



634.1:681.2:001.089

А.Ф. АЛЕЙНИКОВ^{1,2}, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник
В.В. МИНЕЕВ¹, старший научный сотрудник,
В.А. ЗОЛОТАРЁВ¹, заведующий лабораторией,
О.В. ЁЛКИН¹, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

¹*Сибирский физико-технический институт аграрных проблем СФНЦА РАН*

630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск

²*Новосибирский государственный технический университет*

630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

e-mail: fti2009@yandex.ru

КОМПЛЕКС СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ, СОРТОИЗУЧЕНИЯ И ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ОБЛЕПИХИ

В Сибирском физико-техническом институте аграрных проблем (Новосибирск) разработаны инструментальные средства контроля и измерения физических свойств растений при селекции, сортоизучении и промышленном производстве облепихи. Методика исследований включала анализ состояния инструментального обеспечения процессов производства садовых культур; выявление критических операций в процессах технологии; определение и научное обоснование методов и разработку на их основе средств контроля; исследование особенностей протекания физических процессов при контроле; разработку принципов действия и средств контроля; исследование метрологических характеристик созданных средств контроля и подтверждения их эффективности использования в практике. Приведены основные технические характеристики туманообразующей установки при поливе зеленых черенков облепихи «ТУМАН-6». Описано эффективное устройство для определения объема корней саженцев, основанный на законе Архимеда. Показана конструкция прибора для измерения диаметров штамбов, плодов и ветвей растений «КАЛИБР», разработанного на базе бесконтактного оптического теневое датчика. Обоснован принцип действия комбинированного прибора для измерения усилия отрыва ягод от плодоножки (ветви) и прочностных свойств кожицы ягоды. Все созданные технические решения защищены патентами на изобретения. Проведенные испытания в полевых условиях на плантациях плодово-ягодных культур показали, что данные технические средства имеют достаточно высокие технические и метрологические показатели. Применение разработанных технических средств окажет результативную помощь селекционерам при выведении новых сортов ягод, приспособленных к машинной уборке урожая, обеспечит минимум потерь за счет определения оптимального срока начала уборки.

Ключевые слова: облепиха, селекция, промышленное производство, туманообразующая установка, средства измерения.

С точки зрения теории систем управления промышленное производство облепихи – сложный комплексный объект, для эффективного управления которым нужна информация о его текущем состоянии для выработки оптимальных управляющих воздействий. Для оценки результатов селекционных и научно-исследовательских работ, качества посадочного материала, его плантаций, равномерности созревания и готовно-

сти плодов к уборке в технологический процесс производства облепихи должны быть включены инструментальные средства контроля и измерения физических свойств растений и элементов технологических приемов [1].

Цель работы – разработать комплекс технических средств контроля физических свойств садовых культур для информационного обеспечения селекционного процесса и оптимизации выполнения технологических операций при промышленном производстве облепихи.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методика исследований основана на системе ХАССП («Анализ рисков и критические контрольные точки» [2]) и теории синтеза измерительных преобразователей [3]. Они включали следующие методические приемы: анализ состояния и проблем инструментального обеспечения процессов промышленного возделывания садовых культур; выявление критических операций в процессах, обеспечивающих промышленное возделывание облепихи, которые требуют совершенствования средств контроля физических свойств; определение и научное обоснование методов и разработку на их основе средств контроля физических свойств облепихи, позволяющих повысить объем производства, эффективность уборки и увеличить сроки хранения урожая облепихи до переработки; исследование особенностей протекания физических процессов при восприятии входных физических величин средств контроля, выбранных для разработки; разработку принципов действия и средств контроля физических свойств облепихи; исследование метрологических характеристик созданных средств контроля и подтверждение их функционального назначения и эффективности использования в практике.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В Сибирском физико-техническом институте аграрных проблем (Новосибирск) совместно с Научно-исследовательским институтом садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко (Барнаул) изучены состояние и проблемы информационно-аналитического обеспечения технологии возделывания облепихи с помощью черенкования. Выявлены критические точки в технологии производства облепихи, требующих инструментального контроля [4, 5]: укоренение черенков (туманообразующие установки при поливе, средства измерения объема корней); вегетация растений (средства контроля геометрических величин штамбов, ветвей, побегов) и уборка урожая (средства контроля усилий отрыва и раздавливания ягод).

Агрорегулятор полива «ТУМАН-6» – современное средство управления туманообразующей установкой при поливе зеленых черенков облепихи [6]. Основные технические характеристики агорегулятора: число обслуживаемых поливных магистралей – 4; пределы изменения длительности полива от 1 с до 99 мин 59 с через 1 с и паузы от 1 мин до 23 ч 59 мин через 1 мин; наличие аварийной световой и звуковой сигнализации при неисправности исполнительных устройств полива – уровень громкости звукового сигнала не менее 90 дБ; заданные параметры сохраняются в энергонезависимой памя-

ти и остаются неизменными при выключении питания, длительность хранения программ не менее 10 лет, длительность работы встроенных часов без замены литиевой батареи SR2032 не менее 3 лет.

Устройство для определения объема корней саженцев облепихи состоит из платформы со специальным подвесом [5]. На ней установлены цифровые электронные весы, на которых размещен сосуд с дистиллированной водой. При погружении в воду корней саженца, подвешенного с помощью перемещающегося по высоте зажима, в соответствии с законом Архимеда возникает сила F , которая направлена вертикально вверх и равна массе вытесненной корнями воды, т.е. массе воды в объеме погруженной корневой системы. В соответствии с третьим законом Ньютона в этой же точке возникает противодействующая сила той же величины, но с противоположным знаком ($-F$), которая увеличивает показания весов на значение этой силы. В то же время сила в точке подвеса, которая действует при отсутствии воды в сосуде, увеличивается на это же значение. Таким образом, при известном значении F и плотности воды ρ можно определить объем вытесненной воды, а значит, и объем корней V , по формуле $V = F / \rho$. Плотность ρ дистиллированной воды равна $0,998 \text{ г/см}^3$ ($998,2 \text{ кг/м}^3$), поэтому с погрешностью до нескольких единиц третьего десятичного знака изменения показаний весов в граммах будут численно равны объему корней в кубических сантиметрах.

Прибор для измерения диаметров штамбов «КАЛИБР» разработан на базе бесконтактного оптического теневого датчика фирмы BALLUFF, Германия (рис. 1) [7]. На контактах разъема датчика формируется сигнал в виде напряжения постоянного тока, значение которого пропорционально размеру тени (равной диаметру) от штамба саженца или плода, помещенного в широкий тонкий луч, создаваемый излучателем датчика.

Экспериментальный образец прибора «КАЛИБР» был подвергнут исследовательским испытаниям. Установлены его следующие основные

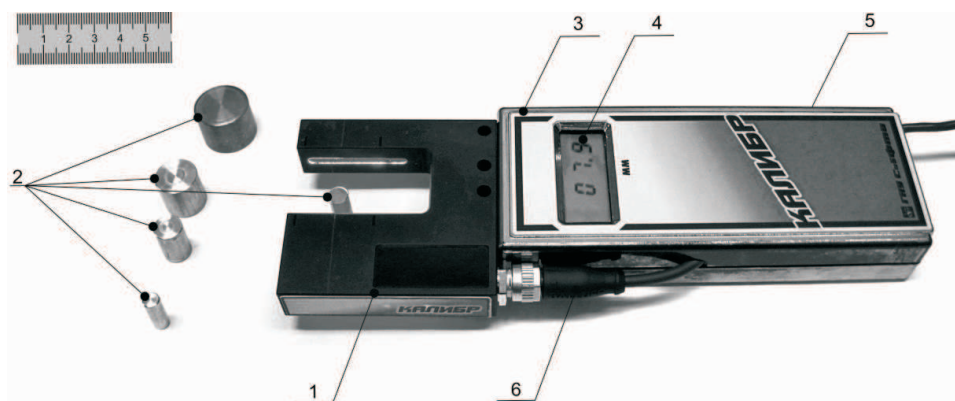


Рис. 1. Внешний вид прибора «КАЛИБР» для определения диаметров штамба саженца и плода садовых культур:

1 – оптический теневого датчик BGL 30C-005-S4; 2 – металлические цилиндры (физические модели объекта измерений); 3 – электронный блок; 4 – цифровой индикатор; 5 – кабель электропитания; 6 – соединительный кабель

технические характеристики: номинальная функция преобразования бесконтактного оптического теневого датчика $U=0,4581d-2,6818$, где U – выходное напряжение датчика, d – диаметр металлических цилиндров; диапазон измерений от 6,5 до 24 мм; номинальная цена единицы наименьшего разряда 0,01 мм; продолжительность процедуры определения диаметра объекта (штамба, ветви, побега, плода садовой культуры) не более 10 с; питание от двух отдельных (переносимых оператором в сумке на поясе или плече) аккумуляторов 12 В общей емкостью 2,4 А-ч; габаритные размеры 250 × 90 × 30 мм (без аккумуляторов); масса не более 800 г (без аккумуляторов); габаритные размеры аккумуляторов 95 × 85 × 50 мм; масса аккумуляторов не более 950 г.

Испытания экспериментального образца прибора «КАЛИБР» на ветвях и плодах садовых культур показали, что выбранная форма образца прибора, расположение органов управления, масса и габаритные размеры удовлетворяют требованиям удобства и комфортности применения в полевых условиях.

Далее были разработаны и широко применены на практике измерители усилия раздавливания и усилия отрыва ягод от плодоножки (ветви) [8]. Однако в этих образцах не определялся предел прочности кожицы, так как площадь пятна контакта плунжера с поверхностью ягоды в этом случае неизвестна. Поскольку значение показателя «усилие раздавливания ягод» используется не только самостоятельно, но и при вычислении других показателей, проведены исследования степени его зависимости от геометрических параметров раздавливающего плунжера. По результатам исследования

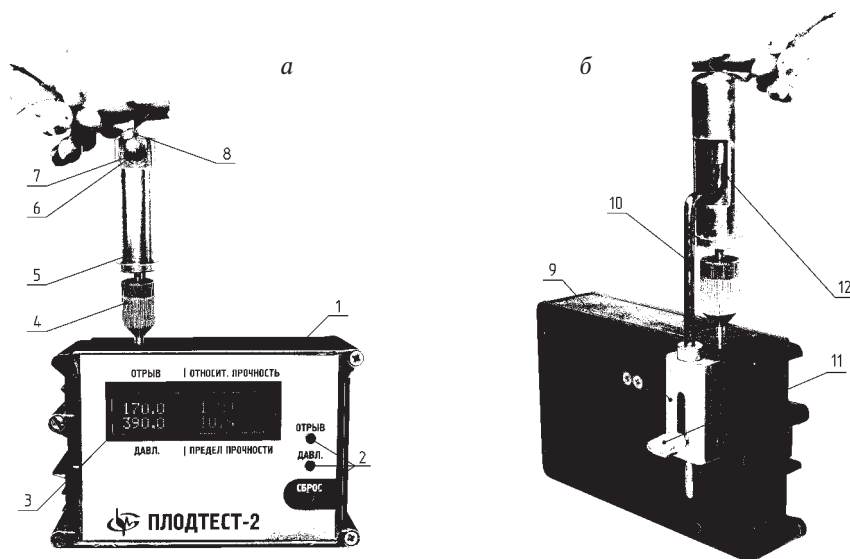


Рис. 2. Конструкция прибора «ПЛОДТЕСТ-2»:

a – вид спереди; *б* – вид сзади; 1 – корпус; 2 – органы управления; 3 – индикатор; 4 – распределитель силы; 5 – приёмник ягоды; 6 – ягода; 7 – окно; 8 – захват; 9 – механический привод; 10 – шток; 11 – ручка; 12 – окно

разработан новый прибор «ПЛОДТЕСТ-2», позволяющий дополнительно определять предел прочности кожицы и коэффициент относительной прочности ягоды (рис. 2) [9]. Основные компоненты электронного блока данного прибора – тензодатчик и преобразователь сигналов тензодатчика в цифровой код [10]. Из широкой номенклатуры преобразователей сигналов датчиков в цифровой код отдано предпочтение модулю аналого-цифрового преобразователя (АЦП) НХ711 компании AVIA Semiconductor благодаря лучшему соотношению «цена – качество» и малым габаритам ($38 \times 21 \times 10$ мм). В составе модуля содержатся усилитель с регулируемым коэффициентом усиления, сигма-дельта АЦП 24 бит, источник опорного напряжения, генератор, стабилизатор напряжения питания и цифровой интерфейс [11].

В соответствии с нормативными документами [12, 13] установлены следующие основные метрологические характеристики переносного прибора «ПЛОДТЕСТ-2»: диапазон измерений силы от 0,10 до 6,00 Н; номинальная цена единицы наименьшего разряда кода 0,001 Н; пределы систематической составляющей основной абсолютной погрешности измерения силы $\pm 0,008$ Н; предел среднеквадратического отклонения случайной составляющей основной абсолютной погрешности измерения силы 0,009 Н; частота измерений силы (80 ± 1) Гц.

ВЫВОДЫ

1. При селекции, сортоизучении и промышленном производстве облепихи дополнительно необходимы система контроля и управления туманообразующими установками при поливе саженцев, приборы контроля геометрических величин штамбов, ветвей, побегов, корней; усилий раздавливания и отрыва ягоды от плодоножки, а также прочностные характеристики ягоды.

2. Принципы действия разработанных средств контроля физико-механических свойств облепихи имеют техническую новизну и на основе их разработаны и изготовлены шесть технических средств, предназначенных для аналитического обеспечения промышленного производства облепихи и других ягодных культур.

3. Проведенные испытания в полевых условиях на плантациях плодово-ягодных культур показали, что данные технические средства имеют достаточно высокие технические, метрологические и эргономические показатели. Применение разработанных технических средств окажет результативную помощь селекционерам при выведении новых сортов ягод, приспособленных к машинной уборке урожая, обеспечит минимум потерь за счет определения оптимального срока начала уборки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Алейников А.Ф.** Информационное обеспечение сельскохозяйственной науки: итоги перспективы // Сиб. вестн. с.-х науки. – 2004. – № 4 (154). – С. 85–89.
2. **Лисова Е.А.** Система ХАССП – эффективный инструмент управления качеством // Наука – промышленности и сервису. – 2012. – № 7. – С. 791–795.
3. **Алейников А.Ф., Чанышев Д.И., Чаплина М.А.** Автоматизированный синтез патентноспособных технических решений преобразователей сигналов // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2009. – № 2. – С. 86–92.

4. **Алейников А.Ф., Минеев В.В., Золотарёв В.А., Фурзиков В.М.** Совершенствование инструментального контроля технологии производства пищевого ягодного сырья // Найвовите постижения на европейската наука – 2011: материали за 7-й междунар. науч. практ. конф. (София, 17–25 юни, 2011 на селско стопанство). – София: «БялГРАД БГ» ООД, 2011. – Т. 38. – С. 69–76.
5. **Минеев В.В., Алейников А.Ф., Золотарёв В.А.** Применение методов силоизмерительной техники при промышленном производстве облепихи // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2010. – № 11. – С. 79–85.
6. Пат. № 2463773, МПК А01G 9/26, А01G 25/16 (Российская Федерация). Устройство автоматического управления туманообразующей установкой / В.А. Золотарев, В.В. Минеев, В.Б. Морозов, В.А. Рихтер, Л.А. Даукшис, Ф.Ф. Стрельцов; № 2010144257/13; заявл. 28.10.2010; опубл. 20.10.2012; Бюл. № 29.
7. **Алейников А.Ф., Минеев В.В., Золотарёв В.А.** Измерения геометрических параметров штамбов и плодов садовых культур // Метрология. – 2015. – № 1. – С. 21–27.
8. **Алейников А.Ф., Минеев В.В.** Силоизмерительный прибор для промышленного садоводства // Датчики и системы. – 2012. – № 6. – С. 39–42.
9. **Алейников А.Ф., Минеев В.В.** Измерение механических свойств ягод облепихи и смородины // Сиб. вестн. с.-х. науки – 2016. – № 4. – С. 105–111.
10. **Алейников А.Ф., Цапенко М.П.** О классификации датчиков // Датчики и системы. – 2000. – № 5. – С. 23.
11. Пат. № 2538401, МПК А01G 7/00, А01G 1/00, G01L 1/00 (Российская Федерация). Прибор для определения прочностных характеристик ягод / В.В. Минеев, В.А. Золотарев, А.Ф. Алейников, В.Б. Морозов, А.С. Тихонов, В.М. Фурзиков; № 2013106086/13; заявл. 12.02.2013; опубл. 10.01.2015; Бюл. № 1.
12. ГОСТ 8.009–84. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. – М.: Стандартинформ, 2006.
13. ГОСТ 8.508–84. ГСИ. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации. Общие методы оценки и контроля. – М.: Изд-во стандартов, 2002.

Поступила в редакцию 03.11.2016

**A.F. ALEYNIKOV^{1,2}, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head Researcher,
V.V. MINEYEV¹, Senior Researcher,
V.A. ZOLOTAREV¹, Laboratory Head,
O.V. ELKIN¹, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher**

¹*Siberian Physical-Technical Institute of Agrarian Problems, SFSCA RAS
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia
e-mail: fti2009@yandex.ru*

²*Novosibirsk State Technical University
20, Karl Marx Ave, Novosibirsk, 630073, Russia*

A COMPLEX OF CONTROLS FOR BREEDING, VARIETAL STUDY AND COMMERCIAL PRODUCTION OF SEA BUCKTHORN

Instrumentation facilities for monitoring and measuring physical properties of plants in breeding, varietal study and commercial production of sea buckthorn were developed at the Siberian Physical-Technical Institute of Agrarian Problems, Novosibirsk. The research methods included 1) analyzing a condition of instrumentation in production of horticultural crops; 2) identifying critical operations in technological processes; 3) defining and substantiating the methods and means, and based on them, developing controls; 4) studying features of physical processes while monitored; 5) developing principles of operation of the controls; 6) investigating metrological characteristics of the controls developed and confirming the effectiveness of them to be used in practice. There are given specifications of the mist installation TUMAN-6 to water herbaceous sea buckthorn cuttings.

There is described the device for determining the extent of root growth in nurslings. There is shown the design of the instrument KALIBR for measuring diameters of trunks, fruits and branches of plants, which is developed based on a contactless optical shadow sensor. There is substantiated the principle of operation of combination instrument for measuring tearaway forces of berries from stems and peel strength properties. All the technical solutions developed are protected by industrial patents. Tests carried out under field conditions on plantations of fruit-and-berry crops have shown that these engineering tools have high technical and metrological characteristics. The use of the engineering tools developed provides the breeders with effective assistance in developing new machine-harvestable varieties of berry crops, and ensures minimum losses due to determining the optimal harvesting dates.

Keywords: sea buckthorn, breeding, commercial production, mist installation, measurement instrumentation.
