

УДК 637.1

БАШИЛОВ АЛЕКСЕЙ МИХАЙЛОВИЧ, докт. техн. наук, профессор²

E-mail: bashilov@inbox.ru

ЛЕГЕЗА ВИКТОР НИКОЛАЕВИЧ, канд. с.-х. наук, доцент¹

E-mail: bashilov@inbox.ru

КОРОЛЕВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ, канд. техн. наук²

E-mail: vieshvk@yandex.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

² Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, Москва, 125993, Российская Федерация

ИНТЕГРАЦИЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ АГРАРНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Рассмотрен инновационный проект единой системы автоматизированного управления агротехнологическими процессами (АСУ ТП) с применением системы внешнего видеонаблюдения, технического и компьютерного зрения. Предложены общие методологические принципы проектирования и варианты принципиальных схем интеграции. Показаны основные достоинства проекта и показатели эффективности при модернизации управления агротехнологическими процессами в растениеводстве. Концепция интеграции системы видеоаналитического наблюдения и АСУ ТП предусматривает реализацию четырёх вариантов: интеграция системы управления технологическим процессом с системой компьютерного зрения, с системой внешнего видеонаблюдения, с системой компьютерного зрения, интеграция системы внешнего видеонаблюдения, технического и компьютерного зрения с АСУ ТП. В этом случае пользователям системы будет доступна технологическая и видеоинформация с результатами её обработки (распознавания, логистики, аналитики, семантики), использующей в сочетании данные внешнего наблюдения, компьютерного и технического зрения. Управление технологическим процессом осуществляется по интегрированным в единую систему текущим состояниям и событиям, обнаруживаемым на уровнях аппаратуры управления АСУ ТП, работающей с системой наружного видеонаблюдения, технического и компьютерного зрения. Интегрированное видеонаблюдение позволит значительно расширить функциональные возможности АСУ технологическими процессами и предприятием в различных приложениях. Для дальнейшего совершенствования АСУ ТП аграрных производств в растениеводстве и животноводстве необходимо привлечение информации об индивидуальных и совокупных особенностях воспроизводства агропродукции на технологических циклах. При интеграции АСУ ТП с системами внешнего видеонаблюдения, технического и компьютерного зрения существует несколько вариантов расширения функциональных возможностей по принятию более точных и своевременных управленческих решений. Для успешного проектирования АСУ ТП, интегрированной с системами внешнего видеонаблюдения, технического и компьютерного зрения, имеется достаточный ассортимент технических средств и программного обеспечения, аналогично используемого в других отраслях.

Ключевые слова: система управления, видеонаблюдение, техническое зрение, методология проектирования.

Введение. В электрифицированном сельскохозяйственном производстве с давних пор эффективно используют автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) [1]. В настоящее время на новой элементной базе функционируют АСУ ТП зернопунктов, молочных комплексов, теплиц, овощехранилищ, комбикормовых заводов, птицефабрик, племенных хозяйств и многих других производств. Как правило, это предприятия, производящие сельско-

хозяйственную продукцию на промышленной основе, где системно объединены производственные процессы и коллектив специалистов. Информация о работе нескольких АСУ ТП поступает в вычислительный центр более высокого ранга, в АСУ предприятием (АСУ П).

Назначение АСУ ТП – автоматизированное ведение технологического процесса и передача на смежные или вышестоящие уровни АСУ П необходимой и своевременной информации.

Цель исследований – повышение эффективности технологических операций в реализациях экологически чистых энергоэкономных агротехнологий точного аграрного производства за счет использования современных средств технического зрения.

Материал и методы. Технологические процессы в сельском хозяйстве имеют существенные отличия от промышленных, они связаны с биологическими объектами: растениями, животными, почвой, экологической средой. Данная особенность предопределяет качественно иные требования к управлению – эти объекты обладают способностью к самоорганизации и саморазвитию. Самой сложной проблемой становится получение информации о поведении биологических объектов и интерпретация её через технические информационно-аналитические средства для понимания и принятия решения человеком. Как правило, АСУ ТП обрастает биосенсорными атрибутами, становится сложной и дорогой. Но на это идут, ибо системный подход к решению проблемы доказывает, что эффективность целого, объединённого в систему, выше, чем просто сумма эффективностей каждого элемента в отдельности. Применение средств видеонаблюдения, технического и компьютерного зрения в управлении агротехнологическими процессами может стать эффективным направлением совершенствования АСУ ТП в сельскохозяйственном производстве [2-5].

Результаты и обсуждение.

Концепция интеграции системы видеонаблюдения и АСУ Т. Основным фактором, определяющим возможность решения задач видеонаблюдения и интеграции их в АСУ ТП, без проведения длительных НИОКР, является наличие в промышленности широкого ассортимента специализированных видеокамер и источников подсветки, позволяющих получать изображение необходимых параметров в сложных производственных условиях [6-8].

Приведём некоторые разновидности видеокамер наблюдения, отражающих их многофункциональные возможности: видеокамеры для работы в агрессивных средах; герметичные видеокамеры для работы под водой; антивандальные камеры; камеры с расширенным температурным диапазоном; камеры для ночного видения; камеры с высокой цветопередачей и чёткостью; высокоскоростные камеры; видеокамеры инфракрасной и ультрафиолетовой области спектра; взрывозащищённые; поворотные; с автофокусом; с грязеочистителем; со встроенной аналитикой; с моно- и стереозвук, проводные и беспроводные и др. На российском рынке представлены видеокамеры ведущих фирм мира: SONY, PANASONIC, JVC, HITACHI и др.

То есть появляется реальная возможность повысить эффективность агротехнологического процесса за счёт:

– снижения нагрузки на специалистов и операторов, позволяющего сократить число ошибок управления;

- уменьшения брака;
- роста производительности;
- управления качеством агропродукции;
- повышения контроля над действиями людей;
- учёта индивидуальных биофизиологических особенностей растений и животных;
- корректного и компактного видеодокументирование событий производственной логистики;
- увеличения эффективности расследования причин брака, аварий, хищений, травм и других нештатных ситуаций.

В зависимости от особенностей решаемых задач интеграция системы видеонаблюдения с системами управления агротехнологическими процессами может происходить на разных уровнях:

- интеграция аппаратуры управления технологической операцией (процессом) с системой (системами) технического зрения;
- интеграция системы управления технологическим процессом с системой компьютерного зрения;
- интеграция системы управления технологическим процессом с системой внешнего видеонаблюдения;
- интеграция системы внешнего видеонаблюдения, технического и компьютерного зрения с АСУ ТП.

Вариант 1. Интеграция управления технологической операцией с системой технического зрения. На рисунке 1 показаны обычные сенсорные потоки информации, характерные для традиционного использования, и потоки, возникающие при использовании системы технического зрения. Видеоинформация об интересующих объектах поступает в систему технического зрения, а данные видеоналитики – в технологическую установку для управления технологической операцией. Например: производит согласование работы рабочих органов, пространственную ориентацию, перемещение, изменение режимов работы.

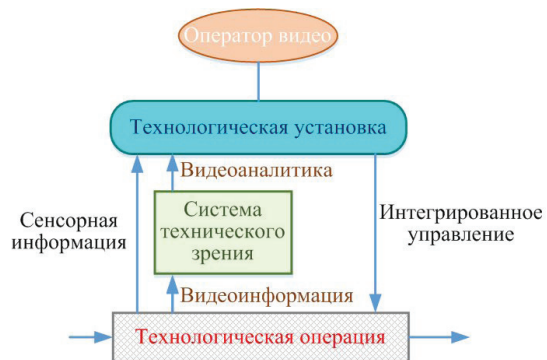


Рис. 1. Схема интеграции управления технологической операцией с системой технического зрения

Аппаратура технологической установки, обрабатывая сообщения видеоналитики и сенсорные, формирует сигналы на интегрированное

управление технологической операцией, а также передаёт для оператора видеоинформацию с контекстными данными сенсорики и интерпретацией. Дополнительная информация от системы технического зрения позволяет повысить точность выполнения технологической операции за счёт длительного и непрерывного видеомониторинга действия рабочих органов технологической операции.

Вариант 2. Интеграция системы управления технологическим процессом с системой компьютерного зрения. На рисунке 2 отображён другой уровень интеграции управления технологической установкой с системой компьютерного зрения, обеспечивающей дополнительное привлечение видеоинформации от входных и выходных потоков агропродукции. Здесь в процесс управления установкой вовлекается информация о качестве агропродукции (засорённость, заражённость, объём, компонентный состав). Благодаря системе компьютерного зрения можно осуществлять выборочный или непрерывный видеомониторинг потока продукции, накапливая статистические данные, оценивая параметры входной и выходной продукции. Наиболее информативны данные о количественном составе (число штучных объектов, количество дефектной продукции, плотность и производительность потока); о морфологических признаках (форма, размеры, цвет); о динамике статистических параметров (партии, вида, сорта продукции); о соответствии нормам и категориям качества (ГОСТам, регламентам);

об изменениях параметров входной и выходной продукции.

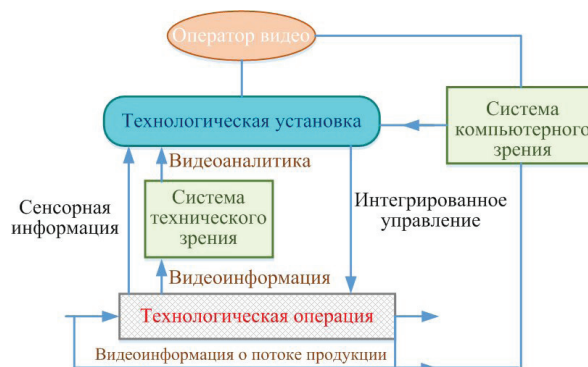


Рис. 2. Схема интеграции системы управления технологическим процессом с системой компьютерного зрения

Вариант 3. Интеграция системы управления технологическим процессом с системой внешнего видеонаблюдения. Система внешнего наблюдения (помещения, периметра ограждения, транспортной зоны, окружающей среды) получает дополнительную видеоинформацию и данные о тех событиях, которые могут быть важны для управления агро-технологическим процессом производства агро-продукции или в интересах охраны и безопасности (зоны доступа, ввоз и вывоз продукции, экологическая обстановка) (рис. 3).

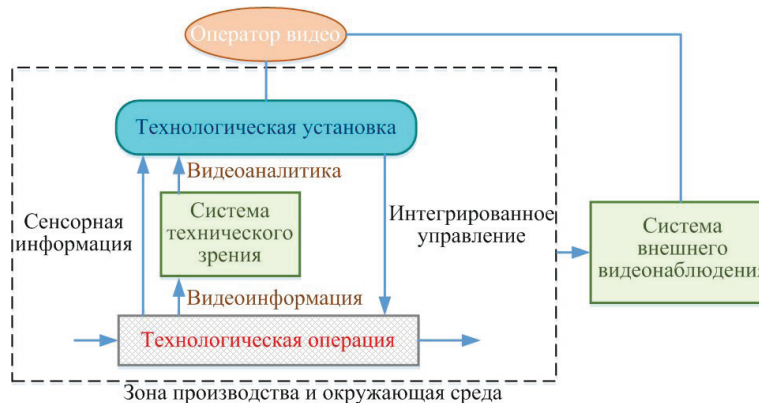


Рис. 3. Схема интеграции системы управления технологическим процессом с системой внешнего видеонаблюдения

Вариант 4. Интеграция системы внешнего видеонаблюдения, технического и компьютерного зрения с АСУ ТП. В этом случае пользователям АСУ ТП будет доступна технологическая и видеоинформация с результатами её обработки (распознавания, логистики, аналитики, семантики), использующей в сочетании данные внешнего наблюдения, компьютерного и технического зрения. Управление технологическим процессом осуществляется

по интегрированным в единую систему текущим состояниям и событиям, обнаруживаемым на уровнях аппаратуры управления АСУ ТП, работающей с системой наружного видеонаблюдения, технического и компьютерного зрения (рис. 4). Интегрированное видеонаблюдение позволит значительно расширить функциональные возможности АСУ ТП и АСУ П в различных приложениях, как в отрасли растениеводства, так и животноводства [9].

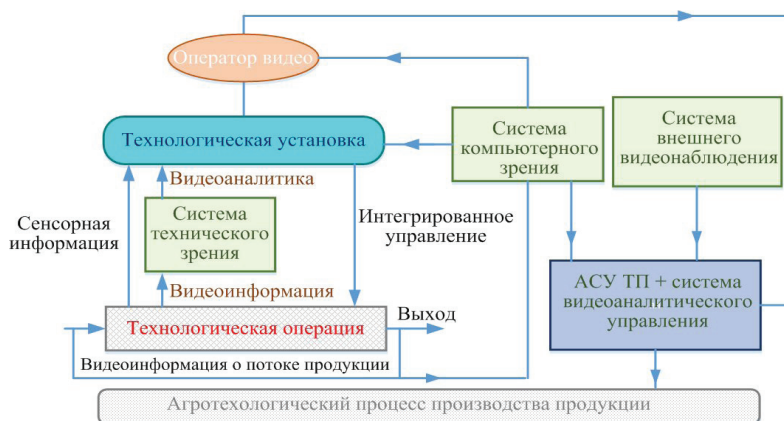


Рис. 4. Схема интеграции системы внешнего видеонаблюдения, технического и компьютерного зрения с АСУ ТП

Общие методологические рекомендации по проектированию АСУ ТП с видеоаналитической системой наблюдения:

1. Добиться от агротехнолога понимания, что именно и в какой момент требуется увидеть, какие агрообъекты (параметры их поведения и чрезвычайные события) выявлять, как на них реагировать и принимать команды.

2. Разработать технические решения, гарантирующие необходимый ракурс и качество изображения (например, с помощью программного обеспечения для проектирования систем видеонаблюдения IP Video System Design Tool и др.).

3. Определить способ обнаружения объекта, выявления места и момента события, в контексте которого требуется управленческая реакция (например, с помощью программного обеспечения по проектированию алгоритмов обработки и анализа изображений Adaptive Vision Studio и др.).

4. Определить характер требуемой реакции на внешнее или технологическое событие, в том числе систем видеонаблюдения и видеоподсистем интегрируемых установок:

- запуск, остановка, изменение какого-либо фрагмента технологического процесса;
- формирование и выдача сообщений;
- целевое наведение – механическое или электронное;
- видеокмутация – выбор и вывод на определённые экраны изображения или сцены из группы изображений;
- извлечение из архива и вывод эталонного или интересующего изображения;
- активация видеозаписи;
- изменение параметров видеоаналитики.

Включение видеоинформации в АСУ ТП позволит эффективнее использовать возможности обеих систем, получить более высокое качество управления, переходя к реализации стратегии точного растениеводства и животноводства.

Кроме того, открываются возможности развёртывания систем видеонаблюдения на удалённых

объектах с проводными или беспроводными каналами связи. Технологическая информация и видеоинформация будет поступать от удалённых объектов диспетчеру по единому каналу связи, а при отпаде или отсутствии канала связи удалённый объект может функционировать в автономном режиме с сохранением архивной видеоинформации [10-11].

Видеоцифровая система обеспечения безопасности агрообъектов и контроля агротехнологических процессов может использоваться для организации круглосуточного наблюдения в любых производственных зонах, независимо от их удалённости и количества камер видеонаблюдения. В такой системе можно выполнять накопление видеоархива и аудиоархива, вести протокол тревожных событий на наблюдаемом объекте. Кроме того, в системе может быть предусмотрено выполнение команд по расписанию и реакции на события по различным алгоритмам. Например, можно повернуть или приблизить камеру видеонаблюдения, если зафиксировано движение на объекте.

Выводы

1. Для дальнейшего совершенствования управления аграрным производством в растениеводстве и животноводстве необходимо привлечение информации об индивидуальных и совокупных особенностях воспроизводства агропродукции на технологических циклах.

2. При интеграции АСУ ТП с системами внешнего видеонаблюдения, технического и компьютерного зрения существует несколько вариантов расширения функциональных возможностей по принятию более точных и своевременных управленческих решений.

3. Для успешного проектирования АСУ ТП, интегрированной с системами внешнего видеонаблюдения, технического и компьютерного зрения, имеется достаточный ассортимент технических средств и программного обеспечения, аналогично используемого в других отраслях.

Библиографический список

1. Краусп В.Р. Комплексная автоматизация в промышленном животноводстве. М.: Машиностроение, 1980. 356 с.
2. Ерков А.А., Гатилов С.Б. Система технического зрения для охраны сельскохозяйственных угодий // Вестник ВИЭСХ. 2007. № 3. С. 57-65.
3. Абламейко С.В., Лагуновский Д.М. Обработка изображений: технология, методы, применение. Мн.: Амалфея, 2000. 303 с.
4. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. М.; СПб.; Киев, 2004. 926 с.
5. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. А.В. Сойфера. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 784 с.
6. Башилов А.М. Проект управления аграрным производством на основе систем видеомониторинга // Техника и оборудование для села. 2010. № 10. С. 46-48.
7. Башилов А.М., Легеза В.Н. Совместное использование глобального наведения, локального позиционирования и интеллектуального видеонаблюдения в аграрном производстве // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2014. № 2 (62). С. 23-26.
8. Башилов А.М., Легеза В.Н., Соловьева О.И. Решение проблемы контроля состояния здоровья животных и управления стадом в режиме реального времени с использованием технических средств компьютерного зрения // Материалы Международной научно-практической конференции. Княгинино: НГИЭИ, 2015. С. 115-118.
9. Башилов А.М. Агротехнологии на основе группового взаимодействия видеоуправляемых роботов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. № 3. С. 6-10.
10. Способ регулирования территориально распределённого многоотраслевого производства агропродукции: Пат. № 2444177 Рос. Федерация / Д.С. Стребков, А.М. Башилов, И.М. Кузнецов, И.И. Салимов, М.В. Макеев, С.А. Башилов / 2012. БИ. № 12.
11. Способ и устройство дистанционной фиксации момента появления сельскохозяйственных животных: Пат. № 2542109 Рос. Федерация / А.М. Башилов, В.А. Королев, В.Н. Легеза, С.А. Воротников, В.А. Польский / 2015. БИ № 5.

Статья поступила 14.07.2017

INTEGRATION OF VIDEO SURVEILLANCE IN FARM PRODUCTION CONTROL SYSTEM

ALEKSEI M. BASHILOV, DSc (Eng), Professor²

E-mail: bashilov@inbox.ru

VIKTOR N. LEGEZA, PhD (Ag), Associate Professor¹

E-mail: bashilov@inbox.ru

VLADIMIR A. KOROLEV, PhD (Eng)²

E-mail: vieshvk@yandex.ru

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

² Moscow Aviation Institute (National Research University), Volokolamskoe shosse 4, Moscow, A-80, GSP-3, Moscow, 125993, Russian Federation

The paper considers an innovative project of a unified system for automated control system of agro-technological processes (ACS TP) with the use of external video surveillance, technical and computer vision. The authors offer general methodological designing principles and variants of basic integration schemes and dwell on the main advantages of the project and performance indicators when modernizing the management of agro-technological processes in crop production. The concept of integration of a video analytics monitoring and control system provides for the implementation of four options: the integration of a process control system with a computer vision system, an external video surveillance system, and a computer vision system, as well as the integration of external video surveillance, technical and computer vision systems with automated process control systems. In this case, the system users will be able to access technological and video information and the results of its processing (recognition, logistics, analytics, and semantics) using combined data of external observation, computer and technical vision. Process control is carried out on the basis of the integration into a single system of current conditions and events detected by control equipment of an automated process control system connected to a system of outdoor video surveillance, technical and computer vision. Integrated video surveillance will significantly expand the functionality of the automated process control system relating to technological processes and the en-

terprise operation in various applications. To further improve ACS TP of agricultural production processes in crop and livestock production, it is necessary to obtain information about individual and aggregate features of the reproduction of agricultural products in various technological cycles. When integrating ACS TP with external video surveillance systems, technical and computer vision, there are several options for expanding the functionality to make more accurate and timely managerial decisions. To provide for a successful design of the automated process control system integrated with external video surveillance systems, technical and computer vision, there is a sufficient range of hardware and software employed similarly in other industries.

Key words: control system, video surveillance, computer (machine) vision, design methodology.

References

1. Krausp V.R. Kompleksnaya avtomatizatsiya v promyshlennom zhivotnovodstve [Integrated automation in industrial livestock]. Moscow, Mashinostroyeniye, 1980. 356 p. (in Rus.)
2. Yerkov A.A., Gatilov S.B. Sistema tekhnicheskogo zreniya dlya okhrany sel'skokhozyaystvennykh ugodiy [System of machine vision for the protection of agricultural land]. *Vestnik VIESKh*. 2007. No. 3. Pp. 57-65. (in Rus.)
3. Ablameyko S.V., Lagunovskiy D.M. Obrabotka izobrazheniy: tekhnologiya, metody, primeneniye [Image processing: technology, methods, application]. Mn., Amalfeya, 2000. 303 p. (in Rus.)
4. Forsythe D., Pons G. Komp'yuternoye zreniye. Sovremennyy podkhod [Computer vision. Modern approach]. Moscow, St. Petersburg, Kiyev, 2004. 926 p. (in Rus.)
5. Metody komp'yuternoy obrabotki izobrazheniy [Methods of computer image processing] / Ed.by A.V. Soifer. Moscow, FIZMATLIT, 2003. 784 p. (in Rus.)
6. Bashilov A.M. Proyekt upravleniya agrarnym proizvodstvom na osnove sistem videomonitoringa [Project of farm production management on the basis of video monitoring systems]. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. 2010. No. 10. Pp. 46-48. (in Rus.)
7. Bashilov A.M., Legeza V.N. Sovmestnoye ispol'zovaniye global'nogo navedeniya, lokal'nogo pozitsionirovaniya i intellektual'nogo videonablyudeniya v agrarnom proizvodstve [Shared use of global guidance, local positioning and intellectual video observation in agricultural production]. *Vestnik MGAU imeni V.P. Goryachkina*. 2014. No. 2 (62). Pp. 23-26. (in Rus.)
8. Bashilov A.M., Legeza V.N., Solov'yeva O.I. Resheniye problemy kontrolya sostoyaniya zdorov'ya zhivotnykh i upravleniya stadom v rezhime real'nogo vremeni s ispol'zovaniyem tekhnicheskikh sredstv komp'yuternogo zreniya [Solution to the problem of animal health monitoring and herd management in real time using computer vision tools]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Knyaginino: NGIEI, 2015. Pp. 115-118. (in Rus.)
9. Bashilov A.M. Agrotekhnologii na osnove grupovogo vzaimodeystviya videoupravlyayemykh robotov [Agrotechnologies on the basis of group interaction of video-controlled robots]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2016. No. 3. Pp. 6-10. (in Rus.)
10. Strebkov D.S., Bashilov A.M., Kuznetsov I.M., Salimov I.I., Makeyev M.V., Bashilov S.A. Sposob regulirovaniya territorial'no raspredelonnogo mnogootraslevogo proizvodstva agroproduksii [Mode of regulation of territorially distributed diversified farm production], Pat. No. 2444177 Ros. Federation, 2012. BI. No. 12. (in Rus.)
11. Bashilov A.M., Korolev V.A., Legeza V.N., Vorotnikov S.A., Pol'skiy V.A. Sposob i ustroystvo distantsionnoy fiksatsii momenta poyavleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Method and device for remote fixation of the moment of appearance of farm animals], Pat. No. 2542109 Ros. Federatsiya, 2015. BI No. 5. (in Rus.)

The paper was accepted on July 14, 2017