

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА И ДОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ЦИКЛОНА-ПЫЛЕОТДЕЛИТЕЛЯ

### Выводы

Разработанная система автоматического управления позволяет обеспечить легкое и быстрое управление процессами очистки воздуха и дозирования с помощью циклона-пылеотделителя. В дальнейшем, для более качественного контроля за процессом пылеотделения необходимо установить датчики скорости и давления, подключенные к существующему промышленному микроконтроллеру SMH2010C, который должен в автоматическом режиме обрабатывать поступающую на него информацию и в режиме реального времени корректировать работу циклона-пылеотделителя.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Видинеев, Ю.Д. Автоматическое непрерывное дозирование сыпучих материалов [Текст] / Ю.Д. Видинеев. – М: Энергия, 1974. – 120 с.: ил.
2. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования [Текст] / И. В. Петров ; под ред. В. П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.
3. Программное обеспечение SMLogix [Электронный ресурс] / Segnetics|SMLogix - Режим доступа: <http://segnetics.com/smlogix>, свободный. - Загл. с экрана. – яз. русс.
4. Панельный контроллер SMH 2010C [Электронный ресурс] / Segnetics – разработчик и производитель контроллеров для автоматизации - Режим доступа: <http://segnetics.com/main.aspx?Page=229>, свободный. - Загл. с экрана. – яз. русс.
5. Приборы и средства промышленной автоматизации [Электронный ресурс] / Delta Electronics в России - Режим доступа: <http://www.delta-vfd.ru>, свободный. - Загл. с экрана. – яз. русс.

*Студент Т.А. Ермошин, e-mail: 777gamet@gmail.com; к.т.н., доцент А.П. Борисов - Алтайский государственный технический университет, кафедра вычислительных систем и информационной безопасности, e-mail: borralp@mail.ru.*

УДК 681.5

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА ПОСРЕДСТВОМ МАЯТНИКОВОГО ДЕФОРМАТОРА

А.П. Борисов, Т.А. Перминов

В статье рассматривается способ автоматического управления процессом измельчения, а именно процесс поднятия маятниковой поверхности. Описана практическая реализация программно-аппаратного комплекса, при котором производится процесс сбора данных, необходимый для точного определения угла отклонения маятниковой поверхности, расчета основных кинематических параметров.

**Ключевые слова:** маятниковый деформатор, автоматизация, измельчение, автоматическая система контроля, микроконтроллер.

### Актуальность

В современном производстве очень важное место занимают инновационные технологии, позволяющие сократить производственные затраты и вместе с тем повысить производительность, а также качество выпускаемой продукции.

Установка «Лабораторный маятниковый деформатор» [1] (рисунок 1) - инновационная технология в области переработки зерна. Она предназначена для деформации зерна на стадии его подготовки к размолу. Деформатор разворачивает зерно по самому слабому месту - бороздке. После вымола дробленного таким образом зерна на вальцовых станках выход муки высшего

качества повышается на 3,5...5% по отношению к традиционным способам помола. Энергозатраты на помол в целом снижаются на 5...10%.

**Предлагаемое решение.** На текущий момент установка полностью механическая. Для автоматизации управления деформатором была реализована связка «механика – электроника – микроконтроллер – программа для ПК».

**Механическая часть** [2] маятникового деформатора состоит из трех основных частей: каретки, захватывающего устройства и направляющей (рисунок 2а,б,в). Последняя (рисунок 2а) крепится к нижней опоре деформатора и имеет форму изогнутой

## РАЗДЕЛ 4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

трубки с продольным разрезом. По направляющей ходит каретка (рисунок 2б) с прикрепленным на ней захватывающим устройством, которое имеет форму палочки (рисунок 2в) и удерживает маятник силой двух пружин.

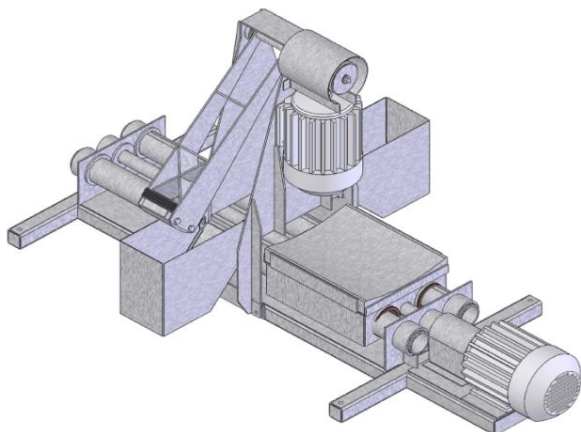
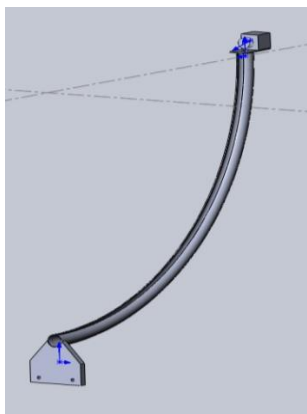


Рисунок 1 – Конструкция маятникового деформатора

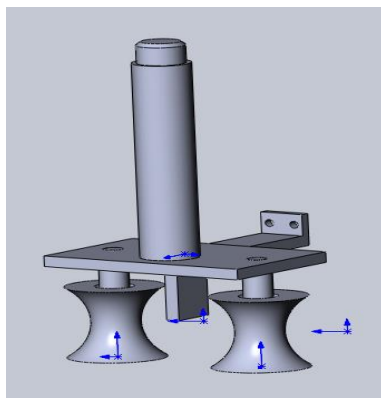
Предложенная система удовлетворяет всем предъявляемым требованиям:

- стоимость необходимых элементов мала, основная сумма уйдет на приобретение шагового двигателя;
- возможность поднять маятник с нейтрального положения, что очень важно, это сделает систему полностью автоматической;
- невысокое энергопотребление – на удержание маятника в верхнем положении не требуется никаких затрат электроэнергии;
- безопасность для оператора деформатора;
- надежность – деталей не много, они не представляют собой сложных или высокоточных механизмов.

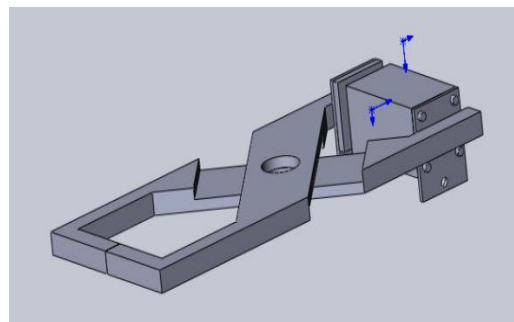
К тому же реализация этого способа не повлечет каких-либо серьезных изменений всей конструкции, поэтому он выбран наиболее совершенным из всех предложенных ранее.



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Механическая часть системы управления

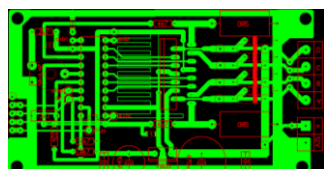
Электромеханическая часть состоит из шагового электродвигателя [3] и толкающего соленоида. Шаговый двигатель с помощью прикрепленного на вал троса управляет кареткой и, соответственно, углом наклона маятника. Толкающий соленоид в нужный момент размыкает захватывающее устройство для спуска маятника.

Электрическая часть состоит из микроконтроллера семейства AVR и нескольких драйверов (для управления двигателем, соленоидом).

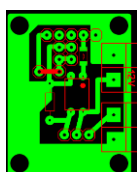
В качестве драйвера шагового двигателя была взята связка микросхем «L298N+L297» (рисунок 3а). L297 – непосредственно сама микросхема управления шаговым двигателем, которая позволяет вращать вал двигателя как по, так и против часовой стрелки, задавать скорость вращения, выбрать режим (шаг/полушаг). Имеется возможность синхронизации нескольких таких микросхем. L298N – мостовой драйвер двигателей. Обеспечивает максимальную нагрузку до 4А.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА И ДОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ЦИКЛОНА-ПЫЛЕОТДЕЛИТЕЛЯ

В качестве драйвера соленоида была взята связка «биполярный транзистор BDW93C + оптопара PC817» (рисунок 3б). Такое решение позволяет физически развязать цепь управления от силовой цепи, не подвергая основной контроллер опасности выйти из строя из-за больших токов.



а)



б)

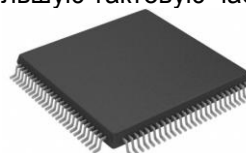
Рисунок 3 – Печатная плата драйвера шагового двигателя и драйвера соленоида

### Автоматизация процесса.

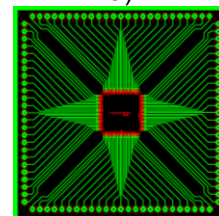
В качестве основного контроллера был выбран микроконтроллер T32UC3A1512AU семейства AVR (рисунки 4а,б). Для решения поставленной задачи он подходит идеально: имеется аппаратный USB 2.0, 8-канальный АЦП, 512 кбайт Flash-памяти, рабочая частота до 66 МГц, 69 портов ввода-вывода.

Такое большое количество портов необходимо для дальнейшего развития автоматизированной системы управления деформатором, так как добавятся несколько драйверов и других устройств, которые

также будут управляться контроллером, требующих большую тактовую частоту.



а)



б)

Рисунок 4 – Общий вид микроконтроллера AT32UC3A1512AU и печатная плата

Электронную часть было решено разделить на несколько блоков (рисунок 5): основная (управляющая) микросхема и драйверы устройств будут реализованы в виде разных плат, соединенных шлейфами.

Такой способ построения электронной части дает ряд преимуществ:

- простота реализации и сборки – при проектировании системы на одной плате ее пришлось бы делать многослойной, в данном же случае получится набор простых однослойных плат, соединенных шлейфами;

- отсутствие сложностей при дальнейшем совершенствовании системы – достаточно лишь подключить новые устройства к управляющей плате;

- простота в определении и устранении неисправностей – при выходе из строя одной из плат достаточно заменить лишь ее.

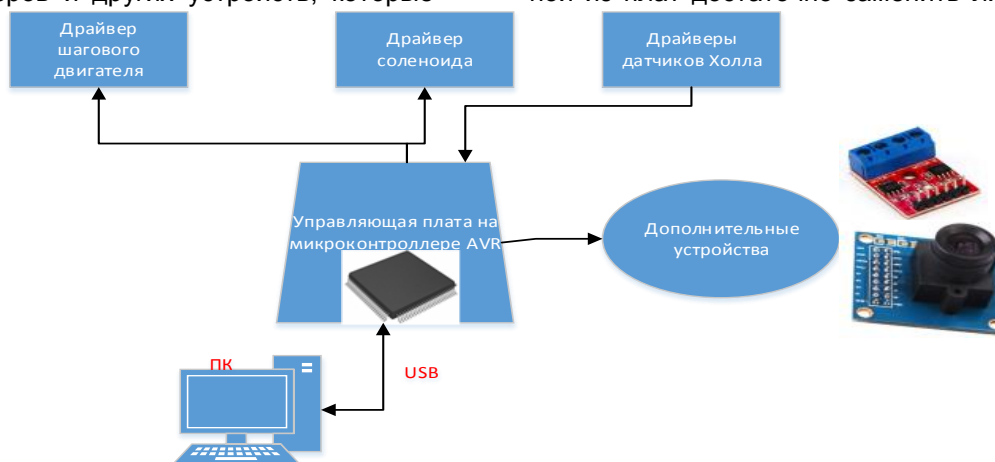


Рисунок 5 – Блочная структура электронной части

Программная часть была создана на языке программирования C# (рисунок 6). Она включает в себя сбор данных с бесконтактно-

го магнитного датчика углового положения KMA200 фирмы NXP. Разрешающая способность данного датчика составляет не хуже

## РАЗДЕЛ 4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

0,04<sup>0</sup>. Обработка сигнала с датчика осуществляется аналогово-цифровым преобразователем (АЦП) микроконтроллера AT32UC3A1512AU. Задачей программного обеспечения контроллера является получение данных с АЦП, пересчет их в значение угла отклонения маятниковой поверхности и отправка их для обработки на программное обеспечение для ПК.

Также, с помощью программного обеспечения на ПК через микроконтроллер производится включение синхронно-шагового двигателя и включается соленоид, необходимый для захвата маятниковой поверхности. Бесконтактный датчик угла поворота служит также для точной доводки маятниковой поверхности до необходимого начального угла отклонения.

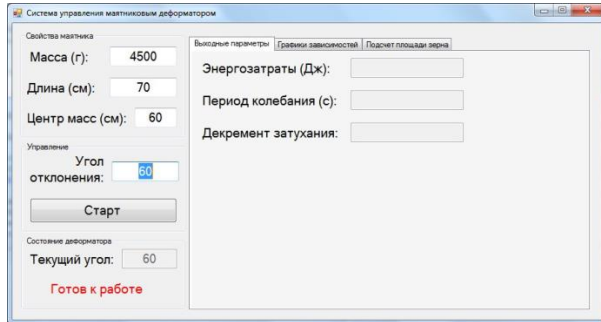


Рисунок 6 – Программа управления маятниковым деформатором

Начальными параметрами для работы программы являются масса, длина и центр масс маятниковой поверхности, которые задаются в начальном меню программы.

Для подсчета энергозатрат были использованы следующие формулы.

Для расчета декремента затухания:

$$d = \ln \left( \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \right) = \beta T,$$

где  $\alpha_1$  – начальный угол отклонения маятниковой поверхности;

$\alpha_2$  – угол отклонения маятниковой поверхности после измельчения;

$T$  – период колебания маятниковой поверхности.

$$E_r = M \cdot g \cdot l_m \cdot (\cos \alpha_2 - \cos(e^{-kT} \alpha_1)),$$

где  $M$  – масса маятника;

$l_m$  – центр масс маятниковой поверхности.

Проведенный эксперимент показал, что степень измельчения зерна зависит от его расположения на опорной поверхности, что обусловлено запасом кинетической энергии. При размоле зерновых материалов энергоза-

траты составляют от 0,01 до 0,045 Дж в зависимости от режима работы. Так как при измельчении на вальцовом станке при размоле 1 тонны зернового материала энергозатраты составляют порядка 0,114-3,24 В·ч ( $5,9 \cdot 10^3 - 11,6 \cdot 10^4$  Дж [4]) на тонну зернового материала, что примерно составляет 0,02 – 0,58 Дж на одну зерновку при среднем весе зерновки 0,05 г), то процесс разрушения зернового материала при помощи маятникового деформатора менее энергозатратный, и его использование экономически обосновано.

### Выводы

Таким образом, был разработан программно-аппаратный комплекс для измельчения зерна основанный на бесконтактном датчике положения, показывающий текущий угол отклонения маятниковой поверхности. Исходя из этих данных происходит расчет основных кинематических параметров маятникового деформатора, а также управление процессом измельчения.

В настоящее время работа над маятниковым деформатором не закончена, идет совершенствование в программной части, в частности блоков управления перемещением опорной поверхности, подсчета работы маятникового деформатора, основанного на модуле веб-камеры OV7670.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 2263544 Российская Федерация, МПК В02С 19/16 Способ формирования зерновых продуктов размола [Текст] / В.Л. Злочевский, А.В. Злочевский; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. - №2004104490, заявл. 16.02.2004; опубл. 10.11.2005.
2. Чигарев, А.В. Курс теоретической механики [Текст] / А.В. Чигарев, Ю.В. Чигарев. – Минск: Новое знание, 2010. – 399 с.: ил.
3. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления [Текст] / Т. Кенио – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.: ил.
4. Многофункциональные машины для миникрупноцеховкрупно-отделяющие [Электронный ресурс] / ООО РосТрансЭкспорт Электрон. дан. – М., 1999. – Режим доступа: <http://www.businessoffers.ru/portal/viewoffer.asp?id=379299>, свободный. - Загл. с экрана. – яз. русс.

Студент **Т.А.Перминов**, e-mail: [bo-ralp@mail.ru](mailto:bo-ralp@mail.ru); к.т.н., доцент **А.П. Борисов** - Алтайский государственный технический университет, кафедра вычислительных систем и информационной безопасности, e-mail: [bo-ralp@mail.ru](mailto:bo-ralp@mail.ru)

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2, 2014