УДК 621.3.015:001.891:631.234:628.978

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ И СВЕТОВОЙ ПОТОК ФИТОСВЕТОДИОДНОГО МОДУЛЯ 6040-А2525(А)

Д.А. Севрук., К.Н Лебедев

Азово Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Россия

Аннотация. Свет является основой для жизни большинства растений, поэтому правильно выбранный источник освещения – залог хорошего роста и развития как плодов, так и зеленой массы. Для выращивания растений наиболее благоприятно освещение синего и красного светового спектра с длинами волны 380-490 и 600-720 нм соответственно. Оба эти цвета содержатся в фитосветильниках.

Промышленные светодиодные фитосветильники имеют значительную стоимость, а недорогие светодиодные модули, как показывает практика их использования, недолговечны. Одной из причин небольшого срока службы фитосветодиодных модулей 6040-А2525(А) является высокая температура кристалла при номинальном напряжении питания 220 В. Экспериментально определены зависимости температуры этих модулей и их светового потока от напряжения питания. Выявлено, что даже при наличии радиатора охлаждения большой площади температура модулей достигает 110 ^{o}C.

При помощи корреляционного и регрессионного анализов в программном пакете STATISTICA обосновано снижение величины подаваемого напряжения для получения оптимального светового потока и температуры фитосветодиодных модулей, при котором их срок службы может достичь заявленных производителем значений.

Выявлено, что напряжение питания фитосветодиодных модулей 6040-А2525(А) должно быть в пределах от 175 до 180 вольт.

Ключевые слова: Светодиодный модуль, фитосветильник, освещение теплиц, температура, напряжение, срок службы

Введение. Сооружения защищенного грунта широко используются для выращивания растений и позволяют получать свежую продукцию в любое время года. Одним из важных параметров, необходимых для жизнедеятельности растений, является освещенность, при этом наиболее благоприятно освещение синего и красного светового спектра с длинами волны 380-490 и 600-720 нм

соответственно [1]. Оба этих цвета содержатся в фитосветильниках, которые обретают всё большую популярность из-за их эффективности. Фитосветильники ведущих производителей имеют высокие технические характеристики и недешевы, однако в продаже имеются недорогие фитосветодиодные модули, в основном китайского производства, на основе которых можно собрать фитосветильник нужной мощности. Недостатком дешевых светодиодных модулей является их существенно меньший срок службы. Как показали наши эксперименты с недорогими модулями 6040-A2525(A) с номинальным напряжением питания 220 В, в них происходит перегрев кристалла светодиода даже при использовании радиатора охлаждения значительной площади. Известно, что повышенная температура кристалла светодиода существенно снижает его срок службы из-за ускоренной деградации [2]. Чтобы увеличить срок службы модулей за счет уменьшения температуры, можно понизить напряжение питания. Но при его снижении падает и световой поток модуля, поэтому следует найти некий оптимальный баланс между температурой кристалла (следовательно, и его долговечностью) и световым потоком.

Экспериментальная установка (рис. 1) устроена следующим образом: на фитосветодиодный модуль 6040-A2525(A) подается напряжение, которое можно регулировать с помощью лабораторного автотрансформатора; фотоэлемент люксметра Ю-116 установлен на расстоянии 20 сантиметров от светодиодного модуля, температура измеряется при помощи цифрового термометра в средней точке модуля.

Выявлено, что при повышении напряжения свечение светодиодов наступает при напряжении в 150 вольт. Далее снимались показатели люксметра и термометра с шагом одна минута, пока температура и освещенность не достигала установившегося значения. После этого напряжение повышалось на 10 вольт, и опыт повторялся. Полученные экспериментальные данные сведены в таблицу 1.



Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Таблица 1 – Экспериментальные данные

№ опыта	U, В	T, С	E, Лк
1	140	23	0
2	150	27	550
3	160	34	1300
4	170	50	2400
5	180	82	3410
6	190	110	4000
7	200	110	4100
8	210	110	4100
9	220	110	4100

На основании экспериментальных данных был проведен корреляционный и регрессионный анализы в программном пакете для статистического анализа Statistica [3, 4, 5], при этом фактором является *U* (напряжение, В), а целевыми функциями – *T* (температура светодиодного модуля, ˚С) и *E* (освещённость, Лк). На рис. 2 представлены результаты анализа.

Continue... Marked correlations are significant at p < ,05000 (Casewise deletion of missing data)

Var. X & Var. Y	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	rI	t	p	N	Constant dep: Y	Slope dep: Y	Constant dep: X	Slope dep: X
U	180,000	27,386									
T	72,889	39,088	,944683	,892425	7,620442	,000124	9	-169,81	1,34833	131,7568	,661873
U	180,000	27,386									
E	2662,222	1659,207	,942192	,887725	7,439556	,000144	9	-7612,78	57,08333	138,5987	,015551

Рисунок 2 – Результаты анализа корреляционной связи

Двумерные зависимости корреляционной связи между фактором и целевыми функциями приведены на рис. 3.

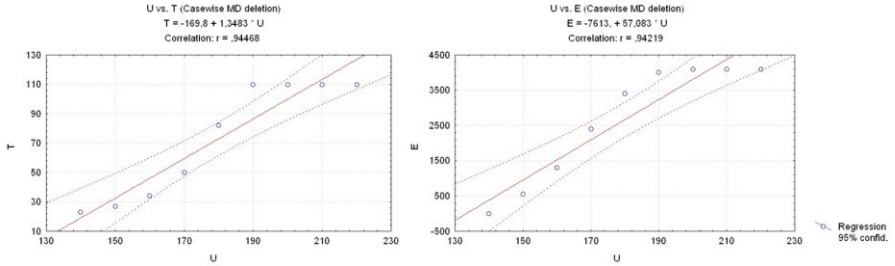


Рисунок 3 – Двумерные зависимости корреляционной связи температуры светодиодного модуля *T* и освещённости *E* от напряжения *U*

По результатам корреляционного анализа можно сделать следующие выводы:

– Корреляционная связь между напряжением, подаваемым на фитосветильник, *U* и температурой светодиодного модуля *T* сильная, корреляция прямая (r (X;Y) равен 0,9446), корреляционная связь существенна на 5% уровне значимости.

– Корреляционная связь между между напряжением, подаваемым на фитосветильник, *U* и освещенностью *E* сильная, корреляция прямая (r (X;Y) равен 0,9422), корреляционная связь существенна на 5% уровне значимости.

– Корреляционная связь между температурой светодиодного модуля *T* и освещенностью *E* сильная, корреляция прямая (r (X;Y) равен 0,974), корреляционная связь существенна на 5% уровне значимости.

Также был произведен регрессионный анализ исходных данных для температуры светодиодного модуля *T* (рис.4) и освещенности *E* (рис. 5).

Continue...	R= ,98583917 RI= ,97187886 Adjusted RI= ,96384425 F(2,7)=120,96 p<,00000 Std.Error of estimate: 15,530					
N=9	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(7)	p-level
U	-1,18808	,479215	-,533635	,215242	-2,47923	,042258
V1**2	2,15088	,479215	,005114	,001139	4,48834	,002838

Рисунок 4 – Результаты регрессионного анализа зависимости температуры светодиодного модуля *T* от напряжения, подаваемого на фитосветильник, *U*

Уравнение регрессии для температуры *T* согласно данным таблицы результатов регрессионного анализа имеет вид:

$$T = 0{,}005114 \cdot U^2 - 0{,}533635 \cdot U$$

Согласно уравнению, на увеличение температуры светодиодного модуля T влияет напряжение, подаваемое на фитосветильник, в степени 2, а на уменьшение – напряжение, подаваемое на фитосветильник, в первой степени.

Continue...	R= ,97783939 RI= ,95616987 Adjusted RI= ,94364698 F(2,7)=76,354 p<,00002 Std.Error of estimate: 733,01					
N=9	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(7)	p-level
U	-1,53634	,598275	-26,0881	10,15909	-2,56795	,037118
V1**2	2,47934	,598275	,2229	,05378	4,14415	,004327

Рисунок 5 – Результаты регрессионного анализа зависимости освещенности E от напряжения, подаваемого на фитосветильник, U

Уравнение регрессии для освещенности E согласно данным таблиц результатов регрессионного анализа имеет вид:

$$E = 0{,}2229 \cdot U^2 - 26{,}0881 \cdot U$$

Согласно уравнению на увеличение освещенности *E* влияет напряжение, подаваемое на фитосветильник, в степени 2, а на уменьшение – напряжение, подаваемое на фитосветильник, в первой степени.

По результатам регрессионного анализа можно сделать следующие выводы:

– Уравнения регрессии имеют вид:

$T = 0{,}005114 \cdot U^2 - 0{,}533635 \cdot U$,

$E = 0{,}2229 \cdot U^2 - 26{,}0881 \cdot U$.

– Коэффициенты уравнений регрессии значимы по критерию Стьюдента на 5% уровне. Об этом свидетельствует и практически нулевое значение уровня вероятности p для квантили t, т.к. p< 0,05.

– Значения всех коэффициентов детерминации R2>0,8 (0,985839172>0,8 и 0,977839392 > 0,8) и находятся в диапазоне от 0,94 до 0,999 (0,94<0,98583917< 0,999 и 0,94 < 0,97783939 < 0,999). Следовательно, значения отклика объяснимы значениями факторов на 97% и более, регрессионная модель может использоваться для прогноза.

– Сравнение табличных значений критерия Фишера с расчетными значениями показали, что между откликом и фактором существует зависимость.

Заключение. На основании проведенных экспериментальных исследований выявлено, что при напряжении питания фитосветодиодных модулей 6040-A2525(A) свыше 175 В наблюдаются такие показатели светового потока, при которых допустимо их практическое применение, а при напряжении до 180 В температура

модулей не превышает 90 °С.

Таким образом, для увеличения срока службы фитосветодиодного модуля 6040-A2525(A) рекомендуется снизить напряжение питания до величины от 175 до 180 В, при этом световой поток составит 73-83 % от номинального.

Список использованных источников:

1. Свет для растений // Электронный ресурс: https://www.promgidroponica.ru/vsjo-o-gidroponike/svet_dlja_rastenij. Дата обращения 06.02.2019.

2. Срок жизни белых светодиодов // Электронный ресурс: http://www.ledsvet.ru/articles/srok-zhizni-belykh-svetodiodov/. Дата обращения 06.02.2019.

3. Боровиков В.П. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / В.П. Боровиков – 2-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 688 с.

4. Грачева Н.Н. и др. Специализированное программное обеспечение для научных исследований: методические указания по выполнению курсовой работы. / Н.Н. Грачева, Н.Б. Руденко, В.Н. Литвинов - Зерноград. Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. – 62с.

5. Распределение Фишера (F-распределение для alpha=0.05) // Электронный ресурс: http://helpstat.ru/statisticheskie-tablitsyi/f-raspredelenie-dlya-alpha-0-05/. Дата обращения 06.02.2019.

Севрук Дмитрий Анатольевич, магистрант по направлению подготовки 35.04.06 «Агроинженерия», профиль «Электрооборудование и электротехнологии», Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зер

Лебедев Константин Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и информационно-управляющие системы», Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Российская федерация. E-mail: slonbs@mail.ru

STUDY OF THE EFFECT OF POWER SUPPLY VOLTAGE ON TEMPERATURE AND LIGHT FLOW OF PHYTO-LIGHT MODULE 6040-A2525 (A)

D.A. Sevruk, K.N. Lebedev

Azov-Black Sea Engineering Institute, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education Donskoy State Agrarian University, Zernograd

Abstract. Light is the basis for the life of most plants, so the right lighting source – the key to good growth and development of both fruit and green mass. For growing plants the most favorable lighting blue and red light spectrum with wavelengths 380-490 and 600-720 nm, respectively. Both of these colors are contained in the phyto-luminaires.

Industrial led phyto-luminaires have a significant cost, and low-cost led modules, as practice shows their use, are short-lived. One of the reasons for the short service life of phyto-led modules 6040-A2525(A) is the high temperature of the crystal at a nominal supply voltage of 220 V. the temperature of these modules and their luminous flux dependences on the supply voltage are Experimentally determined. It is revealed that even in the presence of a cooling radiator of a large area, the temperature of the modules reaches 110 ° C.

With the help of correlation and regression analysis in the software package STATISTICA justified reduction of the applied voltage to obtain the optimal light flux and temperature of the photon-diode modules, in which their service life can reach the values stated by the manufacturer.

It was found that the supply voltage of the phytocvetodiode modules 6040-A2525(A) should be in the range from 175 to 180 volts.

Keywords: LED module, phyto-lamp, greenhouse lighting, temperature, voltage, service life

Sevruk Dmitry Anatolyevich, master of the profession line 35.04.06 "Agroengineering", profile "Electrical equipment and electrical technology"», Azov-Black Sea Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University, Zernograd, Russian Federation.

Lebedev Konstantin Nikolayevich, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Thermal Power Engineering and Information Control Systems», Azov-Black Sea Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University, Zernograd, Russian Federation. E-mail: slonbs@mail.ru.