

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РИСКА ПРОМЫШЛЕННОЙ АВАРИИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Цели работы:

- ознакомиться с априорной оценкой риска аварии при эксплуатации ОПО (опасного производственного объекта) на примере методики, реализованной в программном комплексе tHAZARD;
- изучить суть и основы имитационного моделирования процесса возникновения происшествий на ОПО;
- научиться использовать методику оценки риска аварии в качестве рядового пользователя (инженера по технике безопасности).

Решаемые задачи:

- количественная оценка вероятности возникновения аварийной ситуации с учётом особенностей исследуемого ОПО;
- количественная оценка вероятности возникновения аварийной ситуации на ОПО после возможного внедрения реконструкционных мероприятий, разработанных головной организацией;
- сравнение предложенных к рассмотрению альтернатив проведения реконструкции с точки зрения их влияния на уменьшение возможности возникновения аварийной ситуации;
- предложение рекомендаций, направленных на снижение возможности возникновения аварийной ситуации.

Программное обеспечение:

- экспертный программный комплекс tHAZARD 2.0.

Предусмотрено два уровня пользователей: инженеры и эксперты. Первые оценивают техногенный риск и подбирают мероприятия улучшения безопасности. Вторые создают необходимые для этого методики, модули экспертной оценки факторов опасности, базы данных для этих модулей и базовые модели для классов ОПО. Все необходимые процедуры осуществляются в рамках рассматриваемой экспертной системы tHAZARD.

В задачи эксперта входит:

1. Создание базовых моделей классов ОПО для нескольких уровней качества (низкое, нормальное, высокое). Например, традиционный сосуд, современный сосуд. Классы могут быть более узкими, например, грузоподъемный механизм или даже изотермическое хранилище жидкого аммиака. Из них создаются депозитарии для разных предметных областей. Главное содержание этого этапа – установить каждому фактору опасности лингвистическую оценку (V), соответствующую качеству базовой модели и зависящую от класса объекта. Устанавливается уровень доверия к исходным данным.

2. Установка области определения каждого фактора опасности. Используемая шкала лингвистических оценок позволяет любому фактору иметь 11 градаций качества. Если имеется дополнительная информация, эксперт ограничивает область определения, указывая распределение чувствительности к изменению оценки фактора. Это второй механизм, позволяющий учесть особенности конкретных классов ОПО.
3. Установка индексов опасности каждого фактора опасности ($\bar{I}$). Выполняется на основе статистических данных о значимости фактора среди причин аварийности и травматизма.
4. Калибровка модели на статистические вероятности: “Нарушение равновесия”, “Опасная ситуация”, “Критическая ситуация”, “Происшествие”. Заключительный этап настройки модели на класс ОПО. Процедура калибровки выполняется автоматически и приводит к получению внутренних параметров модели, при которых получаются среднестатистические вероятности состояний определенного типа ОПО.
5. Разработка методики вычисления лингвистических оценок (V) факторов опасности. Во многих случаях может использоваться стандартный модуль оценки, основанный на методике средневзвешенной оценки и поставляемый с *tHAZARD*.

В задачи инженера входит:

1. Выбор из депозитария наиболее подходящей для данного ОПО базовой модели.
2. Подключение модели к *tHAZARD* вместе с прилагаемым модулем экспертной оценки и соответствующими данными.
3. Модификация модели на соответствие исследуемому ОПО (вручную, либо с помощью модуля экспертной оценки). Изменение лингвистических оценок (V) и уровней доверия (K) факторов опасности.
4. Описание комплексов мероприятий (M) совершенствования безопасности ОПО. Объединение в комплексы выполняется по признакам общности. Позволяет упростить манипуляции при большом количестве мероприятий и уменьшить трудоёмкость оптимизации.
5. Использование модели для оценки опасности ОПО и оптимизации выбора мероприятий по совершенствованию безопасности ОПО. Первая задача выбора: при ограниченных финансовых затратах найти мероприятия, обеспечивающие максимальное снижение вероятности происшествия. Вторая: минимальными финансовыми затратами обеспечить уровень безопасности не меньше заданного.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Объект анализа и задачи

Целью данного сравнительного анализа является оценка предложенных к рассмотрению альтернативных мероприятий с точки зрения их влияния на уменьшение возможности возникновения аварийной ситуации на складе жидкого аммиака с изотермическим хранилищем.

Выполнение работы

На данном этапе работа экспертов считается уже выполненной – имеется подготовленная базовая модель для класса объектов – “изотермические хранилища” (уровень качества: НОРМАЛЬНЫЙ). Экспертами установлены индексы опасности, средние лингвистические оценки факторов, области определения факторов, выполнена калибровка модели по среднеотраслевым интенсивностям аварийности и травматизма, созданы базы данных модуля экспертной оценки, выполнено назначение модуля – модели, и подключение созданных баз. *В работе выполняются действия, характерные для инженеров по технике безопасности.*

Ознакомление с базовой моделью и переход к исследуемому ОПО

Индексы опасности (вектор $\bar{I}$) установлены на основе среднестатистических данных по аварийности и травматизму при выполнении сливо-наливных операций. Средние значения лингвистических оценок (V) факторов опасности установлены для уровня качества НОРМАЛЬНЫЙ (см. табл. 1.1).

Таблица 1.1. Средние значения лингвистических оценок для базовой и адаптированной моделей

Компонент	Код	Фактор опасности	Индексы опасности $\bar{I}$	Лингвистическая оценка V (базовая / адаптированная)	Область определения
Рабочая среда	C01	Комфортность по физ.-хим. параметрам рабочей среды	0v1	Выше среднего	*
				Средняя	
	C02	Качество информационной модели состояния среды	0v2	Хорошее	Низкое - Высокое
				Выше среднего	
	C03	Возможность внешних опасных воздействий	2v0	Ниже среднего	Очень низкая – Очень большая
				Ниже среднего	
	C04	Возможность внешних неблагоприятных воздействий	1v0	Ниже среднего	*
				Ниже среднего	
Персонал	H01	Пригодность по	0v1	Хорошая	Ниже

		физиологическим показателям		Хорошая	среднего – Высокая
	H02	Технологическая дисциплинированность	0v2	Хорошая Очень хорошая	Средняя – Высокая
	H03	Качество приёма и декодирования информации	0v1v2v3	Хорошее Очень хорошее	Низкое – Высокое
	H04	Навыки выполнения работы	0v1	Очень хорошие Очень высокие	Ниже среднего – Очень, очень высокие
	H05	Качество мотивационной установки	0v1	Среднее Выше среднего	Низкое – Высокое
	H06	Знание технологии работ	0v1	Хорошее Очень хорошо	Среднее – Высокое
	H07	Знание физической сущности процессов в системе	0v1	Среднее Среднее	Низкое – Хорошее
	H08	Способность правильно оценивать информацию	0v1	Хорошая Хорошая	Средняя – Очень хорошая
	H09	Качество принятия решения	0v1v2	Хорошее Хорошее	Среднее – Очень хорошее
	H12	Самообладание в экстремальных ситуациях	1v2	Низкое Очень низкое	*
	H13	Обученность действиям в сложных условиях обстановки	0v1	Хорошая Выше среднего	Средняя - Высокая
	H14	Точность корректирующих действий	0v1v2	Хорошая Очень хорошая	*
<i>Машина-оборудование</i>	M01	Качество конструкции рабочего места оператора	0v1	Выше среднего Хорошее	Низкое – Высокое
	M02	Степень учета особенностей работоспособности человека	0v2	Выше среднего Выше среднего	*
	M03	Оснащенность источниками опасных и вредных факторов	2v0	Выше среднего Выше среднего	Средняя – Очень высокая
	M04	Безотказность прочих элементов	0v1	Хорошая Очень хорошая	Ниже среднего – Очень высокая
	M05	Безотказность других ответственных элементов	0v2	Очень хорошая Большая	Средняя – Очень высокая
	M06	Длительность действия опасных и вредных факторов	1v0	Среднее Среднее	*
	M07	Уровень потенциала опасных и вредных факторов	1v0	Большой Большой	*
	M08	Безотказность приборов и	0v1	Высокая	Средняя –

		устройств безопасности		Высокая	Очень высокая
Технология	T01	Удобство подготовки и выполнения работ	0v1	Среднее	Ниже среднего – Очень высокое
				Выше среднего	
	T02	Удобство технического обслуживания и ремонта	0v2	Выше среднего	Ниже среднего – Очень высокое
				Выше среднего	
	T03	Сложность алгоритмов оператора	1v0	Средняя	Ниже среднего – Высокая
				Выше среднего	
	T04	Возможность появления человека в опасной зоне	1v0	Низкая	*
				Ниже среднего	
	T05	Возможность появления др. незащищенных элементов в опасной зоне	1v0	Низкая	*
				Очень низкая	
	T06	Надежность технологических средств обеспечения безопасности	0v1	Высокая	Средняя – Очень высокая
				Высокая	

Многие факторы опасности определены только на части лингвистической шкалы оценок, поэтому для них указана область определения. Модель откалибрована на следующие статистические вероятности:

$P(\text{Нарушение равновесия}) = 0.0006$;

$P(\text{Опасная ситуация}) = 0.0001$;

$P(\text{Критическая ситуация}) = 0.000007$;

$P(\text{Происшествие}) = 0.000001$.

Задание 1. Подключение базовой модели класса ОПО и её настройка на конкретный экземпляр

1.1. Загрузить базовую модель «изотермические хранилища».

Запустите на выполнение файл «Hazard.exe». *tHAZARD* имеет однодокументный интерфейс. После загрузки появятся два окна: монитор модели и монитор комплексов мероприятий. Первый служит для редактирования, калибровки и прогона модели; второй – для редактирования, ранжировки и оптимизации мероприятий улучшения безопасности.

Нажмите на закладку «Моделирование». Активным становится окно «Редактор модели».

1.2. Адаптировать модель для исследуемого ОПО.

Теперь нужно адаптировать базовую модель под исследуемый в данной работе ОПО – изотермическое хранилище жидкого аммиака фирмы ХХХ (10 000т, на подобном хранилище произошла крупная авария в г. Ионава). Для этого необходимо уточнить лингвистические оценки некоторых факторов опасности загруженной модели, чтобы они соответствовали конкретному изотермическому хранилищу. Подготовлена демонстрационная база оценочных

таблиц для модуля оценки факторов опасности, которая содержит таблицы только для Т03.

Установите вручную факторы опасности по значениям для базовой модели согласно таблице 1.1.

Факторы опасности разделены на 4 группы: персонал, машины, рабочая среда, технология. Пользуясь закладками



в верхней части окна, переключайтесь между группами факторов. Каждому фактору отведён один слот редактора. Пользуясь ползунком, установите базовые значения лингвистических оценок.

1.3. Определить значения оценки фактора Т03 с помощью модуля экспертной оценки.

На примере фактора опасности Т03, выполните процедуру адаптации базовой модели к конкретному объекту исследования, как это обычно делается инженером по технике безопасности. Для Т03 имеется демонстрационная база нормативов и таблиц модуля оценки. С помощью модуля экспертной оценки найдите в редакторе модели слот Т03 («Сложность алгоритмов оператора») и кликните на нем дважды левой кнопкой мыши.

Появится окно модуля экспертной оценки, включающее оценочные таблиц, состоящие из составляющих, на которые разбит фактор опасности. Составляющие могут быть вложенными – т.е. сами состоять из других составляющих. Каждой из них присваивается балльная оценка, которая выбирается с помощью кнопок. В нем с помощью переключателей нужно указать правильные ответы для каждой составляющей оценки.

Пользуясь переключателями, укажите ответы, приведённые в таблице 1.2. Нажмите кнопку «Применить». Окно модуля экспертной оценки закроется.

Таблица 1.2

Составляющая	Номер кнопки (считая сверху)
Содержание работы	2
Восприятие сигналов и их оценка	3
Степень сложности задания	2
Характер выполняемой работы	1
Длительность наблюдения	4
Плотность сигналов	1
Число объектов	3
Размер объекта	2
Работа с оптикой	1
Наблюдение за экранами	2
Нагрузка на слуховой аппарат	2
Степень ответственности	3
Степень риска для себя	2
Степень риска для других	1

Число приёмов для реализации задания	2
Продолжительность выполнения производственных заданий	3
Продолжительность рабочего дня	2
Сменность работы	3

1.4. Выполнить прогон модели и сравнить результаты.

Выполнить прогон модели, нажав кнопку «Запуск моделирования». В группе «Результаты моделирования» (левый нижний угол) появится вероятность происшествий. В списке появятся модифицированные факторы. Вероятности происшествий для базовой модели записать в таблицу 1.3.

Значение К принять равным 2000, Н – 1000.

Таблица 1.3

Модель		Гомеостазис	Нарушение	Адаптация D	Опасная ситуация	Адаптация F	Кризисная ситуация	Адаптация H	Происшествие
базовая	вероятность (мера возможности)								
	индекс опасности								
адаптированная	вероятность (мера возможности)								
	индекс опасности								

Задание 2. Оценка зависимости модели от действия различных факторов

2.1. Исследование зависимости риска от действий персонала

Перенесите в тетрадь таблицу 1.5. Изменяя оценку фактора опасности, соответствующего вашему варианту (см. таблицу 1.4), проследите за изменением вероятностей и индексов опасности. Результаты моделирования занесите в таблицу 1.5.

Таблица 1.4. Факторы опасности, относящиеся к группе «Персонал»

№ варианта (предпоследняя цифра шифра)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фактор опасности	H01	H02	H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H12

Таблица 1.5

Фактор опасности (код, название)						
Модель						
Лингвистическая оценка	Опасная ситуация		Кризисная ситуация		Происшествие	
	Вероятность	Индекс опасности	Вероятность	Индекс опасности	Вероятность	Индекс опасности
очень, очень низкая						
очень низкая						
низкая						
ниже среднего						
средняя						
выше среднего						
хорошая						
очень хорошая						
высокая						
очень высокая						
очень, очень высока						

2.2. Исследование зависимости риска от состояния оборудования и используемых технологий.

Перенесите в тетрадь таблицу 1.5. Изменяя оценку фактора опасности, соответствующего вашему варианту (см. таблицу 1.6), проследите за изменением вероятностей и индексов опасности. Результаты моделирования занесите в таблицу 1.5.

Таблица 1.6. Факторы опасности, относящиеся к группам «Машины-оборудование» и «Технологии»

№ варианта (последняя цифра шифра)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фактор опасности	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	T01	T02

2.3. Построить графики зависимости вероятности возникновения опасной ситуации, кризисной ситуации и происшествия от фактора опасности.

2.4. Построить графики зависимости индекса опасности опасной ситуации, кризисной ситуации и происшествия от фактора опасности.