

**МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ЛАБОРАТОРНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ СПЕКТРА И УРОВНЯ
ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РОСТ РАСТЕНИЙ
В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА**

Аннотация.

Актуальность и цели. Объектом разработки является лабораторно-исследовательская система для анализа влияния спектра и уровня светового излучения на тепличные растения в различные фазы их развития. Существующие системы освещения для помещений закрытого грунта чаще всего реализованы на натриевых газоразрядных лампах с нерегулируемым спектром излучаемого света и уровнем освещенности. Целью работы является улучшение энергоэффективности системы освещения и обеспечение регулировки спектральной составляющей светильников для разных фаз развития растений.

Материалы и методы. С целью повышения энергоэффективности системы освещения помещения закрытого грунта измеряется уровень и спектр естественной (солнечной) освещенности, а источник искусственного света повышает до требуемых значений уровень освещенности и спектр излучения.

Результаты. Практическая реализация источников света выполнена на основе RGB-светодиодов. Задание необходимого значения спектра оптического излучения производится программно микропроцессором, а управление уровнем освещенности производится ШИМ-модулированием напряжения источника питания. Система позволяет экспериментально исследовать влияние силы света и спектра источника оптического излучения на развитие сельскохозяйственных растений в помещениях закрытого грунта и определить наилучшие показатели в каждой фазе их развития.

Выводы. Разработанная система позволяет экспериментальным путем определить оптимальные значения освещенности и спектра света на показатели роста и развития растений в помещениях закрытого грунта.

Ключевые слова: автоматизация управления освещенностью, датчик интенсивности и спектрального состава света, микропроцессор, RGB-светодиод, люкс-спектральные характеристики света, энергоэффективность.

V. N. Ashanin, A. A. Mel'nikov, S. E. Larkin, N. A. Aravin

**MICROPROCESSOR LABORATORY RESEARCH SYSTEM
FOR ANALYSIS OF THE SPECTRUM INFLUENCE
AND LEVEL OF THE OPTICAL RADIATION
ON PLANT GROWTH IN INDOOR SOIL**

© Ашанин В. Н., Мельников А. А., Ларкин С. Е., Аравин Н. А., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Abstract.

Background. The object of development is a laboratory research system for analyzing the influence of the spectrum and the level of light radiation on greenhouse plants in various phases of their development. Existing lighting systems for indoor rooms are most often implemented on sodium gas discharge lamps with an unregulated spectrum of emitted light and the level of illumination. The aim of the work is to improve the energy efficiency of the lighting system and ensure the adjustment of the spectral component of the fixtures for different phases of plant development.

Materials and methods. In order to increase the energy efficiency of the indoor lighting system, the level and spectrum of natural (solar) illumination are measured, and the artificial light source increases the level of illumination and radiation spectrum to the required values.

Results. The practical implementation of the light sources is based on RGB LEDs. The required value of the spectrum of optical radiation is set by the microprocessor software, and the illumination level is controlled by PWM modulation of the voltage of the power source. The system allows you to experimentally study the effect of light intensity and the spectrum of the optical radiation source on the development of agricultural plants in closed ground and determine the best indicators in each phase of their development.

Conclusions. The developed system allows us to experimentally determine the optimal values of illumination and light spectrum for growth and development of plants in indoor areas.

Keywords: lighting control automation, light intensity and spectral sensor, microprocessor, RGB LED, light lux spectral characteristics, energy efficiency.

Введение

Большинство выращиваемых овощных растений родом из Южной Америки и Африки являются теплолюбивыми с длительным вегетативным периодом, поэтому выращивание таких растений на территории России предполагает значительный период их развития в помещениях с закрытым грунтом. Это определяет разработку и освоение энергоэффективных средств выработки тепловой и световой энергий, так как на урожайность тепличных растений существенно влияют температурный режим, уровень освещенности и спектральный состав света [1, 2].

Прежде всего для каждой сельскохозяйственной культуры в течение суток необходима не только разная интенсивность света, но и спектр освещения должен изменяться, моделируя, как правило, естественные условия произрастания в странах происхождения сельскохозяйственной культуры [3, 4]. Однако для создания новых более эффективных световых режимов возможны и отклонения от естественных люкс-спектральных характеристик. Кроме того, эффективный спектральный состав света в течение различных фаз развития растений также претерпевает изменения. Поэтому необходимы исследования влияния параметров освещения на конкретную тепличную культуру.

1. Постановка задачи на проектирование

С точки зрения определения наиболее эффективного оптического излучения для каждой тепличной культуры необходимо выполнение следующих исследований:

– изменение интенсивности и спектрального состава в течение светового дня, продолжительность которого должна быть максимально приближена

к условиям произрастания культуры в стране происхождения. Однако вполне прогнозируемо, что после соответствующих лабораторных исследований возможно более эффективным будет применение новых режимов освещения;

– изменение спектрального состава света в течение всего времени выращивания с целью получения максимальной урожайности, калорийности и насыщенности минералами. Здесь также возможно, после соответствующих практических исследований, создание новых параметров (режимов) спектральных характеристик источников света, обеспечивающих наилучшие параметры выращиваемых культур.

Для реализации вышеуказанных исследований необходима разработка системы, которая позволит провести исследования влияния оптического излучения на отдельные виды тепличных растений с целью получения максимального плодоношения при минимальном сроке созревания.

Поскольку каждый вид растений имеет свои индивидуальные требования к спектральному составу света и эти требования изменяются в зависимости от фазы развития растений, то традиционные источники света, используемые сегодня в теплицах, не могут полностью удовлетворить указанным требованиям. Поэтому разработка энергоэффективных автоматических систем искусственного освещения на светодиодах с регулируемой силой и спектральным составом света является актуальной задачей.

2. Разработка системы

Известно, что влияние спектра оптического излучения на глаз человека и растения различно. На рис. 1 показано различие восприятий солнечного света человеком и растениями.

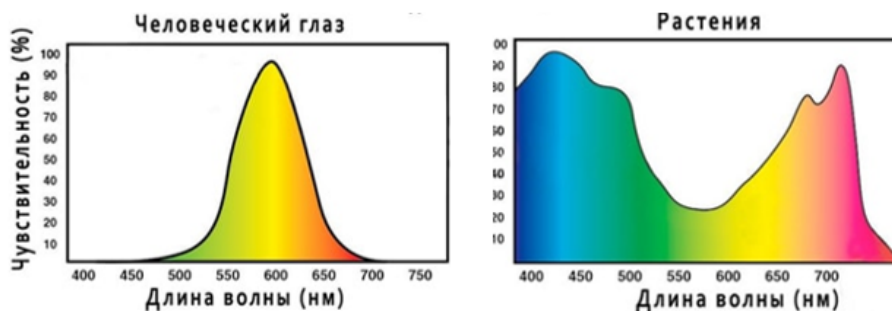


Рис. 1. Восприятие солнечного света человеком и растениями

Растения наиболее восприимчивы к синему, оранжевому и красному диапазонам светового спектра. При воздействии волн этой длины процессы фотосинтеза происходят наиболее интенсивно. Пики восприятия – 445 нм и 660 нм. Зеленую и желтую части спектра растения практически не поглощают [1].

Проведенная сравнительная оценка параметров трех групп рассады томата, выращенных под люминесцентными, натриевыми и светодиодными источниками излучения, соответственно показала, что рассада, выращенная под светодиодным светильником, уступает по всем показателям рассаде, выращенной под люминесцентными и натриевыми лампами [3, 4]. Этот результат можно объяснить тем, что светодиодный светильник, используемый

в эксперименте, не имел регулировки по спектральному составу. Данный недостаток возможно исключить при использовании светильников на RGB-светодиодах [2].

Агротехнические нормы предписывают высокую точность стабилизации температуры (± 1 °C), своевременное ее изменение в зависимости от уровня фотосинтетически активной облученности, фазы развития растений и времени суток. Это предъявляет высокие требования к функционированию и техническому совершенствованию оборудования автоматизации управления микроклиматом в теплицах. Предлагается осуществить автоматизацию управления микроклиматом в лабораторно-исследовательской системе (ЛИС) для анализа влияния спектра излучения, что позволит экономить тепло при росте урожайности, улучшить условия труда персонала и повысить общую культуру производства.

Структурная схема системы приведена на рис. 2.

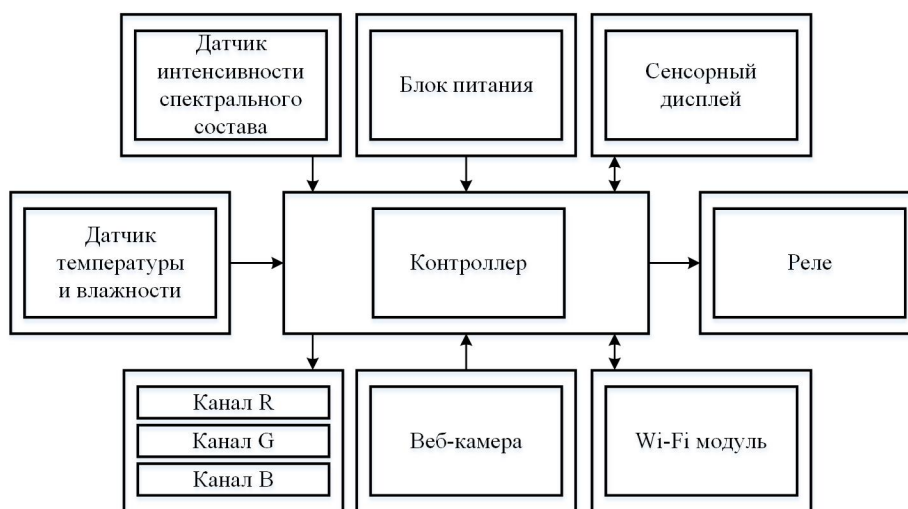


Рис. 2. Структурная схема ЛИС для анализа влияния спектра оптического излучения на различных стадиях роста растений

Разработанная ЛИС состоит из группы RGB-светильников с регулируемым спектральным составом света и уровнем освещенности, контроллера на основе 32-разрядного микропроцессора STM32F103VET, датчика интенсивности и спектрального состава светового потока, датчика влажности и температуры, цветного графического дисплея с сенсорной панелью, IR-интерфейсом для дистанционного управления RGB-светильниками и блока питания. Кроме того, в контроллер заложены функции управления следующими устройствами: веб-камерой, блоком реле, Wi-Fi-модулем (для удаленной связи с телефоном или компьютером). Для учета потребления электроэнергии установлен счетчик.

Блок-схема микропроцессорной системы управления ЛИС представлена на рис. 3.

Основным датчиком, который используется в ЛИС, является датчик интенсивности и спектрального состава света. Он реализован на семи светодиодах, каждый из которых имеет свой поляризатор и пропускает только заданную длину волны (заданную спектральную составляющую).

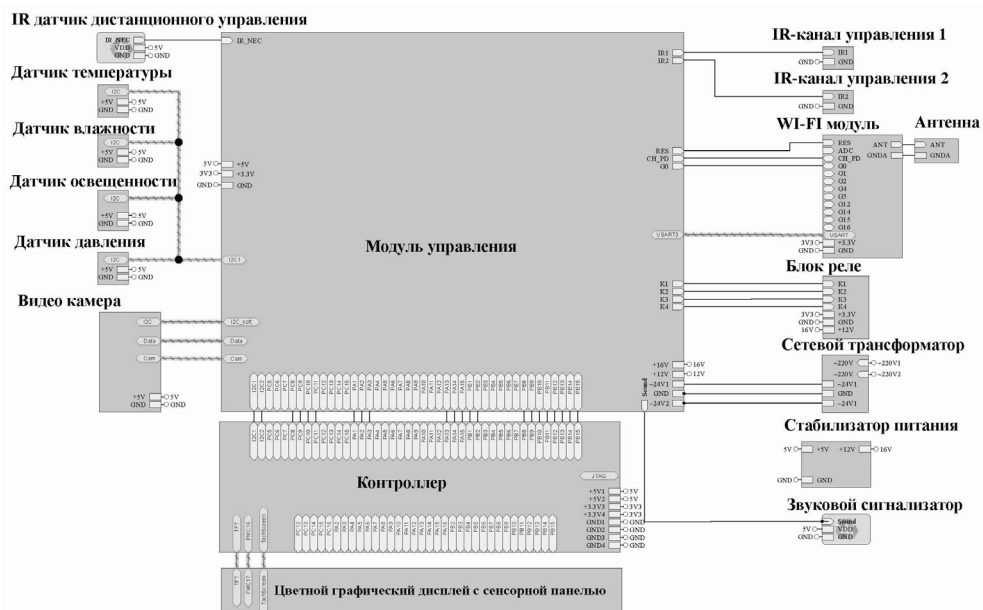


Рис. 3. Блок-схема микропроцессорной системы управления ЛИС

Блок управления смонтирован во влагозащищенном корпусе. Средством ввода и вывода информации управления служит дисплей с сенсорной панелью. Для более точного управления спектральным составом света запрограммирован выбор произрастающей культуры и стадии роста растения. Заложены три режима управления светодиодными RGB-светильниками: ручной режим, автоматический режим и режим досветки. При выборе ручного режима спектральный состав излучаемого света и время работы задается вручную. Режим досветки позволяет продлевать световой день для растений, время включения светильников задается как вручную, так и в автоматическом режиме с помощью датчика интенсивности светового потока. В автоматическом режиме осуществляется дополнение недостающих частей спектрального состава солнечного света в течение всего светового дня.

Предлагаемая конфигурация расположения источников света позволяет проводить исследования одновременно трех групп растений, что сокращает время проведения эксперимента и, тем самым, сокращает расходы на электроэнергию и обслуживание.

Заключение

Итогом исследования является разработка лабораторно-исследовательской системы для анализа влияния спектра и уровня освещенности оптического излучения на рост растений в различных стадиях их развития, конструктивно позволяющая проводить эксперимент одновременно с тремя видами растений. С ее помощью реализована возможность экспериментальным путем определять силу света и спектр светового освещения растений в помещениях закрытого грунта, что поможет сельскохозяйственным производителям существенно экономить энергию и время на производство качественной тепличной продукции.

Практическая реализация ЛИС выполнена на средства гранта, выделенного посольством Германии в России по итогам конкурса «Green campus – green city» – «Зеленый кампус – зеленый город».

Библиографический список

1. **Воскресенская, Н. П.** Фотосинтез и спектральный состав света / Н. П. Воскресенская. – Москва : Наука, 1965. – 311 с.
2. **Анохин, В. С.** Автоматическая система управления спектральным составом света для помещений закрытого грунта / В. С. Анохин, В. Н. Ашанин // Вестник Пензенского государственного университета. – 2016. – № 4. – С. 74–78.
3. **Ракулько, С. А.** Сравнительная оценка параметров рассады томата, выращенной под люминесцентными, натриевыми и светодиодными источниками излучения / С. А. Ракулько, А. С. Таранчук // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики : материалы XII Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием (г. Саранск, 28–29 мая 2015 г.). – Саранск, 2015. – С. 236–241.
4. **Яковлев, А. Н.** Влияние спектральных характеристик источников излучения на растения / А. Н. Яковлев, И. Н. Козырев // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 7/2. – С. 112–116.

References

1. Voskresenskaya N. P. *Fotosintez i spektral'nyy sostav sveta* [Photosynthesis and spectral light composition]. Moscow: Nauka, 1965, 311 p. [In Russian]
2. Anokhin V. S., Ashanin V. N. *Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Penza State University]. 2016, no. 4, pp. 74–78. [In Russian]
3. Rakul'ko S. A., Taranchuk A. S. *Problemy i perspektivy razvitiya otechestvennoy svetotekhniki, elektrotekhniki i energetiki: materialy XII Vseros. nauch.-tekhn. konf. s mezhduнар. uchastiem (g. Saransk, 28–29 maya 2015 g.)* [Issues and prospects for the development of domestic lighting, electrical engineering and energy: proceedings of XII All-Russian scientific and practical conference with international participation (Saransk, May 28-29, 2015)]. Saransk, 2015, pp. 236–241. [In Russian]
4. Yakovlev A. N., Kozыrev I. N. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Fizika* [University proceedings. Physics]. 2013, vol. 56, no. 7/2, pp. 112–116. [In Russian]

Ашанин Василий Николаевич

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой
электроэнергетики и электротехники,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: eltech@pnzgu.ru

Ashanin Vasily Nikolaevich

Candidate of engineering sciences, associate
professor, head of the sub-department
of electric power and electrical engineering,
Penza State University (40, Krasnaya
street, Penza, Russia)

Мельников Анатолий Аркадьевич

ведущий инженер, кафедра
электроэнергетики и электротехники,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: eltech@pnzgu.ru

Mel'nikov Anatoliy Arkad'evich

Leading engineer, sub-department
of electric power and electrical engineering,
Penza State University (40, Krasnaya
street, Penza, Russia)

Ларкин Сергей Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент,
кафедра электроэнергетики
и электротехники, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: eltech@pnzgu.ru

Larkin Sergey Evgen'evich

Candidate of engineering sciences,
associate professor, sub-department
of electric power and electrical
engineering, Penza State University
(40, Krasnaya street, Penza, Russia)

Аравин Никита Андреевич

студент, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: eltech@pnzgu.ru

Aravin Nikita Andreevich

Student, Penza State University
(40, Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Ашанин, В. Н. Микропроцессорная лабораторно-исследовательская система для анализа влияния спектра и уровня оптического излучения на рост растений в помещениях закрытого грунта / В. Н. Ашанин, А. А Мельников, С. Е. Ларкин, Н. А. Аравин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2020. – № 1 (53). – С. 36–42. – DOI 10.21685/2072-3059-2020-1-4.