

УДК 621.314.5

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ**

Дунаев Михаил Павлович

Д.т.н., профессор, Иркутский национальный исследовательский
технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83,

e-mail: mdunaev10@mail.ru

Дунаев Андрей Михайлович

Аспирант, Иркутский национальный исследовательский
технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83,

e-mail: west-ma@yandex.ru

Аннотация. В рамках настоящей работы предложена автоматизированная система управления процессами сушки древесины. Посредством означенной системы осуществляется управление физическими процессами, протекающими в сушильной камере. Авторами статьи представлены функциональная схема автоматизированной системы управления (АСУ) оборудованием и детальное описание принципов её функционирования. Рассмотрены основные этапы создания и примеры работы экспертной системы (ЭС) «FCTD1», предназначенной для диагностирования сушильной камеры и позволяющей выполнять поиск неисправностей её функциональных блоков.

Ключевые слова: автоматизированная система управления; процесс сушки древесины; лесосушильная камера; алгоритм режима сушки; диагностирование; экспертная система.

Цитирование: Дунаев М.П., Дунаев А.М. Автоматизированная система управления процессами сушки древесины // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2019. № 2 (14). С. 133–141. DOI: 10.25729/2413-0133-2019-2-12

Введение. Реалии различных сфер современной электроэнергетики усугубляют актуальность и значимость решения специфических задач, касающихся повышения качества и эффективности производств, осуществление технологических процессов в которых обеспечивается функционированием сложного электрического оборудования (ЭО) [3, 6].

В настоящее время значительная часть промышленных лесосушильных камер, использующих естественную циркуляцию сушильного агента, имеют невысокие технические характеристики. В особенной мере это касается значительного времени сушки и повышенных энергетических затрат.

Основной целью данной работы является создание автоматизированной системы научных исследований, позволяющей преодолевать вышеизложенные недостатки оборудования для сушки древесины.

1. Режимы процессов сушки. Преодоление первого из вышеупомянутых недостатков лесосушильных камер с естественной циркуляцией (значительного времени сушки) возможно осуществить с помощью применения осциллирующих режимов сушки

пиломатериалов [6]. Сущность этих режимов заключается в том, что весь процесс сушки при своей реализации подразделяется на повторяющиеся временные циклы прогрева и охлаждения штабеля древесины. При этом температурная разница между циклами прогрева и охлаждения составляет порядка 10 – 15 °С.

Необходимо также отметить, что технологический процесс сушки пиломатериалов в описываемом режиме начинается с цикла повышения температуры в сушильной камере. Указанный феномен закономерно влечёт за собой значительное повышение температуры верхних слоёв древесины. При последующей реализации цикла охлаждения происходит понижение влажности и температуры воздуха в сушильной камере. Вследствие упомянутого явления наружные слои древесины начинают отдавать влагу, в результате чего температура наружных слоёв древесины, напротив, становится ниже температуры внутренних слоёв материала.

Основной эффект от применения осциллирующих режимов заключается в продвижении влаги от более нагретых слоёв древесины к менее нагретым слоям. Всё это приводит не только к ускорению процесса сушки, но и к тому, что сушка происходит более равномерно, и тем самым осуществляется предотвращение возникновения опасных напряжений в пиломатериале. В целях обеспечения ещё большего снижения времени сушки и энергетических затрат лесосушильных камер применяется так называемый комбинированный режим сушки пиломатериалов [5, 7, 8], который сочетает в себе осциллирующий режим и естественную циркуляцию с кратковременным циклическим открыванием выпускного клапана сушильной камеры, а также включением принудительной циркуляции.

Применение указанного метода предполагает соблюдение следующих технологических предписаний:

- Нагрев в камере включается до достижения сушильным агентом значения $t_{ц.п.}$ – температуры циклового прогрева. Время этапа циклового прогрева составляет $\tau_{ц.п.}$.
- Далее нагрев отключается до достижения $t_{ц.о.}$ – температуры циклового охлаждения. Быстрому переходу от циклового прогрева к цикловому охлаждению способствует кратковременная вентиляция сушильной камеры посредством включения вентилятора.
- После завершения этапа циклового охлаждения, время которого составляет $\tau_{ц.о.}$, происходит переход к этапу циклового прогрева.
- Процесс сушки пиломатериала заканчивается, когда влажность в камере достигает заданного значения W_3 .

Графическое представление описанного алгоритма комбинированного режима сушки пиломатериалов показано на рисунке 1.

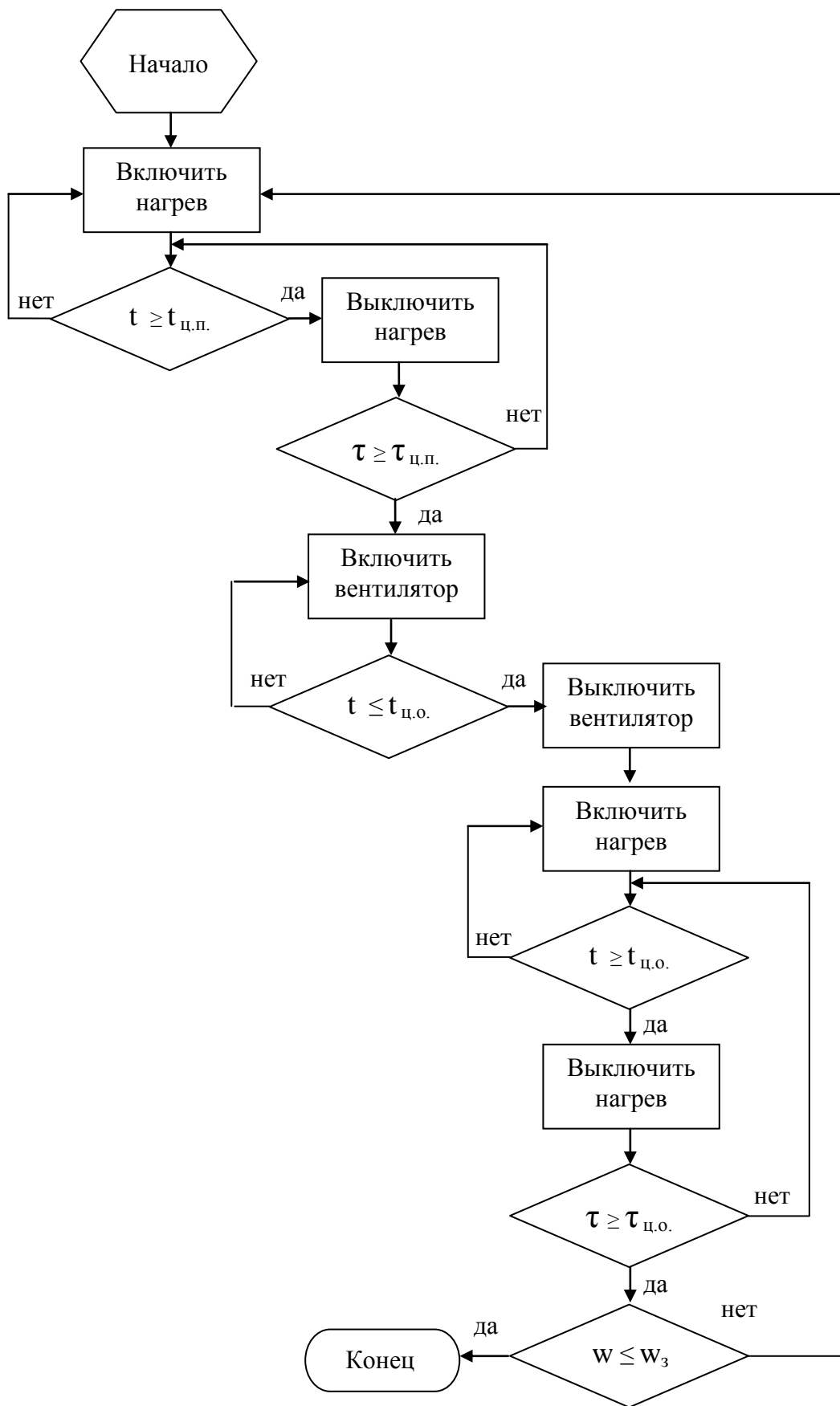


Рис. 1. Алгоритм комбинированного режима сушки пиломатериалов

2. Структура АСУ процессами сушки древесины. Для исследования процессов сушки пиломатериала авторами данного исследования предложена автоматизированная система управления процессами сушки древесины.

Указанная система позволяет управлять физическими процессами, протекающими в сушильной камере, а также исследовать их. Функциональная схема рассматриваемой АСУ представлена на рисунке 2.

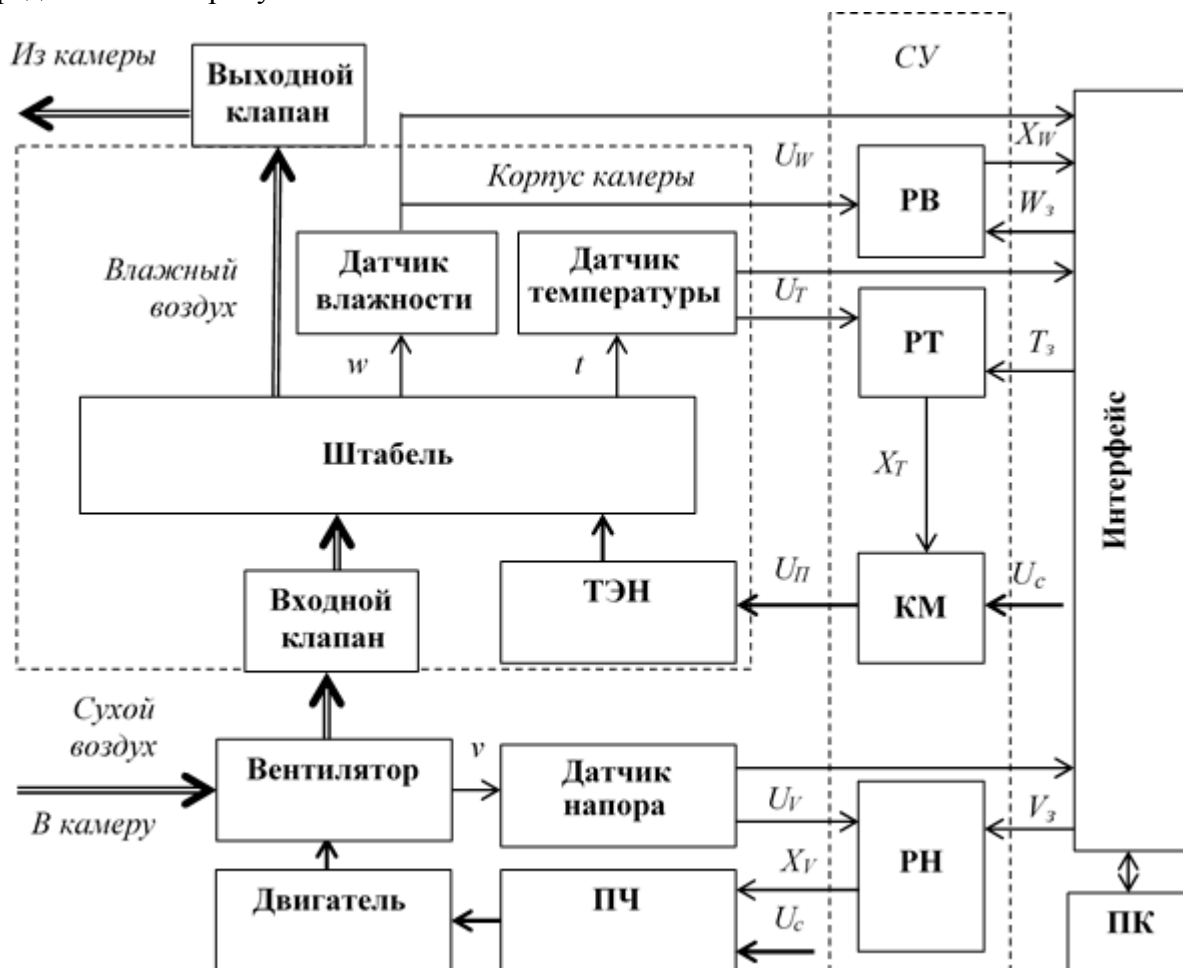


Рис. 2. Функциональная схема АСУ процессами сушки древесины

В корпус камеры помещён штабель пиломатериала. Нагрев воздуха в камере производится при помощи теплоэлектронагревателей (ТЭН), управляемых системой управления (СУ) сушильной камеры по программе, заданной в управляющем компьютере ПК. Подача напряжения питания U_{Π} на ТЭН производится включением контактора КМ по сигналу управления X_T . Питание КМ осуществляется от источника питания U_C .

Периодический продув камеры осуществляется посредством центробежного вентилятора, приводимого в движение асинхронным двигателем, питаемым от преобразователя частоты (ПЧ), который управляется СУ. При этом вход сухого воздуха производится через входной клапан, а выведение влажного воздуха, прошедшего через штабель, производится через выходной клапан.

Питание ПЧ осуществляется от источника питания U_C . Управление ПЧ осуществляется по сигналу управления X_V . Контроль температуры t и влажности w в камере и внутри штабеля производится соответственно при помощи регуляторов температуры РТ и

влажности $PВ$, а также датчиков температуры и влажности. Сигналы U_T и U_W от датчиков температуры и влажности передаются в $СУ$, которая через интерфейс подключена к $ПК$. В $ПК$ хранится программа сушки и ведётся контроль параметров процесса сушки.

Контроль напора сухого воздуха v на входе в камеру производится при помощи регулятора напора $РН$, а также датчика напора, сигнал U_V от которого также передаётся в $СУ$. Текущие сигналы задания температуры T_3 , влажности W_3 и напора V_3 поступают на вход соответствующих регуляторов $РТ$, $РВ$ и $РН$ через интерфейс от программы сушки из $ПК$.

Программа исследования задаётся алгоритмом сушки, представленным на рисунке 1. Исходные данные (параметры процесса сушки: начальная влажность древесины, температура и влажность воздуха в сушильной камере) определяются $СУ$ автоматически и хранятся в памяти $ПК$. Визуализация и фиксация текущих параметров процесса сушки осуществляется $ПК$ посредством служебной программы «МСТ10».

Результаты исследований технологического процесса сушки древесины сохраняются в памяти $ПК$ в виде файлов с расширением «.xls», после чего используются для анализа и последующей корректировки настроек АСУ.

Однако, следует отметить, что, помимо программного управления, большое значение для осуществления автоматизации поддержки выполнения технологического процесса сушки древесины в настоящее время имеет создание экспертных систем функционального диагностирования, поскольку указанная разновидность процесса выявления неисправностей наиболее предпочтительна с экономической точки зрения по причине того, что позволяет обнаружить большинство дефектов, влияющих на ресурс, задолго до его отказа, и при этом не требует останова электрооборудования [1]. В связи с вышеизложенным, а также с тем, что в состав электрооборудования входит достаточно сложный электронный узел – преобразователь частоты (ПЧ), разрабатываемая АСУ нуждается также в таком значимом программном компоненте, как экспертная система для диагностирования электрооборудования лесосушильной камеры.

3. Диагностическая экспертная система «FCTD1». В целях обеспечения надлежащего уровня качества экспертной системы как автоматизированного помощника при диагностировании технического объекта [9] процесс разработки её базы знаний предполагает выполнение нижеследующих этапов:

- извлечение знаний о предметной области;
- выбор инструментального средства построения базы знаний;
- представление полученных знаний;
- формирование БЗ с помощью выбранного средства;
- тестирование и отладка созданной экспертной системы.

Извлечение знаний о неисправностях основных функциональных блоков камеры осуществлено посредством такого активного коммуникативного метода, как интервьюирование эксперта.

В качестве инструментального средства для разработки БЗ диагностической ЭС выбрана система моделирования правдоподобных рассуждений на основе логик с векторной семантикой «Гераклит» [10], обладающая развитым графическим интерфейсом.

Знания, полученные в ходе проведения интервью с экспертом, представлены в виде продукционных правил классического вида «ЕСЛИ–ТО» и внесены в состав БЗ создаваемой

ЭС. Необходимо отметить, что при реализации этапов представления и формирования консеквентов указанных правил учтён такой аспект, как особенности структурирования информации о выявленных неисправностях объекта диагностирования, поскольку именно означенные особенности важны для обеспечения дальнейшего диагностирования и прогнозирования технического состояния исследуемого электрического оборудования [2].

Работа созданной экспертной системы описана на реальном, конкретном примере диагностирования оборудования лесосушильной камеры.

При осуществлении диалога с пользователем [4] экспертная система, прежде всего, последовательно выявляет штатный характер вращения вентилятора, корректность воздушного напора на выходе ЦВ и нормальность его шума, затем подтверждает правильное состояние входного клапана при включении и выключении вентилятора и, в заключение, определяет наличие неисправности выходного клапана.

Результаты работы ЭС «FCTD1» в форме протокола диалога с наладчиком проиллюстрированы рисунком 3.

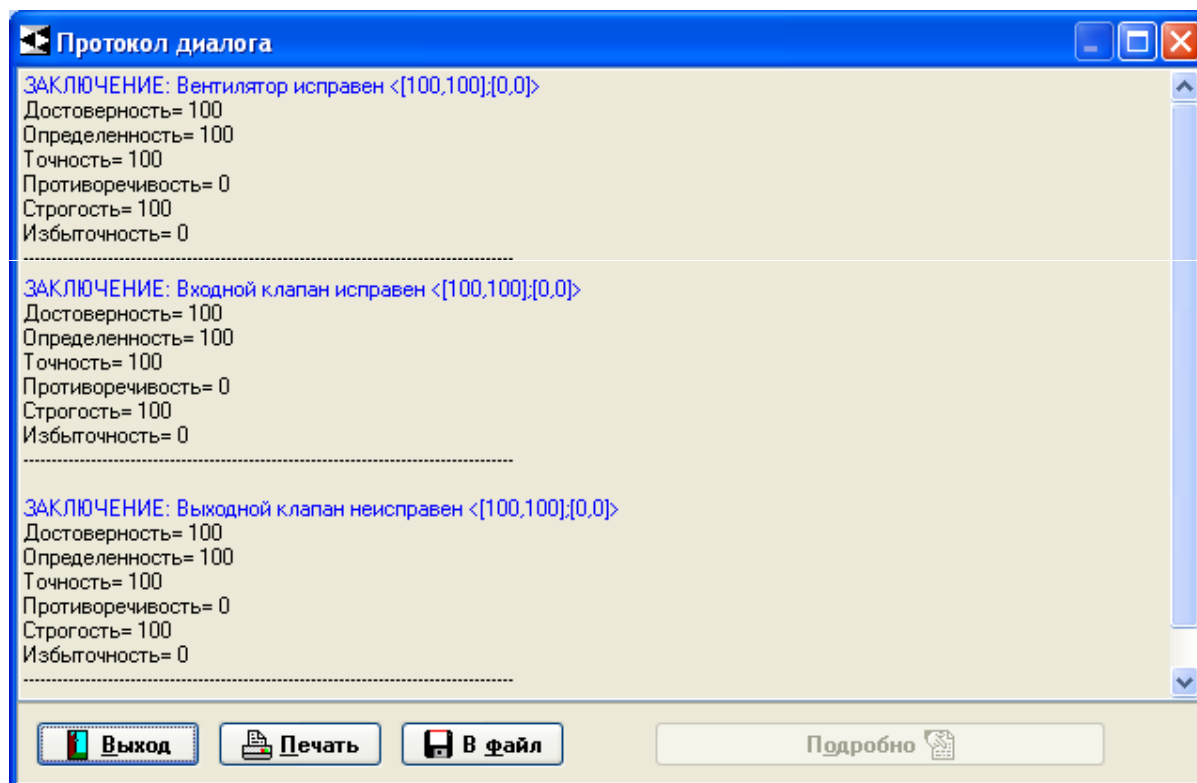


Рис. 3. Результаты работы ЭС «DCV1»

Заключение. В рамках настоящего исследования построена функциональная схема автоматизированной системы управления процессами сушки древесины и в соответствии с данной схемой разработана система, включающая аппаратные и программные компоненты.

С помощью программного приложения «МСТ10», предназначенного для контроля сложного электрооборудования, авторами реализовано управление комбинированным режимом сушки пиломатериалов.

Средствами системы моделирования правдоподобных рассуждений на основе логик с векторной семантикой «Гераклит» разработана диагностическая экспертная система

«FCTD1», позволяющая выявлять дефекты основных аппаратных компонентов лесосушильной камеры.

Корректность и эффективность функционирования созданной автоматизированной системы управления процессами сушки древесины подтверждены на практике. Практическое применение разработанной АСУ позволяет снизить время сушки и энергетические затраты на осуществление вышеизложенных процессов в 1,5 – 2,0 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баширов М.Г., Чурагулов Д.Г., Филиппов В.Н., Насыров Э.М. Программное средство диагностики электродвигателя машинного агрегата методом спектрального анализа высших гармонических составляющих тока и напряжения // Кибернетика и программирование. 2015. № 6. С. 6–20. Режим доступа: https://enotabene.ru/kp/article_17625.html (дата обращения 26.05.2019)
2. Берман А.Ф., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Информационно-аналитическая поддержка экспертизы промышленной безопасности объектов химии, нефтехимии и нефтепереработки // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2018. № 8. С. 30–36.
3. Васюченко П.В. Повышение надёжности работы электрооборудования путём применения методов диагностики // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2014. № 5(123). С. 27–34.
4. Дунаев М.П., Дунаев А.М. Экспертный комплекс для наладки преобразователей частоты // Информационные и математические технологии в науке и управлении: материалы XX Байкальской Всероссийской конференции (г. Иркутск, 29 июня 2015 г.). Иркутск. 2015. Ч. III. С. 20–28.
5. Михеев А.А., Дунаев М.П. Алгоритмы комбинированного режима в лесосушильной камере // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. № 1(33). С. 164–166.
6. Михеев А.А. Методы и средства автоматизированного управления сушильной камерой (промышленность) : дисс. ... канд. техн. наук : 05.13.06. Иркутск. 2015. 133 с.
7. Михеев А.А. Способ комбинированной циркуляции в лесосушильной камере // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2011. № 4(32). С. 202–205.
8. Михеев А.А., Дунаев М.П. Способ сушки древесины с комбинированной циркуляцией воздуха в камере // Вестник ИрГТУ. 2012. № 4(63). С. 168–172.
9. Романов А.Н., Одинцов Б.Е. Советующие информационные системы в экономике. М.: ЮНИТИ. 2000. 487 с.
10. Свидетельство об официальной регистрации в Реестре программ для ЭВМ программы для ЭВМ «Гераклит 2.Х». № 2013616260 от 02.07.2013, Российская Федерация, Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Система моделирования правдоподобных рассуждений на основе логик с векторной семантикой / Л.В. Аршинский; заявитель и патентообладатель Иркутский государственный университет путей сообщения.

AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF WOOD DRYING PROCESSES

Mikhail P. Dunaev

Dr., Professor, Irkutsk National Research Technical University (ISTU)
83, Lermontov Str., 664074, Irkutsk, Russia, e-mail: *mdunaev10@mail.ru*

Andrey M. Dunaev

Graduate student, Irkutsk National Research Technical University (ISTU)
83, Lermontov Str., 664074, Irkutsk, Russia, e-mail: *west-ma@yandex.ru*

Abstract. As part of this work, an automated control system (ACS) for wood drying processes has been proposed. The system controls the physical processes that take place in the wood-drying chamber. The authors of the article presented a functional diagram of an automated control system (ACS) of the equipment and a detailed description of the principles of its operation. The main stages of creation and examples of the expert system (ES) «FCTD1», designed to diagnose the automated control system of the drying chamber and allows troubleshooting of its functional blocks, are considered.

Keywords: automated research system; wood drying process; wood-drying chamber; wood drying algorithm; diagnosis; expert system.

References

1. Bashirov M.G. Churagulov D.G., Filippov V.N., Nasyrov E.M. Programmnoe sredstvo diagnostiki ehlektrodivigatelya mashinnogo agregata metodom spektral'nogo analiza vysshih garmonicheskikh sostavlyayushchih toka i napryazheniya [Software for diagnostics of an electric motor of a machine unit by the method of spectral analysis of the highest harmonic components of current and voltage] // Kibernetika i programmirovaniye = Cybernetics and Programming. 2015. No 6. Pp. 6–20. Available at: https://e-notabene.ru/kp/article_17625.html (accessed 26.05.2019). (in Russian)
2. Berman A.F., Nikolajchuk O.A., Pavlov A.I., Yurin A.Yu. Informacionno-analiticheskaya podderzhka ehkspertizy promyshlennoj bezopasnosti ob"ektov himii, neftekhimii i neftepererabotki [Information and analytical support for the examination of industrial safety of chemical, petrochemical and oil refining facilities] // Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie = Chemical and oil and gas engineering. 2018. No 8. Pp. 30–36. (in Russian)
3. Vasyuchenko P.V. Povyshenie nadyozhnosti raboty ehlektrooborudovaniya putyom primeneniya metodov diagnostiki [Improving the reliability of electrical equipment through the use of diagnostic methods] // Ehnergoberezhenie. Ehnergetika = Ehnergoaudit [Energy saving. Energy. Energy audit. 2014. No 5(123). Pp. 27–34. (in Russian)
4. Dunaev M.P., Dunaev A.M. Ehkspertnyj kompleks dlya naladki preobrazovatelej chastoty [Expert complex for setting up frequency converters] // Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii: materialy XX Bajkal'skoj Vserossijskoj konferencii (g. Irkutsk, 29 iyunya 2015 g.) = Information and mathematical technologies in science and management: materials of the XX Baikal All-Russian Conference (Irkutsk, June 29, 2015). 2015. Vol. 3. Pp. 20–28. (in Russian)

5. Mikheev A.A., Dunaev M.P. Algoritmy kombinirovannogo rezhima v lesosushil'noj kamere [Algorithms of the combined mode in the wood-drying chamber] // *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie = Modern technologies. System analysis. Modeling.* 2012. No 1(33). Pp. 164–166. (in Russian)
6. Mikheev A.A. Metody i sredstva avtomatizirovannogo upravleniya sushil'noj kameroj (promyshlennost') : diss. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk : 05.13.06 [Methods and means of automated control of the drying chamber (industry): diss. on the competition deg. Cand. of Tech. Sciences: specialty 05.13.06]. (in Russian)
7. Mikheev A.A., Dunaev M.P. Sposob kombinirovannoj cirkulyacii v lesosushil'noj kamere [The method of combined circulation in the wood-drying chamber] // *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie = Modern technologies. System analysis. Modeling.* 2011. No 4(32). Pp. 202–205. (in Russian)
8. Mikheev A.A., Dunaev M.P. Sposob sushki drevesiny s kombinirovannoj cirkulyaciej vozduha v kamere [The method of drying wood with a combined air circulation in the chamber] // *Vestnik IrGTU = Bulletin of ISTU.* 2012. No 4(63). Pp. 168–172. (in Russian)
9. Romanov A.N., Odincov B.E. Sovetuyushchie informacionnye sistemy v ehkonomie [Advising information systems in economics]. Moscow. YUNITI = YUNITI Publ. 2000. 487 p. (in Russian)
10. Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii v Reestre programm dlya EHVM programmy dlya EHVM «Geraklit 2.X». № 2013616260 ot 02.07.2013, Rossijskaya Federaciya, Federal'naya sluzhba po intellektual'noj sobstvennosti (Rospatent). Sistema modelirovaniya pravdopodobnyh rassuzhdenij na osnove logik s vektornoj semantikoj / L.V. Arshinskij; zayavitel' i patentoobladatel' – Irkutskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya. [Certificate of official registration in the Register of Computer Programs for the computer program "Heraclit 2.X". No. 2013616260 of 02.07.2013, the Russian Federation, the Federal Service for Intellectual Property (Rospatent). A simulation system for plausible reasoning based on logics with vector semantics. Arshinsky; the applicant and the patent holder are the Irkutsk State University of Communications]. (in Russian)