

ОЦЕНКА ПРОГНОЗИРУЕМОГО СРОКА СЛУЖБЫ СВЕТОДИОДНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАСТЕНИЙ

Былков Денис Васильевич

Национальный исследовательский Томский политехнический университет г. Томск

E-mail: prototype103faza@gmail.com

Солдаткин Василий Сергеевич, Лазарева Алёна Олеговна

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники г. Томск

E-mail: issledowatel86@mail.ru, Alena.o.lazareva@tusur.ru

ESTIMATION OF THE PREDICTED SERVICE LIFE OF LED LUMINARIES USED FOR GROW PLANTS

Bylkov Denis Vasilievich

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Soldatkin Vasily Sergeevich, Lazareva Alena Olegovna

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk

Аннотация: статья посвящена исследованию динамики изменения оптических и электрических параметров светодиодных облучателей для растений. Исследование было проведено в специализированном помещении, имитирующем реальные условия, при которых будет работать излучатель. В результате исследования прогнозируемый срок службы излучателя составил 60000 часов.

Abstract: the paper is dedicated to exploration of dynamic changing optic and electric parameters of LED luminaries used for grow plants. Exploration was carried in special room which simulates realistic conditions under which LED luminaries will working. As a result of the exploration, the predicted service life of the luminaire was 60,000 hours.

Ключевые слова: фотосинтез; светодиод; фотосинтетическая облученность; теплицы; срок службы.

Keywords: photosynthesis; light emitting diode; photosynthesis irradiation; greenhouses; service life.

С ростом численности населения городов резко возрастает потребность в сельскохозяйственных продуктах питания таких как огурцы, помидоры и зелёные культуры. В связи с этим возникает необходимость постройки тепличных комплексов и ситиферм, которые бы обеспечивали население свежими овощами и зеленью в непосредственной близости от потребителя. При этом энергозатраты составляют до 60 % от себестоимости продукта. Натриевые облучательные приборы наиболее распространённые, данные источники излучения очень энергозатратны, а их срок службы не превышает 25000 часов. На смену им приходят облучатели на основе светодиодов, заявленный срок службы которых более 60000 часов, а энергопотребление до двух раз ниже, чем у традиционных источников излучения. Современные светодиоды позволяют создавать облучательные установки для выращивания растений с квантовой эффективностью, более 2,7 мкмоль/Дж в ФАР спектре [1] и заявляемым сроком службы 80 000 часов. Проведённые эксперименты [2, 3] показывают, что растения, выращенные под светодиодными облучательными приборами для выращивания растений, не уступают растениям, выращенным под ДНаЗ по урожайности и качеству конечной продукции. Таким образом проведение исследований на предмет деградации оптических параметров у светодиодных облучательных приборов является актуальным направлением в развитии тепличного освещения.

Целью работы является проведение исследования срока службы облучательных приборов для выращивания растений на основе полупроводниковых приборов и проектирование облучательной установки.

Для исследований были выбраны светодиодные облучатели томской компании АО Физтех-Энерго Diora Unit Agro и Diora Quadro Agro. Конструкция светодиодных облучателей Diora Unit Agro и Diora Quadro Agro запатентована АО «Физтех-Энерго» [4]. Светодиодный облучатель Diora Quadro Agro содержит раму, к которой крепится алюминиевая печатная плата, на которой смонтированы светодиоды. На печатной плате смонтированы два типа светодиодов, красного цвета свечения с пиковой длиной волны 660 нм и белого цвета свечения с КЦТ 5000 К. На печатную плату к раме смонтирована групповая линза из поликарбоната для формирования диаграммы направленности излучения. К раме смонтирован кронштейн для крепления и установлено устройство питания и управления, связанное с печатной платой со светодиодами и к с сетью напряжением 220 В (+10%, минус 15%) и частотой 50 Гц ($\pm 5\%$) в соответствии с ГОСТ 13109–97 [5]. Облучатель Diora Quadro Agro содержит алюминиевый радиатор, выступающий в роли корпуса, к которому прикручена светодиодная плата, содержащая светодиоды с длиной волны излучения 660 нм и белые светодиоды с КЦТ 5000 К. Драйвер питания смонтирован на радиатор с обратной стороны. Также к радиатору прикручена лира для установки светильника. В облучателе Diora Quadro Agro используются преимущественно белые светодиоды, а в облучателе Diora Unit Agro преимущественно красные, поэтому спектральные составы облучателей отличаются. Поток излучения PPF облучательных приборов подобран таким образом, чтобы, обеспечить уровень облученности 100 ± 10 мкмоль·с/м² на плоскости произрастания растений, максимумы излучения спектрального состава из спектра ФАР соответствует пикам возбуждения хлорофилла для инициации фотосинтеза [6].

Для проведения испытаний был изготовлен лабораторный стенд, содержащий три отсека, в каждом из которых попарно размещены облучательные приборы: Diora Unit Agro и Diora Quadro Agro, расстояние от которых до плоскости произрастания растений составляло 2,4 м. Габаритные размеры каждого отсека 1×0,7×2,6 м, стены отсеков имеют белую матовую поверхность. Фотометрические измерения осуществлены с применением: комплекса гониофотометрического двухкоординатного с фотометрической головкой ГФ-6-1, № 1203 (Россия) и прибора, комбинированного UPRtek PG200N.

Измерены основные электрические, энергетические и фотометрические параметры облучательных приборов: Diora Unit Agro и Diora Quadro Agro (см. рисунок 1, 2). Проведен комплекс исследований в течение 6 000 часов с шагом 1 000 часов согласно рекомендациям [7] в нормальных климатических условиях: температура окружающей среды 25 ± 3 °С, относительная влажность воздуха 45–80 %, атмосферное давление 630–800 мм рт. ст., с режимом работы облучательных приборов: 12 часов включены с 8:00 до 20:00, 12 часов выключены с 20:00 до 8:00. Результаты измерений облучательных приборов до начала эксплуатации и через 4000, 6000 часов после эксплуатации приведены в таблице 1, 2.



Рисунок 1 – Diora Unit Agro

Таблица 1 – Основные параметры Diora Unit Agro

Наименование параметра	0 час.	4000 час.	6000 час.
Потребляемая мощность, Вт	80,92	79,75	79,6
Поток фотосинтетически активной радиации (PPF), мкмоль/с	238	238,47	237,86
Квантовая эффективность, мкмоль/Дж	2,94	2,99	2,99
Плотность фотосинтетического потока фотонов на расстоянии 1м (PPFD), мкмоль/с·м ²	84	83,5	83,6

Из таблицы 1 видно, что поток фотосинтетически активной радиации (PPF) после 6 000 часов практически не изменился от первоначального значения, квантовая эффективность незначительно выросла.

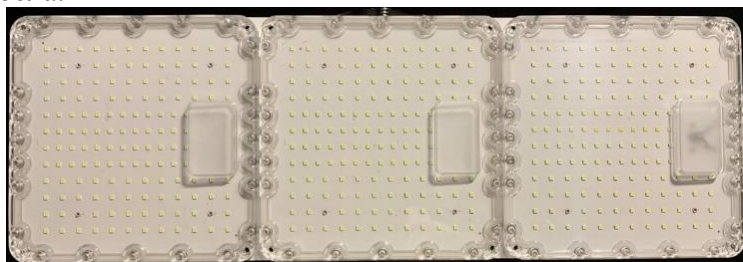


Рисунок 2 – Diora Quadro Agro

Таблица 2 – Основные параметры Diora Quadro Agro

Наименование параметра	0 час.	4000 час.	6000 час.
Потребляемая мощность, Вт	115	115	115
Поток фотосинтетически активной радиации (PPF), мкмоль/с	278,45	270,6	270,2
Квантовая эффективность, мкмоль/Дж	2,42	2,35	2,35
Плотность фотосинтетического потока фотонов на расстоянии 1м (PPFD), мкмоль/с·м ²	80,8	78,5	78,1

Из таблицы 2 видно, что поток фотосинтетически активной радиации (PPF) снизился на 2,8 % от первоначального значения, а квантовая эффективность снизилась на 2,9 %, после 6 000 часов изменений практически не наблюдается.

На рисунке 3, 4 приведены спектральные характеристики облучательных приборов до испытаний и после 6 000 часов наработки.

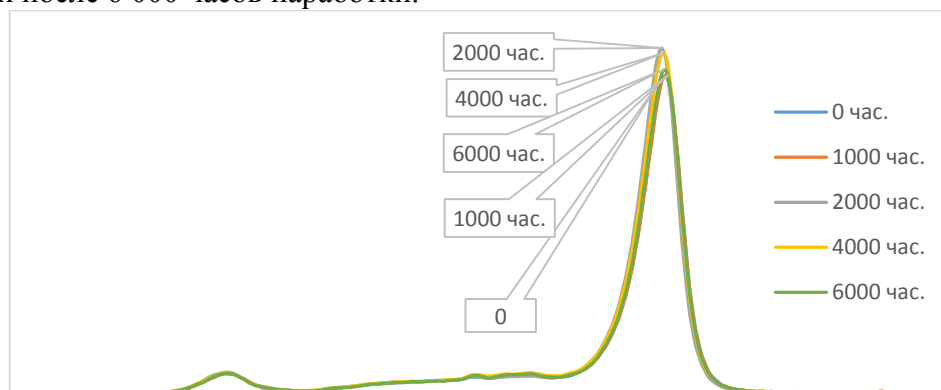


Рисунок 3 – Спектр излучения Diora Unit Agro 0 – 6 000 часов работы

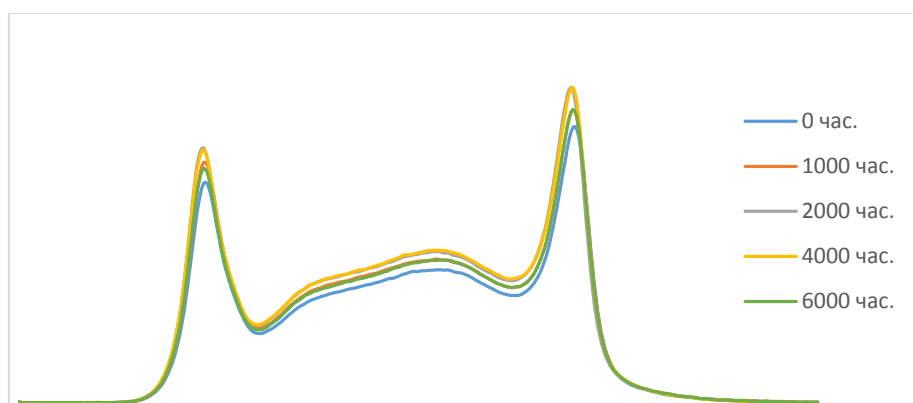


Рисунок 4 – Спектр излучения Diora Quadro Agro 0 – 6 000 часов работы

Установлено, что поток фотосинтетически активной радиации (PPF) Diora Unit Agro остался неизменным, квантовая эффективность выросла на 1,7 %, не наблюдается снижение максимальной спектральной составляющей в красной области оптического спектра. Поток фотосинтетически активной радиации (PPF) Diora Quadro Agro снизился на 2,8 % от первоначального значения, а квантовая эффективность снизилась на 2,9 %, наблюдается снижение оптического спектра жёлто-красной области, а также смещение спектрального состава в коротковолновую область. Данное снижение связано с деградацией люминофорной композиции светодиодов белого цвета свечения и выгорания компонентов люминофора, от чего кванты синего излучения в меньшей степени преобразуются в длинноволновые составляющие спектра. Значения потока излучения Diora Unit Agro и Diora Quadro Agro спустя 4 000 часов перестали изменяться, таким образом можно сделать вывод, что через 60 000 часов снижение фотосинтетически активной радиации Diora Unit Agro и Diora Quadro Agro не превысит 20 % от начальных значений согласно [7, 8].

Список литературы

1. Медведев С.С. Физиология растений: учебник / С.С. Медведев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 512 с.
2. Сравнение влияния облучательных приборов на рост и урожайность на примере огурцов сорта Мева F1 / Д. В. Былков, Д. А. Полторацкий, В. С. Солдаткин [и др.] // Фотоника. – 2023. – Т. 17, № 5. – С. 408–419.
3. Kusuma P. From physics to fixtures to food: Current and potential LED efficacy / P. Kusuma, P.M. Pattison, B. Bugbee // Hortic. Res. – 2020. – Vol. 7. – P. 56.
4. Патент на полезную модель № 209987 U1 Российская Федерация, МПК F21V 33/00, F21S 8/06. Светодиодный облучатель для растений: № 2021125227: заявл. 26.08.2021: опубл. 24.03.2022 / Д.А. Полторацкий, Д.В. Былков, В.С. Солдаткин, М. В. Виноградов ; заявитель Акционерное общество «Физтех-Энерго».
5. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2006.
6. Солдаткин В.С. Оценка изменения фотосинтетической активной радиации светодиодного источника света в зависимости от времени эксплуатации / В.С. Солдаткин, В.И. Туев, А.Ю. Хомяков // Системы анализа и обработки данных. – 2023. – № 1(89). – С. 91–100.
7. McCree K.J. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. Agricultural Meteorology / K.J. McCree. – 1972. – 191–216.
8. ГОСТ ИЕС 62612-2019. Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 42 с.