



И.А. Блинова
А.Р. Минакова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЛИЗНЫ БУМАГИ И КАРТОНА

Екатеринбург
2014

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Кафедра химии древесины и технологии ЦБП

И.А. Блинова
А.Р. Минакова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЛИЗНЫ БУМАГИ И КАРТОНА

Методические указания
к лабораторным работам
для бакалавров и магистров всех форм обучения
института химической переработки растительного сырья
и промышленной экологии
по направлениям 261700.62, 261700.68 «Технология полиграфического
и упаковочного производства»;
240100.62, 240100.68 «Химическая технология»

Екатеринбург
2014

Печатается по рекомендации методической комиссии ИХПРС и ПЭ.
Протокол № 2 от 5 ноября 2013 г.

Рецензент – канд. хим. наук, доцент кафедры ФОХ и НТ Н.Н. Гулемина.

Редактор Е.Л. Михайлова
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упова

Подписано в печать 31.03.14		Поз. 100
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,16	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Теоретическая часть	5
1.1. Коэффициент отражения	5
1.2. Коэффициент яркости	5
1.3. Непрозрачность	6
1.4. Прозрачность	7
1.5. Белизна	7
2. Лабораторные работы	9
2.1. Подготовка образцов к испытанию	9
2.2. Метод определения белизны по ISO (ГОСТ 30113-94)	9
2.3. Метод определения белизны по <i>CIE D65/10⁰</i> осветитель (днев- ной свет). ГОСТ Р ИСО 11475-2010	13
2.4. Метод определения белизны по <i>CIE C/2⁰</i> осветитель (искусствен- ное освещение). ГОСТ Р ИСО 11476-2010	18
Библиографический список	20

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по определению белизны бумаги и картона составлены для проведения учебно-исследовательских и лабораторных работ.

Цель учебно-исследовательских и лабораторных работ состоит в ознакомлении студентов с основными методами определения белизны бумаги и картона и приобретении необходимых навыков в научно-исследовательской работе по своему направлению.

В настоящее время бумажной промышленностью выпускается более 600 видов бумаги и картона самого разнообразного назначения и самых разнообразных свойств, при этом число выпускаемых видов бумаги постоянно возрастает. Белизна играет большую роль при оценке качества бумаги и картона.

Белизна – комплексное свойство визуального ощущения, характеризующее степень приближения предмета к белому по силе его повышенной яркости, высокой рассеивающей способности и минимальному цветовому оттенку.

Для оценки белизны наибольшее распространение получили следующие характеристики:

белизна *ISO (Brightness)* как коэффициент отражения волн в диапазоне 457 нм;

белизна *CIE (Whiteness)*, рассчитанная по координатам цветности;

яркость *CIE*, определяемая в координатах цветности L, a, b [1].

Белизну бумаги можно определять различными методами: методом определения белизны по *CIE* в условиях освещения от различных источников света (ГОСТ Р ИСО 11475, 11476 – 2010) и методом определения белизны по *ISO* (ГОСТ 30113 – 94 (ИСО 2470 – 77)). Отличие этих методов заключается в измерении коэффициента диффузной энергетической яркости бумаги в полной видимой области спектра (белизна по *CIE*) и в синей области спектра при эффективной длине волны 457 нм (белизна по *ISO*) [2, 3, 4].

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Оптические характеристики бумаги и картона

Оптические характеристики бумаги и картона (белизна, яркость, коэффициент преломления, цветовые параметры) зависят не только от природы ингредиентов, но также от их количества и соотношения в композиции бумаги, однородности их распределения по толщине листа и многих других факторов.

Оценка оптических свойств бумаги и картона основывается главным образом на измерении диффузного отражения и энергетической яркости.

1.1. Коэффициент отражения

Коэффициент отражения r — отношение интенсивности отраженного от тела светового потока к интенсивности падающего на него светового потока. Отражение может быть направленным (зеркальным), рассеянным (диффузным) или смешанным.

На лейкометре измеряется $r_{0/d}$, т.е. отношение интегрально отраженного светового потока по всем углам к световому потоку, падающему по нормали к поверхности. Возможно и измерение величины $r_{d/d}$, когда падающий световой поток экранируется от прямого попадания на образец. Для совершенно матовых поверхностей имеет место приближенное равенство

$$r_{0/d} = b_{d/0} \quad (1)$$

Согласно ГОСТ 30116–94 и ISO 2469:1994 [5, 6] коэффициент диффузного отражения R — отношение потока излучения, отраженного телом, к потоку излучения, отраженному в тех же условиях абсолютно отражающим рассеивателем, выраженное в процентах.

1.2. Коэффициент яркости

Коэффициент яркости b — отношение яркости некоторой поверхности к яркости совершенно белой матовой поверхности, если обе поверхности освещаются и наблюдаются при одинаковых условиях. Для удобства использования у коэффициента яркости принято записывать как индексы угол освещения и угол наблюдения. Например, при угле падения 0 и угле наблюдения 45° коэффициент яркости записывают как $b_{45/0}$. Если наблюдается суммарное отражение по всем углам с использованием интегрирующей сферы (шара Ульбрихта), тогда коэффициент яркости записывают как $b_{d/0}$. За белый стандарт принимают яркость молочного стекла М-20 при толщине образца более 8 мм.

В настоящее время стандарт ИСО 2469 технически пересмотрен [7]. Произошла замена понятия коэффициента диффузного отражения на коэффициент энергетической яркости. Энергетическая яркость – это величина потока, излучаемого единицей площади в единицу телесного угла в данном направлении.

Коэффициент энергетической яркости β (*radiance factor* β) – отношение энергетической яркости тела в некотором определенном направлении к энергетической яркости совершенного отражающего рассеивателя, находящегося в тех же условиях облучения.

Коэффициент энергетической яркости при диффузном освещении (фактор коэффициента отражения при диффузном освещении) R – отношение потока излучения, отраженного от тела и испущенного этим телом, которое освещено диффузным источником излучения и наблюдается по нормали, к потоку излучения, отраженному от совершенного отражающего рассеивателя при тех же условиях освещения и наблюдения [8].

1.3. Непрозрачность

Коэффициент непрозрачности Q для бумаги определяет меру того, как напечатанный на обратной стороне листа шрифт мешает чтению текста на передней стороне, т.е. непроницаемость бумаги для света. Увеличение непрозрачности достигается введением в бумагу веществ с более высоким значением коэффициента преломления световых лучей, чем у целлюлозных волокон.

Свойство непрозрачности бумаги определяется общим количеством пропускаемого света (рассеянного и нерассеянного). Непрозрачность бумаги вычисляется по формуле

$$Q = \frac{R_0}{R_\infty} 100\%, \quad (2)$$

где R_0 – коэффициент отражения образца, помещенного на черную подложку;

R_∞ – коэффициент отражения образца, помещенного на светонепроницаемую стопу.

Непрозрачность связана с удельным весом (плотностью) бумаги. При прочих равных условиях чем больше плотность бумаги, тем больше непрозрачность.

В США под непрозрачностью понимают частное от деления коэффициента отражения на черной и белой подложках, т.е.

$$Q = s / w. \quad (3)$$

1.4. Прозрачность

Прозрачность определяется как характеристика светового потока, прошедшего через бумагу и равного:

$$j = W - S, \quad (4)$$

где W – коэффициент отражения в том случае, когда под пробой лежит белый объект, а S – коэффициент отражения, когда под пробой лежит черный объект. Прозрачность по определению равна:

$$\Theta = 100 \sqrt{\frac{W - S}{U_w - U_s}}, \quad (5)$$

где U_w – коэффициент отражения белой пластинки и U_s – коэффициент отражения черной пластинки.

Прозрачность определенным образом связана с непрозрачностью, но отличается от нее тем, что определяется количеством света, который проходит без рассеивания. Коэффициент прозрачности является лучшей оценкой высокопрозрачных материалов (калек), тогда как измерение непрозрачности более пригодно для относительно непрозрачных бумаг.

1.5. Белизна

Белизна бумаги – показатель, играющий большую роль в качестве конечной продукции. Для определения белизны бумаги и картона используют различные стандартные методы как международные, так и российские.

1.5.1. Белизна по ISO

Белизна по ИСО является показателем качества света – показывает, как свет отражается в пределах синей области спектра. Измерение белизны бумаги и картона производят с помощью фотометров и спектрофотометров путем сравнения с эталонным образцом [5]. В качестве образцового средства измерений коэффициента диффузного отражения используют набор образцовых мер, состоящих из стандартных образцов, имеющих номинальные значения диффузного отражения от 60 до 95 %, аттестуемые с помощью государственного специального эталона единиц координат цвета и координат цветности.

Исходный эталонный образец – свежеприготовленные таблетки, полученные путем прессования из порошка серноокислого бария по ГОСТ 3158–75 или пластины из отражающего нейтрального стекла, которое диффузно отражает все падающие на него лучи света.

В соответствии с действующим в России стандартом ГОСТ 30113–94 белизна может превышать 100 % [2].

При измерениях белизны (как и при других цветовых измерениях) важно указывать источник освещения, при котором проводятся измерения. На практике используются следующие источники освещения: *A*, *B*, *C*, *D65*.

Источник *A* воспроизводит условия среднего искусственного освещения электрическими лампами накаливания, *B* соответствует норме прямого солнечного света, *C* – флуоресцентной ртутной лампе, *D65* – дневному свету. Разница, полученная при измерениях с источником *D65* и *A*, дает величину прироста белизны, полученную за счет оптически отбеливающих веществ [1].

Белизна по ИСО базируется на измерении отражения света белыми или почти белыми бумагами с одной длиной волны (ГОСТ предусматривает 457 нм, т.е. в синей части видимого спектра) и определяется как отношение количеств упавшего и распределенно отраженного света (%).

1.5.2. Белизна по CIE

Белизна *CIE* (*Whiteness*) рассчитывается по координатам цветности и координатам цвета. Значение *CIE* позволяет оценить степень белизны образца, содержащего оптически отбеливающие вещества и элементы оттеночного красителя, достаточно точно коррелирует с глазом человека, и поэтому является одним из лучших методов оценки белизны. Однако эта система имеет ряд недостатков. Так, в качестве официального метода она может использоваться только при условии применения одного спектрофотометра, что ограничивает область его применения. Кроме того, измеряемый образец должен иметь высокую степень белизны. Темно-голубой оттенок завышает значения показателя *CIE* (например, при оценке газетной бумаги получаются ошибочные результаты). Существует свыше десяти систем оценки цветовых характеристик. Международная комиссия по освещению (*CIE*) рекомендует для оценки оптических свойств объектов систему *CIE Lab*. В этой системе *L* – яркость, *a* и *b* – координаты цветности (*a* – содержание красного-зеленого; *b* – желтого-синего) [1].

Для расчета величины белизны бумаг и картона *CIE* предложила следующую формулу:

$$W = Y + 800(x_n - x) + 1700(y_n - y), \quad (6)$$

где *Y* – трехстимульное *Y* – значение образца;

x и *y* координаты его цветности;

x_n и *y_n* координаты цветности идеального отражающего рассеивателя.

Величина хроматического компонента (оттенка) в белом образце *T_w*, рассчитывается по уравнению

$$T_w = 1000(x_n - x) - 650(y_n - y). \quad (7)$$

Чем выше значение *W*, тем выше белизна; чем выше положительное значение *T_w*, тем сильнее зеленый компонент; чем выше отрицательное значение *T_w*, тем выше красный.

Для десятиградусного стандартного наблюдателя применяются те же уравнения (6) и (7), за исключением того, что в последнем уравнении вместо коэффициента 1000 используется коэффициент 900.

Формулы (6) и (7) применяются для ограниченной области цветового пространства, т.е. для практически белых материалов [3, 4]. Область применения задана соотношениями:

$$-3 < T < 3 \quad (8)$$

для 10^0 наблюдателя в условиях освещения от источника света D65;

$$-4 < T < 2 \quad (9)$$

для 2^0 наблюдателя в условиях освещения от источника света C.

При вычислении белизны по *CIE* отсутствует сравнение с эталонным образцом, в качестве единственного опорного значения в формуле (6) присутствует яркость и цветовые координаты источника освещения и образца. Белизна по *CIE* является безразмерной величиной и выражается в единицах белизны [8, 9, 10].

2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

2.1. Подготовка образцов к испытанию

Перед определением свойств, образцы, подготовленные к испытанию, кондиционируются в стандартных условиях (относительная влажность воздуха 65 ± 2 %, температура 20 ± 1 °C). Делается это для получения воспроизводимых результатов, так как показатели бумаги в силу гигроскопичности целлюлозных волокон сильно меняются в зависимости от ее равновесной влажности. Время кондиционирования образцов составляет не менее двух часов.

Помещение, предназначенное для проведения испытаний бумаги и картона, должно быть оборудовано кондиционером для автоматического поддержания заданных параметров воздуха.

2.2. Метод определения белизны по *ISO* (ГОСТ 30113-94)

Метод основан на измерении в синей области спектра при эффективной длине волны 457 нм коэффициента диффузного отражения поверхности светонепроницаемой стопы образцов по отношению к коэффициенту отражения абсолютного рассеивателя, принимаемого за 100 %.

Коэффициент диффузного отражения в синей области спектра, или белизна, – собственный коэффициент диффузного отражения, определяемый при эффективной длине волны 457 нм на приборе (ГОСТ 30116-94).

Приборы и материалы: для измерения белизны используют лейкометр, две рабочие поверочные пластины, эталон белизны (свежеприготовленные таблетки, полученные путем прессования из порошка сернокислого бария).

Подготовка образцов

1. Для испытания вырезают 10 образцов прямоугольной формы размером около 75×50 мм, по одному от каждого листа, отобранного для испытания.

2. Образцы бумаги и картона должны быть чистыми, без складок, морщин, водяных знаков и перегибов.

3. Маркировку образцов производят на верхней стороне в одном углу для обозначения образца и его верхней стороны.

Устройство и принцип работы лейкометра

Лейкометр является прибором для измерения белизны, при помощи которого определяют коэффициент отражения материалов, приближающихся по цвету к белому. Благодаря использованию в данном приборе шара Ульбрихта действие теней на поверхности незначительно.

Внешний вид прибора показан на рис. 1.



Рис. 1. Лейкометр с переменным осветителем, блоком питания и дросселем

Принципиальная схема прибора показана на рис. 2.

Свет от лампы накаливания 2 собираетелной линзой 3 и полым вогнутым зеркалом 1 направляется на полупрозрачную плоскопараллельную пластинку 6. Часть светового потока проходит через пластинку и призмой направляется на испытуемый образец 13, закрывающий отверстие 14 в нижней части шара Ульбрихта 12. Отраженный образцом свет многократно отражается стенками шара и попадает на измерительный фотоэлемент. Яркость белой поверхности шара, а следовательно, и величина фототока будут зависеть от белизны образца.

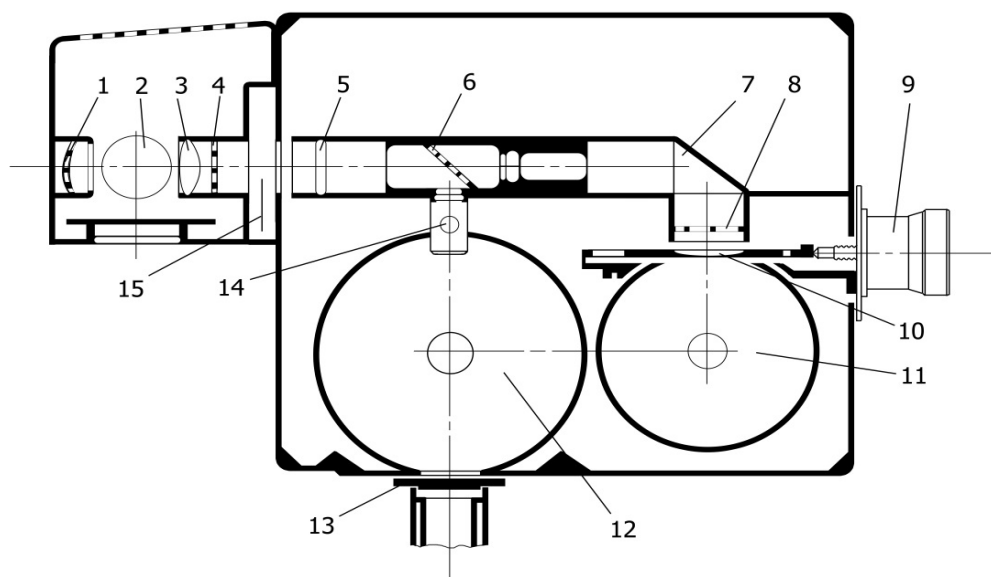


Рис. 2. Схематическое вертикальное сечение лейкометра:
 1 – вогнутое зеркало; 2 – главная лампа; 3 – конденсаторная линза;
 4 – теплозащитный светофильтр; 5 – стеклянный клин;
 6 – светорасщепляющая пластинка; 7 – призма;
 8 – пластинка из молочного стекла; 9 – измерительный барабан;
 10 – регулируемая измерительная диафрагма; 11 – измерительный шар;
 12 – пробный шар; 13 – испытуемый образец;
 14 – смотровое отверстие для наблюдения пробы; 15 – световой затвор

Другая часть светового потока, испускаемого осветительной лампой 2, отражается полупрозрачной пластинкой и зеркалом через измерительную диафрагму 10 и призму 7 направляется в другой шар Ульбрихта 11 меньшего размера. Белая матовая поверхность этого шара, покрытая окисью магния или бария, служит эталоном белизны. Отраженный стенками шара световой поток воспринимается фотоэлементом. Измерительный и сравнительный световые потоки направлены навстречу друг другу. Разность их измеряется чувствительным электрометром. Отклонение нити электрометра пропорционально разности белизны эталона и испытуемого образца. Изменяя вращением специального барабана 9 сечение измерительной диафрагмы 10, уравнивают световые потоки из обоих шаров Ульбрихта так, чтобы нить электрометра возвратилась в исходное центральное положение, и на шкале барабана отсчитывают значения белизны образца бумаги.

Перед каждой серией измерений прибор необходимо настроить по рабочей поверочной пластине, белизна которой наиболее близка к белизне испытуемых образцов.

Настройка прибора

Включить шнур от стабилизатора в сеть, тумблер стабилизатора поставить в правое положение. Вращением ручки проекцию нити электрометра, видимую на экране затемненной смотровой ниши, совместить точно с серединой двойного пунктирного штриха. Затем включить прибор тумблером и вращением потенциометрической ручки снова установить изображение нити между двойным штрихом. Отжав вниз кожух прободержателя, вывести его на себя и положить на верхнюю площадку выбранную поверочную пластину, белизна которой в синем свете наиболее близка к белизне применяемой бумаги. Прободержатель возвратить в исходное положение, при этом поверочная пластина закроет собой отверстие 14 в шаре Ульбрихта. Переключают светофильтр на синюю черту (отверстие в головке барабана переключателя находится с левой стороны) и, сняв предохранительный кожух с измерительного барабана 9, устанавливают на нем показатель белизны, соответствующий паспорту поверочной пластины. Вертикальные штрихи на барабане обозначают десятки, горизонтальные – единицы и десятые доли процента. После этого открывают световую заслонку 15 (она расположена с левой стороны прибора на кожухе лампы накаливания), нажимают на кнопку выключателя и вращением рифленной головки в ту или иную сторону совмещают проекцию нити электрометра с центром двойного штриха. На этом настройка прибора закончена.

Проведение испытания

Пять испытуемых образцов бумаги или картона складывают в стопу. Стопа должна быть светонепроницаемой, что характеризуется тем, что дальнейшее увеличение количества листов в стопе не влияет на величину измеряемого показателя белизны. Для этого под стопу подкладывают такое количество листков той же бумаги или картона, при которой стоп становится светонепроницаемой. Вместо поверочной пластины устанавливают испытуемую стопу образцов бумаги, кнопку выключателя вдавливают в корпус и, вращая измерительный барабан, добиваются совмещения проекции нити электрометра с центром двойного штриха. Затем списывают показания белизны с измерительного барабана.

Сначала измеряют белизну верхнего образца стопы. По мере измерений верхний образец перекладывают в низ стопы, измеряют белизну следующего образца и т.д.

Белизну бумаги и картона выражают в процентах. За результат испытаний принимают среднее арифметическое белизны пяти образцов, округленное до первого десятичного знака.

Если белизна превышает 100 %, то при этом на измерительной шкале лейкометра устанавливают значение n на 10–20 % ниже действительного значения белизны рабочего эталона.

Измеренное значение белизны умножают на коэффициент K , равный:

$$K = \frac{W_{\text{пл}}}{n}, \quad (10)$$

где $W_{\text{пл}}$ – действительное значение белизны рабочего эталона, %;

n – значение белизны, установленное на измерительной шкале прибора при настройке, %.

Белизну бумаги и картона выражают в процентах. В качестве результата испытания принимают среднее арифметическое значение десяти измерений белизны отдельно для обеих сторон.

2.3. Метод определения белизны по $CIE D65/10^0$ осветитель (дневной свет). ГОСТ Р ИСО 11475–2010

Метод основан на измерении коэффициента энергетической яркости поверхности бумаги и картона в полной видимой области спектра (белизна по CIE) в отличие от измерения коэффициента диффузного отражения в синей области спектра при эффективной длине волны 457 нм (яркость или белизна по ИСО).

Термины и определения

Коэффициент отражения R (reflectance factor). Отношение светового потока, отраженного поверхностью бумаги или картона в одинаковых условиях диффузного освещения, к световому потоку, отраженному в тех же условиях абсолютно отражающим рассеивателем.

Собственный коэффициент отражения (отражательная способность) R_{∞} (*intrinsic reflectance factor, reflectivity*). Коэффициент отражения непрозрачной стопы бумаги или картона.

Коэффициент энергетической яркости β (radiance factor). Отношение энергетической яркости поверхности бумаги или картона к энергетической яркости абсолютно отражающего рассеивателя в одинаковых условиях освещения и наблюдения.

Для бумаги или картона с флуоресцирующим отбеливателем коэффициент энергетической яркости β равен сумме двух слагаемых – коэффициента энергетической яркости бумаги или картона и коэффициента энергетической яркости флуоресцирующего отбеливателя β_L :

$$\beta = \beta_S + \beta_L \quad (11)$$

Для бумаги или картона без флуоресцирующего отбеливателя коэффициент энергетической яркости β численно равен коэффициенту диффузного отражения R .

Белизна бумаги и картона по $CIE W_{10}$ (CIE whiteness). Значение белизны, измеренное в трех координатах цвета в полной области спектра в условиях освещения и наблюдения, установленных в настоящем стандарте.

Значение красного или зеленого оттенка в белизне бумаги и картона $T_{W_{10}}$ (*green/red tint*). Значение отклонения белизны бумаги или картона к красному или зеленому цвету, выражаемое в единицах оттенка. Положительное значение $T_{W_{10}}$ указывает на наличие зеленого оттенка, а отрицательное значение $T_{W_{10}}$ на красный оттенок.

Флуоресцентная составляющая в белизне бумаги и картона F_{10} (*fluorescence component*). Значение белизны, которое характеризует, в какой мере присутствие флуоресцирующего отбеливателя в бумаге или картоне влияет на показатель белизны.

Приборы и материалы: спектрофотометр *X-Rite Color Munki Photo*, две рабочие поверочные пластины, эталон белизны (свежеприготовленные таблетки, полученные путем прессования из порошка серно-кислого бария), программа *Argyll_v1.6.1*, программа *Microsoft Excel*.

Внешний вид и технические характеристики спектрофотометра показаны на рис. 3.



Технические характеристики
спектрофотометра
X-Rite Color Munki Photo

Тип: спектрофотометр
Спектральный диапазон: 410–730 нм
Оптическое разрешение: 10 нм
Геометрия измерения: 45°/0°
Размер измерительной апертуры: 7 мм
Фильтры: нет
Источник света: тип А
Интерфейс: USB 1.1

Рис. 3. Спектрофотометр *X-Rite Color Munki Photo*

Основные элементы прибора показаны на рис. 4.

Перед началом работы необходимо установить программу *Argyll_v1.6.1* на компьютер, подключить кабель USB к спектрофотометру *Color Munki Photo* и компьютеру.

Подготовка образцов бумаги и картона для испытания

Из каждого листа пробы, отобранной для испытания, вырезают по 10 образцов бумаги или картона размером 75x150 мм.

Образцы должны быть чистыми, без складок, морщин, водяных знаков и перегибов.

Маркировку образца для его обозначения проводят на верхней стороне в одном из его углов.

Образцы складывают в стопу верхней стороной вверх. Стопа должна быть светонепроницаемой, т.е. количество образцов должно быть таким, чтобы при его увеличении значение измеряемого коэффициента энергетической яркости не изменялось. Для этого при необходимости под стопу образцов подкладывают дополнительно такое количество листов, отобранных для испытания, при котором стопа становится светонепроницаемой.

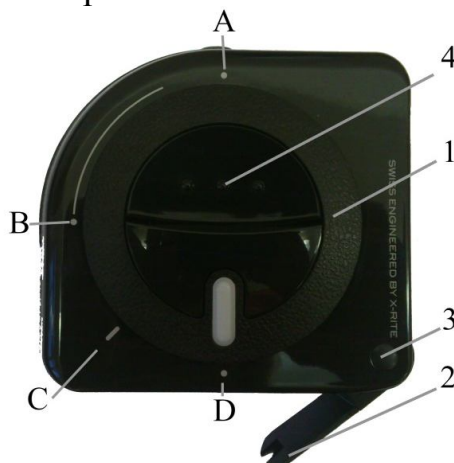


Рис. 4. Общий вид спектрофотометра:

1 – поворотный диск для установки режима измерений; 2 – флажок для измерения небольших участков цвета; 3 – замок для блокировки и разблокировки флажка; 4 – кнопка для запуска измерений; А – режим измерений в условиях общего рассеянного света; В – режим измерений для проектора; С – режим калибровки прибора; D – режим измерений для монитора, сканирования диаграмм и других материалов (кроме жидкостей)

Для защиты стопы от воздействия света и тепла сверху и снизу стопы кладут по одному дополнительному листу.

Калибровка прибора

Каждый раз перед началом измерений необходимо производить калибровку прибора. Поверните диск 1 в положение С и начните измерение, нажав кнопку 4. Дайте устройству несколько секунд на калибровку. На экране компьютера появляется следующее диалоговое окно.

```

C:\Windows\System32\Argyll_V1.6.1\bin\spotread.exe
Connecting to the instrument ..
Instrument Type: ColorMunki
Serial Number: 2063751
Firmware version: 288
Chip ID: 01-683DE11500008E
Version string: 'colormunki FW V1.32 Build Nr. 1303'
Calibration Ver.: 6
Production No.: 97312
Init instrument success !

Spot read needs a calibration before continuing
Set instrument sensor to calibration position,
and then hit any key to continue,
or hit Esc or Q to abort:
Calibration complete

Place instrument on spot to be measured,
and hit [A-Z] to read white and setup FWA compensation (keyed to letter)
[a-z] to read and make FWA compensated reading from keyed reference
'r' to set reference, 's' to save spectrum,
'f' to report cal. refresh rate, 'F' to measure refresh rate
'h' to toggle high res., 'k' to do a calibration
Hit ESC or Q to exit, instrument switch or any other key to take a reading:
    
```


Проведение испытания

После калибровки необходимо выбрать режим измерений D и разблокировать измерительный флажок 2, нажав кнопку блокировки флажка 3. Измерительный флажок позволяет точно позиционировать спектрофотометр над участком цвета. После этого прибор опускают над испытуемым образцом и запускают измерение, нажав кнопку 4. После измерения необходимо заблокировать флажок 2, нажав кнопку блокировки 3 в противоположном направлении.

Результаты испытаний выглядят следующим образом.

```

C:\Windows\System32\Argyll_V1.6.1\bin\spotread.exe
'f' to report cal. refresh rate, 'F' to measure refresh rate
'h' to toggle high res., 'k' to do a calibration
Hit ESC or Q to exit, instrument switch or any other key to take a reading:
Spectrum from 380.000000 to 730.000000 nm in 36 steps
77.373, 77.372, 77.371, 77.370, 77.371, 82.876, 85.051, 86.567,
87.935, 88.839, 89.241, 88.383, 87.178, 86.193, 85.475, 84.688,
84.193, 83.815, 83.397, 83.438, 83.139, 83.154, 83.662, 84.805,
86.240, 87.553, 88.793, 89.840, 90.858, 91.412, 91.767, 92.176,
92.628, 92.947, 93.099, 93.419
Result is XYZ: 82.057501 84.733493 71.180517, D50 Lab: 93.768154 0.689047 -1.151722
Place instrument on spot to be measured,
and hit [A-Z] to read white and setup FWA compensation (keyed to letter)
[a-z] to read and make FWA compensated reading from keyed reference
'n' to set reference, 's' to save spectrum,
'f' to report cal. refresh rate, 'F' to measure refresh rate
'h' to toggle high res., 'k' to do a calibration
Hit ESC or Q to exit, instrument switch or any other key to take a reading: _
    
```

Спектрофотометр позволяет производить измерения в диапазоне длин волн от 400 до 730 нм, определяя коэффициент энергетической яркости испытуемого образца.

Перемещают измеренный образец вниз стопы и измеряют коэффициент энергетической яркости следующего образца. Так повторяют до тех пор, пока не будут подвергнуты испытаниям десять образцов. Затем переворачивают стопу и проводят измерения коэффициента энергетической яркости на оборотной стороне образцов.

Сохранение результатов измерений производят нажатием на клавиатуре клавиш Esc и Q.

Вычисление значений белизны и оттенка

1. Расчет координат цвета по спектральному апертурному коэффициенту отражения и относительному спектральному распределению энергии.

При измерении с помощью спектрофотометра образцов несамосветящихся объектов определяется апертурный спектральный коэффициент отражения $\beta(\lambda)$, который характеризует свойство поверхности объекта избирательно поглощать и отражать световой поток в зависимости от длины волны. Для того чтобы оценить поток излучения $\Phi(\lambda)$, отраженного от этого объекта и попадающего в глаз (собственно величина $\Phi(\lambda)$ и определяет цвет данного объекта), необходимо умножить значения $\beta(\lambda)$ на значения относительного спектрального распределения энергии осветителя $S(\lambda)$. Поскольку в

спектрофотометрии измерения апертурного спектрального коэффициента отражения осуществляются в фиксированном числе конечных интервалов с длиной волны $\Delta\lambda$, вместо величины $\Phi(\lambda)$ возможно определить лишь произведение $\Phi(\lambda) \Delta\lambda$:

$$\Phi(\lambda)\Delta\lambda = \beta(\lambda)S(\lambda)\Delta\lambda. \quad (12)$$

Для того чтобы определить координаты цвета X, Y, Z, необходимо вычислить произведения $\Phi(\lambda)$ и ординат кривых сложения $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ для стандартного колориметрического наблюдателя МКО: $\Phi(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda$, $\Phi(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda$, $\Phi(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda$, и затем вычислить суммы этих произведений, которые и будут являться искомыми координатами цвета XYZ:

$$X = k \sum_{\lambda=400\text{ нм}}^{\lambda=730\text{ нм}} [\Phi(\lambda)\bar{x}(\lambda)]\Delta\lambda, \quad (13)$$

$$Y = k \sum_{\lambda=400\text{ нм}}^{\lambda=730\text{ нм}} [\Phi(\lambda)\bar{y}(\lambda)]\Delta\lambda, \quad (14)$$

$$Z = k \sum_{\lambda=400\text{ нм}}^{\lambda=730\text{ нм}} [\Phi(\lambda)\bar{z}(\lambda)]\Delta\lambda, \quad (15)$$

где k – нормирующий коэффициент, значение которого при определении цветовых параметров несамосветящихся объектов обычно принимается равным:

$$k = 100 / \sum_{\lambda=400\text{ нм}}^{\lambda=730\text{ нм}} [\Phi(\lambda)\bar{y}(\lambda)]\Delta\lambda. \quad (16)$$

2. Вычисление белизны.

Белизну W_{10} по CIE и оттенок $T_{W_{10}}$ в белизне бумаги и картона при источнике освещения D65 и наблюдателе 10° вычисляют по формулам

$$W_{10} = Y_{10} + 800(x_{n_{10}} - x_{10}) + 1700(y_{n_{10}} - y_{10}), \quad (17)$$

$$T_{w_{10}} = 900(x_{n_{10}} - x_{10}) - 650(y_{n_{10}} - y_{10}), \quad (18)$$

где $x_{n_{10}}$ и $y_{n_{10}}$ – координаты цветности абсолютно отражающего рассеивателя в условиях освещения от источника света D65 и стандартного наблюдателя 10° ($x_{n_{10}} = 0,31278$ и $y_{n_{10}} = 0,32918$);

x_{10} и y_{10} – координаты цветности испытуемого образца, вычисленные по формулам

$$x_{10} = \frac{X_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}}, \quad (19)$$

$$y_{10} = \frac{Y_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}}, \quad (20)$$

где X_{10}, Y_{10}, Z_{10} – координаты основных цветов испытуемого образца в условиях освещения от источника света D65 и стандартного наблюдателя 10° .

3. Значения белизны для испытуемого образца бумаги или картона, считающегося белым, находятся в пределах:

$$-3 < T_{W_{10}} < 3, \quad (21)$$

$$40 < W_{10} < 5Y_{10} - 280. \quad (22)$$

4. Полученные с помощью спектрофотометра значения спектрального коэффициента отражения образца (ρ) вставляют в макет таблицы программы *Microsoft Excel* в изменяемые ячейки, дальнейший расчет белизны производится автоматически по вышеизложенному алгоритму (п. 1-2).

Обработка результатов испытания

Измеряют (вычисляют) среднеарифметические значения всех полученных определений белизны по *CIE* W_{10} для каждой стороны образца с точностью до целого числа и оттенка $T_{W_{10}}$ для каждой стороны образца с точностью до первого десятичного знака. В случае, если значения W_{10} или $T_{W_{10}}$ выходят за пределы, указанные в п. 3, записывают, что испытуемый образец не является «белым по *CIE*» при испытании по данному методу.

2.4. Метод определения белизны по *CIE* $C/2^\circ$ осветитель (искусственное освещение). ГОСТ Р ИСО 11476–2010

Метод определения белизны по *CIE* $C/2^\circ$ аналогичен методу определения белизны по *CIE* D65/10⁰.

Источник света С выбран в качестве оптимального осветителя, идентичного дневному освещению в помещении, так как он включает УФ (ультрафиолетовую) составляющую света.

Вычисление значений белизны и оттенка

1. Белизну по *CIE* W и оттенок T_W в белизне бумаги и картона вычисляют по формулам

$$W = Y + 800(x_n - x) + 1700(y_n - y), \quad (23)$$

$$T_w = 1000(x_n - x) - 650(y_n - y), \quad (24)$$

где x_n и y_n – координаты цветности абсолютно отражающего рассеивателя в условиях освещения от источника света С и стандартного наблюдателя 2° (x_n 0,31006 и y_n 0,31615);

x и y – координаты цветности испытуемого образца, вычисленные по формулам

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}, \quad (25)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}, \quad (26)$$

где X , Y , Z – координаты основных цветов испытуемого образца в условиях освещения от источника света С и стандартного наблюдателя 2° .

2. Значения белизны для испытуемого образца бумаги или картона, считающегося белым, находятся в пределах

$$-4 < T_w < 2, \quad (27)$$

$$40 < W < 5Y - 280. \quad (28)$$

Измеряют (вычисляют) среднеарифметическое значение белизны по *CIE W* для каждой стороны образца с точностью до целого числа и среднеарифметическое значение оттенка T_w для каждой стороны образца с точностью до первого десятичного знака.

В случае, если значения W или T_w выходят за пределы, указанные в п. 2, то записывают, что испытуемый образец не является «белым по *CIE*» при испытании по данному методу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология целлюлозно-бумажного производства. Т. II: Производство бумаги и картона. Ч. 2: Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. СПб.: Политехника, 2006. 499 с.
2. ГОСТ 30113–94 (ИСО 2470–77). Бумага и картон. Метод определения белизны. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. 11 с.
3. ГОСТ Р ИСО 11476–2010. Бумага и картон. Метод определения белизны по *CIE*. $C/2^\circ$ осветитель (искусственное освещение). М.: Стандартинформ, 2012. 20 с.
4. ГОСТ Р ИСО 11475–2010. Бумага и картон. Метод определения белизны по *CIE*. $D65/10^\circ$ осветитель (дневной свет). М.: Стандартинформ, 2011. 16 с.
5. ГОСТ 30116–94 (ИСО 2469–77). Бумага, картон и целлюлоза. Измерение коэффициента диффузного отражения. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. 11 с.
6. *ISO 2470-1:2009 Paper, board and pulps — Measurement of diffuse blue reflectance factor — Part 1: Indoor daylight conditions (ISO brightness)*. [Электронный ресурс] URL: http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=41604.
7. *ISO 2470-2:2008 Paper, board and pulps — Measurement of diffuse blue reflectance factor — Part 2: Outdoor daylight conditions (D65 brightness)*. [Электронный ресурс] URL: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=38053.
8. *CIE 15.2:1986 Colorimetry. Publ. Commission International de L'Eclairage Vienna, 1986, 30c.* (Публикации МКО 15.2–1986 «Колориметрия»).
9. *ISO 11475:2004 Paper and board — Determination of CIE whiteness, D65/10 degrees (outdoor daylight)*. [Электронный ресурс] URL: http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39743.
10. *ISO 11476:2010 Paper and board — Determination of CIE whiteness, C/2 degrees (indoor illumination conditions)*. [Электронный ресурс] URL: http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=85&ics2=60&ics3=&csnumber=44136.