

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Научная статья

УДК 677.11.051

EDN ZVLUQA

doi 10.34216/2587-6147-2024-1-63-40-44

Леонид Валентинович Мочалов¹

Владимир Георгиевич Дроздов²

^{1,2} Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

¹ mochalov-leo@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-3292-0519>

² vladimir.droz dov.45@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЯЛЬНО-ТРЕПАЛЬНЫМ АГРЕГАТОМ

Аннотация. В данной статье рассмотрены программы MATLAB и MasterSCADA, возможность их совместного применения. Для решения данной задачи использовались пакеты Fuzzy Logic Toolbox, Neural Network Toolbox, используемые в MATLAB, которые позволяют реализовать модель управления технологическим процессом. В программе реализована возможность обеспечения связи со SCADA-системой OPC Toolbox, позволяющей обеспечивать взаимодействие компонентов системы средствами протокола OPC. Разработана структурная схема системы управления мяльно-трепальным агрегатом, которая через исполнительные устройства воздействует на объект управления. Для реализации системы автоматизированного управления процессом мятья предлагаются: спектрофотометр ближнего инфракрасного диапазона MATRIX-E/DUPLEX Q412/A, контроллер ОБЕН ПЛК, частотные преобразователи ОБЕН.

Ключевые слова: мяльно-трепальный агрегат, производство длинного льноволокна, SCADA-система, спектрофотометр ближнего инфракрасного диапазона, управление технологическим процессом, автоматизированная система управления, исполнительные устройства

Для цитирования: Мочалов Л. В., Дроздов В. Г. Моделирование автоматической системы управления мяльно-трепальным агрегатом // Технологии и качество. 2024. № 1(63). С. 40–44. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2024-1-63-40-44>.

Original article

Leonid V. Mochalov¹

Vladimir G. Drozdov²

^{1,2} Kostroma State University, Kostroma, Russia

SIMULATION OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR A GRINDING MACHINE

Abstract. This article discusses the MATLAB and MasterSCADA programs and the possibility of their joint application. To solve this problem, we used packages Fuzzy Logic Toolbox, Neural Network Toolbox, used in MATLAB that allow us to implement a process control model. The program implements the possibility of providing communication with the OPC Toolbox SCADA system, which allows for the interaction of system components using the OPC protocol. A block diagram of the control system of the pulverised unit has been developed, which acts on the control object through actuators. To implement an automated control system for the crumpling process, the following are offered: MATRIX-E/DUPLEX Q412/A near-infrared spectrophotometer, ARIES PLK controller, ARIES KIPPRIBO frequency converters.

Keywords: grinding machine, production of long flax fibre, SCADA system, near-infrared spectrophotometer, process control, automated control system, actuators

© Мочалов Л. В., Дроздов В. Г., 2024

For citation: Mochalov L. V., Drozdov V. G. Simulation of an automatic control system for a grinding machine. *Technologies & Quality*. 2024. No 1(63). P. 40–44. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2024-1-63-40-44>.

Мяльно-трепальный агрегат (МТА) с точки зрения автоматизации является сложным объектом. Это обусловлено наличием целого ряда внешних возмущающих воздействий, дестабилизирующих выходные параметры длинного волокна – его выход и заостренность.

При переработке льнотресты изменения ее свойств может быть эргодичными и стационарными. Однако при переработке большой партии сырья и даже нескольких рулонов изменение свойств носит в основном трендовый характер, что существенно облегчает автоматическое управление производства длинного льноволокна. Эти изменения могут быть представлены в виде системных полиномов, что характерно для колебаний по диаметру стебля, разбросу по комлям и вершинам, отделяемости волокна от древесины и относительной влажности льнотресты.

Изучение влияния отдельных возмущающих воздействий и автоматизация выходных параметров для компенсации влияния возмущающих воздействий проведено в работах В. Г. Дроздова, Ю. В. Дроздова, С. С. Петрова, А. С. Ефремова, В. Н. Голубева, А. Е. Мазохина, Л. В. Мочалова [1–9].

По определенным технологическим операциям производства длинного льноволокна вопросы автоматизации были принципиально решены. Так, в работе Ю. В. Дроздова была

проведена разработка системы автоматического контроля структурных параметров движущегося слоя льнотресты, при этом предложено применить систему индуктивных датчиков, соединенных рычагами с дисками, взаимодействующими со слоем льнотресты [9].

Изменение относительной влажности и отделяемости волокна от древесины предложено проводить с помощью ИК-спектрометра промышленного исполнения (в ближнем диапазоне) [2–9]. Полученная информация используется для управления технологическими процессами производства длинного льноволокна. Полученные математические модели в работах [1–9] применяются для управления технологическими процессами.

Целесообразность использования нейросетевого анализа для управления технологическими параметрами льнотресты доказана в работах [1–9]. Для разработки нейронной сети разработана обучающая выборка, а также фазификация входных данных.

Для комплексной автоматизации агрегата необходимо применение нейросетевой технологии, предполагающей моделирование технологического процесса получения длинного льноволокна и варианта системы автоматического управления по отдельным каналам.

В качестве объекта моделирования рассматривается МТА. Общая схема системы управления представлена на рис. 1.

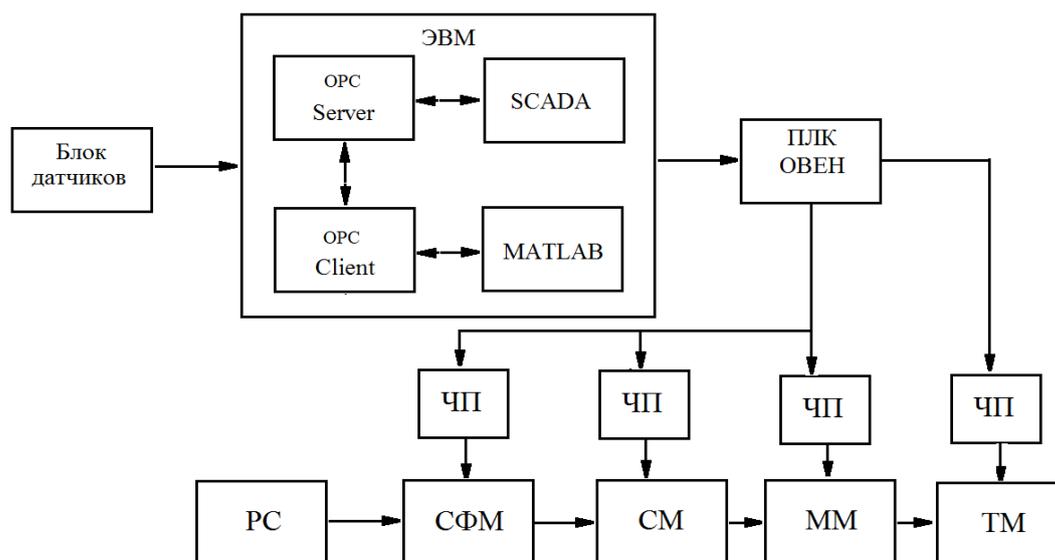


Рис. 1. Общая схема системы управления мяльно-трепальным агрегатом:
 ЧП – частотный преобразователь; PC – раскладочный стол; СФМ – слоеформирующая машина;
 СМ – сушительная машина; ММ – мяльная машина; ТМ – трепальная машина

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) производства длинного волокна предназначена для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический процесс [5].

Технологический объект управления (ТОУ) – совокупность технологического оборудования и реализованного на нем по соответствующим инструкциям или регламентам технологического процесса производства. К технологическому оборудованию управления относятся: РС – раскладочный стол, СФМ – слоеформирующая машина, СМ – сушильная машина, ММ – мяльная машина, ТМ – трепальная машина.

Функционирующий ТОУ и управляющая им АСУТП образуют автоматизированный технологический комплекс (АТК).

Блок датчиков включает индуктивные датчики в системе оптимизации автоматического положения слоя стеблей при его технологической обработке на МТА, датчики ИК-спектрометрии для автоматического контроля отделяемости, относительной влажности, разрывной нагрузки, а также систему технического зрения для контроля дезориентации стеблей.

Основой программного обеспечения являются пакеты SCADA и MATLAB [10]. На этом уровне осуществляется контроль за производством продукции. Существуют следующие SCADA-системы: Citect7, Zenon 6, Master, TraceMode 6, MasterSCADA, WinCCFlexible. Определенный интерес в нашем случае представляет MasterSCADA – самая популярная отечественная SCADA-система. MATLAB и SCADA устанавливаются на операционную систему Windows.

MasterSCADA – программный пакет, необходимый для проектирования систем диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) мяльно-трепальным агрегатом. Один из критериев выбора MasterSCADA – список поддерживаемых коммуникаций. То есть SCADA, с одной стороны, техническое средство (далее контроллер), с другой – система, которая должна поддерживать одинаковый протокол (или протоколы) промышленной сети. Выбираем сеть, которая уже интегрирована в контроллер. В этом случае при выборе SCADA учитывают наличие данных протоколов в перечне коммуникационных драйверов. При интеграции продуктов одного производителя наличие в SCADA-программе драйверов связи с необходимыми контроллерами очевидна.

MATLAB – пакет прикладных программ, необходимый для решения задач технических

вычислений [2]. Для реализации управления технологическим процессом производства льняного волокна использовались следующие пакеты:

- 1) нейронная сеть (*Neural Network Toolbox*) – инструменты для синтеза и анализа нейронных сетей;
- 2) нечеткая логика (*Fuzzy Logic cToolbox*) – инструменты для построения и анализа нечетких множеств.

Кроме того, в программе реализована возможность обеспечения связи со SCADA-системой (*OPC-Toolbox*), позволяющая обеспечивать взаимодействие компонентов системы средствами протокола (OPC). OPC – это открытая технология связи (*OPen-Connectivity*) в области промышленной автоматизации и управления производством. В общем случае технология OPC обеспечивает одному приложению (OPC-Клиенту) доступ к данным процесса другого приложения (OPC-Серверу) посредством стандартного набора COM-интерфейсов.

Нижним уровнем САУ является уровень датчиков и исполнительных механизмов, которые устанавливаются непосредственно на технологических объектах.

В предлагаемой схеме (см. рис. 1) блок датчиков состоит из промышленного спектрофотометра ближнего инфракрасного диапазона с тремя выносными датчиками, с помощью которых контролируется отделяемость волокна от древесины, относительная влажность, разрывная нагрузка, индуктивных датчиков, системы технического зрения, промышленного компьютера, на котором установлено программное обеспечение: MasterSCADA и MATLAB, ПЛК ОВЕН, частотных регулируемых приводов, установленных на каждой машине (исполнительных механизмов), датчиков, размещенных на каждой технологической операции. С датчиков ИК-спектрометра сигнал поступает в управляющее устройство, в котором происходит обработка данных.

В связи с варьированием свойств сырья по параметрам отделяемости волокна от древесины, относительной влажности, разрывной нагрузки установлен их средний доверительный интервал, который равен $\pm 0,82$ ед., $\pm 1,7\%$, $\pm 0,79$ даН соответственно. В связи с инерционностью системы в контроллерах предусмотрена фильтрация высокочастотной составляющей по контролируемым параметрам. Память позволяет сохранить поступившие данные из фильтра. Таким образом, выполняется следующее условие: если поступивший сигнал в фильтр с датчиков превышает заданный уровень (в данном случае заданный

доверительный интервал), то данные записываются в память, а затем поступают в регулятор, построенный на базе нейронных сетей (НС).

С помощью индуктивных датчиков осуществляется контроль структурных параметров движущегося слоя льнотресты. Система технического зрения обеспечивает контроль дезориентации стеблей.

Посредством протокола OPC происходит взаимодействие программ: MasterSCADA и MATLAB. MATLAB обеспечивает реализацию алгоритма управления. Регулировка частоты вращения двигателей осуществлялась с использованием частотных преобразователей ОВЕН.

Рекомендуется в качестве управляющего устройства использовать контроллер ОВЕН ПЛК, который выполняет различные функции управления: измерение аналоговых сигналов тока или напряжения, измерение дискретных входных сигналов, управление дискретными (релейными) выходами, управление аналоговыми выходами, прием и передача данных по интерфейсам RS-485, RS-232, Ethernet.

При реализации на практике величины относительной влажности, отделяемости волокна от древесины и разрывной нагрузки льнотресты могут быть измерены с помощью линейки промышленных спектрофотометров ближнего инфракрасного диапазона MATRIX-E/DUPLEX, например, с помощью эмиссионного инфракрасного датчика промышленного исполнения Q412/A (рис. 2).

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрено совместное использование программ: MATLAB и MasterSCADA для реализации системы автоматического управления технологическими процессами производства длинного льноволокна.

2. Для мяльно-трепального агрегата как объекта автоматического управления предложена структурная схема управления технологическими процессами.

3. Предложено промышленное оборудование для реализации системы управления технологическими процессами.

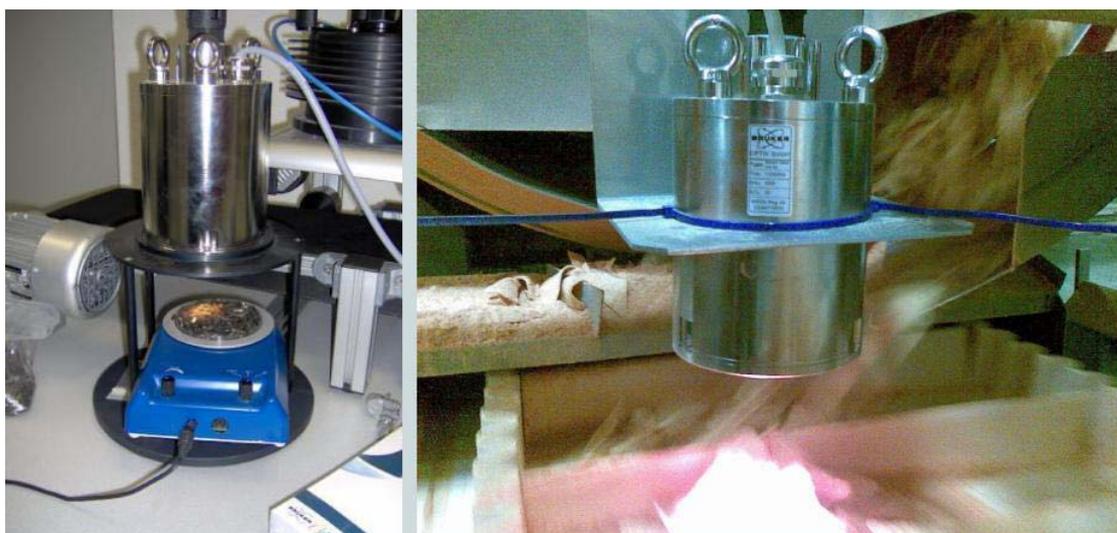


Рис. 2. Эмиссионный инфракрасный датчик промышленного исполнения

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дроздов Ю. В., Петров С. С. Обоснование конструкции механизма контроля параметров движущегося слоя льняной тресты // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института по переработке лубяных культур. Кострома, 2003. № 1. С. 88–92.
2. Дроздов В. Г., Катков А. А., Ефремов А. С. Автоматический контроль влажности льнотресты методом ИК-спектрометрии // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института по переработке лубяных культур. 2007. № 3. С. 52–54.
3. Ефремов А. С., Голубев В. Н., Дроздов В. Г. Определение диаметра стеблей в слое льнотресты // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. № 4С. С. 17–19.
4. Дроздов В. Г., Мочалов Л. В. Разработка систем управления процессом мятья в зависимости от влажности и отделяемости льнотресты // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2010. № 1(23). С. 70–72.

5. Мочалов Л. В. Исследование процесса мятья как объекта автоматизации // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2011. № 2(27). С. 51–53.
6. Ефремов А. С., Мочалов Л. В., Дроздов В. Г. Автоматизация технологического процесса мятья в зависимости от влажности и отделяемости // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 5(326). С. 118–120.
7. Дроздов В. Г., Мозохин А. Е. Практическая реализация системы оптимизации режимов обработки льнотресты в процессе трепания // Научные труды молодых ученых КГТУ. Вып. 13. 2012. С. 6–10.
8. Мочалов Л. В., Дроздов В. Г., Коновалов В. В. Обоснование принципа управления мяльно-трепальным агрегатом // Технологии и качество. 2018. № 2(40). С. 39–42.
9. Дроздов В. Г., Дроздов Ю. В. Автоматизация мяльно-трепального агрегата : учеб.-метод. пособие. Кострома : Костром. гос. технол. ун-т, 2005. 34 с.
10. MATLAB. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MATLAB> (дата обращения: 10.10.2023).

REFERENCES

1. Drozdov Yu. V., Petrov S. S. Substantiation of the design of the mechanism for controlling the parameters of the moving layer of the linen trust. Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta po pererabotke lubyanyh kul'tur [Bulletin All-Russian of the Scientific Research Institute for the processing of bast crops]. Kostroma, 2003;1:88–92. (In Russ.)
2. Drozdov V. G., Katkov A. A., Efremov A. S. Automatic humidity control of flax by IR spectrometry. Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta po pererabotke lubyanyh kul'tur [Bulletin All-Russian of the Scientific Research Institute for the processing of bast crops]. Kostroma, 2007;3:52–54. (In Russ.)
3. Efremov A. S., Golubev V. N., Drozdov V. G. Determination of the diameter of the stems in the flax layer. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2008;4C:17–19. (In Russ.)
4. Drozdov V. G., Mochalov L. V. Development of systems for controlling the process of crumpling depending on humidity and separability of flax. Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kostroma State Technological University]. 2010;1(23):70–72. (In Russ.)
5. Mochalov L. V. Investigation of the mint process as an object of automation. Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kostroma State Technological University]. 2011;2(27):51–53. (In Russ.)
6. Efremov A. S., Mochalov L. V., Drozdov V. G. Automation of the technological process of mint depending on humidity and separability. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2010;5(326):118–120. (In Russ.)
7. Drozdov V. G., Mozokhin A. E.. Practical implementation of the system for optimizing the modes of processing flax in the process of flapping. Scientific works of young scientists of KSTU. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ. Publ., 2012. P. 6–10. (In Russ.)
8. Mochalov L. V., Drozdov V. G., Kononov V. V. Substantiation of the principle of control of a meat-trepan unit. Tekhnologii i kachestvo [Technologies & Quality]. 2018;2(40):39–42. (In Russ.)
9. Drozdov V. G., Drozdov Yu. V. Automation of the grinding machine. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ. Publ., 2005. 34 p. (In Russ.)
10. MATLAB. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MATLAB> (accessed 10.10.2023). (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 30.10.2023
Принята к публикации 6.03.2024