

**ОТЗЫВ**  
официального оппонента на диссертационную работу  
Степанова Петра Евгеньевича  
на тему «Анализ и управление процессами перемотки рулонных материалов в  
машинах полиграфического производства»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.5.21 – Машины, агрегаты и технологические процессы  
(технические науки).

**Актуальность работы.** В технологических процессах текстильной, легкой, полиграфической и других отраслях промышленности часто используется оборудование для перемотки рулонных материалов с целью дальнейшей обработки. В процессе перемотки рулонных материалов, как правило, требуется обеспечить требуемую скорость движения полотна при контроле его натяжения. Неидеальность геометрической формы рулона, эксцентризитет оси вращения, неидеальность формы втулки, на которую намотан рулон, приводят к возникновению колебаний скорости и натяжения плотна материала. Отмеченные факторы могут приводить к нежелательной деформации полотна, появлению складок, обрыву полотна, и в конечном счете к браку. Кроме того, колебания скорости и натяжения полотна ограничивает производительность.

Исходя из сказанного, тема диссертационной работы «Анализ и управление процессами перемотки рулонных материалов в машинах полиграфического производства», посвященная совершенствованию процессов и оборудования для перемотки рулонных материалов, разработка алгоритмов автоматического управления приводами узлов размотки и намотки представляется важной и актуальной.

**Научная новизна.** Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что:

- предложена новая схема перемоточной машины, включающая сенсорные валы и систему автоматического управления приводами узлов размотки и намотки, обеспечивающая требуемые значения скорости и натяжения полотна без использования плавающих валиков;
- разработана математическая модель для описания геометрических характеристик поперечного сечения вращающегося рулона материалов с учетом эквидистантного характера спирали; предложены алгоритмы для расчета геометрических характеристик рулона; выявлена взаимосвязь между формой поперечного сечения рулона и количеством витков в нем;
- предложен метод аналитического расчета масс-инерционных характеристик вращающегося рулона материалов, позволяющий учитывать неидеальность формы поперечного сечения рулона, эксцентризитет оси вращения; разработан алгоритм для исследования масс-инерционных характеристик вращающегося рулона;

- разработаны динамические и математические модели узлов размотки, намотки и перемоточной машины в целом, учитывающие биение и неидеальность формы поперечного сечения рулона, механические характеристики приводов, упругость полотна на участках;
- предложена схема системы управления перемоточной машиной, с использованием метода согласованного управления и метода декомпозиции;
- разработана метод синтеза алгоритма управления перемоточной машиной, позволяющий обеспечить требуемый диапазон изменения скорости и силы натяжения полотна материала.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

**Теоретическая значимость** выполненных в диссертационной работе исследований о характере и особенностях перемотки рулонных материалов применительно к полиграфическому оборудованию заключается в том, что: разработаны методы анализа геометрических и масс-инерционных характеристик рулонов; динамические и математические модели узлов размотки и намотки перемоточной машины; разработаны адаптивные алгоритмы управления перемоткой рулонных материалов, обеспечивающие требуемые постоянные скорость и натяжение полотна материала без снижения производительности.

#### **Практическая значимость** диссертационных исследований заключается в:

- разработке алгоритмов и компьютерных программ, позволяющих моделировать поперечные сечения рулонов с учетом формы втулок;
- создании алгоритмов и компьютерных программ для решения задач оптимального управления приводами с целью получения заданных значений скорости и силы натяжения полотна;
- разработке компьютерных программ, позволяющих моделировать работу перемоточной машины в различных режимах.

Практическая значимость результатов работы подтверждается полученными автором актами об использовании результатов диссертационной работы в типографиях, а также апробацией результатов работы на межвузовских конференциях.

Материалы диссертации, разработанное алгоритмическое и программное обеспечение используется в учебном процессе Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна на кафедре машиноведения при подготовке бакалавров и магистров по направлениям 15.03.02 и 15.04.02 – «Технологические машины и оборудование», а также, при подготовке аспирантов, обучающихся по направлению 2.5.21. — Машины, агрегаты и технологические процессы. Результаты диссертационного исследования применяются в научно-исследовательской деятельности в СПбГУПТД.

**Обоснованность и достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, определяется использованными при выполнении диссертационной работы экспериментальными и теоретическими методами исследований, имеющими строгое математическое обоснование, а также

обоснованным применением методов математического анализа, теории колебаний, нелинейной механики, теории автоматического управления, аналитического и численного моделирования.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 4 глав основной части, заключения (выводов и рекомендаций), списка основных сокращений, списка использованных источников информации (86 наименований) и 2 приложений. Основное содержание работы изложено на 215 страницах.

**Во введении** дано обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы основные цели и задачи исследования; определены методы исследований, оценена научная новизна и практическая значимость результатов работы.

**В первой главе** представлен обзор и анализ существующих машин и технологий, применяемых в текстильной, легкой, полиграфической и других отраслях промышленности, при выполнении операций, связанных с размоткой и перемоткой рулонных материалов. Рассмотрены существующие подходы к математическому моделированию процессов перемотки полотна материала, математическому описанию геометрии материала в рулоне, а также подходы к разработке алгоритмов управления системами приводов машин. По результатам обзора сформулирована цель и выполнена постановка задач исследования.

**Вторая глава** посвящена разработке динамических и математических моделей узлов размотки, намотки и перемоточной машины в целом. Выполнен анализ номинального режима работы перемоточной машины, определены необходимые взаимосвязи между номинальными функциями переменных состояния. Проведена редукция математической модели перемоточной машины.

**В третьей главе** разработана геометрическая модель поперечного сечения рулона, как эквидистантной спирали. На основе предположения об отсутствии деформации полотна по толщине спираль конструируется как последовательность параллельных витков. Приведены условия, накладываемые на функцию, описывающую первый виток спирали. Даны оценка общей длины полотна, основанная на количестве витков и разность длин контура поперечного сечения втулки и его эквидистантной кривой на расстоянии, равном толщине полотна. Разработаны алгоритмы и программы, позволяющие анализировать геометрические и масс-инерционные характеристики рулона при учете толщины полотна, формы втулки и функции, описывающей первый виток спирали.

**В четвертой главе** описан подход к решению задачи синтеза алгоритма управления перемоточной машиной. Использованы методы согласованного управления и декомпозиции. Показано, что при совместном использовании этих методов и определенном выборе условий согласования создается иерархия подсистем управления, главенствующую роль в которой занимает подсистема участка контроля и конкретно привод пары цилиндров намотки. Выполнен спектральный анализ колебаний, выявлены закономерности по несущим частотам и на основании этого переопределены параметры алгоритма управления. Выполнен

синтез адаптивного алгоритма управления участком намотки на основе второй теоремы Ляпунова.

**В заключении** подведены итоги решения поставленных задач. Выводы обоснованно характеризуют полученные в диссертационной работе результаты.

По диссертационной работе имеются следующие **замечания**.

1. Представляется недостаточно обоснованным переход от машин с плавающими валиками к машине с сенсорными валами.

2. Во второй главе приводятся динамические и математические модели перемоточной машины, полученные на основе перехода к плоской схеме узлов размотки и намотки. Следовало бы подробнее обосновать переход от пространственной задачи к плоской.

3. В третьей главе для описания геометрических характеристик материала в рулоне предложено использовать модель эквидистантного положения витков в рулоне. В тексте главы практически отсутствует сравнение предлагаемого описания положения витков с принятым и используемым в настоящее время другими авторами

4. В недостаточной степени исследованы вопросы устойчивости синтезированных систем управления. Не вполне обоснованы рекомендации по выбору характеристик приводов, датчиков и других элементов предлагаемой системы адаптивного управления.

5. В основе синтеза алгоритма управления перемоточной машиной лежит метод согласованного управления. Недостаточно рассмотрены другие алгоритмы управления.

6. В тексте диссертации имеются опечатки, например, на стр. 86, 87, 130, 145.

Отмеченные недостатки не имеют принципиального значения и не снижают общую оценку работы.

## **Заключение**

Диссертация выполнена на достаточно высоком научном уровне, хорошо оформлена, содержит необходимые пояснения, расчетные схемы и графики. Автореферат диссертации полностью отражает основные положения диссертационной работы. Основные положения диссертации изложены в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, и доложены на межвузовских научно-технических конференциях.

Научные положения, представленные в диссертации, достаточно четко сформулированы и убедительно обоснованы. Диссертация соответствует областям исследования п. п. 1, 4 и 7 паспорта специальности 2.5.21. - Машины, агрегаты и технологические процессы ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

Диссертационная работа Степанова Петра Евгеньевича «Анализ и управление процессами перемотки рулонных материалов в машинах полиграфического производства» по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости соответствует всем требованиям ВАК Минобрнауки России,

предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Работа соответствует п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. (с изменениями и дополнениями), является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические решения по совершенствованию оборудования и процессов перемотки рулонных материалов полиграфических машин, что имеет существенное значение для совершенствования полиграфической отрасли Российской Федерации.

Считаю, что автор диссертационного исследования, Степанов Петр Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.21. - Машины, агрегаты и технологические процессы (технические науки).

**Официальный оппонент,**

Терешин Валерий Алексеевич

кандидат технических наук, доцент, федеральное

государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский политехнический университет

Петра Великого», доцент Института

машиностроения материалов и транспорта,

Высшая школа транспорта

19.11.2025г.

195251, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный  
округ Академическое, ул. Политехническая, д. 29, литер б  
тел: +7(812) 297 48 45  
e-mail: tereshin\_va@spbstu.ru

