

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК

Санкт-Петербургского
государственного университета
технологии и дизайна



Серия 1

Естественные
и технические науки

№ 4/2021

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 621: 681.51

DOI 10.46418/2079-8199_2021_4_20

С. Л. Горобченко, Д. А. Ковалёв

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186 РФ, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

КРИТИЧЕСКИЕ КОНТУРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА И РЕГУЛИРУЮЩАЯ АРМАТУРА

© С. Л. Горобченко, Д. А. Ковалёв, 2021

Рассмотрены вопросы анализа контуров регулирования технологических схем бумагоделательного производства на критичность. Дано определение критичности контура. Предложена классификация контуров регулирования по критичности. Продемонстрированы примеры наиболее критических контуров регулирования. Показано, что наибольший вклад в погрешность контура регулирования вносят регулирующие клапаны. Предложен алгоритм выбора регулирующих клапанов для критических контуров регулирования. Показаны достижимые показатели экономического эффекта по наиболее критичным для технологии контурам. Обобщены линии развития контуров в зависимости от тенденций развития технологии. С учетом обобщения тенденций развития контуров регулирования показаны перспективные направления развития регулирующих клапанов как в составе критических для технологии контуров, так и в составе стандартных контуров регулирования.

Ключевые слова: контуры регулирования, технология бумагоделательного производства, регулирующие клапаны.

Определение критичности оборудования играет одну из главных ролей в реализации многочисленных производственных и технологических процессов. К критическому оборудованию может относиться оборудование для комбината в целом, для цеха или участка, технологического процесса и отдельных операций. Критичность оборудования влияет на периодичность и глубину ТО, частоту проверки и настройки оборудования, уровень внимательности диспетчеров, ремонтного персонала и др. К сожалению, проблема критичности оборудования, его классификации и разработки путей оптимизации оборудования по критерию критичности практически не изучена. Особенно эта проблема касается определения критичных контуров регулирования и одного из наиболее важных элементов системы регулирования ЦБК — регулирующих клапанов на ЦБК.

В работе ставится задача определить критичные контуры регулирования по технологическому признаку в линиях производства бумаги и картона, выявить критерии их определения, предложить пути анализа контуров регулирования на критичность и определить алгоритм выбора регулирующих клапанов для таких контуров.

Критический контур регулирования — это контур, в котором небольшое изменение входных параметров приводит к недопустимо большому колебанию выходных параметров, которые не могут в достаточной степени быть устранены контуром регулирования в основном из-за недостаточной точности и динамических характеристик регулирующих органов и исполнительных механизмов.

Среди множества контуров регулирования можно выделить те, которые определяют технологию. В ЦБП — это контуры концентрации и разбавления, контуры соотношения воздуха и топлива в горелочных устройствах, питательной воды в котлах и др. Многие участки технологии и установленные на них контуры регулирования, такие как узел гидроразбивателя или участок обработки брака, не являются определяющими для технологии или качества выпускаемой продукции.

Могут быть и другие контуры. Так, например, сгущение представляет собой с точки зрения контуров регулирования сложную динамическую взаимосвязь нескольких качественно различных контуров. Но в результате сгущения технологически могут быть утрачены достоинства работы предшествующих технологических ступеней, например фракционированной массы. Это равносильно тому, как если бы пригодную облагороженную и фракционированную массу слить в один бак. Для получения того же качества среды после такого сгущения придется практически заново проводить технологические операции.

Наибольшую долю в погрешность регулирования контура вносят регулирующие клапаны [1], рис. 1.

1. Классификация контуров регулирования по критичности

Критичность контуров технологических процессов ЦБП не сводится только к указанной критичности контура по особенностям изменения передаточной функции и коэффициента усиления. В ЦБП также ярко выражены критические участки и оборудование по выполняемой функции, по взаимосвязанности контуров, по специализи-

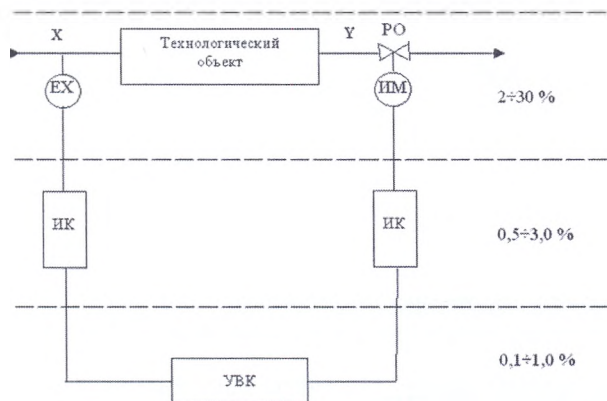


Рис. 1. Погрешности преобразования различных частей контуров управления [1]

Таблица 1. Классы контуров регулирования по критичности

<p>По выполняемой функции</p> <ul style="list-style-type: none"> — контуры регулирования концентрации — контуры поддержания расхода и давления — контуры поддержания технологических параметров (температуры, уровня, pH и др.). 	<p>По сложности и требованиям к точности ведения технологического процесса</p> <ul style="list-style-type: none"> — контур регулирования веса (массы) m^2 — узел напорного ящика и осветленной воды — узел размола — узел подготовки и облагораживания массы — пароконденсатная система.
<p>По взаимосвязанности и взаимовлиянию контуров регулирования</p> <ul style="list-style-type: none"> — независимые — взаимозависимые («танцующие») 	<p>Специализированные</p> <ul style="list-style-type: none"> — по надежности — специализированные (контур грязевика, дозирования химикатов, для условий высокой цикличности, для условий высокой пульсации, специализированные на устранении гипсаци, для агрессивных сред и др.).

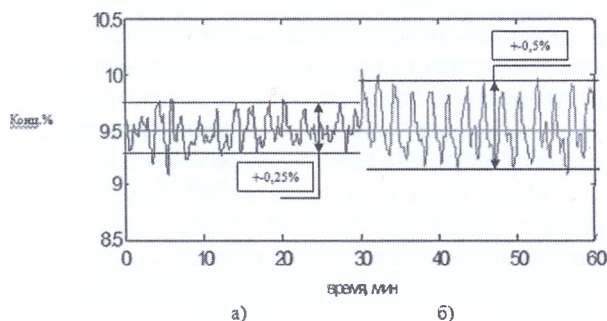


Рис. 2. Контур регулирования концентрации а) только по концентрации; б) по многим параметрам с оптимизацией контура на основе уравнения баланса массы

рованности, а также по требованиям к точности ведения технологического процесса. Приведем классы контуров регулирования по критичности, табл. 1.

Ниже подробно рассматриваются разделы классификации и обоснование по применению регулирующих клапанов.

1.1. Классификация по выполняемой функции

Контур регулирования концентрации. Контур регулирования концентрации является главными контурами в технологических процессах ЦБП. С приближением к напорному ящику степень точности

отработки заданий системы автоматизации должна повышаться. Вершиной является клапан веса (массы) m^2 , который должен обеспечивать максимальную точность регулирования. К нему предъявляются высокие требования по линейности, чувствительности, надежности и пр. Клапанная доска, представляющая собой многоканальный регулятор и обеспечивающая регулирование налива в поперечном направлении на сеточный стол, традиционно выделяется в отдельный элемент оборудования и в данном исследовании не рассматривается.

Контур разбавления. С контурами регулирования концентрации тесно связаны контуры разбавления, которые зачастую являются составной частью контура регулирования концентрации. Если входящим параметром также является масса с очень низкой концентрацией, то такой клапан разбавления будет иметь значительно более высокий уровень критичности по сравнению с обычным из-за резкого непропорционального роста расхода при минимальных изменениях концентрации.

Часто контуры разбавления являются чисто технологическими, например после сгустительных бассейнов, промывателей, но в то же время степень их важности и критичности будет определяться степенью воздействия на показатели концентрации.

Сложность контура разбавления определяется тем, что он должен регулировать множество взаимосвязанных параметров. Для этих целей переходят от регулирования чисто концентрации к регулированию на основе материального баланса.

В концепции управления концентрацией контроллер, работа которого основана на балансе массы, используется в комбинации с каскадным регулированием расхода разбавительной воды. Основой улучшенного регулирования является то, что некоторые измерения нормируются. В дополнение к концентрации массы также измеряются расход массы, расход разбавления и входящая концентрация. С использованием уравнения баланса массы точное количество разбавляющей воды может быть вычислено в каждой ситуации.

Пример сравнения разных способов регулирования концентрации (по материальному балансу и только по концентрации) приведен на рис. 2. Отклонения при регулировании только по концентрации превышают значения при регулировании концентрации по балансу массы на 50%, при этом время выхода на режим составляет менее 30 мин, в отличие от обычного времени регулирования (>30 мин.).

Контур поддержания расхода и давления. Эти контуры в максимальной степени связаны с параметрами самого клапана, поскольку сам современный принцип регулирования поворотной арматурой (они наиболее характерны для применения в ЦБП) основан на взаимосвязи расхода и давления. В наибольшей степени их роль проявляется там, где необходимо поддерживать точные дифференциалы давления. Эти контуры характерны для напорных сортировок, вихревых очистителей, насосов и других элементов, где дифференциал давления на входе и выходе, а также степень сложности взаимосвязи между ними является одним из важнейших технологических параметров.

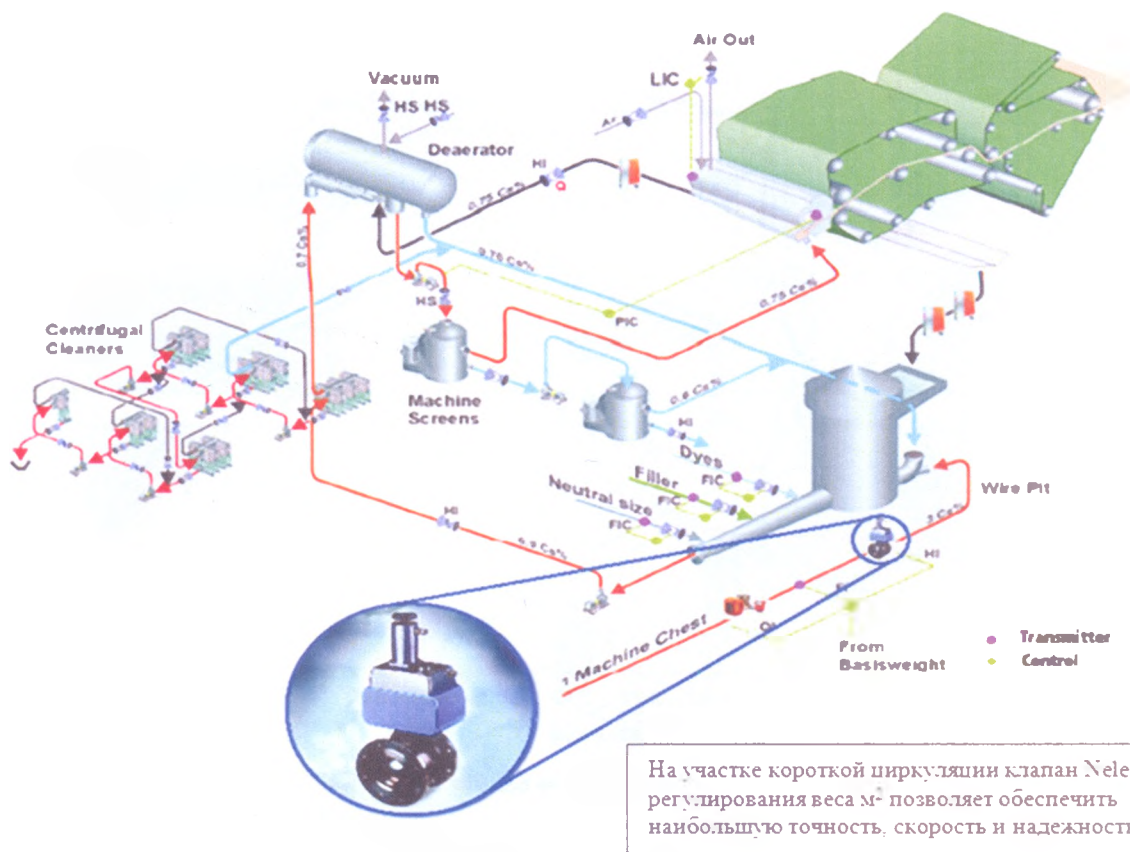


Рис. 3. Контур регулирования веса m^2 в бумагоделательной машине (Metso Automation)

Контур поддержания технологических параметров (температуры, pH, уровня и др.). Эти контуры являются важными для той части технологического процесса, где он в наибольшей степени зависит от них. Так, уровень в бассейне может повлиять на весь процесс в целом, т. к. при резком его изменении он задаст пульсацию давления по всей технологической цепочке и такую пульсацию трудно будет устранить самыми совершенными средствами регулирования.

Известны случаи, когда резкий отбор воды для разбавления из технологической емкости, работающей как на контур разбавления клапана веса m^2 , так и на другие ветки технологического оборудования, приводил к неустрашимым колебаниям веса m^2 . Контроль уровня может быть наиболее важен для контуров регулирования в гидроразбивателе, поскольку от него зависит как степень концентрации массы уже на начальном этапе, так и скорость и эффективность разволокнения массы.

Контур регулирования температуры являются важными с точки зрения регулирования технологического процесса, зачастую при этом являются частью более сложной системы регулирования. Так, при регулировании сушки полотна температура является непрямым параметром, и регулирование осуществляется за счет физической зависимости от давления пара или его расхода. В контурах регулирования массы контур температуры в основном связан с контуром расхода или давления, обеспечивающими выполнение установленного сигнала по температуре.

1.2. Классификация по сложности и требованиям к точности ведения технологического процесса

Конкретное формирование контуров регулирования связано с особенностями их вписывания в технологический процесс. Условно технологический процесс изготовления бумаги можно разделить на массоподготовительное отделение и бумагоделательное производство, или мокрый и сухой конец.

Массоподготовительное отделение. В нем выделяется размольное отделение. Так, в узле доразбавления массы до требуемой концентрации перед размолом необходимо более точно, чем обычно, выдерживать требуемые значения концентрации и расхода. В противном случае регулирование размола становится неустойчивым.

Требуется быстрое и точное регулирование давления, эффективное регулирование концентрации при размоле, точность позиционирования и низкий гистерезис в регулирующих клапанах.

Участок подготовки и облагораживания массы. Учитывая значительное потребление макулатуры, требуется специализация узлов сортировки и очистки с целью достижения максимального фракционирования массы. Для устойчивой и эффективной работы сортировок требуется точное выдерживание концентрации, разницы давлений и расхода. Дополнительно появляются специализированные контуры регулирования выведения отходов, подачи химикатов или подготовки и подачи воздуха (при флотации).

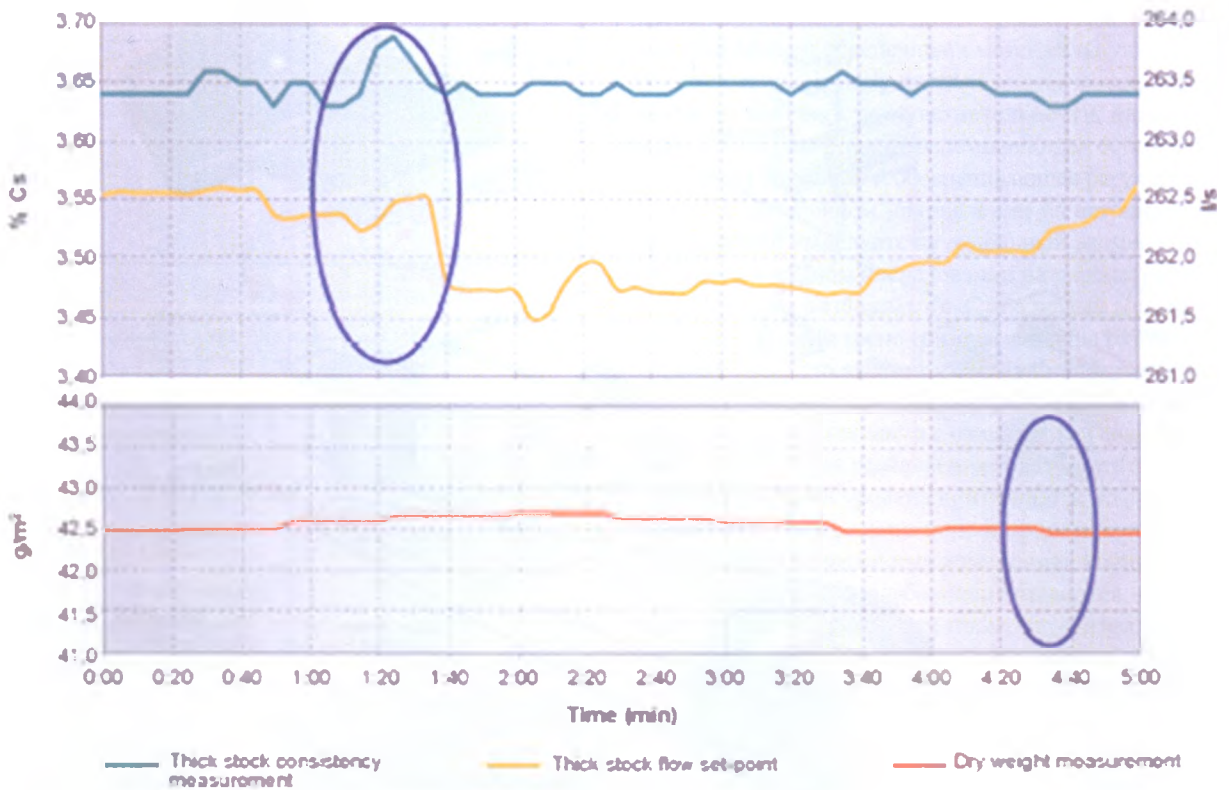


Рис. 4. Диаграмма регулирования веса m^2 для получения стабильного граммажа бумаги на накате

Среди основных требований к регулирующим клапанам важны:

- для клапана рециркуляции — точность положения и стабильность;
- для клапана регулирования расхода машинной сортировки — точность расхода в среднем диапазоне регулирования.

На участке дозирования формируется окончательная композиция массы. Для этого от клапанов требуется высокая точность позиционирования, низкий гистерезис, быстрое действие, отсутствие мертвых зон, запаздывания или заедания. С учетом высокой абразивности среды необходим переход к керамическим регулирующим клапанам.

Напорный ящик. Напорный ящик следует выделить отдельно. Он является последним и самым важным технологическим элементом, после которого регулирование бумажной массы как таковой уже становится невозможным. Одним из важных критических контуров регулирования в нем является узел деаэрации из-за возможности вскипания или вспенивания массы и ухудшения качества подготовленной массы в целом. Там должны использоваться специальные клапаны с возможностью подавления вскипания и вспенивания массы. Уровень в напорном ящике обеспечивается подушкой противодействия. Для поддержания уровня должны использоваться клапаны со стабильным ходом затвора.

Не менее важным является и узел машинной сортировки, технологически связанный с напорным ящиком. В нем все элементы, соприкасающиеся с массой, должны в максимальной степени способствовать устранению образования узелков, сгустков, схватыванию фибрилл и т. д.

Условия давления имеют решающее значение для работы машинных сортировок. Перепад давления на них устанавливается с помощью клапанов. Для этих целей используются специальные поворотные заслонки с полированной поверхностью.

Как видно, не все контуры должны обладать высокой точностью. Приведенный пример показывает, что и сам клапан, как часть контура, должен претерпевать значительные изменения, чтобы соответствовать требованиям технологического процесса.

Контур регулирования веса m^2 . Без сомнения, контур регулирования веса m^2 является ведущим и наиболее критическим контуром регулирования в бумагоделательном производстве.

Целлюлозная масса, поступающая на мокрый конец бумагоделательной машины, подается через ряд технологических аппаратов. Она смешивается с добавками, образуя суспензию, которая равномерно распределяется по сетке бумагоделательной машины для формирования полотна, рис. 3.

Обозначения: Centrifugal Cleaners — батарея очистителей; Deaerator — деаэратор; Machine screen — напорная сортировка; Wire pit — ванна подсеточной воды; Machine chest — машинный бассейн; Basis weight control loop — контур регулирования веса (массы) m^2 бумаги; Transmitter — датчик концентрации.

Концентрация целлюлозного сырья является ключевым фактором, определяющим как качество, так и сорт бумаги. Масса (вес) m^2 измеряется на сухом конце машины. Это измерение подается обратно через главный компьютер на мокрый конец машины,

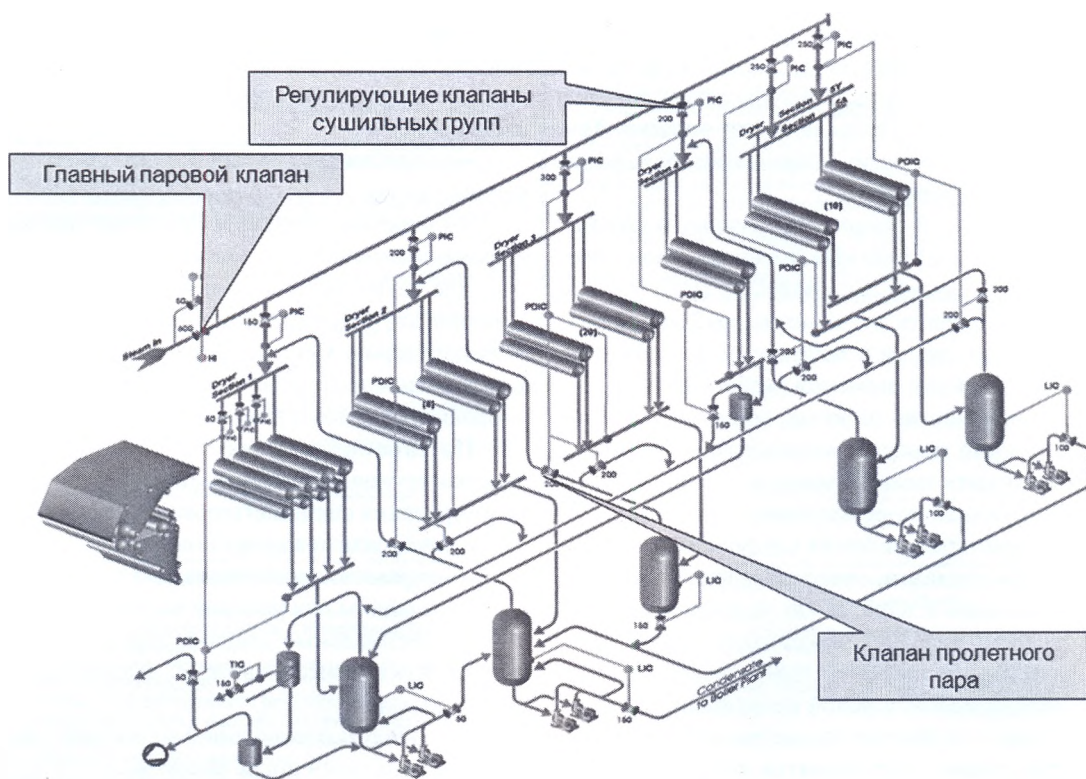


Рис. 5. Критичные участки пароконденсатной системы

где производятся настройки для получения полотна, соответствующего требованиям технических условий. Поэтому эффективность и совершенство регулирующего клапана веса метра квадратного имеет решающее (критическое) значение. Он должен быть точным и способным реагировать на точные изменения уставки. Время отклика должно быть быстрым. Например, если отсутствует камера сглаживания колебаний в потоке, нерегулярная перекачка может вызвать скачки расхода, которые клапан должен немедленно исправить.

При управлении весом m^2 краткие отклонения в граммаже должны правильно регулироваться на месте возникновения. Неожиданные пики в концентрации компенсируются уменьшением расхода массы, тем самым избегая отклонений в весе m^2 на накате. Схему управления весом m^2 иллюстрирует рис. 4.

Контур должен обладать наиболее совершенным клапаном с минимальным гистерезисом и мертвой зоной, минимальными люфтами, собственной диагностикой и, в итоге, наиболее высокой точностью регулирования. Этот узел и дальше будет развиваться, специализируясь в основном только на повышении точности регулирования.

Узел осветленной воды. Пример многих фабрик показывает, что при низких концентрациях воды даже небольшие отклонения приводят к значительной колебательности расхода. В качестве примера можно привести опыт канадской фабрики, где сначала на узле осветленной воды стоял клапан с погрешностью регулирования 0,8% [2]. Это значение было бы нормально для обычного контура регулирования, но только

не для узла осветленной воды. При таком значении погрешность изменения расхода осветленной воды, возвращаемой на напорный ящик, была чрезвычайно высока и качественно регулировать вес m^2 не удавалось из-за резкой и непредсказуемой колебательности.

Решением стало ужесточение точности регулирования и снижение погрешности контура до 0,3%. В результате отклонения в сопряженных контурах не выходили за пределы допуска технологического регламента. В него были внесены соответствующие изменения, и в настоящее время установленное значение для этого контура регулирования составляет 0,3%. Как можно видеть, потребовалось в 2,7 раза повысить точность контура, для того чтобы обеспечить жесткие требования технологии. Для этих целей пришлось в большей степени работать над расходной характеристикой регулирующего клапана и перевести его с шарового на сегментный.

Основные требования к клапанам связаны с поддержанием давления в коллекторе разбавляющей воды. Они должны обладать следующими характеристиками: хороший отклик, точность позиционирования, низкий гистерезис, несколько положений для подсоединения к коллектору.

Пароконденсатная система. Температура сушильного цилиндра регулируется давлением поступающего пара. Колебания этого давления вызывают колебания влажности производимой бумаги. Все клапаны регулирования давления пара требуют особого внимания с точки зрения гистерезиса и точности. Расположение критических участков в пароконденсатных системах показано на рис. 5.

При управлении перепадом давления в сушильных цилиндрах проблемы в контурах регулирования и клапанах нелегко обнаружить, так как размер цилиндра «поглотит» их часть. Контур регулирования влажности и давления уменьшают эти ошибки. Тем не менее эти клапаны очень важны, и их поведение должно быть безупречным.

В досушивающей секции при разнице в колебательности давления в 15–30 кПа отклонения по температуре на полотне может составлять до 10°C. Точные клапаны смогут снизить это значение до 2 кПа, а разницу температур свести к минимуму. Результатом будут наиболее низкие значения разбега влажности, более высокое качество полотна, минимальные обрывы по причине переувлажнения, отсутствие коробления, лучшая наматываемость и стабильность реза на ПРС (продольно-резательном станке) и др.

Другим примером является следующий. При подаче пара с конденсатом, который может достигать до 5% содержания в паре, из-за падения давления в несовершенных клапанах может происходить вскипание пара из конденсата. Из-за значительной разницы в объеме между паром и водой регулировать расход и давление пара — основные параметры регулирования температуры сушки — становится затруднительно. В конденсатных системах контуры, ответственные за перекачку и поддержание расхода и давления характеристик конденсата, также являются важными, поскольку пар вторичного вскипания, образующийся в конденсатных системах, резко меняет характеристики расхода и показатели регулирования.

Наиболее характерными примерами критических контуров регулирования в пароконденсатной системе может быть узел главного парового клапана, контуры регулирования перепада давления и установленные в них клапаны прецизионного регулирования перепада давлений в сушильных цилиндрах, узлы клапанов пролетного пара.

1.3. Классификация по взаимосвязанности и влиянию контуров

Наиболее сложные виды контуров — это взаимозависимые, сопряженные, т. н. «танцующие» контуры регулирования. Они отличаются тем, что определенные изменения в них вызывают большие колебания параметров на следующих участках технологии, при этом попытка стабилизировать их при помощи обратной связи приводит к развитию автоколебательного или длительно незатухающих колебаний регулируемого параметра. Примером таких взаимосвязанных контуров являются контуры регулирования уровня подачи воды из баков на разбавление, работающие совместно с регуляторами концентрации.

1.4. Классификация по специализированности контуров

По надежности. Неотъемлемым качеством системы управления является их надежность. В ЦБП эта проблема ярко проявляется в сложности и опасности технологического процесса, Сложность технологиче-

ского процесса, в свою очередь, приводит к большой вероятности выхода контуров регулирования и клапанов из строя. Участками технологии, критичными по требованиям к уровню надежности в ЦБП, являются следующие:

- участки повышенной пульсации и гидравлических ударов;
- участки с большой вероятностью кавитации и эрозии.

Для таких участков часто требуются специализированные контуры для управления отстройкой от гидроударов, клапаны с повышенной стойкостью к гидравлическим ударам, компактностью и низкой виброактивностью и высокой сейсмостойкостью.

По специализированности контура. Многие участки технологии и соответствующие им контуры регулирования специализированы. Например, это:

- шаровая крышка,
- керамические клапаны для подачи химикатов,
- клапаны для условий высокой цикличности,
- специальные клапаны для сложных (многокомпонентных, высоковязких, высококонцентрированных) сред,
- клапаны повышенной жесткости для условий высокой пульсации после насосов,
- специальные дозирующие клапаны (например, типа Pocket Feeder компании Metso Автоматизация) для вывода отходов из грязевиков вихревых очистителей песочниц.

2. Выбор регулирующих клапанов для критических контуров регулирования

Выбор клапанов основывается на анализе критических контуров регулирования в соответствии с технологической схемой и проводится в следующей последовательности.

1. Анализируются уравнения материального баланса по конкретным контурам регулирования.
2. По результатам анализа технологической схемы выделяются контуры, где небольшие изменения параметров на входе приводят к непропорционально большому или малому изменению параметров на выходе. Эти контуры рассматриваются отдельно, и для них производится специальный выбор клапанов, способных работать в таких условиях.
3. Проводится расчет точности регулирования и анализ возможностей снижения погрешности регулирования.
4. Клапаны для этих контуров рассчитываются по специализированной программе расчета (например, CONVAL с целью анализа работы клапана).
5. Далее проводится оптимизация контуров регулирования на основе выбора клапанов с учетом линейности и качества регулирования или отстройки от критических состояний для конкретных контуров регулирования в соответствии с особенностями работы контура и заданием от системы АСУ ТП.
6. Критические контуры выделяются в системе автоматизации (SCADA) и учитываются в отдельных функциональных блоках с предоставлением тревожных

Таблица 2. Тенденции развития контуров регулирования

В составе основных технологических контуров	В составе стандартных контуров
<ul style="list-style-type: none"> — снижение потерь, потребления энергоресурсов и химикатов, разброса показателей и увеличение числа вложенных циркуляционных схем; — укрупнение узлов, повышение скорости и требований к стабильности выходных характеристик при большей колебательности входящих параметров; — повышение непрерывности контроля и насыщение схем измерительными комплексами, повышение кратности обработки волокна; — увеличение «нестабильности» технологической схемы, поддержание технологического режима за счет постоянного подрегулирования; — снижение транспортного плеча — обработка в процессе транспортировки (пример: технология Lobe mix) — уменьшение компенсирующих и резервных элементов, например, емкостей хранения; — увеличение взаимосвязанных контуров, каскадов, непрерывной обработки материала (барабанные фильтры, сортировки, очистители и др.); — создание оптимизационных пакетов многосвязного и адаптивного регулирования 	<ul style="list-style-type: none"> — увеличение требований технологических гарантий; — повышение степени эксплуатационной готовности; — динамическая адаптация; — минимизация аварий и безопасности при аварийных режимах; — снижение колебаний при переходных процессах; — требование увеличения срока безостановочной работы; — специализация контуров регулирования по типу обслуживаемого участка техпроцесса; — увеличение числа контуров, их типов и объема информации и числа настроечных параметров, передаваемых на них; — выделение измерительных контуров регулирования, критических и специализированных контуров регулирования.

Таблица 3. Перспективы развития регулирующих клапанов

Клапаны в составе основного измерительного комплекса	Клапаны в составе элемента технологического процесса и арматурного хозяйства
<ul style="list-style-type: none"> — сочетание характеристик клапана с измерительным прибором в составе контура регулирования; — выделение специализированных контуров регулирования по новым критериям критичности; — автопроверка на эффективность регулирования по заданным технологическим параметрам в составе систем автоматизации; — создание информационно-измерительных комплексов; — математическое обеспечение, способное прогнозировать изменение процесса или погрешности, например, перерегулирования. 	<ul style="list-style-type: none"> — усложнение клапанов и внедрение клапанных узлов; — повышение надежности клапанов; — интеллектуализация клапанов; — интегрирование клапанов в систему автоматизации; — снижение издержек за счет развития сервисного обслуживания.

(алармовых) сообщений для потребителей технологических сообщений.

Эффективными решениями для критических контуров регулирования в ЦБП является применение сегментных шаровых кранов, точных зубчато-реечных приводов, широкое использование специальных регулирующих элементов в арматуре, снижающих влияние негативных явлений на регулируемость потока. Рост качества и оценки уровня регулирования в таких контурах достигается использованием цифровых позиционеров и полевых шин типа FFV и Profibus.

Экономическую эффективность от применения качественных регулирующих клапанов в контурах регулирования можно показать на следующих примерах.

Примеры:

1. Клапан веса m^2 . Повышение качества регулирования при использовании клапана регулирования веса m^2 достигается при повышении разрешения (точности по шагу) с 1% до 0,007% с использованием сегментных клапанов с выверенной расходной характеристикой и шаговым приводом.

2. Узел осветленной воды. Замена обычного клапана подачи осветленной воды на разбавление на сегментный шаровой кран позволяет повысить точность регулирования расхода в 2,7 раза.

3. Пароконденсатная система. Замена седельных клапанов на поворотные-плунжерные клапаны повышает прецизионность поддержания перепада давления в 5 раз.

4. Узел дозирования химикатов. Замена аналоговых позиционеров на цифровые и использование сегментных шаровых кранов вместо обычных шаровых кранов снижает перерасход сырья до 65%.

5. Узлы циркуляционных схем. Использование клапанов с шабрирующими седлами и специальными посадками седел снижает проблему загрязнения и отравления циркуляционных схем, в особенности гипсацию, накопление отходов, налипание на регулирующие элементы, максимально увеличивая длительность межремонтных периодов, снижая потребность в техническом обслуживании и замене клапанов.

Одним из ведущих направлений в развитии применения регуливающей арматуры для критических контуров регулирования может быть разделение направлений регулирования на клапаны в составе основных технологических контуров регулирования потока массы и клапаны в составе элемента регулирования потоков вспомогательных сред в общих (стандартных) контурах технологического процесса.

Тенденции развития контуров обоих направлений обобщены и представлены в табл. 2.

Исходя из показанных тенденций развития контуров регулирования, можно выделить основные тенденции развития регулирующих клапанов в их составе.

Таким образом, можно подвести некоторые итоги. Решение задачи классификации контуров регулирования по определению критичности для технологии во многом определяет рейтинг и приоритетность выбора регулирующих клапанов. Из множества предлагаемых на рынке решений могут быть легко отвергнуты те, которые не соответствуют требованиям технологии по точности, быстродействию, наличию мертвой зоны, надежности и пр. Следуя общему алгоритму выбора регулирующих клапанов для критичных участков технологических схем ЦБП, станет возможным получить максимальный экономический эффект от внедряемых

решений. Определение принадлежности регулирующих клапанов к тому или иному показателю критичности также позволяет более точно и ясно определить и перспективы применения предлагаемых решений для конкретных контуров регулирования в ЦБП и адекватно подходить к выбору оптимальных технических средств при разработке проектов АСУ ТП.

Список литературы

1. Кондрашкова Г. А., Бондаренкова И. В., Черникова А. В. Метрологический анализ систем измерения и управления: учеб. пособие. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2017. 134 с.
2. Application bulletin Neles valves. URL: https://valveproducts.neles.com/catalog/837/Technical_bulletins__ENG1.html

3. Ицкович Э. Л. Методы рациональной автоматизации производства. М.: Инфра-Инженерия, 2009. 256 с.
4. Харазов В. Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. СПб.: Профессия, 2009. 592 с.
5. Буйлов Г. П., Доронин В. А., Серебряков Н. П. Автоматика и автоматизация производственных процессов целлюлозно-бумажных производств. М.: Экология, 1995. 320 с.
6. Тотухов Ю. А., Суриков В. Н., Горобченко С. Л. Оценка потерь точности регулирования расхода при использовании трубопроводной арматуры различных типов // Журнал ТПА /ТПА 2012. № 2. С. 87–91.
7. Горобченко С. Л. Современный подход к регулирующим клапанам с целью повышения точности контуров регулирования //Трубопроводная арматура и оборудование. 2009. № 6. С. 43–48.

S. L. Gorobchenko, D. A. Kovalev

St. Petersburg State University of Technologies and Design
191186 Russia, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya str, 18

CRITICAL CONTROL LOOPS IN PAPERMAKING TECHNOLOGY AND CONTROL VALVES FOR THEM

The issues of analysis of the control loops of technological schemes of papermaking production for criticality are considered. The definition of the control loop's criticality is given. The classification of control loops by criticality is proposed. Examples of the most critical control loops are demonstrated. It is shown that the largest contribution to the error of the control loops is made by control valves. An algorithm for selecting control valves for critical control loops is proposed. The achievable indicators of the economic effect for the most critical loops for the technology are shown. The lines of loop's development depending on the trends of technology development are generalized. Taking into account the generalization of trends in the development of control loops, promising directions for the development of control valves are shown both as part of the loops critical for the technology, and as part of the standard control loops common to the technology.

Keywords: control loops, papermaking technology, control valves.

References

1. Kondrashkova G. A., Bondarenkova I. V., Chernikova A. V. Metrological analysis of measurement and control systems: textbook. St. Petersburg: SPbGUPTD, 2017. 134 p. (in Rus.).
2. Application bulletin Neles valves. URL: https://valveproducts.neles.com/catalog/837/Technical_bulletins__ENG1.html
3. Itskovich E. L. Methods of rational automation of production. M.: Infra-Engineering, 2009. 256 p. (in Rus).
4. Kharazov V. G. Integrated process control systems. St. Petersburg: Profession, 2009. 592 p. (in Rus).
5. Buylov G. P., Doronin V. A., Serebryakov N. P. Automation and automation of production processes of pulp and paper industries. M.: Ecology, 1995. 320 p. (in Rus).
6. Totukhov Yu. A., Surikov V. N., Gorobchenko S. L. Estimation of flow control accuracy losses when using various types of pipe fittings // TPA /TPA. 2012. No. 2. pp. 87–91 (in Rus).
7. Gorobchenko S. L. Modern approach to control valves in order to improve the accuracy of control circuits //Pipeline fittings and equipment. 2009. No. 6. pp. 43–48 (in Rus).