

# Разработка системы диспетчеризации автоматической промывки подачи жидких химикатов на целлюлозно-бумажном предприятии

А. В. Арефьева<sup>1</sup>, А. Б. Петроченков<sup>2</sup>

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

<sup>1</sup>arefewa@bk.ru, <sup>2</sup>zav@msa.pstu.ac.ru

**Аннотация.** В статье описывается процесс разработки системы. В качестве исследуемого технологического объекта была выбрана система подачи жидких химикатов на целлюлозно-бумажном предприятии. Предприятия формируют высокие требования к надежности функционирования технологических систем на современном уровне развития. Эта проблема является актуальной на сегодняшний день и одним из способов ее разрешения является автоматизация и оптимизация технологического процесса. Поэтому целью исследования является разработка систем автоматической промывки подачи жидких химических реагентов на целлюлозно-бумажном предприятии. Преимуществами для разработки такой системы являются: снижение энергозатрат, снижение эксплуатационных издержек, снижение человеческого фактора, увеличение безопасности, а также упрощение управления системой в целом. В ходе работы был исследован и описан объект управления. Кроме того, в ходе исследования были выбраны ключевые моменты для сбора информации о технологических параметрах, которые влияют на технологический процесс. Разработан алгоритм автоматической промывки подачи жидких химических веществ с учетом специфики используемых датчиков и измерительных приборов, органов управления и ПЛК. Подсистема автоматической промывки жидких химических веществ интегрирована в автоматизированную систему диспетчерского управления предприятия. Эта реализация также позволит достичь уровня единой интеллектуальной среды для управления технологическим процессом всего предприятия.

**Ключевые слова:** система диспетчеризации; целлюлозно-бумажное предприятие; алгоритм; FBD; автоматическая промывка подачи жидких химикатов

## I. ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень развития производств формирует высокие требования к надежности функционирования технологических систем. Каждая непредвиденная остановка выпуска продукции по причине выхода из строя элемента технологического оборудования приводит к значительным материальным потерям, нарушения ритмичности производства и проведение ремонтных работ. На целлюлозно-бумажном предприятии особенно актуальным является предотвращение возникновения внештатных ситуаций, развитие которых

может привести к серьезным авариям и экологическим катастрофам.

На современном уровне развития информационных и автоматизированных систем добиться безаварийной ритмичной работы производства возможно лишь с помощью автоматизации и оптимизации технологического процесса.

Таким образом, разработка и применение автоматизированных систем управления позволяет повысить эффективность и надежность работы всех служб, снизить износ оборудования, производить контроль действия персонала, упрощать управление системой, и, как следствие, предупреждать и предотвращать аварийные ситуации и позволять составлять индивидуальные программы работы для каждой подсистемы.

Целью исследования является разработка системы диспетчеризации автоматической промывки подачи жидких химикатов на целлюлозно-бумажном предприятии.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- исследовать объект управления;
- разработать алгоритм автоматизированного функционирования и выявления аварийных ситуаций;
- интегрировать подсистему автоматической промывки жидких химикатов в систему автоматизированного диспетчерского управления.

Участок подачи жидких химикатов, является ключевым для производства бумажной массы, от контролируемых параметров технологического процесса на данном этапе напрямую зависит ход последующих технологических операций, и качество выпускаемой продукции в целом.

Система должна учитывать порядка 30 технологических параметров в режиме реального времени. Сбор и обработка этих параметров – достаточно трудоемкий процесс, как с точки зрения построения информационной системы, так и с позиции физической системы (дорогостоящее оборудование, различные программные и аппаратные интерфейсы).

Для решения поставленной задачи использовались методы теории автоматического управления, моделирования, алгоритмизации. Проведены экспериментальные исследования с использованием технологических средств контроля и управления технологическим оборудованием (на основе, используемой на предприятии программы и методики испытаний программных и аппаратных средств контрольных параметров) [3].

При практической реализации алгоритмов автоматизированного моделирования использовались методы структурного и объектно-ориентированного программирования [4], тематические исследования, языки программирования Pascal, программная среда PMD BlockBuilder, язык FBD [5].

## II. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПРОМЫВКА ПОДАЧИ ЖИДКИХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Объектом исследования является подача жидких химикатов на целлюлозно-бумажном предприятии (рис. 1). Схема реализована в программном продукте HMIWebBuilder. На мнемосхеме представлены такие химические реагенты как бентонит (БЕ), амфотерные и катионные дисперсии (АКД), катионный крахмал (КК), полиакриламид (ППА).

Реагенты хранятся в виде порошка. Затем они поступают в баки, в которых они перемешиваются с водой, и полученная консистенция по трубам поступает на участок подачи химических реагентов. Кроме того, на мнемосхеме представлены: насосы перекачки, клапана подачи (под цифрами 1), клапана промывки (под цифрами 2).

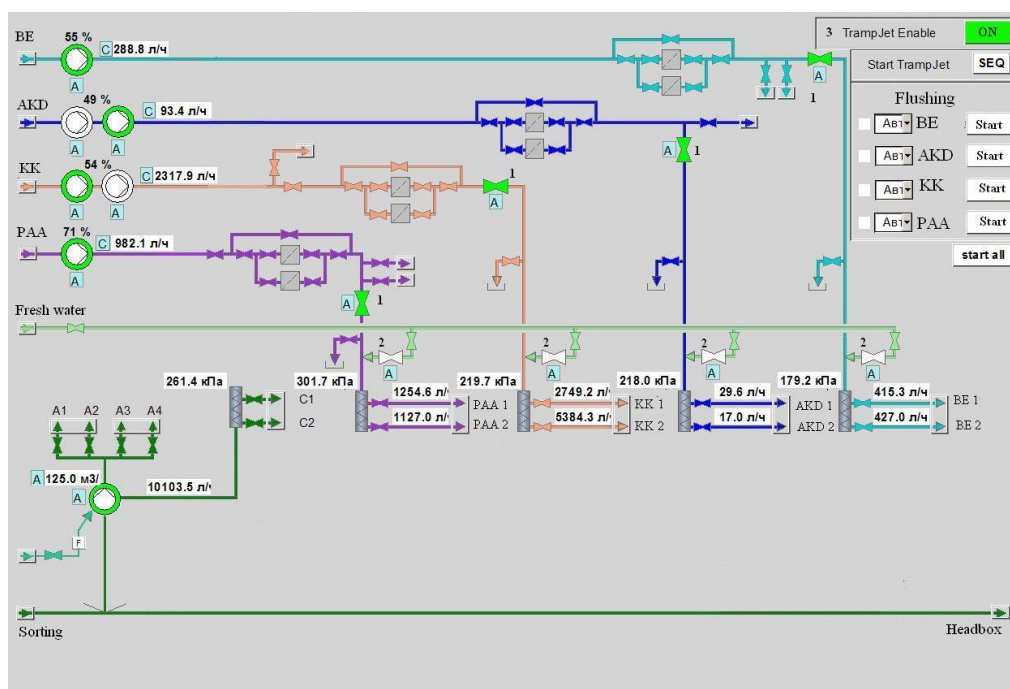


Рис. 1. Мнемосхема подачи жидких химикатов

## III. АЛГОРИТМ

На рис. 2 представлен разработанный алгоритм функционирования автоматической промывки подачи жидких химикатов.

Рассмотрим алгоритм более подробно:

После выполнения каждого шага происходит выдержка в 2 секунды. Это нужно для того, чтобы шаг успел получить сигнал с контроллера и завершиться.

Шаг 1: На данном шаге происходит проверка работы насосов перекачки химикатов, таких как насос БЕ, насос КК, насос АКД и насос ПАА, и подачи самих реагентов. Если условия выполнены, то происходит переход на следующий шаг.

При условии, что насосы перекачки включены система находится в нормальном режиме работы. Это означает, что в системе не возникает аварийных ситуаций и все оборудование исправно работает.

Шаг 2: Если насосы перекачки выключены и подача прекращена, то происходит переход на следующий шаг.

Шаг 3: Сначала элементы системы переводятся в автоматический режим. Переход элементов системы нужен для их управления и отслеживания с диспетчерской станции при возникновении ошибок и потери сигнала.

После перевода системы, закрываются клапана подачи химических реагентов. Далее происходит проверка закрытия данных клапанов с помощью условия: Если клапана закрылись, то ожидание 2 секунды и переход на следующий шаг, иначе ожидание 10 секунд. В случае, если

по истечению времени клапана так и не закрылись, алгоритм останавливается. Затем элементы системы переводятся в ручной режим работы, и оператор вызывает ремонтную бригаду для устранения проблемы.

Шаг 4: Сперва клапана промывки переводят в автоматический режим работы. Затем им поступает сигнал на открытие. Происходит проверка открытия клапанов аналогично условиям из шага 3.

В случае, если условия выполнены, то производится промывка труб в течении 5 минут. По истечении этого времени алгоритм переходит на следующий шаг.

Шаг 5: Закрытие клапанов промывки химических реагентов. Проверка закрытия аналогично условиям из

шага 3. Если условия выполнены, то переход на следующий шаг.

Шаг 6: Открытие клапанов подачи химикатов. Проверка открытия происходит аналогично условиям из шага 3. Если условия выполнены, то переход на следующий шаг.

Шаг 7: Сначала запускаются насосы перекачки жидких химикатов. Затем система ждет заполнения баков с реагентами до допустимого уровня. После того как пришел сигнал о допустимом уровне, алгоритм переходит к следующему шагу.

Шаг 8: Включение подачи жидких химикатов и переход в нормальный режим работы системы.

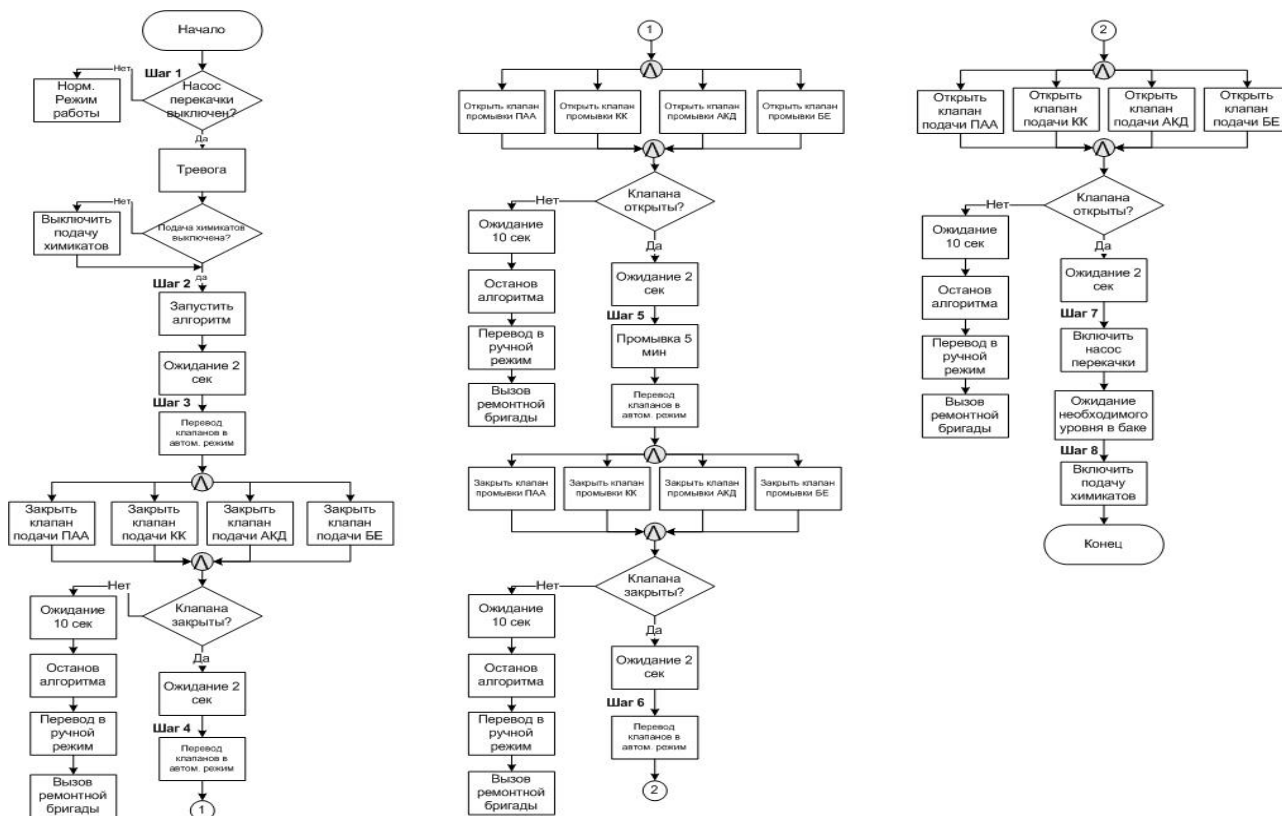


Рис. 2. Алгоритм автоматической промывки подачи жидких химикатов

#### IV. ВНЕДРЕНИЕ

Как уже отмечалось, рассматриваемый объект является очень ответственным.

С точки зрения подходов к построению систем сбора и обработка информации на объектах такого класса известны работы [6, 7]. Например, в работе Д.В. Шилиева рассматривается внедрение автоматизированной системы

управления тепловым пунктом [8]. Общей чертой рассматриваемых подходов является надлежащее «размещение» ответственного оборудования в «правильных» точках и реализация соответствующего алгоритма для них. Выбор оборудования является прерогативой предприятия и не рассматривался в этом исследовании. С точки зрения алгоритмизации подход, основанный на FBD-диаграммах, кажется универсальным [9].

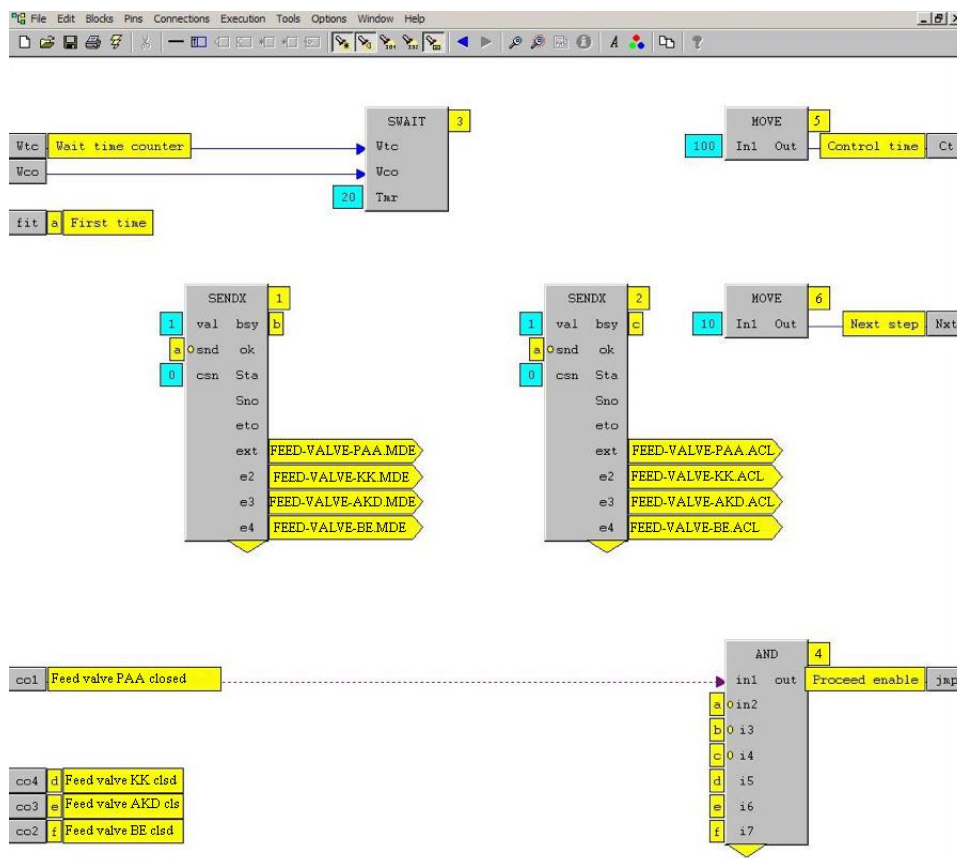


Рис. 3. Реализация алгоритма

#### А. Построение логической модели

На рис.3 представлена часть логической модели алгоритма, которая реализована в программном продукте PMD BlockBuilder на языке программирования FBD. Данный рисунок соответствует шагу 3 в алгоритме, представленном на рис. 2. FBD—это графический язык программирования, предназначенный для программирования программируемых логических контроллеров (ПЛК) [10].

На схеме располагаются различные входные и выходные сигналы (пины), а также различные стандартные блоки, с помощью которых осуществляется построение логической модели. Цифры с правой стороны у блоков означают очередность выполнения действий логической модели.

Разработанный алгоритм относится к известному классу пошаговых алгоритмов [11]. Новизна заключается в использовании быстродействующих контроллеров и представлении технологических параметров в агрегированном темпе технологического процесса, ориентированного преимущественно на автоматический режим (при более точном учете «ручных» параметров, например, как в работе [12–14], будем иметь дело с более перекрестными связями и с наличием более мощных вычислительных ресурсов).

#### В. Решение задачи

Сперва выполняется работа блоков SENDX. Они предназначены для управления передачей данных в модулях и между модулями по отдельности для каждого пина.

На рис.3 первый блок SENDX используется для перевода системы в автоматический режим. Это осуществляется с помощью входного пина MDE объекта FEED-VALVE. Второй блок SENDX используется для автоматического закрытия клапанов химических реагентов. Автоматическому закрытию соответствует входной пин ACL объекта FEED-VALVE.

Далее выполнение действий логической модели переходит к блоку SWAIT, который является временем ожидания. Работа данного блока состоит в двухсекундном ожидании для того, чтобы предыдущий блок успел завершиться.

После чего алгоритм переходит к проверке действий выполнения шага. Для этого используется блок AND, который предопределен для суммирования входных сигналов. Пины co1, co2, co3, co4 соответствуют сигналам химических реагентов объекта FEED-VALVE, которые устанавливаются по ссылкам на верхнем уровне логической модели.

Алгоритм переходит на следующий шаг с помощью пина jmp модели при условии, что клапана химических реагентов закрылись, и вышло время ожидания.

Следующими выполняются блоки MOVE. В нашем исследовании, в первом случае, данный блок осуществляет выдержку времени в 10 секунд для выполнения действий шага.

Во втором случае, блок используется для перехода алгоритма на следующий шаг. На входной сигнал устанавливается номер шага через константу, а выходной сигнал привязывается к пину Nxt модели. Пин nxt модели осуществляет переход на следующий шаг при условии, что все блоки выполнили свою работу.

### *С. Аспекты реализации*

Данный алгоритм может работать в автоматическом и ручном режиме. При автоматическом режиме алгоритм запускается при аварийной ситуации, например, отключение насосов подачи, снижение уровня реагентов в баках, повышения давления в трубах. В ручном режиме алгоритм может запускаться операторами с диспетчерской станции и управляться по месту.

Ограничениями исследования является, что данное исследование преимущественно ориентировано на автоматический режим работы, а не на «ручной», и не исключает человеческий фактор. Любое отклонение от нормы может вызвать затруднения в работе алгоритма. Например, неправильная установка и калибровка оборудования ремонтной бригады после плановых ремонтных работ по заданному регламенту предприятия может вызвать затруднения при переходе системы в автоматический режим. В таком случае, алгоритм не сможет завершить все шаги самостоятельно и будет необходимо завершать работу алгоритма в «ручную» рабочим персоналом. Утвержденный регламент по настройке и установке оборудования предприятия записан в код программного обеспечения.

### **V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Описанные в предыдущем разделе ограничения модели, по сути, не являются таковыми. Разработанная система является первым шагом поддержки автоматизации подачи жидких химикатов. Элементы ручного управления остаются на данном этапе, как с точки зрения байпаса, так и с точки зрения понимания наращивания системы диспетчеризации [15].

В статье рассматривается разработка системы диспетчеризации, направленной на разработку автоматической промывки подачи жидких химических веществ. Кроме того, в исследовании выбраны ключевые точки сбора информации о технологических параметрах, влияющих на технологический процесс. Разработан

алгоритм автоматической промывки подачи жидких химических веществ с учетом специфики применяемых датчиков и измерительных средств, средств управления и ПЛК.

Во всяком случае, подсистема автоматической промывки подачи жидких химических веществ интегрирована в автоматизированную систему диспетчерского управления предприятия. Разработанный алгоритм может использоваться не только для программ, ориентированных на FBD, но и легко адаптироваться к другим программам ПЛК.

Данная реализация также позволит выйти на уровень единой интеллектуальной среды управления технологическим процессом всего предприятия.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- [1] D.Nguyen, M.J.Bagajewicz, "New sensor network design and retrofit method based on value of information", AIChE Journal, vol. 57, Issue 8, pp. 2136-2148, August 2011.
- [2] L.Cochrane, "Smart Energy Reference Architecture," Microsoft Worldwide Utilities Industry, March 2013.
- [3] "Automation and control solution", Noheywell International Inc., March 2008.
- [4] C.Larman, "Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development", Hardcover; Lebanon, Indiana, U.s.a.: Prentice Hall PTR, October 20, 2004.
- [5] Sejin Jung, Junbeom Yoo, Young-Jun Lee, "A PLC platform-independent structural analysis on FBD programs for digital reactor protection systems", Annals of Nuclear Energy, vol. 103, pp. 454-469, May 2017.
- [6] M. Wcislik, K. Suchenia, M. Laskawski, "Programming of sequential control systems using functional block diagram language", IFAC-PapersOnLine, vol. 48, pp.330-335, 2015.
- [7] Joseph-Jean Paques, Rene Benoit, "Safety and Design of Control System in Quebec Pulp and Paper Industries: Preliminary Study", IFAC Proceedings Volumes, vol. 31, pp. 999-1003, June 1998.
- [8] A.B. Bilalov, D.Y. Shilyaev, A.B. Petrochenkov, O.A. Bilous, "The introduction of the automated control system of thermal point", Fundamental research № 8, pp. 87-92 2015.
- [9] Ephrem Ryan Alphonsus, Mohammad Omar Abdullah, "A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs)", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 60, pp. 1185-1205, July 2016.
- [10] [10] IEC 61131-3:2013 Programmable controllers - Part 3: Programming languages.
- [11] D.Darvas, E.B.Vinuela, I.Majzik, "PLC code generation based on a formal specification language", IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN) № 7819191, pp. 389-396, 2017.
- [12] [12] Prof. Sirkka-Liisa Jämsä-Jounela, "Future trends in process automation", IFAC Proceedings Volumes, vol. 40, pp. 1-10, 2007.
- [13] Sennai Mesfun, Andrea Toffolo, "Integrating the processes of a Kraft pulp and paper mill and its supply chain", Energy Conversion and Management, vol. 103, pp. 300-310, October 2015.
- [14] L.Grigoriev, A.Kostogryzov, A.Tupysev, "Automated dispatch control; problems and details of modeling", IFAC Proceedings Volumes, vol. 46, pp.1123-1127, 2013.
- [15] Willis Harmon Ray, "Advanced Process Control", Butterworths, 1981.