



НИЦ «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН
Институт Строительства и Архитектуры Уральского федерального университета
Международная группа экспертов по надежности Gnedenko Forum
Всероссийская научная конференция
и школа молодых ученых с международным участием



Уральский
федеральный
университет
имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина
Институт Строительства
и Архитектуры

**РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР
РОМТПЭСИ-2026**

28–30 мая 2026 г.

Оценка безопасности потенциально опасных объектов нефтехимической отрасли методом динамической «галстук-бабочки» и искусственного интеллекта

Докладчик: **Эйва Андрей Эдуардович,**

Актуальность исследования

Высокая
опасность
объектов
нефтехимии

Тяжелые
последствия аварий:
пожар, взрыв,
разлив, ущерб

Классический
метод
«Галстук-бабочка»
не учитывает
динамику риска

Байесовские сети
позволяют точнее
оценивать и
прогнозировать
аварии

Объект исследования:

Потенциально опасные объекты нефтехимической отрасли.

Предмет исследования:

Методы анализа риска аварий с применением «Галстук-бабочки» и байесовских сетей.

Цель:

Разработать подход к оценке и снижению рисков аварий на объектах нефтехимии.

Задачи:

- Изучить методы анализа риска.
- Рассмотреть метод «Галстук-бабочка» и байесовские сети.
- Построить модель аварийного сценария.
- Учесть барьеры безопасности.
- Оценить вероятность аварии и последствия.
- Выявить критические факторы риска.



Сравнение отечественных и иностранных ИСТОЧНИКОВ

Иностранная литература	Отечественная литература
ISO/IEC 31010 Risk assessment techniques	Федеральный закон №116-ФЗ
ISO 31000 Risk management	Приказ Ростехнадзора от 07.12.2020 №500
IEC 61508 Functional safety	Приказ Ростехнадзора №142 «Общие требования к обоснованию безопасности ОПО»
IEC 61511 Process industry safety	Приказ Ростехнадзора №534 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»
NORSOK Z-013 Risk and emergency preparedness	Приказ Ростехнадзора №533 Общие правила взрывобезопасности для химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»

Сравнение отечественных и иностранных ИСТОЧНИКОВ

Количественный разрыв
между отечественной и иностранной литературой



Качественный разрыв
между отечественной и иностранной литературой



Метод «Галстук-Бабочка»



Причины аварии

Превентивные
барьеры

Центральное
событие

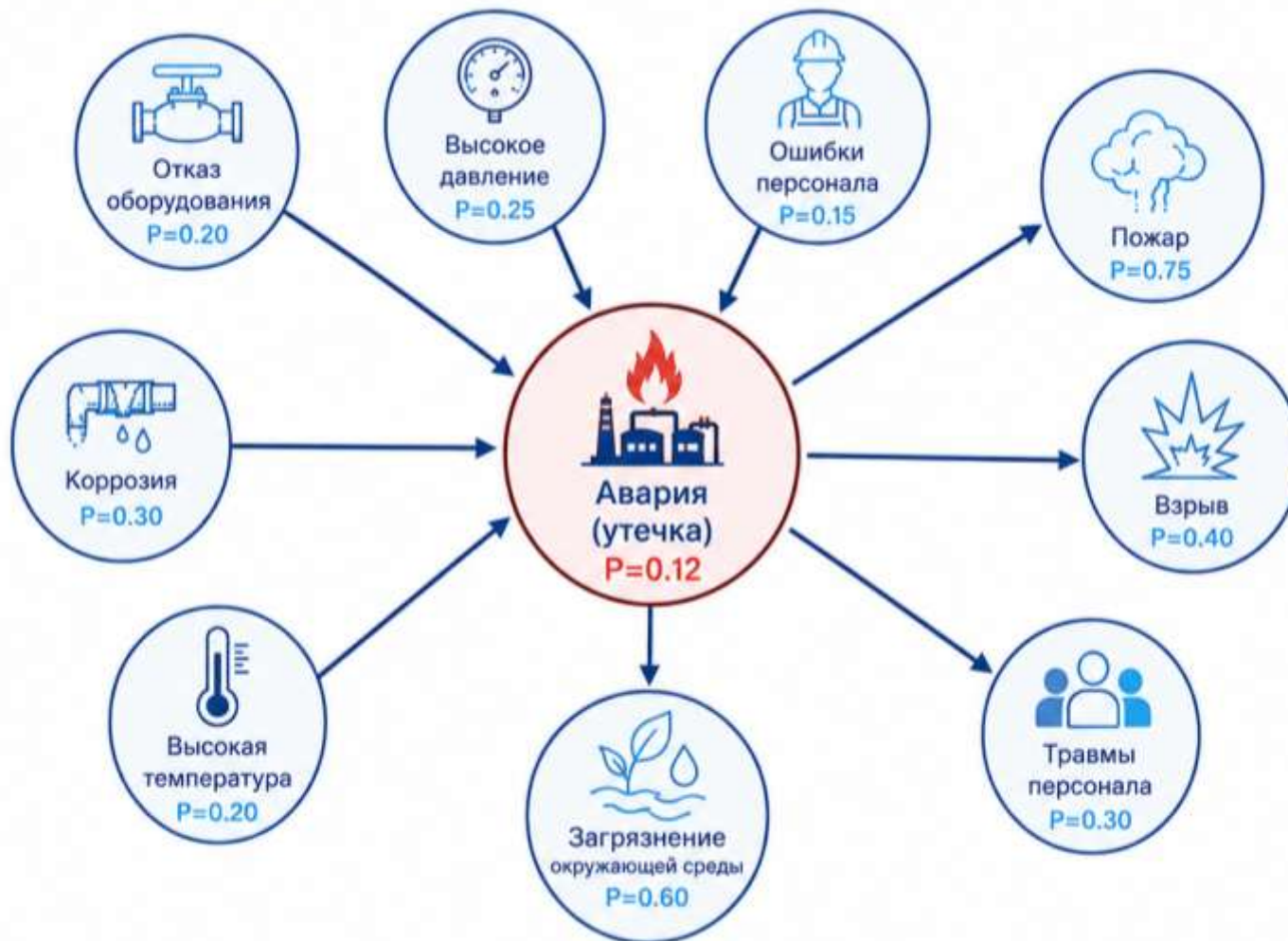
Смягчающие
барьеры

Последствия аварии

Байесовские сети

Байесовские сети используются для анализа риска в условиях неопределенности.

Они показывают, как разные причины аварии связаны между собой и как одна причина может влиять на другую.



Анализ аварий нефтяных платформ



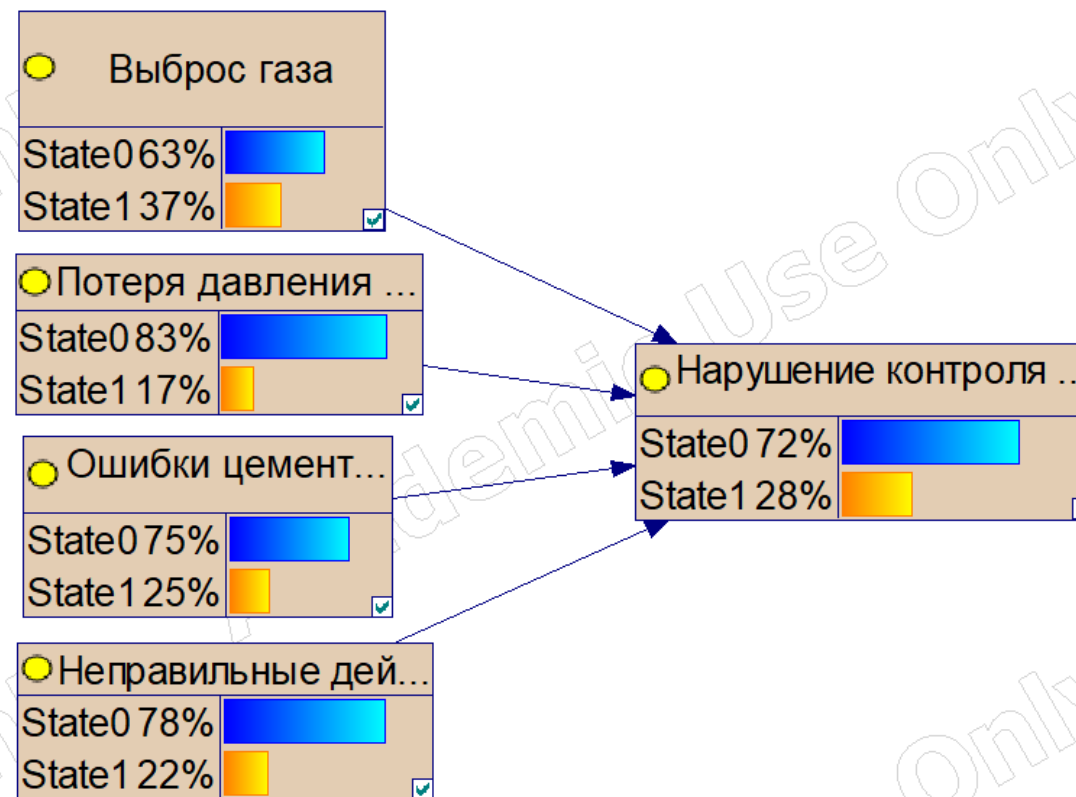
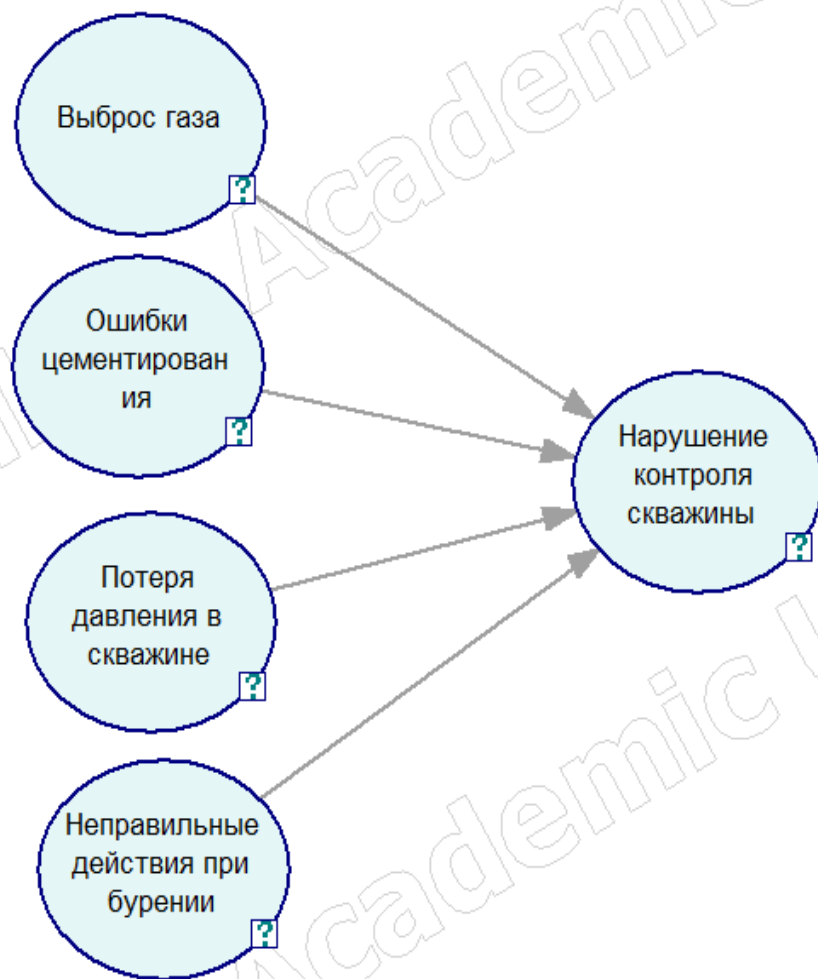
Deepwater Horizon

Montara

Piper Alpha

Mumbai High North

Пример моделирования узла



Таблицы условных вероятностей

Node properties: Выбор газа

General Definition Format User properties

	State0	State1
State0	0.633	
State1	0.367	

OK Отмена

Node properties: Наружный контроль состояния

General Definition Format User properties

	State0				State1				State0				State1			
Потери для:	State0		State1		State0		State1		State0		State1		State0		State1	
Направление:	State0	State1	State0	State1	State0	State1	State0	State1	State0	State1	State0	State1	State0	State1	State0	State1
State0	0.95	0.78	0.83	0.65	0.75	0.57	0.6	0.42	0.63	0.45	0.48	0.3	0.58	0.2	0.15	0.05
State1	0.05	0.22	0.17	0.35	0.25	0.43	0.4	0.58	0.37	0.55	0.52	0.7	0.42	0.8	0.85	0.95

OK Отмена

Сеть Байеса

The diagram illustrates a Bayesian network for an oil spill scenario. The central node is 'Пожар' (Fire), which is influenced by numerous other nodes. The nodes are organized into layers, with the most influential factors at the top and the resulting outcomes at the bottom. Each node contains a bar chart showing the probability of different states.

Central Node:

- Пожар** (Fire): State0 60%, State1 20%, State2 20%

Top Layer (Inputs):

- Выбор типа** (Type selection): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Система аварийного оп.** (Emergency system): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Борьба** (Fight): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Разлив нефти** (Oil spill): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Экологический ущерб** (Ecological damage): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Травмы персонала** (Personnel injuries): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Гибель персонала** (Personnel deaths): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Остановка добычи** (Production stop): State0 60%, State1 20%, State2 20%

Bottom Layer (Outcomes):

- Выбор типа** (Type selection): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Система аварийного оп.** (Emergency system): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Борьба** (Fight): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Разлив нефти** (Oil spill): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Экологический ущерб** (Ecological damage): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Травмы персонала** (Personnel injuries): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Гибель персонала** (Personnel deaths): State0 60%, State1 20%, State2 20%
- Остановка добычи** (Production stop): State0 60%, State1 20%, State2 20%

Анализ чувствительности сети

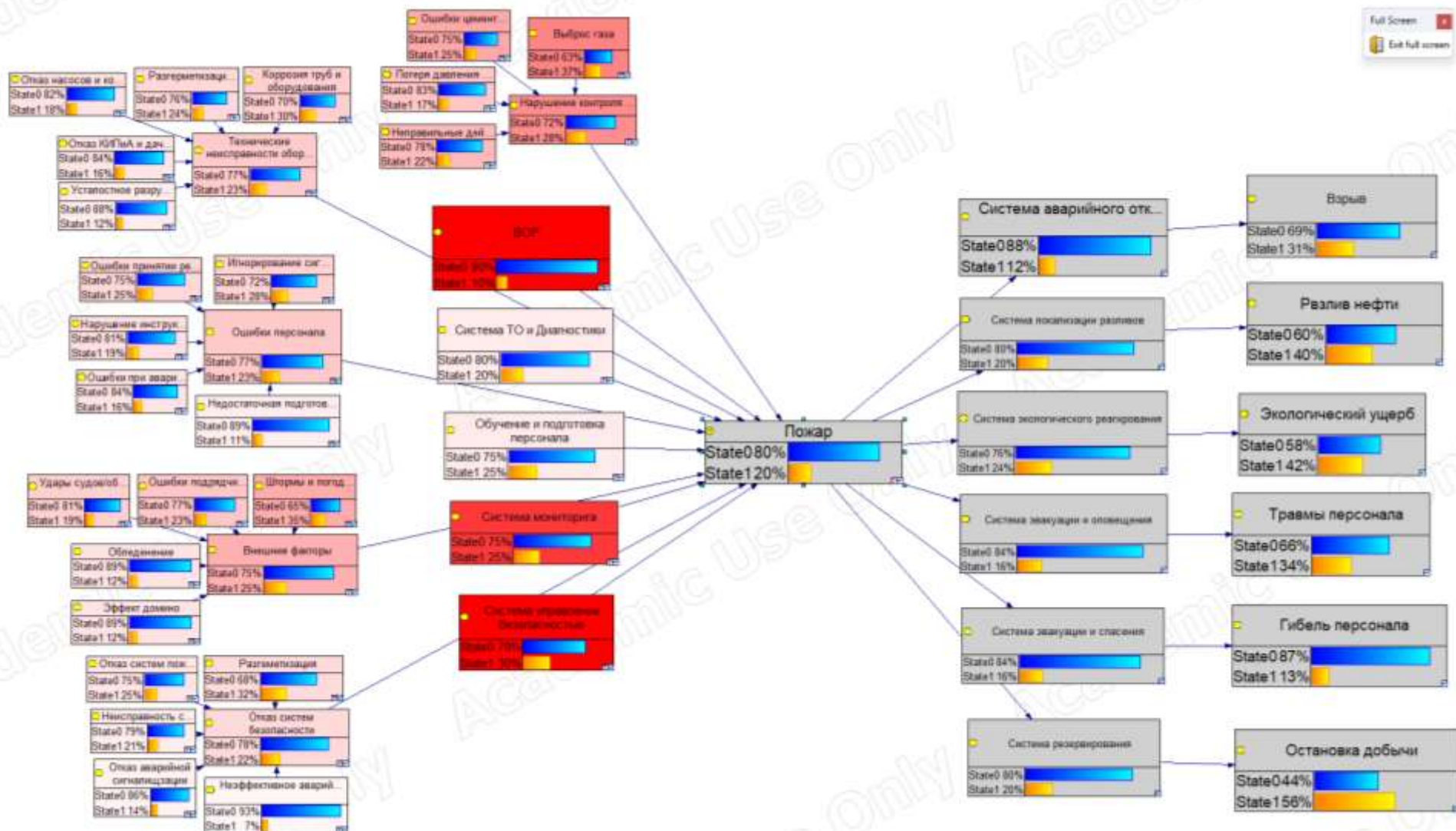
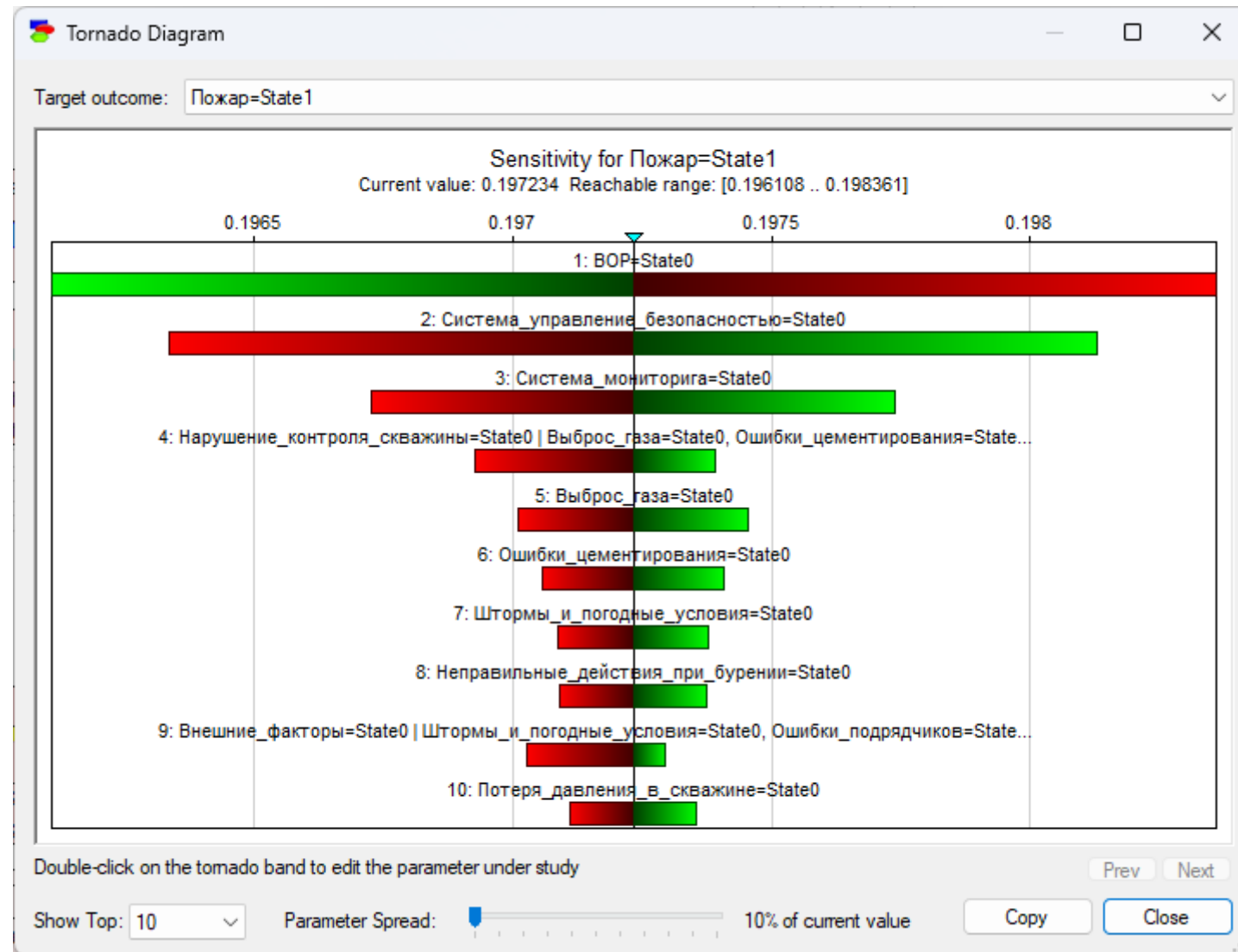
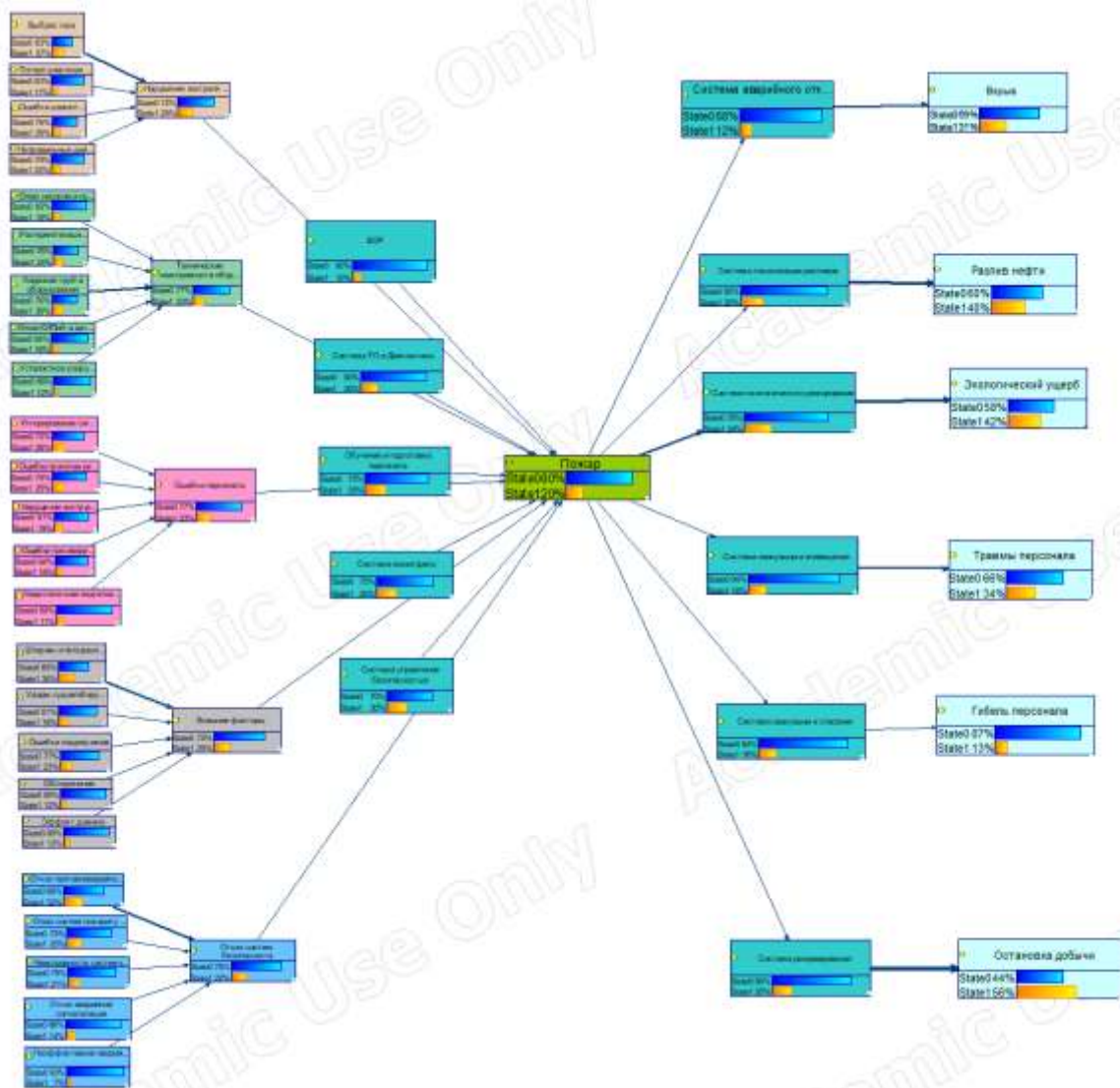


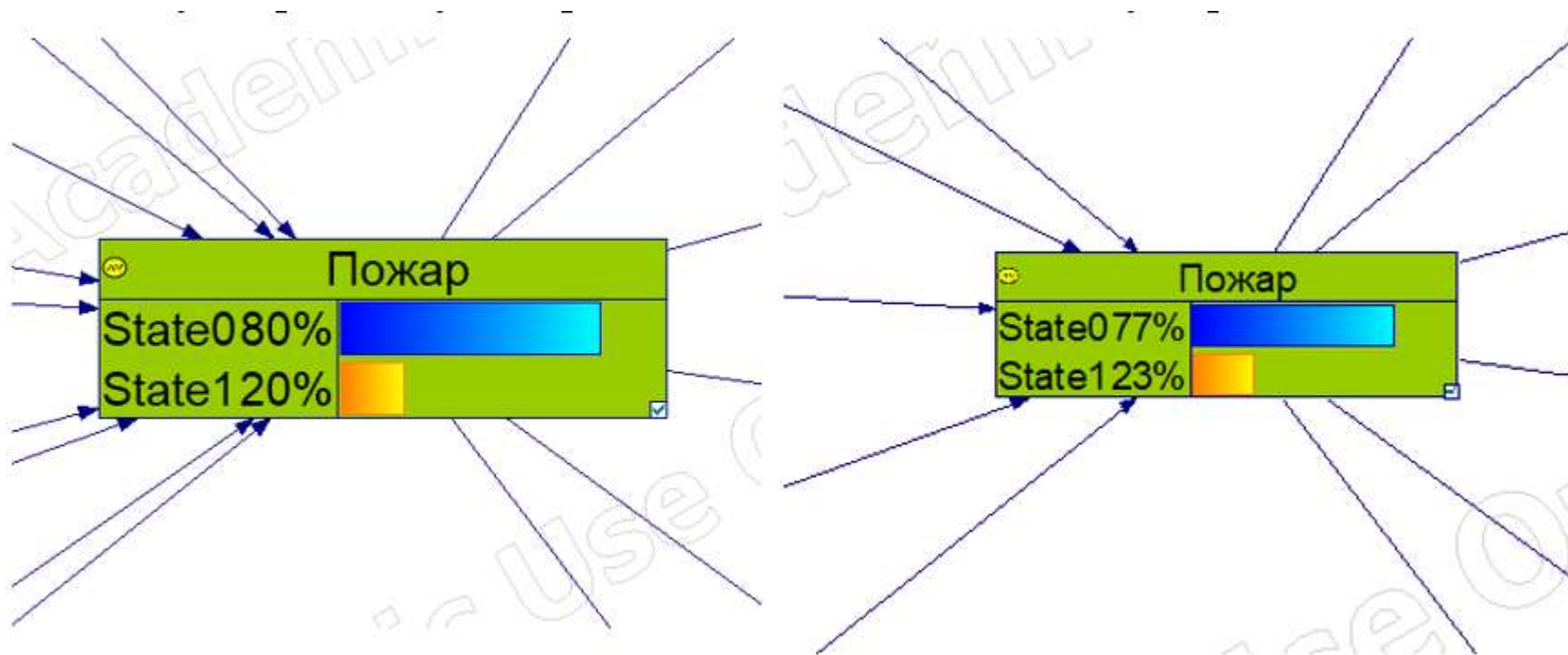
Диаграмма чувствительности аварии



Анализ чувствительности



Аналитический ВЫВОД по построенной модели



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!