

LIGHTING TECHNOLOGY AND SYSTEM LIGHTING DESIGN IN INDUSTRY 4.0 AND INTERNET OF THINGS¹⁸

Assist. Prof. Teodor Kyuchukov, PhD

Department of Industrial Design

Agrarian and Industrial Faculty,

“Angel Kanchev” University of Ruse

E-mail: tkyuchukov@uni-ruse.bg

Abstract: *Lighting technology and lighting design are entering the fourth industrial revolution. They are in a continuous dynamic process of conceptual development in Industry 4.0 and in integration with the Internet of Things (IoT). The report represents the development and content of the contemporary lighting technology. There also have been represented specific technological levels and approaches in support to the systemic lighting design, incl. perspectives of LED lighting and lighting organization solutions in smart cities. The quality of lighting design and higher education are also an essential part of the successful implementation of Industry 4.0 and the Internet of Things (IoT).*

Keywords: *Lighting technology, Systemic Lighting Design, Industry 4.0, Internet of Things (IoT), Quality of Higher Education*

JEL Codes: *L10, L11*

ВЪВЕДЕНИЕ

Първата индустриална революция се развива във втората половина на XVIII век и през първата половина на XIX век. Човешкият мускул се заменя от машини. Възниква във Великобритания, като е свързана с изобретяването на парната машина, съответно локомотива и парахода, с механизмирането на текстилната индустрия (т.н. „манчестерски капитализъм“). Води до рязкото повишаване на производителността на труда и до много бърз транспорт. Добива развитие електрическото осветление.

Втората индустриална революция е между втората половина на XIX и началото на XX век. Въвеждането на поточната линия в Америка в началото на XX век доведе до ерата на масовото производство, свързано с приложението на електрическата енергия, двигателя с вътрешно горене, автомобила, радиото. Развиват се големи индустриални предприятия в тежкото машиностроене и химическата индустрия. Прилагат се специфични индустриални технологии. Втората индустриална революция изисква големи капиталовложения и устойчив потребител на стоките и затова се опира на силната роля на държавата. Държавният капитализъм и държавният социализъм са две основни форми на организация на обществата по време на втората индустриална революция. Самата концепция за втора индустриална революция е въведена от британския социолог Патрик Гедес през 1915 г., а през 1970-те американският икономист Дейвид Ландис я въвежда в широка употреба.

Трета индустриална революция е технологична революция и е свързана с приложението на нови материали и технологии, с автоматизирането на производството, с дигитализацията и развиването на информационните технологии. Светлинната технология и светлинният дизайн навлизат в четвъртата индустриална революция. Развиват се концептуално в Индустрия 4.0 и в интеграция с Интернет на нещата (IoT).

ИЗЛОЖЕНИЕ

СЪСТОЯНИЕ НА СВЕТЛИННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ

Светлинната техника и технологии се развиват динамично и правят светлината общодостъпна. Конвенционалните светлинни технологии (нажежаеми и разрядни светлинни

¹⁸ Докладът е представен на 56-та Научна конференция на Русенски университет „Ангел Кънчев“ и Съюз на учените – Русе „Индустрия 4.0 Бизнес среда. Качество на живот“ с оригинално заглавие на български език: Светлинната технология и системният светлинен дизайн в Индустрия 4.0 и в Интернет на нещата

източници със съветните пусково-регулиращи апарати и осветителни прибори), се изместват от светодиодната (LED) технология. Тази технология променя коренно досегашните консервативни разбирания и решения, а като технически параметри е несравнима с тях. По глобални прогнози [1] към 2020 година светодиодното осветление ще заема първо място в света по търговска технологична жизнеспособност, изпреварвайки водещи високотехнологични производства като електромобили, фотоволтаици, вятърна енергия, интелигентни електрически мрежи, отопление, вентилация и кондициониране.

СЪДЪРЖАНИЕ НА СВЕТЛИННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ

В същността си, технологичният подход обхваща елементната база (в т.ч. светодиоди, драйвери, светодиодни осветители). Светлинните технологии най-общо съдържат: *методи и средства* за получаване на светлина във видимата част от спектъра; *светлинна организация* (преход от неорганизирана към организирана светлинна енергия) - *последователност от операции, процеси и процедури* за прилагане на светлината по предназначение (по количество и качество на осветлението). В прекия и приложен план в светлинната техника се прилагат различни технологични реализации: индустриални технологии; производствени технологии; селскостопански технологии; проектно-конструктивни технологии; информационно-комуникационни технологии; строително-монтажни технологии; експлоатационни технологии; образователни технологии; енергийни и електротехнически технологии; медицински терапевтични технологии; други технологии.

СВЕТЛИННИ ТЕХНОЛОГИЧНИ НИВА

По отношение на технологичното ниво на задоволеност, ефективност, обхват, подход и прогресивност, технологиите са представени в *табл. 1*. В *табл. 2* са специфицирани високи светлинни технологии.

Табл.1 Светлинни технологични нива

СВЕТЛИННИ ТЕХНОЛОГИЧНИ НИВА	
Нискотехнологично светлинно задоволяване	Нискотехнологичната самодостатъчност се съдържа в разбиранията и внушенията на Махатма Ганди за нискотехнологична самодостатъчност. И сега, поради специфични условия, обстоятелства, етнически особености, лични, дори екстравагантни разбирания, съществуват социални групи, които използват свещи, керосинов (т.н. газени) лампи и др.; хора, които използват примитивни светлинни източници, без да са вградени в осветителни тела; хора, които използват само дневната естествена светлина, като активната им дейност е само от изгрев до залез Слънце; други проявления на ниска обща и светлинна култура.
Рационални светлинни технологии	Прилагат се като актуални и общоприети светлинните технологии. Като пример може да се представи последователното преминаване през различни светлинни технологии (респ. светлинни източници): огневи (свещи, керосинов лампи); нажежаеми; газоразрядни; химични; полупроводникови (в т.ч. светодиоди).
Уместни светлинни технологии	Тези технологии най-общо съдържат: участие на потребителя в технологичния процес: потребителят да бъде субект, а не обект на светлинния дизайн; качеството на живота се изразява със „светлинна дружелюбност и интелигентност” - в т.ч. светлинна индивидуализация, светлинен комфорт; позволяващи доброволна и лесна адаптивност (преход) към по-съвършени светлинна техника и технологии, стимулиране на потребителите към светлинно развитие.
Високи светлинни технологии	Високите технологии е специфичен термин, включващ авангардни, високоефективни и прогресивни технологии, с потенциал за световно развитие, най-малко в средносрочна перспектива (поне в периода до 2025 година. Като такива технологии в областта на светлинната техника и светлинния дизайн, могат да се представят, (<i>табл. 2</i>).

Табл.2 Високи светлинни технологии

ВИСОКИ СВЕТЛИННИ ТЕХНОЛОГИИ	
LED-технологията	До 2020 г. светодиодите ще са водещи като търговска технологична жизнеспособност в света. Свързано е с реализирането на количествени и качествени показатели на светодиодните осветителни уредби, значително по-добри от тези на конвенционалните; постигане на стойности на енергийно-икономически показатели, значително надвишаващи най-високите постижения в момента (водещо усвояване на значителен, неизползван потенциал за енергийно спестяване).
Интелигентно външно изкуствено осветление	Интелигентно външно изкуствено осветление (в т.ч. уличното осветление). Реализира адаптивност на осветлението според: динамиката на движението; атмосферните условия; наличието на извънредни ситуации (природни бедствия, криминални действия); други ситуации.
Индивидуализация	Индивидуализация на светлинните устройства. (интерактивни интелигентни („смайт”) светлинни устройства), които комуникират с потребителите.

Интерактивна светлинна комуникация	Интелигентни битови и други уреди и устройства с интерактивна светлинна идентификация и комуникация (напр. светещ сапун, излъчващ информация за позиция, достъп, качество, принадлежност и др.).
Интелигентни електрически мрежи	Реализират се нулеви енергийни разходи чрез производство на енергия от възобновяеми източници през деня и акумулиране на тази енергия за използване през нощта.
Директно акумулиране	Директно акумулиране на дневна естествена светлина. В момента е на много ранна фаза – в лабораторни условия, но има изключителен потенциал.
Тъмна част от денонощието	Използване на естествена светлина през тъмната част от денонощието. Реализира се с огледала, базирани в Космоса и отразяващи слънчева светлина към Земята (когато Слънцето е на обратната страна на Земята).
Визуализация	Визуализация на обектите през тъмната част от денонощието чрез тяхното инфрачервено излъчване. Конвенционална технология за преобразуване на инфрачервеното излъчване във видима светлина. Към момента има сравнително ограничено приложение във военното дело, очила за инфрачервено идентифициране на обекти в тъмната част от денонощието и др.
Светлинно скулптуриране	Извършва се върху съществуващи монументални обекти и като самостоятелни светлинни композиции с естетическо и емоционално въздействие. Трябва да се отбележи, че традиционното „обливане“ на обектите със светлина не е резултат от намесата на светлинен дизайн.

ИНТЕРНЕТ БАЗИРАНИ СВЕТЛИННИ ТЕХНОЛОГИИ.

Интернет базираните светлинни технологии се основават на глобалния обхват на Интернет, общодостъпността му и възможностите за управление чрез разнообразен интерфейс (табл. 3).

Табл.3 Интернет базирани светлинни технологии

ИНТЕРНЕТ БАЗИРАНИ СВЕТЛИННИ ТЕХНОЛОГИИ	
Интелигентни електрически мрежи	Електрически мрежи от ново поколение, в които има Интернет базирано управление на електропотреблението на електрически уреди и друго електрообслужване на потребителите) според наличните електропроизводствени мощности. Осигуряват най-висок приоритет на светлинната сигурност.
Интернет базирани светлинни устройства	Индивидуализация на управлението: улични осветители; осветители за охранно осветление; жилищно осветление; други светлинни приложения.
Дигитална светлинна трансформация.	Интернет базиран контакт в системата „потребител (клиент) на светлинни услуги и устройства – светлинен дизайнер“. Съчетават се: а) изисквания на клиента; б) светлинен дизайн и светлинна реализация; в) бизнес-модел.
“Li-Fi” Light-Fidelity	Безжичната светлинна технология “Li-Fi” („Light-Fidelity) реализира предаване на данни чрез светлина във видимата част от спектъра. Технологиата осигурява бърз и икономичен Интернет-достъп, при който информационните сигнали се получават чрез излъчваната светлина от светодиодите (LED), монтирани в осветителните тела.

СПЕЦИФИЧНИ СВЕТЛИННО-ТЕХНОЛОГИЧНИ ПОДХОДИ В СИСТЕМНИЯ СВЕТЛИНЕН ДИЗАЙН

Основават се дигитализацията, социализацията, екологичността, иновационността, и управлението на светлинните устройства (табл. 4).

Табл.4 Светлинни технологични подходи

СВЕТЛИННИ ТЕХНОЛОГИЧНИ ПОДХОДИ	
„Меки“ светлинни технологии	Базирани са на дигитализацията на светлинните устройства (протоколи и стандарти за управление; интелигентни (адаптивни светлинни системи).
Светлинни технологии, базирани на социалния статус	Съдържанието и нивото на светлинните технологии се съчетават със социалния (материален, финансов, образователен) статус на потребителите. Изпълняват се всички изисквания за функционалност на светлинните системи, прилагат се добри светлотехнически практики, с адекватен светлинен дизайн за: лица с ограничени финансови възможности, използващи общодостъпни светлинни средства, с акцент върху функционалността, икономичността и енергийното спестяване; за представители от средната класа, които използват качествено осветление; лица със специални изисквания и възможности, без ограничение на разходите (висока класа).
Зелени светлинни технологии	В областта на осветлението включват специфични иновационни решения и подходи: светлинни източници без опасни отпадъци (живак, радиактивност, луминофори и др.); светлинни източници без светлинно отравяне; светлинни източници, осветителни тела и осветителни уредби с висока норма на енергийно спестяване – ефективно ограничаване на въглеродните емисии; ограничаване на светлинното замърсяване; производствена, пътна, битова, криминална безопасност; други.
Дигитални светлинни технологии	Развиват се за реализация на: светлинни оптимизационни проектни технологии и решения; многодименционална визуализация, светлинни анимация и ефекти, светлинно скулптуриране и т.н. (приложение на специализиран софтуер, хардуер, интерфейс и др.).

ЧЕТВЪРТАТА ИНДУСТРИАЛНА РЕВОЛЮЦИЯ В СВЕТЛИННАТА ТЕХНОЛОГИЯ И В СИСТЕМНИЯ СВЕТЛИНЕН ДИЗАЙН

Свързана е с обединяването на индустрията с информационните технологии. Характерни са нейната скорост, обхват и въздействие върху отделните системи. Осигурява се неограничен достъп до информация на милиарди хора до глобалната мрежа през мобилни устройства. Новите технологии са базирани на: изкуствен интелект; роботика (безлюдни производства); Интернет на нещата (*Internet of Things* (IoT)). Концепцията е формулирана от Kevin Ashton през 1999 г. Същността се състои в това, че обектите притежават вградени електронни устройства за взаимодействие помежду си или с външната среда, като участието на човека е само в част от операциите. Настроиват/управляват собствената си работа. Обектите обменят информация чрез Интернет с предварително създадени софтуерни приложения; автономни транспортни средства (автомобили, летателни средства и др.); 3D-принтиране; нанотехнологии; генетика; биотехнологии; възобновяема и екологична енергетика; облачните информационни технологии; биомиметика; светлотехническа наука и технологии; светлотехническо образование; космически технологии; други.

СИСТЕМНИЯТ СВЕТЛИНЕН ДИЗАЙН В ИНТЕРНЕТ НА НЕЩАТА И В ИНДУСТРИЯ 4.0

Методологичната система „SATI” съдържа набор от подходи, необходими при изграждането на устойчиви светлинни системи [5]. Технологичният подход е един от подходите на тази методология. Интернет на нещата и Индустрия 4.0, сами по себе си, не са нови технологични решения. В областта на осветлението те са свързани с технологичното развитие и с дигитализацията на светлинните устройства и на светлинната среда. Синергическото взаимодействие между естетика и енергетика се реализира чрез динамична настройка на техническите устройства, на базата на опериране с практически неограничени съвкупности от данни и без намесата на човека [4,6]. По-долу се дават примерни реализации.

СВЕТЛОДИОДНАТА ТЕХНОЛОГИЯ В ИНДУСТРИЯ 4.0 И В IoT

Светлодиодната технология е малка революция в светлинната техника и е елемент на светлотехническият сектор на Индустрия 4.0. Както беше отбелязано по-горе, в следващите години светлодиодната технология ще бъде водеща във високотехнологичните индустриални производства. Тази позиция се определя от потенциала за повишаване на светлоотдаваемостта (светлинния добив) на светлодиодите. Светлодиодите са актуален светлинен източник при дигиталното композиране на светлинната среда, предвид тяхната адаптивност и ефективност към различни светлинни решения и приложения: голям експлоатационен срок, съпоставим на експлоатационния срок на осветителите и на уредите и системите, в които се вграждат (без необходимост от замяна); димиране, искрящ ефект; динамика на светлината, позволяваща реализиране на светлинни ефекти, светлинна сигнализация и ефективен обмен на информация по визуален път; цветност за различни приложения: светлодиоди с различен цвят; смесване на светлините; константен цвят на светлината; цвят, съпоставим с този на дневната естествена светлина; динамични цветови програми; малки размери, позволяващи вграждане в уреди и системи; пространствено моделирани светлинни форми; модулни изпълнения; други.

СВЕТЛИНАТА В УМНИТЕ ГРАДОВЕ

Бъдещето е на т.нар. „умни” градове (*Smart City*), в които на базата на информационните и комуникационните технологии се обединяват и управляват подсистеми с относителна самостоятелност от системата на градската инфраструктура: електроснабдяване, водоснабдяване, транспорт, чистота, отопление, осветление, безопасност (на движението, хората, при пожар, при бедствия и аварии и др.). „Умните” градове предполагат и „умна” светлина. Интелигентното осветление се реализира чрез: адаптивност към: външни атмосферни условия; динамика на движението; панически реакции; криминални действия и вандализъм; аварии; пожари; природни бедствия и други; контрол на светлинното замърсяване (излъчена светлина към небосвода, нахлуваща светлина през

прозорците и др.) [7]; адаптивност към състоянието на енергийната система (с нейните елементи: производство, пренасяне и разпределение на електрическата енергия); индивидуализация на функциите и действието на светлинните устройства; димиране на светлинните източници; динамика на цвета, яркостта и посочността на светлината; приложение на облачни технологии за енергиен и светлинен мениджмънт на потребителите, свързани към Интернет; други.

ИНДИВИДУАЛИЗИРАНО КОМПОЗИРАНЕ НА СВЕТЛИННАТА СРЕДА

Индивидуализацията на светлинната среда предполага приложение на светлинни устройства и технологии, които да осигурят индивидуалната светлинна специфика по: светлоразпределение; яркост; разпределение на яркостите в пространството и в зрителното поле; цвят на светлината; динамика на яркостта и цвета; позициониране на светлинните средства; насочване на светлината; други. Човекът сам моделира светлинната среда, със светлинни устройства, съдържащи интернет базирани управляващи модули. Тези модули комуникират интерактивно както с човека, така и помежду си, като при това враждат индивидуализираното светлинно пространство в интегрираната светлинна среда. Индивидуализацията при изграждането на светлинната среда се изгражда по методологична система „Човек – светлинна среда” [8,9].

ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ НА СВЕТЛИННИТЕ УСТРОЙСТВА

Персонализирането на светлинните устройства може да се реализира чрез практически неограничени възможности за избор, на принципа „всеки продукт-една партия”. Това може да се постигне чрез: светлотехническа елементна база, устройства за управление, дизайн, Интернет базирана интерактивна комуникация, други. Персонализацията е в контекста на IoT.

ПЕРСОНАЛИЗИРАНО КОМПОЗИРАНЕ НА СВЕТЛИННАТА СРЕДА

Интернет базирани системи за управление, базирани на светлодиодни платформи могат да пресъздадат природната светлинна биодинамика. С тях могат да се реализират светлинни сценарии, съобразени с персоналната специфика и идентичност и с природните условия. Осигурява се природосъобразно количество ефективно осветление в денонощен и годишен разрез, както и яркостна и цветова динамика. Синята светлина следва да се добавя в управлявани дози, следвайки биологичните циркадни (денонощни) ритми.

ИЗВОДИ

В работата е представено развитието и съдържанието на светлинната технология. Специфицирани са светлинни технологични нива, високи светлинни технологии, интернет базирани светлинни технологии. Формулирани са специфични светлинни технологични подходи в системния светлинен дизайн. Представени са областите, в които четвъртата индустриална революция ще обхване светлинната технология и системния светлинен дизайн. Разгледани са подходи в системния светлинен дизайн (вкл. система SATI) в контекста на Индустрия 4.0 в интеграция с IoT. Представени са примерни реализации: светлодиодна технология, светлината в умните градове, индивидуализирано композиране на светлинната среда, персонализация на светлинните устройства, персонализирано композиране на светлинната среда.

The study was supported by contract of University of Ruse “Angel Kanchev”, № BG05M2OP001-2.009-0011-C01, " Support for the development of human resources for research and innovation at the University of Ruse “Angel Kanchev”. The project is funded with support from the Operational Program " Science and Education for Smart Growth 2014 - 2020" financed by the European Social Fund of the European Union.

Изследванията са подкрепени по договор на Русенски университет "Ангел Кънчев" с № BG05M2OP001-2.009-0011-C01, „Подкрепа за развитието на човешките ресурси в областта на научните изследвания и иновации в Русенски университет "Ангел Кънчев", финансиран по Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ 2014-2020”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз.

REFERENCES

Mckinsey (<http://www.mckinsey.com>), [1].

Kyuchukov R., T. Kyuchukov (2012) The Light Environment in Bulgaria (Invited paper). BalkanLight 2012, Proceedings, Publisher: Academic mind, Belgrade, 2012 (ISBN 978-86-7466-438-4), p. 165-171, [2].

Boyce P.R. (2014) Human factors in Lighting. Third edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, 2014 (ISBN 978-1-4398-7488-2), [3]

Kyuchukov T. (2017) The Synergy Bridge. Energetics and Aesthetics in Lighting. Energy forum 2017. Proceedings. Varna, Bulgaria, 2017 (ISSN 2367-6728), [4]

Kyuchukov T. (2012) Systematic And Methodical Approaches To Lighting Design. "SATI" System. 9th International Congress "Machines, Technologies, Materials" 19 - 21.09.2012, Varna, Bulgaria. Machines Technologies Materials. International virtual journal for science, technics and innovations for the industry. Year VI, Issue10/2012 (ISSN 1313-0226), p.3-4, [5].

Кючуков Т. (2013) Culture of Industrial Lighting. Energetika, Bulgaria, 2013, № 6 (ISSN 0324-1521). (<http://www.nek.bg/cgi>), 39-46, [6].

Kyuchukov T. (2015) Light pollution and lighting design. Ecologica, Beograd, 2015, № 79, Godina XXII (p.p. 356-350), (ISSN 0354-3285), [7]

Kyuchukov T. (2016) System "Human – Light environment" in the lighting design. Energy forum 2016. Proceedings. Varna, Bulgaria, 2016 (ISSN 2367-6728), [8].

Kyuchukov R., T. Kyuchukov. (2008) Sustainable Lighting Solutions to Electrical Energy Consumption. Illumination Towards Multifunctional Domestic Lighting Installations. (Invited paper). BalkanLight 2008, Lighting Engineering 2008, Slovenia, Proceedings, Ljubljana, 2008, p. 193-200, [9].