

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ЦИФРОВОЙ ВИДЕОКАМЕРОЙ

**М.М. Благовещенская, Я.В. Иванов**

*Кафедра автоматизации биотехнических систем, ГОУ ВПО «Московский  
государственный университет прикладной биотехнологии»;  
tmb@msaab.ru*

*Представлена членом редколлегии профессором С.В. Мищенко*

**Ключевые слова и фразы:** видеочамера; регулирование; система.

**Аннотация:** Показано, что такой интеллектуальный датчик, как видеочамера, может быть использован в системах автоматического регулирования технологическими процессами. Функциональная схема системы автоматического регулирования с видеочамерой может дать информацию о временных задержках в системе обратной связи.

---

Цифровая видеочамера с соответствующим микропроцессором становится интеллектуальным датчиком системы управления. Стоимость и характеристики современных систем технического зрения таковы, что обеспечение автоматизированного контроля становится вполне реальной задачей. Благодаря различению цветов, высокому быстродействию и возможности подключения к каналам Ethernet недорогие видеодатчики становятся все более привлекательными, расширяется область их применения.

Цифровые видеочамеры могут подвергаться воздействию производственной среды. Когда бесконтактные сенсоры эксплуатируются в неблагоприятных условиях (например, в составе систем управления транспортировочными линиями и плиточными конвейерами), производитель датчиков в данном случае практически бессилён и мало что может сделать для решения возникающих проблем. Однако меры по устранению влияния пыли и масляного тумана на цифровые видеочамеры уже разрабатываются.

Интеллектуальный датчик способен самостоятельно подстраиваться под условия эксплуатации и непрерывно регулировать свою чувствительность в целях достижения максимальной эффективности. «Своим интеллектом датчики обязаны микропроцессорным технологиям. Микропроцессор – это мозг датчика, позволяющий устройству «изучать» условия, в которых оно работает. Являясь самообучающейся микропроцессорной системой, такой датчик способен обрабатывать большие объёмы информации с высокой скоростью. Именно благодаря микропроцессорам сегодня у пользователя есть весьма удобные в установке, настройке и применении датчики» [1]. Микропроцессор способен непрерывно контролировать освещённость, сравнивая её с эталонным значением. По достижении освещённостью некоторой пороговой величины микропроцессор сигнализирует обслуживающему персоналу о необходимости чистки объективов.

Для устранения недостатков систем машинного зрения разработчики прилагают все усилия. Видеочамеры становятся меньше и «умнее», стандартизация коммуникационных средств позволяет решать проблемы связи, а достижения в

программной области существенно упрощают процессы настройки и конфигурирования систем компьютерного зрения. В результате системы цифровой видеозаписи и компьютерного зрения становятся в наши дни общедоступными.

Обобщенная функциональная схема системы автоматизированного управления стадией технологического процесса пищевого производства с использованием цифровой видеокамеры в контуре управления изображена на рис. 1.

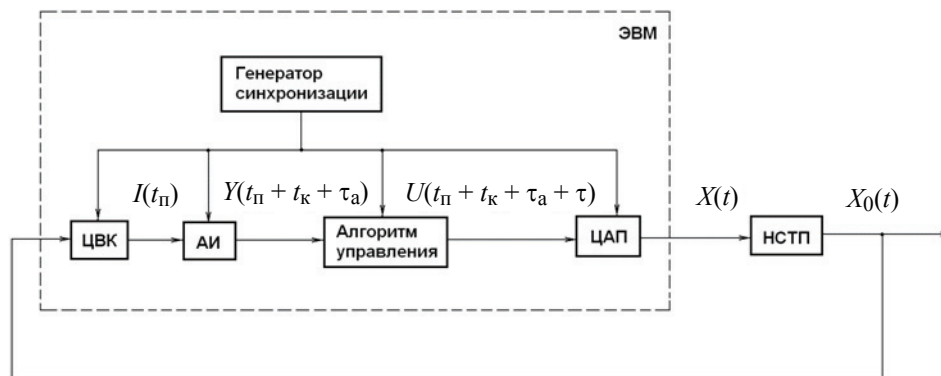
Наблюдаемая непрерывная стадия технологического процесса (НСТП) имеет комплекс визуальных характеристик  $Y(t)$  (изменение во времени геометрических размеров, формы, текстуры или цвета поверхности пищевого полуфабриката, обрабатываемого на управляемой стадии технологического процесса). Информация об этих характеристиках снимается цифровой видеокамерой (ЦВК) в момент времени  $t_{\text{п}}$  и передается в анализатор изображения.

В качестве чувствительного элемента в этой схеме выступает ЦВК, воспринимающая изображение и представляющая собой матрицу из приборов с зарядовой связью. В зависимости от используемого режима работы затвора, управляющего временем накопления заряда под действием падающего света, частота обновления изображения может быть от 30 Гц до 100 кГц, то есть время дискретизации изображения  $t_{\text{к}}$  не менее 10 мкс.

Самая сложная задача – анализ поступающих от ЦВК изображений. В зависимости от задач управления и отслеживаемых визуальных характеристик будет изменяться сложность программного обеспечения работы анализатора изображения (АИ) и длительность  $\tau_{\text{а}}$  расчета уровня изменения визуальных параметров  $Y(t_{\text{п}} + t_{\text{к}} + \tau_{\text{а}})$ . Например, самая простая задача – отслеживать изменение одной геометрической характеристики, сравнивая поступающее изображение с эталонным изображением. Более сложная задача – отслеживать динамику изменения текстуры поверхности перерабатываемой пищевой массы, например при замесе хлебопекарного теста.

На основании получаемого значения изменения визуальных параметров  $Y(t_{\text{п}} + t_{\text{к}} + \tau_{\text{а}})$  в соответствии с алгоритмом сравнения полученного цифрового изображения с эталоном вырабатывается управляющая цифровая последовательность  $U(t_{\text{п}} + t_{\text{к}} + \tau_{\text{а}} + \tau)$ , которая преобразуется цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП) в аналоговое входное воздействие  $U(t)$  на управляемую стадию технологического процесса.

Все процессы, начиная от получения изображения и заканчивая выдачей управляющего входного воздействия  $X(t)$ , для снижения интервала дискретизации  $T_{\text{п}} = t_{\text{п}+1} - t_{\text{п}}$  целесообразно объединить в рамках одной ЭВМ.



**Рис. 1. Функциональная схема системы автоматизированного управления с использованием цифровой видеокамеры в контуре управления**

Функциональная схема позволяет выделить ряд особенностей системы управления стадией технологического процесса с ЦВК. Во-первых, информация о поведении объекта поступает на ЭВМ лишь в дискретные моменты времени. Поэтому между моментами дискретизации система управления является разомкнутой. Замыкание обратной связью происходит лишь в моменты времени  $t_n$ . Во-вторых, для системы, содержащей ЦВК в составе ЭВМ, характерна последовательность выполнения операций обработки и передачи информации, и, как следствие, в рассматриваемой системе управления существуют временные запаздывания  $t_k$ ,  $\tau_b$  и  $\tau$ . Время запаздывания ( $t_k + \tau_a$ ) возникает в связи с проведением операции по анализу изображения. Эта операция осложняется тем, что анализировать приходится не линейный сигнал, а как минимум двумерную матрицу изображения, получаемого посредством ЦВК. В свою очередь, время запаздывания  $\tau$  тратится на формирование блока алгоритма управления управляющей последовательности для последующей передачи на блок ЦАП.

Использование ЭВМ позволяет легко комбинировать различные алгоритмы обработки визуальной информации и управления без изменения аппаратной части и при этом производить диагностику функционирования объекта управления. Учитывая скорость протекания технологических процессов в пищевом производстве и сравнивая с этой скоростью быстродействие современных процессоров, можно предположить, что при большом объеме оперативной памяти и, особенно, при использовании параллельных вычислений на двухъядерных процессорах система управления с цифровой видеокамерой может функционировать в реальном масштабе времени. Это означает, что современная компьютерная техника способна создать такую временную задержку, вызванную необходимостью обработки видеoinформации, которая будет пренебрежимо мала по сравнению с дискретизацией, вызванной режимом работы затвора цифровой видеокамеры. Но достичь этого можно за счет использования более дорогих компьютерных комплектующих или за счет использования более простых алгоритмов обработки видеoinформации. Именно с этой целью были предложены математические основы таких более простых алгоритмов, позволяющих переходить в случае сканирования неподвижной цифровой видеокамерой от анализа поведения объекта наблюдения к сравнительному анализу матриц текущего и эталонного изображений.

Анализ существующих систем управления показывает, что автоматизированные системы управления технологическими процессами пищевых производств, в которых используются цифровые видеокамеры, можно отнести к классу дискретных систем управления с ЭВМ [2], теоретические основы которых уже используются в проектировании систем управления технологическими процессами. В рамках этих теоретических основ рассматриваются импульсные переходные и передаточные функции, частотные характеристики и критерии устойчивости импульсных и дискретных систем автоматического управления с ЭВМ, которые позволяют учесть при расчете реальной системы управления технологическим процессом влияние цифровой видеокамеры на характеристики этой системы управления.

*В статье использованы материалы исследований, полученные при проведении НИР в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.*

#### *Список литературы*

1. Минтчелл, Гэри А. Пришла пора интеллектуальных датчиков [Электронный ресурс] / Гэри А. Минтчелл // Средства и системы компьютерной автоматизации : Интернет-портал. – Режим доступа : <http://www.asutr.ru/?p=600428>. – Загл. с экрана.
2. Даваев, Е.В. Интеллектуальная система видеонаблюдения ВидеоIQ7 / Е.В. Даваев // Грани безопасности. – 2006. – № 6 (42). – С. 76–80.

## Automatic Control System with Digital Camcorder

M.M. Blagoveshchenskaya, Ya.V. Ivanov

*Department of Bioengineering Systems Automation,  
Moscow State University of Applied Bioengineering;  
mmb@msaab.ru*

**Key words and phrases:** camcorder; control; system.

**Abstract:** The camcorder as an intelligent sensor can be used in automatic control systems for production processes. The functional scheme of automatic control system with camcorder can give information about time delays in reverse link system.

---

### System der automatischen Regelung mit dem Digitalvideokammer

**Zusammenfassung:** Solcher intellektuellen Sensor wie Videokammer kann in den Systemen der automatischen Regelung von den technologischen Prozessen benutzt werden. Das Funktionalschema des Systems der automatischen Regelung mit dem Videokammer kann die Information über zeitlichen Verzögerungen im System der Rückführung geben.

---

### Système du réglage automatique avec une caméra vidéo digitale

**Résumé:** Un tel élément senseur intellectuel comme une une caméra vidéo peut être utilisé dans les systèmes du réglage automatique des processus technologiques. Le schéma fonctionnel du système du réglage automatique avec une caméra vidéo peut donner de l'information sur les retards temporels dans le système de l'action de retour.

---

**Авторы:** *Благовещенская Маргарита Михайловна* – доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации биотехнических систем; *Иванов Яков Викторович* – кандидат технических наук, ассистент кафедры автоматизации биотехнических систем, ГОУ ВПО «Московский государственный университет прикладной биотехнологии».

**Рецензент:** *Карпов Валерий Иванович* – доктор технических наук, профессор, ГОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств».

---