

# ИЗМЕРВАНЕ НА ПАРАМЕТРИ НА ХАРТИЯ – БЕЛОТА, ЯРКОСТ, НЕПРОЗРАЧНОСТ И ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ И ТЯХНОТО ВЛИЯНИЕ ВЪРХУ УПРАВЛЕНИЕТО НА ЦВЕТА

*Владимир Каменов*

ТУ-София, гр. София, бул. “Климент Охридски” 8,

*e-mail: vladokamenov@tu-sofia.bg*

*Резюме:* Освен физичните свойства на хартиите, начинът по който те изглеждат също е важен, особено за крайния потребител. Много модели форматиранни листови хартии за офсетов, мастилено-струен и лазерен печат съдържат флуоресцентни избелващи агенти (FWA). Тенденцията е да се произвеждат хартии с все по-голяма белота. Избелването на пулпата, добавянето на пълнители в хартията и добавянето на слоеве върху нея (coating), както и добавянето на FWA целят да увеличат нейната белота. И все пак влиянието на тези добавки върху белотата/яркостта (whiteness/brightness) е ограничено от проблеми с поръзността и. Хартии с висока белота може да се получат единствено с правилната употреба на FWA. Настоящото изследване има за цел да измери специфични параметри на хартии, използвани за печат в цветово управлявана работна среда.

*Ключови думи:* Белота, яркост, хартия, цветен печат, управление на цветовете, флуоресценция

## 1. Въведение

Белотата и яркостта са две физически проявления на оптичните свойства на хартията, но те не могат да бъдат измервани директно. Само физичното свойство спектрална отражателност на хартията може да бъде измервано. Съществуват няколко различни системи за описание и специфициране на оптичните свойства на хартията, чрез използване на колориметри и спектрофотометри.

Белотата (CIE whiteness) и яркостта (TAPPI brightness) са най-често използваните измервания на хартия в индустрията. И все пак CIE whiteness и TAPPI brightness представляват различни концепции. Използването на TAPPI brightness може да доведе до подвеждащи оценки за оптичните свойства на хартии, съдържащи оцветители или FWA. Също така CIE whiteness може да даде различна оценка за относителната белота на два образца спрямо това, което ще види жив наблюдател. Измерената спектрална отражателност не е стандартна, фиксирана величина. Тя се влияе от множество фактори – измервателна геометрия на уреда, използван светлинен източник, апертура, филтри, настройки на измервателното оборудване. Всички те влияят на получените данни от измервателния инструмент. Тези параметри може да се различават при различните уреди. Освен конфигурацията на измервателния инструмент, базовата съставка на измерваната хартия може също да усложни полезността на използваните

измервателни похвати и интерпретацията на оптичните данни. Тези фактори правят разработването на стандартни оптични измервателни методи много трудно. Настоящото изследване разяснява методите използвани за измерване на белота и яркост на хартии, използвани за цветен печат в цветово-управлявана работна среда.

Даден обект изглежда бял ако напълно отразява падащата върху него светлина и я разсейва дифузно за всички дължини на вълните от видимия спектър. Обектът изглежда оцветен ако някои дължини на вълните се отразяват, а други се поглъщат. Той е черен ако поглъща всички вълни от видимия спектър. По принцип всички обекти поглъщат в известна степен падащата върху тях светлина. Белият цвят, като всеки друг цвят може да се интерпретира в триизмерно цветово пространство. Той може да се опише например чрез тона, наситеността и светлостта си (hue, saturation, lightness). Белият цвят се отличава със своята висока светлота, своята много ниска (в идеалния случай нулева) наситеност и е предпочитан със синкав оттенък повече отколкото с жълтеникав оттенък.

В зависимост от цветовия тон на бялото, то може да се възприема различно. Например обект със синкав оттенък може да се възприеме като по-бял от обект с жълтеникав оттенък при еднаква наситеност и светлота.

## **2. CIE Whiteness белота и TAPPI Brightness яркост**

Понятията белота и яркост често се използват взаимнозаменяемо при оценяване на относителната белота на различни хартии или при описване на това колко бяла е дадена хартия. Тези два термина са свързани, но техните научни дефиниции са различни. Хартии, имащи една и съща яркост реално може да имат много различен визуален вид. TAPPI brightness яркостта е базирана на филтъра, избран за измерване на отражателността на пулпата в регион, най-чувствителен към ефектите от избелване. Белотата на хартията се измерва чрез отражението на повърхността ѝ за всички дължини на вълните от видимия спектър. Яркостта на хартията се измерва чрез сравняване на количеството светлина в дефинирана единична дължина на вълната (457 nm) в синия регион на спектъра, отразена от подложка направена от измерваната хартия, с количеството светлина, което би се отразило от произволен стандартен еталон имащ отражателност 100 за същата дължина на вълната. Методът е дефиниран в TAPPI T452 [1]. Избраният еталон е магнезиев карбонат. TAPPI brightness измерването може да е подлъгващо когато хартии, съдържащи FWA се оценяват оптично, защото TAPPI brightness измервателната процедура изключва повече от две трети от видимата светлина. Модерните хартии, съдържащи FWA не могат да бъдат правилно оценявани чрез единично измерване в синята област. Поради това яркостта не е пълно описание на визуалния вид на хартиите. Оценки чрез TAPPI метода са точни когато отражателните характеристики на изпитваните хартии са сходни.

## **3. Оценяване на Белотата (Whiteness)**

Белотата може да се оценява и визуално и инструментално. И все пак нито цветовете, нито бяло могат да се измерват директно. Само физическото свойство спектрално отражение на даден образец може да се измерва.

Измереното спектрално отражение не е фиксирано. То се повлиява от характеристиките на измервателния уред. Други два фактора, влияещи на спектъра на отражение са големината на използваната апертура и дали гланцът е включен или не в измерването. По тази причина не всички използвани по настоящем инструмен-

ти показват идентични резултати. Различните светлинни източници и различните използвани филтри водят до различни субективни оценки. Точни данни могат да се получат ако използваната светлина стриктно се контролира. И избора на светлина и нейното количество са много важни при инструментално оценяване на белотата на хартии съдържащи FWA, защото FWA се активират само от UV енергия. Източникът на осветление трябва да съответства максимално на спектралното разпределение на енергията на стандарта за дневна светлина D65, както във видимата, така и в ултравиолетовата област.

## **4. Ефект на ултравиолетовата светлина върху хартия**

UV светлината не е видима директно за окото, но тя пак може да се види в дадени ситуации. Определени материали, особено бели изкуствени тъкани (полимерни или пластмасови), изглеждат ярко сини.

Дали това възприятие е в резултат от UV отражение? Не, защото дори и отразената UV светлина остава невидима за окото. Случва се това, че UV светлината не се отразява директно от материите, а първо се абсорбира от техните молекули и оцветители. След безкрайно малко закъснение енергизираните молекули излъчват отново тази светлина. Поради молекулната структура, това излъчване не е с първоначалната си енергия, а с по-ниска; част от нея се губи в топлина. Тъй като излъчената енергия е по малка, дължината на вълната ѝ е по-дълга и е отместена към видимия спектър. Това излъчване се нарича флуоресценция и е в синята видима част на спектъра, не далеч от UV региона.

Когато UV светлина се смеси с бяла светлина, както е например при слънчевата, окото ни комбинира видимите отражения от обектите – истинския цвят на обекта със синкав оттенък от флуоресценцията. В такава среда бял обект ще изглежда малко по-син от друг обект, който не флуоресцира и мозъкът ни ще заключи, че флуоресцентният обект е по-бял. Този ефект се използва от производителите на хартия, които предлагат продукти с яркост по ISO от 108 и повече. Понеже хартията не е източник на светлина, (освен ако не е радиоактивна!), единственото обяснение е флуоресценцията.

Известно е, че светлинните източници имат различно UV съдържание. Слънцето има много

UV лъчи при директно наблюдение (на открито), но UV съдържанието му спада силно, когато то се наблюдава през прозорец. За сравнение лампите с нажежаема жичка имат малко UV съдържание, докато халогенните лампи заради кварцовата си обвивка излъчват много UV светлина, но много по-малко от слънцето. При флуоресцентните лампи UV съдържанието им варира от тип на тип.

Когато UV-хартия се наблюдава при такива разнообразни условия, ефектът на флуоресценцията ще е различен. Не всички UV-хартии реагират еднакво защото използваните химикали и пропорциите им варират при различните производители и от партида до партида.

## 5. Whiteness tools – възможности

Whiteness tools са част от софтуерния продукт Babel color Ct&A и са разработени за измерване на характеристиките на бели хартии и влиянието им върху цветоусещането. Накратко са описани измервателните възможности на пакета.

**Белотата (whiteness):** CIE - GANZ 82 е най-използваната формула за белота. Високи whiteness стойности отговарят на бели образци. Положителни стойности на tint показват зелен оттенък, а негативни – червен. Оттенъкът се увеличава с увеличаване на абсолютните стойности. Идеален дифузен отражател ще има Whiteness = 100 и Tint = 0.

**Яркостта (Brightness)** е дефинирана в TAPPI T452. Има съществени разлики между Eye-One спектрофотометър и инструментите, създадени специално за изискванията на TAPPI T452 и не трябва да се очаква получените резултати да си съответстват. И все пак измервателната геометрия е сходна, измервателната лампа е от указания тип, синята спектрална област е симулирана в софтуера и еталон за бял цвят може да се получи от калибрационната плочка на Eye-One.

**Флуоресценцията** се описва в TAPPI T452. Трансмисията на филтъра се описва като относителното спектрално разпределение на енергията на светлината падаща върху хартията след поставяне на филтъра. Флуоресценцията се получава чрез разликата в яркостта със и без UV-филтър.

**Непрозрачността (Opacity)** се получава при измерване на хартия върху бяла подложка

и върху черна подложка. Тя се дефинира като отношението на CIE Y (Y от XYZ) върху черна подложка, разделено на CIE Y на бяла подложка. Стандарти: CGATS.5 и ISO 2471 [2]. За ISO 13655 [3], даден образец се счита прозрачен ако непрозрачността му не е над 99%.

**Черни и бели измервателни подложки** - изискванията за бели подложки са описани в ISO 13655. Параметърът Chroma (C\* от L\*C\*h\*, D50, 2 degree Observer) не трябва да е повече от 3,0 и се препоръчва да е под 2,4; отражателността трябва да е равна или по-висока от изискването за осем специфични дължини на вълните (условието отговаря на CIELAB L\* стойност по-голяма от 92, но по-малка от CIELAB L\* = 97).

Изискванията за черни подложки са описани в ISO 5-4 [4]. Оптичната им плътност (ISO визуална плътност на отражение) трябва да е  $1,50 \pm 0,20$ ; отговаряща условно на CIELAB L\* стойности от 15 до 27, или отражателност между 2% и 5%; подложката трябва да е спектрално не-селективна, а отражателността ѝ трябва да е под 5% при измерване за дължини на вълните между 400 nm и 700 nm. [5]

## 6. Проверка на съответствието на измервателни черни и бели подложки с ISO 13655

Направена е проверка на бяла подложка, закупена с уред Eye One, както и на стандартна черна матова подложка. Резултатите са показани на фиг.1. Червената крива показва отражението на бяла подложка. Chroma C\* стойността е в нормите, но отражателността е малко ниска. Черната подложка е показана в зелено. Средната плътност на отражение е ОК, но обхвата на плътността е с 1 процент над целта.

## 7. Измерване на трансмисионен спектър на UV филтър

За коректни измервания на флуоресценция е необходимо софтуерът да познава трансмисионния спектър на използвания UV филтър. Измерените спектрални характеристики на Roscolux UV-filter са показани на фиг.2 (лилавия спектър). Фигурата също показва измервания с Eye-One на бяла подложка с и без Roscolux 3114 UV филтър. Резултатите показват, че спектралната крива на филтъра е правилно получена и,

че следващите измервания на Mondi хартии ще са коректни.

## 8. Измерени параметри на Mondi хартии

Измерени са параметрите на Mondi хартии, върху които ще се отпечатват цветни образи за изследване на качеството на печат в създадената от автора лаборатория за управление на цветовете при ТУ-София. Хартиите за изпитване - Mondi са избрани, защото са от известен производител, предлагащ пълна гама от продукти за печат – от нисък клас с малка плътност, до висок клас с голям грамаж календирани гланцови, сатен и матови хартии, оптимизирани специално за цветен лазерен печат. Mondi предлага дори и арт хартии, които изглеждат неутрално защото нямат ОВА агенти (потвърдено от следващите

изследвания). Фиг.3 показва графично един от резултатите, а всички резултати са обобщени в таблица 1.

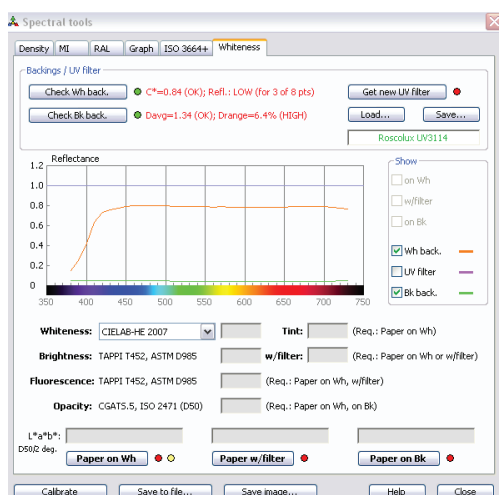
## 9. Изводи

От показаните резултати в табл. 1 е видно, че Mondi арт хартията е най-близо до неутралния изглед на пулпа за производство на хартия. Цветът и е жълтеникав, но това е въпрос на адаптация на окото. Цветовете, отпечатани на нея би трябвало да изглеждат естествено и да не се променят във времето поради флуоресценцията, защото тази хартия няма такава. За съжаление тази хартия е спряна от производство, заради масовия вкус на потребителите към синкави хартии.

Всички измерени хартии, освен последната имат белота и яркост, която се получава чрез

Таблица 1. Резултати от измервания на хартии Mondi

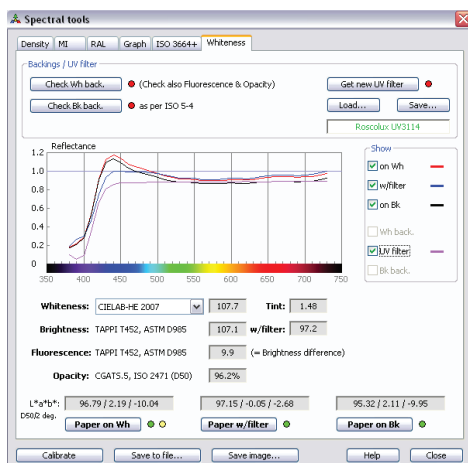
Тип измерена хартия Mondi	Whiteness CIELAB-HE 2007	Brightness TAPPI T452		Fluorescence TAPPI T452	Opacity ISO2471	Tint
		С UV филтър	Без UV филтър			
Mondi Color Copy 100 g/m <sup>2</sup> матова календирана хартия	107.7	107.1	97.2	9.9	96.2%	1.48
Mondi Color Copy 300 g/m <sup>2</sup> матова календирана хартия	108.1	109.3	98.6	10.5	100.3%	1.71
Mondi Color Copy 135 g/m <sup>2</sup> сатенова промазана (coated) хартия	107.1	105.1	97.1	7.9	96.3%	0.78
Mondi Color Copy 135 g/m <sup>2</sup> промазана гланц хартия	105.3	102.8	93.4	9.4	96.8%	0.83
Mondi Color Copy 250 g/m <sup>2</sup> промазана гланц хартия	104.0	102.8	95.2	7.6	99.5%	1.00
Mondi Color Copy Style 100 g/m <sup>2</sup> промазана арт хартия	95.0	93.8	95.3	няма	94.5%	-0.04



Фиг.1 (Ляво) - Изследване на бяла и черна подложка

Фиг.2 (Дясно) - Roscolux UV-филтър – проверка чрез Eye-one и бяла подложка (лилав спектър)





Фиг.3 - Mondi Color Copy 100 g/m<sup>2</sup> матова календирана хартия – бяла подложка (червено), UV filter (синьо) и черна подложка (черно); UV характеристики на филтър (лилаво)

флуоресценция на добавки (FWA). Те карат хартията да изглежда по-бяла в сравнение с жълтеникавите фибри на целулозата, от която се прави хартия. Вижда се, че отражателността се повишава почти до 1,1 (или 110%) при 440 nm, докато измерванията с UV филтър показват максимум отражателност от 98% за същата дължина на вълната. Двата спектъра са практически еднакви за вълни над 520 nm. Флуоресценцията, която е разликата в яркостта при измерване без UV филтър (макс.110) и измерване с UV филтър (макс.99), на бяла подложка, е почти 10.

Непрозрачността е средно около 97%. При сравняване на измерваните спектри на бяла подложка, със спектри измерени на черна подложка, се забелязва почти постоянно отместване за дължини на вълните над 430 nm.

## 10. Литература

- [1] TAPPI T452 - Brightness of pulp, paper, and paperboard.
- [2] ISO2471:2008 Paper and board - Determination of opacity (paper backing) - Diffuse reflectance method.
- [3] ISO 13655:2009 - Graphic technology - Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images.
- [4] ISO 5-4:2009 - Photography and graphic technology -- Density measurements - Part 4: Geometric conditions for reflection density.
- [5] <http://www.babelcolor.com>

### Данни за автора:

**Владимир Василев Каменов**, Маг. Инж., специалност „Прецизна техника и уредостроене (2003г.), Доктор (2006г.), Главен асистент (2009г); Катедра „Прецизна техника и уредостроене, Машиностроителен факултет, ТУ-София. Научни интереси: управление и измерване на цветове; копирна и печатна офис техника; измерване на шум и вибрации; диагностика на машини.

# MEASUREMENT OF PRINTING PAPER PARAMETERS – WHITENESS, BRIGHTNESS, OPACITY AND FLUORESCENCE AND THEIR INFLUENCE ON COLOR MANAGEMENT

*Vladimir Kamenov*

TU-Sofia, Sofia, Kliment Ohridski 8 blvd

*e-mail: vladokamenov@tu-sofia.bg*

*Abstract:* Apart from the physical properties of papers, the way it looks to human observer is also important, especially to the end user. A lot of formatted paper grades, used for offset, inkjet and laser printing contain fluorescent whitening agents. The tendency is to manufacture papers with ever greater whiteness. Whitening of paper pulp, adding additives to paper and coating it, as well as adding fluorescent agents aim to increase its whiteness. But still the influence of these additives on the paper whiteness/brightness is limited due to porosity issues. Papers with high whiteness can only be manufactured with the correct use of fluorescent agents. This research aims at measuring specific parameters of printing papers used in color managed environment.

*Key-Words:* Whiteness, Brightness, paper, color printing, color management, fluorescence

## References

[1] TAPPI T452 - Brightness of pulp, paper, and paperboard.

[2] ISO2471:2008 Paper and board - Determination of opacity (paper backing) - Diffuse reflectance method.

[3] ISO 13655:2009 - Graphic technology -

Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images.

[4] ISO 5-4:2009 - Photography and graphic technology -- Density measurements - Part 4: Geometric conditions for reflection density.

[5] <http://www.babelcolor.com>

# ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ БУМАГИ - БЕЛИЗНЫ, ЯРКОСТИ, НЕПРОЗРАЧНОСТИ И ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УПРАВЛЕНИЕ ЦВЕТОМ

*Владимир Каменов*

ТУ-София, гр. София, бул. “Климент Охридски” 8,

*e-mail: vladokamenov@tu-sofia.bg*

*Резюме:* Помимо физических свойств бумаги, то, как она выглядит, в особенности для конечного потребителя, также имеет большое значение. Много отформатированных сортов бумаги, используемых для офсетной, струйной и лазерной печати содержат флуоресцентные отбеливающие агенты (FWA). Тенденция - изготовление бумаги с еще большей белизной. Отбеливание пульпы, прибавление добавок к бумаге, и прибавление слоев на ней (coating), а также добавление FWA делается с целью увеличить степень белизны. Но все-таки влияние этих добавок на белизну/яркости (whiteness/brightness) ограничено из-за проблем ее пористости. Бумаги с высокой белизной могут быть изготовлены только с правильным использованием FWA. Настоящее исследование направлено на измерение конкретных параметров бумаги, используемых для печати в цвете управляемой среде.

*Ключевые слова:* белизна, яркость, бумага, цветная печать, управление цветом, флуоресценция.