

## Моделирование автоматизированной системы управления продольно-резательным станком бумагоделательной машины

*М.А. Щербаков, Н.В. Лысова, А.А. Федяев*

*Пензенский государственный университет, г. Пенза*

**Аннотация:** Работа направлена на моделирование системы управления продольно-резательным станком бумагоделательной машины с целью улучшения качества выпускаемой продукции и исключения брака по плотности намотки. Разработанная автоматизированная система реализует функции управления режимами работы станка, распределения нагрузок несущих валов, торможения раската и натяжения бумажного полотна.

**Ключевые слова:** продольно-резательный станок, бумагоделательная машина, автоматизированная система управления, перемотный станок, прижимной вал, разматыватель, наматыватель, разгонный вал, отклоняющий вал, режущая секция.

### Введение

Продольно-резательный станок — это машина, расположенная за бумагоделательной машиной [1]. Он предназначен для перемотки и продольной разрезки рулона бумаги, отматываемого с отматывающей станины, на отдельные рулоны, наматываемые в намоточной части машины [2]. Рабочая скорость зависит от типа материала, его удельной массы и состояния отматываемого рулона [3, 4].

В данной статье рассматривается продольно-резательный станок «EG 2260» — это высокотехнологичное оборудование, которое используется для резки материалов на полосы.

### Принцип действия машины

В отматывающие стойки вставляют полный тамбур и заправляют через резательную секцию в намоточную часть машины на гильзу. Бумага проходит от отматывающей станины с заложенным полным тамбуром в снимающее устройство, которое измеряет натяжение в ленте бумаги, и через разгонный вал, который растягивает бумагу поперёк в режущую секцию продольно-резательного станка [5]. В режущей секции лента бумаги

---



## Описание системы управления

Система управления продольно-резательным станком состоит из программируемого логического контроллера SIMATIC S7 300, модуля удаленных входов/выходов ET200M и операторской станции управления с системой визуализации.

Программируемый логический контроллер SIMATIC S7 300 соединен коммуникационной шиной SINEC L2-DP (PROFIBUS) с модулем удаленных входов/выходов, который предназначен для сбора сигналов с пульта оператора и станка. По той же шине осуществляется коммуникация с регулируемым приводом и операторской станцией [8].

Программируемый логический контроллер разрешает, совместно с регулируемым приводом и средствами визуализации станциями, следующие задачи: управление регулируемыми приводами, формирование требуемых величин скорости, силы натяжения и т.д., отображение состояний приводов и взаимосвязанных параметров; управление нерегулируемыми приводами и механизмами на основе команд оператора; задачи измерения связанных параметров; анализ неисправностей; анализ условий блокировок.

Регулируемые приводы имеют общий блок питания, который предоставляет постоянное напряжение всем собственным инверторам, находящимся на шине постоянного напряжения. Продольно-резательный станок имеет следующие приводы: GS101 – разматыватель; GS102 – наматыватель master; GS103 – наматыватель slave; GS104 – разгонный барабан 1; GS105 – разгонный барабан 2; GS106 – отклоняющий вал; GS111 – режущая секция.

Основным механизмом продольно-резательного станка, обеспечивающим минимизацию брака по плотности намотки является прижимной вал. Перемещение и облегчение прижимного вала реализуется

гидравлически. Подъем вала заканчивается достижением верхнего положения и закрытием вентиля для подъема.

В случае самопроизвольного спуска вал упрется в фиксаторы, расположенные немного ниже нижнего положения. Эти фиксаторы должны быть пневматически освобождены перед началом спуска. При освобождении фиксаторов недопустимо, чтобы вал опирался на эти фиксаторы потому, что в этом случае освобождение блокируется весом вала. Система оценивает самопроизвольный спуск вала из верхнего положения и поэтому при опускании вала сначала вал поднимается в верхнее положение, и после освобождения фиксаторов разрешается начало спуска.

Положение вала определяется датчиком, на основании которого пересчитывается диаметр намотанного рулона. Пересчет заканчивается в положении, соответствующем диаметру рулона 1500 мм. В высшем положении вала диаметр также принимается равным 1500 мм.

### **Моделирование автоматизированной системы управления продольно-резательным станком бумагоделательной машины**

В системе управления продольно-резательным станком бумагоделательной машины используется подчиненное регулирование и последовательная коррекция.

Настройка системы производится путем последовательной оптимизации контуров регулирования [9]. Оптимизация регулирования осуществляется путем модального или симметричного оптимумов, позволяющих получить оптимальные характеристики переходного процесса [10].

Структурная схема системы управления натяжением полотна представлена на рис. 2.

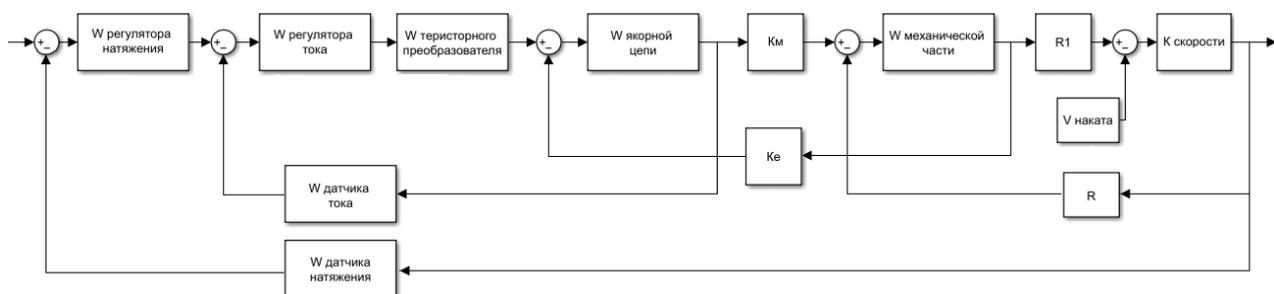


Рис. 2 – Структурная схема системы управления натяжением полотна

Для моделирования системы управления натяжением полотна были проведены расчеты параметров передаточных функций основных элементов системы.

Передаточная функция тиристорного преобразователя:

$$W_{mn}(p) = \frac{400.0035}{0.0036p + 1}.$$

Передаточная функция якорной цепи двигателя:

$$W_{я}(p) = \frac{3.339}{0.025p + 1}.$$

Передаточная функция регулятора контура тока:

$$W_{pm}(p) = 0,487 \frac{0.025p + 1}{0.025p}.$$

Передаточная функция контура скорости:

$$W_{kc}(p) = \frac{18.4}{0.0067p + 1}.$$

Передаточная функция контура натяжения:

$$W_{kn}(p) = 0.226 \frac{0.031p + 1}{0.031p}.$$

Результаты моделирования работы системы автоматического регулирования натяжения раската продольно-резательного станка представлены на рис. 3.

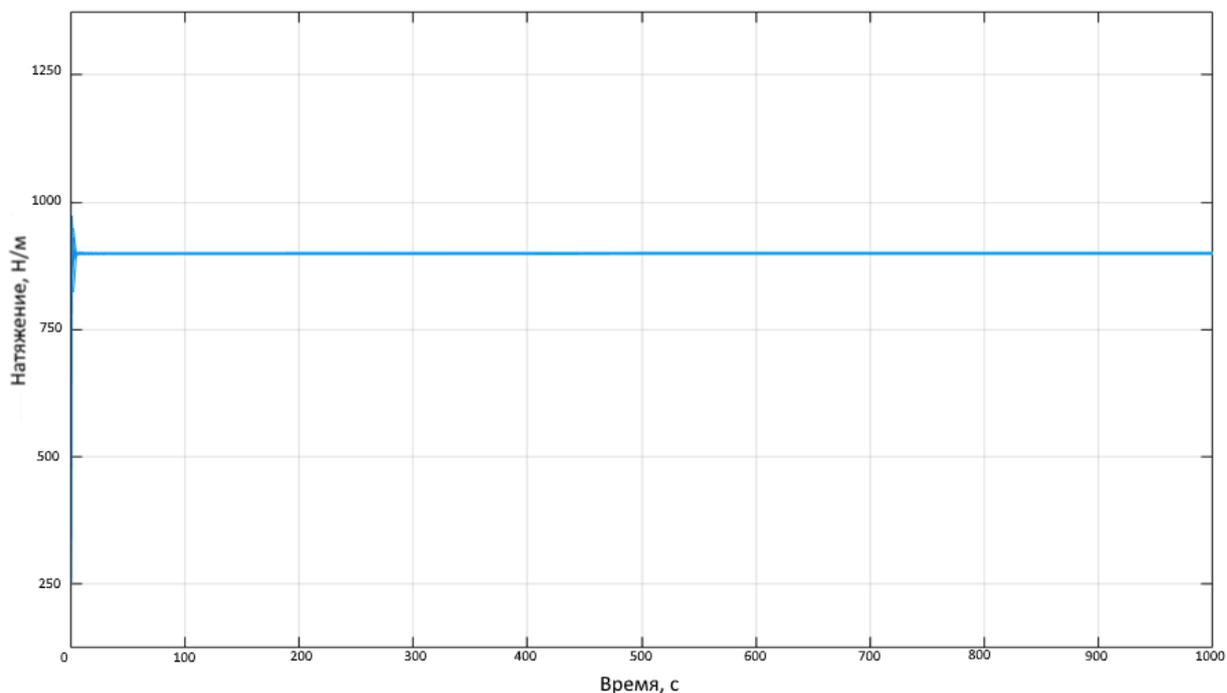


Рис.3 – График силы натяжения со статическими параметрами

Основным фактором, влияющим на качество плотности намотки полотна, является стабильность натяжения раската продольно-резательного станка. Результаты моделирования показывают, что система быстро достигает заданного значения натяжения (900 Н/м) и стабильно удерживает заданные показатели.

Для определения качественных показателей процесса управления на рис.4 приведен переходный процесс в обратной связи контура натяжения.

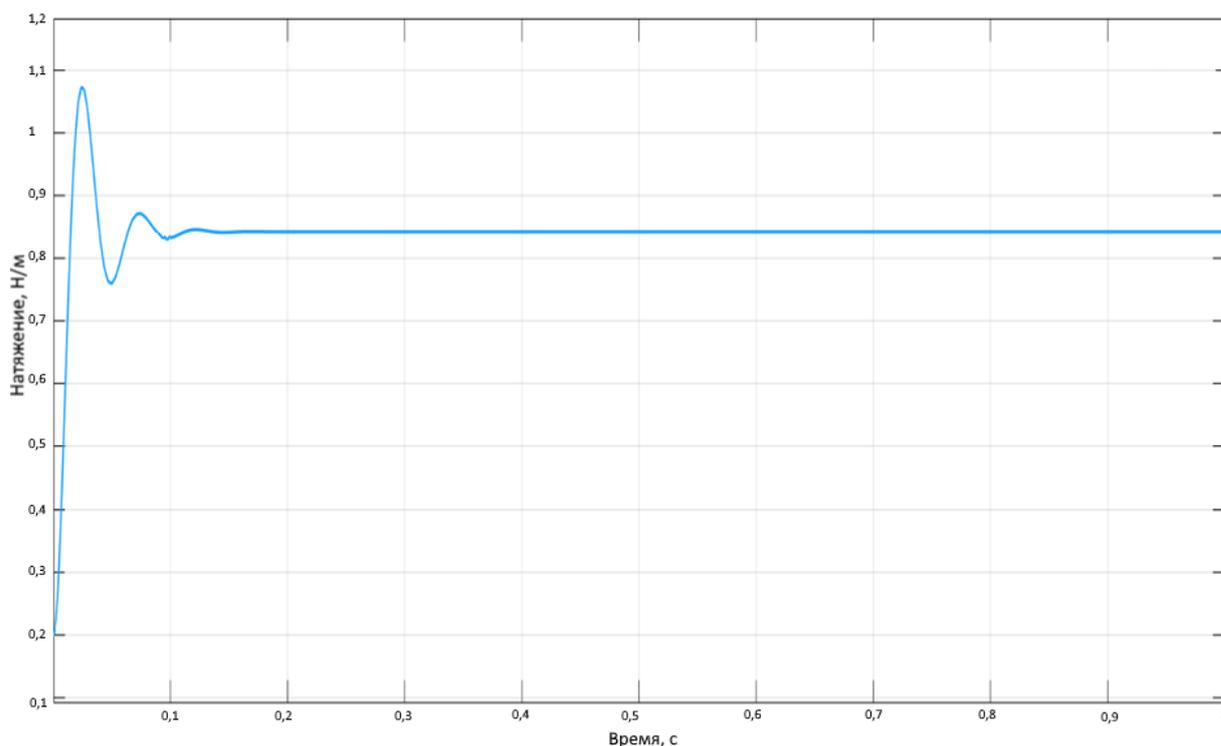


Рис. 4 – Переходный процесс в обратной связи контура натяжения

Основными показателями качества переходного процесса являются время регулирования ( $t_p = 0,15$  с) и значение перерегулирования ( $\sigma = 30$  %). Результат моделирования, представленный на графике, показывает, что переходной процесс находится в допустимых границах по значению перерегулирования (до 50%) и имеет высокое быстродействие. Высокий показатель быстродействия позволяет минимизировать количество брака по плотности намотки при выходе на рабочий режим.

### Заключение

В работе реализовано моделирование системы управления натяжением полотна продольно-резательным станком «EG 2260» бумагоделательной машины. Разработанная система позволяет моделировать и настраивать различные режимы работы продольно-резательного станка с целью исключения брака по плотности намотки. Эта автоматизированная система реализует функции управления режимами работы станка, распределения

нагрузок несущих валов, торможения раската и натяжения бумажного полотна.

### Литература

1. Фляте Д.М. Свойства бумаги. М.: Лань, 2012. 384 с.
2. Иванов С.Н. Технология бумаги. М.: Школа бумаги, 2006. 310 с.
3. Лысова Н.В., Мясникова Н.В. Регулирование веса бумажного полотна на основе метода экстремальной фильтрации для систем реального времени с помощью покадровой обработки сигнала // Инженерный вестник Дона, 2019, №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5882](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5882).
4. Niskanen K. Paper physics, second addition, book series papermaking science and technology. Tappi: Fapet Oy, 2008. 324 p.
5. Полякова П.В. Современные технологии переработки и применения древесных композитов, методика производства // Синергия наук, 2018, №22. С. 609-616.
6. Андреев Д.А., Панфилов А.Н., Скоба А.Н. Управление операционными процессами операторов сложных систем // Инженерный вестник Дона, 2017, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4322/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4322/).
7. Lysova N., Myasnikova N. Optimal System for Controlling Paper Web Formation // Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry, Volume 1: Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Rostov-on-Don: Springer Verlag, 2022. pp. 853-860.
8. Lysova N., Myasnikova N. Application of Modern Digital Processing Methods in Automated Control Systems // Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies. Moscow: 2020. P. 9067381.
9. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода. СПб.: Энергоатомиздат, 1994. 496 с.
10. Королев В.И. Электропривод. СПб.: ГОУ ВПО СПбГТУ РП, 2005. 256 с.

## References

1. Fljate D.M. Svoystva bumagi [Properties of paper]. M.: Lan', 2012. 384 p.
2. Ivanov S.N. Tehnologija bumagi [Paper technology]. M.: Shkola bumagi, 2006. 310 p.
3. Lysova N.V., Mjasnikova N.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5882](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5882)
4. Niskanen K. Paper physics, second addition, book series papermaking science and technology. Tappi: Fapet Oy, 2008. 324 p.
5. Polyakova P.V. Sinergiya nauk. 2018. №22. pp. 609-616.
6. Andreev D.A., Panfilov A.N., Skoba A.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4322/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4322/).
7. Lysova N., Myasnikova N. Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry, Volume 1: Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Rostov-on-Don: Springer Verlag, 2022. pp. 853-860.
8. Lysova N., Myasnikova N. Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies. Moscow: 2020. p. 9067381
9. Kovchin S.A., Sabinin Ju.A. Teorija jelektroprivoda [Electric drive theory]. SPb.: Jenergoanomizdat, 1994. 496 p.
10. Korolev V.I. Jelektroprivod [Electric drive]. SPb.: GOUVPO SPbGTURP, 2005. 256 p.