

КЛИМОВА И. В., СМИРНОВ Ю. Г.
ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ОХРАНЫ ТРУДА
РАБОТНИКОВ НЕФТЕШАХТЫ

УДК 622.275.55:519.711.3 ВАК 05.13.18 ГРНТИ 28.17.31

Применение аппарата теории нечетких множеств для решения задач управления системой охраны труда работников нефтешахты

Application of the apparatus of the theory of fuzzy sets for solving problems of management of the labor protection system of oil mine workers

И. В. Климова¹, Ю. Г. Смирнов²

I. V. Klimova¹, Yu.G. Smirnov²

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург

¹Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

²Ухтинский государственный технический университет, г.Ухта

²Ukhta State Technical University, Ukhta

Статья посвящена рассмотрению задачи построения модели управления системой охраны труда работников нефтешахты с применением аппарата теории нечетких множеств. В качестве инструментального средства моделирования использовался пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox среды компьютерной математики MATLAB, Разработана нечеткая модель влияния виброакустических факторов на развитие заболеваний опорно-двигательного аппарата работников.

The article is devoted to the consideration of the problem of constructing a model for managing the labor protection system of oil mine workers using the apparatus of the theory of fuzzy sets. The Fuzzy Logic Toolbox expansion package of the MATLAB computer mathematics environment was used as a modeling tool. A fuzzy model of the influence of vibroacoustic factors on the development of diseases of the musculoskeletal system of workers was developed.

Ключевые слова: нечеткое моделирование, управление системой охраны труда, виброакустические факторы, заболеваемость.

Keywords: fuzzy modeling, labor protection system management, vibroacoustic factors, morbidity

Введение

Нечеткое моделирование на сегодняшний день является одним из наиболее перспективных направлений для научных исследований в области анализа, прогнозирования и моделирования различных процессов. Особенно это актуально для оценки профессиональных рисков для здоровья персонала, где недостаточно данных о связи некоторых заболеваний с условиями труда [1, 2].

Оценка профессиональных рисков для здоровья работников предполагается нормативными актами РФ, локальными документами по системе управления охраной труда, но не предоставляет инструментария, позволяющего связать условия

труда с состоянием здоровья персонала. Самым главным индикатором ответных реакций организма человека выступает заболеваемость персонала: профессиональная, профессионально-обусловленная и общая. Однако, следует отметить, что на сегодняшний день необходимая информация по нозологическим формам, как правило, скрыта.

Целью настоящей работы является построение модели управления системой охраны труда работников нефтешахты с применением аппарата теории нечетких множеств на примере воздействия виброакустических факторов на организм работников.

Методика исследований

Достижение поставленной цели требует решения следующих задач:

- рассмотреть (специфику работ, оборудование и инструменты, используемые на рабочем месте машиниста горных выемочных машин;
- провести анализ материалов оценки условий труда по данному рабочему месту;
- идентифицировать физические факторы, воздействующие на работника;
- построить модель формирования нагрузки на организм работника вследствие воздействия виброакустических факторов.

Таблица 1. Оценка условий труда подземного персонала

Профессия	Наименование факторов									Итоговый класс условий труда
	Химический	АПФД	Шум	Вибрация общая	Вибрация локальная	Параметры микроклимата	Параметры световой среды	Тяжесть трудового процесса	Напряженность труда	
Машинист проходческого комбайна	2	3.1	3.2	3.1	2	2	3.1	3.1	2	3.2
Условные обозначения										
	Высокий риск получения проф. заболевания									
	Средний риск получения проф. заболевания									
	Низкий риск получения проф. заболевания									
	Пренебрежительно низкий риск получения проф. заболевания									

Таблица 2. Источники шума и вибрации

Источник шума	Уровень шума, дБ	Нормативное значение, дБ
Проходческий комбайн	86-100	80
Перфоратор	109	
Вентилятор местного проветривания	88	
Лебедка	85	
Отбойный молоток	83	
Породопогрузочная машина (ППМ)	105	
Источник общей вибрации	Уровень вибрации, дБ	Нормативное значение, дБ
Проходческий комбайн	115	112
Породопогрузочная машина (ППМ)	118	112
Источник локальной вибрации	Уровень вибрации, дБ	Нормативное значение, дБ
Перфоратор	130	126
Отбойный молоток	129	126

Разработка нечетких моделей оценки условий труда подземного персонала позволяет получить численную оценку профессионального риска. Математический аппарат нечеткой логики применяют как раз в тех случаях, когда имеющейся количественной информации недостаточно, либо она недостаточно полная для получения надежных статистически значимых выводов [3-5].

В частности, целесообразно использовать аппарат нечетких множеств, реализованный в системе компьютерного моделирования MATLAB [6], что позволяет разработать нечетко-множественную модель для оценки, анализа и визуализации показателей профессионального риска.

Система нечеткого логического вывода в общем случае включает в себя следующие этапы:

1. Фазификация (приведение к нечеткости). На этом этапе точное множество входных данных преобразуется в нечеткое множество, которое определяется с помощью функций принадлежности.
2. Построение базы правил нечетких продукций.
3. Композиция с использованием методов агрегирования.
4. Дефазификация (приведение к четкости). На этапе дефазификации исполнительный модуль нечеткой системы на основании многих нечетких выводов формирует однозначное решение по отношению ко входным переменным.

В качестве модели нечеткого вывода была использована модель Мамдани, а в качестве основного инструментального средства моделирования использовался пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox среды компьютерной математики MATLAB, позволяющий создавать системы нечеткого логического вывода и нечеткой классификации.

Результаты моделирования

На рисунке 1 представлен вид окна выбора параметров в редакторе FIS пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox. На рисунках 2-4 приведены графики функций принадлежности для термов входных переменных «шум», «вибрация» (x) и выходной переменной «заболеваемость» (y). В выбранных обозначениях построены правила нечетких продукций (рисунок 5).

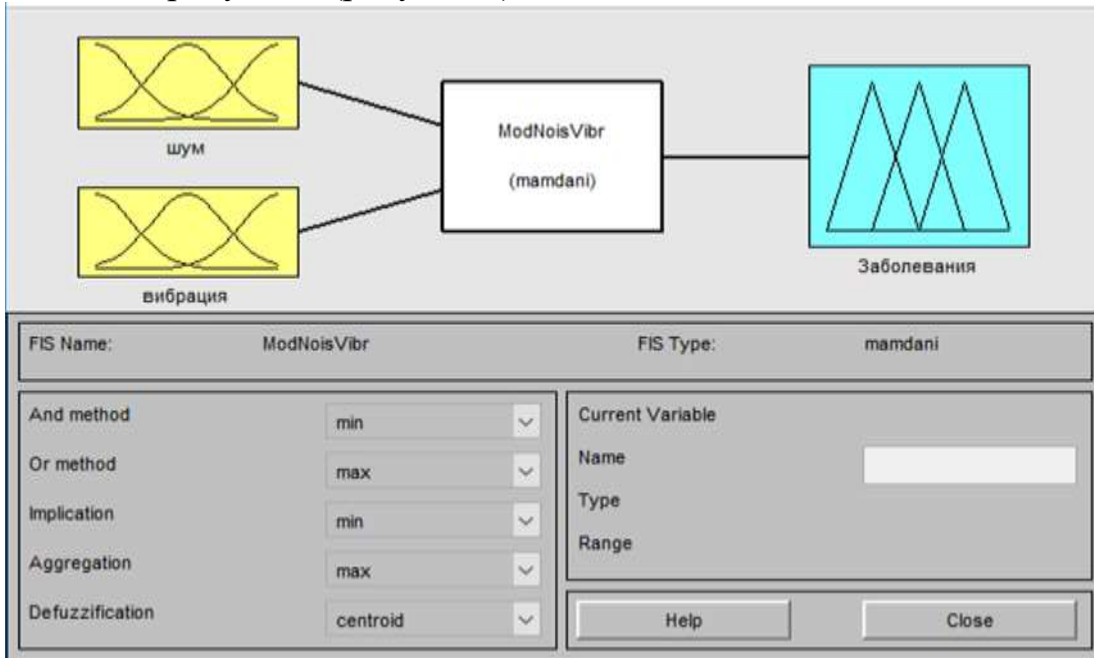


Рисунок 1. Вид окна выбора параметров в редакторе FIS пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox

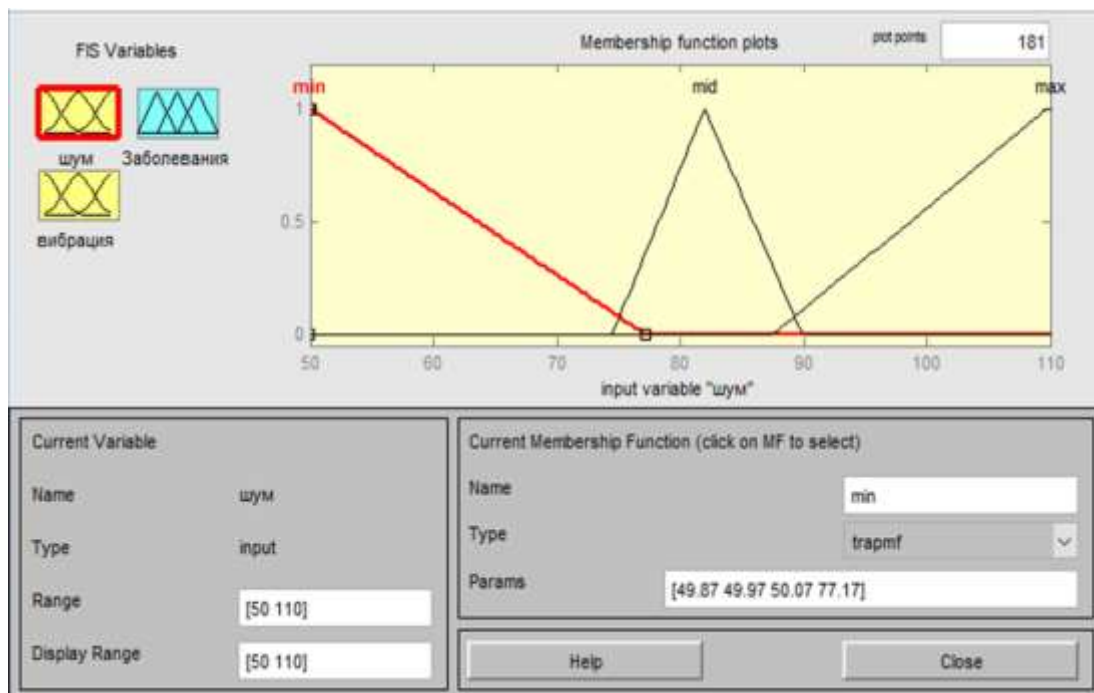


Рисунок 2. Вид функции принадлежности для шума в редакторе FIS

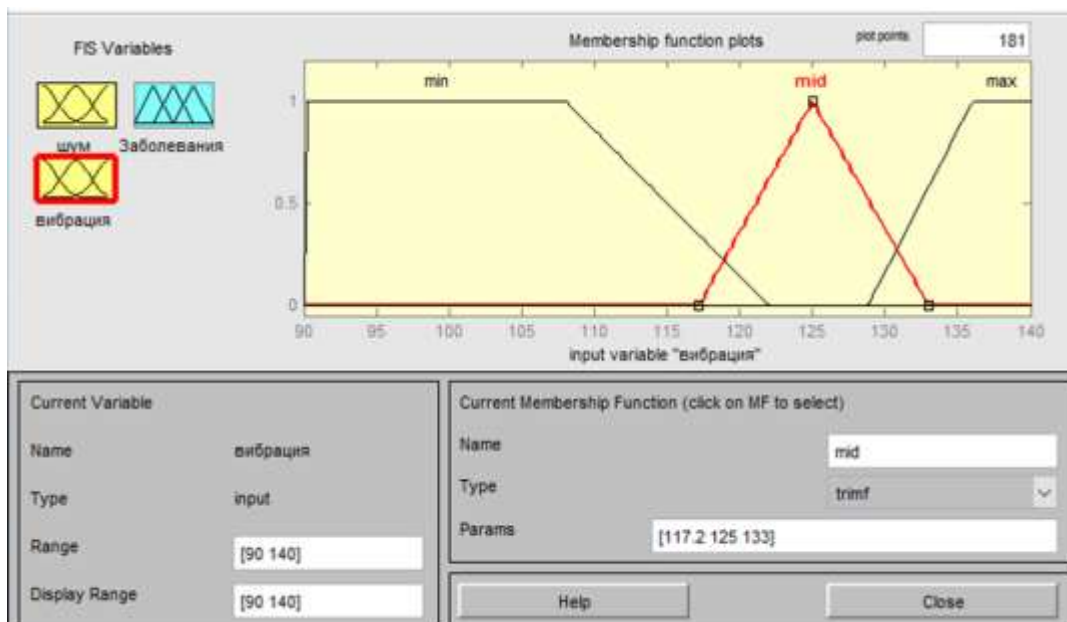


Рисунок 3. Вид функции принадлежности для вибрации в редакторе FIS

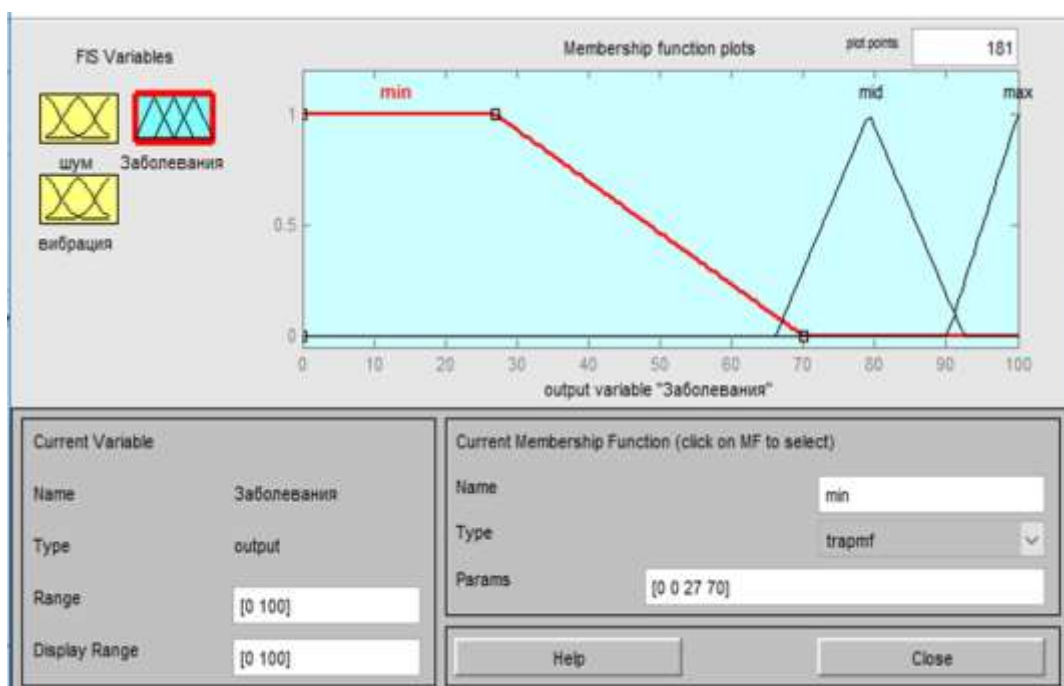


Рисунок 4. Вид функции принадлежности для выходного параметра в редакторе FIS

На рисунке 4 приведен вид программы просмотра нечеткого вывода в модели Мамдани для рассматриваемой задачи, где показано агрегирование нечетких правил при двух входных переменных «шум» и «вибрация».

Поскольку в качестве оператора агрегации используется оператор \max , а в качестве оператора импликации используется оператор \min , процедура получения нечеткого значения выхода является композицией \max - \min .

После получения нечеткого выхода (y) необходимо перейти к этапу дефазификации, на котором находится соответствующее ему четкое значение y_{out} . В качестве метода дефазификации был использован метод центра тяжести:

$$y_{out} = \sum_{i=1}^n y_i \mu(y_i) / \sum_{i=1}^n \mu(y_i),$$

где $\mu(y_i)$ – функция принадлежности i -того правила, а n - число правил нечеткой продукции.

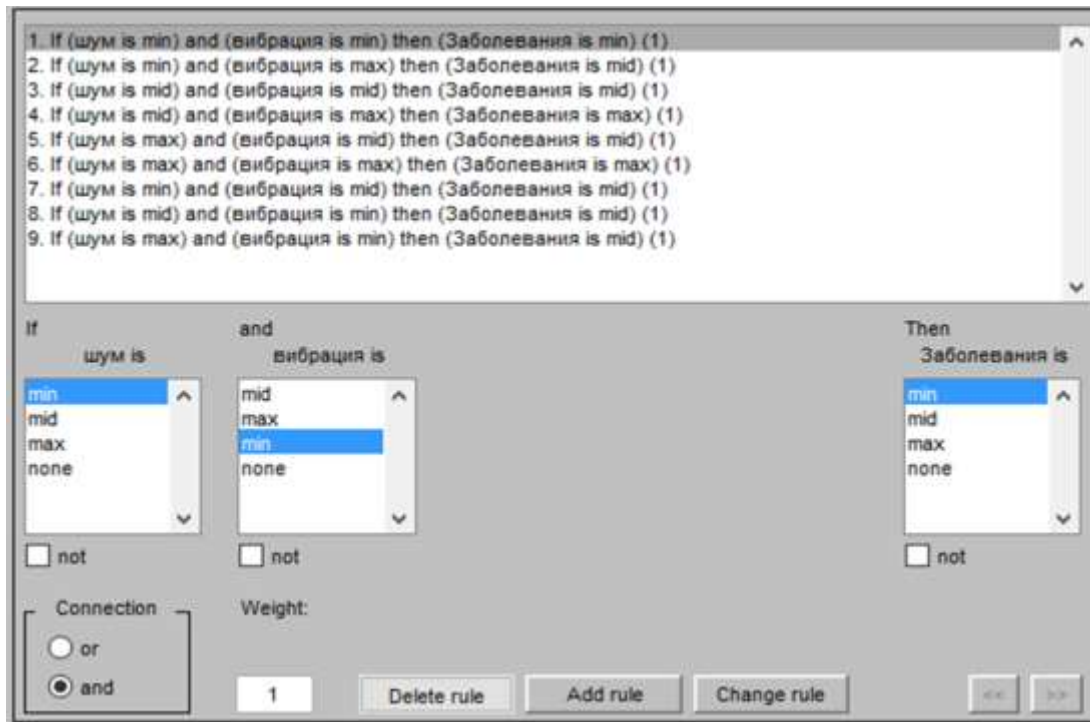


Рисунок 5. Вид окна установки продукционных правил в редакторе FIS

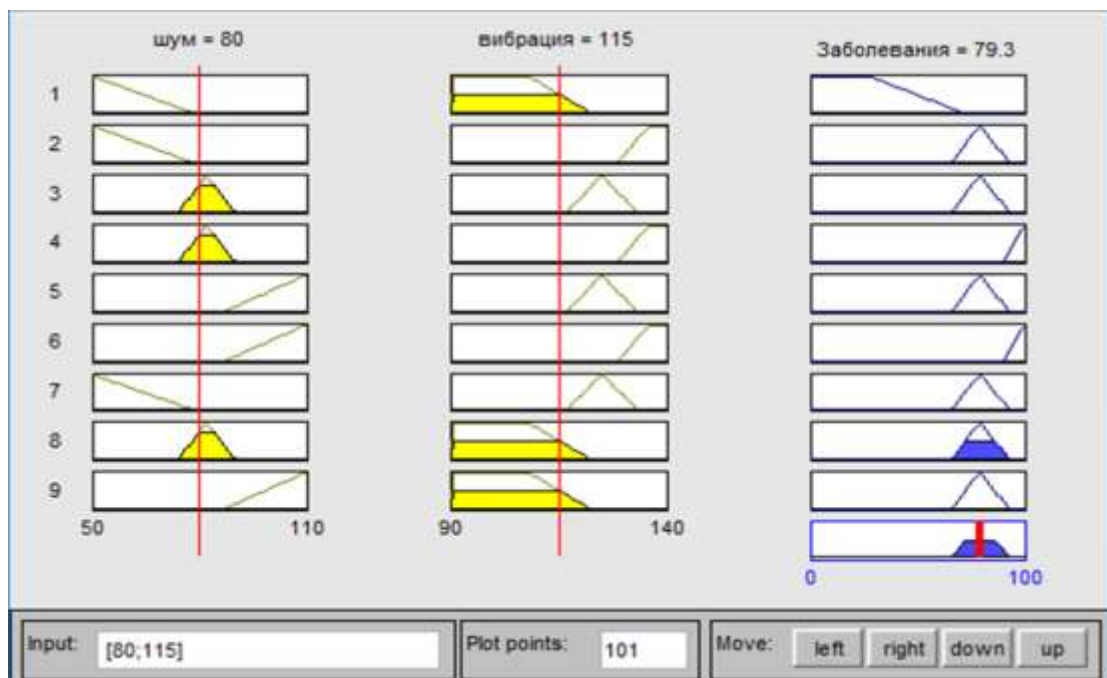


Рисунок 6. Вид программы просмотра нечеткого вывода Мамдани

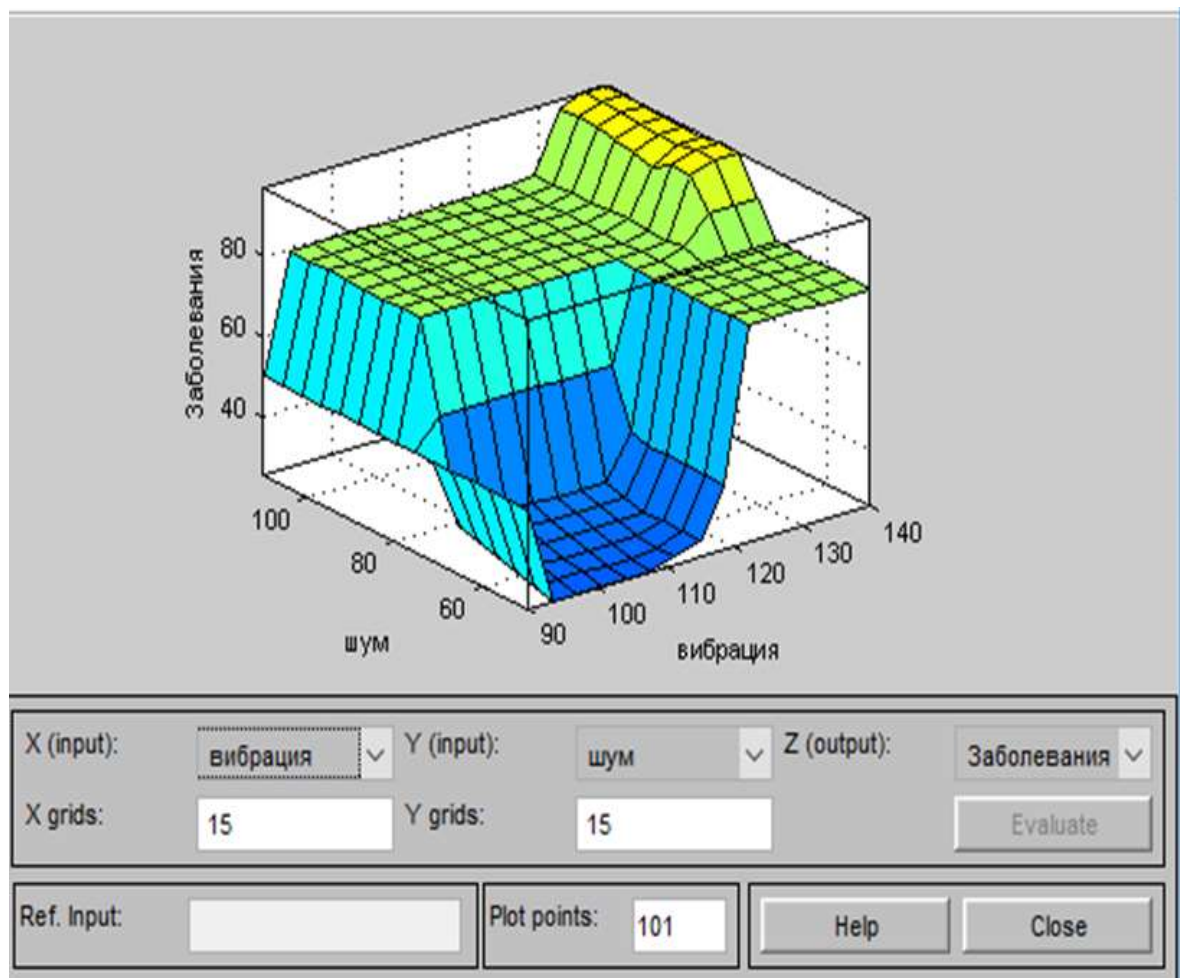
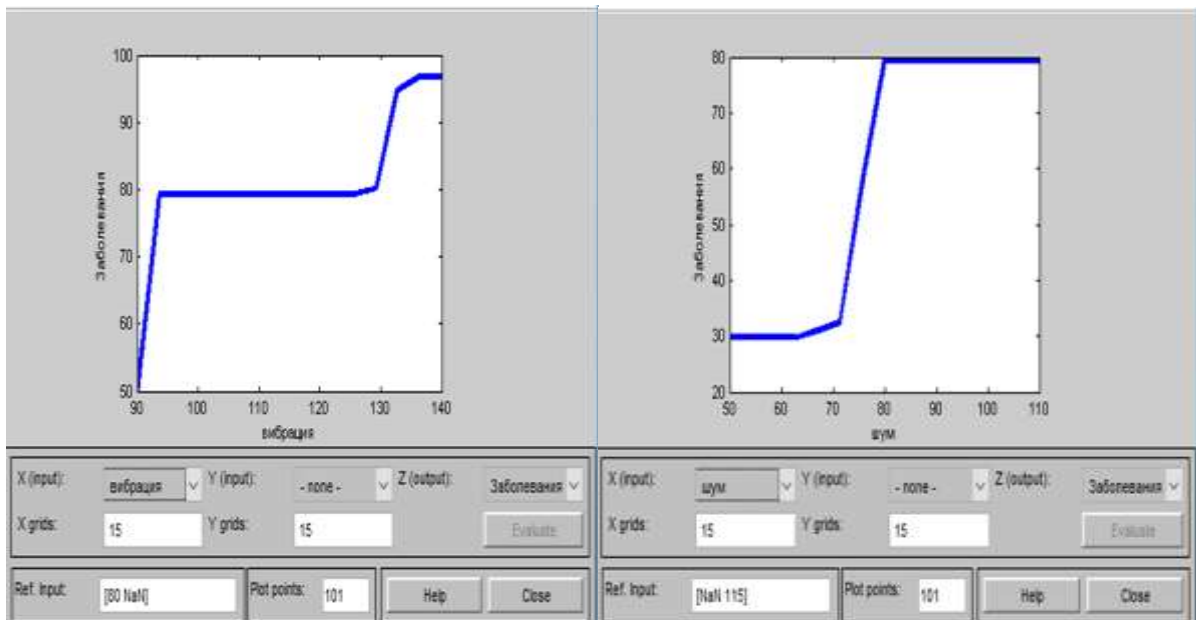


Рисунок 7. Поверхность нечеткого вывода для разработанной нечеткой модели



А)

Б)

Рисунок 8. Функции зависимости:

А) заболеваемость(вибрация); Б) заболеваемость (шум)

На рисунках 6-8 показаны программные решения поставленной задачи, в т.ч. поверхность нечеткого вывода для разработанной нечеткой модели. Этот вид служит для общей оценки адекватности построенной нечеткой модели, а также позволяет проанализировать влияние значений входных переменных, таких как «шум» и «вибрация» на значение выходной переменной «заболеваемость».

Выводы

По проведенному исследованию можно сделать следующие выводы:

1. Разработана нечеткая модель влияния виброакустических факторов на основе модели Мамдани. Представлен пример учета уровня шума и вибрации на развитие заболеваний опорно-двигательного аппарата работников.
2. В интерактивном режиме выполнена разработка и визуализация системы нечеткого вывода решаемой задачи с использованием графических средств пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox среды компьютерной математики MATLAB.
3. Разработанная модель может быть легко дополнена новыми показателями производственных факторов или же другими производственными факторами. (лингвистическими переменными) и новыми выходными параметрами (нечёткими правилами вывода) такими как вибрация общая и локальная, химический фактор, тяжесть и напряженность труда.

Список использованных источников и литературы

1. Климова И. В., Смирнов Ю. Г. Применение методов нечеткого моделирования для установления связи между величиной индекса неканцерогенной опасности и заболеваемостью персонала // Физико-математическое моделирование систем : Материалы XVIII Междунар. семинара, Воронеж : ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. Ч.1. – С.169-180.
2. Климова И. В., Смирнов Ю. Г. Применение нечеткого моделирования для прогнозирования заболеваемости персонала в результате воздействия условий труда // Mathematical Modeling. 2017, Т.1, № 2. – С.113-116.
3. Дилигенский Н. В., Дымова Л. Г., Севастьянов П. В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. – 398 с.
4. Серeda С. Н. Оценка экологического риска с помощью нечетких моделей // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013. № 3. – С. 15-20.
5. Тиндова М. Г. Нечёткая модель экономической оценки экологического ущерба // Экономика: вчера, сегодня, завтра, 2012. №3-4. – С. 129-139.
6. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. С-Пб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.

List of references

1. Klimova I. V., Smirnov Yu.G. Application of fuzzy modeling methods to establish the relationship between the value of the non-carcinogenic hazard index and the incidence of personnel // Physical and mathematical modeling of systems: Proceedings of the XVIII Intern. seminar, Voronezh: Voronezh State Technical University, 2017. Part 1. – P.169-180.
2. Klimova, I.V., Smirnov, Yu.G. Application of fuzzy modeling to predict the disease of staff from exposure to working conditions // Mathematical Modeling. Vol. 1(2017, issue 2. – P. 113-116.
3. Diligensky N.V., Dymova L.G., Sevastyanov P.V. Fuzzy modeling and multicriteria optimization of production systems in conditions of uncertainty: technology, economics, ecology. M.: "Publishing house Mashinostroenie-1", 2004.398 p.
4. Sereda S.N. Assessment of environmental risk using fuzzy models // Mechanical engineering and safety, 2013. No. 3. – P. 15-20.
5. Tindova M.G. Fuzzy model of economic assessment of environmental damage // Economy: yesterday, today, tomorrow, 2012. № 3-4. – P.129-139.
6. Leonenkov A.V. Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2005. – 736 p.