

4. Лыкин А. В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в электрических сетях: учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 115 с.

5. Гай О.В. Підхід із визначення показників надійності системи електропостачання з використанням методу імітаційного моделювання / О.В. Гай, С.В. Стахнюк // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2014. – Вип. 194, ч.3. – С. 249–258.

6. Козирський В.В. Методи та моделі розрахунку надійності систем електропостачання: монографія / В.В. Козирський, О.В. Гай. – К.: Гнозис, 2013. – 563 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

*Г.Б. Иноземцев, А.В. Гай, С.А. Диденко*

*Проведено обоснование целесообразности применения теории графов для решения вопроса энергосбережения в системе электро-снабжения. Приведены примеры и поставлена задача дальнейших исследований.*

*Ключевые слова: энергосбережение, система электро-снабжения, теория графов*

## **APPLICATION OF GRAPH THEORY IN QUESTION ENERGY SAVING SOLUTIONS**

*G. Inozemtsev, A. Gai, S. Didenko*

*A rationale for the use of graph theory in addressing the issue of energy saving in the power supply system. Examples task and further research.*

*Keywords: energy saving, system power, graph theory*

УДК 631.563

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕТОДИОДОВ В СВЕТОКУЛЬТУРЕ ТЕПЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ**

*Л.С. Червинский, доктор технических наук  
Л.А. Сторожук, кандидат исторических наук  
Я.М Луцак, аспирант\*  
e-mail: lchervinsky@gmail.com*

*Приведены обобщенные результаты по режимам и спектральному составу оптического излучения для различных тепличных растений.*

---

\* Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Л.С. Червинский

© Л.С. Червинский, Л.А. Сторожук, Я.М Луцак, 2015

*Обоснована целесообразность применения светодиодных светильников в качестве эффективных источников облучения растений.*

**Ключевые слова:** *облучение растений, режимы и спектральный состав, светодиодные облучатели*

В условиях светокультуры энергия оптического излучения наряду с корневым питанием, наличием углекислого газа, влажностью и температурой воздуха является важнейшим фактором, оказывающим влияние на рост и развитие растений. Можно выделить наиболее важные четыре основные характеристики излучения: спектральный состав, интенсивность облучения, продолжительность суточного облучения (фотопериод) и пространственное распределение светового потока излучения. Эти характеристики обуславливают выбор источников оптического излучения.

**Цель исследований** – определение эффективности применения современных светодиодных светильников для освещения растений в современных системах автоматизированного освещения.

**Материалы и методика исследований.** Согласно Международной комиссии по освещению (CIE), исходя из спектра, всю солнечную энергию можно подразделить на три основные части: ультрафиолетовые лучи (10–400 нм); видимое излучение (400–760 нм); инфракрасное излучение (более 760 нм). Фотосинтез происходит в видимой области света.

Фитофотометрическая оценка излучения (ФАР) основана на энергетической или эффективной системе величин, оценивающей излучение с помощью селективной функции фотосинтезной эффективности. Последняя обладает рядом преимуществ, свойственных системам эффективных величин, однако ее практическую ценность для светокультуры существенно снижает отсутствие в ряде случаев прямой корреляции между интенсивностью фотосинтеза и продуктивностью растений.

Энергетическая система оценки излучения (PPF) приписывает равнозначное действие излучению любого спектрального диапазона в пределах спектральной области ФАР от 380 до 710 нм. Поскольку, молекулы хлорофилла активизируются фотонами, а не энергией, введено такое понятие как PPF (Photosynthetic Photon Flux – струя (поток) фотонов фотосинтеза), который измеряется в микромолях фотонов в секунду, а отношение PPF к потребляемой мощности рассматривается как коэффициент эффективности источника излучения для растений.

Растения, выращиваемые в условиях светокультуры, можно условно разделить на три группы:

- 1) растения, погибающие при длительном воздействии красного света (например, огурец), в связи с чем необходимо ограничение доли красных лучей;
- 2) растения, активно растущие и плодоносящие в красных лучах (например, томат);
- 3) растения, наиболее активно растущие при облучении их белым светом.

В результате многолетних исследований учеными разных стран [2] было установлено, что все растения можно разделить на две основные группы: светлюбивые и сумраколюбивые. Наиболее благоприятными для выращивания светлюбивых растений являются интенсивности света в пределах 150–350 Вт/м<sup>2</sup>, а оптимальный состав излучения имеет следующее соотношение энергий по спектру: 30 % – в синей области (380-490 нм), 20% – в зелёной (490–590 нм) и 50 % – в красной области (600–700 нм). С использованием такого искусственного освещения получены урожаи, в несколько раз более высокие, чем при обычном освещении, причём за более короткие (в 1,5–2 раза) сроки [2,4].

В табл.1 приведены обобщенные результаты по определению предпочтительных уровней облучения при интенсивной светокультуре различных сельскохозяйственных культур, а также соотношения различных частей оптического спектра.

### 1. Рекомендуемые режимы облучения при интенсивной светокультуре

Культура	Облученность*, ЕФАР, Вт/м <sup>2</sup>	Относительное распределение ОИ по спектру – синий/зеленый/красный
Томаты	100-160	0,2/0,2/0,6
Огурцы	80-120	0,2/0,4/0,4
Рис	280-300	0,33/0,33/0,33
Корнеплоды	160-180	-

\* В УФ-области спектра (300-400 нм) целесообразно иметь облученность не более 4 % ФАР, в ИК-области: при 0,7–1,2 мкм не более 100–120 % ФАР; при 1,2–3 мкм менее 25 % ФАР; при 3-40 мкм менее 25 % ФАР.

Немаловажным есть процесс регулирования продолжительности светового дня. Регулирование продолжительности светового дня (фотопериодизм) особенно большую роль играет в цветоводстве.

В табл. 2 приведены некоторые сведения по регулированию световых режимов в помещениях для выращивания ряда цветочных культур.

### 2. Световые режимы облучения различных видов цветочных культур

Культура	Облученность, мВт/м <sup>2</sup> (ФАР)	Годовой период облучения	Продолжительность облучения в сутки, ч	Примечание
Астры	23000	По требованию	Непрерывно в течение 3 сут.	Подготовка саженцев в теплицах
Тюльпаны	3000–5000	Декабрь-февраль	12 (без естественного освещения)	Выгонка цветов
Хризан-	900	Зимой	Удлинение	Круглогодичная

темы			светового дня до 16 ч	культура (для предотвращения почкования зимой)
Орхидеи	9000	Сентябрь-апрель	Удлинение светового дня до 16 ч	Наиболее интенсивный рост, лучшая выживаемость, непрерывное цветение
Георгины	4000	Зимой	2 (ночной перерыв)	Ускорение цветения на 4-8 недель
Гвоздики	1300 3500	Август-апрель Октябрь-февраль	6-12 (ночью) Удлинение светового дня до 10 ч	Увеличение времени цветения Улучшение вегетативного роста
Гортензии	1500–2400	С декабря и далее	Удлинение светового дня на 5–8 ч	Более темная листва и красивее цветы
Лилии	7500	С ноября и далее	Постоянно в течение 7 сут.	Увеличение времени цветения
Флоксы	23000	По требованию	Постоянно в течение 7 сут.	Подготовка в теплицах
Розы	20000–30000 6500–10000	Октябрь-март Август-май	18–24 ч в зависимости от облученности Непрерывно	Увеличение интенсивности и времени цветения Облучение осуществляется ЛЛ, вертикально расположенными между розами

В настоящее время для облучения растений наиболее широко используются адаптированные для растениеводства натриевые лампы высокого давления.

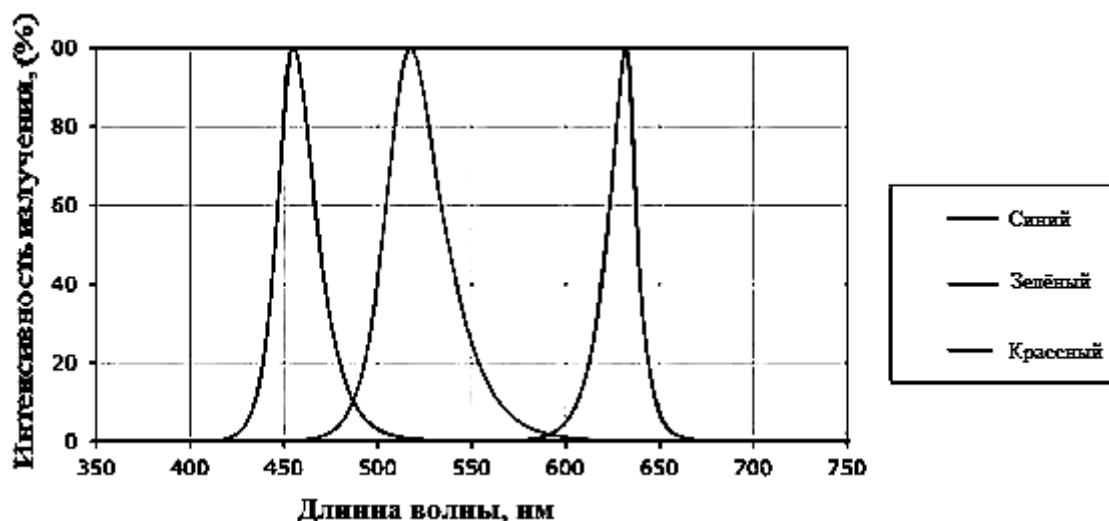
Однако современные светодиодные фитолампы способны обеспечить большее соответствие спектра лампы спектру фотосинтеза, поскольку монохроматические цветные светодиоды излучают свет в узкой области спектра, не расходуя энергию на малоэффективные для фотосинтеза области. Современные светодиодные лампы перекрывают весь видимый диапазон оптического спектра: от красного до фиолетового цвета. Диапазон длин волн излучения светодиодов в красной области спектра составляет от 620 до 635 нм, в оранжевой – от 610 до 620 нм, в

жёлтой – от 585 до 595 нм, в зелёной – от 520 до 535 нм, в голубой – от 465 до 475 нм и в синей – от 450 до 465 нм.

**Результаты исследований.** Таким образом, составляя комбинации из светодиодов разных цветовых групп, можно получить источник света с практически любым спектральным составом в видимом диапазоне. Поэтому использование в фитолампе комбинации синих и красных светодиодов позволяет эффективно использовать энергию только на полезный для растений свет.

Следует отметить и другие преимущества светодиодов, например малую потребляемую электрическую мощность и, как следствие, низкое потребление электроэнергии устройствами на основе светодиодов. Кроме того, стоит учитывать, что излучение светодиодов направленное, а это позволяет эффективнее использовать источники света на их основе. Также надо принимать во внимание, что срок службы светодиодов превышает срок службы ламп минимум в несколько раз, что делает применение светодиодов также эффективным и в экономическом плане.

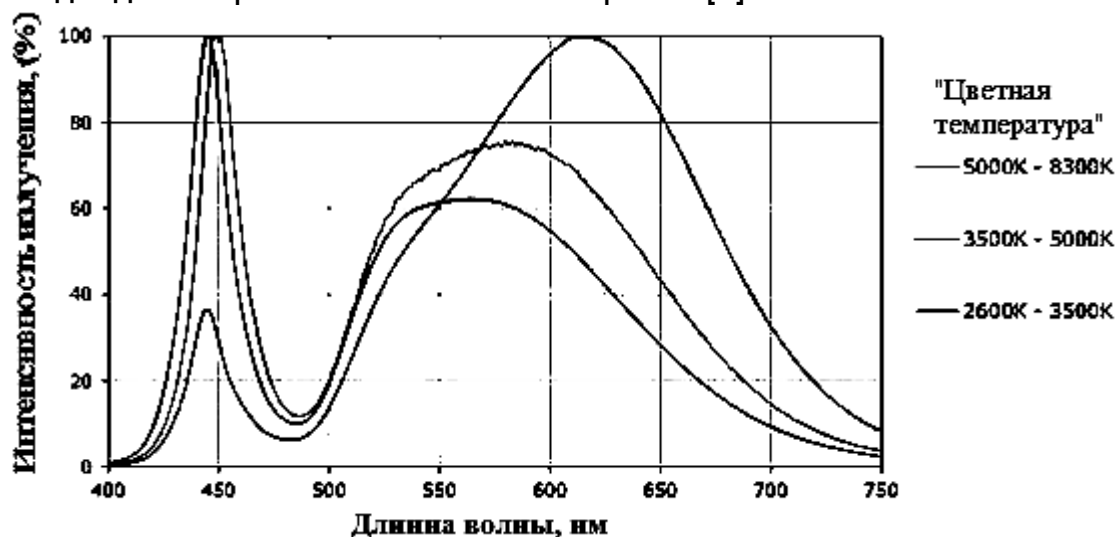
На рис.1 приведены спектры излучения отдельно синего, зеленого и красного светодиодов.



**Рис. 1. Спектры излучения монохроматических светодиодов**

Спектр излучения белых светодиодов представляет собой комбинацию синего, красного и зеленого цветов, а распределение мощности излучения неравномерно по всей длине спектра. Интенсивность излучения светодиода зависит от величины подведенного напряжения (протекающего через кристалл тока). Это позволяет управлять интенсивностью излучения светодиодного светильника, причём относительно легко – путём изменения значения тока. Если использовать в светильнике светодиоды с разными значениями длины волны излучения, то, изменяя ток для разных светодиодов, можно получать различные по составу и интенсивности спектры излучения и таким образом подбирать спектр светильника в зависимости от конкретного этапа развития растения.

В излучении диодов теплого белого цвета (2600–3500 К) преобладает излучение красного цвета (500–700 нм), а в излучении диодов холодного белого света (5000–8300 К) преобладает излучение синего цвета (400–500 нм). Комбинация в светильнике диодов обоих типов позволяет получить наиболее полезный для растений свет и эффективный расход энергии. Спектры излучения стандартной светодиодной агролампы показано на рис. 2.[1]



**Рис.2. Изменение спектра излучения светодиодной лампы от температуры (напряжения на лампе)**

### Выводы

1. Приведённые результаты указывают на эффективность применения современных светодиодных светильников для освещения растений.
2. Современные теплицы представляют собой сложные технические комплексы, в большей части роботизированные, управление которыми осуществляется при помощи автоматизированных систем. Поэтому в них достаточно органично можно добавить и управление освещением, причём как по интенсивности, так и по спектральному составу излучения. Производить такие управляющие операции необходимо по программам, учитывающим фазу развития растений. Для этого наиболее подходят светодиодные источники.
3. Светодиоды, в отличие от ламп, не являются хрупкими, поэтому устройства на их основе могут быть антивандальными, а возможность низковольтного питания делает их безопасными, то есть не являющимися потенциальными источниками возникновения пожара или взрыва.

### Список литературы

1. Большина Н.П. Новые источники облучения в растениеводстве / Н.П. Большина //Сб. науч. тр. МИИСП «Пути повышения качества электрификации с.-х. производства и его электроснабжения». – М.:МИИСП, 1981. – С. 34–36.

2. Леман В.М. Курс светокультуры растений / В.М. Леман. – [2-е изд.]. – М.: Высш. шк., 1976. – 271 с.

3. Сторожук Л.О. К вопросу воздействия ультрафиолетового облучения на рост и физиологические параметры растений/ Л.О. Сторожук, Л.С. Червинский.// Праці Таврійського держ. агротехнологічного ун-ту. – Мелітополь, 2013. – Вип.13, Т.4 – С. 210 – 213.

4. Тихомиров А.А. Светокультура растений. / А.А. Тихомиров, В.П. Шарупич, Г.М. Лисовский. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 321 с.

## **ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДІВ У СВІТЛОКУЛЬТУРІ ТЕПЛИЧНИХ РОСЛИН**

***Л.С. Червінський, Л.О. Сторожук, Я.М. Луцак***

*Наведено узагальнені результати щодо режимів і спектрального складу оптичного випромінювання для різних тепличних рослин. Обґрунтовано доцільність застосування світлодіодних світильників як ефективних джерел опромінення рослин.*

***Ключові слова: опромінення рослин, режими та спектральний склад, світлодіодні опромінювачі***

## **USING LEDS FOR THE LIGTKULTURE PLANTS**

***L. Chervinsky, L. Storozhuk, J. Lutsak***

*Induced generalized results by mode and spectral composition of optical radiation for different greenhouse plants. Justified application of LED lamps as efficient sources of irradiation plants.*

***Keywords: irradiation plant, profiles and spectral composition, LED irradiato***

UDC 621.365

## **MAGNETIC PULSE METHOD SUPPLYING ENERGY FOR MOVE THE PISTON INTO ENGINE**

***V. Kontsur, D. Komarchuk, candidate of technical science  
e-mail: dmitrui@mail.ru***

*The method of magnetically-impulse transmission of energy offers through an inductor to the flat plate, that allows to distinguish considerable instantaneous power with further transformation it in mechanical energy.*