

А.В. КАЛАЧЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный университет», г. Барнаул, Российская Федерация

М.Е. ПЕЛИХОВ

Акционерное общество «Барнаульское специализированное конструкторское бюро «Восток», г. Барнаул, Российская Федерация

А.И. НОВИЧЕНКО

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

А.М. ЛЕЩЕВ

Общество ограниченной ответственностью «Айрин Лайт Системс», Инновационный Центр «Сколково», г. Москва, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА НАЛИЧИЯ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

Работа посвящена разработке прототипа электронного устройства, приспособленного для крепления к элементам силовой конструкции технологической машины (опрыскивателя) и позволяющего выявлять оптическим методом наличие сорных растений. В работе рассмотрены теоретические вопросы оценки отражательных способностей природных образований и, в частности, спектральных портретов света, отраженного от травяных покровов. Спроектирована схема прототипа устройства, проведен сравнительный анализ существующих аналогов. Разработана концепция определения наличия растений в детектируемой области. На основе анализа результатов предыдущих исследований выделены четыре типа травяных покровов, экспериментально проверены соответствующие им спектральные кривые отражения. Описаны компоненты и структура устройства, предложена схема экспериментальной установки, приведены данные по результатам испытания прототипа, представлены результаты тестирования.

Определение сорных растений, травяные покровы, датчик наличия растительности, уменьшение вреда почве, гербициды, опрыскиватель, ближний ИК-спектр, спектральный портрет травяных покровов.

Введение. В настоящее время во многих случаях при обработке сельхозугодий используется сплошной метод опыления сорняков, происходит чрезмерный расход химических средств для обработки и избыточное попадание в почву химикатов. Безусловно, данный подход при обработке полей не является рациональным. При переходе на системы интеллектуального и точного земледелия всё большее применение набирают системы точечного внесения удобрений или гербицидов. Центральным их узлом является оптический датчик, определяющий наличие растения в зоне действия форсунки распылителя. На рынке на данный момент присутствует некоторое количество подобных датчиков и систем, в основном импортного производства. Это такие системы, как *WeedSeeker*, *WEEDit*, *H-SensorAgricon* и ряд других.

Разрабатываемый датчик необходим для рационального использования вносимых веществ и для снижения пагубного воздействия гербицидных средств на почву, то есть это процесс, при котором распыление вещества происходит выборочным методом, точно в зону дислокации некультивируемого растения.

Предлагаемый способ автоматизированной обработки агроландшафтов с применением оптических датчиков в настоящее время не получил широкой практики использования в силу завышенной стоимости зарубежных систем, что характеризует исследования в этой сфере как весьма перспективные.

Теоретическая база. Исследования отражающей способности ландшафтов и природных образований имеет давнюю историю. Первый систематический подход к проблеме спектров отражения был предложен Кривым Е.Л. в работе «Спектральная отражательная способность природных образований». Была введена классификация растительных покровов по виду кривой коэффициента спектральной яркости (КСЯ) (рис. 1) [1].

Тип 1. Высохшие пустынные травы летом. Песочно-желтая окраска и достаточно большая яркость обеспечивают повышенную отражательную способность по всему спектру. Представители – селин, иляс [1].

Тип 2. Характеризуется меньшей яркостью и отражательной способностью в ИК

(инфракрасной) области спектра, более темным цветом. Представители – прошлогодняя трава, полынь и бурьян в конце лета [1].

Тип 3. Отражательная способность в ИК области спектра значительно выше, чем у предыдущего типа. К 3-му типу, можно отнести растения более зеленой окраски. Представители – суходольные луга, целинные степи, трава близ дорог, покрытая пылью [1].

Тип 4. Характеризуется максимальной отражательной способностью в ИК области спектра среди приведенных типов, яркой зеленой окраской. Представители – зеленые луга, заросли камыша [1].

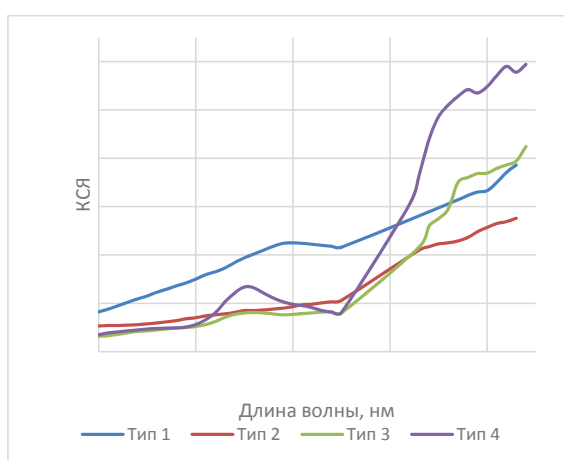


Рис. 1. Спектральные кривые отражения травяных покровов

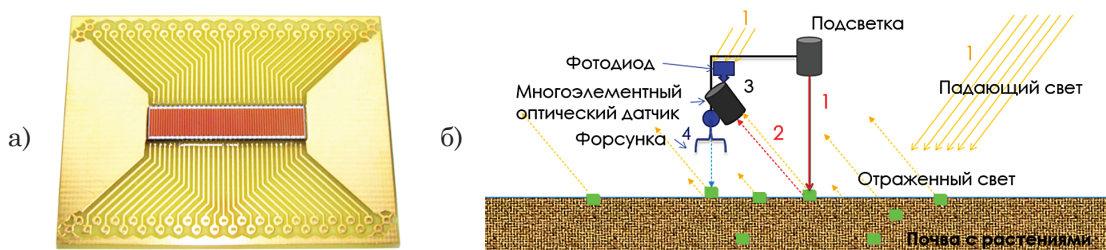


Рис. 2. Концептуальная схема работы интеллектуального датчика наличия растительности: а – фотодиодная линейка ФДЛ 64; б – схема расположения ФДЛ 64:

- 1 – использование солнечного света или инфракрасной подсветки; 2 – фиксирование отраженного света; 3 – анализ данных с датчиков, сравнение значений данных с датчиков с пороговыми значениями; 4 – опрыскивание в случае обнаружения растения

Для определения наличия растений днем при ясной, безоблачной погоде, а также в условиях легкой сплошной облачности используется естественное излучение, при других погодных и временных условиях, отражение инфракрасного излучения растениями осуществляется с помощью внешней светодиодной подсветки с длиной волны излучения 750 нм.

В состав устройства входят следующие компоненты: источник питания, микрокон-

Условия практической задачи предполагают обработку поля после «паров» или предпосевную обработку. По типу кривых коэффициента отражения живая растительность относится к 3 и 4-му типу и за основу метода определения растительной составляющей можно взять высокий коэффициент отражения ближнего ИК-спектра растениями, в частности в полосе 750-850 нм.

Техническая реализация. Фотоприемники. С целью обеспечения высокого пространственного разрешения и возможности обнаружения небольших растений, в качестве основного оптического датчика применяется фотодиодная линейка (ФДЛ 64) (рис. 2а). Она объединяет в себе 64 фоточувствительных площадки, с размером $5 \times 0,3$ мм каждая. Спектральный диапазон фоточувствительности $350 \div 1100$ нм с максимумом в области 850 нм. Устройство, согласно концепции (рис. 2б), должно крепиться в непосредственной близости к форсунке распыривателя, закрепленной на штанге, на высоте около одного метра над поверхностью земли и охватывать зону опыления в 0,5 м. За счет 64 элементов минимальная область детектирования составляет порядка 0,8 мм. С учетом погрешностей установки и функционирования в условиях вибраций, неизбежных при движении, можно говорить об использовании площадки размерами 1,5-2 см, в пределах которой возможно обнаружение сорняка.

троллер, главный оптический датчик, вспомогательный датчик освещенности, оптическая система фильтрации и фокусировки, светодиодная подсветка исследуемой области.

Тестирование датчика наличия сорных растений.

Для проверки работоспособности предлагаемого метода был собран прототип датчика. Его структурная схема и внешний вид представлены на рисунке 3.

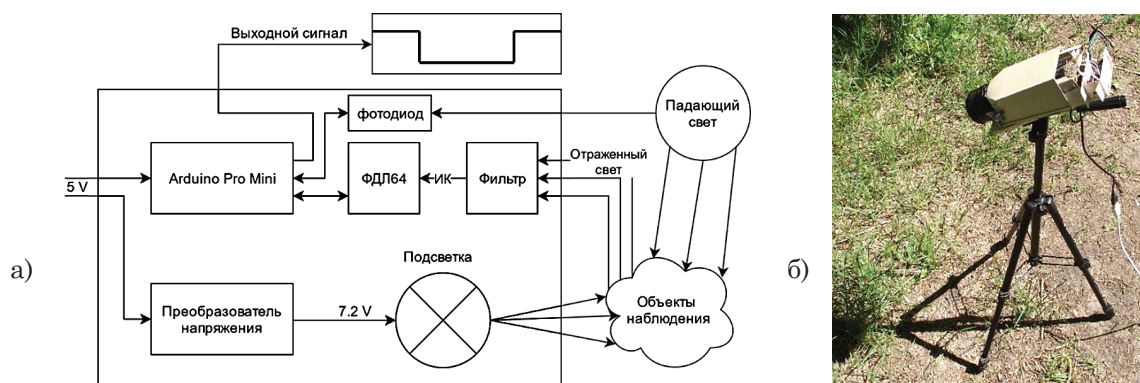


Рис. 3. Схема экспериментальной установки:
а – структурная схема установки; б – внешний вид установки

Представленный прототип устройства позволил провести серию тестовых испытаний на луговом травяном покрове в ясную погоду (в тени и под лучами солнца), в облачную погоду, при наступающих сумерках и с заходом солнца.

Результаты обработки данных, полученных в процессе проведения одного из тестовых испытаний, представлены на рисунке 4.

Разница по максимальным значениям (синяя линия) составляет 250 условных единиц (625 мВ). Графически представлены уровни сигналов с элементов матрицы

и опорный сигнал вспомогательного датчика освещенности. По графику на рисунке 4г видно, что уровень отраженного от растительности сигнала существенно превышает сигнал от почвы. Таким образом, в процессе обработки почвы главный оптический датчик прибора фиксирует высокие или низкие значения сигнала, что позволяет распознавать наличие в кадре объекта, похожего на сорную растительность. Блок управления, анализируя соотношение сигналов опорного и основного, принимает решение о включении форсунки опрыскивателя, в детектируемую зону вносится порция действующего вещества.

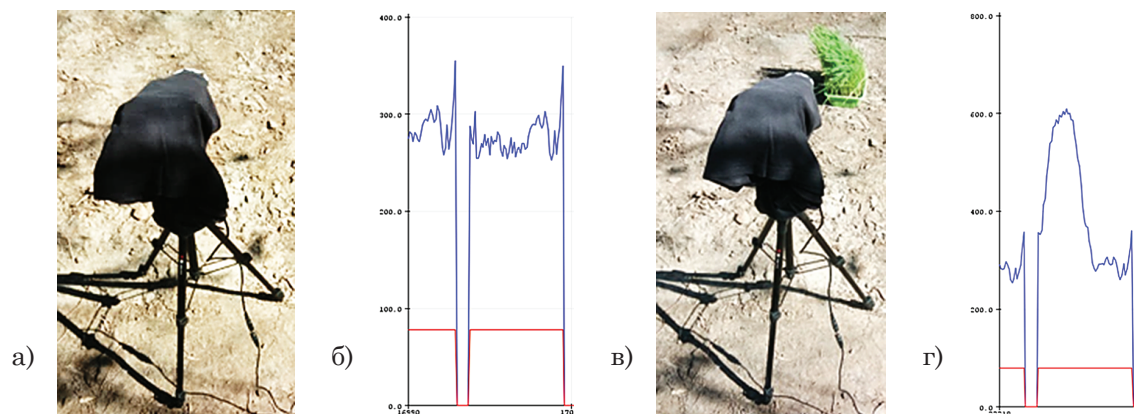


Рис. 4. Тестирование прототипа:

а – фото без луговой травы в кадре; б – значения, получаемые с прототипа, для случая (а); в – фото с луговой травой в кадре; г – значения, получаемые с прототипа, для случая (в)

Заключение

На основании результатов проведенных исследований и анализа экспериментальных данных можно сделать вывод о возможности эффективной реализации датчика наличия сорных растений на поле.

Минимизировано количество задействованных электронных компонентов устройства, что делает датчик потенциально легко заменяемым и позволяет снизить себестоимость и технологичность его производства.

Широкое применение массово выпускаемых электронных модулей позволяет оперативно производить ремонт вышедших из строя датчиков.

Библиографический список

1. Кринов Е.Л. Спектральная отражательная способность природных образований. – Л.: Изд-во Академии Наук СССР, 1947. – 271 с.
2. Караванова Е.И. Оптические свойства почв и их природа. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 151 с.

3. **Кизеев А.Н., Мерзляк М.Н., Соловченко А.Е.** Применение спектроскопии отражения для неdestructивного анализа пигментов в растительных тканях. // Молодой ученый. – 2010. – № 6. – С. 90-97.

4. **Козлова К.И.** Спектрометрия растений различных климатических зон в отраженных лучах. – Алма-Ата: Изд-во Академии наук Казахской ССР, 1955. – 160 с.

Материал поступил в редакцию 21.09.2018 г.

Сведения об авторах

Калачев Александр Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры вычислительной техники и электроники Алтайского государственного университета; 656065, г. Барнаул, ул. С. Семенова 1-289, тел.: +7(913)0278406, e-mail: tunneling@rambler.ru

Пелихов Михаил Евгеньевич, инженер-программист АО «БСКБ «Восток»;

656054, г. Барнаул, ул. Г. Исакова 237-4; тел.: +7(913)3678686, e-mail: p_michael@list.ru

Новиченко Антон Игоревич, кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, резидент Отраслевого аграрного бизнес-инкубатора ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская д. 49; тел.: +7(903)0021748, e-mail: novichenko@rgau-msha.ru

Лещев Алексей Михайлович, инженер-программист ООО «Айрин Лайт Системс»; 143026, г. Москва, Инновационный Центр «Сколково», ул. Нобеля д. 7, резидент Отраслевого аграрного бизнес-инкубатора ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская д. 49; тел.: +7(991) 3987838, e-mail: alexei555@gmail.com

A.V. KALACHEV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Altai state university», Barnaul, Russian Federation

M.E. PELIKHOV

Joint-stock company «Barnaul specialized design bureau «Vostok», Barnaul, Russian Federation

A.I. NOVICHENKO

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

A.M. LESHCHEV

ООО (Limited company) «Eireen Light Systems», Innovation Center «Skolkovo», Moscow, Russian Federation

DEVELOPMENT OF THE OPTICAL SENSOR OF WEEDS PRESENCE

This work deals with the development of a prototype of the electronic device adapted for fastening to the elements of the power structure of the technological machine (sprayer) and allowing detecting the presence of weeds by the optical method. The paper considers theoretical questions of assessing reflective abilities of natural formations and, in particular, spectral portraits of the reflected light from grass covers. The scheme of the prototype device is designed, a comparative analysis of existing analogues is carried out. The concept of determining the presence of plants in the detected area has been developed. Based on the analysis of the results of previous researchers, four types of grass covers were identified, the corresponding spectral reflection curves were experimentally verified. The article also describes the components and structure of the device, the scheme of the experimental plant, the data on the results of the prototype test, the test results are presented.

Determination of weeds, grass cover, sensor of vegetation presence, reducing harm to the soil, herbicides, sprayer, near infrared spectrum, spectral portrait of grass covers.

References

1. **Krinov E.L.** Spektralnaya otrazhatelnaya sposobnost prirodnyh obrazovaniy. – L.: Izd-vo Akademii Nauk SSSR, 1947. – 271 s.

2. **Karavanova E.I.** Opticheskie svoystva pochv i ih priroda. – M.: Izd-vo MGU, 2003. – 151 s.

3. **Kizeev A.N., Merzlyak M.N., Solovchenko A.E.** Primenenie spektroskopii otrazheniya dlya nedestructivnogo analiza pigmentov v rastitelnyh tkanyah. // Molodoy ucheny. – 2010. – № 6. – С. 90-97.

4. **Tikhov G.A.** Shestjdesyat let u teleskopa. – M: Detgiz, 1959. – 160 s.

The material was received at the editorial office
21.09.2018 g.

Information about the authors

Kalachev Alexandr Viktorovich, candidate of physical-technical sciences, associate professor of the chair of computer science and electronics of the Altai state university,

656065, Barnaul, ul. S. Semenova, 1-289, +7(913)0278406, tunneling@rambler.ru

Pelikhov Mikhail Evgenjevich, engineer-programmer AO «BSKB «Vostok», 656054, Barnaul, ul. G. Isakova 237-4, +7(913)3678686, p_michael@list.ru

Novichenko Anton Igorevich, candidate of physical-technical sciences, associate professor of the chair of technical operation of technological machinery and equipment of environmental engineering FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, resident of the Sectoral agrar-

ian business-incubator FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49, +7(903)0021748, novichenko@rgau-msha.ru

Leshchev Alexej Mikhailovich, engineer-programmer ООО «Eireen Light Systems», 143026, Moscow, Innovation center «Skolkovo», ul. Nobelya d. 7, resident of the Sectoral agrarian business-incubator FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49, +7(991)3987838, alexei555@gmail.com

УДК 502/504:332.1

Т.Л. САВОСТОВА, О.О. ЛОМАКИНА

Московский государственный институт международных отношений (университет) МИД России, г. Москва, Российская Федерация

ПРИГРАНИЧНОЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИИ И КИТАЯ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Актуальность повышения эффективности международного сотрудничества России и Китая определяется стратегическими интересами обеих стран, поскольку на границах наших сопредельных государств пересекаются многие важные экономические и политические проблемы и интересы. Партнерство приграничных территорий может способствовать решению многих вопросов, по которым затруднительно оперативно прийти к консенсусу на более высоком уровне. Россия и Китай ориентированы на устойчивое развитие с сохранением природных и социальных ресурсов, экономическую интеграцию с целью повышения конкурентоспособности на мировых рынках. Необходимо стимулировать совместные исследования по разработке и внедрению новых экологически чистых и ресурсосберегающих технологий, оборудования и производств. Китай заинтересован в дальнейшем сближении с Россией в сфере экологического и гуманитарного сотрудничества. Развитие экономики Дальневосточного федерального округа зависит от новых экспортных товарных позиций с акцентом на продукты переработки (углеводороды, промышленность, судостроение, сельское хозяйство и т.д.), а также от реализации энерго-логистических проектов, необходимых для формирования международных транспортных коридоров и обслуживания территорий опережающего развития. Приоритетами сотрудничества должны стать высокотехнологичные сферы с применением экологически чистых и ресурсосберегающих технологий, а также создание центров логистики и транспортных узлов для обеспечения стабильного коммуникационного экспортно-импортного взаимодействия.

Управление территориями, устойчивое развитие, международное сотрудничество, территории опережающего развития.

Введение. Развивающиеся экономические отношения России и Китая базируются на Договоре о добрососедстве, дружбе и сотрудничестве 2001 года, который определяет их как «всеобъемлющее равноправное доверительное партнерство и стратегическое взаимодействие» [1]. В июле 2017 года был утвержден очередной План действий по реализации положений данного Договора на 2017-2020 годы [2]. За 16 лет действия данного Договора Россия и Китай претерпели определенные структурные изменения в двусторонних отношениях.

Актуальность повышения эффективности международного сотрудничества России и Китая определяется стратегическими интересами обеих стран. Для России – это интенсификация социально-экономического развития территорий Дальнего Востока, для Китая – задача освоения северных территорий страны, поддержание высоких темпов развития экономики и обеспечение промышленности необходимыми сырьевыми ресурсами.

В региональном плане основными торговыми партнерами Китая в России являются