

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ САМОНАКЛАДОМ ПЕЧАТНОЙ МАШИНЫ

This article describes adaptive control system of the process of paperfeeding based on mathematical model.

На тело, которое движется в воздухе, действует сила, создаваемая давлением. Эта сила (сила срыва) стремится сорвать лист с присосов. Кроме этого, для отделения листа и поддержания его в подвешенном состоянии, которое происходит вследствие наличия перепада давления, необходима сила, создаваемая давлением [1]. На основании этого может быть построена математическая модель процесса отделения листа в самонакладе печатной машины.

Задача адаптивного управления вакуумно-воздушной частью самонаклада печатной машины рассмотрена в [2]. 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.

Целью данной работы является построение адаптивной системы управления на основе математической модели работы вакуумно-воздушной системы самонаклада листовых полиграфических машин.

Значение вакуума, которое необходимо поддерживать в присосах для компенсации силы срыва, определяется уравнениями (1)–(2).

$$P_{\text{вак}} = \frac{0,0161S(v + v_{\text{трансп}})^2}{\pi\mu} \times \left( \frac{h}{l} + \frac{2,66}{\sqrt{(v + v_{\text{трансп}})/(15 \cdot 10^{-6})}} \right) \quad (1)$$

$$v = 776,5 \sqrt{\left[ 1 - \left( \frac{10^5}{P_{\text{разд}}} \right)^{0,2857} \right]} \quad (2)$$

где  $P_{\text{вак}}$  — значение вакуума в присосах вакуумной системы;  $S$  — площадь материала;  $v$  — скорость воздуха при истечении из сопел при раздуве;  $v_{\text{трансп}}$  — скорость транспортирования листа;  $h$  — расстояние от

присосов до стапеля;  $l$  — длина бумаги;  $P_{\text{разд}}$  — давление на раздувах.

Давление в раздувах  $P_{\text{разд}}$  выражается формулой (3).

$$P_{\text{разд}} > \left( 98035 \cdot \arcsin\left(\frac{h}{l}\right) S \cos\left[\arcsin\left(\frac{h}{l}\right)\right] \right)^{3,5} \times \left[ 98035 \cdot \arcsin\left(\frac{h}{l}\right) S \cos\left[\arcsin\left(\frac{h}{l}\right)\right] - (\rho_{\text{м0}} + \rho_{\text{мд}}) \right]^{-3,5} \times 10^5 \quad (3)$$

В уравнении (2)  $v$  определяется из аналогичного уравнения для  $P_{\text{вак}}$ . Скорость транспортирования  $v_{\text{трансп}}$  можно описать законом движения присосов в режиме транспортировки листа, который соответствует углу поворота в  $50^\circ$  (рис.1) и получен экспериментально для данного типа оборудования (Romayog 313).

Из рис. 1. можно получить выражение для  $v_{\text{трансп}}$ :

$$v_{\text{трансп}} = x = 0,0011\omega.$$

Подставив в (1) величину  $v_{\text{трансп}}$ , значение вакуума получим из следующего выражения:

$$P_{\text{вак}} = \frac{0,0161S(v + 0,0011\omega)^2}{\pi\mu} \times \left( \frac{h}{l} + \frac{2,66}{\sqrt{(v + 0,0011\omega)/(15 \cdot 10^{-6})}} \right) \quad (4)$$

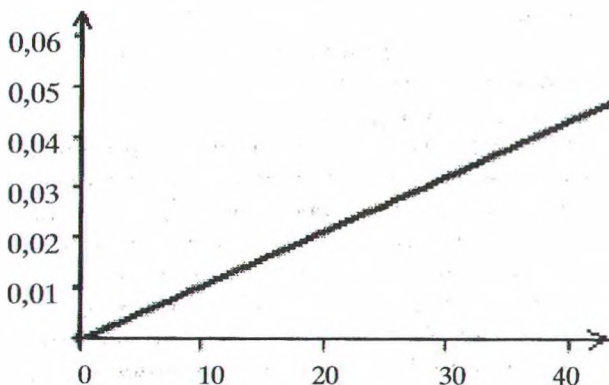


Рис.1. Линейное аппроксимирующее изображение закона движения присосов в режиме транспортирования листа

# ВОЗДУШНАЯ СИСТЕМА

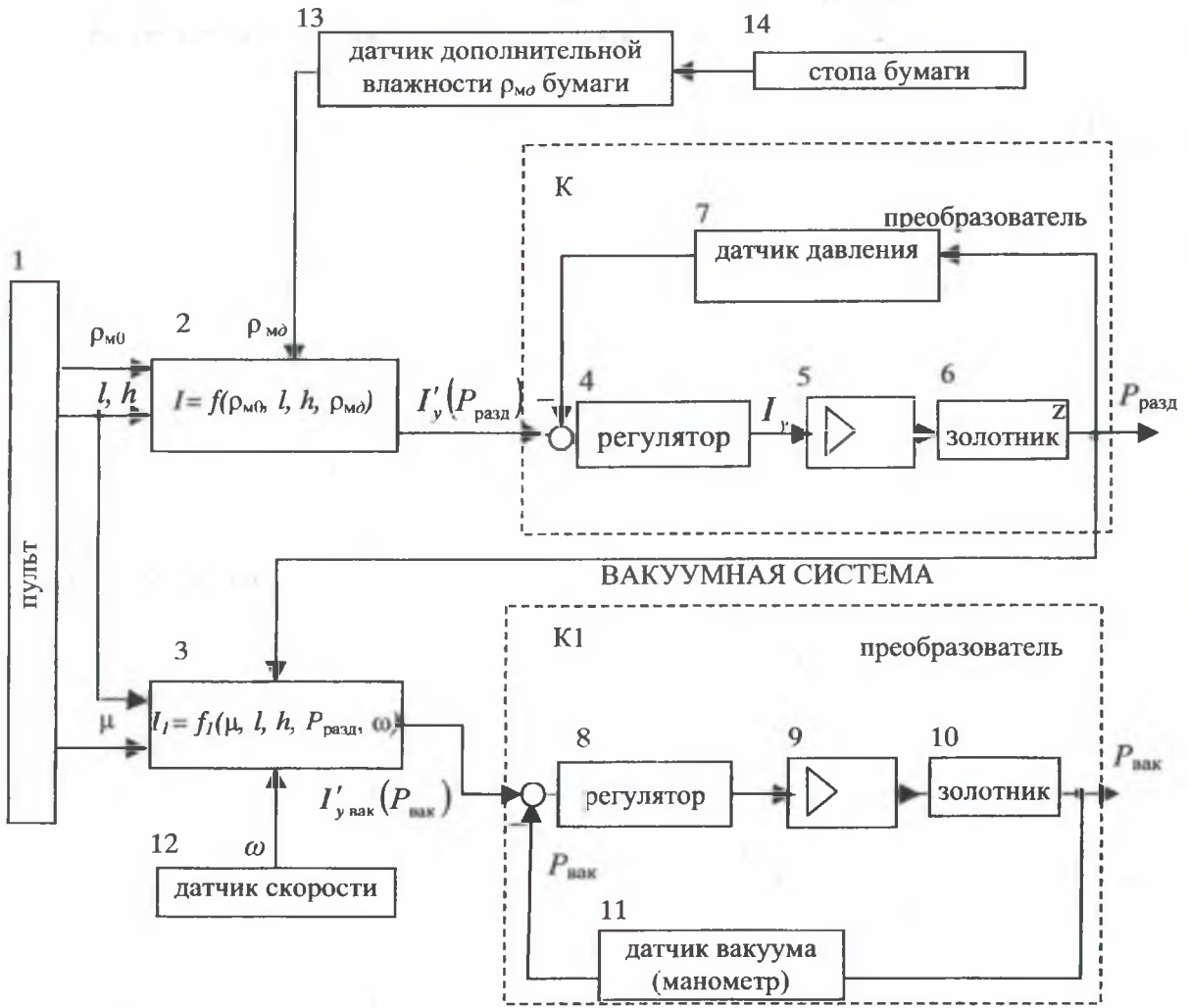


Рис. 2. Структурная схема адаптивного управления вакуумно-воздушной системой самоуклада

На рис. 2. показана структурная схема адаптивного управления вакуумно-воздушной системой самоуклада.

В качестве блоков К и К1 присутствуют электропневматические преобразователи давления и вакуума соответственно.

В результате экспериментальных исследований установлено, что эти преобразователи обладают линейной статической характеристикой вход/выход. При построении модели адаптивной системы принято допущение: постоянной времени элементов (электропневматических преобразователей) пренебрегаем, так как она значительно меньше скорости протекания процессов в остальных частях системы, и заменяем передаточные характеристики коэффициентами усиления. При этом для электропневматического преобразователя давления коэффициент усиления принят равным 0,6525, а для электропневматического преобразователя вакуума коэффициент усиления принят равным 0,6911.

Адаптивная система управления базируется на математической модели работы элементов системы, которую образуют уравнения (1)–(4). Система манипулирует постоянными (ввод с пульта 1) и переменными параметрами (информация от датчика скорости 12, датчика дополнительной влажности 13 и обратная связь по значению давления на раздувах). Блоки формирования управляющих воздействий с управлением по току на электропневматические регуляторы представлены на схеме блоками 2 (управление раздувом) и 3 (управление вакуумом).

Блоки 2 и 3 представляют собой микроконтроллеры с исполняющими программами, основанными на формулах (1)–(3). Сигналы, формирующиеся блоками 2 и 3, подаются соответственно на электропневматический преобразователь К и К1 (показаны на схеме пунктирной линией). Каждый из электропневматических преобразователей состоит из регулятора 4, 8, усилителя сигнала 5, 9, золотника (мембрана) 6, 10, а также датчика давления 7 и датчика вакуума 11 и представляет собой устойчивую систему.

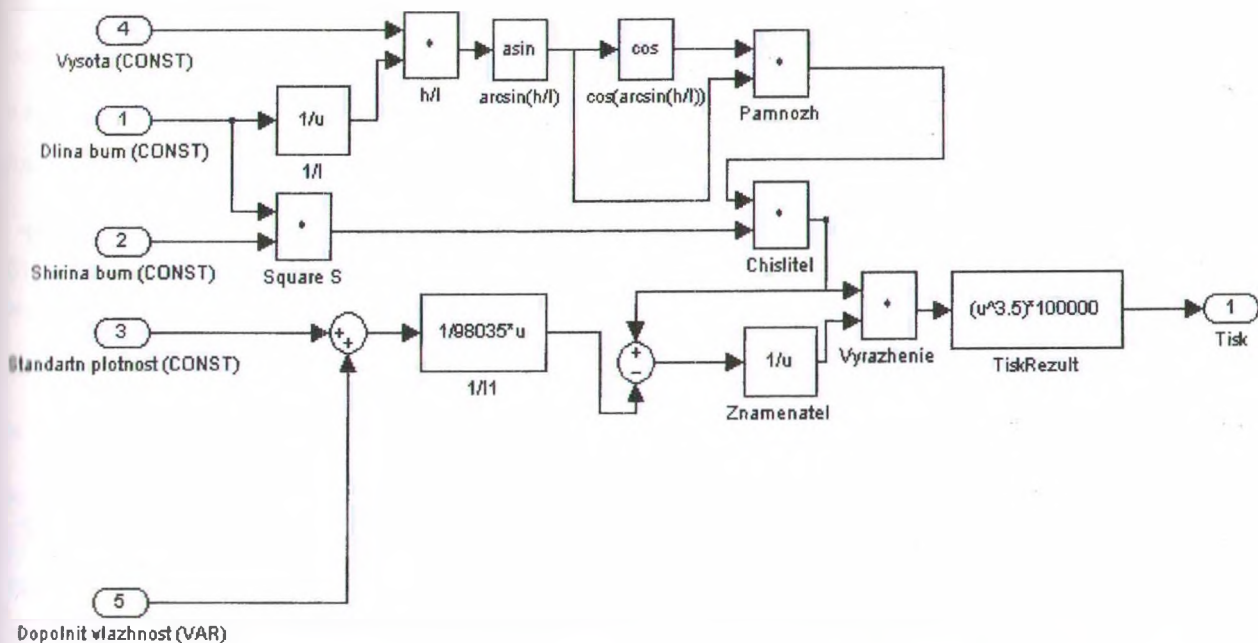


Рис. 3. Формирование управляющего воздействия на электропневматический регулятор давления

Принцип действия данной системы заключается в следующем. Перед началом работы оператор производит предустановки при помощи пульта, далее в процессе работы на микроконтроллеры поступает динамическая информация от датчиков, а также сигнал по обратной связи о давлении на раздувах вакуумно-воздушной части само-

Блоки 2 и 3 формируют управляющие воздействия, которые пропорциональны расчетным значениям вакуума и давления.

Сигналы управления поступают далее непосредственно на электропневматические регуляторы.

Подсистема для формирования управляющего воздействия на регулятор давления на раздувах в пакете MatLAB показана на рис. 3.

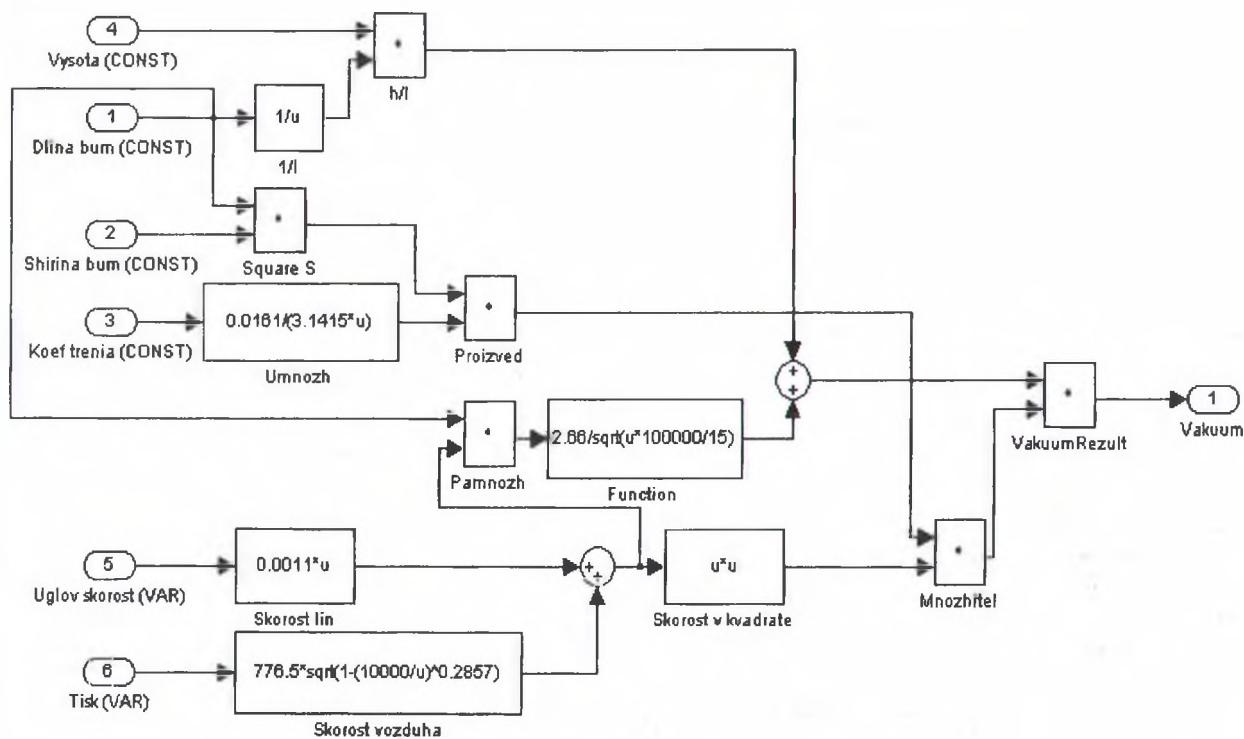


Рис. 4. Формирование управляющего воздействия на электропневматический регулятор вакуума



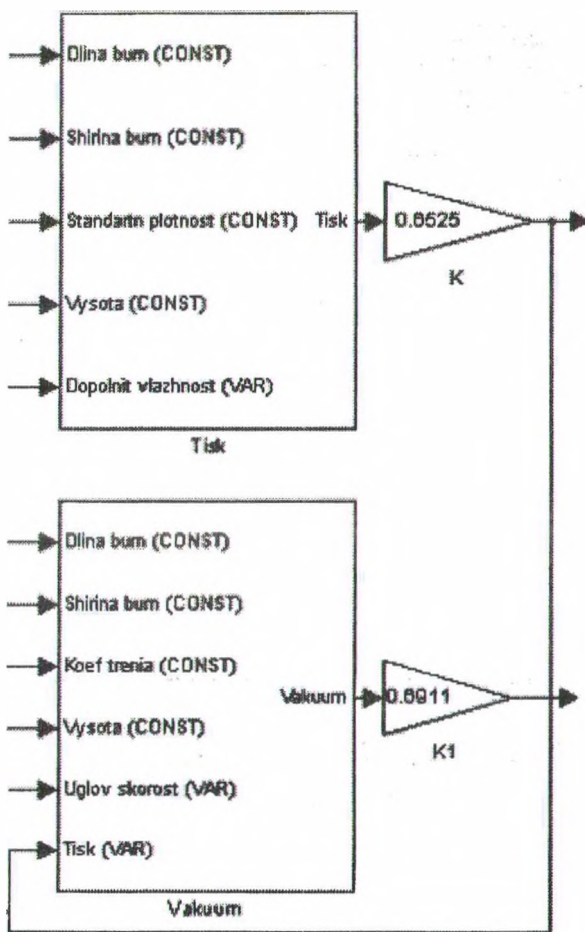


Рис. 5. Обобщенная адаптивная система управления вакуумно-воздушной системой самонаклада

Аналогичная подсистема для формирования управляющего воздействия на электропневматический регулятор давления на раздувах в пакете для автоматизации инженерных расчетов MatLAB изображена на рис. 4.

В левой части каждой из схем показаны блоки входных величин: постоянных (CONST) и переменных (VAR), справа показаны выходные величины: давление (Tisk) и вакуум (Vakuum).

На обобщенной схеме адаптивной системы управления (рис. 5), моделирующей работу адаптивной системы управления, подсистемы для формирования управляющих воздействий представлены в виде блоков.

На основании построенной модели адаптивной системы управления покажем зависимость между входными и выходными величинами.

Покажем взаимосвязь изменения давления и вакуума при неизменной скорости работы машины от влажности материала для стопы бумаги размером 60×90 при стандартной плотности материала 100 г/м<sup>2</sup>, полагая, что влажность в стопе изменяется а) плавно (рис. 6); б) скачком (рис. 7).

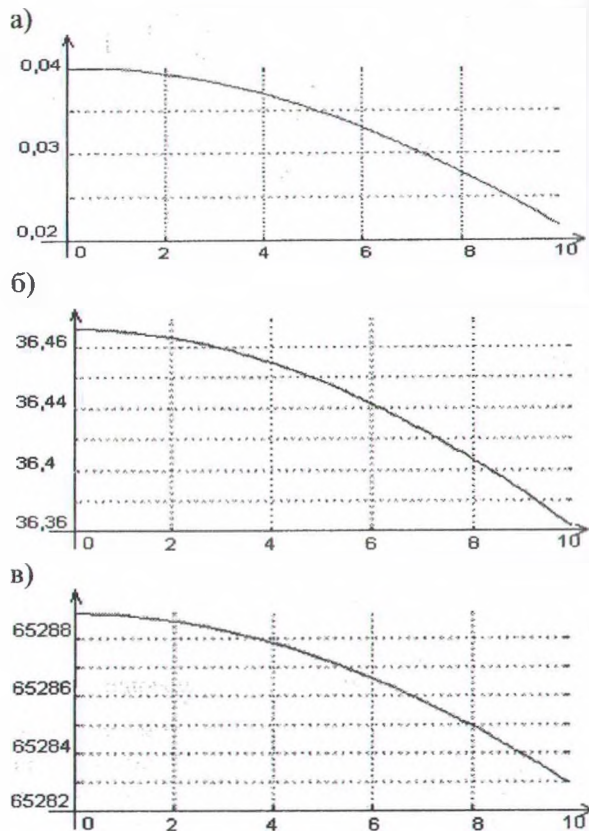


Рис. 6. Изменение вакуума и давления при плавном изменении влажности материала: а) влажность материала; б) значение вакуума; в) значение давления

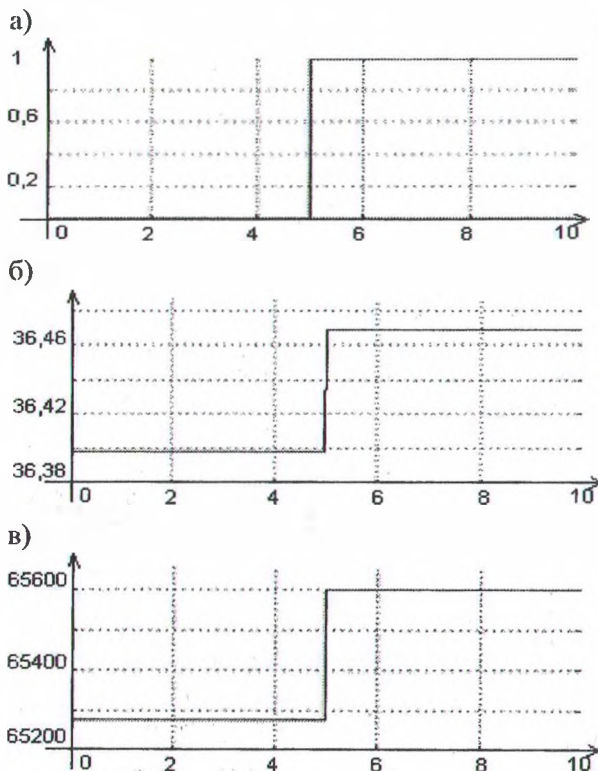


Рис. 7. Изменение вакуума и давления при скачкообразном изменении влажности материала: а) влажность материала; б) значение вакуума; в) значение давления

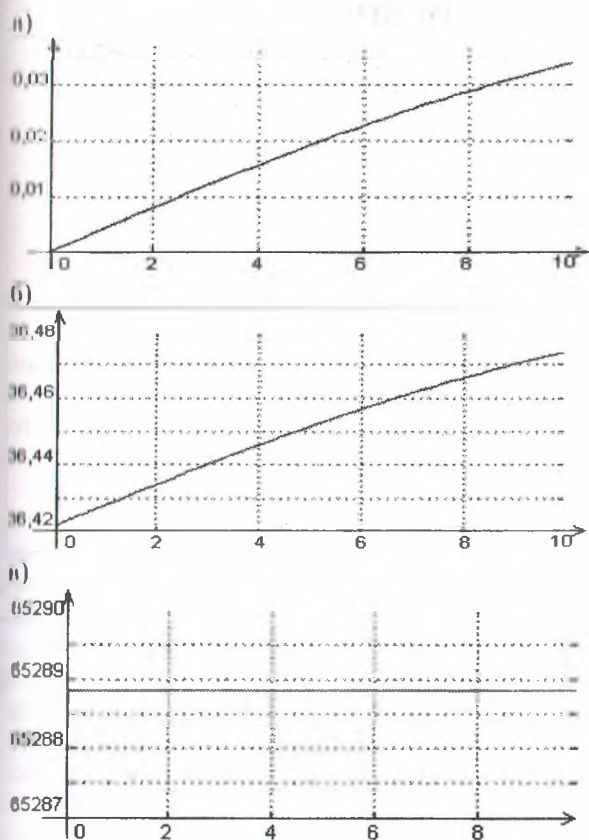


Рис. 8. Изменение вакуума и давления при плавном изменении угловой скорости: а) угловая скорость; б) значение вакуума; в) значение давления

Задаваясь различными значениями физических характеристик бумаги (размеров, плотности), скорости работы машины и влажности материала, получены рабочие диапазоны работы вакуума (от 0,03 МПа до 0,07 МПа) и давления (от 1,5 МПа до 2 МПа).

Таким образом, адаптивная система управления, предназначенная для самонастраивания вакуумно-воздушной части самонаклада на необходимый режим работы, позволяет осуществлять управление в зависимости от начальных параметров и динамической информации, получаемой в период работы от датчиков.

### Литература

1. 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. XII. — С. 58–60.
2. Колонтай И. И., Юденков В. С. Адаптивная система управления вакуумно-воздушной частью самонаклада печатной машины // Проблемы управления и приложения (техника, производство, экономика) : Труды Международной конференции. — Мн.: Институт математики НАН Беларуси, 2005. — Т. 3— С. 51–56.