

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ОБЛУЧАТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

**В. В. Белов, Е. Д. Идрисова**

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия  
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

***Аннотация.** В статье приведены требования стандартов по освещенности и досвечиванию для облучательных приборов с лампой типа ЛБ-36 и модулем красных светодиодов, используемых в процессе выращивания растений для поддержания необходимого микроклимата. Также рассматривается вопрос об обеспечении достаточного облучения для растений в целях создания необходимого микроклимата в тепличных условиях. Авторы обращают внимание на необходимость не только соблюдения требуемых в растениеводстве норм освещенности, но и на обеспечение оптимального спектрального состава излучателей и светильников. Для большей достоверности получаемых результатов предлагается смоделировать облучательный прибор и рассчитать состав спектра его излучения таким образом, чтобы КПД используемых источников света при фотосинтезе растений был выше, чем у обычных осветительных люминесцентных ламп типа ЛД. Для этого в установке рекомендуется использовать, кроме ламп типа ЛД-36, блок светодиодов красного цвета. В статье представлены результаты исследования спектрального состава и плотности излучения, которые были получены в результате моделирования комбинированного облучательного прибора с лампой типа ЛБ-36 и модулем красных светодиодов. Дополнительно в разрабатываемый облучательный прибор авторы предлагают добавить комбинацию люминесцентных ламп и блока светодиодных источников света красного цвета. По мнению авторов, красная часть спектра, создаваемая светодиодным источником света, воздействуя на растения, ускоряет их рост и развитие, что подтверждено результатами эксперимента, так как они при дополнительном облучении красным светом имеют более высокие показатели урожайности. В целом, в результате анализа полученных данных мы можем сделать вывод о том, что при использовании вышеуказанных приборов наблюдалось увеличение показателей развития образцов рассады салата опытной выборки: по массе листьев – на 24 %, по высоте образцов – на 28 %, по ширине образцов – на 4 % по сравнению с контрольным вариантом.*

***Ключевые слова:** спектр излучения, освещенность, осветительные приборы, светодиоды, комбинированный облучатель, моделирование.*

**Введение.** Все живые организмы на земле питаются солнечной энергией напрямую или получают ее в преобразованном виде. Энергия и свет, передаваемые от солнца на землю, представляют собой полный спектр

видимого и невидимого излучения. Он приносит тепло, которое мы ощущаем, – это инфракрасное излучение с диапазоном длины волн от 1400 нм до 1 мм, которое человеческий глаз не видит. Видимый свет имеет длину волны от 400 до 700 нм. Свет и излучение за пределами указанного спектра обычно считают излучением, которое человеческий глаз не видит, хотя в природе есть животные, которые видят и при другом диапазоне спектра излучения [7], [8], [14]. В информационных источниках до сих пор нет однозначного ответа, какая составляющая спектра света больше влияет на рост и развитие растений.

С древних времен человека интересуют различные конструкции излучателей, светильников и ламп, которые используются для освещения растений в защищенном грунте. При разработке различных систем освещения необходимо учитывать потребности растений, а также состав спектра излучения солнца, создающий естественные погодные условия, присущий первоначальной родине растения [1], [2], [3], [14].

В растениеводстве необходимо соблюдение требуемых норм освещенности и облучения растений, также крайне важен спектральный состав излучения. В разрабатываемый облучательный прибор предлагается включить комбинацию люминесцентных ламп и блока светодиодных источников света красного цвета.

**Материалы и методы.** В исследовании была поставлена задача смоделировать облучательный прибор и рассчитать спектр излучения таким образом, чтобы КПД используемых источников света при фотосинтезе растений был выше обычных осветительных люминесцентных ламп типа ЛД. Для этого в установке было предложено использовать, кроме ламп типа ЛД-36, блок светодиодов красного цвета СД (к) (светодиод красный). На рисунке 1 представлена смоделированная спектральная плотность излучения, полученная в результате моделирования комбинированного облучательного прибора с лампой типа ЛБ-36 и модулем красных СД.

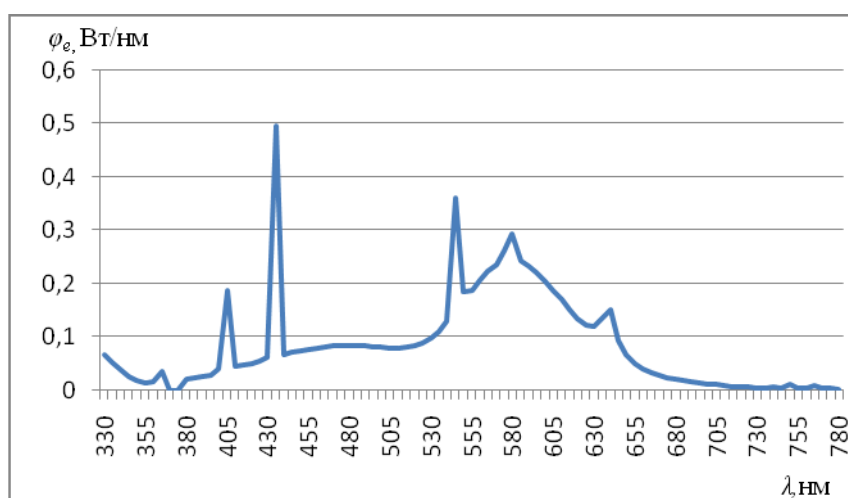


Рис. 1. Спектральная плотность излучения, полученная в результате моделирования комбинированного облучательного прибора с лампой типа ЛБ-36 и модулем красных СД.

Конструкция предлагаемого облучательного прибора ЛД – 36 + СД (к), созданного на основе осветительных люминесцентных ламп и светодиодов включает в себя два блока: люминесцентные лампы «дневной» цветности ЛД-36, установленные в корпусе светильника, технические характеристики которого приведены в таблице 1, и съемного блока красных светодиодных источников света, параметры которых представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Техническая информация о светильнике ЛПО ЛД - 36W

Напряжение, В	220
Тип ламп	G13
Кол-во ламп в светильнике, шт	2
Номинальная мощность ламп, Вт	2 × 36
Класс защиты (IP)	20
КПД, %	Не менее 50
Частота переменного тока, Гц	50
Класс защиты от поражения электрическим током	1

Как видно из рисунка 1, спектр имеет две зоны максимума: около 430 нм и 550 нм. Указанная зона спектра благоприятно влияет на рост и развитие растений.

На рисунке 2 представлена кривая силы света (КСС) светильника ЛПО ЛД-36W. КСС представляет собой графическое изображение процесса распределения света в пространстве, при котором сила света светового прибора зависит от экваториальных и меридиональных углов.

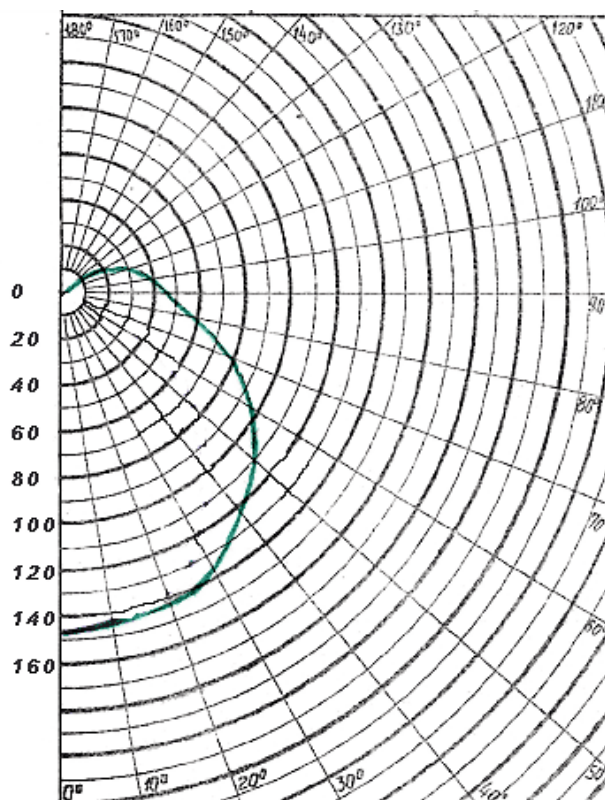


Рис. 2. КСС светильника ЛПО 2×ЛД - 36W.

На рисунке видно, что распределение величины силы света в нижней зоне наиболее оптимально для развития растений.

Таблица 2 – Характеристики светодиодной ленты SMD 3528, 300 Led, IP33, 12V, Econom (Каталог «LEDPremium») [10]

Степень защиты	IP33
Световой поток, $\approx$ лм	210
Входное напряжение, В	12
Мощность, Вт (Вт/м)	4.8
Кол-во светодиодов, шт (шт./м)	60
Тип светодиода	3528 (3.5x2.8мм)
Потребляемый ток, mA	400
Ток при 12V DC, mA	400
Класс светодиодной ленты	Econom
Вид платы (PCB)	Двухслойная / Белая
Срок службы, час	20000
Один метр ленты аналог лампы накаливания, $\approx$	25Вт
Угол обзора горизонтальный, $^{\circ}$	120
Производитель светодиодов	CHINA

На рисунке 3 приведена конструкция облучательного прибора.

При проектировании и конструировании были взяты модели, наиболее распространенные в России.

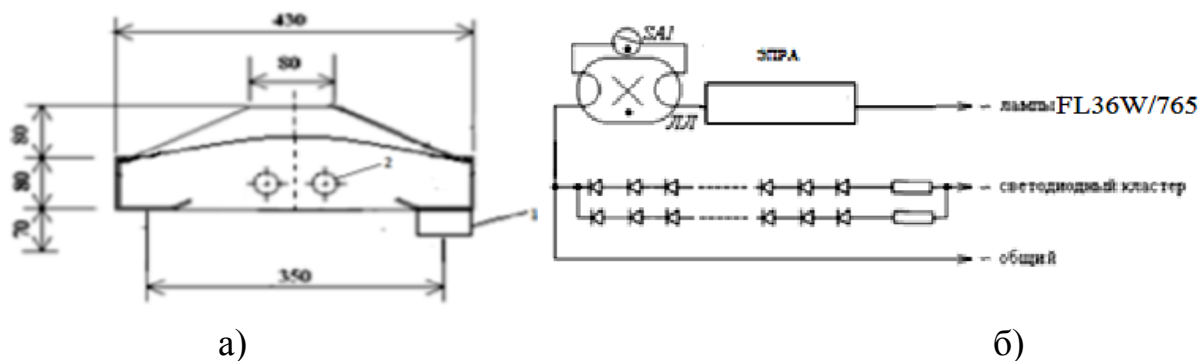


Рис. 3. Конструкция облучательного прибора: а) 1 – красный светодиодный кластер, 2 – ЛД – 36, б) электрическая схема облучательного прибора.

В настоящее время в тепличных хозяйствах для обеспечения искусственного освещения рассады, находящейся на стеллажах, преимущественно применяют люминесцентные лампы разных типов, воспроизводящих свет в различных диапазонах в зависимости от выращиваемых растений [1]. Одним из их преимуществ является минимальный нагрев. Это позволяет размещать лампы достаточно близко к растениям, что важно в условиях ограниченного пространства рассадной теплицы. Экономичность люминесцентных ламп обеспечивает минимальные затраты при их использовании [11], [13].

Для проведения лабораторных испытаний был использован разработанный нами комбинированный прибор ЛД-36+СД (к) для облучения рассады листового салата «Азарт».

Исходя из основных факторов, влияющих на выращивание сельскохозяйственных растений, а именно: короткого светового дня, недостаточной интенсивности естественного освещения – была поставлена задача определения оптимального варианта спектра излучения и создания энергоэффективного комбинированного прибора для облучения рассады и увеличения урожайности сельскохозяйственных растений [12].

Эксперимент проводился в лабораторных условиях. Объектом исследования являлась рассада листового салата «Азарт» [4], [5]. С целью уменьшения варьирования параметров было принято условие, по которому было ограничено до 3 шт. количество образцов контрольной и экспериментальной выборки [6]. В связи с тем, что эксперимент проводился в летнее время года, а долгота дня в средней полосе России (Республике Мордовия) в период проведения эксперимента в среднем составила 16 часов 15 минут, продолжительность досветки растений осуществлялась около 2 часов в сутки. Включение и выключение производились автоматически посредством реле времени, которое настраивалось для того, чтобы обеспечить требуемый уровень освещенности растений в течение 18 часов. Длительность досветки красными источниками света ограничивалась в пределах 5-7 минут. Для протекания естественных физиологических процессов растений им было обеспечено не менее 6 часов полной темноты, а также необходимая доза полива.

Облучательный прибор состоит из двух блоков, а именно: люминесцентной лампы «дневной» цветности и красных светодиодных источников света (светодиодная лента). Для проведения эксперимента сконструированный облучательный прибор был установлен над объектами исследования (рис. 4). В комбинированный прибор для облучения первой экспериментальной партии растений входили люминесцентные лампы «дневной» цветности мощностью 36 Вт,  $T_{цв} = 6500$  К,  $\Phi = 2400$  Лм. Для облучения второй экспериментальной партии рассады были использованы улучшенные люминесцентные лампы «дневной» цветности типа FL36W/635 мощностью 36 Вт,  $T_{цв} = 6500$  К,  $\bar{\Phi} = 2500$  лм с добавлением красной светодиодной ленты SMD 3528, 300 Led, IP33, 12V, Econom. Улучшенные характеристики люминесцентных ламп «дневной» цветности типа FL36W/635 обусловлены составом смеси люминофоров, а именно, 7 % люминофором «белой» цветности + 93 % люминофором «дневной» цветности (плотность суспензии – 1540 кг/м<sup>3</sup>, вязкость – 35 с.).

Светильники были соединены последовательно и крепились на общем основании, подвес – на высоте 1 метр над рассадой. Были использованы вспомогательные средства измерения: люксметр Lightmeter HS1010 ( $\delta = \pm 5\%$ ), электронные весы Beurer KS 22 ( $\Delta = \pm 1$  г), линейка для замера высоты и ширины образцов. В качестве экспериментального образца была выбрана рассада листового салата «Азарт», скороспелость которой составляет 60-70 дней. Зелень была курчавой, не имела горького привкуса, была нежна на вкус, хорошо переносила небольшие заморозки.

В рамках лабораторных исследований влияния разработанного осветительного прибора на показатели роста и развития рассады было сформировано две выборки: контрольная и исследуемая, в которых использовалось по 3 образца.

Досветка рассады контрольной группы осуществлялась облучателем со стандартными люминесцентными лампами ЛД-36 производителя ГУП РМ «Лисма» [9] около 2 часов в сутки с момента захода солнца.

Облучение рассады опытной группы проводилось облучателем с экспериментальными лампами типа FL36W/765 с улучшенными показателями. Кроме того, на 5-7 минут в сутки подключался блок с красными светодиодными источниками света. Средний температурный режим в дневное время суток составлял 23 °С, в ночное – 19°С.

В течение всего периода развития растений от посадки до контрольного замера рассада листового салата «Азарт» получала солнечный свет в дневное время суток. Средняя освещенность составляла 17,1 клк. При досветке для обеих групп в течение двух часов включались облучатели в темное время суток, дополнительно над второй выборкой образцов периодически на 5 – 7 минут подключался блок светодиодов красного света, средняя освещенность составляла 7-10 клк.



а) Облучение рассады стандартными источниками излучения



б) Облучение рассады люминесцентными лампами ЛД-36+СД (к)

Рис. 4. Облучательный прибор для рассады

Полученные результаты эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты облучения рассады листового салата «Азарт»

Масса листьев образца, т, г		Высота образца, h, мм		Ширина листа, ш., мм	
Облучение стандартными лампами ЛД - 36	Облучение лампами типа FL36W/765+С Д(к)	Облучение стандартными лампами ЛД - 36	Облучение лампами типа FL36W/765+С Д(к)	Облучение стандартными лампами ЛД - 36	Облучение лампами типа FL36W/765+С Д(к)
7,0	12,0	87,0	150,0	59,5	65,0
7,0	8,0	90,0	100,0	59,5	60,0

	9,0	10,0	110,0	135,0	61,0	63,0
$\bar{x}$	7,6	10,0	95,6	128,3	60,0	62,3

$\bar{x}$  среднее значение по выборке

Для анализа результатов эксперимента была проведена статистическая обработка полученных результатов исследований, которая представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Статистический анализ результатов эксперимента для каждой партии образцов

№ Выборки	Среднее значение			СКО			Размахи			Медиана		
	$X_{icp}$			$S_i$			$R_i$			$X_{med}$		
	<i>m</i> ,г	<i>h</i> ,мм	<i>ш</i> ,мм	<i>m</i> ,г	<i>h</i> ,мм	<i>ш</i> ,мм	<i>m</i> ,г	<i>h</i> ,мм	<i>ш</i> ,мм	<i>m</i> ,г	<i>h</i> ,мм	<i>ш</i> ,мм
1 выборка (контр.)	7,6	92,3	60,0	1,2	7,3	0,9	2,0	13,0	1,5	7,0	90,0	59,5
2 выборка (опыт)	10,0	128,3	62,6	1,6	20,9	2,0	4,0	50,0	5,0	10,0	135,0	63,0

Красная часть спектра, воздействуя на растения, ускоряет его рост и развитие. Образцы второй выборки, облучаемые дополнительно красным светодиодным источником света, имели более высокие средние показатели. С учетом доверительных интервалов ( $R_i$ ) при вероятности  $P = 0,95$  было установлено, что в некоторых случаях наблюдалось перекрытие интервалов в опытной и контрольной группах, что свидетельствует о необходимости продолжения исследований.

**Выводы.** Анализ полученных результатов исследования работы комбинированного облучательного прибора позволяет утверждать, что более высокие показатели роста и развития были характерны для образцов рассады опытной выборки: по массе листьев – на 24 %, по высоте образцов – на 28 %, по ширине образцов – на 4 % в сравнении с контрольным вариантом.

Таким образом, исследование результатов применения облучательного прибора с лампой типа ЛБ-36 и модулем красных СД подтверждают наши предположения о возможности создания оптимального состава спектра излучения и свидетельствуют о повышении эффективности работы предложенного облучательного прибора.

### Литература

1. Белов, В. В. Некоторые особенности выбора светильников и ламп / В. В. Белов // Техническое обеспечение технологий произв. с.-х. продукции: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. – Курган: Курганская ГСХА, 2018. – С. 58- 62.
2. Белов, В. В. Особенности выбора светильников, ламп и облучателей / В. В. Белов // Современное состояние и перспективы развития науки, техники и образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2018. – С. 10-17.

3. Белов, В. В. Применение светильников, ламп и облучателей в АПК / В. В. Белов, С. А. Овчукова, Г. С. Юнусов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – № 39. – С. 14-18.
4. ГОСТ 18321 –73. Контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции.– М.: Издательство стандартов, 1973. – 10 с.
5. ГОСТ 28561–90. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги. – Взамен ГОСТ 8756.2 – 82; введ. 1981–07–01. – М. : Стандартиформ, 2011. – 11 с.
6. ГОСТ 33985 –2016. Салат-латук, эндивий кудрявый, эндивий, эскариол свежие. Технические условия. – Введен впервые; введ. 2017–07–01. – М. : Стандартиформ, 2016. – 19 с.
7. Гусева (Идрисова), Е. Д. Методы повышения светового потока люминесцентных источников света в условиях учебной лаборатории / Е. Д. Гусева (Идрисова), М. Ю. Солдатова, О. Ю. Коваленко // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sworld.com.ua/index.php/ru/technical-sciences-414/innovative-technologies-414/23598-414-046>.
8. Гусева (Идрисова), Е. Д. О возможности повышения светового потока энергоэкономичных ламп типа FL 36 W/765 [Электронный ресурс] / Е. Д. Гусева, О. Ю. Коваленко // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=18775>.
9. Карпов, В. Н. Особенности энергосбережения в облучательных установках сельскохозяйственного назначения / В. Н. Карпов // Энергосберегающее электрооборудование для АПК: тезисы докладов II Всесоюзной научно-технической конференции. – СПб: Санкт-Петербургский ГАУ, 1990. – С. 77–78.
10. Каталог компании «LEDPremium» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ledpremium.ru>.
11. Повышение эффективности светокультуры на салатных линиях благодаря использованию светильников с лампами Reflux (на базе ЗАО «Агрокомбинат “Московский»»). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://reflux.ru/press-centre/povyshenie-effektivnosti-svetokultury-na-salatnykhliniyakh-blagodarya-ispolzovaniyu-svetilnikov-s-l>.
12. Свешников, А. Г. Исследование светодиодных ламп в условиях теплиц / А. Г. Свешников, А. В. Степанова, В. В. Белов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VII Международной научно-практической конференции. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2016. – С. 200 – 202.
13. Kang, J. H. Light intensity and photoperiod influence the growth and development of hydroponically grown leaf lettuce in a closed-type plant factory system / J. H. Kang, S. Krishnkumar, S.L. Sua Atulba // Hort. Environ. Biotechnol. – 2013. – № 54. – PP. 501– 509.
14. Kim, H. H. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red and blue-light-emitting diodes / H. H. Kim, G. D. Goins, R. M. Wheeler // HortScience. – 2004. – № 39. – PP. 1617–1622.



### **Сведения об авторах**

1. **Белов Валерий Васильевич**, доктор технических наук, профессор кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: belovdtn@gmail, com SPIN-код автора: 9452-5199.

2. **Идрисова Евгения Дмитриевна**, аспирант кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: belovdtn2@gmail.com.

### **RESULTS OF A STUDY OF A COMBINED IRRADIATION DEVICE**

**V.V. Belov, E. D. Idrisova**

*Chuvash State Agricultural Academy  
428003, Cheboksary, Russian Federation*

**Abstract.** *The article presents the requirements of lighting and supplementary lighting standards for irradiation devices with the LB-36 lamp type and the red L.E.D. module that are used when growing plants to maintain the necessary microclimate. The article also considers the issue of ensuring enough irradiation of plants in order to create the necessary microclimate in the hothouse conditions. The authors pay attention to the necessity of meeting the norms of lighting adopted in the sphere of plant growing, as well as to ensuring the optimum spectral structure of radiators and illuminators. For the greater reliability of the obtained results, the authors suggest modeling an irradiation device and calculating its spectral structure, so that the efficiency of the light sources used in plant photosynthesis is higher than that of conventional fluorescent lamps of the LD type. It is recommended to use a red L.E.D. source cluster besides the LD-36 lamps. The article presents the results of the study of the spectral structure and radiation density, which were obtained as a result of modeling a combined irradiation device with the LB-36 lamp type and a red L.E.D module. Additionally, the authors suggest adding a combination of fluorescent lamps and a red L.E.D. source cluster to the developed irradiation device. According to the authors, the red portion of the spectrum created by the L.E.D. source influences the plants and accelerates their growth and development, which is confirmed by the results of the experiment, as they have higher yielding capacity indexes when additional red irradiation is used. On the whole, the results of the analysis allows us to make the conclusion that when the above devices were used, there was an increase in the development of the lettuce seedlings of the experimental sample: the weight of the leaves increased by 24%, the height of the samples – by 28%, the width of the samples – by 4%, as compared to the control group.*

**Keywords:** *irradiation spectrum, lighting, lighting devices, L.E.D., combined irradiation device, modeling.*

### References

1. Belov, V. V. Nekotorye osobennosti vybora svetil'nikov i lamp / V. V. Belov // *Tekhnicheskoe obespechenie tekhnologiy proizvod. s.-kh. produktsii: materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* – Kurgan: Kurganskaya GSKHA, 2018. – S. 58- 62.
2. Belov, V. V. Osobennosti vybora svetil'nikov, lamp i obluchateley / V. V. Belov // *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya nauki, tekhniki i obrazovaniya: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* – CHEboksary: CHuvash. gos. ped. un-t, 2018. – S. 10-17.
3. Belov, V. V. Primenenie svetil'nikov, lamp i obluchateley v APK / V. V. Belov, S. A. Ovchukova, G. S. Yunusov // *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya.* – 2018. – № 39. – S. 14-18.
4. GOST 18321 –73. Kontrol' kachestva. Metody sluchaynogo otbora vyborok shtuchnoy produktsii.– M.: Izdatel'stvo standartov, 1973. – 10 s.
5. GOST 28561–90. Produkty pererabotki plodov i ovoshchey. Metody opredeleniya sukhikh veshchestv ili vlagi. – Vzamen GOST 8756.2 – 82; vved. 1981–07–01. – M. : Standartinform, 2011. – 11 s.
6. GOST 33985 –2016. Salat-latuk, endiviy kudryavyy, endiviy, eskariol svezhie. Tekhnicheskie usloviya. – Vveden v pervyye; vved. 2017–07–01. – M. : Standartinform, 2016. – 19 s.
7. Guseva (Idrisova), E. D. Metody povysheniya svetovogo potoka lyuminescentnykh istochnikov sveta v usloviyakh uchebnoy laboratorii / E. D. Guseva (Idrisova), M. Yu. Soldatova, O. Yu. Kovalenko // [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.sworld.com.ua/index.php/ru/technical-sciences-414/innovative-technologies-414/23598-414-046>.
8. Guseva (Idrisova), E. D. O vozmozhnosti povysheniya svetovogo potoka energoekonomichnykh lamp tipa FL 36 W/765 [Elektronnyy resurs] / E. D. Guseva, O. YU. Kovalenko // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya.* – 2015. – № 1. – Rezhim dostupa: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=18775>.
9. Karpov, V. H. Osobennosti energosberezheniya v obluchatel'nykh ustanovkakh sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya / V. N. Karpov // *Energosberegayushchee elektrooborudovanie dlya APK: tezisyy dokladov II Vsesoyuznoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii.* – SPb: Sankt-Peterburgskiy GAU, 1990. – S. 77–78.
10. Katalog kompanii «LEDPremium» [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://ledpremium.ru>.
11. Povyshenie effektivnosti svetokul'tury na salatnykh liniyakh blagodarya ispol'zovaniyu svetil'nikov s lampami Reflux (na baze ZAO «Agrokombinat “Moskovskiy»»). [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://reflux.ru/press-centre/povyshenie-effektivnosti-svetokultury-na-salatnykhliniyakh-blagodarya-ispolzovaniyu-svetilnikov-s-l>.
12. Sveshnikov, A. G. Issledovanie svetodiodnykh lamp v usloviyakh teplits / A.

G. Sveshnikov, A. V. Stepanova, V. V. Belov // Aktual'nye problemy energetiki APK: materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Saratov: OOO «TSeSAin», 2016. – S. 200 – 202.

13. Kang, J. H. Light intensity and photoperiod influence the growth and development of hydroponically grown leaf lettuce in a closed-type plant factory system / J. H. Kang, S. Krishnkumar, S.L. Sua Atulba // Hort. Environ. Biotechnol. – 2013. – № 54. – PP. 501– 509.

14. Kim, H. H. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red and blue-light-emitting diodes / H. H. Kim, G. D. Goins , R. M. Wheeler // HortScience. – 2004. – № 39. – PP. 1617–1622.

### ***Information about authors***

1. ***Valery Vasilyevich Belov***, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Mechanization, Electrification and Automatization of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, St. Marx Str., 29; E-mail: belovdtn@gmail.com. Author's SPIN code: 9452-5199.

2. ***Idrisova Evgeniya Dmitrievna***, Post-graduate Student, Chuvash State Agricultural Academy, 428000, Cheboksary, K. Marx, 29, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx str., 29; E-mail: belovdtn2@gmail.com