



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО**



**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ
МЧС РОССИИ**



**И
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**КАФЕДРЫ
ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОГО ДЕЛА И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
СПб У ГПС МЧС РФ**

**БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВ
СПб ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ РИСКА ВЗРЫВОВ МЕТАНА И ПЫЛИ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ



КАБАНОВ Е.И. , КОРШУНОВ Г.И.
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВ



ПИХКОНЕН Л.В., РОДИОНОВ В.А.
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГПС МЧС РФ
ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОГО ДЕЛА И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ





Актуальность исследования

В настоящее время добыча угля подземным способом на шахтах России характеризуется повышением нагрузок на очистные забои, переходом горных работ на более глубокие горизонты, усложнением горно-геологических условий. В результате чего **возрастает потенциальная опасность возникновения аварийных ситуаций, в частности – взрывов пыли и метана** в подземных выработках. При этом в целях обеспечения безопасности на угольных шахтах активно внедряется **концепция риск-ориентированного подхода**

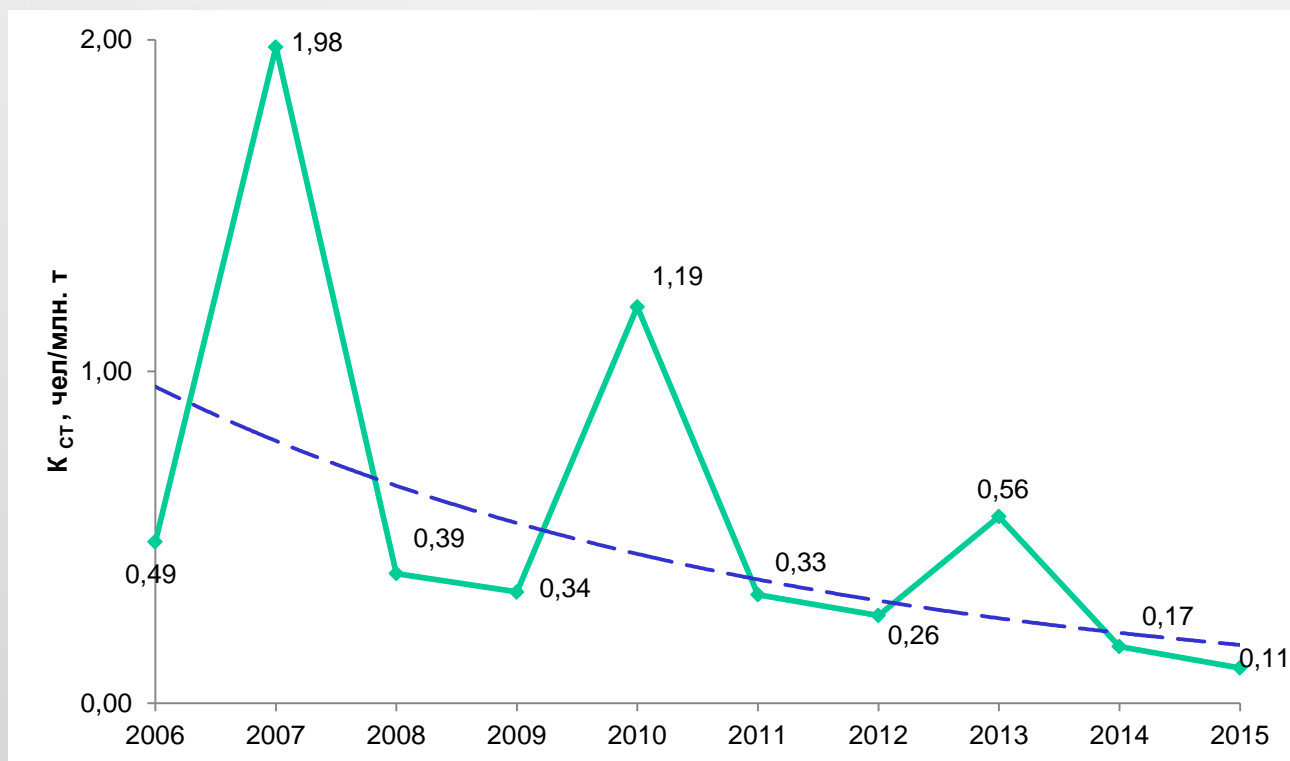
Создание методики оценки рисков взрыва пыли и метана на угольных шахтах с учетом конкретных горно-геологических, технологических и субъективных факторов является актуальной задачей.

Цель работы

Разработка методики оценки риска взрывов метана и пыли на угольных шахтах с учетом комплекса горно-геологических, технологических и субъективных факторов в условиях **информационной неопределенности**.

Динамика смертельного травматизма

За период с **2005** по **2015** гг. при подземной добыче угля в России погибло **615** человек. Значения индивидуального риска смерти в **десятки раз** превышают допустимые.



Изменение коэффициента смертельного травматизма при подземной добыче угля за 2005 – 2015 гг.

КРУПНЕЙШИЕ АВАРИИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 10 ЛЕТ:

19 марта 2007

ш. «Ульяновская»,
взрыв

110 погибших

8 мая 2010

ш. «Распадская»,
взрыв

91 погибший

24 мая 2007

ш. «Юбилейная»,
взрыв

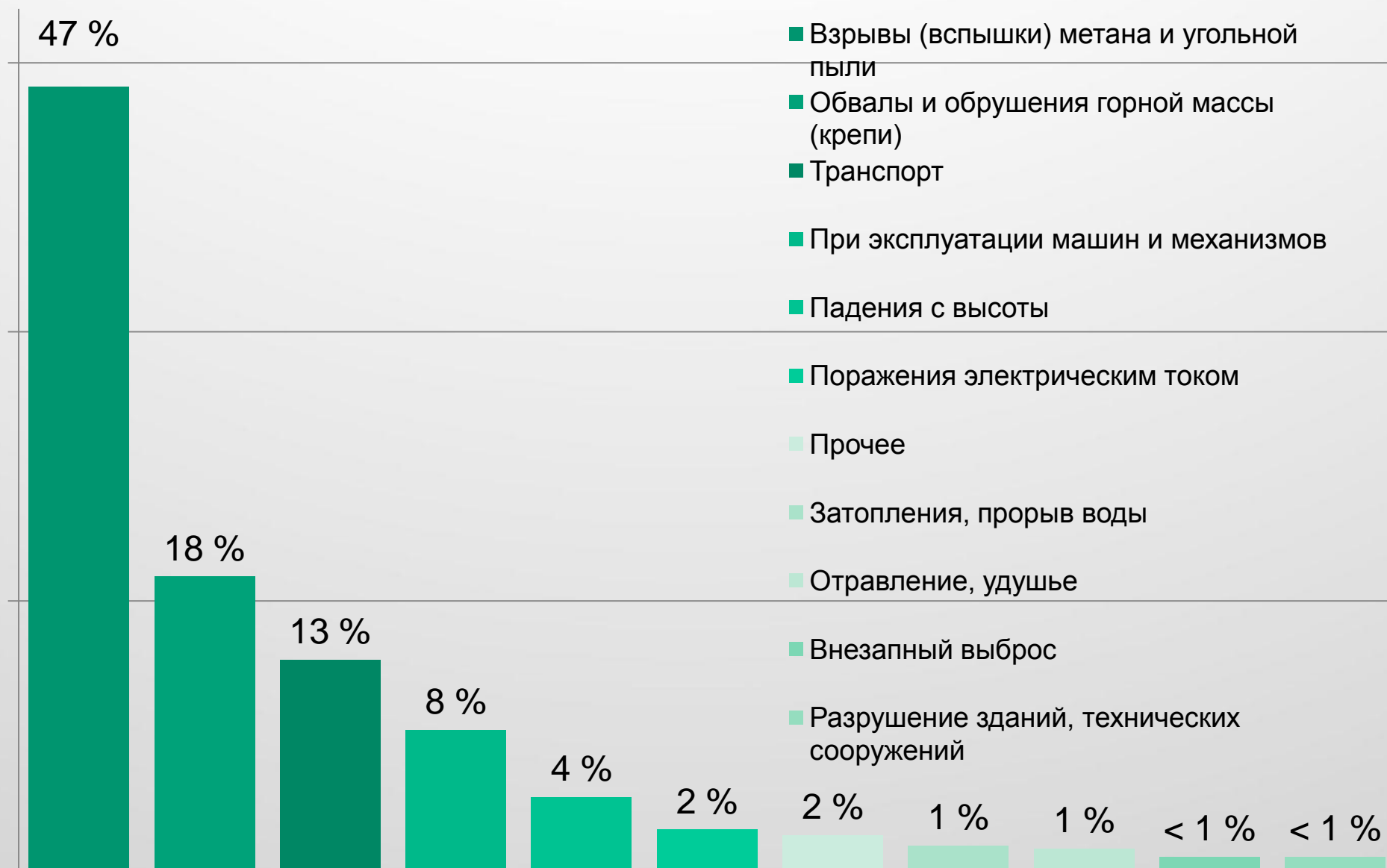
38 погибших

25 февраля 2016

ш. «Северная», взрыв

36 погибших

Факторы смертельного травматизма



Управление производственными рисками

Управление производственными рисками — процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию возможных потерь.

Оценка производственных рисков — система мероприятий, направленных на выявление факторов, способных нанести вред здоровью или жизни человека на рабочем месте.



Структура модели управления рисками

Анализ мирового опыта по оценке рисков аварий на опасных производственных объектах



Необходимые аспекты для использования системы оценки рисков:

-Внедрение **риск-ориентированного подхода** в вопросах обеспечения промышленной безопасности и создание стандартов (пример OHSAS 18001:2007)

-Разработка **требований регулярной и обязательной оценки рисков аварий** и профессиональных рисков, предъявляемых к организации

-Использование **экспертных систем** для комплексной оценки опасностей

Виды методов оценки риска:

При **качественной** оценки риска определяют последствия, вероятность и уровень риска по лингвистической шкале (прим.: «высокий», «средний» и «низкий»). Сравнительную оценку уровня риска в этом случае проводят в соответствии с качественными критериями.

В **смешанных** методах используют числовую шкалу оценки последствий (прим.: в баллах), вероятности и их сочетания для определения уровня риска.

При **количественном** анализе оценивают практическую значимость и стоимость последствий, их вероятности и получают значения уровня риска в определенных единицах.

ВАЖНО! Полный количественный анализ не всегда может быть возможен или желателен из-за недостаточной информации об анализируемой системе. В таких случаях оценка и **ранжирование факторов риска высококвалифицированными специалистами (экспертами)** может быть более эффективно.

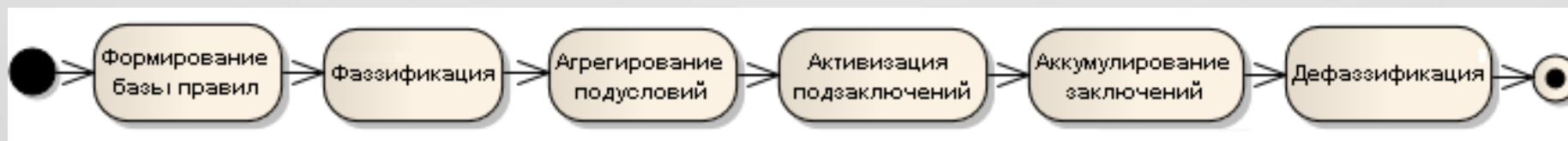
Экспертная система оценки рисков

В работе предлагается метод, предполагающий использование **экспертной системы на основе нечеткой логики**.



Пример нечеткого множества

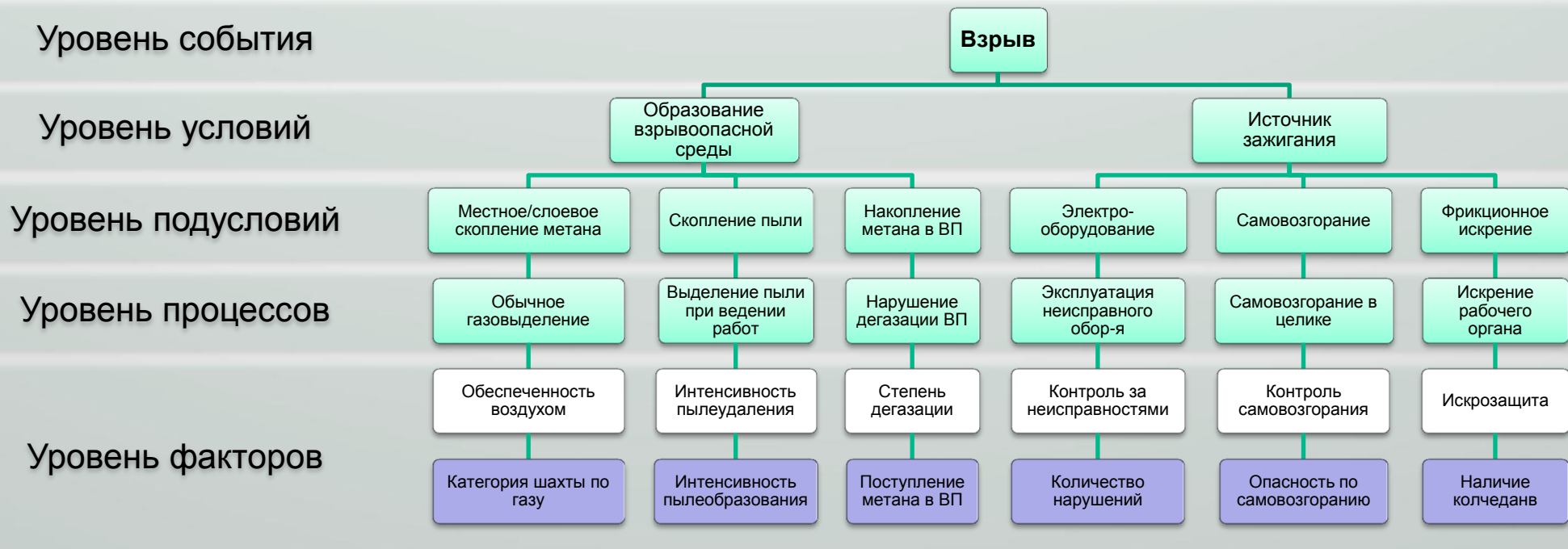
Нечеткое множество — множество, функция принадлежности $\mu(x)$ которого изменяется в пределах от 0 до 1. Нечеткое множество может быть выражено в виде **терм-множества** с заданием лингвистических переменных (лингвистического описания уровней риска).



*Алгоритм нечеткого логического вывода
Мамдани*

Экспертная система оценки риска

На основе анализа произошедших за последние 10 лет взрывов на угольных шахтах, были определены основные факторы, влияющие на риск взрывов. Выявленные факторы были положены в структуру модели оценки риска:



Структура модели оценки риска взрывов

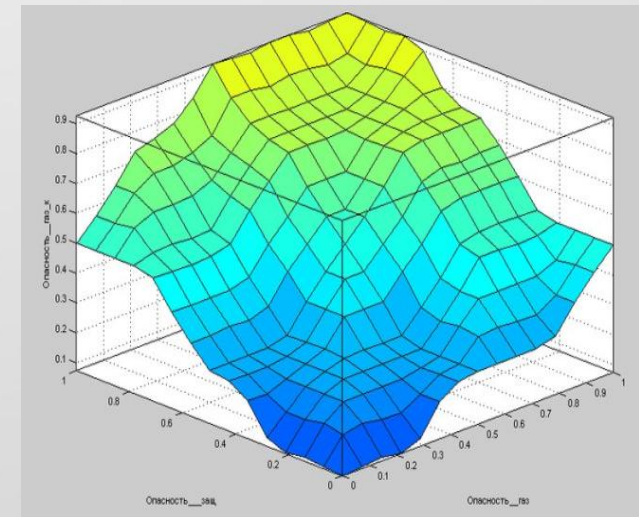
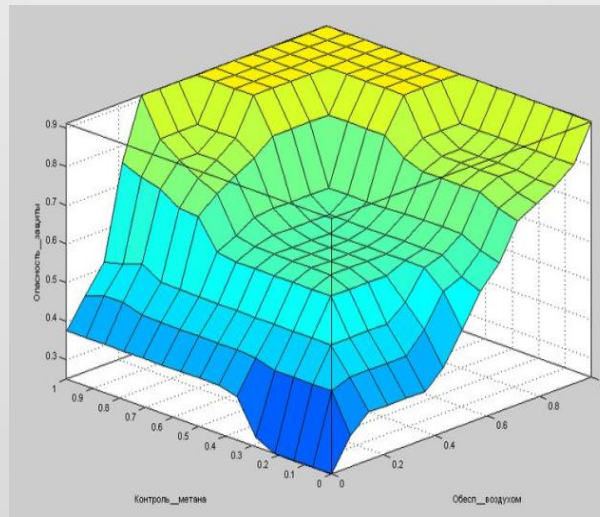
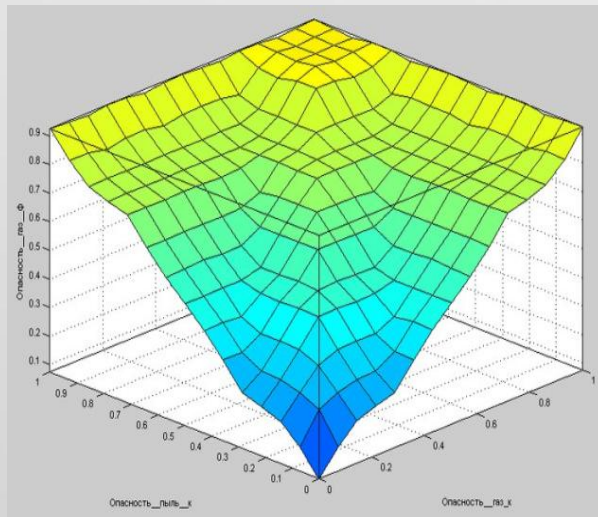
Модель нечеткого логического вывода:

Взаимодействие факторов учитывается системой нечетких логических правил, установленных по **известным** и **установленным** зависимостям:

```
1. If (Опасность_газ is OH) and (Опасность_защ is OH) then (Опасность_газ_k is OH) (1)
2. If (Опасность_газ is OH) and (Опасность_защ is H) then (Опасность_газ_k is OH) (1)
3. If (Опасность_газ is OH) and (Опасность_защ is C) then (Опасность_газ_k is H) (1)
4. If (Опасность_газ is OH) and (Опасность_защ is B) then (Опасность_газ_k is C) (1)
5. If (Опасность_газ is OH) and (Опасность_защ is OB) then (Опасность_газ_k is C) (1)
6. If (Опасность_газ is H) and (Опасность_защ is OH) then (Опасность_газ_k is OH) (1)
7. If (Опасность_газ is H) and (Опасность_защ is H) then (Опасность_газ_k is H) (1)
8. If (Опасность_газ is H) and (Опасность_защ is C) then (Опасность_газ_k is H) (1)
9. If (Опасность_газ is H) and (Опасность_защ is B) then (Опасность_газ_k is C) (1)
10. If (Опасность_газ is H) and (Опасность_защ is OB) then (Опасность_газ_k is B) (1)
11. If (Опасность_газ is C) and (Опасность_защ is OH) then (Опасность_газ_k is H) (1)
12. If (Опасность_газ is C) and (Опасность_защ is H) then (Опасность_газ_k is H) (1)
13. If (Опасность_газ is C) and (Опасность_защ is C) then (Опасность_газ_k is C) (1)
14. If (Опасность_газ is C) and (Опасность_защ is B) then (Опасность_газ_k is B) (1)
15. If (Опасность_газ is C) and (Опасность_защ is OB) then (Опасность_газ_k is OB) (1)
16. If (Опасность_газ is B) and (Опасность_защ is OH) then (Опасность_газ_k is H) (1)
17. If (Опасность_газ is B) and (Опасность_защ is H) then (Опасность_газ_k is C) (1)
18. If (Опасность_газ is B) and (Опасность_защ is C) then (Опасность_газ_k is B) (1)
19. If (Опасность_газ is B) and (Опасность_защ is B) then (Опасность_газ_k is B) (1)
20. If (Опасность_газ is B) and (Опасность_защ is OB) then (Опасность_газ_k is OB) (1)
21. If (Опасность_газ is OB) and (Опасность_защ is OH) then (Опасность_газ_k is C) (1)
22. If (Опасность_газ is OB) and (Опасность_защ is H) then (Опасность_газ_k is C) (1)
23. If (Опасность_газ is OB) and (Опасность_защ is C) then (Опасность_газ_k is B) (1)
24. If (Опасность_газ is OB) and (Опасность_защ is B) then (Опасность_газ_k is OB) (1)
25. If (Опасность_газ is OB) and (Опасность_защ is OB) then (Опасность_газ_k is OB) (1)
```



Текстовое и графическое представление нечетких логических правил в MatLab



Зависимости факторов, построенные в модели нечеткого логического вывода в MatLab

Работоспособность модели оценки риска взрывов МВС и ПВС была показана на примере обработки выборки исходных данных, характеризующих условия эксплуатации четырех различных участков подземных выработок угольных шахт, где Н, С и В – термы обозначения уровней опасности «Низкая», «Средняя» и «Высокая» соответственно.

Параметр	Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 4
Категория по газу	II	III	Сверхкат.	Сверхкат.
Опасность суфлярных выделений	Н	В	В	В
Опасность внезапных выбросов	Н	С	В	В
Интенсивность пылеобразования	Н	С	В	В
Эффективность пылеподавления	В	С	В	С
Опасность по взрывчатости пыли	Н	В	В	В
Опасность возн-я. застойных зон	Н	С	С	В
Опасность нарушений АГК	Н	Н	С	В
Опасность самовозгорания	Н	Н	В	В
Опасность дугового разряда	Н	С	С	В
Опасность фрикц. трения	Н	Н	С	В
Опасность откр. пламени	Н	Н	Н	В
Риск взрыва	0,322	0,637	0,805	0,921

Выводы

Для проведения оценки риска взрывов метана и пыли на угольных шахтах в условиях информационной неопределенности целесообразно использовать экспертные системы на основе нечеткой логики, что подтверждается международным опытом

Модели нечеткого логического вывода способны анализировать информацию о факторах риска, заданную в различных формах, с продуцированием интегральных показателей риска в качестве выходных данных

Использование нечетких логических правил в базе знаний модели позволяет формализовывать экспертные оценки и использовать количественные зависимости, в целях учета влияния факторов на уровень риска и синергетического эффекта при совместном воздействии факторов

Модели нечеткого логического вывода могут быть интегрированы в МФСБ для мониторинга в режиме реального времени и выполнения прогноза опасных ситуаций, что позволяет решать задачи дистанционного наблюдения при организации надзорной деятельности.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!