

УДК 681.532

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ  
И УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧИ БУМАЖНОЙ  
МАССЫ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ Б-21АМ  
ООО «ПРИКАМСКИЙ КАРТОН»**

**Шиляев Д.В., Билоус О.А.**

*ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,  
Пермь, e-mail: boa@msa.pstu.ac.ru*

Разработана система автоматизированного контроля и управления подачи бумажной массы, включающая в себя систему автоматического регулирования уровня бумажной массы в напорном ящике. Приведено краткое описание технологического процесса на предприятии ООО «ПРИКАМСКИЙ КАРТОН». Перечислены контролируемые системой параметры при производстве бумаги. Для реализации системы используется трёхуровневая схема автоматизации. Предлагается обоснованный выбор комплекса технических средств нижнего уровня, аппаратных и программных средств среднего и верхнего уровней. Разработана визуализация технологического процесса в SCADA-системе WinCC. Разработанная система автоматизированного контроля и управления обеспечит непрерывное отслеживание технических параметров системы, позволит контролировать и регулировать положения задвижек трубопроводов, а также задавать уровень бумажной массы в напорном ящике и скорость истечения бумажной массы из напорного ящика.

**Ключевые слова:** система автоматизированного контроля и управления, АСУ ТП, электропривод, частотный преобразователь, исполнительный механизм, преобразователь интерфейса

**DESIGN OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF PAPER-PULP FEED  
FOR PAPER-MAKING MACHINE B-21AM IN «PRIKAMSKY KARTON» LTD**

**Shilyaev D.V., Bilous O.A.**

*Federal State Budget Educational Establishment «Perm National Research Polytechnic University»  
Perm, e-mail: boa@msa.pstu.ac.ru*

The automated control and management system of paper-pulp feed including the system of automated control of paper-pulp level in pressure container has been developed. Brief description of technological process at «Prikamsky Karton Ltd.» has been given. Some parameters of paper production process controlled by the system have been specified. A three-level automation scheme is used for system design. A reasonable choice of low-level equipment, mid-level and high-level hardware and software is offered. Technological process visualisation has been developed using WinCC SCADA system. The automated control and management system developed will provide continuous tracing of technological process parameters, allow to control and regulate pipe valve states along with setting the paper-pulp level in pressure container and paper-pulp outflow rate from pressure container.

**Keywords:** automated control and management system, process control system, electric drive, frequency converter, actuating mechanism, interface converter

Система подачи бумажной массы является сложным технологическим объектом, включающим несколько контуров регулирования. От того, насколько точно поддерживаются заданные параметры, зависит качество и количество выпускаемой бумаги, и непрерывность самого технологического процесса. Спроектированная система ав-

томатизированного контроля и управления подачи бумажной массы бумагоделательной машины Б-21 АМ ООО «ПРИКАМСКИЙ КАРТОН» позволяет увеличить производительность, исключить опасные и вредные воздействия производственных факторов на обслуживающий персонал. Перечень контролируемых параметров приведен в табл. 1.

Таблица 1

Контролируемые параметры

Наименование параметра	Ед. изм.	Диапазон изменения
Уровень бумажной массы в напорном ящике	м	0÷0,43
Суммарный напор	м	0÷3
Уровень бумажной массы в сепараторе	м	0÷3
Скорость движения формующей сетки	м/мин	0÷500
Положение клапанов воздухоудовки	%	0÷100
Положение клапана сепаратора	%	0÷100
Производительность насоса	м <sup>3</sup> /мин	0÷27

**Краткое описание  
технологического процесса**

Вторичная макулатурная масса из очистного отдела подаётся в картонно-бумажный цех в бассейн целлюлозы ёмкостью 85 м<sup>3</sup>, оснащённый датчиком уровня и снабжённый циркуляционным устройством ЦУ-06. Из машинного бассейна после регулирования массовой доли бумажная масса насосами подаётся в бачок постоянного напора, оснащённый датчиком уровня. Далее масса поступает на всасывающий патрубок смесительного насоса, где разбавляется регистровой водой. Разбавленная масса с помощью насоса поступает на узлоловители, оснащённые манометрами, где она очищается от крупных включений, пучков волокон и других загрязнений. Очищенная масса поступает в напорный ящик. После этого производится процесс отлива и формования полотна, который зависит от ряда факторов: скорости машины при соответствующем суммарном напоре в напорном ящике, величины напускной щели, а также компоновки сеточного стола с установленными на нем обезживающими элементами. На сеточном столе проходит отлив и формование бумажного полотна на движущейся бесконечной сетке.

**Структура системы автоматизации**

Для реализации разрабатываемой системы используется трёхуровневая схема автоматизации: нижний уровень включает в себя первичные измерительные преобразователи (датчики), исполнительные механизмы (клапаны, электропривод, частотный преобразователь); средний уровень включает в себя микропроцессорные регуляторы, осуществляющий в заданном цикле сбор измерительных данных, обработку и передачу этих данных на верхний уровень; верхний уровень включает в себя персональный компьютер со специализированным программным обеспечением, осуществляющим сбор информации с контроллера среднего уровня, итоговую обработку этой информации, отображение и документирование данных контроля в виде, удобном для анализа и принятия решений оперативным и технологическим персоналом.

Нижний уровень автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) связан со средним уровнем измерительными каналами, в которые входят все измерительные средства и линии связи от точки учета до контроллера, включая его входные цепи. Средний уровень АСУ ТП связан с верхним уровнем каналом связи, в качестве которого могут использоваться физические проводные линии связи, выделенные или коммутируемые телефонные каналы, радиоканалы. Передача данных по этим каналам, как правило, осуществляется по стандартным интерфейсам (интерфейсы RS-232, RS-485).

Структура трехуровневой схемы является иерархической. Это означает, что подсистема верхнего уровня может получать информацию от подсистем нижнего уровня только через средний, и наоборот.

**Комплекс технических средств  
нижнего уровня**

Для измерения физических параметров системы напуска бумажной массы, необходимо выбрать датчик уровня бумажной массы в напорном ящике, датчик уровня бумажной массы в сепараторе, датчик суммарного напора. Главным требованием к выбираемым датчикам является обеспечение диапазона измерений, а также требование по среднему сроку службы (от 5 лет). В табл. 2 приведены измерительные преобразователи уровня различных производителей, удовлетворяющие вышеприведенным требованиям. Уровнемер ОВЕН ПД100-ДГ0, 6-137-05 дает самую низкую погрешность измерений. Этот датчик состоит из преобразователя давления (сенсорный блок) и электронного преобразователя. Датчики имеют унифицированный электронный преобразователь.

Для измерения уровня бумажной массы в напорном ящике необходимо выбрать уровнемер, обеспечивающий измерения в диапазоне (0÷10) кПа, что соответствует (0÷10) м с погрешностью не более 1%. Таким требованиям также удовлетворяет датчик гидростатического давления (уровня) ОВЕН ПД100-ДГ0, 6-137-05 с рабочим диапазоном (0÷10) кПа.

**Таблица 2**

Основные технические характеристики уровнемеров

Технические характеристики	Требуемые значения	LS-10	ОВЕН ПД100-ДГ 1534	ИСУ-100М
Диапазон измерений, м	0–0,5 (3)	0–10	0–0,6 (3)	0,1–15
Аналоговый выход, мА	4–20	4–20	4–20	0–20; 4–20
Погрешность измерений	1%	1%	0,5%	1%

Для измерения уровня бумажной массы в сепараторе необходимо выбрать уровнемер, обеспечивающий измерения в диапазоне (0÷40) кПа, что соответствует (0÷40) м с погрешностью не более 1%. Таким требованиям удовлетворяет датчик ОВЕН ПД100-ДГ0, 6-137-05 с рабочим диапазоном (0÷40) кПа.

Для измерения суммарного напора в напорном ящике необходимы три датчика ОВЕН ПД100-ДГ0, 6-137-05 с рабочим диапазоном (0÷40) кПа, с выходным сигналом (4÷20) мА и погрешностью измерений 0,1%.

**Выбор исполнительных механизмов.** В состав исполнительных механизмов входят три регулирующих клапана: два трёхходовых клапана в системе воздухоудовки Legris 4203 с пневматическим приводом Legris 4203 и электропневматическим позиционером. Позиционер преобразует унифицированный входной сигнал с регулятора (4÷20) мА в пропорциональный ему пневматический сигнал управления привода клапана. Третий аналогичный двухходовой клапан для регулирования уровня в сепараторе. Приводы указанных клапанов пневматические. Время отработки клапанов с таким приводом намного меньше, чем у клапанов с электрическим приводом.

**Выбор преобразователя частоты.** ООО «Пермский картон» давно и успешно работает со средствами автоматизации компании Siemens. Частотный преобразователь SIEMENS SIMOVERT MASTERDRIVES 6SE7136 представляет собой программируемые устройства для регулирования частоты вращения асинхронных двигателей. Силовая схема выполнена по системе «выпрямитель–инвертор». Встроенный процессор позволяет осуществлять оптимальное управление компонентами силовой схемы для поддержания заданных параметров электропривода. Кроме выполнения функции регулирования скорости, процессор преобразователя следит за такими параметрами, как ток и скольжение, и ограничивает их на заданном уровне.

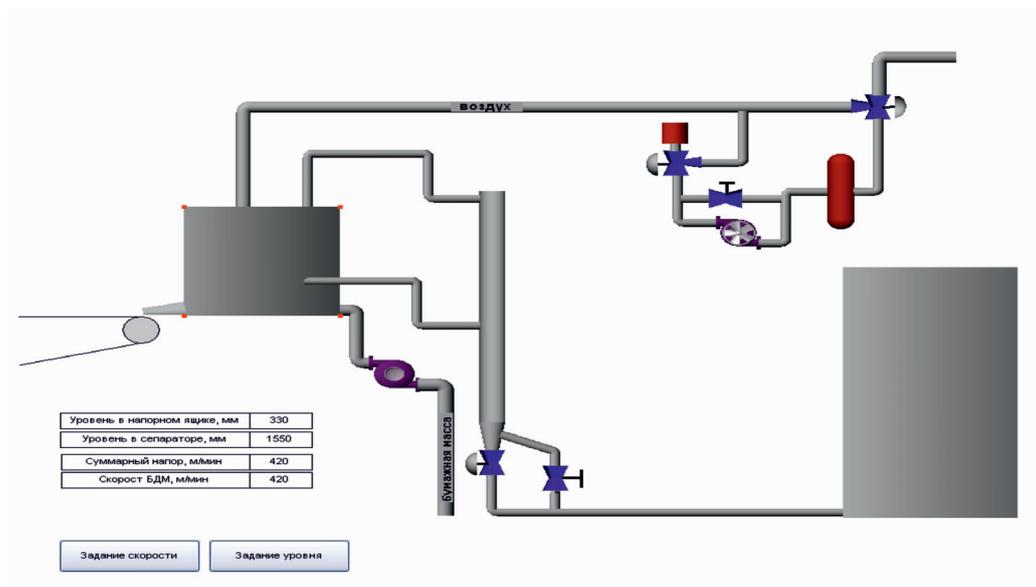
Также все преобразователи частоты SIEMENS SIMOVERT содержат активный блок питания/рекуперации AFE, что позволяет приводу не зависеть от свойств питающей сети и надежно работать в любых условиях. За счет активного выпрямления и применения специальных фильтров AFE возвращает в сеть «чистую» синусоиду, так, что типичные для подобных устройств гармоники 5-, 7-, 11-, 13-го и других порядков практически отсутствуют.

Преобразователи частоты SIMOVERT MASTERDRIVE VC обладают возможностями контроллера типа SIMATIC благодаря наличию в базовом программном обеспечении свободно проектируемых блоков, легко комбинируемых между собой посредством бинекторов (бинарные сигналы) и коннекторов (16/32-ый битные сигналы). Преимущество данной технологии заключается как в простой реализации решений, так и в адаптированном для каждого пользователя решении задачи без дополнительных затрат на аппаратную часть.

#### **Аппаратные и программные средства среднего уровня**

Для реализации среднего уровня рассматриваемой системы достаточно приобрести три аппаратных микропроцессорных ПИД-регулятора. Сравнительный анализ технических показателей аппаратных ПИД-регуляторов показал, что у каждой фирмы можно найти аппаратные ПИД-регуляторы, удовлетворяющие технологическому процессу. Критерию удобства использования удовлетворяют регуляторы SIEMENS SIPART DR21.

Регулятор SIEMENS SIPART DR21 – высоконадежный, гибкий контроллер для различных применений. Реализуемые функции – от простого контроля заданной уставки до сложного режима замкнутого контура регулирования. Регулятор процесса SIPART DR21 является прибором цифрового действия, отвечающий требованиям от среднего до высшего класса. Он используется в установках автоматического регулирования, входящих в технологию производственных процессов, таких как химия и нефтехимия, техника управления и техника электростанций. Структура входа регулятора SIPART DR21 посредством конфигурации может быть изменена таким образом, что могут быть решены следующие задачи регулирования: автоматическая стабилизация параметра; трехкомпонентное регулирование; следящее регулирование и регулирование синхронного хода; включение возмущающих воздействий на выходе; регулирования с управлением от вычислительной машины в режиме SPC или DDC. Все установки осуществляются через фронтальную панель обслуживания SIPART DR21 или через интерфейс RS 485 в программе конфигураторе SIPROMDR21 и SIMATICPDM. SIPART DR21 имеет два аналоговых входа (4÷20) мА, один аналоговый выход (4÷20) мА и шесть цифровых входов.



*Визуализация технологического процесса*

**Выбор преобразователя интерфейса.** Чтобы связать регуляторы с операторской станцией, необходим преобразователь интерфейса. Овен АС3 используют для построения сетей, предназначенных для контроля и управления различными устройствами. Овен АС3 предназначен для преобразования сигналов ведущего устройства с интерфейсом RS 232 в сигналы для удаленных устройств (терморегуляторы, счетчики и др.) с интерфейсом RS 485.

**Аппаратные и программные средства верхнего уровня**

В состав подсистемы верхнего уровня АСУ ТП входят рабочая станция, аппаратные средства для обеспечения обмена данными с контроллерами по используемой «полевой шине». Подсистема верхнего уровня АСУ ТП решает задачи диагностирования подсистем среднего и верхнего уровней; конфигурирования и настройки контроллеров, сети передачи данных, каналов измерения; ведения архивов изменения параметров системы управления; формирования отчетов произвольной формы и содержания по запросу оператора.

Визуализация технологического процесса изображена на рисунке.

Для создания верхнего уровня системы управления системой подачи бумажной массы используется SCADA-система. Так как средний уровень реализуется на технике фирмы Siemens, то логичным будет выбор SCADA-системы,

разработанной этой фирмой. WinCC (WindowsControlCenter) – компьютерная система человеко-машинного интерфейса, разработанная для решения задач визуализации и оперативного контроля. Базовая конфигурация системы включает набор функций, позволяющих выполнять событийно управляемую сигнализацию, архивирование результатов измерений, регистрировать технологические данные и параметры настройки конфигурации, функции управления и визуализации.

Конфигурация промышленного компьютера для операторской станции должна удовлетворять требованиям программного обеспечения, обеспечивать стабильную безотказную работу. Всем требованиям к автоматизированному рабочему месту оператора удовлетворяют персональный компьютер HP Industrial PC, лазерный принтер HP Laser Jet 1020 и блок бесперебойного питания APC-300.

**Заключение**

Таким образом, спроектирована реализация системы автоматизированного контроля и управления подачи бумажной массы на базе современных технических средств автоматизации. После расчета параметров контур системы автоматического регулирования обеспечит требуемые показатели качества.

**Список литературы**

1. Даденков Д.А. Синтез микропроцессорных электро-механических упруго-диссипативных систем регулирования

скорости на примере секции каландра бумагоделательной машины // Перспективы развития техники и технологий в целлюлозно-бумажной промышленности. Пермский ЦНТИ. – 2013. – С. 113–122.

2. Даденков Д.А., Черемных Д.Н., Каверин А.А. Разработка и реализация алгоритма управления технологическим процессом экспериментальной установки имитации контуров регулирования целлюлозно-бумажного производства // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. Cals-технологии в энергетике: Пермь, ПНИПУ – 2012. – С. 296–308.

3. Даденков Д.А., Черемных Д.Н., Честиков А.П. Синтез и моделирование локальных контуров регулирования учебно-экспериментальной установки целлюлозно-бумажного производства // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2013. – № 7. – С. 131–142.

4. Иванов С.Н. Технология бумаги. – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с.

5. Черемных Д.Н., Даденков Д.А., Рябухин А.Л. Синтез и настройка локальных контуров регулирования уровня и расхода учебно-экспериментальной установки // Перспективы развития техники и технологий в целлюлозно-бумажной промышленности. Пермский ЦНТИ. – 2014. – С. 101–110.

### References

1. Dadenkov D.A. Sintez mikroprocessornyh jelectromehaničeskikh uprugodissipativnyh sistem regulirovanija skorosti na primere sekcii kalandra bumagodelatelnoj mashiny // Perspektivy razvitija tehniki i tehnologij v celljulozno-bumazhnoj promyshlennosti. Permskij CNTI. 2013. pp. 113–122.

2. Dadenkov D.A., Cheremnyh D.N., Kaverin A.A. Razrabotka i realizacija algoritma upravlenija tehnologičeskim processom jeksperimentalnoj ustanovki imitacii konturov regulirovanija celljulozno-bumazhnogo proizvodstva // Jenergetika. Innovacionnye napravlenija v jenergetike. Cals-tehnologii v jenergetike: Perm, PNIPU 2012. pp. 296–308.

3. Dadenkov D.A., Cheremnyh D.N., Chestikov A.P. Sintez i modelirovanie lokalnyh konturov regulirovanija uchebno-jeksperimentalnoj ustanovki celljulozno-bumazhnogo proizvodstva // Vestnik Permskogo nacionalnogo issledovatel'skogo politehničeskogo universiteta. Jelectrotehnika, informacionnye tehnologii, sistemy upravlenija. 2013. no. 7. pp. 131–142.

4. Ivanov S.N. Tehnologija bumagi. M.: Shkola bumagi, 2006. 696 p.

5. Cheremnyh D.N., Dadenkov D.A., Rjabuhin A.L. Sintez i nastrojka lokalnyh konturov regulirovanija urovnja i rashoda uchebno-jeksperimentalnoj ustanovki // Perspektivy razvitija tehniki i tehnologij v celljulozno-bumazhnoj promyshlennosti. Permskij CNTI. 2014. pp. 101–110.

### Рецензенты:

Казанцев В.П., д.т.н., доцент, профессор кафедры микропроцессорных средств автоматизации, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь;

Бочкарев С.В., д.т.н., доцент, профессор кафедры микропроцессорных средств автоматизации, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.