

Совершенствование системы управления качеством бумаги по ширине полотна на базе интеллектуальных технологий

А. В. Бахтин, М. О. Слюта

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
Высшая школа технологии и энергетики
marina_slyuta@mail.ru

Аннотация. Повышение качества бумажной продукции на широких бумагоделательных машинах предполагает реализацию высокоточного управления основными показателями качества бумаги, такими как основной вес, влажность и толщина. Управление каждым из них состоит из нескольких десятков исполнительных механизмов, имеющих пересекающиеся зоны влияния, и ставит, таким образом задачу одновременного координированного управления всей линейкой исполнительных механизмов. Помимо этого, показатели основного веса, влажности и толщины бумажного полотна связаны между собой через эти линейки исполнительных механизмов, управление которыми влияет на несколько показателей качества. В результате возникает задача управления сложным объектом с большим количеством взаимосвязанных параметров. Для решения этой проблемы в данной статье предложено использовать систему управления из нескольких нейронных регуляторов, объединенных общим критерием снижения суммарной ошибки управления.

Ключевые слова: целлюлозно-бумажное производство; бумагоделательная машина; управление по ширине полотна; нейронный регулятор; показатели качества бумажного полотна; взаимосвязанное управление; объект управления с распределенными параметрами

I. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ ШИРОКИМИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

Целлюлозно-бумажная промышленность постоянно развивается. С каждым годом осуществляется внедрение наиболее современных технологий, дорогостоящего оборудования, новейших разработанных идей и методик для достижения высокого качества продукции. Сложность различных технологических процессов, присутствие разного рода химико-физических реакций увеличивает сложность в управлении целлюлозно-бумажным производством. Только современная система управления предприятием может справиться с огромным рядом задач управления, увеличить эффективность производства, а также создать конкурентоспособный продукт на рынке.

Процесс производства бумаги состоит из нескольких сложных этапов, которые взаимосвязаны и выполняются непрерывно. Это создает значительную сложность и определяет особенности при автоматизации самого процесса изготовления бумажного полотна [1].

Одной из ключевых задач автоматизации процесса производства бумаги является регулирование на бумагоделательной машине (БДМ) параметров качества по ширине бумажного полотна. Для изготовления высококачественной бумаги необходимо, чтобы ее

свойства соответствовали определенным установленным стандартам.

На качество готовой продукции оказывают влияние такие параметры, как вес 1 м^2 , влажность и толщина бумажного полотна. Нестабильность данных параметров приводит к увеличению количества брака, обрывов полотна и затрудняет плотную и ровную намотку на накате БДМ, что может привести к повышенному числу дефектов внутри рулона и, следовательно, к несоблюдению сроков поставки для потребителя.

При значительных колебаниях массы 1 м^2 становится невозможным поддерживать устойчивый режим производства, так как возрастает число обрывов полотна. Также, высокое значение массы 1 м^2 приводит к неэкономному использованию волокна. Поэтому при грамотном управлении данным показателем качества бумажного полотна можно экономить на сырье, за счет поддержания параметра на минимальном значении в рамках установленного допуска.

Еще одним важным показателем качества бумажного полотна является влажность. Количество воды, которая содержится в отдельных волокнах, влияет на их прочность, эластичность и свойства, связанные с процессом изготовления бумаги.

Установление равномерной толщины бумажного полотна в продольном и поперечном направлениях является важным для большинства типов бумаги, хотя для некоторых видов она может не регламентироваться. Колебания в толщине полотна, как правило, влекут за собой неравномерность печати [2].

II. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА БУМАГИ ПО ШИРИНЕ ПОЛОТНА

Для поддержания всех необходимых параметров качества бумаги в установленных значениях существует сложная система «CD-control» (Cross Direction control – управление по ширине полотна).

Управление свойствами поперечного направления (управление CD) движущегося бумажного полотна является сложной и актуальной задачей управления на данный момент. Она включает в себя перемещение множества исполнительных механизмов для воздействия на профиль, содержащий большое число измеряемых величин.

На бумагоделательных машинах существует множество ограничений, как со стороны технологического оборудования, так и со стороны оператора. Количество регулируемых элементов в

приводе CD обычно составляет от 50 до 200, а количество измерений в профиле обычно составляет от 300 до 1000.

Управление CD также включает в себя компромиссы между многими измеряемыми свойствами, которые влияют на качество бумажного изделия. Часто система привода влияет на несколько свойств, таких как влажность и толщина [3].

В настоящее время представлен ряд компаний, которые производят системы управления бумагоделательными машинами: шведско-швейцарская компания «Asea Braun Boveri» (ABB), специализирующаяся в области электротехники и энергетического машиностроения; финский производитель технологического оборудования для целлюлозно-бумажной промышленности «Valmet»; американская корпорация «Honeywell International», производящая электронные системы управления и автоматизации.

Для анализа работы системы автоматического управления качественными показателями бумаги была исследована типовая бумагоделательная машина с системой управления фирмы ABB.

Управление в поперечном направлении системой «CD-control» включает в себя такие задачи, как: управление весом, влажностью и толщиной (рис. 1).

Система управления весом регулирует профиль верхней губы напорного ящика, выполненной из стальной полосы, которая разделена на 64 зоны при помощи линейных шаговых двигателей, которые работают за счёт давления воздуха, подаваемого с компрессора. Один шаг двигателя равен 2 микрона.

Принцип работы системы управления влажностью заключается в регулировании увлажнения в каждой зоне бумажного полотна, путем изменения расхода воды и давления воздуха в 85 водовоздушных спрысках увлажнительной балки.

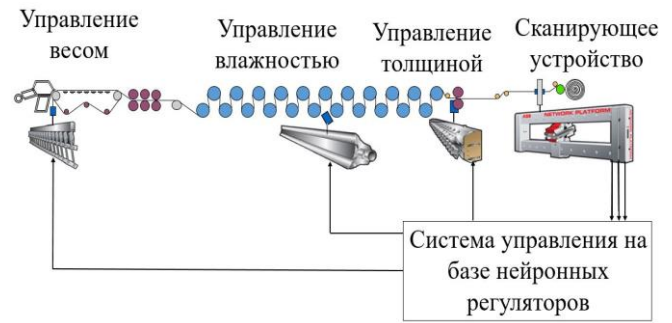


Рис. 1. Общая структура системы управления показателями качества бумаги по ширине полотна

Толщина бумаги регулируется за счет нагрева каландрового вала отдельно в 114 зонах электрическими грелками. При обдуве какой-либо зоны каландрового вала горячим воздухом, происходит небольшое увеличение диаметра вала в этой зоне, и как следствие увеличение давления на бумагу.

Одной из главных частей системы «CD-control» является сканирующее устройство, движущееся поперёк бумажного полотна. На нем установлены датчики для измерения основных параметров: вес 1 м², влажность и толщина бумажного полотна.

На рис. 2 представлен пример экрана системы управления БДМ фирмы ABB. На экране изображены профили веса, толщины и влажности, а также положения всех исполнительных механизмов, с помощью которых происходит регулирование данными параметрами качества бумажного полотна.

На рис. 3 представлены профили качественных показателей, на которых виден установленный диапазон допустимых значений 2σ. Таким образом, снижая уровень массы в пределах допустимого значения и соответственно увеличивая значение влажности в пределах нормы, можно экономить сырье, тем самым сокращать затраты на производстве, не снижая качества конечного продукта [2, 3].



Рис. 2. Пример экрана системы управления профилями бумажного полотна



Рис. 3. Требования к качеству управления

III. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ БУМАГИ ПО ШИРИНЕ ПОЛОТНА

Система «CD-control» подразумевает под собой взаимосвязанное управление между параметрами.

На рис. 4 представлена зависимость профилей качественных показателей от изменения положений исполнительных механизмов.

На изменение показателя веса влияют изменения положений исполнительных механизмов профиля веса и профиля влажности. На изменение показателя влажности влияют изменения положений исполнительных механизмов профиля веса и профиля влажности. На изменение показателя толщины влияют изменения положений исполнительных механизмов профиля толщины, веса и влажности. В итоге получается 7 моделей взаимосвязей. На рис. 4 представлена взаимосвязь между параметрами качества и графики по каждой из 7 моделей взаимосвязей.

В настоящее время имеющиеся системы управления не могут одновременно поддерживать все

контролируемые параметры качества бумажного полотна на целевых значениях.

Для совершенствования системы управления качеством бумаги по ширине полотна было предложено использовать обучаемую нейронную сеть (рис. 1). Это позволяет заменить сложную многомерную функциональную зависимость более простой для понимания сетевой структурой.

В рамках исследования был разработан алгоритм управления качеством бумаги с применением искусственного интеллекта на базе нейронных сетей (рис. 5).

Согласно алгоритму, изначально происходит поступление новых измеренных профилей. После поступления данных со сканера, производится расчет ошибок управления по весу, влажности и толщине i-го такта измерения в соответствии с установленными значениями.

Затем происходит формирование и обучение нейронных регуляторов для каждой из 7-ми моделей,

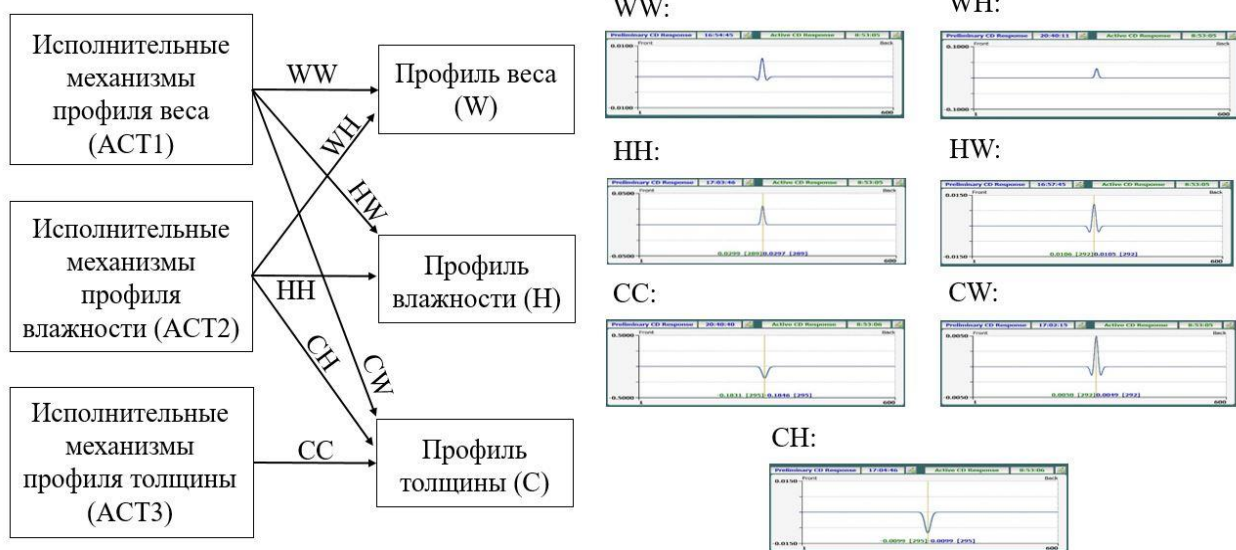


Рис. 4. Концептуальная структура системы взаимосвязанного управления качеством бумаги

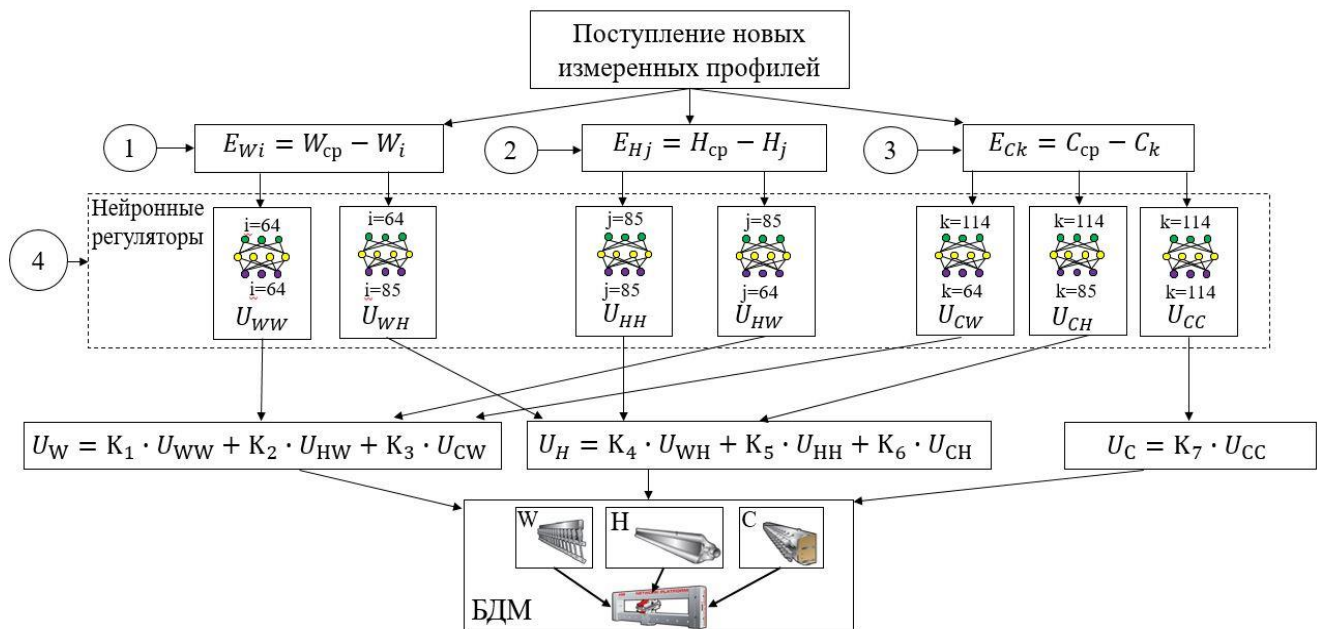


Рис. 5. Алгоритм нейросетевой системы управления показателями качества бумаги

которые используются для расчетов управляющих воздействий, передаваемых в систему управления на бумагоделательную машину.

Далее происходит расчет новых ошибок управления (такт $i+1$) и сравнение ошибок предшествующего такта с новыми. После чего, если ошибка управления нового такта больше, происходит подстройка коэффициентов с помощью оптимизационного алгоритма с критерием оптимизации (1), представленным ниже и далее формирование новых нейронных регуляторов и расчет управляющих воздействий с новыми коэффициентами. Если же новые ошибки меньше предыдущих, то происходит возврат на начальный этап к расчету ошибок уже нового такта измерения.

$$\sum_{i=1}^{64} \left(\frac{y_{W_i} - y_{W_{зад}}}{y_{W_{зад}}} \right) + \sum_{j=1}^{85} \left(\frac{y_{H_j} - y_{H_{зад}}}{y_{H_{зад}}} \right) + \sum_{k=1}^{114} \left(\frac{y_{C_k} - y_{C_{зад}}}{y_{C_{зад}}} \right) \rightarrow \min \quad (1)$$

Данная формула критерия оптимизации подразумевает под собой совокупность всех ошибок управления по заданным профилям веса (64 зоны), влажности (85 зон) и толщины (114 зон) приведенных к установленному значению. Сумма этих ошибок должна стремиться к минимальному значению [2, 4].

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований предложена структура и принципы функционирования системы управления сложным, нелинейным объектом с большим количеством распределенных параметров на базе нескольких нейронных регуляторов. Подобная структура может быть использована не только для задач управления широкими бумагоделательными машинами, но и для управления другими подобными объектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ohenoja M. Multiple Property Cross Direction Control of Paper Machines / M. Ohenoja, K. Leiviska // Modeling, Identification and Control. 32:3, 2011. pp. 103-112.
- [2] Бахтин А.В. Развитие системы управления показателями качества бумажного полотна на базе нейросетевых технологий: дис. ... канд. техн. наук: / СПбГТУРП – СПб., 2000. 154 с.
- [3] Gorinevsky D. Performance Analysis of Cross-Direction Process Control Using Multivariable and Spectral Models / D. Gorinevsky, R. Vyse, M. Heaven // IEEE Transactions on Control Systems Technology. 8:4, 2000. pp. 589-600.
- [4] Зорин И.Ф. Управление процессами целлюлозно-бумажного производства / И.Ф. Зорин, В.П. Петров, С.А. Роговская. М.: Лесная промышленность, 1981. 272 с.