



**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
(Московский Политех)

Б. Семеновская ул., д.38, Москва, 107023
Тел.+7 495 223 05 23, Факс +7 499 785 62 24
www.mospolytech.ru | E-mail: mospolytech@mospolytech.ru
ОКПО 04350607, ОГРН 1167746817810,
ИНН/КПП 7719455553/771901001

№ _____
на _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
кандидат технических наук
Наливайко Антон Юрьевич

«10» ноября 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе
Степанова Петра Евгеньевича
на тему «Анализ и управление процессами перемотки рулонных материалов
в машинах полиграфического производства»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.5.21. – Машины, агрегаты и технологические процессы
(технические науки).

Актуальность работы. Диссертационная работа посвящена разработке методов анализа и управления процессами перемотки рулонных материалов, применяемых в технологических процессах полиграфического производства. В процессе хранения и транспортирования из-за несоблюдения технических условий рулоны бумаги могут приобретать эллиптичность, что в сочетании с возможным эксцентриситетом оси вращения, возникающим в результате установки в оборудование, может приводить к появлению колебаний сил натяжения и скорости полотна при подаче в зону печати или перемотке. В процессе печатания колебания скорости запечатываемого материала могут приводить к нежелательному проскальзыванию полотна и несовмещению красок, а колебания силы натяжения – менять внутреннее состояние полотна вплоть до его разрыва. В процессе разработки нового и модернизации существующего перемоточного оборудования важной задачей является анализ и синтез адаптивных алгоритмов управления, с целью получения управляющих воздействий на приводы для обеспечения их согласованного движения, позволяющих минимизировать колебания скорости и силы натяжения перематываемого полотна.

Исходя из сказанного, разработка методов моделирования, алгоритмов и программ для анализа и управления приводами узлов перемоточных машин полиграфической промышленности является важной и актуальной задачей.

Содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка основных сокращений, списка литературы,

включающего 86 наименований и 2 приложений. Основное содержание работы изложено на 215 страницах.

Во введении отмечается актуальность темы диссертации, сформулирована цель, задачи и методы исследований, определена научная новизна, теоретическая и практическая значимость выполненных исследований.

В первой главе представлен обзор существующих машин и технологий, применяемых в полиграфическом производстве при выполнении операций, связанных с размоткой и перемоткой рулонных материалов. Рассмотрены существующие подходы к математическому моделированию процессов перемотки полотна материалов; математическому описанию геометрии материала в рулоне, а также подходы к разработке алгоритмов управления системами приводов перемоточных 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. При разработке динамических моделей указанных узлов на основании сделанных допущений осуществлен переход к плоской схеме. Автором учитывается неидеальность геометрических характеристик рулона и втулки, эксцентриситет оси вращения рулона, особенности взаимодействия полотна с подающими валиками, а также, механические характеристики приводов. Выполнен анализ номинального режима работы перемоточной машины, определены необходимые взаимосвязи между номинальными функциями переменных состояния. Предложена упрощенная математическая модель перемоточной машины, исключая инерционные характеристики сенсорного валика.

В третьей главе разработана геометрическая модель поперечного сечения рулона. На основе предположения об отсутствии деформации полотна по толщине автором предложена математическая модель поперечного сечения рулона бумаги как эквидистантной спирали. Введены условия, накладываемые на функцию, описывающую первый виток спирали. Дана оценка общей длины полотна, основанная на количестве витков, и показано, что форма витков с ростом их числа приближается к окружности. Разработаны алгоритмы и программы, позволяющие анализировать геометрические и масс-инерционные характеристики рулона при учете толщины полотна, формы втулки, а также функции, описывающей первый виток спирали. Предложенные в данном разделе математические модели и алгоритмы позволяют анализировать влияние геометрических характеристик рулонов на процессы размотки, намотки и перемотки, что особенно важно в полиграфическом производстве в связи с необходимостью учета условий хранения и транспортировки рулонных материалов.

В четвертой главе рассмотрена задача синтеза алгоритма управления перемоточной машиной. Предложена функциональная схема системы управления перемоточной машиной, позволяющая исключить из схемы

плавающие валики за счет использования системы приводов узлов размотки, намотки и подачи полотна. Основной задачей при разработке алгоритма управления приводами перемоточной машины является поддержание задаваемой из технологических соображений постоянной скорости движения полотна при учете силы его натяжения. Используются 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. Разработанный в данной главе метод синтеза алгоритма управления перемоточной машины имеет важное значение для совершенствования оборудования полиграфических производств.

В заключении приводятся основные результаты и выводы, изложенные в десяти пунктах.

Текст диссертации завершается списком основных сокращений, литературы и приложениями, включающими S-модели исследуемых узлов машин и акты об использовании результатов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что:

- предложена компоновочная схема перемоточной машины с сенсорными валами и системой автоматического управления приводами, которая обеспечивает выполнение технологических требований к процессу перемотки (обеспечение заданной постоянной скорости движения полотна и диапазона силы натяжения полотна);
- разработана геометрическая модель поперечного сечения рулона в виде эквидистантной спирали; исследованы геометрические свойства спирали, используемые в динамических и математических моделях узлов машин;
- разработано математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для расчета и исследования эквидистантной спирали и ее параметров;
- предложена методика определения масс-инерционных характеристик вращающегося рулона в процессе его размотки и намотки с учетом неидеальности формы его поперечного сечения, эксцентриситета оси вращения;
- разработаны динамические и математические модели узлов размотки, намотки и перемоточной машины в целом, учитывающие неидеальность формы поперечного сечения рулона и втулки, механические характеристики приводов, упругость полотна на участках;

– предложена схема подчиненной системы управления на основе декомпозиции объекта управления, представленного перемоточной машиной, с использованием метода согласованного управления;

– разработан метод синтеза алгоритма управления перемоточной машиной на основе декомпозиции и согласованного управления.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке на основе выполненных исследований узлов перемоточного оборудования полиграфического производства методов моделирования процессов перемотки рулонных материалов и алгоритмов управления приводами узлов размотки и намотки. Полученные в диссертации научные положения доведены до практической реализации в виде алгоритмического и программного обеспечения для компьютерного моделирования алгоритмов управления узлами перемоточной машины. Практическая значимость диссертационных исследований заключается в разработке алгоритмов и программ для моделирования геометрических характеристик рулонных материалов, а также решения задач оптимального управления приводами для поддержания требуемых значений скорости и силы натяжения полотна с учетом режимов работы оборудования. Практическая значимость результатов работы подтверждается полученными автором актами об использовании результатов диссертационной работы в типографиях, а также апробацией результатов работы на межвузовских конференциях.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, базируется на обоснованном использовании методов математического моделирования, аналитического и численного решения математических моделей, применением теории автоматического управления, согласованностью полученных результатов с опубликованными ранее результатами, полученными другими авторами.

Результаты исследований подтверждены публикациями в рецензируемых изданиях и обсуждены на научно-технических конференциях различных уровней. По теме диссертации опубликованы 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Замечания

По диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. В списке литературных источников отсутствует ряд работ авторов, упоминаемых в обзорной части, например – Куликова Б.В. Так же не уделено внимание работам Митрофанова В.П., Тюрина А.А., Фельдмана Л.В., занимавшихся вопросами натяжения бумажного полотна.

2. Ряд терминов полиграфического производства автор употребляет некорректно, в частности по ГОСТ 51205-98 следует использовать термин «рулонные машины», а не «ролевые» как в диссертации. Что может быть

обусловлено слабой работой с литературными источниками, в которых описаны принципы функционирования полиграфического оборудования.

3. В работе рассмотрены только процессы с непрерывной подачей материалов. В ряде технологических процессов осуществляется дискретная подача материала. Следовало бы проанализировать возможность предлагаемых алгоритмов управления для использования при дискретных перемещениях полотна.

4. В тексте второй и третьей главы автор использует термины “радиус вращения” и “радиус натяжения”, которые, по сути, представляют собой радиус-векторы (плечи сил), необходимые для аналитического описания моментов сил, действующих на рулон материала со стороны полотна. Использование данной терминологии следовало бы обосновать.

5. Автор в третьей главе предлагает геометрическую модель поперечного сечения рулона в виде эквидистантной спирали. Следовало бы дать оценку насколько указанная модель позволяет повысить точность вычислений и насколько при этом возрастает трудоемкость расчетов.

6. В четвертой главе приведены результаты синтеза алгоритма управления перемоточной машиной. На основании полученных результатов следовало бы представить рекомендации по совершенствованию перемоточного оборудования на конкретном примере с оценкой возможных затрат и возможным повышением производительности, с учётом опыта внедрения в ООО «Типография ЛИТАС» и ООО «Росбалт»

7. В диссертации следовало бы уделить больше внимания вопросу применимости разработанных алгоритмов, в частности при каких значениях эллиптичности рулона может быть использован предлагаемый алгоритм управления.

8. В тексте диссертации имеются опечатки, например, на стр. 13, 42, 50, 96, 158. Некоторые изображения не имеют ссылки на литературные источники.

Указанные замечания ни в коей мере не снижают общей положительной оценки выполненного исследования.

Заключение

Диссертация Степанова П.Е. «Анализ и управление процессами перемотки рулонных материалов в машинах полиграфического производства» выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне, является законченной научно-квалификационной работой, результаты работы достоверны, обладают научной новизной и практической значимостью. Работа оформлена в соответствии с необходимыми требованиями, предъявляемыми к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Разработанные модели, алгоритмы и методы расчета достаточно подробно описаны, подкреплены иллюстрациями, расчетными схемами, графиками. Автореферат диссертации полностью отражает основные положения диссертационной работы. Основные положения диссертации достаточно полно изложены в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, и доложены на 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 Минобрнауки России.

Диссертация по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости соответствует требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым 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).

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

Отзыв принят по результатам обсуждения диссертационного исследования на заседании кафедры «Полиграфические системы» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» протокол № 3 от 10 ноября 2025 г.

Заведующий кафедрой
«Полиграфические системы»
ФГАОУ ВО «Московский
политехнический университет»
к.т.н.

Суслов Михаил Вадимович

Сведения о ведущей организации:

10.11.2025г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет»

Адрес: 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38

E-mail: mospolytech@mospolytech.ru

Телефон +7 (495) 223-05-23

Сайт: <https://mospolytech.ru/>

Подпись Суслова М.В. заверяю

ДЕЛОПРОИЗ
ПОГОРЕЛ