



УДК 631.17



DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-2-61-68

## Разработка системы автоматизированного управления агротехнологиями в садоводстве

**Дмитрий Олегович Хорт,**кандидат сельскохозяйственных наук,  
ведущий научный сотрудник;**Алексей Игоревич Кутырев,**кандидат технических наук, научный сотрудник,  
e-mail: alexeykutyrev@gmail.com;**Игорь Геннадьевич Смирнов,**доктор технических наук,  
главный научный сотрудник;**Илья Владимирович Воронков,**кандидат технических наук,  
младший научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

*Реферат.* Реализация интеллектуальных технологий в промышленном садоводстве возможна с помощью автоматизированной системы для управления производственными процессами. (*Цель исследования*) Разработать и обосновать параметры системы автоматизированного управления агротехнологиями в садоводстве с возможностью проведения наземных осмотров с помощью мобильного приложения. (*Материалы и методы*) Для работы с базой данных использовали ADO.NET-драйвер *Npgsql*. В качестве *Object Relational Mapping* применили *Dapper*. В веб-приложении использовали шаблон проектирования *Model View Controller*, в качестве *css-фреймворка* – *Bootstrap*. Визуализацию данных из базы провели по облачной технологии, разместив сайт с помощью набора сервисов *Internet Information Services*. *Jquery* (набор функций *JavaScript*) служит как основной фреймворк по работе с клиентской частью программного кода. Задействовали также систему управления базами данных *PostgreSQL*. Мобильное приложение создали в интегрированной среде *Android studio*. (*Результаты и обсуждение*) Разработали автоматизированную систему для управления агротехнологиями. Сформировали структуру программно-аппаратной базы. Реализовали возможность работы системы в режиме диалога с пользователем посредством форм, на основе алгоритма выбора оптимальных вариантов технологических процессов при производстве продукции садоводства. Для проведения наземных осмотров в цифровом виде реализовали мобильное приложение. Определили порядок проведения наземных осмотров агрономами с помощью мобильного приложения. (*Выводы*) Разработали систему автоматизированного формирования и управления технологиями в садоводстве, которая обеспечивает оперативную обработку информационных потоков в реальном времени, отражающих особенности роста и состояния растений в критические фазы развития. Предусмотрели работу современных регистрирующих приборов и мобильного приложения. Показали, что система автоматически оптимизирует машинные технологии возделывания садовых культур по биологическим (реализация потенциальной биологической продуктивности культур) и экономическим (повышение эффективности использования производственных ресурсов) критериям.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные технологии, промышленное садоводство, автоматизированная система, дистанционный мониторинг, метеокомплекс.

■ **Для цитирования:** Хорт Д.О., Кутырев А.И., Смирнов И.Г., Воронков И.В. Разработка системы автоматизированного управления агротехнологиями в садоводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. №2. С. 61-68. DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-2-61-68.

## Development of an Automated Management System for Agricultural Technologies in Horticulture

**Dmitriy O. Khort,**

Ph.D.(Agri.), senior researcher;

**Alexey I. Kutyrev,**

Ph.D.(Eng.), researcher,

e-mail: alexeykutyrev@gmail.com;

**Igor' G. Smirnov,**

Dr.Sc.(Eng.), chief researcher;

**Ilya V. Voronkov,**

Ph.D.(Eng.), junior researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** The implementation of intelligent technologies in industrial horticulture is possible with the help of an automated system for managing production processes. (*Research purpose*) To develop and substantiate the parameters of an automated

management system for agricultural technologies in horticulture with the ability to conduct land inspections using a mobile application. (*Materials and methods*) ADO.NET driver Npqsql was used for work with the database. Dapper was used as Object Relational Mapping. The web application used the Model View Controller design pattern, and Bootstrap as the css framework. Data visualization from the database was carried out using cloud technology, placing the site using a set of Internet Information Services. JQuery (a set of JavaScript functions) served as the main framework for working with the client-side of the program code. The authors also used the PostgreSQL database management system. The mobile application was created in the Android studio integrated environment. (*Results and discussion*) The authors developed an automated system for managing agricultural technologies. They formed the structure of the hardware and software base. They created the system ability to operate in a dialogue mode with the user through forms, based on the algorithm for choosing the optimal options for technological processes in the horticultural products production. A mobile application was implemented to conduct digital land inspections. They determined the procedure for conducting land inspections by agronomists using a mobile application. (*Conclusions*) The authors developed a system for the automated technologies formation and management in horticulture, which provided operational processing of information flows in real time, reflecting the characteristics of the plants' growth and state in critical phases of development. They provided modern recording devices and a mobile application operation. They showed that the system automatically optimized machine technologies for the cultivation of horticultural crops according to biological (realization of the potential biological productivity of crops) and economic (increasing the efficiency of using production resources) criteria.

Keywords: agricultural technologies, industrial gardening, automated system, remote monitoring, meteorological complex.

**For citation:** Khort D.O., Kuttyrev A.I., Smirnov I.G., Voronkov I.V. Razrabotka sistemy avtomatizirovannogo upravleniya agrotekhnologiyami v sadovodstve [Development of an automated management system for agricultural technologies in horticulture]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2021. Vol. 15. N2. 61-68 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-2-61-68.

**А**нализ аппаратных средств управления продукционными процессами в садоводстве показал необходимость разработки современной автоматизированной системы, которая полностью обеспечила бы реализацию интеллектуальных технологий в промышленном садоводстве [1-5]. Принятие решений при эффективном управлении сельхозпроизводством требует обработки значительного объема разнородной непредсказуемо изменяющейся информации, что связано с необходимостью учета большого количества различных по своей природе факторов (биологических, природно-климатических, материально-технических, экономических, человеческого) [6]. Разрабатываемая система должна обеспечивать сбор и хранение (в базе данных), обработку и передачу необходимой информации об объекте исследования, информацию об изменении факторов управления продукционным процессом. Это дает в том числе и возможность оперативного реагирования на изменение климатических параметров с помощью изменения набора и состава сельскохозяйственных технологических операций.

Из множества баз данных наиболее эффективны реляционные, которые дают возможность на основе созданных таблиц данных получать готовые программные продукты, работающие в режиме онлайн-диалога с пользователем, и управлять машинными технологиями [7, 8]. Широкое внедрение таких программ позволяет не только хранить информацию о работе предприятий агропромышленного комплекса, но и формировать в автоматизированном режиме оптимальный состав тракторного парка для выбранной технологии производства продукции садоводства

[9-12]. Существует множество компьютерных программ с различными подходами к выбору оптимального состава машинно-тракторного парка [13-15].

Появление современных высокоскоростных компьютеров, мобильных устройств (*Smartphone*), планшетов с более мощными аппаратными возможностями и с разнообразными операционными системами, коммуникаторов (*communicator, PDA phone*), выполняющих функции ПК, облачных технологий открыло перспективы для коренного изменения ситуации в области информационной поддержки принимаемых решений [16, 17]. Телефон стал не только средством связи, но и эффективным ассистентом агронома, инженера или руководителя хозяйства. Круг решаемых с помощью мобильных устройств задач разнообразен и обеспечивает в том числе потребности ведения точного земледелия, среди которых информация о составе почвы, границах поля, урожайности, настройках машин и их местоположения, навигации. Могут быть использованы разветвленные базы данных, а также базы знаний, основанные на имитационных динамических моделях [18-20].

Для своевременного обнаружения проблем и сохранения урожая агрономы осматривают садовые насаждения еженедельно. Объем информации, генерируемый в результате таких постоянных осмотров, достаточно большой. Результаты фиксируются на бумажных носителях. Цифровизация данного процесса позволит значительно повысить эффективность хранения и обработки результатов проведения полевых осмотров с помощью мобильного приложения.

**Цель исследования** – разработать и обосновать параметры системы автоматизированного управле-

ния агротехнологиями в садоводстве с возможностью проведения наземных осмотров с помощью мобильного приложения.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** В состав системы поддержки принятия решений при управлении производственным процессом включены три главных компонента:

- база данных (информационное обеспечение);
- база моделей;
- программная подсистема.

В указанную подсистему входят три системы управления:

- базой данных;
- базой моделей;
- интерфейсом между пользователем и компьютером.

Программно-аппаратный комплекс для проектирования агротехнологий в садоводстве, управления процессом формирования урожая состоит из следующих модулей:

1. Серверный модуль – ядро системы, содержит всю бизнес-логику программного комплекса и систему визуализации данных.

2. Метео-модуль – комплекс, состоит из метео-датчиков и GSM-модема, обеспечивающего дистанционную передачу данных с датчиков на сервер.

3. Мобильное приложение обеспечивает возможность сбора данных с садовых насаждений с фотофиксацией и определением местоположения объектов с последующей передачей данных на сервер.

Передача данных между серверной частью и метеостанцией и мобильным приложением осуществляется по GSM-каналу. Визуализация данных из базы данных происходит по облачной технологии с размещением сайта с помощью набора сервисов *IIS (Internet Information Services)*. Для работы с базой данных использован *ADO.NET*-драйвер *Npgsql*. В качестве *ORM (Object Relational Mapping)* задействован *Dapper*. В веб-приложении есть шаблон проектирования *MVC (Model View-Controller)*. Функции *css*-фреймворка выполняет *Bootstrap*. *Jquery* (набор функций *JavaScript*) используется как основной фреймворк при работе с клиентской частью кода. Технологией обращения к серверу без перезагрузки страницы служит *jquery.ajax*.

Для создания электронных карт необходимо обрисовать контуры садов по снимкам со спутников и беспилотных летательных аппаратов и выгрузить результаты в форматах *.shape* или *.kml*. После загрузки контур сада автоматически появится на карте и для каждого сада станет доступен полевой журнал (рис. 1).

Далее для выбранных садов подбирается оптимальная технологическая карта. Операции технологической карты привязываются ко всем выбранным на карте садам, а параметры операций рассчитываются в зависимости от их площади.

Технологические карты добавляются в систему

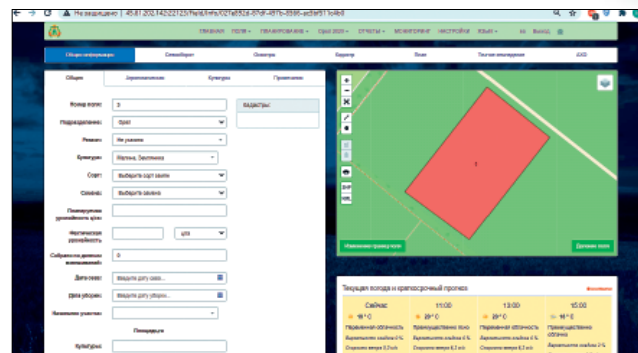


Рис. 1. Полевой журнал автоматизированной системы управления агротехнологиями в садоводстве

Fig. 1. Field journal of the automated agricultural technology management system in horticulture

перед началом сезона и корректируются при появлении соответствующих событий (тревог). При добавлении тревог задаются правила, выполнение которых будет автоматически формировать тревогу и оповещать пользователей.

Правила предусматривают любые данные из системы: с метео датчиков, наземных осмотров от агрономов, с мобильных приложений и т.д. Для разработки мобильного приложения использовали интегрированную среду *Android studio*. Для сбора данных с помощью мобильного приложения на мобильное устройство (телефон или планшет) устанавливается разработанное приложение. При первоначальном запуске приложения происходит загрузка данных с сервера. После этого можно работать данными без доступа в интернет. А при появлении доступа данные приложения синхронизируются с сервером и таким образом передаются результаты наземных осмотров.

Для удаленного сбора данных с метеостанции прежде всего необходимо установить и настроить метеостанцию с комплектом датчиков в заданном месте. Посредством GSM-модема метеостанция с заданной периодичностью передает данные с датчиков на сервер. Частоту передачи задают при настройке. Полученные данные обрабатываются на сервере и затем выполняется их визуализация и аналитика. Система управления базами данных – *PostgreSQL*. База данных содержит связанные таблицы для хранения информации по контурам садовых насаждений, сельскохозяйственным культурам, полевым журналам, сорной растительности, вредителям, болезням, технологическим картам и наземным осмотрам. Структура базы данных позволяет гибко добавлять новые объекты и сущности при изменении функционала.

Аппаратная часть системы мониторинга метеопараметров состоит из метеостанции *Imetos 3.3*, где имеются датчики: температуры и влажности почвы и воздуха; температуры и влажности листа; скорости ветра; интенсивности света; содержания *CO<sub>2</sub>*. Измерения обрабатываются и передаются на сервер с помо-

щью GSM-модема.

Для обеспечения необходимой производительности при проведении вычислительных операций использован процессор *Intel Xeon* – 6 ядер, частота 2,4 ГГц. Для оперативной работы с результатами расчетов и хранения кэша сайта предусмотрена оперативная память объемом от 16 Гб. Эти параметры устанавливаются в зависимости от одновременного количества пользователей. Для обеспечения высокой скорости отклика при доступе к данным сайта и базе данных использован *SSD*-диск для операционной системы и базы данных объемом 512 Гб. Для фотоснимков, сделанных мобильным приложением, и других загруженных данных установлен жесткий диск объемом от 500 Гб. Операционная система расположена на сервере *Windows Server 2019*.

Выявить оптимальный состав технических средств и вариантов технологических процессов при заданных условиях помогают оптимизационные модели. Система работает в режиме диалога с использованием кнопочных форм. Основу составляют таблицы данных, объединенные реляционной связью по ключевым полям, и математические модели, которые находятся в строителе выражений табличных запросов системы.

Для настройки программного обеспечения, проверки рассчитанных параметров проведен анализ работы разработанной системы и мобильного приложения на промышленной плантации (ВНИИСПК, Орловская обл., Жилина). Для этого в яблоневом саду сорта Северный синап установили метеостанцию

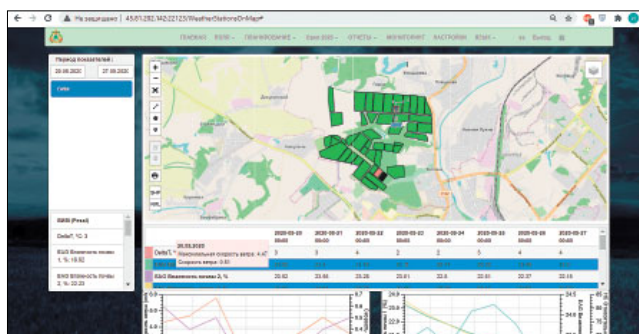


Рис. 2. Отображение расположения метеостанций на карте в интерфейсе системы

Fig. 2. Displaying the location of weather stations on the map in the system interface

*Imetos 3.3* и набор необходимых датчиков.

Результаты и обсуждение. В разработанной системе происходят постоянный сбор данных с метеостанций и датчиков и их аналитика. Координаты расположения метеостанций автоматически указываются на карте (рис. 2).

Данные метеостанции передаются с облачного сервиса *FieldClimate iMETOS® Systems* в разработанную базу данных (рис. 3).

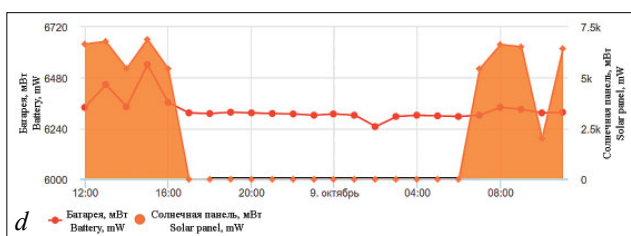
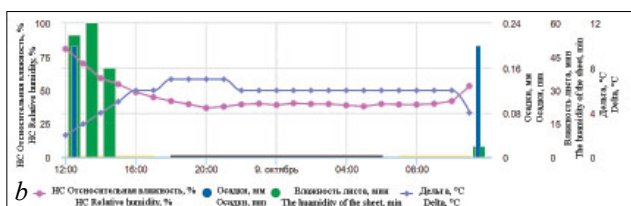
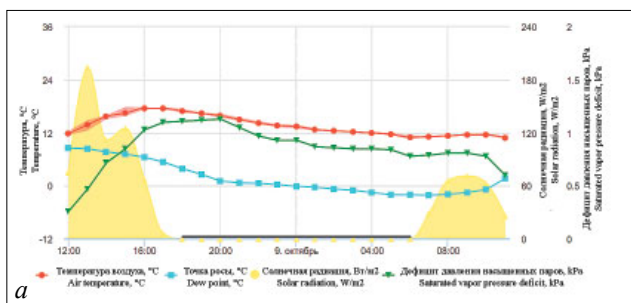


Рис. 3. Графики с метеостанции и подключенных к ней датчиков в интерфейсе разработанной системы

a – температура воздуха, точка росы, солнечная радиация, дефицит давления насыщенных паров; b – относительная влажность воздуха, осадки, влажность листа; c – скорость ветра и эталонная эвапотранспирация; d – заряд батареи и мощность солнечной панели

Fig. 3. Graphs from the installed weather station and sensors connected to it in the interface of the developed system

a – air temperature, dew point, solar radiation, saturated vapor pressure deficit; b – relative air humidity, precipitation, leaf moisture; c – wind speed and reference evapotranspiration; d – battery charge and solar panel power

При отклонении данных, полученных с метеостанций, от нормативных значений реализована возможность автоматического формирования событий (тревог). В тревоге отображается информация о причинах ее формирования и рекомендации по корректировке технологических карт. Пользователь может вносить корректировки вручную, либо согласует рекомендации, и тогда корректировки применяются в ав-

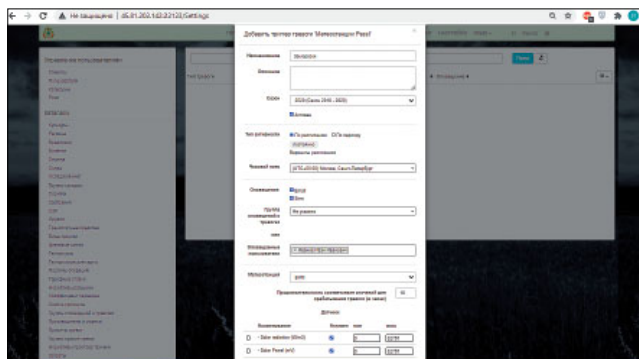


Рис. 4. Меню настройки добавления наступления различных видов тревог

Fig. 4. Settings menu for adding different types of alarms

томатическом режиме. Для добавления новых тревог необходимо в интерфейсе системы указать тип добавляемой тревоги. После выбора типа задаются правила формирования тревоги, оповещаемые пользователи, способы оповещений и частота проверки установленных правил (рис. 5).

При появлении новых тревог необходимо проанализировать место и причину их появления и подтвердить корректировки в плане технологических операций, если это необходимо. Корректировка технологических карт требуется при получении новой информации из сформированных тревог или наземных осмотров. Для корректировки технологических карт необходимо зайти на страницу корректируемой операции и выбрать нужные подоперации. В появившемся окне можно изменить сроки выполнения подоперации и другие параметры ее выполнения.

При обширных площадях садовых насаждений и большом количестве персонала, занятого в производстве, важна скорость передачи информации между персоналом. Включение тревог и оповещений при обнаружении болезней, сорной растительности, вредителей позволяет автоматически рассылать информацию по sms, e-mail или telegram-мессенджеру заданным сотрудникам, повысить оперативность обмена информацией и принятия управленческих решений по обработкам садов.

Система помогает технологу скомпоновать всю машинную технологию из имеющихся возможностей ее реализации, автоматически просчитывать стоимость выполнения технологии и выдавать итоговые значения оценочного показателя для принятия решения о целесообразности введения в производство выбранного сельхозагрегата. Конечный продукт работы системы – спроектированная технологическая карта с анализом стоимости выполнения технологических операций и трудозатрат на них в виде диаграмм. Целевую функцию оценки различных технологий возделывания и уборки плодово-ягодных культур определяют по критерию минимума суммарных удельных затрат:

$$A_i = \frac{\sum i \cdot (E_H + a_1) \cdot B_c \cdot K_n}{W_{ij} \cdot t_i \cdot K_{cm} \cdot K_{im} \cdot T_i} + \Pi_y \rightarrow \min ,$$

где  $A_i$  – целевая функция оценки технологий возделывания и уборки плодово-ягодных культур;

$E_H$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

$a_1$  – норматив годовых отчислений на реновацию одной машины и трактора, руб.;

$B_c$  – балансовая стоимость одной машины и трактора (для рабочих – затраты на оплату труда), руб.;

$K_n$  – коэффициент использования машины, трактора на работе относительно годовой загрузки на всех работах, то есть отношение времени использования одной машины, трактора на  $i$ -ой работе к суммарному времени ее годового использования;

$W_{ij}$  – производительность  $j$ -го агрегата за час эксплуатационного времени, га/ч;

$t_i$  – продолжительность смены на  $i$ -ой работе, ч;

$K_{cm}$  – коэффициент сменности  $i$ -ой работы;

$K_{im}$  – коэффициент использования календарного времени по метеоусловиям при выполнении  $i$ -ой работы;

$T_i$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы, дн.;

$\Pi_y$  – потери урожайности по метеоусловиям, т/га.

Для проведения наземных осмотров в цифровом виде разработано мобильное приложение. Агроному необходимо установить приложение на мобильное устройство с операционной системой *Android*. Приложение позволяет работать в садах при отсутствии доступа в интернет, сохраняя данные в базе данных на мобильном устройстве, и передавать их на сервер при появлении доступа. Агроном может оперативно фиксировать все, что происходит в садах, с помощью мобильного устройства и при этом одновременно сохранять все данные в базе данных на сервере разработанной системы.

При добавлении нового осмотра агроном делает фотографию с помощью мобильного устройства и заполняет параметры осматриваемого сада: состояние почвы, растений, наличие болезней, сорной растительности, вредителей и др. Одновременно с этим фиксируется текущее местоположение мобильного устройства.

Таким образом, любой осмотр состоит из трех составляющих:

- координаты местоположения агронома в момент осмотра;
- фотография;
- параметры, заполненные агрономом в момент осмотра.

В дальнейшем все проведенные осмотры визуализируются на единой карте в интерфейсе системы. Можно оперативно оценить, как развивается сад в том или ином месте, и понять, в каких зонах сада распространяются болезни, сорная растительность или вредители (рис. 5).

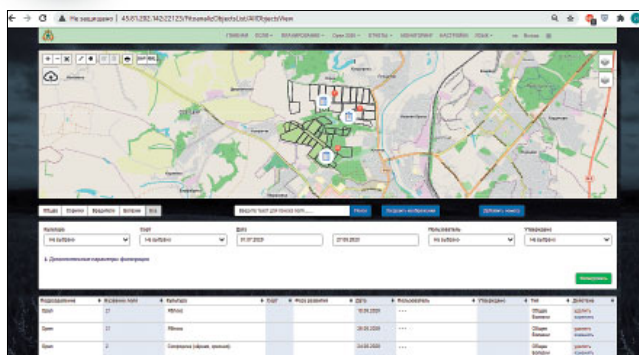


Рис. 5. Результаты проведения наземных осмотров садовых насаждений в интерфейсе разработанной системы  
 Fig. 5. Results of land inspections of garden plantings in the developed system

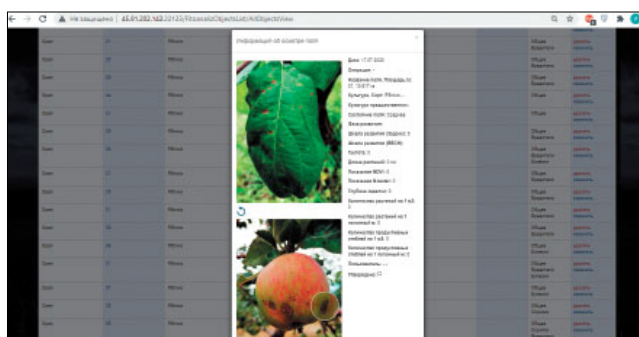
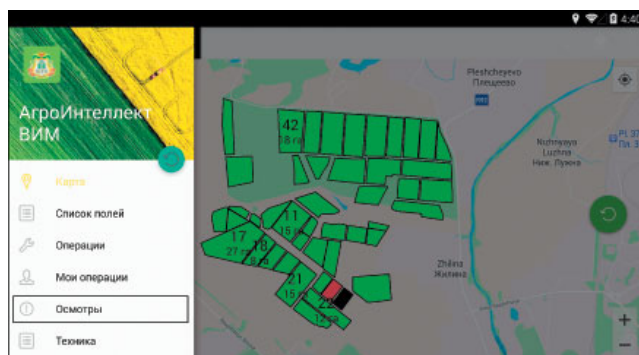


Рис. 6. Меню результатов проведения наземных осмотров садовых насаждений в мобильном приложении  
 Fig. 6. Menu of results of land inspections of horticulture plantings in the mobile app

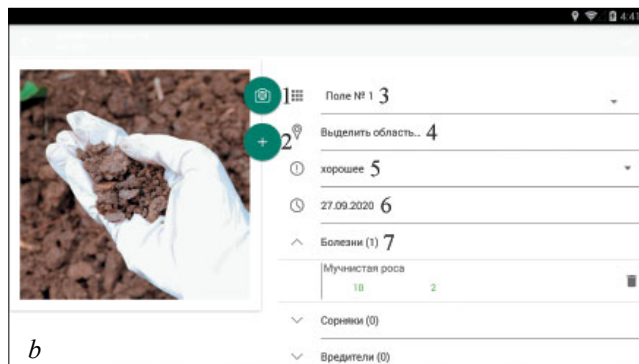
При необходимости агроном может предоставить экспертам ссылку на проведенный осмотр с фотографиями и локацией из мобильного приложения и получить рекомендацию по принятию дальнейших решений (рис. 6).

Разработан порядок проведения наземных осмотров с помощью мобильного приложения (рис. 7).

В графе 1 инструмент «+» позволяет добавлять к осмотру болезни, вредителей и сорную растительность, обнаруженные специалистом. В графе 2 инструмент «камера» дает возможность прикреплять к осмотру фотографии – как с камеры, так и из памяти мобильного телефона. В графе 3 отображается участок поля, где находится проводящий осмотр агроном, его координаты автоматически определяются по геопозиции мобильного телефона. Графа 4 используется для обозначения площади проведенного осмотра. В графе 5 отражается общее состояние участка поля, можно выбрать одно из четырех значений: плохое, среднее, хорошее, отличное. В графе 6 указывается дата проведения осмотра, по умолчанию, установлена дата создания осмотра. В графе 7 указываются выявленные на участке болезни, сорная растительность и вредители. В дополнительной информации указывается информация о развитии растений (качественные из-



a



b

Рис. 7. Интерфейс мобильного приложения для проведения наземных осмотров садовых насаждений: а – меню добавления осмотров; б – меню добавления различных видов тревог  
 Fig. 7. The interface of the mobile application to conduct land inspections of garden plantings: a – menu for adding inspections, b – menu for adding different types of alarms

менения). После заполнения всей необходимой информации выполняется автоматическая синхронизация мобильного приложения с системой для передачи полученных данных. Для поиска проведенных осмотров добавлен фильтр в меню «Осмотры».

Регулярные цифровые наземные осмотры с помощью разработанного мобильного приложения составляют основу для дальнейшей роботизации производства. На основании информации о том, в каких местах сада обнаружены болезни, сорная растительность, вредители, возможно автоматическое формирование карт заданий для наземной техники или беспилотных летательных аппаратов, что позволит обеспечить точечную обработку проблемных зон нужными химикатами.

**Выводы.** Разработанная система автоматизированного управления агротехнологиями в садоводстве обеспечивает оперативную обработку в реальном времени информационных потоков, определяющих особенности роста и состояния растений в критические фазы их развития от современных регистрирующих приборов (метеостанции, пробоотборники, анализаторы), оптимизацию машинных технологий возделывания кустарниковых ягодных культур по биологическим (реализация потенциальной биологической продуктивности культур) и экономическим (повыше-

ние эффективности использования производственных ресурсов) критериям.

Сформирована структура управления агротехнологиями в садоводстве, производственным процессом многолетних культур с онлайн-сервисом и мобильным приложением. Предоставлена возможность анализировать информацию, поступающую от датчиков и регистрирующих приборов, и вырабатывать оптимальные управляющие решения при построении и

управлении технологией с целью минимизации потерь урожая, вызванных отклонением факторов природно-климатических условий. Информация, полученная от агрономов с разработанного мобильного приложения, считается наиболее точной и позволяет принимать эффективные управленческие решения. Автоматизация данных процессов позволяет повысить скорость и качество принимаемых решений.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Fountas S., Sorensen C.G., Tsiropoulos Z., Cavalaris C., Liakos V., Gemtos T. Farm machinery management information system. *Computers and electronics in agriculture*. 2015. Vol. 110. 131-138.
2. Kaloxylou A., Groumas A., Sarris V., Katsikas L., Magdalinos P., Antoniou E., Politopoulou Z., Wolfert S., Brewster C., Eigenmann R., Maestre Terol C. A cloud-based farm management system: architecture and implementation. *Computers and electronics in agriculture*. 2014. Vol. 100. 168-179.
3. Kaivosoja J., Jackenkroll M., Linkolehto R., Weis M., Gerhards R. Automatic control of farming operations based on spatial web services. *Computers and electronics in agriculture*. 2014. Vol. 100. 110-115.
4. Paraforos D. S., Vassiliadis V., Kortenbruck D., Stamkopoulos K., Ziogas V., Sapounas A.A., Griepentrog H.W. Multi-level automation of farm management information systems. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. Vol. 142. 504-514.
5. Ampatzidis Y., Tan L., Haley R., Whiting M.D. Cloud-based harvest management information system for hand-harvested specialty crops. *Computers and electronics in agriculture*. 2016. Vol. 122. 161-167.
6. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big data in smart farming – a review. *Agricultural systems*. 2017. Vol. 153. 69-80.
7. Blank S., Bartolein C., Meyer A., Ostermeier R., Rostanin O. iGreen: a ubiquitous dynamic network to enable manufacturer independent data exchange in future precision farming. *Computers and electronics in agriculture*. 2013. Vol. 98. 109-116.
8. Paraforos D.S., Vassiliadis V., Kortenbruck D., Stamkopoulos K., Ziogas V., Sapounas A.A., Griepentrog H.W. A farm management information system using future internet technologies. *IFAC-Papers OnLine*. 2016. Vol. 49. 324-329.
9. Артюшин А., Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Особенности разработки интеллектуальной системы управления в садоводстве // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2016. N2. С. 148-153.
10. Цымбал А.А., Хорт Д.О. Освоение принципов программирования урожая при автоматизированном проектировании агротехнологий возделывания черной смородины // *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина*. 2013. N1(57). С. 27-29.
11. Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Особенности функционирования системы автоматизированного управления производственными процессами (АСУПП) в садоводстве // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2013. N2(4). С. 70-74.
12. Zubina V.A., Kutyrev A.I. Development of a software package for the tractor fleet formation in agricultural organizations. *MATEC Web of Conferences (ICMTMTE 2019)*. 2019. N00102.
13. Валге А.М., Папушин Э.А., Пакскина Е.Г. Использование информационных технологий при проектировании процессов производства продукции растениеводства // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2012. N3. С. 17-18.
14. Зыков А.В., Юнин В.А., Захаров А.М. Модель оптимизации состава машинно-тракторного парка на основе применения адаптивных технологий производства сельскохозяйственной продукции в условиях северо-западного региона РФ // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2018. N11. С. 47-51.
15. Личман Г.И., Смирнов И.Г., Беленков А.И. Использование мобильного телефона в системах точного земледелия // *Нивы России*. 2017. N2(146). С. 58-61.
16. Milrad M., Spikol D. Anytime, anywhere learning supported by smart phones: experiences and results from the musis project. *Educational Technology and Society*. 2007. Vol. 10. N4. 62-70.
17. Chaovalit P., Saiprasert C., Pholprasit T. A method for driving event detection using sax with resource usage exploration on smartphone platform. *Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking*. 2014. Article N135.
18. Palanisamy S., Selvaraj R., Ramesh T., Ramesh T., Ponnusamy J., Ponnusamy J. Applications of Smartphone-Based Sensors in Agriculture: A Systematic Review of Research. *Journal of Sensors*. 2015. Article ID 195308.
19. Mosa A.S.M., Yoo I., Sheets L. A systematic review of healthcare applications for smartphones. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2012. Vol. 12. N1(67).
20. Habib M.A., Mohktar M.S., Kamaruzzaman S.B., Lim K.S., Pin T.M., Ibrahim F. Smartphone-based solutions for fall detection and prevention: challenges and open issues. *Sensors*. 2014. Vol. 14. N4. 7181-7208.

### REFERENCES

1. Fountas S., Sorensen C.G., Tsiropoulos Z., Cavalaris C., Liakos V., Gemtos T. Farm machinery management information system. *Computers and electronics in agriculture*. 2015. Vol. 110. 131-138 (In English).
2. Kaloxylou A., Groumas A., Sarris V., Katsikas L., Magdalinos P., Antoniou E., Politopoulou Z., Wolfert S., Brewster C., Eigenmann R., Maestre Terol C. A cloud-based farm management system: architecture and implementation. *Computers and*

- electronics in agriculture*. 2014. Vol. 100. 168-179 (In English).
3. Kaivosoja J., Jackenkroll M., Linkolehto R., Weis M., Gerhards R. Automatic control of farming operations based on spatial web services. *Computers and electronics in agriculture*. 2014. Vol. 100. 110-115 (In English).
  4. Paraforos D. S., Vassiliadis V., Kortenbruck D., Stamkopoulos K., Ziogas V., Sapounas A. A., Griepentrog H.W. Multi-level automation of farm management information systems. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. Vol. 142. 504-514 (In English).
  5. Ampatzidis Y., Tan L., Haley R., Whiting M.D. Cloud-based harvest management information system for hand-harvested specialty crops. *Computers and electronics in agriculture*. 2016. Vol. 122. 161-167 (In English).
  6. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big data in smart farming – a review. *Agricultural systems*. 2017. Vol. 153. 69-80 (In English).
  7. Blank S., Bartolein C., Meyer A., Ostermeier R., Rostanin O. iGreen: a ubiquitous dynamic network to enable manufacturer independent data exchange in future precision farming. *Computers and electronics in agriculture*. 2013, Vol. 98. 109-116 (In English).
  8. Paraforos D.S., Vassiliadis V., Kortenbruck D., Stamkopoulos K., Ziogas V., Sapounas A.A., Griepentrog H.W. A farm management information system using future internet technologies. *IFAC-PapersOnLine*. 2016. Vol. 49. 324-329 (In English).
  9. Artyushin A., Smirnov I.G., Khort D.O., Filippov R.A. Osobennosti razrabotki intellektual'noy sistemy upravleniya v sadovodstve [Features of the development of an intelligent control system in horticulture]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. N2. 148-153 (In Russian).
  10. Cymbal A.A., Khort D.O. Osvoenie printsipov programirovaniya urozhaya pri avtomatizirovannom proektirovanii agrotehnologii vozdelevaniya chernoy smorodiny [Mastering the principles of programming the crop in the automated design of agricultural technologies for the cultivation of black currant]. *Vestnik FGOU VPO MGAU imeni V.P. Goryachkina*. 2013. N1(57). 27-29 (In Russian).
  11. Khort D.O., Filippov R.A. Osobennosti funktsionirovaniya sistemy avtomatizirovannogo upravleniya produktsionnymi processami (ASUPP) v sadovodstve [Features of the functioning of the automated control system for production processes (ACSUP) in horticulture]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2013. N2(4). 70-74 (In Russian).
  12. Zubina V.A., Kuttyrev A.I. Development of a software package for the tractor fleet formation in agricultural organizations. *MATEC Web of Conferences (ICMTMTE 2019)*. 2019. N00102 (In English).
  13. Valge A.M., Papushin E.A., Pakskina E.G. Ispol'zovanie informatsionnykh tehnologiy pri proektirovanii processov proizvodstva produktsii rastenievodstva [The use of information technology in the design of crop production processes]. *Mehanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2012. N3. 17-18 (In Russian).
  14. Zykov A.V., Yunin V.A., Zaharov A.M. Model' optimizatsii sostava mashinno-traktornogo parka na osnove primeneniya adaptivnykh tehnologiy proizvodstva sel'skokozyaystvennoy produktsii v usloviyakh severo-zapadnogo regiona RF [A model for optimizing the composition of the machine and tractor fleet based on the use of adaptive technologies for the production of agricultural products in the northwestern region of the Russian Federation]. *International research journal*. 2018. N11. 47-51 (In Russian).
  15. Lichman G.I., Smirnov I.G., Belenkov A.I. Ispol'zovanie mobil'nogo telefona v sistemakh tochnogo zemledeliya [Using a mobile phone in precision farming systems]. *Nivy Rossii*. 2017. N2(146). 58-61 (In Russian).
  16. Milrad M., Spikol D. Anytime, anywhere learning supported by smart phones: experiences and results from the musis project. *Educational Technology and Society*. 2007. Vol. 10. N4. 62-70 (In English).
  17. Chaovalit P., Saiprasert C., Pholprasit T. A method for driving event detection using sax with resource usage exploration on smartphone platform. *Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking*. 2014. N1(135) (In English).
  18. Palanisamy S., Selvaraj R., Ramesh T., Ramesh T., Ponnusamy J., Ponnusamy J. Applications of Smartphone-Based Sensors in Agriculture: A Systematic Review of Research. *Journal of Sensors*. 2015. Article ID 195308. 18 pages (In English).
  19. Mosa A.S.M., Yoo I., Sheets L. A systematic review of healthcare applications for smartphones. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2012. Vol. 12. N1(67) (In English).
  20. Habib M.A., Mohktar M. S., Kamaruzzaman S.B., Lim K.S., Pin T.M., Ibrahim F. Smartphone-based solutions for fall detection and prevention: challenges and open issues. *Sensors*. 2014. Vol. 14, N4. 7181-7208 (In English).

**Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.**

**Статья поступила в редакцию 21.01.2021  
The paper was submitted  
to the Editorial Office on 21.01.2021**

**Статья принята к публикации 14.05.2021  
The paper was accepted  
for publication on 14.05.2021**