

УДК 628.931

Чебанов Л.С., к.т.н., доц., КНУСА, г. Киев  
Воротилов М.С., студ. КНУСА, г. Киев

### ОСВЕЩЕНИЕ В ТЕПЛИЦАХ СВЕДОДИОДНЫМИ СВЕТИЛЬНИКАМИ

Рассмотрены возможные источники света в тепличных помещениях. Определены основные условия роста растений в теплицах. Проанализировано влияние спектра света и длины электромагнитных волн различных источников света на растения, выращиваемые в теплицах. Разработан алгоритм расчета светильников основного и вторичного (досвет) света.

**Ключевые слова:** теплица, освещение, светодиодное освещение, спектр света, фотоактивная радиация, экономия.

**Актуальность.** Высокий спрос на овощи и фрукты в зимний период создает необходимость строительства теплиц в современных условиях. Одним из основных требований к выращиванию разных культур в теплицах является освещенность (свет нужного спектра). К основному свету теплиц относятся специальные натриевые лампы высокой мощности. Они позволяют добиться нужного уровня освещенности, при этом дать растениям требуемый ультрафиолет. Поскольку натриевые лампы имеют широкий спектр и дают большой, в сравнении со светодиодными источниками света, поток энергии, светодиоды уступают им место основного света в теплицах.

На первых этапах роста растений основного света достаточно, ростки

тянутся к источнику света и вырастают до больших высот. Но основной свет не используется в полную силу тогда, когда растение выросло, потому что лампы основного света освещают только верхние ростки, в то время как нижние части растений не получают достаточного освещения. Это приводит к тому, что эффективность каждого ростка падает. По этой причине были разработаны специальные светильники малой мощности (досветка (рис. 1)).

**Последние исследования.** Последние исследования показали, что применение светодиодной досветки способствует увеличению плодоносности.

Компания Philips является одной из ведущих производителей светодиодной досветки в мире. Они одними из первых задалась вопросом освещения в теплицах светодиодными светильниками. Но поскольку расчёт выполняется самой компанией, услуги её достаточно дорогие.

В настоящее время использование тепличными хозяйствами искусственной досветки для увеличения урожайности и улучшения качества продукции является одним из основных направлений развития тепличного бизнеса в мире.

Будучи страной с многолетними аграрными традициями, Украина не только не остаётся в стороне от данного процесса, но и является региональным лидером в этом секторе.

**Цель статьи.** В этой статье рассмотрим новые возможности и преимущества, которые даёт использование современных технологий освещения в теплицах. Проанализируем алгоритм расчёта светодиодных светильников в зависимости от спектральных характеристик излучаемого света.



Рис. 1 Светодиодный светильник досветки Philips



**Изложение основного материала.**

Существует два способа выращивания растений в теплицах: с досветкой и без нее. Отсутствие досветки делает невозможным выращивание растений в зимний период. Однако этот способ позволяет получить более ранний или более поздний урожай. При этом основная производительность теплицы достигается в летний период, когда естественного света достаточно. Чтобы понимать это, прежде всего нужно принять во внимание, что растение «видит» свет (рис. 2) не так, как человеческий глаз (рис. 3).

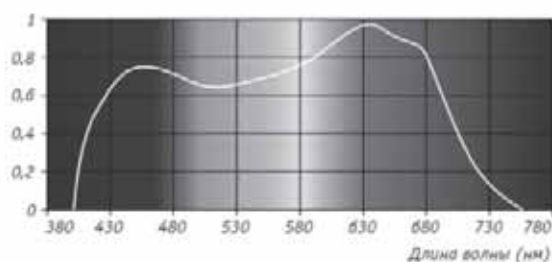


Рис. 2. Чувствительность растений к свету

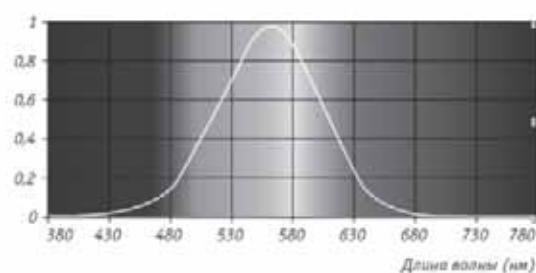


Рис. 3. Чувствительность человеческого глаза

Светотехнические единицы измерения люмен и люкс, базирующиеся на чувствительности глаза человека и применяемые в общем освещении, в данном случае не подходят, так как фотоны считаются «энергетическим веществом», а количество вещества, как известно, измеряется в молях, то единица измерения света для роста или фотоактивной радиации (ФАР) будет количество фотонов на единицу площади за единицу времени ( $\text{ФАР} = \text{ммоль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ).

В то же время прогресс в светотехнике не стоит на месте. Последние несколько лет в сфере общего освещения активно развиваются светодиодные технологии.

Было бы неправильным не попытаться найти им применение в агробизнесе.

На данный момент светодиоды еще не достигли уровня эффективности натриевых ламп и не являются их эффективным заменителем в теплицах. Однако если их использовать в сочетании с имеющимся верхним в качестве дополнительной боковой досветки, можно повысить урожайность на 15% и более. Поскольку верхний свет не достигает нижних листьев растений, процесс фотосинтеза замедляется. Однако за счет эффективной доставки света к нижним листьям растений при помощи боковой досветки урожайность повышается. Так же температура нагрева модуля не превышает 40°C и он может быть размещен на подвесах прямо между растениями в ряду, играя роль дополнительной трубы роста.

Поскольку каждая теплица имеет свои особенности, перед установкой любого светового решения необходимо провести тщательные расчеты, как эксплуатации, так и окупаемости.

Как говорилось ранее, растения чувствительны к спектру света совершенно иначе, чем люди. Если говорить о свете для роста, он определяется количеством энергетических частиц, также называемых фотонами или квантами. Энергия фотонов различна и зависит от длины волны (спектрального цвета). За счет одинаковой энергии можно поучить в полтора раза больше красных фотонов, чем синих. Это означает, что источники красного света производят фотоны более эффективно, чем синего.

Растения также имеют разную чувствительность к различным цветам, и это также влияет на их активность. Использование эффективных источников света для растений и эффективных рецептов выращивания важно для получения оптимальных результатов урожайности.

Единственная часть всего спектра излучений, которая может использоваться растениями для фотосинтеза, находится в диапазоне между 400-700 нм и называется ФАР (фотоактивная радиация).

К основным характеристикам света, которые влияют на хороший рост и цветение растений относятся количество света и его интенсивность.

Рост растения строго определяется общим количеством фотонов, которое оно поглощает в диапазоне ФАР. Как правило, зимой количество природного света слишком мало для роста растений и производства хороших цветов и плодов.

Время цветения многих растений определяется фотопериодом. Например, хризантемы будут цвести только в случае длинных ночей. Их называют "короткодневными" растениями. Если же день будет длинным, то это приведёт к подавлению цветения.

При использовании искусственного света, его равномерность и постоянное качество спектра очень важны для постоянного качества тепличной продукции.

Эффективная лампа для выращивания растений должна преобразовывать как можно больше электрической энергии в энергию ФАР. Понятие "сумма дневного света" (СДС) обозначает количество фотонов, полученных в течение одного дня в диапазоне ФАР (400-700 нм). СДС определяет количество фотосинтетического света, полученного на площади 1 квадратный метр за день.

СДС может иметь глубокое влияние на развитие корневой системы, рост побегов из семян, укоренение саженцев, а также на окончательное качество свойств растения, например, на толщину стебля, ветвистость и число цветков.

Свет является важным инструментом при тепличном выращивании и основным фактором при исследованиях растений. Светодиоды призваны сыграть главную роль в тепличном освещении.

При светодиодном освещении свет для роста - его спектральный состав, может быть настроен для оптимального рецепта выращивания на каждой стадии роста растения. Эта возможность

совместно с эффективным управлением теплом, долгим сроком службы, высокой световой и энергетической эффективностью, открывает потрясающие возможности для тепличных хозяйств.

Для коммерческого рынка тепличной продукции это означает увеличенный урожай, более раннее цветение (укоренение) и более экономное использование площади.

Далее в виде схемы представлен алгоритм расчёта светодиодной досветки в теплицах (см. рис.4).

В полигонных испытаниях было проведено ряд проверок, которые показали высокую эффективность светодиодной досветки, при условии выращивания культуры круглый год. Компания Philips является одной из ведущих производителей светодиодной досветки в мире. Её расчёты показывают, что срок окупаемости такого оборудования составляет от 3 до 1.5 лет в зависимости от условий работы (времени, мощности, количестве и т.д.).

Определение технико-экономических показателей выражается формулой, которая определяет количество времени, требуемое на возмещение затрат на светодиодные светильники количеством прироста урожая за единицу времени (или единицу площади):

$$T = \frac{\text{Затраты на оборудование}}{\text{ПУ-стоимость реализации}} \quad (1)$$

где T- срок окупности (лет),

ПУ-прирост урожая (т)

### Выводы:

И так, как было сказано ранее, основной свет не даёт должного уровня освещённости, поэтому использование светодиодной досветки неотъемлемая часть общего освещения теплицы, а также досветка даёт возможность поднять плодоносность до 25%. Алгоритм расчёта решает вопрос выбора светильников для каждой культуры растений.

# 1) Техническое задание

(габариты помещения, выращиваемая культура, высота подвеса основного и дополнительного света и т. д.)

## 2) Общие нормы освещённости

(Для каждой группы растений свой уровень освещённости)

## 2') Индивидуальные требования заказчика

(повышение уровня для собственных нужд)

## 3) Подбор светодиодов в светильник

(соотношение спектров холодного и тёплого)

## 4) Подбор ламп основного освещения

(основным светом являются лампы высокого давления мощностью от 250 до 1000 Вт)

## 5) Определение полезной площади

(часть площади теплицы не даёт урожая)

## 6) ТКС (требуемое количество света)

(для данной культуры)

## 7) Уровень освещённости на лампах высокого давления

Удовлетворяет

Не удовлетворяет

## 8) Выбор КСС (кривой силы света) досветки

Увеличить количество ламп

Обычная  
синусоидная

Узкая оптика

Широкая оптика

Зависит от условий расположения и удобства эксплуатации

## 9) Подбор длины волны для требуемого растения (по нормам)

## 10) Расчёт количества выхода фотонов с одного ватта

$$(Q=\lambda/(c*h))$$

## 11) Перевод потока фотонов в световой поток для подбора светильника

## 12) Из таблицы эффективностей (зависимости светового потока от выходной мощности) вычисляем необходимый световой поток для данной длины волны света

## 13) Расчёт количества светодиодных светильников

$$КВ=S/(CДC_{led}/CДC_{треб})$$

$$L=L_{ряды}/(КВ/кол-во уровней света/кол-во рядов)$$

## 14) Определение количества светильников в магистрали

$$L'=L_{ряды}/L$$

## 15) Определение количества светильников на объекте

$$СВ'=L'*кол-во рядов*кол-во уровней$$

## 16) Расчет фактического уровня освещения

## 17) Определение технико-экономических показателей

Рис. 4. Алгоритм расчёта светодиодной досветки в теплицах

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ

ИСТОЧНИКОВ:



1. LED Philips світильники для теплиц. Philips Lighting Россия, Москва - 2012 г. [Електронний ресурс]. - Режим доступа : [http://list-eng.ru/upload/iblock/096/20130619\\_02\\_36\\_33\\_file.pdf](http://list-eng.ru/upload/iblock/096/20130619_02_36_33_file.pdf)

2. Сайт журналу «Гелиотрон» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.heliotron.ru/statjwi/pereschetljumenovvattyimoli/>

3. Естественное и искусственное освещение: ДБН В.2.5-28-2006 - [Действующий от 2006-09-03]. - К. : Госстройнормы Украины, 2006. - 20 с.

4. Мельников И.В. Теплица, парник, зимний сад: підручник [Електронний ресурс] / Мельников И.В. - Москва : 2013. - 53 с. - Режим доступа: [http://www.e-reading.club/bookreader.php/127468/Mel'nikov\\_-\\_Teplica,\\_parnik,\\_zimnii\\_sad.html](http://www.e-reading.club/bookreader.php/127468/Mel'nikov_-_Teplica,_parnik,_zimnii_sad.html)

5. Н.П. Воскресенская. Фотосинтез и спектральный состав света / Н.П. Воскресенская. - "Наука", Москва, 1965.

#### АНОТАЦІЯ

Розглянуто можливі джерела світла в тепличних приміщеннях. Визначені основні умови росту рослин в теплицах. Проаналізовано вплив спектру світла і довжини електромагнітних хвиль різних джерел світла на рослини, що вирощуються в теплицах. Розроблено алгоритм розрахунку світильників основного і вторинного (досвіт) світла.

**Ключові слова:** теплиця, освітлення, світлодіодне освітлення, спектр світла, фотоактивна радіація, економія.

#### ANNOTATION

The possible sources of light in the greenhouse facilities. The basic conditions for plant growth in greenhouses. The influence of the spectrum of light and the length of the electromagnetic waves of different light sources on plants grown in greenhouses. The algorithm for calculating fixtures primary and secondary light.

**Keywords:** Greenhouse lighting, LED lighting, light spectrum, photoactive radiation, savings.

#### УДК 69.034.3

**Церковна О.Г., асп., Національний авіаційний університет, м. Київ**

### АНАЛІЗ ДЕРЖАВНИХ БУДІВЕЛЬНИХ НОРМ УКРАЇНИ, ЩО РЕГЛАМЕНТУЮТЬ ПРОЕКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВО ТА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ФОНТАНІВ

Проведений аналіз діючих нормативних документів, які використовуються при проектуванні, будівництві та експлуатації фонтанів як малих архітектурних форм та гідротехнічних споруд. Сформовано Дерево нормативних документів необхідних при проектуванні, будівництві та експлуатації фонтанів. Розглянуті нормативні документи для визначення фонтанів, як об'єктів дизайну. Порушено питання про невідповідність фонтанів, такому визначенню, як малі архітектурні форми.

**Ключові слова:** будівельні норми, фонтани, малі архітектурні форми, проектування, будівництво, експлуатація.

**Постановка проблеми.** Сучасне місто важко уявити без використання води і водних пристроїв. Вода посилює естетичний вплив архітектурної та ландшафтної композиції.

Фонтани є важливими складовими елементами середовища проживання людини. Вони бажані не тільки з естетичних міркувань, але й з екологічних, санітарно-гігієнічних і інженерних вимог. У південних містах фонтани зволожують повітря і покращують мікроклімат; знижують температуру повітря; підвищують його вологість; вони можуть служити запасними водоймами для протипожежних цілей.

Створення фонтанів - творчий процес, пов'язаний як з етапами проектування та розробки проектно-кошторисної документації, так і безпосередньо з самим процесом створення об'єкта, тобто з його будівництвом, формуванням навколишнього середовища, доглядом, утриманням і ремонтом основних його пристроїв і конструктивних елементів.