

3 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони: монография / В. Н. Шкура, Д. Л. Обухов, А. Н. Рыжаков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.

4 Васильев, С. М. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие / С. М. Васильев, Т. В. Коржова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 197 с.

5 Пат. 2204241 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/02. Способ определения поливных норм при капельном орошении томатов / Кружилин И. П., Салдаев А. М., Кружилин Ю. И., Ходяков Е. А., Галда А. В.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т орошаемого земледелия. – № 2001128337/13; заявл. 18.10.01; опубл. 20.05.03, Бюл. № 14. – 5 с.

6 Олейник, А. М. Характер формирования контуров увлажнения почвы при капельном орошении / А. М. Олейник, М. К. Гаджиев // Режимы орошения и водопотребление сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе: сб. науч. тр. / ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1984. – С. 129–133.

7 Штанько, А. С. Расчет среднего диаметра и объема контура капельного увлажнения почв / А. С. Штанько, В. Н. Шкура // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 3(31). – С. 39–57. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=556&id=559>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-39-57.

8 Храбров, М. Ю. Расчет распространения влаги в почве при капельном орошении / М. Ю. Храбров // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 4. – С. 34–35.

9 Мелихова, Е. В. Математическое моделирование и оптимизация режима орошения корнеплодов на светло-каштановых почвах Волгоградской области / Е. В. Мелихова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2009. – № 1. – С. 126–132.

10 Жатканбаева, А. О. Математическое моделирование линейного параметра контуров увлажнения при капельном орошении / А. О. Жатканбаева, А. Т. Козыкеева, Ж. С. Мустафаев // Журнал КазНАУ «Исследования и результаты». – 2016. – № 2. – С. 120–127.

11 Рыжаков, А. Н. О форме локального контура капельного орошения / А. Н. Рыжаков, В. Н. Шкура, А. С. Штанько // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 94–100.

УДК 631.347:631.58

**А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

**Р. В. Скиданов, В. В. Подлипов**

Институт систем обработки изображений Российской академии наук – филиал федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук, Самара, Российская Федерация;

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, Самара, Российская Федерация

### **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ШИРОКОЗАХВАТНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОГО ОРОШЕНИЯ**

*В статье приводится способ решения проблемы равномерного увлажнения сельскохозяйственных культур при поливе дождеванием, который заключается в использовании гиперспектрометра. Полученные с его помощью гиперспектральные изображения посредством системы управления обрабатываются, определяются сегмен-*

ты участка, на которых растения испытывают стресс из-за недостатка или избытка влаги, и через дождеватели выдается необходимая оросительная норма.

*Ключевые слова:* широкозахватная дождевальная машина, прецизионное орошение, гиперспектрометр, система управления, влажность почвы, орошение.

\*\*\*\*\*

**A. N. Babichev, V. A. Monastyrskiy, V. Ig. Olgarenko**

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

**R. V. Skidanov, V. V. Podlipnov**

Image Processing Systems Institute of the RAS – Branch of the FSRC “Crystallography and Photonics” of the Russian Academy of Sciences, Samara, Russian Federation;  
Samara National Research University, Samara, Russian Federation

### **OPERATING SYSTEM OF A WIDE-CUT CENTRE PIVOT SPRINKLING MACHINE FOR PRECISION IRRIGATION**

*The problem solving technique of uniform wetting of agricultural crops during irrigation by sprinkler which consists in using a hyperspectrometer is provided. The hyperspectral images obtained with its help are processed by means of the control system, the segments of the site where the plants experience stress due to the lack or excess of moisture are determined, and the required irrigation rate is given through sprinklers.*

*Key words:* wide sprinkler machine, precision irrigation, hyperspectrometer, control system, soil moisture, irrigation.

**Введение.** Для повышения продукционного потенциала мелиорируемых земель и эффективного использования природных ресурсов необходимо решение ряда задач по увеличению объема производства основных видов продукции растениеводства за счет гарантированного обеспечения урожайности сельскохозяйственных культур и сохранения ресурсного потенциала орошаемых земель [1–4].

Применение прецизионных (точных) технологий орошения – это стратегическое будущее конкурентоспособного орошаемого сектора сельского хозяйства России. Дождевальные машины (ДМ) для этих технологий должны обеспечивать точное управление производственными процессами орошения сельскохозяйственных культур. Как правило, они должны реализовать самоконтроль качества выполняемых технологических операций в увязке с изменяющимися природно-климатическими условиями [5–10].

С учетом индивидуальных особенностей растений на разных почвах и в разных климатических условиях совершенно ясно, что никаких абсолютно точных показателей для определения влажности почвы получить нельзя. Поэтому целью наших исследований является разработка метода, который позволил бы определять, испытывают ли растения стресс от недостатка влажности или нет, на каждом сегменте поля [11–14].

**Результаты и обсуждения.** Для решения данной проблемы нами предлагается использовать гиперспектральные изображения, обрабатывать их в режиме реального времени и выдавать команды системе управления ДМ для реализации принципов прецизионного орошения [15].

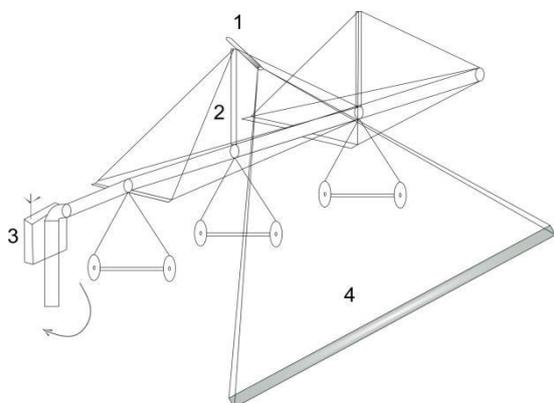
Для получения гиперспектрального изображения планируется использовать гиперспектрометры, которые представляют собой датчики для регулярного сбора и предварительной обработки спектральных данных о каждом пикселе анализируемого изображения [16].

Гиперспектрометр для использования в такой системе полива должен удовлетворять нескольким основным требованиям:

- спектральное разрешение не хуже 10 нм;
- пространственное разрешение не хуже 1 м;

- поле зрения не менее 30°;
- стоимость прибора не должна превышать стоимость стандартной системы технического зрения сельскохозяйственного назначения.

Предлагаемая схема установки камеры на ДМ представлена на рисунке 1.

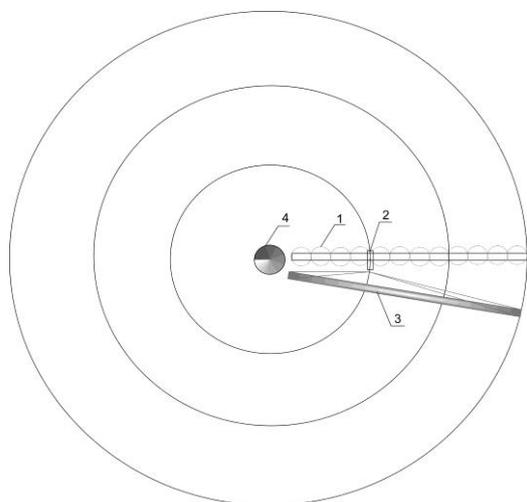


- 1 – камера, установленная на ДМ;
- 2 – штанга вантовой конструкции ДМ;
- 3 – предлагаемое место установки обрабатывающего компьютера и блока управления для регулирования режимов работы ДМ; 4 – осматриваемая зона перед ДМ

**Рисунок 1 – Схема установки гиперспектральной камеры на ДМ**

Алгоритм функционирования системы управления такой ДМ выглядит следующим образом. Гиперспектральная камера осуществляет съемку растительности в заданном секторе по мере перемещения ДМ. Затем получаемые данные в процессе съемки обрабатываются в режиме онлайн, для чего осуществляется сборка гиперспектральных изображений, по которым определяются вегетационные индексы, полученные изображения разбиваются на участки, за полив которых ответственны отдельно взятые дождеватели, оснащенные управляемыми электромагнитными клапанами. По каждому отдельно взятому участку происходит вычисление вегетационных индексов и выдача команд на управление электромагнитными клапанами для регулирования подачи воды на дождеватели. При необходимости дополнительной обработки растений и почвы от вредителей, сорняков или подачи удобрений существует возможность включения в систему трубопровода воды соответствующего активного вносимого вещества путем подачи сигнала управления на электроуправляемые шаровые краны. Для осуществления правильного управления гиперспектральная камера выполняет обзор с достаточной высоты под некоторым углом таким образом, чтобы распыляемая вода и реактивы не попадали в кадр, при этом, имея данные о скорости движения машины и расстоянии от точек съемки, в программу выдачи команд на систему управления вносят статическую задержку. Таким образом, к моменту перемещения машины в район, отснятый гиперспектральной камерой ранее, выдаваемые команды управления будут точно соответствовать вегетационным индексам отснятого изображения местности, расположенной точно под ДМ.

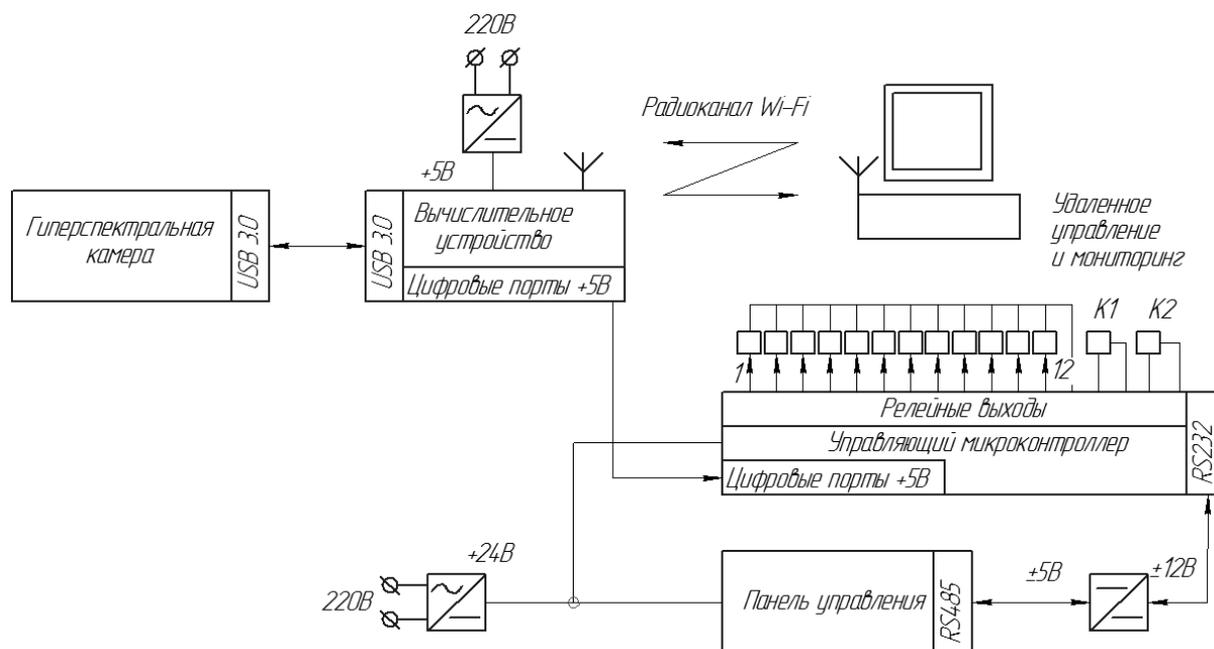
Вид сверху и схема работы ДМ представлены на рисунке 2.



- 1 – зона распыления дождевателей;
- 2 – гиперспектральная камера;
- 3 – осматриваемая зона перед ДМ;
- 4 – мертвая зона, где отсутствует воздействие ДМ

**Рисунок 2 – Схема работы ДМ, оснащенной гиперспектральной камерой (вид сверху)**

Согласно описанному ранее алгоритму для реализации управления ДМ была разработана следующая схема управления (рисунок 3).



1 – 12 – электромагнитные клапаны, управляющие подачей воды к дождевателям;  
 K1 – K2 – электроуправляемые шаровые краны, позволяющие подключить к трубопроводной сети необходимые реактивы и др.

**Рисунок 3 – Схема управления прецизионным орошением**

**Выводы.** Таким образом, предложенную систему управления можно использовать в составе дождевальных машин. Полученные данные дистанционного зондирования влажности растений по сегментам поля и позиционирования положения дождевальной машины на поле позволяют вычислительному устройству, установленному на машине, обрабатывать данные и осуществлять технологию прецизионного орошения, при которой на каждый сегмент поля подается дозированный объем воды с расчетом выравнивания влажности почвы на всем поле при каждом поливе.

#### Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Состояние и перспективы развития мелиорации земель на юге России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 3(15). – С. 1–15. – Режим доступа: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec274-field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec274-field6.pdf).

2 Васильев, С. М. Циклическое орошение и технические средства для его осуществления / С. М. Васильев, Т. П. Андреева, А. В. Акопян // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 34–36.

3 Васильев, С. М. Повышение экологической безопасности способов орошения для формирования устойчивых агроландшафтов в аридной зоне: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Васильев Сергей Михайлович. – Волгоград, 2006. – 36 с.

4 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – В 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 590 с.

5 Васильев, С. М. Мониторинг орошаемого агроландшафта с учетом калибровки данных дистанционного зондирования в рамках геоинформационных технологий / С. М. Васильев, Л. А. Митяева // Политематический сетевой электронный научный

журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 131. – С. 216–231. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>.

6 Бабичев, А. Н. Роль точного земледелия в программном выращивании урожая сельскохозяйственных культур / А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 50–53.

7 Пат. 2631896 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/09. Многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Чураев А. А., Снопич Ю. Ф., Куприянов А. А., Завалюев В. Э.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2016104019; заявл. 08.02.16; опубл. 28.09.17, Бюл. № 28. – 9 с.: ил.

8 Щедрин, В. Н. Оптимизация состава приборного обеспечения контроля агрометеопараметров как этап разработки технологии прецизионного орошения / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, А. А. Чураев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 3(23). – С. 1–18. – Режим доступа: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec425-field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec425-field6.pdf).

9 Балакай, Г. Т. Концепция дождевальной машины нового поколения для технологии прецизионного орошения / Г. Т. Балакай, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 2(26). – С. 1–18. – Режим доступа: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec477field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec477field6.pdf).

10 Корсак, В. В. Применение ГИС-анализа для оценки природных условий поливного земледелия / В. В. Корсак, Н. А. Пронько, Н. Н. Насыров // Научная жизнь. – 2014. – № 2. – С. 18–24.

11 Бабичев, А. Н. Оперативное управление режимом орошения при программировании урожайности сельскохозяйственных культур / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 83–96. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=491&id=498>.

12 Снопич, Ю. Ф. Оценка эффективности низкоэнергоемких оросительных систем / Ю. Ф. Снопич, А. Н. Бабичев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2014. – № 55. – С. 109–118.

13 Бабичев, А. Н. Технологические подходы к нормированию орошения и аппарат прогнозирования водопотребления картофеля в условиях поймы Нижнего Дона / А. Н. Бабичев, В. И. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 2(22). – С. 148–165. – Режим доступа: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec416-field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec416-field6.pdf).

14 Ольгаренко, В. И. К вопросу о модели определения эвапотранспирации с учетом изменчивости гидрометеорологических факторов / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. Иг. Ольгаренко // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2017. – № 4. – С. 9–14.

15 Формирование изображений дифракционной многоуровневой линзой / Н. Л. Казанский, С. Н. Хонина, Р. В. Скиданов, А. А. Морозов, С. И. Харитонов, С. Г. Волотовский // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 3. – С. 425–434.

16 Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям / В. В. Подлипов, В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, С. М. Васильев, В. А. Бланк // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 877–884. – DOI: 10.18287/2412-6179-2017-42-5-877-884.