

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 630*323.5(9)

DOI: 10.18324/2077-5415-2018-4-105-111

Зависимость качества окорки древесины от конструктивных параметров ультразвуковых излучателей

Г.Д. Гаспарян^a, В.В. Побединский^b

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

^agarik.gasparian@yandex.ru, ^bpobed@e1.ru

Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский Тракт 37, Екатеринбург, Россия

^b<https://orcid.org/0000-0001-6318-3447>

Статья поступила 12.09.2018, принята 15.10.2018

В статье рассматривается проблема качества ультразвуковой окорки древесины, при этом основное внимание уделено возможностям современных информационных технологий в исследованиях технологий окорки. Показано, что на сегодня чрезвычайно сложно получить достаточно полную картину влияния конструктивных параметров ультразвуковой колебательной системы на качество очистки древесины от коры известными методами из-за условий неопределенности. По мнению авторов, для решения задач такого класса наиболее корректно использование аппарата теории нечетких множеств, и целью настоящих исследований является получение функциональной зависимости качества ультразвуковой окорки от конструктивных параметров излучателя на основе нечеткого моделирования. Разработана нечеткая модель оценки качества ультразвуковой окорки древесины, при этом выполнена содержательная постановка задачи нечеткого моделирования качества окорки в зависимости от параметров ультразвуковых излучателей и определены нечеткие функции принадлежности для входных и выходных переменных задачи. Разработана база правил нечеткой продукции, выполнен синтез нечеткой модели зависимости средствами приложения Matlab — Fuzzy Logic Toolbox. Полученная функциональная зависимость выведена математически корректно и является достаточно адекватной. Как показывают сравнения с экспериментальными данными, результаты могут быть рекомендованы для использования при проектировании оборудования для ультразвуковой окорки лесоматериалов.

Ключевые слова: ультразвуковая окорка; качество окорки, ультразвуковой излучатель; нечеткое моделирование; нечеткий вывод.

The dependence of the quality of wood debarking from design parameters of ultrasonic emitters

G.D. Gasparyan^a, V.V. Pobedinskiy^b

Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

Ural State Forest Engineering University; 37, Sibirskiy Tract, Ekaterinburg, Russia

^agarik.gasparian@yandex.ru, ^bpobed@e1.ru

^b<https://orcid.org/0000-0001-6318-3447>

Received 12.09.2018, accepted 15.10.2018

The article deals with the problem of the quality of ultrasonic debarking of wood, with the main attention being paid to the capabilities of modern information technologies in the research of debarking technologies. It is shown that today it is extremely difficult to obtain a fairly complete picture of the influence of the design parameters of the ultrasonic oscillatory system on the quality of wood removal from the bark by known methods due to the conditions of uncertainty. According to the authors, to solve the problems of this class, it is most correct to use the apparatus of the theory of fuzzy sets, and the purpose of the present research is to obtain the functional dependence of the quality of the ultrasonic debarking on the design parameters of the radiator based on fuzzy modeling. A fuzzy model for assessing the quality of ultrasonic debarking of wood has been developed, and a meaningful statement of the task of fuzzy modeling of debarking quality depending on the parameters of ultrasonic emitters has been performed and fuzzy membership functions for the input and output variables of the problem have been determined. A base of rules for fuzzy products has been developed, a synthesis of a fuzzy dependency model has been carried out using Matlab – Fuzzy Logic Toolbox application. The resulting functional dependence is derived mathematically correctly and is quite adequate. Comparisons with experimental data show that the results can be recommended for use in designing equipment for ultrasonic debarking of timber.

Keywords: ultrasonic barking; barking, ultrasonic emitter; fuzzy modeling; fuzzy inference.

Введение

В процессе ультразвуковой окорки важнейшей характеристикой является качество очистки древесины от коры.

Эта величина зависит от ряда параметров конструкции излучателей, технологических параметров процесса окорки, размерно-качественных характеристик лесоматериала.

лов. В числе конструктивных параметров (рис. 1) длина концентратора и радиус скругления его концевой части в наибольшей степени влияют на качество окорки в зависимости от их величины во всем диапазоне воздействия — от невыполнения окорки до полной очистки ствола без остатков коры. Таким образом, для проектирования ультразвуковой колебательной системы необходимо знание зависимости качества окорки от сочетаний конструктивных параметров, что предполагает наличие определенной функциональной модели. Ультразвуковой концентратор для окорки лесоматериалов приведен на рис. 1.

Получение такой зависимости является сложной задачей, для решения которой требуется большой объем статистических и экспериментальных данных. Исследования процесса, проведенные на экспериментальной установке (рис. 2), позволили получить определенные результаты [1], однако для статистического анализа их недостаточно.

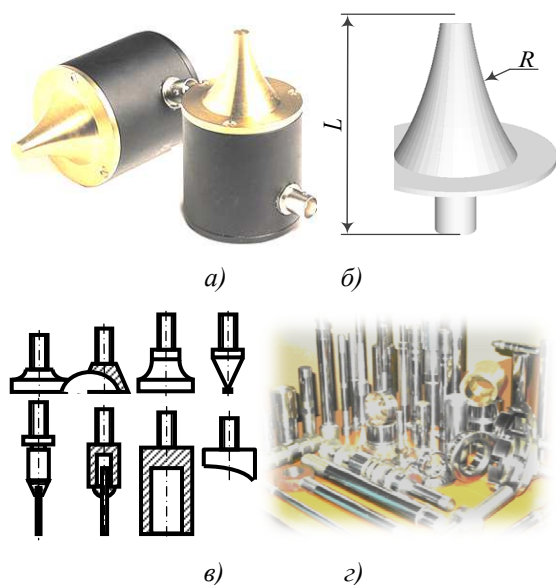


Рис. 1. Ультразвуковой концентратор для окорки лесоматериалов: а — общий вид; б — схема концевой части концентратора; в — схемы видов концевой части; г — наборы инструментов для ультразвуковой окорки

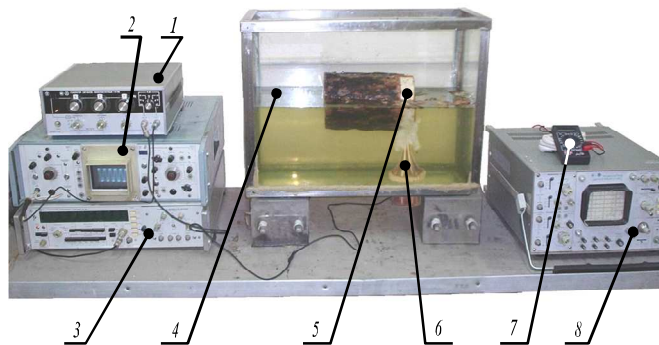


Рис. 2. Экспериментальная установка для исследования ультразвуковой окорки лесоматериалов: 1 — ультразвуковой генератор; 2 — осциллограф входного контура; 3 — частотомер; 4 — стеклянная ванна; 5 — обрабатываемый материал; 6 — ультразвуковая колебательная система; 7 — мультиметр (термометр); 8 — осциллограф выходного контура

Основной причиной этого является, кроме недостаточности статистических данных, еще и неопределенность характеристик процесса. Например, для характеристики качества окорки часто используют оценки «низкое», «высокое», «недостаточное» и др. В настоящей работе используется более конкретный показатель. В отличие от коэффициента качества механической окорки, который находится как отношение площади древесины с корой ко всей площади ствола [2], в ультразвуковой окорке предложен другой показатель качества удаления коры от древесины [1], который учитывает специфику процесса облучения ультразвуком.

Ультразвуковая окорка является сложным наукоемким направлением, требующим всестороннего исследования процессов, наличия многих зависимостей, которые на сегодня еще не получены, а это не позволяет обеспечивать дальнейшее развитие технологии ультразвуковой окорки.

Основные трудности, как было сказано, составляют условия неопределенности в задаче. Успешно решать задачи подобного типа позволяют аппарат теории нечетких множеств и его приложение — нечеткое моделирование [3–19], что и определило цель настоящей работы.

Целью настоящих исследований было получение функциональной зависимости качества ультразвуковой окорки от конструктивных параметров излучателя на основе аппарата нечеткого моделирования.

Разработка модели предусматривала решение следующих задач.

1. Выполнение содержательной постановки задачи нечеткого моделирования качества ультразвуковой окорки.
2. Определение нечетких функций принадлежности для входных и выходных переменных задачи (приведение к нечеткости).
3. Разработка базы правил нечеткой продукции.
4. Синтез нечеткой модели зависимости качества ультразвуковой окорки от входных параметров средствами приложения Matlab — Fuzzy Logic Toolbox.

Выполнение содержательной постановки задачи моделирования ультразвуковой окорки. В методике [3; 4] содержательная постановка задачи используется для того, чтобы представить данные об основных параметрах процесса окорки в форме определенных эвристических правил, моделирующих остаточное количество коры на поверхности ствола. В этом случае выполняется описание процесса окорки в зависимости от сочетания основных влияющих параметров. В данном случае эта процедура выполняется одновременно с формированием базы основных правил системы нечеткого вывода, а в содержательном описании задачи определены наиболее специфические особенности моделирования процесса.

Рассмотрим в первую очередь конструктивные параметры — длину излучателя L и радиус его концевой части R . Предположим, что другие влияющие параметры — время и мощность облучения, рабочая частота, свойства коры, зависящие от породы древесины, — закреплены на одном уровне.

Итак, наилучшее качество окорки может быть в оп-

ределенном диапазоне значений длины излучателя. Если длина будет минимальной, то качество несколько снижается. Также при увеличении длины от предпочтительного диапазона качество снижается и достигает значения, когда окорка не происходит.

Величина радиуса концевой части излучателя влияет на качество окорки также нелинейно. При максимальном радиусе излучение становится узконаправленным, и качество, а также производительность окорки снижаются. При уменьшении радиуса также от определенного значения качество начинает резко снижаться, и это можно заметить на графиках экспериментальных данных (рис. 3).

Для дальнейшей постановки задачи необходимо определить входные и выходные параметры моделирования, диапазоны их значений, задать нечеткие функции принадлежности и разработать базу правил нечеткой продукции.

Определение нечетких функций принадлежности для входных и выходных переменных задачи (приведение к нечеткости). С учетом цели работы определим в качестве выходной величины значение условного оценочного коэффициента k степени удаления коры от древесины, предложенного в работе [1]. Этот коэффициент может изменяться от 0 до 1,5 (рис. 3). Физический смысл значения коэффициента больше единицы означает, что происходит облущение уже окоренной поверхности древесины, и наблюдаются соответствующие дополнительные затраты мощности излучения.

В качестве входных величин, от которых предполагается получить зависимость, примем длину концентратора L (рис. 1 б) и радиус R концевой части концентратора. Предварительные экспериментальные исследования [1]

показали, что величина L имеет значения от 20 до 70 мм, а радиус R — от 10 до 105 мм.

Будем полагать, что термножества значений лингвистических переменных представлены треугольными нечеткими числами, а на границах области определения — сигмоидальными нечеткими интервалами (рис. 4). Выбор сигмоидальных функций позволяет получить более сглаженную результирующую функцию. На рис. 4 а, б показаны функции принадлежности входных переменных «длина L » и «радиус R », а на рис. 4 в приведена нечеткая функция лингвистической выходной переменной «качество k » (для удобства условно будем называть его коэффициентом качества).

Во многих случаях при решении подобных задач [3; 4] на универсуме нечеткого множества принимают минимальное значение функции принадлежности, равно трем, что позволяет ограничиться небольшим объемом базы правил. Но в таких случаях, в зависимости от размерности параметров, выходная величина аппроксимируется менее гладкой функцией. В данном случае будет целесообразно принять пять значений входных и выходной лингвистических переменных.

В качестве обозначений лингвистических переменных для предложенных функций приняты следующие значения: «минимальная» — Мин; «малая» — М; «средняя» — СР; «большая» — Б; «максимальная» — Мах.

В терминах теории нечетких множеств лингвистические переменные определены термножествами со следующие значениями:

- «длина L » {Мин, М, СР, Б, Мах};
- «радиус R » {Мин, М, СР, Б, Мах};
- «качество k_0 » {Мин, М, СР, Б, Мах}.

Принятые нечеткие функции принадлежности для вывода функции $k_0 = f(L, R)$ показаны на рис. 4.

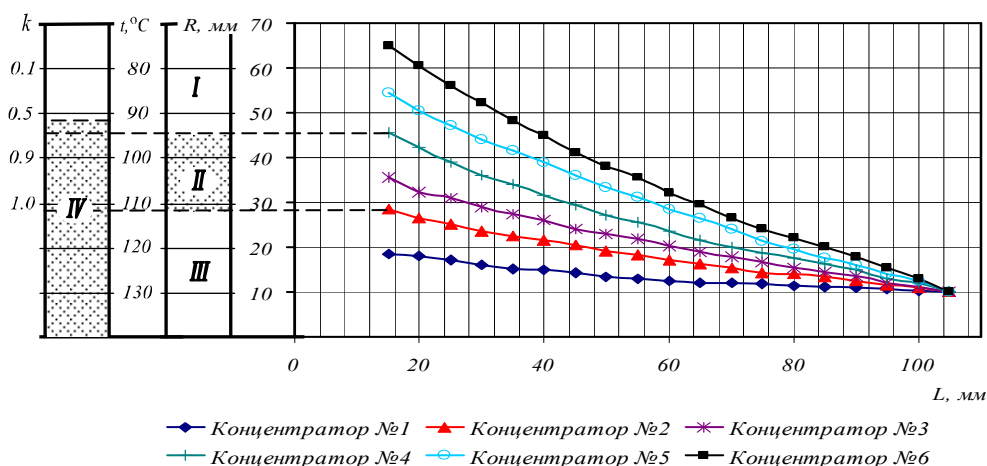


Рис. 3. Зависимость температуры камбиального слоя (t), коэффициента очистки коры (k) и радиуса концентратора (R) от форм составляющих поверхностей экспериментальных концентраторов: I — зона пассивного воздействия ультразвуковых волн на камбиальный слой; II — зона кипения камбиального слоя; III — зона негативного воздействия ультразвуковых волн на древесину; IV — зона очистки древесины от слоев коры

Формирование базы правил системы нечеткого вывода. Для нечеткого вывода функции принадлежности используем метод Мамдани [3; 4], что предполагает разработку базы правил нечеткой продукции.

Опишем влияние некоторых сочетаний входных воздействий на выходной параметр.

Если L = «минимальная» и R = «минимальный», То k = «максимальное»;

Если L = «минимальная» и R = «малый», То

$k = \text{«большое»}$;
 Если $L = \text{«максимальная»}$ и $R = \text{«максимальный»}$,
 То $k = \text{«максимальное»}$;
 Если $L = \text{«малая»}$ и $R = \text{«минимальный»}$, То
 $k = \text{«максимальное»}$;
 Если $L = \text{«средняя»}$ и $R = \text{«минимальный»}$, То
 $k = \text{«максимальное»}$;
 Если $L = \text{«максимальная»}$ и $R = \text{«большой»}$, То
 $k = \text{«максимальное»}$.

Используя описание вариантов сочетаний входных параметров (L и k), а также большее количество значений лингвистических переменных, например, «средняя», «большая», «малая», специфические особенности явления и экспериментальные данные (рис. 3), можно формализовать базу правил нечеткого вывода функции величины коэффициента качества окорки $k = f(L, R)$ (см. таблицу 1).

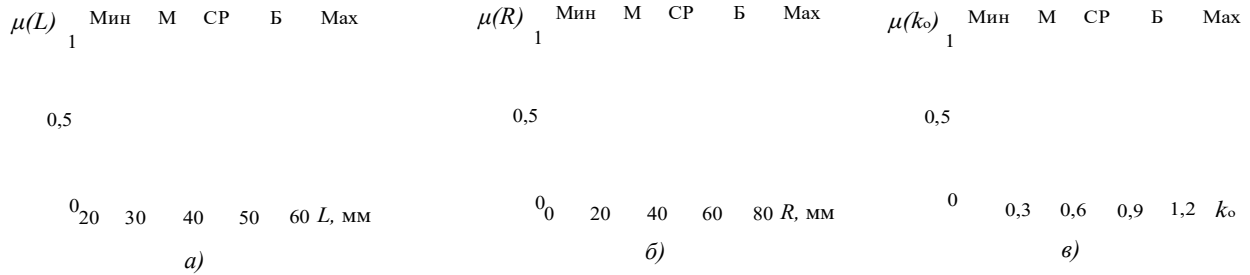


Рис. 4. Нечеткие функции принадлежности лингвистических переменных для вывода функции $k = f(L, R)$: а — «длина L »; б — «радиус R »; в — «качество k »

Таблица 1

Состав базы правил нечеткой продукции для моделирования величины коэффициента качества окорки $k = f(L, R)$

Значения лингвистической переменной «радиус R »	Значения выходных нечетких подмножеств «качество k » при изменении нечеткой функции «длина L »				
	Мин	М	СР	Б	Мах
Мин	Мах	Мах	Мах	Мах	Мах
М	Б	Б	Б	Б	Мах
СР	Ср	Б	Б	Б	Мах
Б	М	Ср	Ср	Мах	Мах
Мах	Мин	М	Ср	Мах	Мах

Для нечеткого вывода результирующей функции использован наиболее распространенный метод Мамдани [5; 6]. Схема вывода в формате Matlab приведена на рис. 5.

Синтез нечеткой модели зависимости качества окорки. Изложенная формальная постановка задачи нечеткого вывода позволяет реализовать ее в специализированных компьютерных программах.

Реализация задачи нечеткого вывода функции $k = f(L, R)$ выполнена в среде FIS Editor приложения Matlab [20]. Последовательность действий в процессе вывода показана на рис. 6.

Алгоритм по известной [3; 4] методике включал следующие процедуры:

1. Фаззификация (введение нечеткости) (рис. 6 а, б, д).
2. Формирование базы правил нечеткой продукции (рис. 6 г).
3. Нечеткий вывод (рис. 6 в).
4. Дефаззификация (приведение к четкости) (рис. 6 е).
5. Получение конечной функции нечеткого вывода (рис. 6 е).

Полученная в результате нечеткого вывода функция является достаточно корректной математически и может использоваться для прогнозирования величины качества окорки древесины.

Анализ результатов. Полученная зависимость показывает влияние входных параметров на качество окорки. Так, максимальное значения коэффициента k наблюдается при минимальном радиусе, а также максимальной длине излучателя. Это логично, так как зона облучения уменьшается, и наблюдается увеличение его интенсивности воздействия на окоренную древесину, что приводит к снижению качества и производительности. Такая картина сохраняется и при максимальной длине излучателя. Наилучшему значению коэффициента k в лингвистической переменной соответствует нечеткое число «Б» (рис. 3 в), так как в диапазоне его значения находится $k = 1$ (рис. 6 е). В этом случае происходит полная очистка коры, и не будет избыточного облучения. Для параметра R также определены наилучшие значения в диапазоне нечеткого числа «М» (рис. 3 б, 6 е).

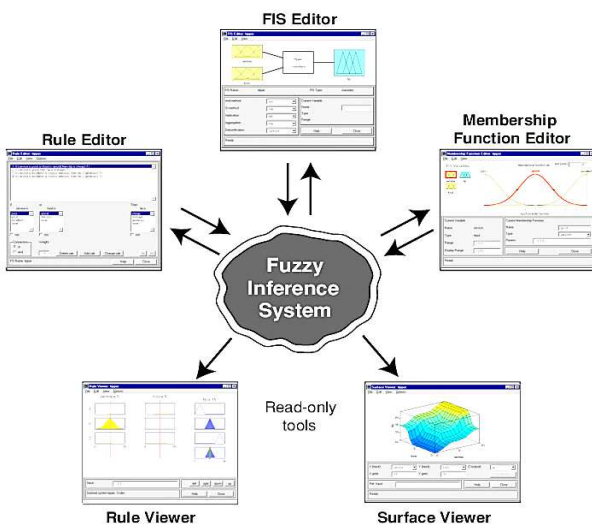
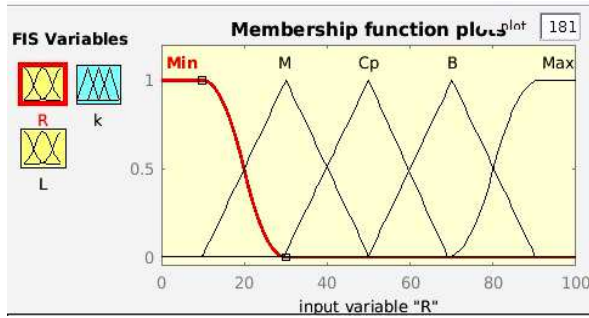
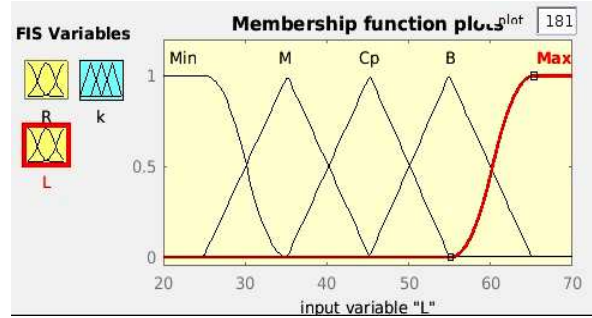


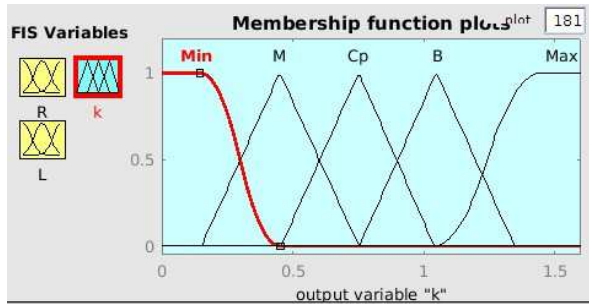
Рис. 5. Схема нечеткого вывода в среде Matlab [20]



a)



б)



в)

if	and	Then
R is	L is	k is
Min	Min	Min
M	M	M
Cp	Cp	Cp
B	B	B
Max	Max	Max

Buttons: not, Weig: 1, Delet..., Add rule, Chang...

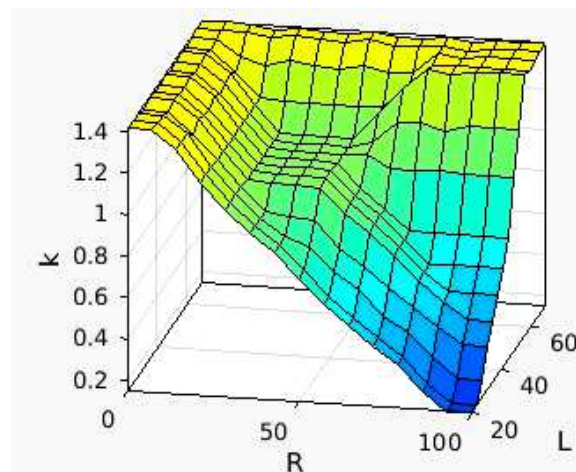
г)

Inputs: R = 50, L = 45, k = 1.04

Plot: 10

Opened system

д)



е)

Рис. 6. Нечеткий вывод функции $k = f(L, R)$ в среде FIS Editor приложения Matlab: а — нечеткая функция принадлежности переменной «радиус R »; б — нечеткая функция принадлежности переменной «длина L »; в — нечеткая функция принадлежности переменной «качество k »; г — база правил нечеткого вывода; д — процедура нечеткого вывода и приведения к четкости; е — функция нечеткого вывода $k = f(L, R)$

Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Технология ультразвуковой окорки является новым научным и практическим направлением, для развития которого необходимы основные зависимости, описывающие технологический процесс. В настоящее время из-за неопределенности в параметрах и отсутствия многих статистических данных невозможно установить достаточно полную картину процесса без применения современных методов моделирования и компьютерных средств. Предложенная постановка задачи нечеткого моделирования качества окорки и реализация соответствующего программного обеспечения в среде Matlab позволяют использовать информационные технологии в исследованиях и проектировании систем ультразвуковой окорки.

2. Предлагаемая функция качества окорки в зависимости от конструктивных параметров ультразвуковых излучателей, построенная на основе нечеткого вывода, является достаточно адекватной при сравнении с экспериментальными данными [1] и может быть рекомендована для использования при исследовании и проектировании оборудования для ультразвуковой окорки древесины.

Литература

1. Гаспарян Г. Д. Методологические и технологические основы процесса окорки лесоматериалов ультразвуком: дис. ... д-ра техн. наук. Братск, 2013. 388 с.

2. Газизов А.М. Оптимизация окорки древесины на роторных окорочных станках: моногр. Уфа: Изд.полиграф. комплекс М-ва внутренних дел по Республике Башкортостан, 2010. 270 с

3. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ, 2009. 798 с.

4. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzy TECHСПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.

5. Санников С.П., Побединский В.В., Газизов А.М., Бородулин И.В., Черницын М.А., Кузьминов Н.С. Зависимость падения мощности сигнала от параметров лесной среды при радиочастотном мониторинге лесного фонда // Системы Методы Технологии. 2016. № 4 (32). С. 181-187.

6. Побединский В.В., Газизов А.М., Санников С.П., Побединский А.А. Диэлектрическая проницаемость лесного фонда в зависимости от параметров среды при радиочастотном мониторинге // Вестн. Морд. ун-та. 2018. Т. 28, № 2. С. 148-163. DOI: <https://doi.org/10.15507/0236-2910.028.201802.148-163>.

7. Санников С.П., Побединский В.В., Бородулин И.В., Черницын М.А., Кузьминов Н.С. Зависимость падения мощности сигнала при радиочастотном мониторинге лесного фонда от конструктивных параметров // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2016. № 3. С. 23-29.

8. Санников С.П., Бородулин И.В., Побединский А.А. Побединский В.В., Зависимость диэлектрической проницаемости лесного фонда от климатических факторов при радиочастотном мониторинге // Вестн. Поволж. гос. технол. ун-та. Сер. Лес. Экология. Природопользование. 2017. № 2 (34). С. 28-36.

9. Zadeh L.A. (1988) Fuzzy logic. IEEE Transactions on Computers. 1988. Vol. 21, № 4. P. 83-93.

10. Mamdani E.H. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis // IEEE Transactions on Computers. 1977. Vol. 26, № 12. P. 1182-1191.

11. Carneiro A. L. G., Porto Jr. A. C. S. An Integrated Approach for Process Control Valves Diagnosis Using Fuzzy Logic // World Journal of Nuclear Science and Technology. 2014. Vol. 4. P. 148-157.

12. Lin J.-J., Chuang C.-J. and Ko C.-F. Applying GA and Fuzzy Logic to Breakdown Diagnosis for Spinning Process // Intelligent Information Management. 2017. Vol. 9. P. 21-38.

13. Ali A., El-Serafi K., Mostafa S.A.K., El-Sheimy N. Frequency eatures Based Fuzzy System for Rotating Machinery Vibration Analysis Using Smartphones LowCost MEMS Sensors // Journal of Sensor Technology. 2016. Vol. 6. P. 56-74.

14. Uraon K.K., Kumar S. Analysis of Defuzzification Method for Rainfall Event // International Journal of Computer Science and Mobile Computing. 2016. Vol. 1, № 1. P. 341-354.

15. Alguliyev R., Abdullayeva F. Development of Fuzzy Risk Calculation Method for a Dynamic Federation of Clouds // Intelligent Information Management. 2015. Vol.7. P. 230-241.

16. Perez O. Fuzzy Law: A Theory of Quasi-Legal Systems // Canadian Journal of Law & Jurisprudence. 2015. Vol. 28. P. 343-370.

17. Ntaganda J.M., Haggag M.S.D., Mampassi B. Fuzzy Logic Strategy for Solving an Optimal Control Problem of Therapeutic Hepatitis C Virus Dynamics // Open Journal of Applied Sciences. 2018. Vol. 5. P. 527-541.

18. Gour A., Pardasani K.R. (2018) Statistical and Soft Fuzzy Set Based Analysis of Amino Acid Association Patterns in Peptide Sequence of Swine Influenza Virus // Advanced Science, Engineering and Medicine. 2018. Vol. 10, № 2. P. 137-144.

19. Miranda G.H.B., Felipe J.C. (2015) Computer-aided diagnosis system based on fuzzy logic for breast cancer categorization // Computers in Biology and Medicine. 2015. № 64 (1). P. 334-34.

20. MATLAB® & Simulink® Release Notes for R2008a [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mathworks.com>. (дата обращения: 17.09. 2018).

References

1. Gasparyan G.D. Methodological and technological bases of process of an debarking of forest products ultrasound: dis. ... d-ra tekhn. nauk. Bratsk, 2013. 388 p.

2. Gazizov A.M. Modern rotarin debarking machines: monogr. Ufa: Izd.- poligraf. kompleks M-va vnutrennih del po Respublike Bashkortostan, 2010. 270 p.

3. Pegat A. Fuzzy modeling and control. M.: BINOM, 2009. 798 p.

4. Leonenkov A.V. Fuzzy modeling in the environment of Matlab and fussyTECH: BHV-Peterburg, 2005. 736 p.

5. Sannikov S.P., Pobedinskij V.V., Gazizov A.M., Borodulin I.V., Chernicyн M.A., Kuz'minov N.S. Dependence of the signal power drop on parameters of the forest environment during radio frequency monitoring of the forest fund//Systems Methods Technologies. 2016. № 4 (32). P. 181-187.

6. Pobedinskij V.V., Gazizov A.M., Sannikov S.P., Pobedinskij A.A. Dielectric permeability of forest fund, depending on the parameters of the medium during radio-frequency monitoring // Mordovia University Bulletin. 2018. Т. 28, № 2. P. 148-163. DOI: <https://doi.org/10.15507/0236-2910.028.201802.148-163>.

7. Sannikov S.P., Pobedinskij V.V., Borodulin I.V., Chernicyн M.A., Kuz'minov N.S. Dependence of the signal power drop during radiofrequency monitoring of the forest fund from the

design parameters // Measuring. Monitoring. Management. Control. 2016. № 3. P. 23-29.

8. Sannikov S.P., Borodulin I.V., Pobedinskij A.A. Pobedinskij V.V. Dependence of the permittivity of forest fund on climatic factors in radio-frequency monitoring // Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.Forest. Ecology. Nature management. 2017. № 2 (34). P. 28-36.

9. Zadeh L.A. (1988) Fuzzy logic. IEEE Transactions on Computers. 1988. Vol. 21, № 4. P. 83-93.

10. Mamdani E.H. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis // IEEE Transactions on Computers. 1977. Vol. 26, № 12. P. 1182-1191.

11. Carneiro A. L. G., Porto Jr. A. C. S. An Integrated Approach for Process Control Valves Diagnosis Using Fuzzy Logic // World Journal of Nuclear Science and Technology. 2014. Vol. 4. P. 148-157.

12. Lin J.-J., Chuang C.-J. and Ko C.-F. Applying GA and Fuzzy Logic to Breakdown Diagnosis for Spinning Process // Intelligent Information Management. 2017. Vol. 9. P. 21-38.

13. Ali A., El-Serafi K., Mostafa S.A.K., El-Sheimy N. Frequency eatures Based Fuzzy System for Rotating Machinery Vibration Analysis Using Smartphones LowCost MEMS Sensors // Journal of Sensor Technology. 2016. Vol. 6. P. 56-74.

14. Uraon K.K., Kumar S. Analysis of Defuzzification Method for Rainfall Event // International Journal of Computer Science and Mobile Computing. 2016.Vol. 1, № 1. P. 341-354.

15. Alguliyev R., Abdullayeva F. Development of Fuzzy Risk Calculation Method for a Dynamic Federation of Clouds // Intelligent Information Management. 2015. Vol.7. P. 230-241.

16. Perez O. Fuzzy Law: A Theory of Quasi-Legal Systems // Canadian Journal of Law & Jurisprudence. 2015. Vol. 28. P. 343-370.

17. Ntaganda J.M., Hagggar M.S.D., Mampassi B. Fuzzy Logic Strategy for Solving an Optimal Control Problem of Therapeutic Hepatitis C Virus Dynamics // Open Journal of Applied Sciences. 2018. Vol. 5. P. 527-541.

18. Gour A., Pardasani K.R. (2018) Statistical and Soft Fuzzy Set Based Analysis of Amino Acid Association Patterns in Peptide Sequence of Swine Influenza Virus // Advanced Science, Engineering and Medicine. 2018. Vol. 10, № 2. P. 137-144.

19. Miranda G.H.B., Felipe J.C. (2015) Computer-aided diagnosis system based on fuzzy logic for breast cancer categorization // Computers in Biology and Medicine. 2015. № 64 (1). P. 334-34.

20. MATLAB® & Simulink® Release Notes for R2008a [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.mathworks.com>. (data obrashcheniya: 17.09.2018).

УДК. 674.817

DOI: 10.18324/2077-5415-2018-4-111-117

Дициандиамид и его производные как акцепторы формальдегида при изготовлении древесных плит: превращения и влияние на прочность

Д.В. Иванов^а, А.А. Леонович^б

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер. 5, Санкт-Петербург, Россия

^аivanov.d.v.SPb@74.ru, ^бwood-plast@mail.ru

^а<https://orcid.org/0000-0002-0001-2461>, ^б<https://orcid.org/0000-0001-6971-9644>

Статья поступила 1.10.2018, принята 6.11.2018

В композицию для изготовления древесноволокнистых плит с использованием карбамидоформальдегидной смолы вводили дициандиамид для химического связывания формальдегида, выделяющегося при отверждении связующего. Негативное влияние на процесс отверждения устраняли путем применения производной из дициандиамида и серной кислоты, синтезированной при оптимальном мольном соотношении компонентов 1:0,5. Полученный модификатор включали в композицию древесноволокнистых плит при комбинированном способе введения, когда одну половину вводили в составе связующего, а другую — отдельно от связующего. Путем проведения полного факторного эксперимента по равномерноротатбельному плану 3-го порядка найдены технологические параметры изготовления образцов: температура греющих плит пресса 230 °С, удельное время прессования 0,3 мин/мм толщины, массовые доли модификатора, введенного в составе связующего и отдельно от связующего, по 5 % от массы абс. сухой смолы. Образцы отвечают требованиям ГОСТ 32274–2013 по прочности и характеризуются пониженной токсичностью.

Ключевые слова: дициандиамид; сульфат гуанилмочевин; формальдегид; акцепторы формальдегида; токсичность древесных плит.