



СВЕТ И ЦВЕТ

Л. Б. Прикупец,
к. т. н., зав. лаб.
Всероссийского
научно-исследо-
вательского ин-
ститута (ВНИСИ)
им. С.И. Вавилова,
ведущий
консультант
ООО «БЛ Трейд»

За последние годы в цветоводческом секторе теплиц России произошли заметные изменения. Введено в строй около 70 га современных теплиц в Карачаево-Черкесии, Краснодарском крае, Ленинградской, Московской, Пензенской, Калужской и др. областях, в которых с использованием передовых агротехнологий и инженерных решений круглогодично выращиваются многие виды цветов.

Сектор промышленных цветочных теплиц, использующий метод интенсивной светокультуры растений, является одним из самых энергоёмких (по удельным электрическим параметрам) и, одновременно, самых энергоэффективных, среди различных областей использования искусственного освещения. Установленная на единицу площади электрическая мощность достигает уровней 120-130 Вт/кв. м., освещённость – 15 клк, продолжительность освещения в год – до 5000 часов.

Немногим более 100 га цветочных теплиц России потребляют в год больше электроэнергии, чем всё уличное освещение Москвы и Санкт-Петербурга. Всё это однозначно говорит о важности ис-

кусственного освещения для выращивания цветочных культур с технической стороны. Учитывая также хорошо известную огромную важность оптического излучения для жизнедеятельности растений с физиологической стороны, ниже мы подробно рассмотрим основные светотехнические аспекты выращивания цветочных культур в промышленных теплицах.

I. ЕСТЕСТВЕННАЯ ИНСОЛЯЦИЯ И НЕОБХОДИМОСТЬ ДОСВЕТКИ

На рис. 1 приведены усреднённые данные распределения естественной освещённости по месяцам в стеклянных теплицах для средней части России.

Если задаться минимально допустимым уровнем освещённости в цветочной теплице 12 клк, то очевидно, что без дополнительного электрического освещения невозможно обойтись в период с сентября по апрель, то есть 8 месяцев в году. При этом 3 месяца (ноябрь – январь) искусственное освещение в теплицах существенно преобладает, достигая 75-80% от суммарного (естественное + искусственное). На рис. 2 приведён примерный спектр суммарного излучения для указанного периода, измеренный нами в теплице с помощью спектроколориметра «ТКА» г. Санкт-Петербург, сопряжённого с нетбуком Lenovo. В качестве электрических источников света использовались натриевые лампы.

Конечно, как видно из рис. 2, растения в теплице в самые «тёмные» месяцы года не получают излучения с полноценным спектром в области ФАР, однако и в этом случае естественная составляющая существенно дополняет спектр натриевых ламп, в котором почти отсутствует синеволновый диапазон ФАР.

II. ВЫБОР ТИПА ЛАМП И ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В тепличном освещении уже более 10 лет безраздельно господствуют, в силу определённых преимуществ над другими типами источников света, натриевые лам-

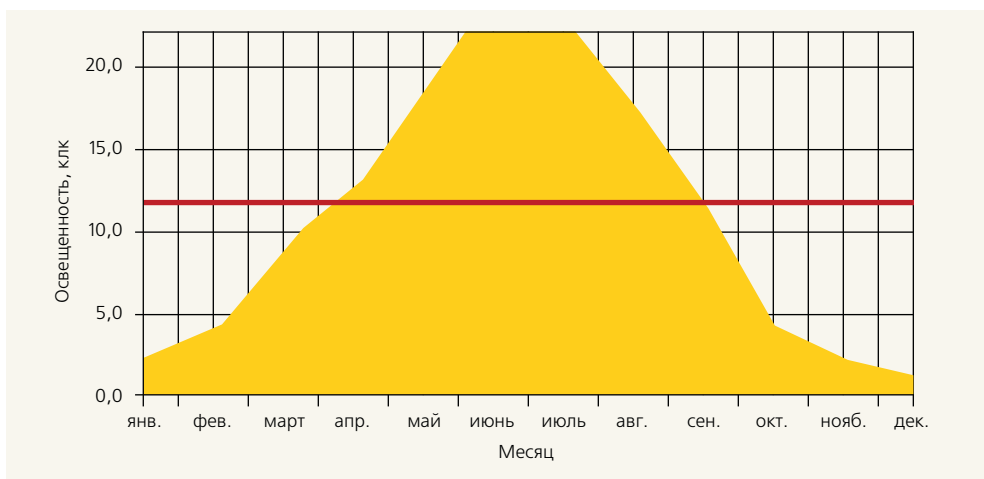


Рис. 1. Естественная освещённость в теплице в средней полосе европейской части России

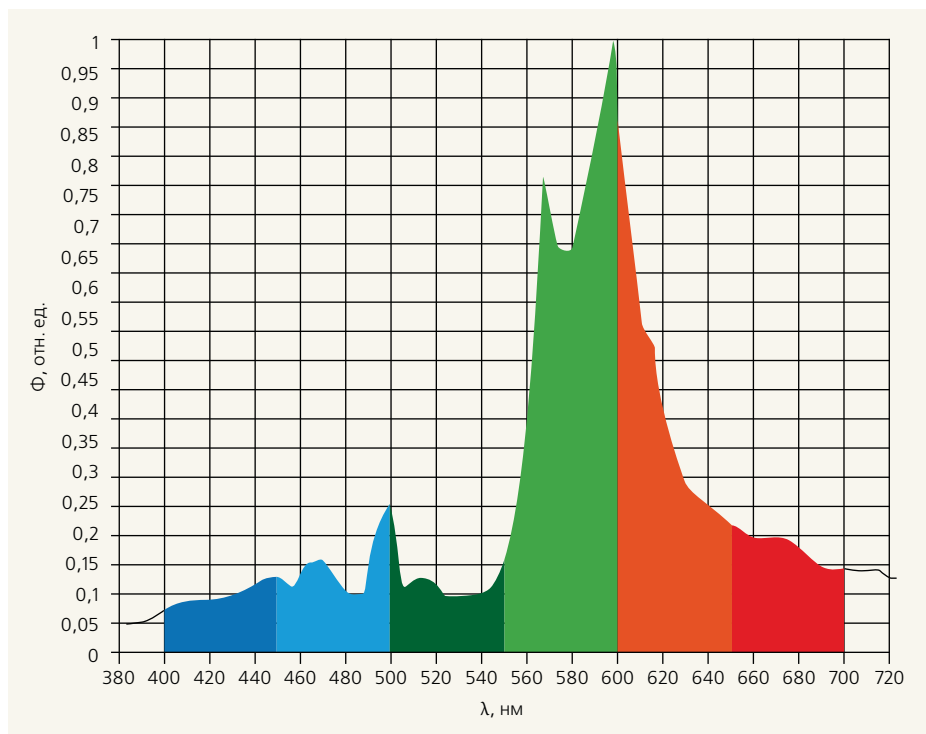


Рис. 2. Спектр суммарного излучения в теплице (период с ноября по январь)

Таблица 1. Основные параметры НЛВД

Электрическая мощность, Вт	Uс, Вт	Iс, А (потребл. из сети)	Iл, А	Pл+Pпра, Вт	F, клм	H, лм/Вт	Ф, мкмоль/с
400*	220	2,1	4,4	445	56,5	140	725
600	220	3,4*/2,9**	6,2	645*/635**	90	150	110
	380	1,9*/1,6**	3,6	660*/640**	87	142	1150
750	220	4,1*	7,5	810	112	149	1350
	380	2,4*/2,07**	4,4	810	112	149	1350
1000**	380	2,61	4	1040	145	145	1850

* – для лампы в комплекте с электромагнитным ПРА(ЭмПРА);

** – для лампы в комплекте с электронным ПРА (ЭПРА);

Принятые обозначения: Uс – сетевое напряжение; Iс – ток потребляемый лампой в комплекте с пуско – регулирующим аппаратом (ПРА) из сети; Iл – ток лампы; Pл+Pпра – электрическая мощность, потребляемая из сети, лампой вместе с ПРА; F – световой поток лампы; H – световая отдача лампы;

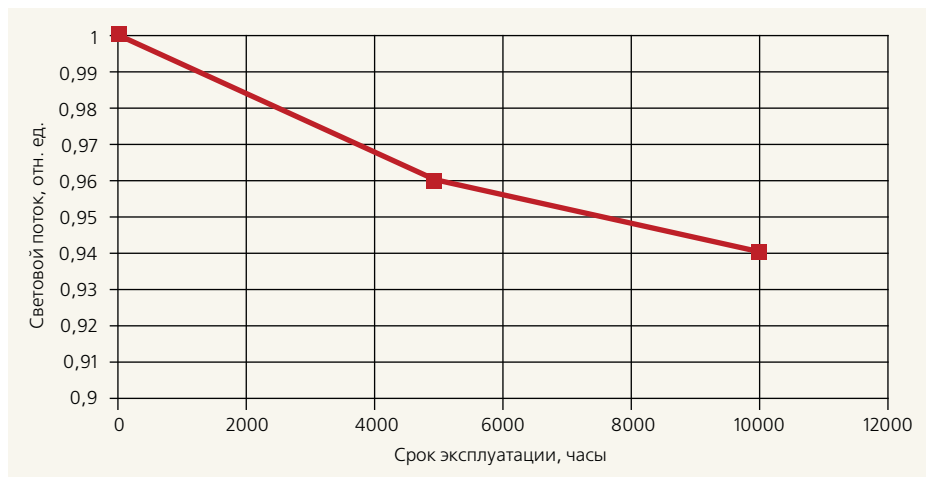


Рис. 3. Спад светового потока ламп PlantaStar 600W/400V в реальных условиях эксплуатации

пы высокого давления (НЛВД). В отличие от обычных НЛВД, которые используются в уличном освещении, лампы для теплиц имеют более высокую световую отдачу (до 150 лм/Вт), более высокий срок службы (до 20 тыс. часов) и увеличенную долю излучения в сине-фиолетовой области спектра. Ведущие электроламповые фирмы выпускают фитолампы под своими брендами: PlantaStar (Osram), GreenPower (Philips), Lucalox PSL (General Electric), GroLux (Sylvania).

В табл. 1 представлены основные параметры НЛВД, используемых в цветоческих теплицах.

Для цветоческих теплиц, наряду с эффективным КПД, важнейшим параметром лампы является их полезный срок службы, определяемый величиной спада потока излучения (светового потока). Спад в 15-20% приводит к снижению уровня освещённости в теплице на 1,5-2 клк, что заметно скажется как на количестве, так и на качестве товарной продукции.

Наибольшим ресурсом среди рассматриваемых нами ламп должны обладать НЛВД мощностью 600 Вт на напряжение сети 380 В. Отметим, что этому способствуют определённые физико-технические предпосылки, уменьшающие распыление электродов при включении и разгорании лампы. Специальный эксперимент проведённый нами на НЛВД типа PlantaStar 600W/400V в ТК ООО «Ступино» показал, что спад светового потока для ламп этого типа после 10 тыс. часов горения (2 года) не превышал 6% (рис. 3).



III. ВЫБОР УРОВНЯ ОСВЕЩЁННОСТИ

Как известно, в светокультуре растений существует понятие световой кривой: зависимости, описывающей связь продуктивности со световым потоком, падающим на единицу площади ценоза (освещённостью). Подобную достаточно точную зависимость получить для каждого вида цветов в теплице, практически невозможно; поскольку используемая растениями световая энергия является совместным продуктом переменного естественного и постоянного искусственного освещения. Тем не менее, на основе многолетних экспериментальных данных, такие требования для наиболее распространённых видов цветов выработаны и являются основой при проектировании установки дополнительного освещения в теплице.

Существует тенденция постепенного увеличения нормируемого уровня освещённости при промышленном выращивании цветов в теплицах. Так, например, ещё несколько лет назад при проектировании осветительной установки в теплице с розами в Голландии задавался $E=10$ клк, в настоящее же время этот уровень вырос, по крайней мере, до 12 клк. На рис. 4 приведена ориентировочная световая кривая для тепличных роз, полученная голландскими специалистами, которая позволяет прогнозировать динамику выбора уровня освещённости при выращивании роз в теплицах на перспективу.

Отметим, к сожалению, что в большинстве проектов, реализованных в последние годы в России, уровень освещённости в «розовых» теплицах ниже 10 клк.

Иногда недостаток освещённости в теплице пытаются компенсировать увеличением продолжительности фотопериода. Укажем, что в большинстве случаев, это не даёт положительного результата.

IV. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСВЕЩЕНИЯ В СВЕТОВЫХ И КВАНТОВЫХ ВЕЛИЧИНАХ

В последние годы некоторые западно-европейские компании предлагают ввести в практику тепличного растениеводства квантовые величины характеризующие поток излучения фитоламп и облучённость растений. Используя известное из физики соотношение для энергии кванта света можно легко показать, что количество фотонов в единице энергии падаю-

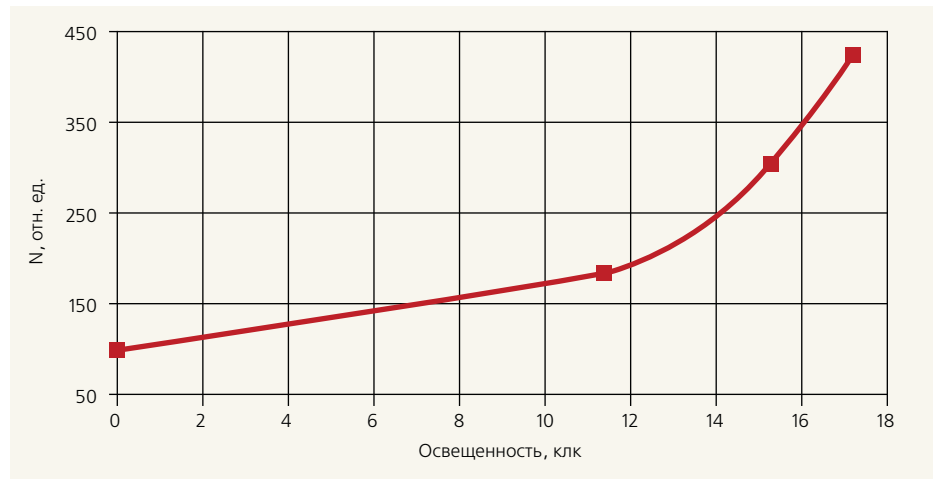


Рис. 4. Зависимость продуктивности светокультуры роз от уровня освещённости (искусственное излучение)

щего излучения линейно зависит от длины волны, т. е.

$$N\phi = K \cdot \lambda,$$

где λ – длина волны, K – коэффициент пропорциональности.

Таким образом, при одинаковой энергии, излучение в красном диапазоне ФАР с $\lambda = 670$ нм по количеству фотонов будет в 1,5 раза эффективнее излучения в синем диапазоне с $\lambda = 450$ нм. Но это совершенно не означает, что ставя цель использовать для облучения растений лампу с максимально возможным количеством фотонов на единицу мощности, можно добиться максимальной продуктивности и наилучшего качества цветка.

Этим простым примером мы хотели показать, что мера количества фотонов не может в общем случае, служить мерой количества урожая. Всё равно, оперируя квантовыми величинами (как и общепринятыми световыми) все количественные данные необходимо соотносить со спектром используемого источника излучения.

В настоящее время, когда в теплице применяются только натриевые лампы, мы не видим преимуществ в использовании квантовых величин над световыми.

Отметим также, что более сложное представление квантовых величин, в сравнении со световыми, приводит к тому, что в проспектах фирм и публикациях трудно найти правильно записанные количественные значения, потока излучения фотонов, фотонной освещённости и фотонной дозы.

Тем не менее, для специалистов, которые предпочитают оперировать как световыми, так и фотонными величинами, приведём соответствующие соотношения для двух основных видов излучателей:

- натриевые лампы высокого давления (НЛВД)

$$E_{лк} = (75-80)E\phi;$$

- естественный свет (солнце + небо)

$$E_{лк} = (62-65)E\phi,$$

где $E_{лк}$ – освещённость [люкс], $E\phi$ – фотонная облучённость [мкмоль/с·м²].

При условии расширения масштабов использования для освещения растений светодиодных излучателей с возможностью вариации в широких пределах спектральных характеристик представляется более целесообразным переход к использованию энергетической системы величин (ФАР). При этом потребитель должен хорошо знать и учитывать спектр используемого источника излучения.

V. СВЕТОВЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЦВЕТОВОДЧЕСКИХ ТЕПЛИЦ

Современный светильник для цветочных теплиц – это прибор, в котором используются фито-НЛВД мощностью 600, 750 и 1000 Вт и электронный или электромагнитный ПРА. Применение в конструкции отражателей из ячеистого алюминия ф. Alanod с предельно высоким коэффициентом отражения позволяет обеспечить КПД светильника на уровне 90-91%.

Достаточно важное значение имеет выбор рациональной кривой силы света (КСС) светильника; в теплицах, в основном, используются светильники с полужирной КСС ($\alpha_{max} = 35-55^\circ$), позволяющей обеспечить достаточно высокую степень равномерности освещённости на технологической площади.

В российских теплицах на паритетных условиях используются светильники как с ЭмПРА, так и ЭПРА.

Рассмотрим кратко преимущества и недостатки тех и других применительно к основным параметрам светильников.

1. **Активные потери электрической мощности.** Для обоих типов ПРА для светильников 600 и 750 Вт примерно одинаковы (табл. 1).

2. **Вес светильника.** Светильник с ЭмПРА примерно в 3 раза тяжелее светильника с ЭПРА.

3. **Надёжность.** У светильника с ЭмПРА значительно выше.

4. **Средний срок службы.** У светильников с ЭмПРА в 2-3 раза выше.

5. **Возможность регулирования мощности и светового потока.** В настоящее время возможно для обоих типов светильников.

6. **Ток, потребляемый из сети.** Для светильника с ЭПРА на 12-15 % ниже.

7. **Зависимость параметров от напряжения.** Параметры светильника с ЭмПРА зависят от сетевого напряжения.

8. **Стоимость.** Светильник с ЭмПРА существенно дешевле аналога с ЭПРА.

Взвесив достоинства и недостатки каждого из типов, потребитель (особенно в случае использования собственной газогенераторной подстанции) часто выбирает светильник с ЭмПРА.

VI. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ В ТЕПЛИЦАХ

Совокупность световых приборов в теплице называется осветительной (облучательной) установкой (ОУ). Для проектирования ОУ в настоящее время используются различные программные средства расчёта и моделирования освещения. Результатом расчёта является определение необходимого количества

светильников и трёхкоординатной схемы их размещения, обеспечивающих заданные уровни и степень равномерности освещённости. Одной из задач проектирования является максимально возможное использование стандартных конструкций теплиц для подвеса светильников.

Отдельного рассмотрения заслуживают вопросы эксплуатации тепличных ОУ. Отметим только, что надёжность эксплуатации ОУ в значительной степени зависит от грамотного решения вопросов электрического питания ОУ, в частности, равномерного распределения нагрузок, управления и регулирования, обеспечения постоянства сетевого напряжения, согласования схемы питания ОУ с ВЧ-характеристиками ЭПРА и т. д.

На рис. 5 приведен фрагмент ОУ со светильниками GALAD в ООО «Мир цветов», Мордовия.

VII. СВЕТИЛЬНИКИ GALAD В ЦВЕТОЧНЫХ ТЕПЛИЦАХ РОССИИ

Тепличные светильники, продвигаемые на рынок торговым домом ООО «БЛ Трейд», г Москва, выпускаются заводом ОАО «КЭТЗ» под брендом GALAD и используются для выращивания более чем в двадцати тепличных хозяйствах и комбинатах.

Почти 40 лет назад завод КЭТЗ открыл новое направление в Российской светотехнике, начав промышленный выпуск первого светильника ОТ400, специально предназначенного для освещения растений в теплицах.

В настоящее время номенклатура светильников для теплиц насчитывает на заводе около 20 типов мощностью 250,

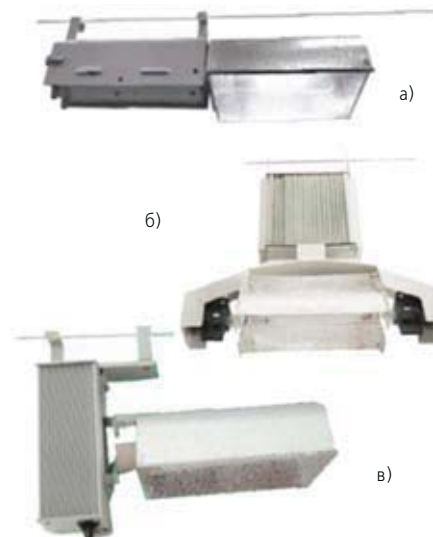


Рис. 6 Новые светильники Galad для цветочных теплиц а) ЖСП30-750-013 б) ЖСП55-1000-001 в) ЖСП38-600-001

400, 600, 750 и 1000 Вт с ЭмПРА и ЭПРА, с трубчатыми НЛВД и зеркальными лампами типа «Рефлакс».

В конструкции светильников GALAD используются лучшие отечественные и зарубежные материалы и комплектующие, завод является партнёром крупнейших зарубежных светотехнических фирм, производящих источники света и импульсные зажигающие устройства (ИЗУ).

Постоянно работая в последние годы над повышением качества и эксплуатационной надёжности изделий, завод обновляет номенклатуру светильников для теплиц. На рис. 6 приведены фото новых светильников GALAD мощностью 600, 750 и 1000 Вт, предназначенных для интенсивной светокультуры цветов в промышленных теплицах.



Рис. 5 Фрагмент ОУ со светильниками Galad

