritel'nyye pribory i avtomatika. - № 1. – 2005. – S. 30.
7. ISO 11664 – 1; 2007 (CIE S 014 – 1 / E: 2006) Kolorimetriya. Chast' 1. Kolorimetricheskiye nablyudeniya po standartu CIE.