

Оптимизация управления запасами зерна и семян масличных на зерновых, зерноперерабатывающих, пищевых и химических предприятиях путем автоматизации процесса призвана повысить экономическую эффективность функционирования этих предприятий за счет, в первую очередь, повышения эффективности принимаемых решений различного уровня (стратегического и тактического), уменьшения вероятности ошибки оператора в процессе принятия решений, уменьшения риска штрафных санкций из-за несовершенства системы управления запасами зерна, увеличения оборачиваемости предприятий и сокращения издержек производства (например, энергозатрат), связанных с несовершенством управления запасами зерна и семян масличных.

Литература

1. Савенко І.І. Перспективні напрями інноваційної діяльності зернозберігаючих підприємств (Теоретико-правовий та методологічний аспекти) / Одеськ. нац. акад. харч. технологій. – Одеса: Поліграф, 2009. – 200 с.
2. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Машков Б.М., Хазина З.И. Справочник по качеству зерна и продуктов его переработки. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 335 с.

УДК 621.397.42:005.584:681.51-933.6

МЕТОДЫ ВИДЕОКОНТРОЛЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Егоров В.Б., канд. техн. наук, ассистент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В статье предложен и описан альтернативный способ получения информации о ходе протекания технологического процесса – видеоканал. Определяемые с помощью описанного видеоканала переменные косвенно характеризуют качество готового продукта ЭБП. Хотя описанные характеристики являются лишь косвенными показателями, их применение существенно расширяет возможности эффективного управления процессом, что, безусловно, важно в условиях неопределенностей характеристик исходного сырья и текущего состояния оборудования. Преимущество их применения – оперативность получения таких данных с помощью функционирования видеоканала. Оперативно полученные данные могут быть использованы как аргумент в системах автоматического управления.

In article the alternative way of obtaining information on a course of course of technological process – the video channel is offered and described. Variables defined by the described video channel indirectly characterize quality of a ready-made product of EBP. Though the described characteristics are only indirect indicators, their application is expanded significantly by possibilities of effective management with process that certainly it is important in the conditions of ambiguity of characteristics of initial raw materials and current state of the equipment. Advantage of their application – efficiency of obtaining such data with the help of functioning of the video channel. Quickly obtained data can be used as argument in systems of automatic control.

Ключевые слова: технологический процесс, качество, видеоконтроль, автоматическое управление.

Датчики, как источники первичной информации давно используются при построении систем автоматического управления (САУ). В таких системах датчик предназначен для преобразования контролируемого или регулируемого критерия (параметра регулируемого объекта) в выходной сигнал, удобный для дальнейшего анализа информации. Согласно общепринятой классификации датчиков, видеокамеры можно отнести к оптическим датчикам со сложным критерием – видеопоток. По характеру использованной видеoinформации системы контроля можно разделить на следующие типы:

Системы Видео Наблюдения (СВН) – (широкую классификацию подобных систем и используемых при этом технических средств привел А.Е. Пескин в учебном пособии «Обслуживание и ремонт систем видеонаблюдения»). Подобные системы широко используются для охраны периметров, объектов, офисов, гостиниц и для наблюдения за производственными процессами. Требуют постоянного присутствия оператора);

Системы Видео Наблюдения с высоким уровнем интеллекта – выполняют функции автоматической оценки обстановки. Выступают в роли технического средства обнаружения перемещений в зоне

наблюдения, распознавания объектов, динамического слежения за нарушителем. Применяют также функции локализации лиц людей или Государственных номеров автомобилей;

Системы видеоконтроля качества – системы различного уровня сложности, основной задачей которых является гарантированное соблюдение качества выпускаемой продукции на заданном оператором уровне. Далее будут рассмотрены именно эти системы.

Следует выделить две категории подобных систем: системы видеоконтроля качества печати, в т.ч. для рулонных машин и системы видеоконтроля качества производимой продукции. Системы видеоконтроля качества печати предлагают целый ряд компаний: BST International, Nuova L&C GRAPH, Atlas Flex и др. Об эффективности подобных систем видеоконтроля свидетельствуют результаты опроса, проведенного компанией BST International (США) среди своих клиентов, в ходе которого выяснилось следующее:

— в 65 % случаев установка системы видеоконтроля позволила увеличить скорость печати (в среднем на 20 %);

— в 90 % случаев установка системы видеоконтроля способствовала снижению отходов запечатываемого материала (в 26 % случаев экономия составила более 10 %);

— в 95 % случаев система видеоконтроля позволила увеличить качество печати, причем в половине из них отмечено значительное улучшение качества;

— в 53 % случаев отмечено уменьшение времени настройки машины.

Кроме визуального контроля качества отпечатков, современные видеосистемы предоставляют такие возможности, как: автоматическая идентификация дефектов печати (в том числе микродефектов); контроль воспроизведения цвета; контроль качества сплошного лакирования (идентификация участков, на которых отсутствует лак); верификация штриховых кодов разных стандартов; быстрая настройка привошки; контроль совмещения фронтальной и оборотной стороны при двусторонней печати; возможность сохранения важной информации в файлы.

Поскольку анализ изображения производит не оператор, а машина, высокая разрешающая способность важнее, чем цветовые характеристики. В соответствующих системах инспекции чаще используются черно-белые, а не цветные камеры. Оператор задает пороговое отклонение от эталона в соответствии с заданным уровнем качества, чтобы система сообщала или о каждой помарке диаметром в десятые доли миллиметра или только о больших пятнах грязи и больших провалах плотности краски. Возможен автоматический контроль читаемости штрих-кода на каждой этикетке. При обнаружении брака машина останавливает полотно так, что дефектный участок оказывается перед оператором на монтажном столе. Далее можно вырезать бракованный фрагмент, склеить полотно и продолжить контроль. В технологических процессах (ТП) с более высокой степенью автоматизации (от печати до использования этикеток) находят применение системы инспекции, которые не останавливают полотно при выявлении брака, а наносят на дефектное изделие специальную метку. Метка считывается следующим устройством, например, линией наклейки этикеток, и бракованная этикетка пропускается.

Как видно из представленных данных, использование систем видеоконтроля позволяет поднять качество продукции и эффективность производства.

Системы видеоконтроля качества производимой продукции представлены меньше. Так, например, на протяжении длительного периода компания НРТ использует для контроля фармацевтической упаковочной тары видео систему «SpotWatcher» фирмы INTRAVIS, Аахен. «SpotWatcher» – автоматическая видеосистема (как декларирует компания – разработчик) предназначена для 100 %-го контроля качества при производстве различных пластиковых флаконов. Оснащенная камерами высокого разрешения, количество которых может достигать двенадцати штук, система «SpotWatcher» проверяет практически все визуально фиксируемые аспекты флакона, определяющие качество изделия. Основными критериями контроля являются:

— загрязнение (пятна, точки, прожоги, полосы, включение материала);

— проверка резьбы (загрязнение, размер, проверка плеч);

— контроль горловины (диаметр, овальность и забоины);

— контроль цвета;

— наплыв;

— контроль контура (впадины, облой и/или складки на ручке).

Использование этой контрольной техники гарантирует высокую степень безопасности изделий и исключает ошибки, которые, несмотря на всю тщательность проверки, могут быть допущены при визуальном контроле персоналом.

Компанией «СолвиПак» была внедрена система автоматизированного контроля качества производимой этикетки «FleyeVision printInspection» (рис. 1). В процессе производства этикетки система видеокон-

троля считывает напечатанное изображение и сравнивает с файлом оригинал макета. В случае любых отклонений от оригинала макета система остановит линию и сообщит об ошибке.



Рис. 1 – Система автоматизированного контроля качества производимой этикетки «FleyeVision printInspection»

В свою очередь компания SACMI (Италия) поставляет комплексные линии по производству кронен-пробок, в состав которой входит интерфейс пульта управления с системой контроля качества производимых пробок. Интерфейс пользователя поставляется в комплекте с сенсорным экраном последнего поколения, с помощью которого оператор может задавать команды как для самой прокладочной машины PMC500, так и для встроенной системы контроля качества CVS (рис. 2). Контроль качества производимой кронен-пробки непрерывно производит видео-инспекция последнего поколения типа CVS3000, которая встроена непосредственно в прокладочную машину. Видеоинспекция ведет свою работу по следующему принципу: одна телекамера проверяет внутреннюю часть кронен-пробки, а другая – внешнюю сторону и качество литографии.



Рис. 1 – Система контроля качества CVS

Подобные системы являются системами с высоким уровнем определенности параметров объекта управления. Диаметрально противоположная, в технологическом смысле, ситуация в пищевой промышленности, в частности при экструдировании биополимеров. Характеристики экструдированного сырья, даже в рамках одной рецептуры, всегда отличаются друг от друга, что означает воздействие на процесс экструдирования дополнительных возмущений по сырью. Подобные возмущения приводят к изменениям значений режимных переменных, их оптимальных значений, границ диапазонов их предельно-допустимого изменения, а также динамических свойств каналов их регулирования в САУ. Исходя из вышеизложенного, авторы многих САУ предлагают функцию обеспечения качества экструдата путем декларации требования нахождения показателей качества экструдата в поле допусков, границы которого

задаются предельно-допустимыми значениями этих показателей. Но, поскольку средств прямого автоматического измерения этих показателей не существует, то по умолчанию предполагается, что анализ качества ведется в лаборатории, как это и реализуется на практике, а по результатам этого анализа корректируются заданные значения режимных переменных. Реализация этой функции в существующих условиях малоэффективна, т.к. в соответствующем контуре управления из-за проведения необходимых лабораторных анализов возникает большое запаздывание. Используемые во многих САУ датчики температуры также в известной степени инертны и к тому же информируют не о температуре сырья в ходе ТП, а о температуре кожуха шнека или других конструкционных деталей в зависимости от выбранного объекта.

В [1] были разработаны концептуальная модель процесса экструдирования биополимеров (ЭБП) как объекта управления (ОУ) и функциональная структура соответствующей САУ. Они предусматривают использование для управления процессом таких параметров экструдата как его диаметр D_3 , цветность C_3 , неоднородность поверхности продукта α_3 [2]. Важным фактором при выборе параметров, среди прочих, было то обстоятельство, что источником информации может стать изображение продукта на выходе из экструзионной головки, получаемое на основе цифровой видеокамеры. Целенаправленная кадровая обработка изображения в контроллере позволит относительно легко получать текущую информацию об этих параметрах экструдата. Такие параметры экструдата как диаметр D_3 , цветность C_3 и неоднородность поверхности экструдата α_3 в значительной степени характеризуют качество ведения процесса ЭБП и могут быть получены с минимальным запаздыванием. Таким образом, указанные параметры можно рассматривать как косвенные показатели качества экструдата. По косвенному показателю качества D_3 – диаметру готового продукта, и по неоднородности его поверхности (пористости) α_3 можно судить о степени декстринизации крахмала. Желательными значениями этих показателей являются $D_3 = 10...15$ мм, а α_3 должна соответствовать эквиваленту объемной массы продукта в 300...320 г/л. С увеличением давления и температуры при экструзионной обработке усвояемость конечного продукта первоначально увеличивается, потом стабилизируется (появляется зона насыщения). По показателю C_3 – цветности готового продукта можно судить о степени его меланизации (процесс, при котором в структуре готового продукта образуются ковалентные связи, приводящие к потемнению экструдата). Данный процесс является нежелательным, т.к. усвояемость готового продукта при этом значительно уменьшается. Кроме того, меланизация свидетельствует о чрезмерной денатурации белка, что в свою очередь, также является фактором, ухудшающим свойства готового продукта. При повышении температуры ЭБП усвояемость белка в готовом продукте сначала возрастает, достигает максимального значения, после чего наблюдается резкий спад усвояемости.

Из изложенного следует, что в том случае, если значения переменных D_3 , C_3 , α_3 (или некоторых из них) могут быть получены в реальном времени, как его решетчатые функции, а запаздывание в канале обработки видеоинформации будет достаточно малым, то эти переменные могут быть использованы в САУ процесса ЭБП как регулируемые или ограничительные.

В ходе экспериментов канал видеоинформации был реализован на основе цифровой, простейшей в своем классе, видеокамеры «Genius VideoCAM EYE 320». Программное обеспечение было реализовано в программной среде Delphi 7 на языке объектно ориентированного программирования Object Pascal. Для обработки кадров видеоизображения были разработаны необходимые алгоритмы, и написана реализующая их программа с возможностью задавать требуемую дискретность видеофиксации кадров по времени. Для реализации функции видеозахвата использовался типовый модуль TVideoGrabber v. 7.2.4. Delphi 11 VCL. Затраты системного времени на автоматическую обработку одного кадра не превышали 0,7 с, причем данное значение в плотную зависит от мощности используемого аппаратного обеспечения. Далее приведен внешний вид рабочего окна программы с загруженным в нее видеокадром экструдата (рис. 3). На следующих иллюстрациях приведены результаты, иллюстрирующие работу программы по определению диаметра и неоднородности поверхности экструдата в относительных величинах (рис. 4, 5).

Испытания канала видеоконтроля подтвердили его работоспособность. Продолжение работ, которое связано с калибровкой канала и его технической проработкой, требует проведения большого объема биохимических исследований. Для формализации условий проведения соответствующих исследований следует указать следующее, так, в научной публикации [3] приведены результаты исследований влияния влажности и высоты фильеры на процесс экструдирования комбикормов, при которых проводилось экструдирование кормосмеси, состоящей из 40 % пшеницы, 40 % ячменя и 20 % отрубей. Перед экструдированием кормосмесь отволаживали в течение 12 часов. Эксперимент проводили при трех угловых скоростях вращения шнека – 10, 15 и 23 рад/с. Согласно полученным результатам исследований при неизменной высоте фильеры и скорости вращения рабочего органа наилучшей с точки зрения получения качественного комбикорма при низких энергозатратах является влажность $W = 15$ %. Согласно проведенным исследованиям [4] диффузии влаги при экструзионной переработке увлажненного зерна, изменение кон-

центрації вологи по довжині каналу не перевищує 3 %, що незначительно впливає на робочі режими екструдера, але оказує помітне вплив на якість кінцевого продукту з точки зору його харчової цінності [5].

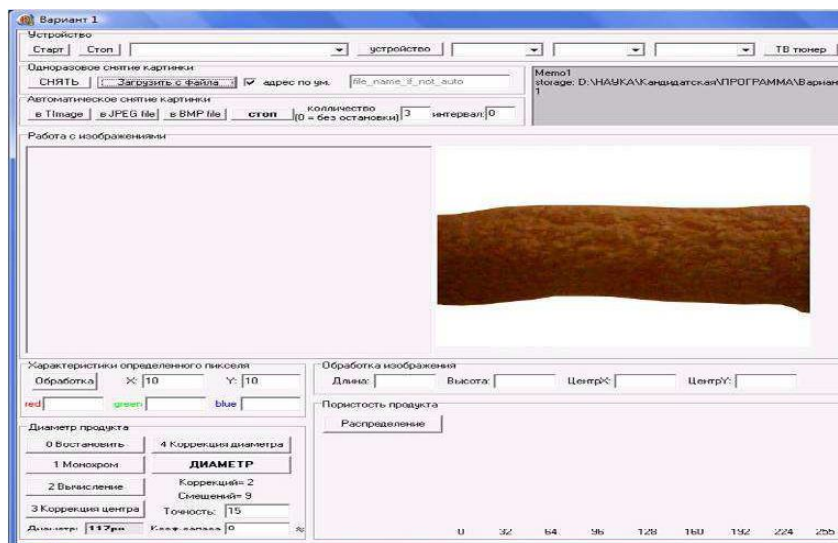


Рис. 3 – Ілюстрація процедури визначення діаметра екструдата

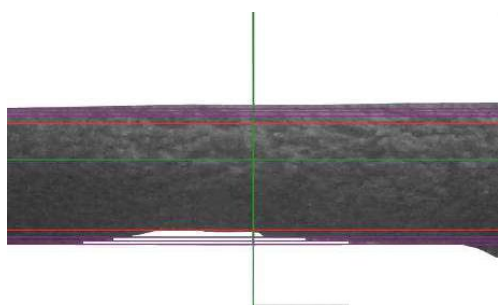


Рис. 4 – Ілюстрація процедури визначення діаметра екструдата

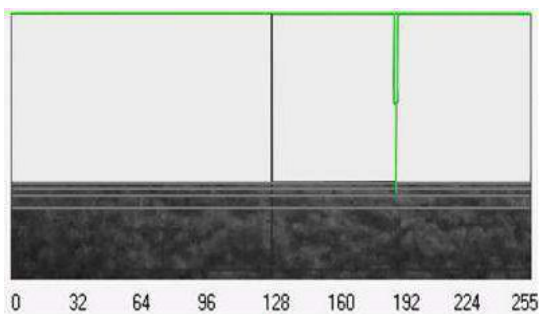


Рис. 5 – Ілюстрація процедури визначення неоднорідності поверхні екструдата

Визначаються з допомогою описаного відеоканала змінні, хоча тільки косвенно характеризують якість готового продукту ЕБП, але вони суттєво розширюють можливості більш ефективного управління цим процесом, що особливо важливо в умовах неопределенностей характеристик вихідного сировини та поточного стану обладнання.

Література

1. Егоров В. Б. Повышение эффективности систем автоматического управления процессом экструдирования биополимеров : 05.13.07 – дис. ... канд. техн. наук / Егоров Виктор Богданович. – Одесса, 2013. – 249 с.
2. Хобин В. А. Интеллектуальный канал видеoinформации для систем управления процессом экструдирования растительного сырья / В. А. Хобин, В. Б. Егоров // XVI Международ. конф. по автомат. упр-нию «Автоматика-2009». Тез. док. – Черновцы: Книги – XXI. – 2009. – С. 225–226.
3. Коротков В. Г. Влияние влажности и высоты фильеры на процесс экструдирования комбикормов / В. Г. Коротков, В. Ю. Полищук, Д. А. Мусиенко // Вестник ОГУ. – 2000. – № 2. – С. 117–119.
4. Скульский О. И. Диффузия влаги при экструзионной переработке увлажненного зерна / О. И. Скульский, Е. В. Славнов // Вычислительная механика сплошных сред. – 2008. – № 2. – С. 74–80.
5. Славнов Е. В. Получение концентрированных кормовых добавок экструзионной обработкой зерна озимой ржи с оценкой пищевой ценности / Е. В. Славнов, В. П. Коробов, Л. М. Лемкина // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 2. – С. 80–83.