На правах рукописи

**Барков Алексей Николаевич**

**методЫ и алгоритмы оценки и управления**

**уровнем Профессиональных заболеваний на основе абсолютной шкалы риска и нечеткой логики принятия решений**

Специальность 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Курск 2013

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Юго-Западный государственный университет» на кафедре охраны труда и окружающей среды

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор

**Попов Виктор Михайлович**

Официальные оппоненты: **Новиков Василий Константинович**

доктор технических наук, профессор,

Московская государственная академия водного транспорта, заведующий кафедрой техносферной безопасности

**Кузьмин Александр Алексеевич**

кандидат технических наук, доцент,

Юго-Западный государственный

университет, доцент кафедры биомедицинской инженерии

Ведущая организация: МАТИ – Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского, г. Москва

Защита состоится «18» декабря 2013 г. в 15 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 212.105.08 при Юго-Западном государственном университете по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Юго-Западного государственного университета.

Автореферат разослан «16» ноября 2013 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,

д.м.н., профессор Снопков В.Н

**Актуальность темы.** В настоящее время количество рабочих мест не соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям, составляет более 32% и продолжает ежегодно увеличиваться. Реальное положение дел с условиями труда заставляет искать новые подходы к устранению и снижению уровней вредного воздействия на работников факторов рабочей среды и трудового процесса. Методические подходы к оценке профессионального риска, изложенные в нормативных документах применяются специалистами МЗ РФ, но в силу специфических особенностей не могут быть реализованы специалистами отделов охраны труда. В связи с этим актуальной является научная задача разработки и внедрения в систему управления охраной труда методических подходов к оценке риска профессиональной заболеваемости от воздействия факторов производственной среды, которые позволят лицу, принимающему решение (ЛПР), ранжировать проблемные области и на этой основе определять комплекс предупреждающих мероприятий.

В настоящее время отечественные методы по оценке профессиональной заболеваемости опираются в значительной степени на доктрину нулевого риска (Алымов В.Т., Фролов К.В., Быков А.А., Елохин А.Н., (Афанасьева Р.Ф., Суворова Г.А., Жученко И.П., Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н., Левашов С.П., Хенли Э. Дж., Кумамото Х.) и пороговые значения повреждающих эффектов факторов производственной среды, которые в экономически развитых странах в последние десятилетия подвергаются сомнению.

Анализ факторов риска профессиональных заболеваний показывает, что они могут быть разделены двумя способами. Первый способ деляит эти факторы на факторы, связанные непосредственно с рабочим местом (микроклимат, шум, вибрация и т.п.) и факторы, характеризующие индивидуальные особенности рабочего по восприятию негативных факторов производственной среды. Второй способ делит факторы риска на немодифицируемые (характер производства не позволяет активно оказывать на них влияние) и модифицируемые. Для управления модифицируемыми факторами необходима обратная связь, которая контролирует степень влияния изменения того или иного модифицируемого фактора на риск профессионального заболевания. Для реализации такой обратной связи риск профессионального заболевания необходимо измерять на количественных шкалах.

Таким образом, актуальной является **научно-техническая задача** снижения уровня профессионального риска посредством перехода на более сильные шкалы, позволяющие осуществлять количественную оценку уровня профессионального риска и на ее основе управлять модифицируемыми факторами риска.

**Целью диссертационной работы** является разработка методов и алгоритмов оценки и рационального управления уровнем профессиональной заболеваемости на основе абсолютной шкале риска и нечеткой логики принятия решений, направленных на снижение риска профессиональных заболеваний.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе следующие **задачи**:

- выполнен анализ состояния вопроса управления уровнем профессиональных заболеваний. Обосновано направление исследования;

-разработана структура интеллектуальной системы контроля и управления риском возникновения профессиональных заболеваний и ее алгоритмическое обеспечение, ориентированное на решение выбранного класса задач;

- разработан метод и алгоритм получения абсолютной шкалы риска возникновения профессиональных заболеваний;

-разработана нечеткая модель контроля риском возникновения профессиональных заболеваний на абсолютной шкале риска;

- обоснована эффективность применения предложенных методов и алгоритмов и выполнена экспериментальная проверка полученных технических решений.

**Объект исследования**. Персонал промышленных предприятий, нуждающийся в снижении уровня возникновения профессиональных заболеваний.

**Предмет исследования.** Методы и алгоритмы оценки и управления риском развития профессиональных заболеваний, связанные с воздействием негативных факторов производственной среды.

**Методы исследований.** В работе использовались методы системного анализа, моделирования, теории алгоритмов, нечетких множеств, прикладной математической статистики, экспертного оценивания.

**Научная новизна результатов работы:**

**-** метод построения абсолютной шкалы риска возникновения профессиональных заболеваний внутри интервала класса профессионального риска, основанный на формировании равномерного закона распределения работающих внутри заданного интервала профессионального риска, отличающийся алгоритмом управления формой функции принадлежности, минимизирующим ошибки 1-го и 2-го рода при отнесении работающих к классу профессионального риска, и позволяющий осуществлять управление риском возникновения профессионального заболевания рабочего места;

- алгоритмы фуззификации абсолютной шкалы риска возникновения профессионального заболевания, основанные на критериях, минимизирующих ошибки 1-го и 2-го рода, отличающиеся интерактивным формированием закона распределения риска среди работающих внутри выбранного интервала риска возникновения профессиональных заболеваний;

- метод построения системы управления риском возникновения профессиональных заболеваний, включающий последовательность логически упорядоченных операций, отличающийся процедурами формирования нечетких данных на входе и выходе системы и алгоритмом управления модифицируемыми информативными признаками, позволяющий изменять гистограммы распределения профессионального риска работающих внутри интервала риска профессионального заболевания.

**Практическая значимость и результаты внедрения работы.**

Разработана интеллектуальная система управления риском профессиональных заболеваний, опытная эксплуатация которой позволяет рекомендовать ее к использованию на предприятиях специалистами отделов охраны труда.

Применение предложных в диссертации разработок позволяет снизить риск возникновения и развития заболеваний, вызываемых неблагоприятными условиями труда сельскохозяйственных рабочих, а также выбирать рациональные схемы проведения профилактических и лечебно-оздоровительных мероприятий. Основные теоретические и практические результаты работы приняты к внедрению на предприятии ООО "Русский Ячмень", а так же используются в учебном процессе Юго-Западного государственного университета при подготовке специалистов по направлению «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», при чтении лекций и проведении лабораторных занятий по курсу «Информационные технологии в управлении безопасностью жизнедеятельности», что подтверждено соответствующими актами.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Содержание диссертации соответствует в области исследования специальности 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения. Пункт 1. Исследование, разработка и создание медицинской техники, изделий, инструментов, методов и способов диагностики и лечения человека, которые рассматриваются как средства восстановления нарушенной поливариантной системы, представление которой возможно математической, физико- и биотехнической, механической моделью, а также энергетической, физико- химической, химической, электрохимической моделью и т.д.

## Апробация работы. Основные положения и научные результаты работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на следующих конференциях: международной научно-практической конференции "Математика и ее приложения в современной науке и практике" (Курск 2011); международной научно-практической конференции "Актуальные вопросы экологии и охраны труда" (Курск, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013); I молодежной научной конференции "Молодежь и XXI век" (Курск, 2009), Всероссийская научно-практическая (заочная) конференция "Актуальные вопросы развития современной науки, техники и технологий" (Реутов, 2011), [XIV Международная заочная научно-практическая конференция "Инновации в науке"](http://www.kon-ferenc.ru/konferenc34_11_12.html) (Новосибирск, 2012), международной научно-практической конференции "Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго-и ресурсосбережение" (Ростов на Дону, 2013), а так же на научно-технических семинарах кафедры охраны труда и окружающей среды.

**Публикации.** Самостоятельно и в соавторстве по теме диссертации опубликовано 13 печатных работ, из них 3 работы - в рецензируемых научных журналах и изданиях, 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, 6 работ - в материалах конференций.

**Личный вклад автора**. Все выносимые на защиту научные положения разработаны соискателем лично. В научных работах по теме диссертации, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, личный вклад соискателя состоит в следующем: в [1, 10, 11] рассмотрены математические подходы к оценке рисков возникновения профессиональных заболеваний, в [13] излагаются выбранные направления в области модернизации оценки уровня возникновения профессиональных рисков, в [7, 8, 9] рассматриваются опасные и вредные факторы производственной среды и их воздействие на организм работающего, в [2, 12] рассматривается применение средств защиты работающих от воздействия негативных факторов, в [3] предложены принципы принятия управленческий решений направленных на снижение профессионального риска. Разработанное программное обеспечение [4, 5, 6] было применено при оценке риска возникновения профессиональных заболеваний и выбора средств защиты работающих.

**Структура и объем диссертационной работы.** Диссертационная работа со­стоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 100 наименований. Основная часть работы изложена на 120 страницах машинописного текста, содержит 25 таблиц и 45 рисунков.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, ее научная новизна и практическая значимость, выбраны методы исследования, сформулированы задачи исследования, приведены сведения об апробации, внедрении результатов работы и публикациях.

**В первой главе** на основе обзора литературных данных проанализированы существующие подходы к решению задач оценки и управлением уровнем возникновения профессиональных заболеваний, включая оценки рисков профессиональных заболеваний с учетом воздействия повышенного уровня шума, вибрации и микроклимата, показано, что улучшение качества решения выбранного класса задач можно достичь, применяя современные информационные технологии и методологию системного анализа, включая нечеткую логику принятия решений. Обоснован выбор соответствующего математического аппарата. Рассмотрены вопросы математического обеспечения для выбранных в работе задач. В заключении главы определены цель и основные задачи исследования.

**Во второй главе** исследованы взаимосвязи показателей факторов развития профессиональных заболеваний с помощью методов математической статистики и нечеткой логики принятия решений. Определяются объект, методы и средства исследования оценки риска профессиональных заболеваний в зависимости от длительности воздействия и интенсивности рассматриваемых факторов.

Для контроля и управлением риска профессиональных заболеваний разработана структура интеллектуальной системы контроля и управлением риском профессиональных заболеваний, представленной на рисунке 1.

Рабочее место

Немодифицируемые факторы

Работающие (рабочий)

Модифицируемые факторы

Система нечеткого вывода

Система нечеткого управления

Модуль формирования управляющих воздействий

База нечетких правил управления

Модуль измерения контролируемых факторов

Рисунок 1 - Схема управления риском развития профессиональных заболеваний на рабочем месте

В контур управления входит: модуль измерения контролируемых факторов и модуль формирования управляющих воздействий. При разработке этой интеллектуальной системы принимаем во внимание то, что факторы, определяющие риск возникновения профессиональных заболеваний, могут быть модифицируемые и немодифицируемые. Если в контуре управления интеллектуальной системы имеются модифицируемые факторы, то управление уровнем риска возможно.

Кроме необходимости наличия модифицируемых факторов риска необходима классификация уровня риска на рабочем месте. Принятая классификация уровня риска на рабочем месте представлена на рисунке 2 и основывается на нормативный документ Р 2.2.1766-03 "Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников."

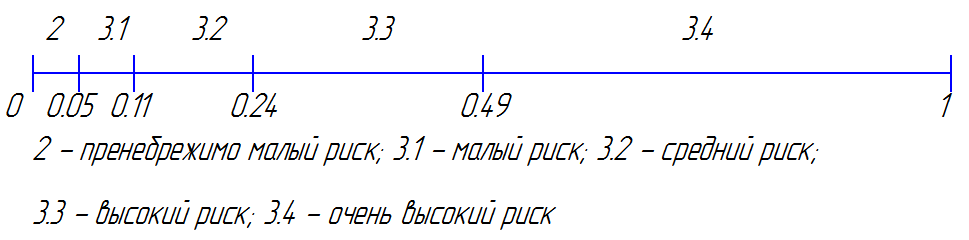
**

Рисунок 2 - Принятая классификация уровня риска

Представленная порядковая шкала, не позволяет осуществлять управление согласно схеме представленной на рисунке 1. Таким образом, используемая классификация рабочих мест не позволяет управлять уровнем риска внутри класса профессионального риска.

Метод формирования количественных шкал основан на равномерном распределении риска внутри интервала вместо его распределении в виде б-функции, которое предполагается при работе со шкалой интервалов, которая задается подмножествами:

, (1)

где  - координата конца *i-го* интервала на интервальной шкале рисков.

Уравнения (1) определяют пять четких подмножеств риска на множестве *R* (рисунок 2).В результате получаем пять подмножеств *R1…R5,* которые образуют порядковую шкалу. Если каждое подмножество *Ri* характеризовать некоторым числом *di*, связанным с числовой характеристикой соответствующего ему интервала на отрезке [0,1], например, с серединой интервалов, задаваемых характеристическими функциями (1), то

, (2)

и получим уже количественную - интервальную шкалу.

эта шкала позволяет только количественно оценить расстояние между группами риска, но не позволяет ранжировать риск работающих, попавших в одну и ту же группу риска. Для количественной оценки риска работающих внутри интервала необходимо построить абсолютную шкалу риска.

Для построения абсолютной шкалы риска воспользуемся нечетким выводом Мамдани-Заде, который позволяет перейти от термов к четким числам. Для того, чтобы иметь возможность его использовать, необходимо от четких подмножеств (1) перейти к нечетким подмножествам, элементы которых будут являться входами дефуззификатора системы нечеткого вывода Мамдани-Заде, который формирует абсолютную шкалу на выходе системы нечеткого вывода Мамдани-Заде. Для этого необходимо построить фуззификатор для абсолютной шкалы риска.

Для построения фуззификатора абсолютной шкалы риска предлагается следующий метод. При построении функций принадлежности фуззификатора будем использовать трапецеидальные функции принадлежности. Одно из оснований трапеции лежит на оси абсцисс (оси рисков), а второе является ядром функции принадлежности. Так как параметры трапеции функции принадлежности выбираются произвольно, то необходимо выбрать критерий, позволяющий оптимизировать формы функций принадлежности. Для выбора такого критерия рассмотрим гистограммы распределения работников по классам опасности и гистограммы распределения риска внутри интервала класса опасности. Гистограммы распределения работающих по классам опасности не зависят от выбора шкалы внутри класса риска, тогда как гистограммы риска внутри интервала на шкале риска определяются как объективными критериями, характеризующими рабочее место и работника, так и фуззификатором шкалы риска. Фуззификатор шкалы риска должен удовлетворять следующим требованиям:

1. минимизировать ошибки первого и второго рода, связанные с отнесением работников или рабочего места в смежные классы опасности или, наоборот, переходом рабочего места или работника из смежных классов опасности в исследуемый класс;
2. обеспечивать равномерность закона распределения рисков внутри интервала класса опасности.

Эти требования противоречат друг другу. Действительно, если не размывать подмножества классов опасности, то первое требование выполняется всегда, но не выполняется последнее требование, так как при этом гистограмма распределения рисков внутри класса опасности имеет вид δ-функции, которая в наибольшей степени отличается от равномерного распределения. При этом мы остаемся работать на интервальной шкале. Следовательно, необходимо выбрать некоторое компромиссное решение, задавшись числом ошибок первого и второго рада по классам опасности и параметрами закона распределения рисков на интервале класса опасности, аппроксимирующем гистограммы распределения рисков. После этого необходимо задать форму функции принадлежности фуззификатора класса риска. Форма функции принадлежности должна определяться минимальным числом параметров. чувствительность гистограммы распределения риска внутри интервала класса опасности должна быть максимальна для одного параметра функции принадлежности, а чувствительность по ошибкам первого и второго рода должна быть максимальна для другого параметра функции принадлежности. При этом число таких параметров функции принадлежности должно быть минимально, то есть два.

С целью минимизации параметров, управляющих формой функции принадлежности, будем моделировать функции принадлежности в виде равнобедренных трапеций. В этом случае увеличение длины верхнего основания трапеции до величины длины интервала класса опасности и уменьшение длины нижнего основания трапеции до величины длины интервала класса опасности приводит к уменьшению ошибок первого рода и приближению гистограммы распределения рисков к δ-функции. При этом, если изменение первого параметра приводит только к изменениям рисков внутри интервала класса опасности, то изменение второго параметра приводит к изменениям рисков не только в контролируемом интервале классов опасности, но в смежных интервалах классов.

Обозначим эти два параметра *ξ* и *ζ*. Полагаем, что эти параметры изменяются в диапазоне от нуля до единицы. Посредством их изменения можно добиться оптимальной формы функции принадлежности. Форма функции принадлежности задается посредством характеристических точек, определение топологии которых иллюстрирует рисунок 3.

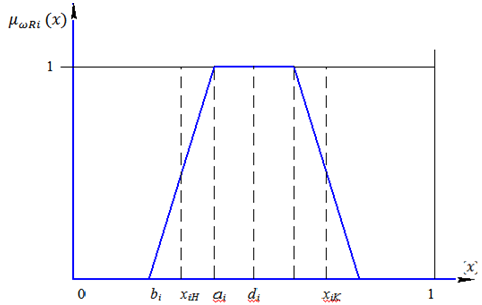
**

Рисунок 3 - Характерные точки трапецеидальной функции принадлежности

Точка *d* является неуправляемой точкой и ее координаты определяются для каждого интервала класса опасности посредством формулы (2). Управление формой функции принадлежности осуществляется посредством изменения координат точек *a* и *b*, которые вычисляются согласно следующим выражениям:

; (3)

. (4)

Анализ трапецеидальных функций принадлежности, пример которых представлен на рисунке 3, показывает, что увеличение параметра *ξ* приводит к снижению ошибок первого рода, а увеличение параметра *ζ* приводит к увеличению ошибок второго рода. Анализ влияние этих параметров на равномерность закона распределения вероятностей по классам опасности риска профессиональных заболеваний на теоретическом уровне проследить достаточно сложно, так как это влияние определяется базой нечетких решающих правил, выбранным методом дефуззификации, а также самой обучающей выборкой. Поэтому введем критерий χ, характеризующий близость гистограммы к равномерному закону распределения, такой, что при *χ*→0 гистограмма соответствует равномерному закону распределения. Этот критерий определяем по следующей формуле:

, (5)

где *К* – количество работающих исследуемого класса профессионального риска, задействованных при построении гистограммы,

 (6)

*ri* – профессиональный риск *i*-го работающего по исследуемому классу опасности.

Критерий *χ* можно определить непосредственно по параметрам гистограммы:

, (7)

где *N* – количество диапазонов разбиения интервала класса опасности профессионального риска, используемых при построении гистограммы,

, (8)

где n - число работающих, попавших в этот интервал опасности;

 (9)

*hj* – значение в процентах *j*-го отсчета гистограммы профессиональных рисков в выбранном классе.

Учитывая вышесказанное, построим алгоритм фуззификации абсолютной шкалы риска, который реализует вышеописанный метод.

При построении алгоритма в процессе исследований использовалось два подхода. При использовании первого подхода в интервале класса опасности минимизируется сначала один из критериев, затем последовательно минимизируются следующие критерии. После минимизации всех критериев процесс минимизации повторяется, так как минимизация одного из критериев может неблагоприятно влиять на другие критерии. При этом минимизируются только критерии, вышедшие за границы допустимых значений.

Второй подход ориентирован на псевдопараллельную схему минимизации критериев. Согласно этому подходу выбирается наибольший минимизируемый критерий и осуществляется его уменьшение на определенную, достаточно малую величину. При этом на каждом шаге минимизации контролируется изменение других критериев. Если в результате этого изменения значения другого критерия превысило критическое, то приступают к уменьшению этого критерия.

**В третьей главе** разработана система классификации профессионального риска возникновения профессиональных заболеваний на основе нечеткого вывода Мамдани-Заде.

На основании анализа статистических данных был выделен набор факторов возможного воздействия на организм работающего на промышленных предприятиях Курской области, которые наиболее часто вызывают развитие профессиональных заболеваний. С учетом мнения высококвалифицированных экспертов был составлен список информативных признаков: х1 - относительная влажность воздуха (%); х2 - температура (0С); х3 - скорость движения воздуха (м/с); х4 - длительность воздействия факторов (лет); х5 - значение виброскорость (м/с-2); х6 - уровень звука (дБА).

В процессе разработки был определен набор различных возможных исходов риска возникновения профессионального заболевания: С1 - очень низкий; С2 - низкий; С3 - средний; С4 - высокий. Схема нечеткого логического вывода представлена на рисунке 4.

х1

решающий

модуль

вектор х2 С1 вектор

признаков х3 С2 решения

х4 С3

х5 С4

х6

Рис. 4. Схема нечеткого логического вывода

Недостаток данного способа оценки заключается в том, что все информативные признаки имеют двухпороговую оценку. В связи с этим целесообразно каждый интервал, полученный в результате двухпороговой оценки описывать определенными термами. Учитывая, что этот терм имеет числовое описание, его можно представить в виде функции принадлежности, а сам классификатор профессионального риска возникновения профессиональных заболеваний построить на основе системы нечеткого вывода. Для работы системы нечеткого вывода необходим фуззификатор, который строим на основе метода статистической обработки мнений группы экспертов.

На основе полученных данных были построены функции принадлежности для каждого из шести признаков, пример функции принадлежности уровня звука представлен на рисунке 5.

Рисунок 5-Вид функций принадлежности для признака "уровень звука"

При построении базы правил нечетких продукций правила нечеткой продукции определялись на основе мнения высококвалифицированных экспертов. В качестве системы нечеткой продукций используется следующее множество правил нечетких продукций:

ПРАВИЛО\_1: ЕСЛИ "Температура воздуха охлаждающая" И "Длительность воздействия высокая" И "Уровень звука высокий", ТО "Риск возникновения высокий"

ПРАВИЛО\_2: ЕСЛИ "Скорость движения средняя" И "Относительная влажность высокая" И "Температура воздуха нагревающая" И "Длительность воздействия средняя" И "Виброскорость высокая" И "Уровень звука средний", ТО "Риск возникновения средний"

ПРАВИЛО\_3: ЕСЛИ "Скорость движения средняя" И "Относительная влажность средний" И "Температура воздуха охлаждающая" И "Длительность воздействия низкая" И "Виброскорость средняя" И "Уровень звука средний", ТО "Риск возникновения средний"

Для реализации нечетких решающих правил и нечеткого вывода по классификации риска возникновения профессиональных заболеваний в среде MATLAB был разработан программный модуль нечеткого вывода «Уровень Риска», представленный на рисунке 6.

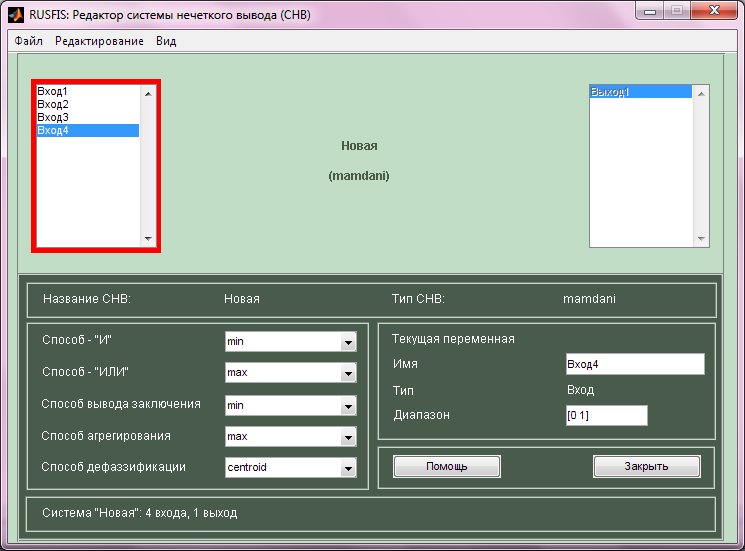


Рисунок 6-Модуль нечеткого вывода "Уровень риска"

Модуль включает в себя: окно редактирования системы; окно редактора функций принадлежности, окно редактирования правил нечеткого вывода, окно решения системы нечеткого вывода и т.д.Определены термы и их функции принадлежности для входных и выходных переменных разработанной системы.

Созданы функции принадлежности для выходной переменной "Выход". Для термов выходной переменной "Уровень риска" предложены следующие значения: "Очень низкий", "Низкий", "Средний", "Высокий" и "Очень высокий" соостветственно. Измененные типы и их параметры выходной переменной "Уровень риска" представлены в таблице 1.

Таблица 1

Измененные типы и их параметры выходной переменной "Риск возникновения"

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер | Переманная | Имя терма | Тип ФП | Параметры ФП |
| 1 | Риск возникновения | Очень низкий | trimf | [0 0 0.1] |
| 2 | Риск возникновения | Низкий | trimf | [0.05 0.085 0.2] |
| 3 | Риск возникновения | Средний | trimf | [0.12 0.18 0.35] |
| 4 | Риск возникновения | Высокий | trimf | [0.23 0.37 0.49] |
| 5 | Риск возникновения | Очень высокий | trimf | [0.4 0.75 1] |
| * trimf – треугольная функция принадлежности | | | | |

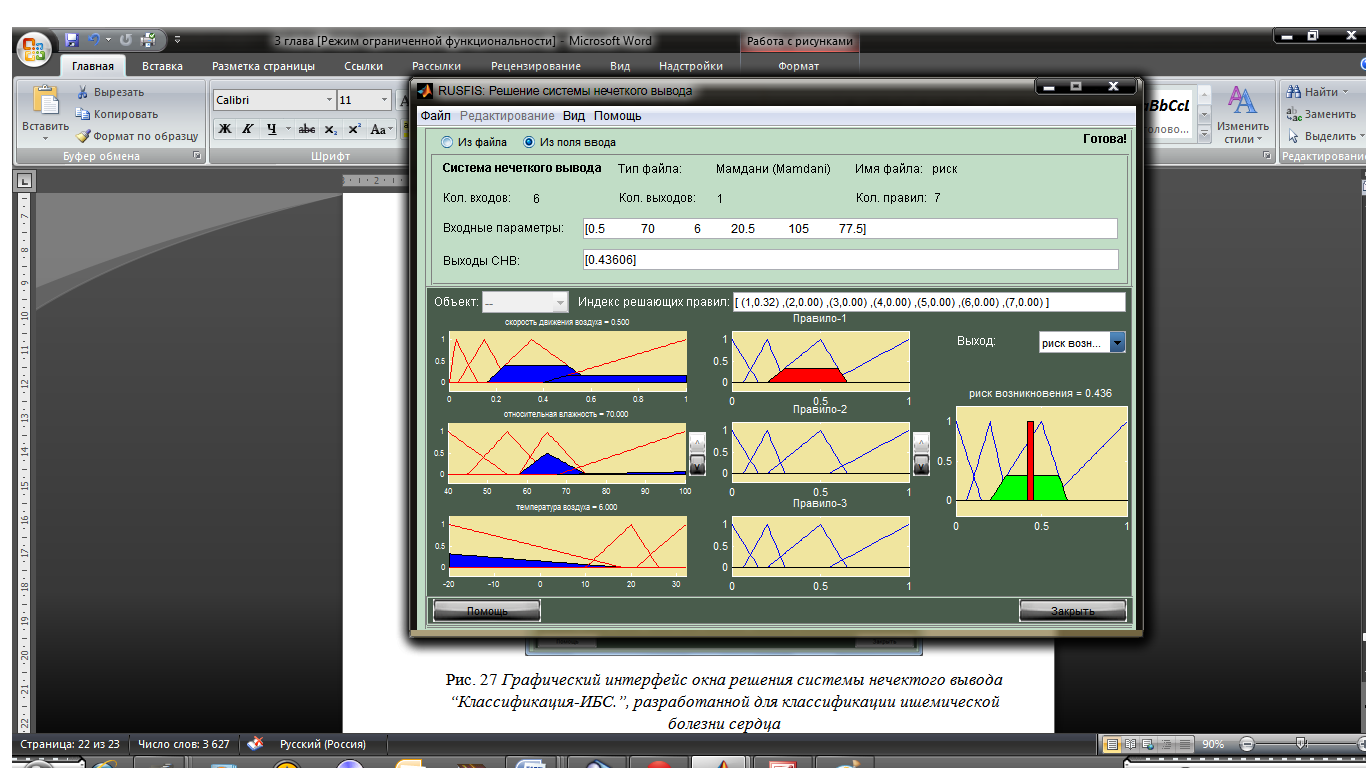


Рисунок 7- Результаты тестирования подсистемы классификации уровня подсистемы классификации уровня возникновения риска профессиональных заболеваний

Была протестирована подсистемы классификации уровня подсистемы классификации уровня возникновения риска профессиональных заболеваний, результаты тестирования представлены на рисунке 7.

**В четвертой главе** разработан метод управления риском профессиональных заболеваний на основе абсолютной шкалы и определены критерии эффективности этого управления, на основе которого формируется подсистема управления профессиональным риском.

Построение абсолютной шкалы на интервале класса опасности риска профессионального заболевания позволяет управлять риском в заданном классе опасности профессионального заболевания. Для построения системы управления риском профессионального заболевания предлагается метод, включающий последовательность следующих логически упорядоченных действий:

1. установить конкретное профессиональное заболевание, снижение риска которого обеспечивается данной системой управления рисками;
2. построить систему нечеткого вывода для контроля риска в заданном классе риска профессионального заболевания;
3. установить управляющие факторы, путем изменения которых обеспечивается снижение риска профессионального заболевания;
4. установить, к какому типу переменных принадлежат выбранные управляющие факторы, если это лингвистические переменные, то определить термы и их функции принадлежности;
5. установить факторы, посредством контролирования которых формируются управляющие воздействия;
6. установить, к какому типу переменных принадлежат выбранные контролируемые факторы, если это лингвистические переменные, то определить термы и их функции принадлежности;
7. выбрать способ управления управляющими факторами: последовательный или параллельный (схемы алгоритмов реализации первого способа представлена на рисунке 8) ;
8. на основе пп. 1, 3…7 и личного опыта эксперта сформировать блоки решающих правил для управления риском профессионального заболевания;
9. на основе сформированной базы данных и выбранного способа управления управляющими факторами (п.7) сформировать агрегаторы системы нечеткого управления;
10. согласно п.4 и личного опыта эксперта построить фуззификаторы и, при необходимости, декодеры управляющих факторов.



Рисунок 8-Схема алгоритма управления риском на основе последовательного изменения факторов

Руководствуясь данным методом нечеткого управления профессиональным риском в интервале класса опасности построена система управления рисками сенсорной тугоухости. На основании исследовании аттестации рабочих мест на предприятиях Курской области был сделан вывод о необходимости анализа развития профессиональной заболеваемости работающих в классе условий 3.2. Управление риском осуществлялось посредством системы классификации рисков на абсолютной шкале. В качестве управляющих факторов были выбраны: показатель степени средств защиты и профессиональных стаж работы коллектива на данном рабочем месте или аналогичных рабочих местах.

Для функций принадлежности управляющих факторов выбрали по три терма, представленных на рисунке 9.

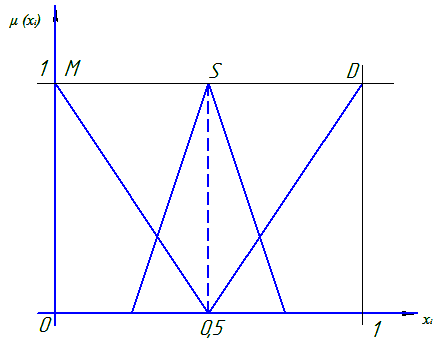


Рис.9. Функции принадлежности для управляющих факторов

По гистограмме распределения (рисунок 10) установили пороговое значение риска Θ, которое может принимать любое значение риска внутри диапазона класса профессионального риска. Например, на рисунке 10 диапазон изменения Θ лежит от 0,12 до 0,24. Полагаем, что если у 75% работающих, попавших в этот диапазон класса риска профессиональных заболеваний, класс риска ниже порогового значения Θ, то контролируемый параметр находится в норме.

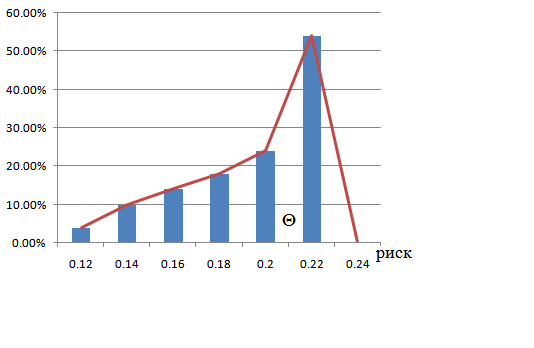


Рисунок 10- Гистограмма распределения по абсолютной шкале риска в выбранном классе опасности

Таким образом, контролируемый параметр рассчитывается по следующей формуле:

, (10)

*,* (11)

. (12)

Предложены два способа, отличаются базой решающих правил. Для первого способа решающие правила в части посылок имеют только один управляющий параметр и один контролируемый параметр, а в части следствие – только один управляющий параметр. Для второго способа решающие правила в части посылок могут иметь любые управляющие параметры и любое число контролируемых параметров, а в части следствие – любое число управляющих параметров.

База нечетких решающих правил представленная ниже, составлена на основании мнения высококвалифицированных экспертов, например:

ПРАВИЛО\_1: ЕСЛИ К "низкий" И СЗ "1”, ТО СЗ "1”

ПРАВИЛО\_2: ЕСЛИ К "низкий” И СЗ "2", ТО СЗ "1"

ПРАВИЛО\_3: ЕСЛИ К "норма" И СЗ "1", ТО СЗ "2"

Для определения эффективности предложенной интеллектуальной системы используем следующие показатели

Изменение численности работников, находящихся под воздействием повышенного уровня шума:

ΔЧш=Чшд-Чш, (13)

где Чшд - численность работников, находящихся под воздействием повышенного уровня шума до проведения трудоохранных мероприятий, чел.; Чш - численность работников, находящихся под воздействием повышенного уровня шума после проведения трудоохранных мероприятий, чел.

Изменение уровня профессиональной заболеваемости (∆КПЗ):

∆КПЗ=100%-(КПЗ/КПЗД)100%, (14)

где КПЗД - профессиональная заболеваемость до проведения трудоохранных мероприятий; КПЗ - профессиональная заболеваемость после проведения трудоохранных мероприятий.

Условная экономия численности работающих за счет увеличения фонда рабочего времени в связи с сокращением потерь по временной нетрудоспособности в результате улучшения условий труда определялась по формуле (чел):

, (15)

где ФБ и Фп - эффективный фонд рабочего времени в среднем на одного работающего (рабочего) до и после внедрения мероприятий, дней; Ч1 - численность работающих (рабочих) до внедрения мероприятий, чел.

Оценка эффективности предложенных методов и алгоритмов апробированы в процессе аттестации рабочих мест на предприятии ООО "Русский Ячмень". Гистограмма иллюстрирующие сравнение по этим показателям разрабатываемой интеллектуальной системы и методов используемых на предприятии приведены на рисунке 12.

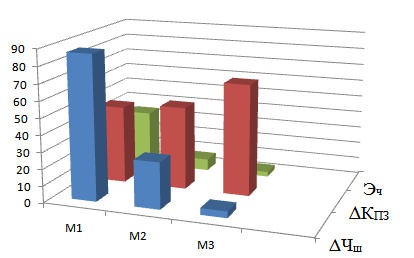


Рисунок 11- Гистограмма экспериментальных данных

Представленная диаграмма показывает, что разрабатываемая интеллектуальная система превосходит известные системы принятия решений по показателям ΔЧш, ∆КПЗ и , что позволяет рекомендовать ее к практическому применению.

**В заключении** сформулированы научные и практические результаты исследования.

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1. Разработана структура интеллектуальной системы управления риском возникновения профессиональных заболеваний, позволяющая осуществлять имитационное моделирование мероприятий по снижению риска возникновения профессиональных заболеваний и выбрать оптимальную модель снижения профессионального риска.
2. Сформировано пространство информативных признаков, предназначенное для контроля и управления риском профессиональных заболеваний, на основе которого создана база решающих правил для системы нечеткого вывода по оценке риска профессиональных заболеваний.
3. На основе алгоритма Мамдани-Заде разработана система нечеткого вывода по оценке риска профессиональных заболеваний на шкале риска, характеризуемой как свойствами качественных, так и количественных шкал.
4. Разработан метод формирования фуззификатора для сформированного пространства информативных признаков, позволяющий преобразовать интервальную шкалу в абсолютную шкалу внутри класса опасности.
5. Разработан метод управления профессиональным риском на интервале класса опасности на абсолютной шкале, построенный на интервале заданного класса профессионального риска, включающий: алгоритмы позволяющие осуществлять управление уровнем профессиональных заболеваний на рабочем месте.
6. Предложены критерии оценки эффективности управления риском профессиональных заболеваний. Проведена сравнительная оценка эффективности управления на основе предложенных методов с известными методами, на примере снижения риска заболевания сенсорной тугоухости.

###### **СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Публикации в рецензируемых научных журналах и изданиях.**

1. Барков, А.Н. Анализ существующих математических подходов к оценке профессионального риска [Текст] / А.Н. Барков, Л.В. Шульга, В.М. Попов // Известия ЮЗГУ. Серия Техника и технологии. - 2011.- № 2 (43).- С. 301-305.

2. Шульга, Л.В. Физиологические основы разработки системы активного теплосъема для комплекса средств индивидуальной защиты [Текст] / Л.В. Шульга, В.М. Попов, А.А. Балдыч, В.В. Юшин, В.В. Протасов, А.Н. Барков // Известия ЮЗГУ. - 2012.- № 4(43).- С. 181-184.

3. Шульга, Л.В. Методические принципы разработки технологии поддержки принятия управленческих решений при ликвидации чрезвычайных ситуаций на химически-опасных объектах [Текст] / Шульга Л.В., Попов В.М., Алимов О.Н., Юшин В.В., Протасов В.В., Барков А.Н. // Известия ЮЗГУ. Серия Техника и технологии. - 2012.- № 2.- С. 144-148.

**Свидетельства на программы.**

4. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2012616500 Российская Федерация, заявл. 22.05.2012; зарегистрировано 18.07.2012г. / Протасов В.В., Богомазов Р.Ю., Барков А.Н. // Прогноз уровня заболеваемости в связи с загрязнением среды.

5. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2013612910 Российская Федерация, заявл. 24.01.2013; зарегистрировано 18.03.2013г. / Протасов В.В., Мелентьев Д.А., Барков А.Н. // Количественная оценка потенциальной вредности производственного процесса.

6. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2013615146 Российская Федерация, заявл. 05.04.2013; зарегистрировано 29.05.2013г. / Протасов В.В., Хорошилов С.А., Барков А.Н. // Экспертиза теплоизоляции комплекта СИЗ.

**Статьи, труды и материалы конференций**

7. Шульга, Л.В. Производственный шум: гигиеническая оценка, нормирование, защита и профилактика неблагоприятного воздействия [Текст] / Л.В. Шульга, А.Н. Барков, Д.Н. Говорунов // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: материалы I международной научно-практической конференции.- Курск: КГТУ, 2009. - С.190-192.

8. Шульга, Л.В. Гигиенические проблемы шумового загрязнения урбанизированных территорий и направления их решения [Текст] / Л.В. Шульга, Д.Н. Говорунов, А.Н. Барков // Молодежь и XXI век: материалы I молодежной научной конференции.- в 6 ч. Ч.1. - Курск: КГТУ, 2009. - С.10-13.

9. Шульга, Л.В. Оптимизация параметров световой среды – основное направление снижения риска развития профессиональной патологи и повышения производительности труда [Текст] / Л.В. Шульга, А.Н. Барков// Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сборник статей II международной научно-практической конференции.- Курск: ЮЗГУ, 2010.- С. 255-258.

10. Барков, А.Н. Выбор метода количественной оценки профессиональных рисков [Текст] / А.Н. Барков // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сборник статей III международной научно-практической конференции. - Курск: ЮЗГУ, 2011.- С. 235-239.

11. Барков, А.Н. Сравнительныйанализ количественных методов оценки профессиональных рисков [Текст] / А.Н. Барков // Математика и ее приложения в современной науке и практике: сборник статей международной научно-практической конференции студентов и аспирантов. - Курск: ЮЗГУ, 2011. - С. 99-103.

12. Шульга, Л.В. Перспективные направления модернизации средств индивидуальной защиты кожи изолирующего типа [Текст] / Л.В. Шульга, В.М. Попов, В.В. Юшин, А.Н. Барков// Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сборник статей IV международной научно-практической конференции.- Курск: ЮЗГУ, 2012. - С. 311-314.

13. Шульга, Л.В. Перспективные направления модернизации оценки профессиональных рисков [Текст] / Л.В. Шульга, В.М. Попов, А.Н. Барков// Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сборник статей V международной научно-практической конференции.- Курск: ЮЗГУ, 2013.- С. 311-314.

Подписано в печать 15.11.2013 г. Формат 60х84 1/16.

Печатных листов 1,1. Тираж 100 экз. Заказ №\_\_\_.

Тираж 100 экз. Заказ \_\_\_\_\_\_\_.

Отпечатано в ООО "Принт-Центр"