

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ТЕПЛИЦ

Долгих Павел Павлович

к.т.н., доцент кафедры агроинженерии
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ Ачинский филиал
Россия, г. Ачинск

Аннотация: В работе подчеркивается необходимость учета критериев оценки эффективности источников излучения при разработке схем облучения для теплиц. Разработана шкала по сравнительным стандартам: равная освещенность (для измерений, связанных со «светом»), равная облученность, та же плотность фотосинтетического фотонного потока (для измерений роста растений) и одна и та же установленная электрическая мощность (для экономического сравнения). Проблема сравнения источников излучения рассмотрена на примере разных в спектральном отношении натриевых ламп высокого давления и металлогалогенных ламп высокого давления. Установлено, что при сравнении по критерию одинаковой освещенности с энергетической точки зрения предпочтительным является вариант с натриевой лампой высокого давления. Однако разница в плотности фотосинтетического фотонного потока указывает на лучший рост растений в варианте с металлогалогенной лампой высокого давления. По критерию плотности фотосинтетического фотонного потока энергетические затраты становятся одинаковыми, однако показатели освещенности для варианта с натриевой лампой высокого давления значительно выше, что делает затруднительным использование стандартных методов расчета облучательных установок с использованием световых величин. Это свидетельствует о необходимости пересмотра норм и правил по проектированию освещения растений.

Ключевые слова: Теплицы, технологии облучения, критерии оценки эффективности, натриевые лампы высокого давления, металлогалогенные лампы высокого давления, освещенность, плотность фотосинтетического фотонного потока, установленная мощность.

CRITERIA FOR EVALUATION OF EFFICIENCY RADIATION SOURCES FOR GREENHOUSES

Pavel P. Dolgikh

Ph.D, Associate Professor of the department of agroengineering
Achinsk branch of the Krasnoyarsk State Agrarian University
Russia, the city of Achinsk

Abstract: The paper emphasizes the need to take into account the criteria for assessing the effectiveness of radiation sources when developing irradiation schemes for greenhouses. A scale has been developed for comparative standards: equal illumination (for measurements related to "light"), equal irradiance, the same density of photosynthetic photon flux (for plant growth measurements) and the same installed electric power (for economic comparison). The problem of comparison of radiation sources is examined using the example of differently spectrally high-pressure sodium lamps and metal halide high-pressure lamps. It is established that when compared by the criterion of equal illumination from the energy point of view, the option with a sodium high-pressure lamp is preferable. However, the difference in the density of the photosynthetic photon

flux indicates the best growth of plants in the version with a metal halide lamp of high pressure. According to the criterion for the density of the photosynthetic photon flux, the energy costs become the same, however, the illumination indices for the high-pressure sodium lamp variant are much higher, which makes it difficult to use standard methods for calculating irradiation facilities using light magnitudes. This indicates the need to revise the rules and regulations for the design of plant lighting.

Keywords: Greenhouses, irradiation technologies, performance evaluation criteria, high-pressure sodium lamps, high-pressure metal halide lamps, illumination, photosynthetic photon flux density, installed power.

Для выбора источников излучения для теплиц необходимо определиться в критериях оценки их эффективности.

Сравнение источников излучения всегда вызывает значительные проблемы в отношении сравнительной шкалы. Возможные сравнительные стандарты – это равная освещенность E (для измерений, связанных со «светом»), равная облученность Φ_{AP} , та же плотность фотосинтетического фотонного потока $PPFD$ (для измерений роста растений) или даже одна и та же установленная электрическая мощность P_y (для экономического сравнения). Поэтому для каждой из этих задач измерения можно определить правильный сравнительный масштаб. Проблема заключается в том, что выбор сравнительного стандарта будет иметь последствия для результата сравнения. Это особенно важно для выбора ламп для ассимиляционного освещения [1].

Соотношение между энергетическими единицами ($Вт/м^2$) и облученностью ($мВт/м^2$ PAR) не должно точно указываться для солнечного света, потому что его спектральный состав меняется. Среднее значение коэффициента перевода может быть 0,5, что означает, что примерно 50% солнечного излучения приходится на диапазон от 400 до 700 нм. По той же причине преобразование между единицами освещенности и энергетическими единицами затруднено, поскольку измерения энергии, например измерение облучения, невозможны при измерениях, произведенных в люксах. Если очень высокая точность не требуется, можно предположить, что освещенность от 90 до 100 лк соответствует солнечному излучению $1 Вт/м^2$.

Для источников искусственного света можно преобразовать измеренную освещенность в облученность ($мВт/м^2$ PAR) с учетом спектрального распределения излучения источника света. Коэффициент перевода указан в технических данных источников света (табл. 1). Таким образом, информация об освещенности должна быть, безусловно, связана с указанием источника света.

Таблица 1 – Лампы, применяемые для ассимиляционного фотопериодического освещения

Лампа	Производитель ¹⁾ и тип	Мощность ²⁾ , Вт	Световой поток, лм	Световая отдача ³⁾ , лм/Вт	Коэффициент ⁴⁾
SON-T Plus	Ph, Na	405/436	56000	138/128	2,3
SON-T AGRO	Ph, Na	423/454	52000	123/115	2,3
NAV-T Super	Os, Na	400/440	55500	139/126	2,3
Planta-T 400	Os, Na	400/440	52000	130/118	2,3
SON-H 350 ⁵⁾	Ph, Na	350/372	34500	99/93	2,3

¹⁾ Ph=Philips, Os=Osram; ²⁾ Мощность (Вт) без/с балластом; ³⁾ Световая отдача (лм/ Вт) без/с балластом; ⁴⁾ Коэффициент преобразования lm в мВт или lx в мВт/м²; ⁵⁾ Для замены ртутных ламп высокого давления мощностью 400 Вт; Лампы высокого давления: Na=натриевые; МН=металлогалогенные

Проблему сравнения источников света легко объяснить на примере разных в спектральном отношении натриевых ламп высокого давления и металлогалогенных ламп

высокого давления [2]. Натриевые лампы высокого давления в настоящее время являются наиболее важными источниками излучения для ассимиляционных воздействий (рисунок 1, *а*). Металлогалогенные лампы высокого давления также используются в тепличных технологиях в северных широтах (рисунок 1, *б*).

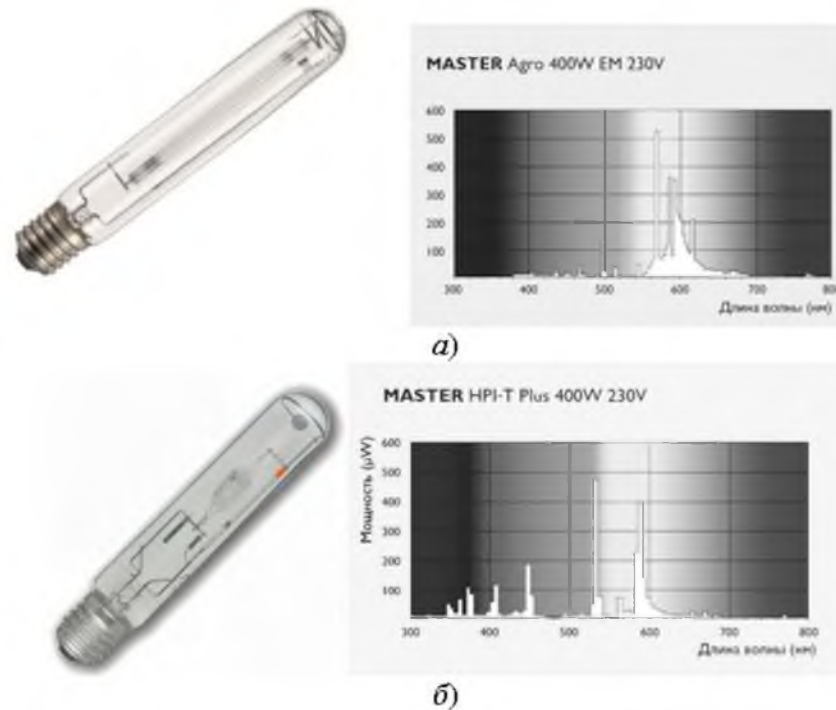


Рисунок 1 – Источники излучения со спектром: *а*) натриевые лампы высокого давления; *б*) металлогалогенные лампы высокого давления

Лампы значительно отличаются в световом излучении из-за состава излучения (рисунок 1, *а,б*). Таким образом, сравнительная шкала приобретает все большее значение. Для сравнения двух используемых источников излучения использовались освещенность, плотность фотосинтетического фотонного потока и установленная электрическая мощность (т. е. равное потребление энергии). В таблице 2 показано сравнение с одинаковой освещенностью. Таким образом, это сравнение подразумевает две разные лампы для достижения одинаковой освещенности.

Таблица 2 – Сравнение ламп высокого давления при одинаковой освещенности

Лампа	Освещенность E , лк	ΦAP , мВт/м ²	$PPFD$, $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{c})$	Установленная мощность P_y , Вт/м ²
Металлогалогенная	3000	8400	47,1	56,4
Натриевая	3000	6900	33,9	39,7

Результат, как и ожидалось, показывает, что натриевая лампа высокого давления приводит к снижению установленной мощности, а также снижению затрат на электроэнергию из-за лучшей светоотдачи. Однако разница в плотности фотосинтетического фотонного потока указывает на лучший рост растений с металлогалогенной лампой высокого давления.

С другой стороны, если система облучения интерпретируется с одинаковой плотностью потока фотонов ($PPFD$), то получается сравнение, показанное в таблице 3. Предполагается, что полученное таким образом излучение приводит к одинаковому росту растений.

Таблица 3 – Сравнение ламп высокого давления при одинаковой плотности фотосинтетического фотонного потока

Лампа	Освещенность E , лк	ΦAP , мВт/м ²	$PPFD$, $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{c})$	Установленная мощность P_y , Вт/м ²
Металлогалогенная	2229	6243	35,0	41,9
Натриевая	3097	7124	35,0	41,0

Такой расчет приводит к значительно большей освещенности с натриевой лампой высокого давления. Поскольку обычные методы расчета работают с расчетом освещенности, эта ситуация означает, что вы должны установить более высокую освещенность при использовании натриевой лампы высокого давления для получения того же фотосинтетического фотонного потока в установке, как и с металлогалогенными лампами высокого давления. Интересно, что установленная мощность и, следовательно, энергопотребление обоих источников излучения в этом подходе практически не различаются. Если предположение о том, что такое толкование приводит к равному росту растений, является правильным, то это обстоятельство имеет далеко идущие последствия для будущей оценки источников излучения для облучения растений. Сравнение источников излучения с одинаковой установленной мощностью показано в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение ламп высокого давления при одинаковой установленной мощности

Лампа	Освещенность E , лк	ΦAP , мВт/м ²	$PPFD$, $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{c})$	Установленная мощность P_y , Вт/м ²
Металлогалогенная	2660	7448	41,8	50
Натриевая	3780	8694	42,7	50

Выводы.

1. Расчет показывает, что потребление энергии, при сравнении ламп высокого давления у различных источников излучения, при одинаковой плотности потока фотонов практически аналогичное.

2. Представленная информация очень наглядно свидетельствуют о необходимости пересмотра норм и правил по проектированию освещения растений. Данное утверждение подтверждается возможным влиянием спектра источника излучения на габитус растения.

Список литературы:

1. Joachim Meyer. AEL: Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V.: Pflanzenbelichtung., Heft 3/1994, Bonn. 84 S.

2. Каталог Philips. Освещение теплиц. Выращивая вашу прибыль. [Электронный ресурс]. – URL:

http://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/Russia/ODLI20150706_001-UPD-ru_RU-horticulture1.pdf (Дата обращения 12.09.2018).

