

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК В СВЕТОКУЛЬТУРЕ

Долгих Павел Павлович

к.т.н., доцент кафедры системозаэнергетики
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ
Россия, г. Красноярск

Аннотация: Рассмотрены вопросы повышения энергетической эффективности облучательных установок для теплиц. Указывается, что эффективность использования облучательных установок напрямую связана со способами облучения. Подчеркивается, что для достижения максимального эффекта необходимо учитывать возможность расширения функции системы облучения, путем внедрения передовых технологий. Установлено, что эффективность использования электроэнергии в технологической схеме зависит не только от уровня совершенства ее преобразования в поток, но и от распределения его в пространстве в соответствии с особенностями объекта и технологическими требованиями. Предложен новый подход к технологии построения досветки растений, который с определенной долей вероятности позволит рационализировать светотехнический эксперимент, устанавливая некий «стандарт» в поисках «оптимального спектра», что даст возможность учитывать параметры искусственной биоэнергетической системы светокультуры в конечном биологическом эффекте.

Ключевые слова: теплицы, облучательные установки, технологии облучения, биоэнергетическая система светокультуры, светодиодные облучатели, спектральный состав излучения, эффективность.

NEW APPROACHES TO IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF IRRADIATION INSTALLATIONS IN LIGHT CULTURE

Dolgikh Pavel P.

Ph.D, Associate Professor of the of the department of System Power Engineering
Krasnoyarsk State Agrarian University
Russia, the city of Krasnoyarsk

Abstract: The issues of increasing the energy efficiency of irradiators for greenhouses are considered. It is indicated that the efficiency of using irradiation facilities is directly related to the methods of irradiation. It is emphasized that in order to achieve the maximum effect, it is necessary to take into account the possibility of expanding the function of the irradiation system by introducing advanced technologies. It was found that the efficiency of using electricity in a technological scheme depends not only on the level of perfection of its transformation into a stream, but also on its distribution in space in accordance with the features of the object and technological requirements. A new approach to the technology of constructing supplementary illumination of plants is proposed, which, with a certain degree of probability, will allow rationalizing the lighting experiment, setting a certain "standard" in search of the "optimal spectrum", which will make it possible to take into account the parameters of the artificial bioenergetic system of photoculture in the final biological effect.

Keywords: greenhouses, irradiation facilities, irradiation technologies, bioenergy system of photoculture, LED irradiators, spectral composition of radiation, efficiency.

Полезный эффект от использования энергетических ресурсов, направленных на создание полезного эффекта, принято соизмерять с затратами данных ресурсов на получение такого эффекта. В случае со светокультурой растений разработаны новые приемы и методы, позволяющие в значительной степени увеличить полезный эффект, путем дополнительных доработок известных технических решений, а также применением вновь разработанных способов дополнительной досветки.

Известно, что электрическая энергия в технологическом процессе облучения проходит три этапа преобразования, определяющих эффективность ее применения:

- преобразование электроэнергии в оптический поток в источнике излучения;
- распределение потока в пространстве;
- превращение лучистой энергии в другой вид при поглощении объектом.

Как было установлено [1], возможности влияния на эффективность первого и третьего этапов ограничены, поэтому второй этап следует рассматривать как основную возможность оптимизации процессов при синтезе технологической схемы.

В общем виде энергоемкость использования электроэнергии (ЭИЭ) для технологической схемы может быть определена по формуле:

$$Q_{эп} = \frac{P}{\Phi_T}, \quad (1)$$

где Φ_T – доля потока облучателя, достигающая объекта и обеспечивающая электротехнологический процесс (ЭТП), Вт; P – электрическая мощность облучательной установки, Вт.

Такое определение позволяет считать ЭИЭ для множества вариантов технологических схем функционалом.

Целевая функция, минимизирующая ЭИЭ, может быть записана таким образом [1]:

$$Q_{эп} = \frac{P}{\left[\int(\Phi_T) \right]} \rightarrow \min = Q_{э1}, \quad (2)$$

где $Q_{э1}$ – энергоемкость эффективной отдачи источника излучения.

В качестве промежуточной оценки в некоторых случаях может быть принята энергоемкость использования потока:

$$Q_{эп} = \frac{\Phi}{\Phi_T}, \quad (3)$$

где Φ – полный телесный поток.

Такой подход позволяет оценить эффективность использования электроэнергии в технологических схемах облучения без определения конечного биологического или физического эффекта.

Общее выражение для энергоемкости по электрической мощности через величину потока Φ_T , обеспечивающего технологический процесс:

$$Q_{эп} = Q_{э1} / \left(1 - \frac{\Phi - \Phi_T}{\Phi} \right) = Q_{э1} / \Phi_T. \quad (4)$$

Полученное выражение показывает, что эффективность использования электроэнергии в технологической схеме зависит не только от уровня совершенства ее преобразования в поток, но и от распределения его в пространстве в соответствии с особенностями объекта и технологическими требованиями.

Таким образом, предметом прикладной сельскохозяйственной фотометрии можно считать поток Φ_m , обеспечивающий технологический процесс.

Целью рассмотрения конкретных технологических схем облучения является определение параметров, влияющих на $Q_{эп}$ и поиск возможностей повышения эффективности использования энергии [1].

Разработанное устройство для определения формы кроны растения при энергоэкологической оценке светокультуры [2] позволяет за счет согласования пространственного распределения потока облучателя, задаваемого его кривой силы света, и возможности растения воспринимать падающий на него поток, оптимизировать использование процесса облучения.

Способ снижения энергоемкости светокультуры [3], который позволит обеспечить повышение эффективности использования источников излучения при оптимизации процесса выращивания растений по критерию минимума энергоемкости светокультуры путем варьирования параметров облучения, условий окружающей среды и других факторов, разработан в институте агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП).

Запатентован способ снижения энергоемкости светокультуры, в котором устанавливают функциональную связь между оптимальным значением питающего напряжения и временем наработки источника излучения, обеспечивающую минимальные значения найденной энергоемкости на любой момент времени [4].

В НИИ энергоэффективных электротехнологий ИАЭП предложена концепция искусственной биоэнергетической системы светокультуры (ИБЭС) как совокупности технических и энергетических устройств, технологических процессов и аппаратов, биологических объектов (растений), применяемых в светокультуре для обеспечения требуемых технологических операций по получению готовой продукции. Заложены основы прикладной теории энергосбережения в энерготехнологических процессах, рассматривающей энергетику ИБЭС с учетом ее многоуровневости и закономерностей взаимодействия сельскохозяйственных биологических объектов с искусственной средой обитания [5].

В рамках данной концепции в Красноярском ГАУ проведены исследования [6, 7], которые показали, что технологии облучения с натриевыми лампами высокого давления имеют значительный резерв повышения эффективности при применении принудительного охлаждения облучателей. Для фитоизлучателей на основе LED-технологий исследования проводились с учетом теплопритоков от них в тепловом балансе вегетационных установок [8].

Исследования показывают, что управление спектром и интенсивностью излучения дают высокие растениеводческие результаты при одновременной экономии энергозатрат. Такие результаты достигаются благодаря динамическим вариантам облучения, учитывающим определенную реакцию выращиваемых растений [9].

Однако, при большом количестве определяющих факторов, исследователям не представляется возможным получить достоверные данные о влиянии тех или иных параметров на конечный результат.

В силу этих обстоятельств нам представляется возможным решением вопроса выращивания в защищенном грунте в части технологии построения досветки растений следующий подход:

- моделируются в программном приложении светодиодные модули с различным спектром излучения, привязывая их к стандартным функциям: (к спектру поглощения хлорофиллов А и В, к функции спектральной чувствительности растений по К.Дж. МсСрее, к функции спектрального распределения интенсивности рассеянного солнечного излучения);
- на базе этих модулей создаются облучатели с определенным фотосинтетическим потоком фотонов;
- в результате фотобиологического эксперимента определяются целевые технологические параметры выращивания;
- формируются требования к спектру и интенсивности источников излучения, а также экспозиции для конкретного сорта растения.

Такой подход с определенной долей вероятности позволит рационализировать светотехнический эксперимент, устанавливая некий «стандарт» в поисках «оптимального спектра», что даст возможность учитывать параметры ИБЭС в конечном биологическом эффекте.

Список литературы:

1. Карпов В.Н. Показатели энергетической эффективности действующих агроинженерных (технических) систем / В.Н. Карпов, З.Ш. Юлдашев; – СПб.: СПбГАУ, 2014. – 160 с.
2. Ракутько С.А. Моделирование и оптимизация световой среды растений в регулируемой агроэкосистеме: фотометрический подход // Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата. – СПб.: АФИ, 2012. – С. 544–548.
3. Ракутько Е.Н., Ракутько С.А. Сравнительная оценка эффективности источников излучения по энергоемкости фотосинтеза // Инновации в сельском хозяйстве. – 2015. – № 2 (12). – С. 50–54.
4. Способ снижения энергоемкости облучения растений в процессе их выращивания при упорядоченной компоновке источников: пат. 2381645. Рос. Федерация, МПК⁷ А01G 7/04 / Ракутько С.А.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования дальневосточный государственный аграрный университет – №2008128798; заяв. 14.07.2008; опубл. 20.02.2010. Бюл. №5.
5. Иерархическая информационная модель искусственной биоэнергетической системы: пат. № 2562421. Рос. Федерация, МПК⁷ G05B 17/02 / Ракутько С.А.; заявитель и патентообладатель ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии – №2014103138; заяв. 29.01.2014; опубл. 10.08.2015. Бюл. №22.
6. Долгих П. П. Облучение и обогрев растений в теплицах / П.П. Долгих, М.В. Самойлов // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 4 (59). – С. 71-86.
7. Долгих П. П. Оценка эффективности тепличного облучателя с принудительным охлаждением / П. П. Долгих, Д. С. Доценко // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 10 (89). – С. 29-44.
8. Долгих П. П. Разработка конструкции вегетационной установки с учетом радиационного режима LED-фитоизлучателей / П. П. Долгих, М. Х. Сангинов // Вестник ВГАУ. – 2019. – № 4(63). – С. 64-71.
9. Kozai T., Niu G., Takagaki M. Plant Factory: An indoor vertical farming system for efficient quality food production. Second edition. // Academic press. 2020. 516 p.

