

Лесопромышленный комплекс

заготовленных со стоянки, предшествующей их последующей обработке. Направление тыльной границы коридора под углом $\delta = \arccos \frac{a}{2R}$ обеспечивает максимально возможную вероятность

беспрепятственной заготовки деревьев в зоне однократной обработки. В зоне двукратной обработки вероятность беспрепятственной заготовки деревьев также возрастает за счет коридора. Расчеты

показали, что при прочих равных условиях изменение угла примыкания коридора к волоку увеличивает среднюю вероятность беспрепятственной заготовки деревьев на полупасаках на 28 %.

Библиографический список

1. Расчет ширины ленты, разрабатываемой манипуляторной полноповоротной лесозаготовительной машиной / Э.Ф. Герц, В.А. Азаренок, Н.В. Лившиц, А.В. Мехренцев // Изв. вузов. Лесн. жур. 2002. № 5. С. 47–51.
2. Ширнин Ю.А., Герц Э.Ф. Стохастическое моделирование валки деревьев при несплошных рубках // Изв. вузов. Лесн. жур. 2004. № 1. С. 39–45.

УДК 630.323

*В.В. Побединский, К.П. Асин, Е.В. Побединский
(V.V. Pobedinsky, K.P. Asin, E.V. Pobedinsky)*

*Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА КОРОСНИМАТЕЛЕ
(SIMULATION OF DYNAMIC LOADS ON DEBARKING TOOL)**

Исследована проблема определения нагрузок на короснимателе и решена задача оценки величины динамических нагрузок на основе нечеткого моделирования. Практическая реализация нечеткого вывода выполнена в среде Fuzzy Logic Toolbox приложения MatLab.

В результате нечеткого вывода получена функция динамических нагрузок нормальной составляющей силы окорки на короснимателе в зависимости от высоты неровностей микропрофиля ствола и скорости окорки.

Investigated the problem of determining the loads on debarking tool and solved the problem of estimating the dynamic loads on the basis of fuzzy modeling. Practical implementation of fuzzy inference is made in an environment Fuzzy Logic Toolbox application MatLab.

As a result of the fuzzy inference function is obtained dynamic loads a normal component of the force on the debarking debarking tool depending on the height of irregularities microprofile trunk and speed of debarking.

В процессе окорки лесоматериалов определяющую роль играет механизм режущего инструмента с короснимателем, который представляет собой узел, наиболее подверженный нагрузкам со стороны обрабатываемого ствола. Нагрузки на короснимателе и в первую очередь их динамические составляющие необходимы для проектирования инструмента, мощности приводов, несущей конструкции и других механизмов станка.

Получить достаточно точно такие данные экспериментально

чрезвычайно сложно, а тем более для всего породного и сортиментного состава будет практически невозможно, поэтому единственным выходом в этой ситуации является использование метода моделирования.

Традиционно подобные задачи в окорке решались вероятностными методами, как правило, рассматривались однофакторные зависимости, и основную сложность здесь вызывает недостаточность информации по исходным данным, в частности по воздействиям со стороны обрабатываемого лесоматериала.

Специфика процесса в том, что достоверные экспериментальные данные из вращающейся системы ротора станка можно получить только бесконтактным способом телеметрии. Поэтому необходимые для проектирования станков данные, определяемые на основании экспериментальных исследований [1], дают информацию только о некоторых параметрах процесса динамических нагрузок, а функциональные зависимости этих нагрузок от характеристик древесины и технологических режимов не определяются.

Лесопромышленный комплекс

Теоретически также не представляется возможным получить адекватную модель микропрофиля, воздействующего на коросниматель при движении по винтовой линии вокруг лесоматериала. Предложенная имитационная модель процесса окорки [2] позволяет статистически оценить некоторые параметры поверхности лесоматериала, но не имеет возможности установить функциональную зависимость динамических нагрузок от технологических параметров, различных микронеровностей и тем более от одновременного их действия. Рассматривая проблему в контексте теории нечетких множеств, следует указать, что для такого класса задач в наибольшей степени подходит метод нечеткого моделирования, позволяющий более эффективно решать задачи с учетом неопределенности в любых сферах деятельности человека [3, 4]. Однако в области окорки, где этот метод с успехом может применяться, он не используется. Основной причиной сложившегося положения можно считать недостаточность исследовательских работ в этом направлении, что не позволяет в полной мере реализовать достижения прогресса.

Таким образом, ранее в комплексе перечисленные вопросы не рассматривались и задача оставалась нерешенной, поэтому разработка новых методов оценки динамических нагрузок на инструмент окорочных станков является актуальной.

Целью настоящей работы являлось получение на основе нечеткого вывода функциональной зависимости динамических нагрузок нормальной составляющей силы окорки в зависимости от микропрофиля поверхности и скорости обработки лесоматериала.

Достижение поставленной цели предусматривало решение **следующих задач:**

1) выполнение содержательной постановки задачи нечеткого моделирования динамических нагрузок;

2) выполнение практической реализации задачи нечеткого вывода, включающей определение нечетких функций принадлежности для входных и выходных переменных задачи (приведение к нечеткости) и разработка базы правил нечеткой продукции;

3) синтез нечеткой модели зависимости динамических нагрузок от входных параметров средствами Fuzzy Logic Toolbox приложения MatLab.

Содержательная постановка задачи определения нагрузок на коросниматель. Содержательная постановка задачи заключается в описании процесса взаимодействия короснимателя с лесоматериалом. При обработке лесоматериалов динамические нагрузки, действующие на режущий механизм, обуславливаются пороками древесины (кривизна, сучки, овальность и др.).

Процесс окорки в РОС складывается из двух движений:

– главного движения – вращательного движения ротора с инструментами вокруг бревна;

– вспомогательного движения подачи – поступательного вдоль оси лесоматериала.

В результате коросниматель движется по винтовой линии, огибая все неровности на поверхности ствола, при этом на большой скорости возникают ударные нагрузки в момент встречи короснимателя с неровностями (ребрами закомелистой части, остатками сучков и другими пороками). Величина нагрузок зависит в первую очередь

от высоты неровности и скорости окорки, которая представляет собой результирующую двух указанных движений. В контексте нечеткого моделирования значение ударной нагрузки можно интерпретировать как лингвистическую переменную. Область определения переменной на практике определяется экспериментальным путем, например [5].

В процессе возникновения динамических нагрузок нужно учитывать специфику взаимодействия. Дадим самые основные показатели уровня нагрузок в зависимости от неровностей в описательном виде, аналогичном правилам в теории нечетких множеств («Если $A = B$ и $C = D$ и ... то $m_i = n_j$ и ...») [3, 4]. В этом случае эмпирические данные могут быть представлены в форме следующих эвристических правил, как если бы это был процесс словесного описания:

– если «Неровность» = «Большая» и «Скорость» = «Большая», то динамическая нагрузка = «Большая»;

– если «Неровность» = «Малая» и «Скорость» = «Малая», то динамическая нагрузка = «Малая»;

– если «Неровность» = «Средняя» и «Скорость» = «Малая», то динамическая нагрузка = «Малая»;

– если «Неровность» = «Средняя» и «Скорость» = «Средняя», то динамическая нагрузка = «Средняя».

Аналогично выводятся правила для других значений лингвистических переменных, например «Максимальный», «Минимальный» и их сочетаний. Количественные значения параметров принимаются по данным экспериментов [5]. Повышение точности результатов решения задачи нечеткого вывода

Лесопромышленный комплекс

достигается более детальным учетом особенностей процесса, описывающих его с различных позиций, и увеличением числа различных вариантов лингвистических высказываний, которые в нечетком выводе будут составлять базу правил. Приведенные эвристические правила содержательной постановки задачи используются для построения базы правил нечеткого вывода, на основе которой и разрабатывается модель нечеткого вывода.

Практическая реализация задачи нечеткого вывода. Определение входных и выходных переменных задачи управления (приведение к нечеткости). Определим функции принадлежности для входных и выходных параметров.

Входные переменные. В качестве первой входной функции принадлежности примем величину неровности микропрофиля поверхности ствола. Рассматривая лесоматериал максимальной толщины для станка типоразмера ОК63, эту величину можно принять с разбросом значений в пределах от 0 до 15 см.

В качестве второй входной функции принадлежности принимаем скорость окорки – результирующей от скорости подачи и вращения ротора. С учетом технических характеристик станка ОК63, скорости подачи, частоты враще-

ния ротора и диаметра бревна этот параметр будет в диапазоне от 1 до 5 м/с.

Выходная переменная. Выходная переменная логично следует из физического смысла задачи – это величина динамических нагрузок нормальной составляющей силы окорки на короснимателе. Анализируя экспериментальные данные, видим, что нормальная составляющая изменяется в диапазоне от 600 до 3000 Н.

Одним из ключевых моментов теории нечетких множеств является использование функции принадлежности. Она формируется в два этапа. На первом этапе определяется носитель нечеткого множества или область определения. На втором этапе определяется форма функции принадлежности. Принятие такой функции, как правило, носит субъективный творческий характер и в большей степени зависит от физического смысла решаемой задачи. Существуют различные методики выявления вида функции принадлежности. В данном случае эта проблема также решалась экспертным путем с учетом физического содержания задачи моделирования.

Не вдаваясь в детальное описание формальных математических аспектов этой теории (более подробное изложение этой теории можно найти в [3, 4]), перейдем непосредственно к формализации

задачи нечеткого вывода, в первую очередь включающей определение функций принадлежности для входных и выходного параметров.

Для указанных величин предложены, как наиболее соответствующие физическому смыслу и специфике задачи, лингвистические переменные в виде трапециевидальных интервалов, а на границах области определения сигмоидальных нечетких интервалов. Указанные функции приведены на рис. 1, а, б, в.

В качестве обозначений лингвистических переменных для предложенных функций приняты следующие значения: Мин – минимальное; М – малое; Ср – среднее; Б – большое; Мах – максимальное.

Для выходной лингвистической переменной приняты следующие значения: Мин – минимальное; М – малое; МС – меньше среднего; Ср – среднее; БС – больше среднего; Б – большое; Мах – максимальное.

Таким образом, в терминах теории нечетких множеств лингвистические переменные определены терм-множествами со следующими значениями:

- «Неровность, H » {Мин, М, Ср, Б, Макс};
- «Скорость, V » {Мин, М, Ср, Б, Макс};
- «Нагрузки, P » {Мин, М, МС, Ср, БС, Б, Макс}.

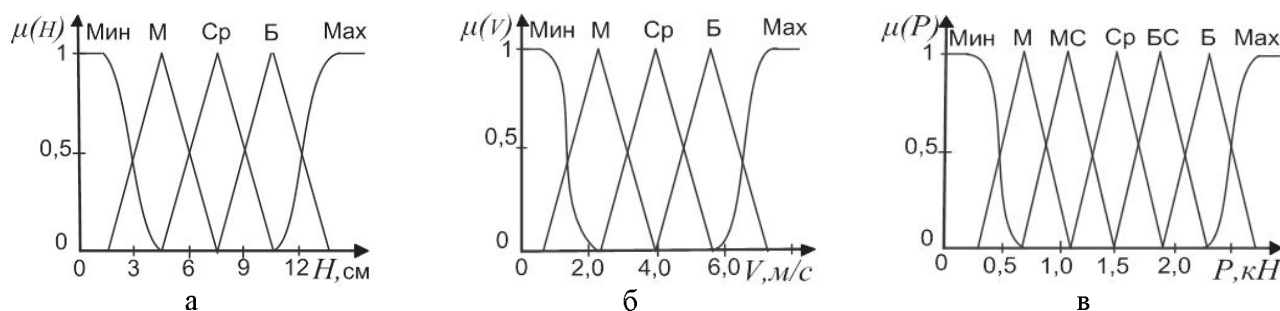


Рис. 1. Нечеткие функции принадлежности лингвистических переменных: а – «Неровность, H »; б – «Скорость, V »; в – «Нагрузки, P »

Лесопромышленный комплекс

Формирование базы правил системы нечеткого вывода. Для нечеткого вывода функции принадлежности используем метод Мамдани [3, 4], который предполагает разработку базы правил нечеткой продукции. Такая база формируется из системы нечетких высказываний, приведенных выше.

В системе нечеткого вывода выполняются этапы агрегирования и активизации. Первое представляет определение по каждому правилу степени истинности условий, а второе – степень истинности подзаключений [3]. Состав базы правил нечеткой продукции рассматриваемой задачи приведен в таблице.

Синтез нечеткой модели зависимости корректирования периодичности ТО. Изложенная формальная постановка задачи нечеткого вывода позволяет реализовать ее в специализированных компьютерных программах.

Реализация задачи нечеткого вывода выполнена в среде FIS Editor (рис. 2) приложения MatLab [6]. В данном случае использовался алгоритм по известной [3, 5] методике:

1) фаззификация (введение нечеткости) (рис. 2, а – в);

2) формирование базы правил нечеткой продукции (рис. 2, г);

3) нечеткий вывод (рис. 2, д);

4) дефаззификация (приведение к четкости) (рис. 2, д).

5) получение конечной функции нечеткого вывода (рис. 2, е).

Полученная в результате нечеткого вывода функция является достаточно корректной математически, результаты могут использоваться в качестве данных для проектирования станков и инструментов, а также в имитационных моделях процессов окорки.

Проверка адекватности предложенной модели нечеткого вывода может быть выполнена путем сопоставления с известными экспериментальными данными в области [5].

С учетом ошибки экспериментов, статистической вариации исходных значений и аппроксимации нечеткого вывода в данном случае наблюдается достаточная адекватность теоретической модели реальным процессам окорки.

Полученная функция была использована в алгоритме имитационно-нечеткого моделирования процесса окорки. Результаты моделирования нормальной составляющей силы окорки приведены на рис. 3. Сопоставление ампли-

тудных и спектральных характеристик динамических нагрузок, полученных при моделировании, с результатами натурных экспериментов показали достаточную адекватность имитационной модели динамических нагрузок реальному процессу окорки лесоматериалов.

Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

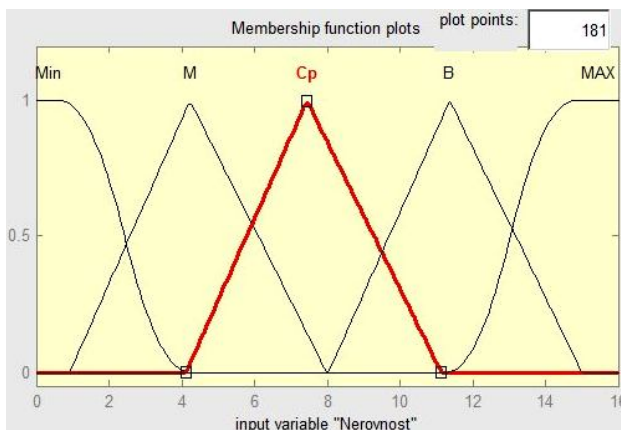
1. Дальнейшее совершенствование окорочного оборудования невозможно без использования современных интеллектуальных программных систем и компьютерных средств. Предложенная постановка задачи нечеткого моделирования и реализация соответствующего программного обеспечения в среде MatLab позволяет эффективно использовать информационные технологии в исследованиях, моделировании, проектировании оборудования и совершенствовании технологий окорки.

2. Использование теории нечетких множеств в задачах моделирования воздействий и нагрузок в окорочных станках открывает новые возможности, позволяя более полно учитывать разрозненные экспериментальные данные,

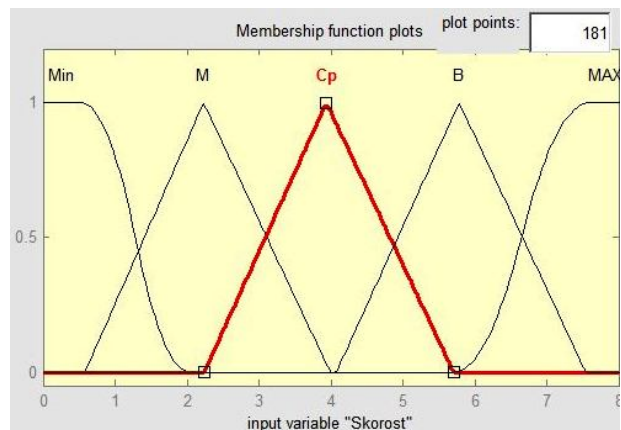
Состав базы правил нечеткой продукции для вывода функции принадлежности динамических нагрузок

Значения лингвистической переменной «Скорость, V»	Значения выходных нечетких подмножеств «Нагрузки, P» при изменении нечеткой функции «Неровность, H»				
	Мин	М	Ср	Б	Макс
Мин	Мин	Мин	М	М	МС
М	Мин	М	МС	МС	Ср
Ср	Мин	МС	Ср	Ср	БС
Б	М	Ср	БС	БС	Б
Макс	МС	Ср	Б	Б	Макс

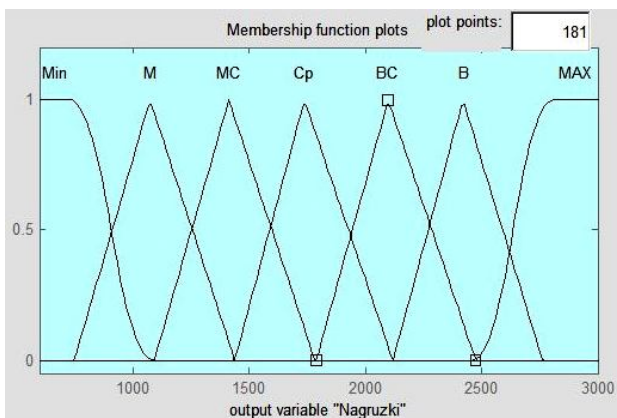
Лесопромышленный комплекс



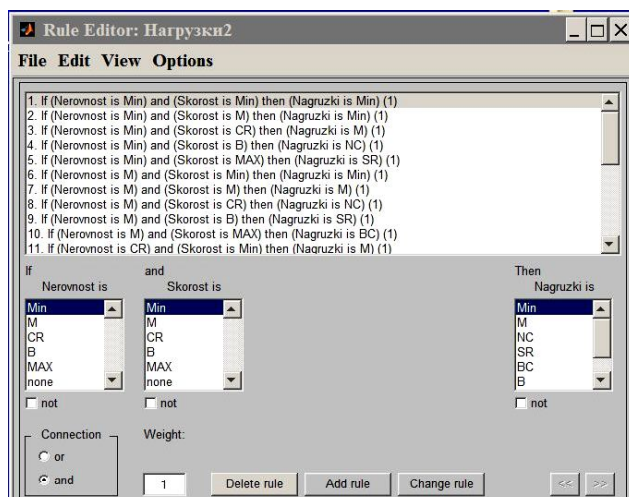
а



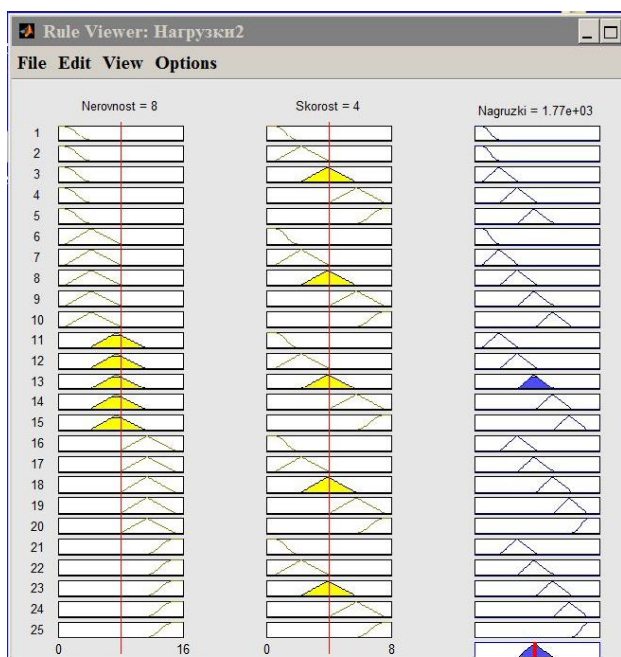
б



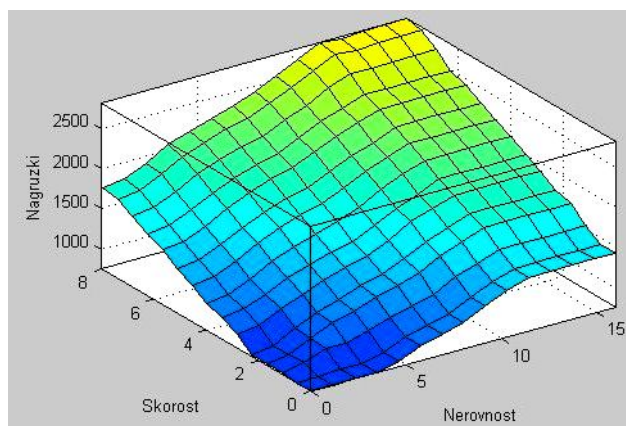
в



г



д



е

Рис. 2. Нечеткий вывод в среде FIS Editor приложения MatLab: а – нечеткая функция принадлежности переменной «Неровность, H »; б – нечеткая функция принадлежности переменной «Скорость, V »; в – нечеткая функция принадлежности лингвистической переменной «Нагрузка, P »; г – база правил нечеткого вывода динамических нагрузок; д – процедура нечеткого вывода и приведения к четкости; е – функция нечеткого вывода динамических нагрузок

Лесопромышленный комплекс

обобщать известные результаты, вовлекать экспертные знания и получать новые данные для проектирования.

3. Предложенная модель нечеткого вывода является обоб-

щенной аппроксимирующей функцией параметров процесса окорки и расчета проектных динамических нагрузок на коросниматель в зависимости от высоты неровностей микропрофиля и от

скорости окорки. Сопоставление результатов нечеткого вывода с экспериментальными данными для аналогичных условий показывает достаточную адекватность модели.

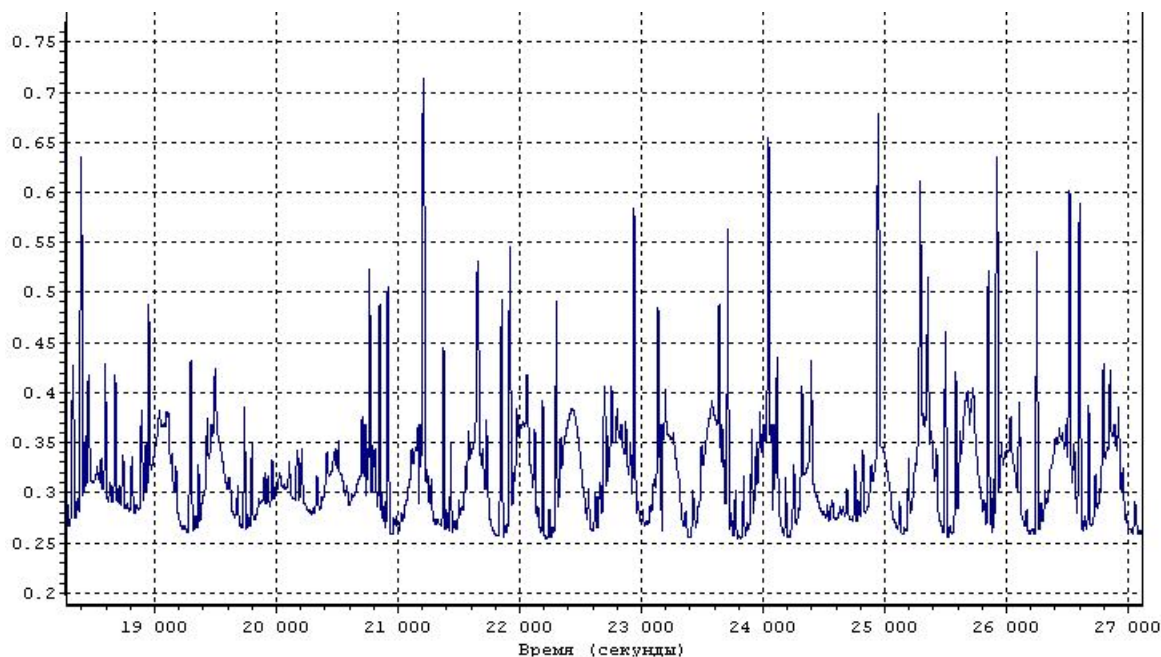


Рис. 3. Процесс динамических нагрузок на короснимателе, полученный на основе решения задачи нечёткого вывода

Библиографический список

1. Побединский В.В. Методика исследований роторных окорочных станков в производственных условиях // Вклад ученых и специалистов в развитие химико-лесного комплекса: матер. обл. науч.-техн. конф. Свердловск: УЛТИ, 1989. С. 77.
2. Побединский В.В., Обвинцев В.В., Чамеев В.В. Имитационная модель процесса окорки лесоматериалов на роторных окорочных станках // Вклад ученых и специалистов в развитие химико-лесного комплекса: матер. обл. науч.-техн. конф. Свердловск: УЛТИ, 1989. С. 78.
3. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ, 2009. 798 с.
4. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MatLab и fussyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
5. Пигильдин Н.Ф. Окорка лесоматериалов. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 192 с.
6. MATLAB® & Simulink® Release Notes for R2008a. URL: www.mathworks.com