

## АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМНО-ВОЗДУШНОЙ ЧАСТЬЮ САМОНАКЛАДА ПЕЧАТНОЙ МАШИНЫ

И.И. Колонтай\*, В.С. Юденков

**Аннотация.** Исследуется задача адаптивного управления вакуумно-воздушной частью самонаклада печатной машины. Предполагается, что на систему действуют возмущения в виде изменяющейся влажности бумаги и скорости машины, в процессе управления поступает информация о возмущениях. Описывается метод адаптивного управления, при котором по ходу процесса по текущей информации вырабатывается управляющее воздействие на систему с целью ее приспособления к изменяющимся условиям.

**Ключевые слова:** самонаклад, адаптивное управление.

### Введение

Постоянное стремление к повышению эффективности неразрывно связано с развитием систем оптимизации режима рабочих машин в соответствии с определенными критериями. Совершенствование оптимизации процесса управления объектами в условиях неполной априорной информации об их свойствах привело к созданию адаптивных (приспосабливающихся) автоматических систем.

В таких системах изменение свойств управляющим устройством происходит посредством анализа текущей информации, включающей данные о параметрах внешних воздействий, динамических характеристик объектов управления.

Качество организации процесса адаптации зависит от требуемой точности выполнения заданных условий и объема априорной информации.

В настоящее время адаптивные самонастраивающиеся системы получили широкое промышленное применение. В этих системах параметры устройства управления меняются в зависимости от изменяющихся свойств объекта таким образом, что в некотором диапазоне изменения этих свойств процесс управления продолжает оставаться оптимальным.

Следует отметить, что при непредвиденном изменении параметров объекта в широких пределах поддерживать оптимальный режим его работы с высокой точностью при помощи самонастройки удается не всегда. Поэтому повышение требований к эффективности использования оборудования привело к применению более совершенного класса адаптивных систем, а именно самоорганизующихся, характерных тем, что с целью достижения оптимальных условий работы объекта по заданному критерию (например, по критерию производительности, критерию себестоимости и т. д.) в зависимости от изменения свойств объекта меняются не только параметры системы, но и ее структура.

### 1. Самонаклад

Самонаклад – это комплекс пневматических и механических устройств, оснащенных контрольно-блокировочными автоматическими устройствами и предназначенных для выполнения одной общей задачи – точной и надежной подачи листов бумаги по одному в каждом цикле при любом режиме работы машины независимо от свойств подаваемого материала.

\* Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, Минск, Беларусь; kalif@tut.by

Самонаклады применяются для автоматического наклада листов в листовых полиграфических машинах, скорость работы которых превышает скорость ручного ( $25-30 \text{ мин}^{-1}$ ) наклада. Они обеспечивают: 1) подачу стопы листов к листоотделительной системе; 2) отделение от стопы листов по одному; 3) подачу листов к механизмам равнения; 4) предотвращение подачи в машину перекошенных и сдвоенных листов. Эти функции выполняются механизмами: 1) перемещения и перезарядки стапельного стола; 2) отделения листов от стопы; 3) транспортировки листов; 4) блокировки самонаклада при нарушении подачи листов [1].

Самонаклады в печатных машинах должны соответствовать следующим требованиям: 1) обеспечивать надежную, точную (без перекосов) и цикличную подачу к выравнивающим упорам листов, различающихся между собой по формату, толщине и поверхностной плотности; 2) при подаче листов не нарушать структуру их поверхности, не смазывать ранее отпечатанное изображение и не повреждать кромки листов; 3) не допускать длительную бесперебойную работу машины с пополнением или перезарядкой стапельного стола на ходу машины; 4) автоматически отключаться при сбоях, нарушениях в подаче листов (например, при пропуске листа, подаче сдвоенных листов и т.п.).

Существуют самонаклады с последовательным (подача за переднюю кромку листа) и ступенчатым (подача за заднюю кромку листа) порядком подачи листов (рис.1).

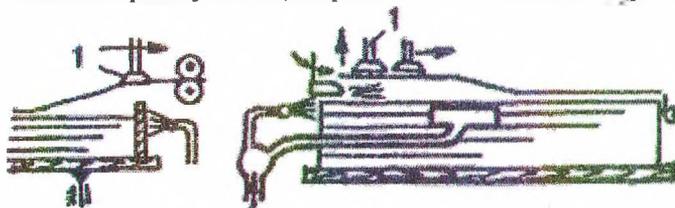


Рис. 1. Разновидности самонакладов (по стороне отделения листов)

Процесс отделения бумажных листов от стопы пневматическими самонакладами достаточно сложен и состоит из следующих основных операций:

1. подготовки верхней части стопы для отделения от нее верхнего листа (распушение стопы);
2. захвата края верхнего листа и поворота его на некоторый угол;
3. полного разделения листа от стопы подачей под него воздуха (раздувка листа);
4. транспортирования листа к машине.

Рассмотрим вакуумно-воздушную часть самонаклада, осуществляющую первую и третью операции.

### 1.1. Распушение стопы

Первичным этапом отделения листа от стопы в пневматическом самонакладе является воздействие на нее струями воздуха, выходящими из отверстий раздувочной камеры (процесс распушения стопы) (рис.2).

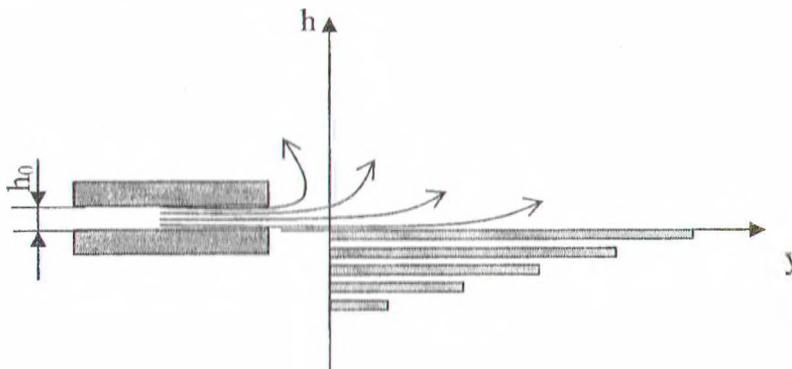


Рис. 2. Воздействие струи на верхнюю часть стопы

В результате действия воздушного потока над стопой на верхний лист действует перепад давления, который является причиной возникновения силы, поднимающей верхний лист стопы [5].

Благодаря быстрому уменьшению скорости воздушной струи при ее распространении вдоль листа вследствие небольшого расхода воздуха на этом подготовительном этапе поднимающая сила оказывается фактически распределенной на узкой полоске, примыкающей к задней кромке.

## 1.2. Захват листа присосами

Следующей операцией процесса является захват приподнятого края листа присосами.

Под листом давление равно атмосферному ( $p_{\text{атм}}$ ), а над листом давление  $p_1$  становится меньше атмосферного из-за образующегося плоскопараллельного потока воздуха, направленного к отверстию. При этом возникает присасывающая сила  $F_{\text{пр}}$ , которая складывается из аэродинамического подъемного воздействия  $F_{\text{дин}}$  на лист со стороны потока воздуха в зазоре между подошвой присоса и поверхностью стопы и из усилия  $F_{\text{ст}}$  гидростатического присасывания листа к отверстию присоса:

$$F_{\text{пр}} = F_{\text{дин}} + F_{\text{ст}} = F_{\text{ст}} \left( 2 \ln \frac{r_2}{r_1} + 1 \right) = \pi r_1^2 \Delta p \left( 2 \ln \frac{r_2}{r_1} + 1 \right), \quad (1)$$

где  $r_1, r_2$  — радиусы отверстия и подошвы присоса;  $\Delta p = p_0 - p_1$  — перепад давлений воздуха.

Общий вид зависимости силы присасывания такого присоса от расстояния между присосом и листом показан на рис. 3.

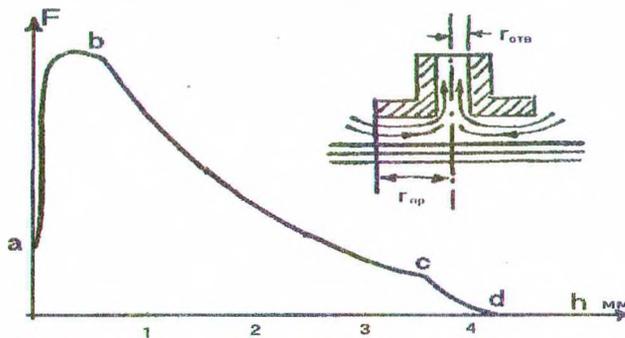


Рис. 3. Зависимость силы присасывания простого присоса от расстояния

Величина  $a$  (сила присасывания листа при плотном контакте) играет важную роль: 1) сила в совокупности с силой трения листа о подошву присоса должна препятствовать срыву листа с присосов не только в статическом состоянии, но и надежное удержание при транспортировании с переменной скоростью; 2) ее величина должна быть такова, чтобы предотвратить присасывание второго и последующих листов одновременно (это возможно прежде всего ввиду пористости бумаги, что является результатом прохождения воздуха через ее поверхность).

## 1.3. Окончательная раздувка

В процессе раздувки отделяемого от стопы листа воздушный поток от раздувателя распространяется в слое переменной толщины, ограниченном сверху искривленной поверхностью отделяемого листа, а снизу — верхней плоскостью стопы [5].

Поток воздуха поступает в целевой зазор между верхним листом стопы, поднятым со стороны задней кромки отделяющими присосами, и стопой. В зазоре давление оказывается повышенным по сравнению с атмосферным давлением над листом. Поэтому процесс отделения листа происходит вследствие наличия перепада давления, которое создает силу, осуществляющую отделение листа и поддерживающую его в подвешенном состоянии.

## 1.4. Проблемы, возникающие при работе самонаклада, и пути их решения

Неправильная регулировка самонаклада вызывает нарушения в процессе подачи листов. В частности, при слабом раздуве стопы, сильном вакууме в присосах, высокой установке листоотделяющих щеток и слишком высоком верхнем уровне стопы возможно одновременное отде-

ление и подача двух листов и более. И наоборот, при слабом вакууме в присосах, низкой установке щетки и низком уровне стопы по отношению к листоотделяющим присосам возможны пропуски листов.

Следует отметить, что до настоящего времени практически не рассматривалась проблема автоматизации процесса отделения и подачи с целью улучшения режима подачи и исключения подачи сдвоенных листов при различных режимах работы машины и с использованием различных сортов бумаг.

В связи с этим в работе ставятся следующие задачи:

- определение элементов регулирования процесса подачи бумажного материала (на этапе раздува и присасывания);
- установление зависимости параметров бумаги с элементами регулирования процесса подачи;
- получение функциональной зависимости между элементами регулирования (т.е. установление влияния одного из параметров регулирования на другой);
- разработка автоматического устройства управления системой отделения и подачей листов (самонакладом).

## 2. Адаптивное управление

Главной задачей при реализации адаптивного управления является определение возмущений, действующих на систему в процессе работы.

При работе печатной машины основными возмущениями, влияющими на вакуумно-воздушную систему самонаклада, являются возможное изменение скорости работы машины и непостоянная влажность листов бумаги в стопе. В свою очередь, давление воздуха (вакуум) во всасывающей (нагнетательной) ветви вакуумно-воздушной части самонаклада является важным элементом регулирования при подаче бумажного материала [4]. Необходимо, чтобы адаптивная система учитывала возмущения и регулировала, в зависимости от возмущений, давление (вакуум).

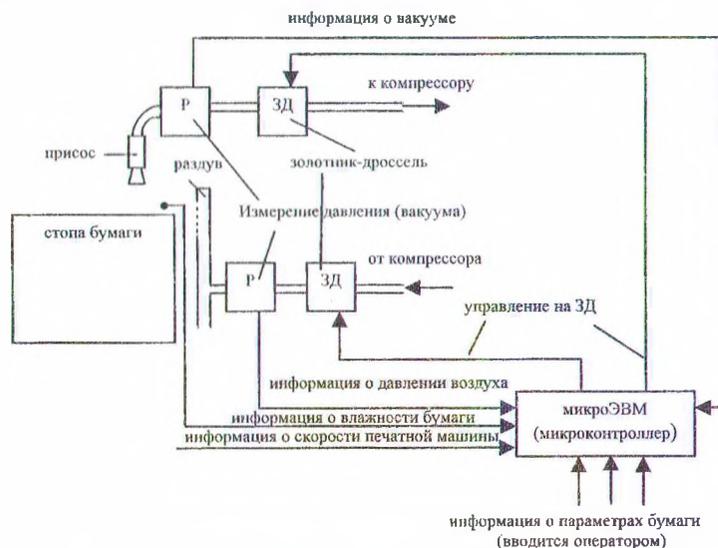


Рис. 4. Структурная схема адаптивного управления вакуумно-воздушной системой

Регулирование давления (вакуума) основано на перекрытии воздушного и вакуумных путей системы самонаклада золотниковым устройством дроссельного типа [2].

Принцип работы адаптивной системы (рисунок 4) заключается в следующем: на основании рассчитанного уровня давления (вакуума) по введенным оператором данным о параметрах материала (физические размеры  $l$ ,  $h$ , плотность  $\rho_0$ ) микроконтроллером (или ЭВМ) вычисляются величины вакуума  $P_1$  для присосов и  $P_2$  для раздувов, по которым формируется управляющее

воздействие на исполнительный механизм, осуществляющий перекрытие/открытие золотника-дресселя до достижения необходимого уровня давления (вакуума).

В качестве исполнительного механизма может быть использован электромагнит (электропневматический преобразователь), напрямую осуществляющий регулирование.

Сигналы задающего воздействия и сигналы обратной связи (ОС) с датчиков давления (вакуума), сигналы с датчиков влажности ( $\rho_d$ ), скорости  $v$  подаются через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в микроконтроллер (МК). Сигналы датчиков влажности и скорости обеспечивают адаптивность системы к изменяющимся условиям и режиму работы машины.

Программа микроконтроллера рассчитывает управляющее воздействие на основе функции управления, имеющей общий вид [3]:

$$U'_y = f(\rho_0, l, h, \rho_d, v). \quad (2)$$

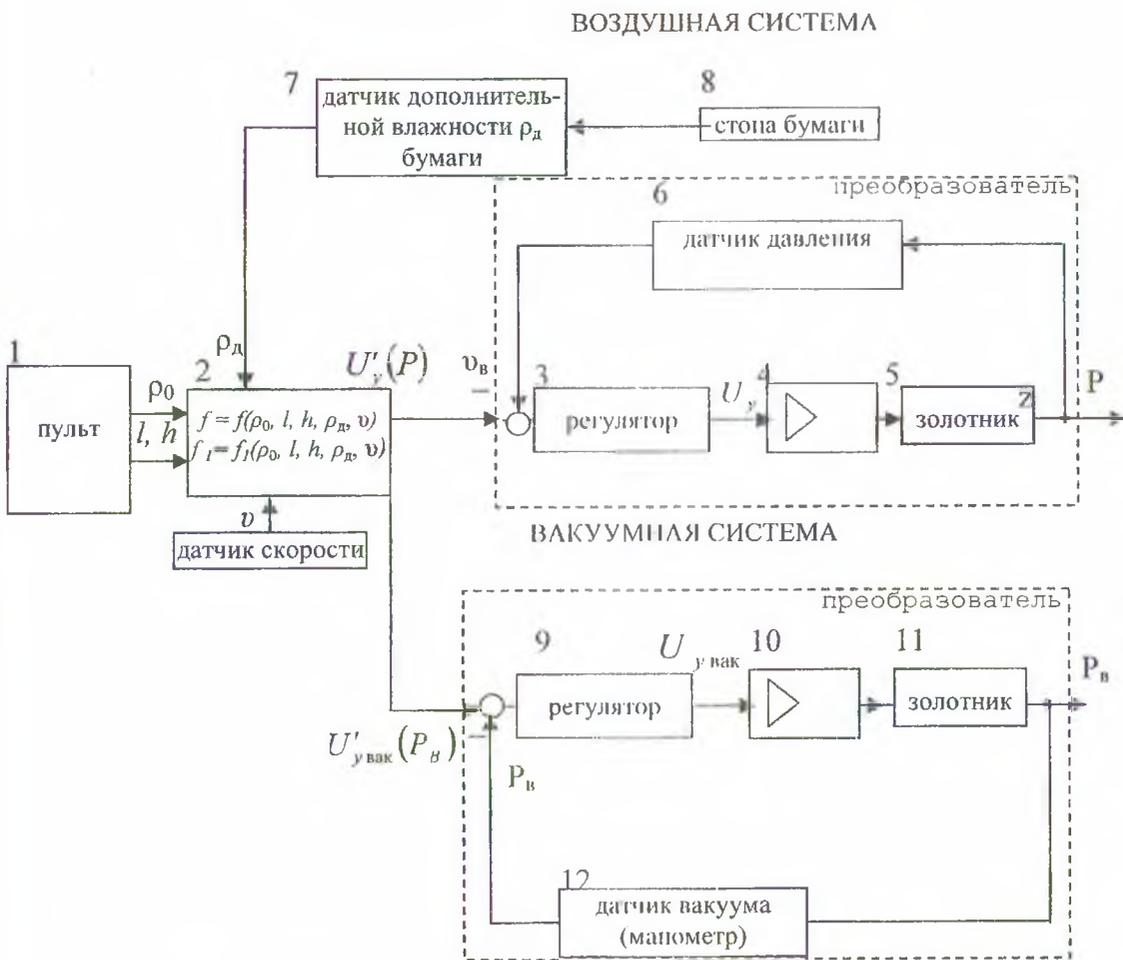


Рис. 5. Функциональная схема адаптивного управления вакуумно-воздушной системой самонаклада

Для стабилизации скорости истечения воздуха в МК предусмотрен программный регулятор, на вход которого подается  $U'_y$ , а в качестве ОС используется сигнал с датчика давления (вакуума).

Входные значения регулятора преобразуются в аналоговую форму  $U_y$  цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП), который подается на электромагнит золотника.

Для моделирования и анализа работы системы управления можно воспользоваться обобщенной схемой адаптивной системы управления вакуумно-воздушной системой самонаклада (рисунок 5).

Для расчета и выбора параметров регуляторов составлена математическая модель системы управления самонакладом. Моделирование проводилось в системе MatLAB с использованием пакета Simulink и среды реального времени RealTime Workshop, что позволило получить программные регуляторы, которые непосредственно используются в микроконтроллере.

В целом адаптивная автоматизированная система управления предназначена для самонастраивания вакуумно-воздушной части самонаклада на необходимый режим работы, т.е. в некоторой степени она является интеллектуальной системой, позволяющей осуществлять управление в зависимости от получаемой в период работы информации.

### **Список литературы**

- [1] *Вирченко А.И., Колонтай И.И.* Печатное оборудование. Мн., 2004.
- [2] *Калицун В.И., Дроздов Е.В., Комаров А.В., Чижик К.И.* Основы гидравлики и аэродинамики. М., 2001.
- [3] *Колонтай И.И., Юденков В. С.* Моделирование процесса управления подачей бумаги в самонакладе с использованием MatLab+Simulink// Труды БГТУ. Сер. IX. Издат. дело и полиграфия. 2004. Вып. XI.
- [4] *Колонтай И.И.* Автоматизированное устройство управления вакуумно-воздушной системой самонаклада листовых полиграфических машин// НИРС – 2003, VII РНТК студентов и аспирантов. Часть I. Транспорт и машиностроение. Мн.: БНТУ. 2003.
- [5] *Быстрова В.Б.* Исследование воздушной системы самонакладов для печатных машин. М., 1975.