

05.26.01

Б431

Контрольный  
экземпляр

*На правах рукописи*



**Белешева Марина Владимировна**

**НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ  
РИСКОМ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ  
(НА ПРИМЕРЕ ПЕРСОНАЛА МАГИСТРАЛЬНЫХ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ)**

Специальность 05.26.01 – «Охрана труда (электроэнергетика)»

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Челябинск  
2008

Информационный журнал  
«Южно-Уральский»

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
на кафедре «Безопасность жизнедеятельности».

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент  
**Тряпцын А.Б.**

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
**Кузнецов К.Б.,**  
доктор технических наук  
**Кравчук И.Л.**

Ведущее предприятие – государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Уральский государственный технический уни-  
верситет (УГТУ-УПИ).

Защита состоится 29 октября 2008 г., в 14-00 часов, в ауд. 1001 на заседании  
диссертационного совета Д 212.298.05 при Южно-Уральском государственном  
университете по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, ЮУрГУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Южно-Уральского  
государственного университета.

Автореферат разослан “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2008 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью учреж-  
дения, просим направлять по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им.  
В.И. Ленина, 76, гл. корпус, Ученый совет ЮУрГУ, тел./факс: (351) 267-90-65,  
e-mail: belemar@yandex.ru.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор технических наук, профессор



Ю.С.Усынин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** В настоящее время в России большое внимание уделяется риску производственного травматизма и меньшая роль отводится производственным факторам, влияющим на профессиональную и профессионально-обусловленную заболеваемость. Исследованиями доказано, что превышение значения безопасной величины вредного фактора оказывает неспецифическое хроническое действие на организм человека, выраженное, например, в нарушении состояния сердечнососудистой и нервной системы, системы кровообращения, почек, печени и так далее. Повреждение здоровья обусловлено постоянным перенапряжением защитных сил организма, угнетением иммунной системы и системы клеточного метаболизма (тканевого дыхания), что в свою очередь влечет за собой чувствительность к инфекциям, простудным и иным заболеваниям. Поэтому необходимо обращать внимание не только на профессиональные патологии в здоровье, опираясь на статистику профессиональных заболеваний, но и на скрытую предрасположенность повреждения здоровья в результате действия тех или иных опасных и вредных факторов, вызывающих профессионально-обусловленные заболевания.

Процессы экономической интеграции России в международное сообщество объективно выдвигают новые требования к системе управления охраной труда, ориентированные на международные стандарты. На первый план выходит управление профессиональными рисками, в частности, рисками повреждения здоровья от действия вредных производственных факторов.

Для повышения безопасности необходимо воздействие, нормализующее условия труда на рабочих местах. Формирование воздействий, которые снижают уровни вредных факторов на рабочих местах персонала предприятий магистральных электрических сетей, обеспечивается системой управления профессиональным риском повреждения здоровья. Поэтому заслуживает особое внимание управление профессиональными рисками повреждения здоровья работников, которое должно стать основой для создания безопасных и безвредных условий труда на производстве.

**Цель работы** – снижение профессионального риска повреждения здоровья персонала магистральных электрических сетей.

**Идея работы** – представить профессиональный риск повреждения здоровья в виде лингвистической переменной и, применив нечеткий вывод, получить количественное (нечеткое) значение уровня риска на рабочем месте, используемое в процессе управления им.

### **Научные положения и результаты, выносимые на защиту:**

1. Профессиональный риск повреждения здоровья можно выразить в виде нечеткой лингвистической переменной, что позволяет применять теорию нечетких множеств и нечеткий вывод для его оценки и управления.

2. Для получения нечеткого значения профессионального риска повреждения здоровья в процессе нечеткого вывода достаточно значений двух лингвистических переменных: класса условий труда и этиологической доли.

3. Модель системы управления профессиональным риском повреждения здоровья персонала магистральных электрических сетей, позволяющая снизить уровень риска в установленные сроки при существующих на предприятии ограничениях на материальные ресурсы.

4. Системы правил нечетких продукций, необходимые для проведения нечеткого вывода, позволяющие использовать в качестве входных переменных процесса управления значения классов условий труда, полученные при проведении аттестации рабочих мест, и результаты медицинских осмотров.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждаются достаточным объемом и результатами практических исследований, проведенных в филиале ОАО «ФСК ЕЭС» Магистральные электрические сети Урала, а также корректным применением аппарата теории нечетких множеств.

**Значение работы. Научное значение работы** заключается в том, что:

– доказана возможность формализации процесса управления профессиональным риском повреждения здоровья путем задания правил нечетких продукций, используемых в процессе нечеткого вывода, что позволяет на их основе создать программное обеспечение;

– впервые предлагается выразить профессиональный риск повреждения здоровья в виде лингвистической переменной с определенными графиками функций принадлежности термов, что позволит реализовать нечеткий вывод и представить уровень профессионального риска в количественной (четкой и нечеткой) форме;

– обоснована и разработана методика прогнозирования величины снижения уровня профессионального риска повреждения здоровья в результате снижения класса вредности условий труда, основанная на использовании базы правил нечетких продукций и проведении этапов нечеткого вывода.

**Практическое значение работы** заключается в следующем:

– определен общий уровень профессионального риска повреждения здоровья на рабочих местах работников филиала ОАО «ФСК ЕЭС» Магистральные электрические сети Урала, а также уровень профессионального риска повреждения здоровья в результате воздействия каждого вредного фактора производственной среды, уровень которого превышает допустимые значения;

– разработана методика определения профессионального риска повреждения здоровья, опирающаяся на результаты аттестации рабочих мест по условиям труда и на данные медицинских осмотров;

– построена модель системы управления профессиональным риском повреждения здоровья персонала магистральных электрических сетей, которая может быть адаптирована к любой отрасли экономики.

**Реализация выводов и рекомендаций работы:**

– результаты работы переданы в ОАО «ФСК ЕЭС» Магистральные электрические сети Урала;

– метод нечеткого управления профессиональным риском повреждения здоровья используется в лекционном курсе «Управление безопасностью жизне-

деятельности» при обучении студентов специальности 280101 («Безопасность жизнедеятельности в техносфере»).

**Апробация работы.** Основные материалы и результаты диссертационной работы были доложены, рассмотрены и одобрены:

- на Третьей Всероссийской научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии» (Челябинск, 2006);
- на двух Всероссийских ежегодных научно-технических конференциях «Наука – Производство – Технологии – Экология» (ВятГУ, Киров, 2007, 2008);
- на международной научно-практической конференции в области экологии и безопасности жизнедеятельности «Дальневосточная весна – 2008» (Комсомольск-на-Амуре, 2008);
- на ежегодных научно-технических конференциях Южно-Уральского государственного университета (2006 – 2008).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, 1 из них – в журнале, рекомендованном ВАК.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 150 страницах машинописного текста, содержит 48 рисунков, 14 таблиц, список используемой литературы из 109 наименований и 3 приложения.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В настоящее время управление охраной труда происходит на основе количественной оценки рисков и выгоды последствий принятых решений. То есть требуется выбор таких управленческих воздействий, которые могут быть реализованы при заданной эффективности с минимальными затратами. При этом не существует единых методик оценки профессионального риска и единых методов управления безопасностью.

Исследованиям вопросов управления рисками в отрасли электроэнергетики посвящено большое количество работ отечественных исследователей (Бухтояров В.Ф., Каралюнец А.В., Колосюк В.П., Косарев Б.И., Кузнецов К.Б., Князевский Б.А., Кравчук И.Л., Медведев В.Т., Сидоров А.И., Соболев В.Г., Трипичин А.Б., Щуцкий В.И., Якобс А.И. и другие). Из анализа литературных источников и нормативных документов следует, что последние определяют лишь общие этапы анализа и оценки риска, а так же общий комплекс мер по управлению риском, но не предлагают того, как использовать информацию о рисках в процессе управления. Так же нет методических рекомендаций относительно самой процедуры управления риском. Кроме того, в большей части организаций, осуществляющих производственную деятельность, в настоящее время отсутствует четко определенная система управления рисками.

Для управления профессиональным риском повреждения здоровья персонала магистральных электрических сетей предлагается модель, основанная на применении теории нечетких множеств и нечеткого вывода. Модель предназначена для уменьшения риска и улучшения условий труда и позволяет выбрать необходимый набор мероприятий и срок их внедрения, основываясь на реально существующем уровне риска на рабочем месте, причем набор мероприятий будет отвечать сложившейся экономической ситуации на предприятии и его введение будет экономически целесообразным (рис. 1).

Предлагаемая система управления профессиональным риском на предприятиях электроэнергетики включает в себя три подсистемы нечеткого вывода (блок 2, 3 и 8 модели), в этих подсистемах сосредоточен основной процесс получения выходных значений, необходимых для управления профессиональным риском. Вывод в каждой из подсистем происходит в соответствии с алгоритмом Мамдани.

Для эффективного процесса управления необходимо определить исходные данные, которые задаются в блоке 1 модели. В качестве воздействий выступают: класс условий труда, этиологическая доля и доплаты за вредные условия труда (источником информации являются карты аттестации рабочих мест по условиям труда и результаты медицинских осмотров).

Первым этапом управления профессиональным риском, согласно нормативным документам, является его анализ, а так же оценка величины риска. При определении качественной величины (категории) риска по Р 2.2.1766-03 «Руководству по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки», могут быть использованы результаты аттестации рабочих мест по условиям труда (уровни вредных и опасных производственных факторов на рабочих местах влияют на общее состояние здоровья и могут привести к развитию профессиональных заболеваний). Уровни риска, полученные таким образом, будут относиться к категории «подозреваемый риск» и не в полной мере отражать состояния условий труда на рабочих местах. Для того чтобы риск перешел в категорию доказанного, необходимы данные медицинских осмотров и эпидемиологических исследований. В Руководстве даны указания о том, что риск должен являться количественной оценкой вероятности нарушений здоровья с учетом их тяжести, но представлено лишь лингвистическое описание категорий риска без методики интегральной оценки всех показателей риска. В модели системы управления профессиональным риском повреждения здоровья, предложенной в диссертации используется интегральная оценка величины риска, позволяющая так же оценить риск количественно.

На предприятии МЭС Урала на основании результатов аттестации рабочих мест по условиям труда согласно методике, изложенной в Руководстве Р 2.2.1766-03, были оценены уровни профессионального риска повреждения здоровья персонала Магистральных электрических сетей Урала. К высокому и очень высокому уровню риска относятся более 11% и менее 1% соответственно рабочих мест в целом по предприятию. Но классы условий труда могут дать лишь часть информации, которая должна быть дополнена данными этиологических исследований, и только на основе такой интегральной оценки появляется возможность говорить о количественном значении уровня риска и использовать это значение в процессе управления.

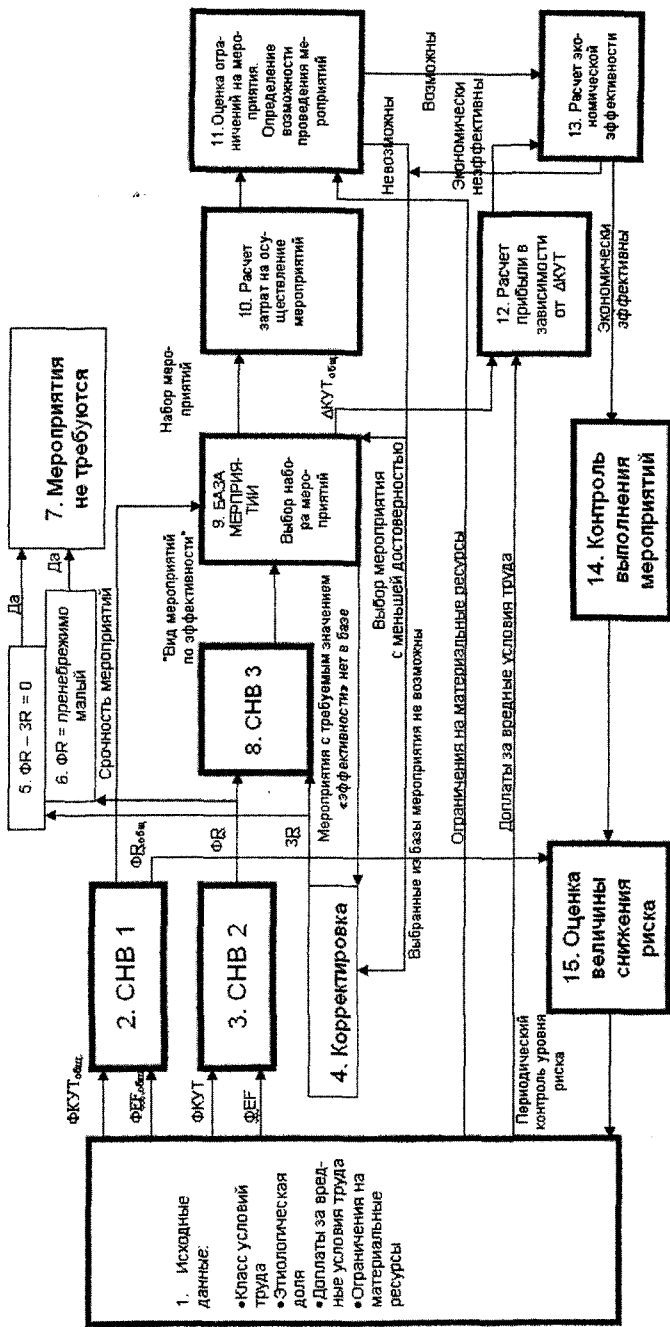


Рис. 1. Модель управления профессиональным риском для здоровья персонала магистральных электрических сетей

Так как классы условий труда заданы лингвистически, как и категории профессионального риска, а так же лингвистически задана и степень причинно-следственной связи нарушения здоровья с работой (профессиональные заболевания, профессионально-обусловленные заболевания, общие заболевания), то для интегральной оценки уровня риска, состоящей из приведенных выше показателей, представляется возможным применение теории нечетких множеств и нечеткого вывода. Исходя из вышесказанного, входными лингвистическими переменными для системы нечеткого вывода, предназначенной для определения значения уровня риска, будут являться: «фактический класс условий труда» и «фактическая степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой» (этиологическая доля), а выходной – «фактический уровень риска» на рабочем месте (его количественная четкая и нечеткая характеристика).

Для осуществления процесса нечеткого вывода необходимо задать три множества: множество входных переменных, множество выходных переменных и множество правил нечетких продукций. Задание функций принадлежности термов входной лингвистической переменной «фактический общий класс условий труда» предлагается таким, как изображено на рис. 2, с соответствующими названиями термов.

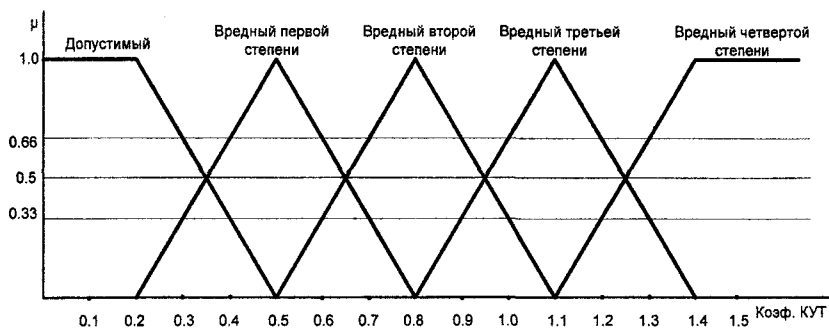


Рис. 2. Графики функций принадлежности для термов входной лингвистической переменной «фактический общий класс условий труда» первой подсистемы нечеткого вывода

Для количественного задания классов условий труда с целью осуществления процесса нечеткого вывода предлагается введение коэффициентов в интервале от 0,1 до 1,5. Алгоритм перевода приведен в диссертационной работе и представляет собой правила, по которым определенному сочетанию классов условий труда по отдельным факторам для рабочего места ставится в соответствие коэффициент. Шкала абсцисс (рис. 2) измеряется в относительных единицах и соответствует значениям коэффициентов класса условий труда (коэф.



КУТ). Для упрощения расчетов выбрано приведенное на рисунке количество коэффициентов и вариантов сочетаний.

Для определения второй входной лингвистической переменной системы нечеткого вывода используется понятие этиологическая доля, то есть пропорциональный приведенный риск за счет воздействия данного фактора, метода лечения и другое; показывает на сколько заболевания обусловлены воздействием вредных факторов, присутствующих на рабочем месте. Этиологическая доля (EF) является количественным показателем входной лингвистической переменной – «степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой», для определения значений была использована методика, разработанная в НИИ медицины труда РАМН.

Названия термов входной лингвистической переменной «фактическая общая степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой» определены согласно Руководству Р 2.2.1766-03: {общие заболевания; профессионально обусловленные заболевания; профессиональные заболевания}. Термы этой переменной представлены в виде треугольных функций принадлежности, интервалы по оси абсцисс заданы так же согласно Руководству Р 2.2.1766-03 (рис. 3).

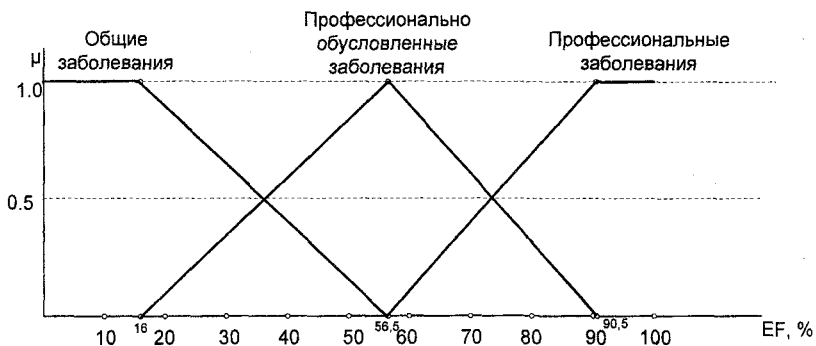


Рис. 3. Графики функций принадлежности для термов входной лингвистической переменной «фактическая общая степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой» первой подсистемы нечеткого вывода

Таким образом, из блока 1 на блок 2 модели (первая подсистема нечеткого вывода, обозначена как СНВ 1) приходят значения двух входных лингвистических переменных: «фактический общий класс условий труда» и «фактическая общая степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой».

В результате проведения нечеткого вывода в блоке 2 получаем нечеткие значения, существующего на рабочем месте уровня риска и четкое значение срока, в который должны быть выполнены все мероприятия, призванные улуч-

шить условия труда. Нечеткое значение фактического общего уровня риска используется в дальнейшем для оценки снижения профессионального риска (блок 15). Нечеткое значение выражается в определении степени истинности отдельных термов лингвистической переменной (например, фактический общий уровень риска со степенью истинности 0.33 относится к «малому» и со степенью истинности равной 0.66 – к «среднему» уровню риска). Значение второй выходной лингвистической переменной «срочность мероприятий» выражается в днях и применяется в целом для всего набора мероприятий из базы. Полученные данные по срочности мероприятий отправляются в блок 9 (база мероприятий).

Согласно Руководству Р 2.2.1766-03 уровни риска заданы лингвистически (не выражены конкретными числовыми значениями), и могут быть представлены в виде значений лингвистической переменной, терм-множества которой изображены на рис. 4. Названия терм-множеств соответствуют названиям, приведенным в Руководстве Р 2.2.1766-03: {пренебрежимо малый; малый; средний; высокий; очень высокий; сверхвысокий}. По оси абсцисс уровень риска (R) выражен в процентном отношении, причем за 100% принимается риск, при котором максимальна тяжесть последствий, которые вызывает действие вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса (класс условий труда – вредный четвертой степени и этиологическая доля близка к 100%).

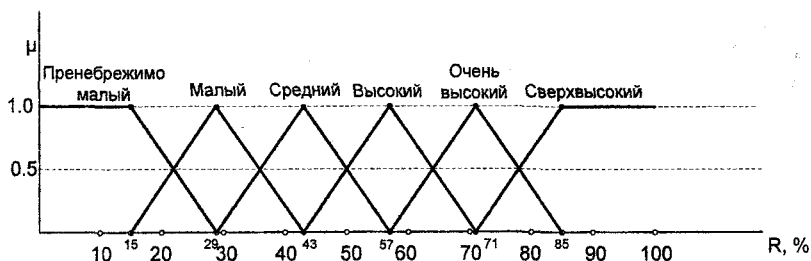


Рис. 4. Графики функций принадлежности для термов выходной лингвистической переменной «фактический общий уровень риска» первой подсистемы нечеткого вывода

Терм-множество выходной лингвистической переменной первой подсистемы нечеткого вывода «срочность мероприятий» задается в виде: {немедленные; срочные; средней срочности; несрочные}. Срочность мер определяется по таблице 3.1 Руководства Р 2.2.1766-03 и зависит от фактического уровня риска на конкретном рабочем месте.

Срок исполнения мероприятий определяется от спецификой предприятия и устанавливается исходя из финансового положения работодателя. В диссертации предложен вариант задания сроков исполнения мероприятий. По окончании установленного срока должен быть проведен контроль снижения уровня

риска, что существенно повышает эффективность управления риском. Предложенные графики функции принадлежности терм-множества лингвистической переменной «срочность мероприятий» изображены на рис. 5.

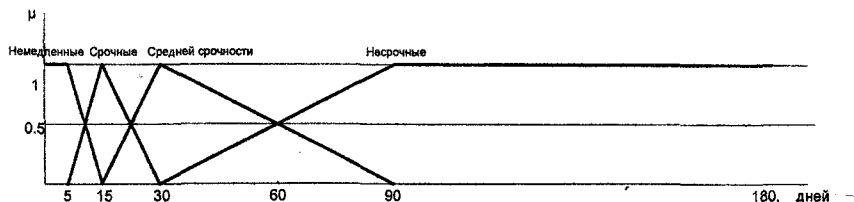


Рис. 5. Графики функций принадлежности для термов выходной лингвистической переменной «срочность мероприятий» первой подсистемы нечеткого вывода

Указанные выше термы применимы для первой подсистемы нечеткого вывода, когда рассматривают условия труда в целом по всему комплексу факторов, и риск, который определяется на основе этих данных, является общим фактическим уровнем риска на рабочем месте. Для определения термов входной лингвистической переменной «класс условий труда» второй подсистемы нечеткого вывода используется несколько другой подход. В этом случае термы задаются в виде функций принадлежности для одноточечных множеств (рис. 6), но названия термов остаются теми же, что и для лингвистической переменной «фактический общий класс условий труда».



Рис. 6. Графики функций принадлежности для термов входной лингвистической переменной «фактический класс условий труда» второй подсистемы нечеткого вывода

Графики функций принадлежности выходной лингвистической переменной второй подсистемы нечеткого вывода «фактический уровень риска», одновременно являющейся входной для третьей подсистемы, а так же графики функций принадлежности второй входной лингвистической переменной треть-

ей подсистемы нечеткого вывода «заданный уровень риска» совпадают с графиками функции принадлежности, изображенными на рис. 4.

При определенном классе условий труда и этиологической доле получаем соответствующее значение уровня риска, в результате нечеткого вывода в третьей подсистеме (блок 8) приходим к значению лингвистической переменной «вид мероприятий по эффективности», которая по оси абсцисс не задана количественно. То есть, минуя заключительный этап нечеткого вывода – приведение к четкости, останавливаемся на полученных значениях степеней достоверности этой лингвистической переменной. Далее уже оперируем не четкими величинами, а нечеткими значениями функций принадлежности отдельных термов лингвистической переменной, и выбор мероприятий производится уже на основе имеющих степеней истинности. Для лингвистической переменной «вид мероприятий по эффективности» терм-множество задано: {низкой эффективности; средней эффективности; эффективное; высокой эффективности}, а функции принадлежности терм-множества этой переменной представлены на рис. 7.

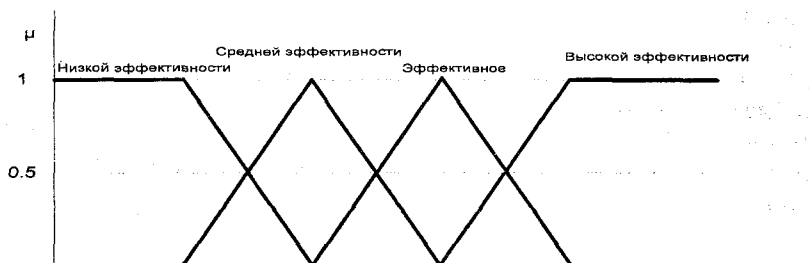


Рис. 7. Графики функций принадлежности для термов выходной лингвистической переменной «вид мероприятий по эффективности» третьей подсистемы нечеткого вывода

Задав входные и выходные лингвистические переменные первой, второй и третьей подсистемы нечеткого вывода модели системы управления профессиональным риском повреждения здоровья персонала магистральных электрических сетей, определив для них базовые терм-множества с функцией принадлежности каждого терма, используя в качестве функции принадлежности функции треугольного типа, переходим к определению множества правил нечетких продукций.

В первой подсистеме нечеткого вывода значение выходной лингвистической переменной «фактический общий уровень риска» в подзаключении каждого правила из базы правил нечетких продукций определяется согласно Руководству Р 2.2.1766-03. Это значение ставится в соответствие каждому значению входной лингвистической переменной «фактический общий класс условий труда» и среднему значению лингвистической переменной «фактическая общая степень при-

чинно-следственной связи нарушений здоровья с работой». Что касается второго подзаключения, то значение лингвистической переменной «срочность мероприятий» в каждом из правил зависит от значения первой выходной лингвистической переменной «фактический общий уровень риска» (соответствие обусловлено использованием табл. 1 прилож. 1 Руководства Р 2.2.1766-03). Так, например, классу условий труда вредному первой степени и средним значениям этиологической доли соответствуют «малый» уровень риска и «несрочные» мероприятия. Уровень риска и срочность мероприятий понижается или повышается на одну ступень соответственно при повышении или понижении степени причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой. База правил нечетких продукций первой подсистемы нечеткого вывода задается как совокупность правил:

**ПРАВИЛО <#>**: ЕСЛИ «фактический общий класс условий труда – значение лингвистической переменной» И «фактическая общая степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой – значение лингвистической переменной», ТО «фактический общий уровень риска – значение лингвистической переменной» И «срочность мероприятий – значение лингвистической переменной».

Например, первое правило первой подсистемы нечеткого вывода выглядят следующим образом:

**ПРАВИЛО <1>**: ЕСЛИ «фактический общий класс условий труда – вредный первой степени» И «фактическая общая степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой – общие заболевания», ТО «фактический общий уровень риска – пренебрежимо малый» И «срочность мероприятий – нет необходимости».

База правил второй подсистемы нечеткого вывода задается аналогично базе правил первой подсистемы. Отличие состоит лишь в том, что для вывода во второй подсистеме используются классы условий труда взятые отдельно для каждого из факторов, а не общий класс условий труда, как в первой подсистеме. При составлении базы правил третьей подсистемы нечеткого вывода также использовались лингвистические высказывания, основанные на нечеткой логике.

После того как заданы входные и выходные лингвистические переменные, их функции принадлежности, определены их терм-множества, сформирована база правил нечетких продукций, можно перейти непосредственно к самому нечеткому выводу. При выводе в модели применялся алгоритм Мамдани и все этапы вывода соответствуют выбранной схеме. Как было отмечено выше, в модели выделено три блока (три подсистемы нечеткого вывода), где происходит преобразование четких значений входных лингвистических переменных в четкие и нечеткие значения выходных, последние в последствии поступают на вход блока 9 модели.

В блок 9 модели, кроме значений лингвистической переменной «срочность мероприятий» приходят данные, полученные на выходе третьей подсистемы нечеткого вывода – нечеткие значения лингвистической переменной «вид мероприятий по эффективности», которые образованы посредством нечеткого

вывода из первоначальных данных в блоке 3 модели (вторая подсистема нечеткого вывода – СНВ 2). В качестве этих данных выступают: классы условий труда по отдельным факторам, результаты эпидемиологических исследований. Этиологическая доля, являющаяся значением входной переменной второй подсистемы нечеткого вывода «фактическая степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой», определяется для каждого фактора отдельно. Причем в расчет берутся все заболевания, которые прямым или косвенным образом могут быть вызваны отдельно взятым фактором.

В процессе управления мы можем прийти в блок 5 или 6 модели. В первом случае происходит сравнение фактического уровня риска с заданным по каждому из факторов. Если эти значения совпадают, то означает, что на данном этапе развития техники и при данном финансировании мы не можем улучшить условия труда до допустимого уровня. Таким образом, введение блока 5 выражает концепцию приемлемого уровня риска: «так низко, как это возможно в пределах разумного». В мероприятиях нет необходимости, когда класс условий труда целесообразно снижать из-за высоких затрат или из-за невозможности проведения самого мероприятия. В блоке 6 определяется, нужно ли воздействие в конкретном случае. В мероприятиях нет необходимости, если уровень риска пренебрежимо мал для данного предприятия.

Полученные при проведении нечеткого вывода значения выходных лингвистических переменных первой и третьей подсистем: «вид мероприятий по эффективности» и «срочность мероприятий», – являются ключевыми для модели управления профессиональным риском повреждения здоровья персонала магистральных электрических сетей. Согласно этим значениям в блоке 9 модели выбирается конкретный набор мероприятий, внедрение которого необходимо для снижения уровня риска на рабочем месте и улучшения условий труда, а также указываются сроки внедрения этих мероприятий.

В этом блоке собраны все возможные мероприятия по всем вредным факторам, присутствующим на рабочем месте. Причем учтена специфика предприятий электроэнергетики, которая выражается в наборе мероприятий, характерных для той или иной профессии данной отрасли. То есть база мероприятий – это блок, где заложен список вредных и опасных факторов. По каждому из факторов представлен набор мероприятий: такие мероприятия имеют разную эффективность, различные сроки исполнения и разную стоимость. Каждому мероприятию по отдельному фактору присвоена лингвистически определенная эффективность. Эффективность присваивается в зависимости от возможности мероприятия снизить класс условий труда до определенного уровня, то есть снизить значение вредного фактора на определенную величину, так, чтобы улучшились условия труда на рабочем месте. Если мероприятие способно снизить класс условий труда на один подкласс – ему присваивается лингвистическое значение – мероприятие «низкой эффективности»; на два подкласса – «средней эффективности»; на три – «эффективное»; на четыре – «высокой эффективности». Лингвистическое описание эффективности предлагаемых мероприятий необходимо для осуществления выбора одного из них. Из блока 8 при-

ходит значение степени истинности каждого из термов, описывающих лингвистическую переменную «вид мероприятий по эффективности». Далее в базе мероприятий (блок 9) выбирается та степень истинности, присвоенная мероприятиям по отдельному фактору, которая в данном случае максимальна. Таким образом, составляется весь набор мероприятий, улучшающих условия труда на рабочем месте. Этот набор проверяется на экономическую целесообразность его внедрения. Если одно или несколько мероприятий не прошли проверку на экономическую эффективность или не могут быть внедрены при имеющихся ограничениях на материальные ресурсы, возвращаемся в блок 9 (база мероприятий) и выбираем мероприятие по этому же фактору, но с меньшей степенью истинности. Если же повторно выбранное мероприятие так же экономически не целесообразно, возвращаемся к блоку 4 (корректировка заданного уровня риска), где происходит корректировка заданного уровня риска.

База мероприятий может быть составлена на основе инструментальных исследований свойств различных защитных средств, либо на основе экспертных оценок.

После выбора набора мероприятий по всем факторам в блоке 10 рассчитываются затраты на осуществление мероприятий, после чего идет переход к блоку 11, где учитываются имеющиеся ограничения на материальные ресурсы. Одновременно с этим идет расчет прибыли в блоке 12 (рассчитывается экономия доплат за вредные условия труда: находится разница между доплатами в ранее существовавших условиях труда и доплатами, которые будет необходимо выплачивать в результате их улучшения).

Если предлагаемые мероприятия возможны, то есть затраты на них не превышают ограничений, переходим к блоку 13, где оценивается отношение прибыли и затрат (если прибыль превысила затраты, мы достигли желаемого результата, если нет мероприятия считаются неэффективными и первоначальные условия пересматриваются). Если мероприятия неэффективны, все повторяется с блока 9 (уменьшение затрат, за счет выбора менее дорогостоящего мероприятия, имеющего другую степень истинности), либо с блока 4 (уменьшение затрат за счет выбора большего заданного уровня риска).

Если внедряемые мероприятия признаны эффективными с экономической точки зрения и уровень риска был снижен до заданного, переходим в блок 14. Здесь происходит инструментальный контроль эффективности уже выполненных мероприятий, а так же определение класса условий труда после их внедрения.

Далее по всем факторам, риск по которым требовалось снизить, происходит оценка величины снижения ранее существующего уровня риска. Оценка величины снижения риска проходит одновременно по двум сценариям. Нужно учитывать, что риск – это величина, зависящая от многих факторов и мгновенного эффекта улучшения здоровья не последует. То есть первым сценарием оценки величины снижения риска будет тот, при котором для проведения нечеткого вывода (при определении величины полученного после внедрения мероприятий риска) будет использоваться значение этиологической доли, полученной ранее (до улучшения условий труда в блоке 1).

Но в процессе работы модели системы управления профессиональным риском повреждения здоровья при улучшении условий труда степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой снижается. Причем по факторам, значения которых были приведены к допустимым, эта степень стремится к нулю. Следовательно, для второго сценария оценки величины снижения риска в качестве значения этиологической доли нужно использовать прогнозируемую нечеткую величину, заданную в терминах теории нечетких множеств. Таким образом, в блоке 15, используя предложенную методику прогнозирования величины снижения уровня профессионального риска, получаем два значения уровня риска: одно непосредственно после улучшения условий труда; второе – прогнозируемое (будущее).

Оценка величины снижения профессионального риска повреждения здоровья не является заключительным этапом работы системы управления (цикл не прерывается). На рассматриваемом рабочем месте проводится периодический и внеплановый контроль уровня риска, и при его повышении включается в работу вся система.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе на основе применения математического аппарата теории нечетких множеств и нечеткого вывода представлено новое решение актуальной научно-технической задачи, заключающейся в создании и разработке модели системы управления профессиональным риском повреждения здоровья работников.

Проведенные исследования позволили сформулировать следующие результаты и выводы:

1. Проанализировано состояние условий труда на рабочих местах филиала ОАО "ФСК ЕЭС" Магистральные электрические сети Урала и проведена качественная оценка профессионального риска повреждения здоровья работников на основе существующей методики (Руководство Р 2.2.1766-03). Результаты анализа показали, что к высокому и очень высокому уровню профессионального риска отнесены более 12% рабочих мест от общего числа аттестованных. На этих рабочих местах требуются неотложные меры по снижению уровня риска.

2. Разработана методика оценки профессионального риска повреждения здоровья, основанная на применении нечеткого вывода. Согласно методике риск выражается как интегральный показатель, зависящий от двух лингвистических переменных: «класс условий труда» и «степень причинно-следственной связи нарушения здоровья с работой».

3. Построена модель системы управления профессиональным риском повреждения здоровья персонала магистральных электрических сетей, позволяющая выбрать набор мероприятий, способных снизить существующий на рабочем месте уровень профессионального риска. При выборе мероприятий в модели проводится оценка их экономической эффективности, где в качестве прибы-



ли выступают средства, полученные за счет уменьшения доплат за неблагоприятные условия труда.

4. Разработаны базы правил нечетких продукций, предназначенные для получения в системах нечеткого вывода значений выходных нечетких лингвистических переменных в зависимости от значений входных, позволяющие формализовать процесс управления профессиональным риском.

5. Для реализации нечеткого вывода в модели системы управления профессиональным риском повреждения здоровья определен вид графиков функций принадлежности термов лингвистической переменной «срочность мероприятий», позволяющий получать четкие значения сроков внедрения мероприятий по охране труда, которые одновременно являются сроками для проведения повторного инструментального контроля параметров производственной среды.

6. Обоснован вид базы мероприятий, используемой в модели системы управления профессиональным риском повреждения здоровья в качестве встроенного блока (модуля), которая учитывает специфику рабочих мест персонала магистральных электрических сетей, а также особенности применяемого оборудования. Модель может быть адаптирована к любой отрасли экономики при составлении соответствующего встроенного блока.

7. Обоснована и разработана методика прогнозирования величины снижения уровня профессионального риска повреждения здоровья в результате снижения класса вредности условий труда, основанная на использовании нечетких значений показателя «этиологическая доля» при проведении нечеткого вывода.

### **Научные публикации по теме диссертации в журналах, рекомендованных ВАК**

1. Белешева, М.В. О необходимости применения нечеткого управления в процессе предотвращения электроопасных ситуаций [Текст] / А.И. Сидоров, А.Б. Тряпицын, М.В. Белешева // Ежеквартальный теоретический и научно-практический журнал «Электробезопасность». – 2005. – № 2. – С. 46–49.

### **Другие научные публикации по теме диссертации**

2. Белешева, М.В. Применение систем нечеткого вывода для управления индивидуальным риском гибели человека на предприятиях электроэнергетики [Текст] / А.И. Сидоров, А.Б. Тряпицын, М.В. Белешева, М.Н. Маркуш // Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии: Третья Всерос. науч.-практич. конф. (с международным участием): сб. материалов. – Челябинск: Издательство ЗАО «Челябинская межрайонная типография», 2006. – С. 150–153.

3. Белешева, М.В. Менеджмент риска. Проблемы, возможные пути решения [Текст] / А.И. Сидоров, А.Б. Тряпицын, М.В. Белешева // Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии: Третья Всерос. науч.-практич. конф. (с международным участием): сб. материалов. – Челябинск: Издательство ЗАО «Челябинская межрайонная типография», 2006. – С. 154–157.

4. Белешева, М.В. Анализ результатов аттестации рабочих мест по условиям труда на предприятиях МЭС Урала для целей управления риском [Текст] / А.Б. Тряпицын, М.В. Белешева // Наука – производство – технологии – экология: Всерос. науч.-техн. конф.: сб. материалов. – Киров: Издательство ВятГУ, 2007. – С. 126–131.

5. Белешева, М.В. Анализ профессионального риска повреждения здоровья работников МЭС Урала [Текст] / М.В. Белешева // Ежеквартальный теоретический и научно-практический журнал «Электробезопасность». – 2007. – № 1. – С. 52–55.

6. Белешева, М.В. Оценка общего уровня профессионального риска повреждения здоровья персонала, обслуживающего электроустановки сверхвысокого напряжения, на основе результатов аттестации рабочих мест по условиям труда [Текст] / М.В. Белешева // Наука – производство – технологии – экология: Всерос. науч.-техн. конф.: сб. материалов. – Киров: Издательство ВятГУ, 2008. – С. 113–115.

7. Белешева, М.В. Работа модели системы управления профессиональным риском повреждения [Текст] / А.И. Сидоров, А.Б. Тряпицын, М.В. Белешева // Наука – производство – технологии – экология: Всерос. науч.-техн. конф.: сб. материалов. – Киров: Издательство ВятГУ, 2008. – С. 110–112.

8. Белешева, М.В. Базы правил нечетких продукций в модели управления профессиональным риском повреждения здоровья работников электроэнергетики [Текст] / М.В. Белешева // Дальневосточная весна – 2008: международная науч.-практич. конф. в области экологии и безопасности жизнедеятельности: сб. материалов. – Комсомольск-на-Амуре, 2008: Издательство ГОУВПО «КНАГТУ», 2008. – С. 55–57.