

На правах рукописи

РГБ ОД

КОПТЕВ НИКОЛАЙ ПАВЛОВИЧ

- 7 ФЕВ 2000

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
УСТАНОВОК НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СИСТЕМ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ**
(на примере установки ЭЛОУ-АВТ-6)

Специальность **05.02.21** – «Безопасность особосложных объектов
(нефтегазовый комплекс)»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа 2000

Работа выполнена на кафедре «Машины и аппараты химических производств» Уфимского государственного нефтяного технического университета

Научный руководитель: доктор технических наук
Ибрагимов И.Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Софиев А.Э.
кандидат технических наук,
доцент Шарафиев Р.Г.

Ведущая организация: Российский химико-технологический
университет им. Д.И. Менделеева (г. Москва)

Защита состоится 17 февраля 2000 года в 15⁰⁰ на заседании диссертационного совета К 063.09.07 в Уфимском государственном техническом университете (УГНТУ) по адресу: 450062, г.Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УГНТУ.

Автореферат разослан 14 января 2000 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук



М.Х. Хусниyarов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Известно, что проблемы обеспечения безопасности остро стоят в нефтеперерабатывающей промышленности, так как огромная энергонасыщенность предприятий, возможность возникновения выбросов вредных и взрывоопасных веществ в процессах производства создают опасность и напряженность не только на промышленных объектах, но и в жилых районах, вблизи которых расположены заводы.

Современное состояние нефтеперерабатывающих заводов таково, что постоянно интенсифицируются процессы и технологии. Вследствие этого технологические параметры (давление, температура и др.) растут и приближаются к критическим значениям, увеличиваются единичные мощности отдельных аппаратов и, соответственно, количество находящихся в них взрывоопасных, пожароопасных и токсичных веществ. Более того, большинство выпускаемых продуктов являются взрывопожароопасными и токсичными. Нефтеперерабатывающий завод (НПЗ) производительностью 10-15 млн. т/год сосредотачивает на своей территории от 200 до 500 тыс. т углеводородного сырья и продуктов его переработки, энергосодержание которого эквивалентно 2-5 Мт тротила.

Основными причинами техногенных аварий и катастроф на НПЗ являются износ технологического оборудования и трубопроводных систем, не работоспособное состояние средств автоматизации, блокировок и сигнализаций, а также ошибочное или неправильное принятие решений обслуживающим персоналом в критических ситуациях, обусловленных отказами оборудования и систем противоаварийной защиты.

В настоящее время из всех известных методов и способов обеспечения технологической и экологической безопасности наиболее реальным является дальнейшая эксплуатация особо сложных и потенциально опасных объектов НПЗ на основе разработки и внедрения научно-обоснованных принципов обеспечения безопасности с использованием современных информационных технологий и соответствующих технических средств.

Поэтому обеспечение безопасности с использованием систем противоаварийной защиты (ПАЗ), содержащих экспертные системы (ЭС) и учитывающих специфические особенности эксплуатации особо сложных объектов НПЗ, включая возможность возникновения выбросов взрывопожароопасных и токсичных веществ, а также действия лиц, принимающих оперативное решение при критических аварийных ситуациях, является актуальной задачей.

Основные направления исследований выполнены в соответствии с Государственной научно-технической программой Академии наук Республики Башкортостан (АНРБ) «Проблемы машиностроения, конструкционных материалов и технологий» по направлению 6.2 «Надежность и безопасность технических систем в нефтегазохимическом комплексе» на 1996-2000 годы, утвержденной постановлением Кабинета Министров РБ №204 от 26.06.96, а также по Федеральной целевой программе «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки» на 1997-2000 годы (ФЦП «Интеграция») по государственному контракту № 28 «Создание совместного учебно-научного центра «Механика многофазных систем в технологиях добычи, транспорта, переработки нефти и газа».

Автор выражает искреннюю благодарность доктору технических наук, профессору Попову Ю.П. за оказанную помощь при выполнении диссертационной работы.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

На основе изучения физико-химической сущности факторов и явлений, приводящих к возникновению аварийных ситуаций на особо сложных объектах НПЗ, разработать принципы обеспечения безопасности технологических установок с использованием системы противоаварийной защиты, содержащей экспертную систему, на примере установки ЭЛОУ-АВТ-6.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Выявление специфических особенностей технологических установок, как особо сложных объектов НПЗ.

2. Анализ структуры и функциональных особенностей систем ПАЗ, используемых в настоящее время на технологических установках НПЗ;

3. Оценка потенциальной опасности технологических установок по энергетическим показателям.

4. Разработка принципов создания структуры систем ПАЗ для технологических установок НПЗ;

5. Разработка логико-информационного обеспечения систем ПАЗ на примере установки ЭЛОУ-АВТ-6;

6. Разработка архитектуры, интеллектуального и программно-информационного обеспечения экспертной системы для систем ПАЗ;

7. Разработка методологии обеспечения безопасности технологических установок НПЗ с использованием систем ПАЗ, содержащих ЭС.

НАУЧНАЯ ПОВИЗНА

1. Предложен принцип создания логико-информационного обеспечения систем ПАЗ, который заключается в проведении диагностики состояния объекта, локализации неисправности и, только в случае необходимости, в осуществлении аварийного останова с указанием конкретной причины и путей устранения неисправности.

2. Обоснован выбор структуры систем ПАЗ в зависимости от энергетического потенциала объекта и от вероятности возникновения аварийных ситуаций.

3. Разработана архитектура экспертной системы для систем ПАЗ, которая в дополнение к стандартным подсистемам и блокам содержит блок координации функционирования внешних систем управления технологическим процессом и диагностики.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ

Для обеспечения безопасности установки ЭЛОУ-АВТ-6 приняты к внедрению на ОАО «Московский НПЗ»:

- принципы создания логико-информационного обеспечения системы ПАЗ для технологических установок НПЗ;

- архитектура экспертной системы для систем ПАЗ;
- логико-информационное обеспечение системы ПАЗ для установки ЭЛОУ-АВТ-6 с обоснованием выбора технических средств.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

Результаты работы докладывались на Международных, Всероссийских и Республиканских научно-технических конференциях по проблемам, направленных на развитие нефтегазохимического комплекса и обеспечения технологической и экологической безопасности в данной отрасли, в том числе на:

- V международной научной конференции «Методы кибернетики химико-технологических процессов (КХТП-V-99)», Уфа, 1999;
- XX межвузовской научно-технической конференции «Наука – производству», г. Салават, 1998.

ПУБЛИКАЦИИ

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 1 статье, 4 тезисах докладов конференций.

ОБЪЁМ И СТРУКТУРА РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка литературы из 86 наименований; содержит 105 стр. машинописного текста, 20 рис., 10 табл. и 1 приложение.

ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность проблемы, цели и задачи исследований и приведена краткая характеристика работы.

В первой главе рассматривается современное состояние обеспечения безопасности эксплуатации технологических объектов нефтепереработки.

Анализ общей концепции обеспечения безопасности промышленных объектов с учетом риска возникновения техногенных аварий и катастроф показывает, что к настоящему времени в Российской Федерации насчитывается около 100 тыс. потенциально опасных производств и объектов. Из них около 3000 особо сложных химических объектов обладают повышенной опасностью.

Потери от природных и техногенных аварий и катастроф с каждым годом возрастают на 10-30%, причем коэффициент нарастания техногенных аварий и катастроф, на пример за 1991-1995 резко увеличился до 6,0, а природных - до 1,4.

Если учесть, что в настоящее время выработка проектного ресурса оборудования на НПЗ достигла 50-80 %, а ряд важнейших объектов работает за пределами проектного ресурса, а также широкое применение взрывопожароопасных веществ в качестве сырья и готовых продуктов, риск возникновения техногенных аварий и катастроф возрастает.

По данным Госгортехнадзора РФ в 1998 году на подконтрольных химическому надзору предприятиях и объектах было зарегистрировано 38 аварий, травмированы 43 человека, из них 12 – получили смертельные травмы. По сравнению с 1997 годом аварийность выросла на 8 % (с 35 до 38). К наиболее крупным относятся аварии, происшедшие в ОАО «Московский НПЗ», ОАО «Щекиноазот», ОАО «Ново-Уфимский НПЗ». По результатам проведенных химическим надзором проверок состояния 120 тыс. единиц оборудования, работающих под давлением, запрещена эксплуатация 2634 сосудов.

Во взрывопожароопасных производствах предприятий около 28 тыс. сосудов (52,6 %), работающих под давлением, отработали нормативные сроки службы и не имеют объективной оценки возможности их дальнейшей эксплуатации. Более того, участились производства продукции без разработки технологических регламентов и инструкций на предприятиях, имеющих объекты спецхимии. Неритмичность работы предприятия привела к снижению технологической дисциплины, потере квалификации персонала, что уменьшает противаварийную устойчивость опасных производственных объектов.

Специфика нефтепереработки и нефтехимии по сравнению с другими отраслями промышленности заключается в большом ассортименте выпускаемых продуктов, требующих проведение технологических процессов многостадийно в жестких температурно-силовых условиях при переработке того или иного вида углеводородного сырья с различной степенью агрессивности.

Одним из основных причин аварийных ситуаций является возникновение аномальных явлений на всех уровнях иерархической структуры технологических объектов. Аномальное явление в техническом плане - это любое отклонение объекта от заданных или регламентированных параметров при его функционировании. Их можно классифицировать по следующим признакам:

- организационно-технические (отсутствие сырья и вспомогательных материалов, недостаточная обеспеченность энергоресурсами, несвоевременная отгрузка готовых продуктов, ошибки персонала);

- технологические (изменение температуры, давления, расхода от заданных значений, поступление на переработку сырья другого качества);

- механические (отказ технологического оборудования, трубопроводных систем, средств КИП и автоматизации);

Любой из указанных выше признаков или их совокупность определяет степень опасности аварийных ситуаций и их последствий, а также влияние на сопряженные технологические объекты. С другой стороны, аномальные явления, возникающие по одному из признаков, могут вызвать возникновение таких по другим признакам.

На примере Московского НПЗ проанализированы основные причины и последствия, к которым привели аномальные явления по организационным, механическим и технологическим причинам. За основу источника для анализа были приняты фактические данные по производственным неполадкам и авариям. Данные, представленные на рис.1, показывают, что более 50 процентов возникают по механическим причинам.

Это подтверждается распределением количества аварий по видам технологического оборудования, которые представлены в табл.1.

Анализ количества аварий по технологическим установкам (табл.2) показывает, что наибольшее количество аварий в период с 1977 по 1994 годы произошло на установках, реализующих физические процессы. По фактическим статистическим данным наибольшее количество аварий произошло на АВТ-3 и комбинированной установке ЭЛОУ АВТ-6, что составляет по 12,5 %.

Таблица 1- Распределение аварий по видам технологического оборудования

Оборудование	Количество аварий, %
Технологические трубопроводы	31,2
Насосные станции	18,9
Емкостные аппараты (теплообменники, дегидраторы)	15,0
Печи	11,4
Колонны (ректификационные, вакуумные, прочие)	11,2
Промканализация	8,5
Резервуарные парки	3,8

Таблица 2 - Распределение количества аварий по технологическим установкам (1977-1994 г.г., Московский НПЗ)

Уровень иерархии	Технологический объект		Количество аварий, %
	Процесс	Установка	
3	Химические	Полипропилен	3,3
		Получения водорода	5,8
		24/5	9,2
		24/4	2,5
2	Физико-химические	Л-35-11/300	8,3
		Л-24-2000	2,5
		Г43/107	7,5
		ТК-2	4,2
		Битумная	7,5
1	Физические	ЭЛОУ- АВТ-6	12,5
		АТ-2	8,3
		АВТ-3	12,5
		35/5	7,5
		Стабилизации	4,2
		Участок сырой нефти	2,5

Поэтому объектом исследования в данной работе выбрана комбинированная установка ЭЛОУ АВТ-6, как особо сложный объект, требующий повышенного внимания для обеспечения безопасности различными способами. Кроме того, установки типа АВТ имеются на всех НПЗ и их общее количество достаточно велико.

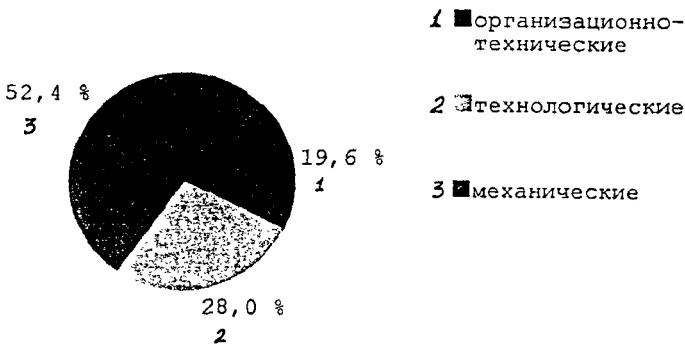


Рисунок 1 - Доля причин возникновения производственных неполадок и аварийных ситуаций

Анализ возможностей систем ПАЗ в обеспечении безопасности особо сложных объектов нефтепереработки позволил выявить, что на НПЗ РФ имеется опыт применения систем ПАЗ, хотя распространение их, по сравнению с зарубежными заводами, незначительно. Например, на НПЗ средней мощности, имеющих в составе 25-30 технологических установок и других объектов, требующих внедрения систем ПАЗ, в настоящее время только 20-30% оснащены системами ПАЗ, хотя практически все технологические установки оснащены отдельными элементами ПАЗ в виде систем блокировок, сигнализаций и т.п. Однако в настоящее время нормативная документация требует оснащения потенциально опасных объектов НПЗ системами ПАЗ.

Используемые на НПЗ системы ПАЗ имеют недостатки, которые заключаются в следующем:

- при разработке данной системы был заложен принцип аварийного останова, что не всегда оправдано, так как простой оборудования приводит к большим экономическим потерям;

- при разработке программного обеспечения были использованы таблицы блокировок, заложенные в программное обеспечение программируемого логического контроллера (ПЛК), что не позволяет полно использовать возможности современного оборудования, в отличие от принципа, основанного на использовании экспертных систем.

В целом общепринятая концепция построения системы ПАЗ говорит о том, что при этом требуется применение специальных комплектующих. Это относится в первую очередь к ПЛК, хотя датчики и конечные элементы также должны отвечать особенностям систем ПАЗ (повышенная надежность электронных и электрических схем, устройств и трубопроводной арматуры).

Анализ разработок зарубежных фирм показывает, что в настоящее время известны следующие архитектуры ПЛК для реализации систем ПАЗ:

- одинарный ПЛК;
- двоированный ПЛК;
- троированный ПЛК.

Из всего разнообразия схем построения систем ПАЗ необходимо остановиться на двоированных и троированных схемах, так как только они, что оговаривается различными зарубежными стандартами, имеют и обеспечивают допустимую надежность.

Анализ концепции обеспечения безопасности промышленных объектов с учетом риска возникновения техногенных аварий и катастроф, специфических особенностей потенциально опасных объектов нефтепереработки и основных причин аварий, а также функциональных особенностей систем противоаварийной защиты позволил сформулировать цель работы и задачи исследований.

Вторая глава посвящена разработке принципов формирования структуры системы ПАЗ для технологических установок НПЗ.

На основе анализа аварий на нефтеперерабатывающих и нефтехимических производствах проведена классификация аварий. Показаны все случаи возможных аварий, сопровождаемых взрывом.

Опасность установки нефтепереработки определяется физико-химическими свойствами веществ, участвующих в процессе, их количеством, технологическими параметрами процесса, возможностью образования в процессе неконтролируемых реакций, которые могут привести к взрыву или самовозгоранию среды.

Показано, что для взрыва необходимо наличие газовой (паровой) фазы или наличие в системе жидкой фазы в перегретом состоянии, способной в максимально короткое время образовать облако взрывоопасной концентрации.

Для оценки опасности типовых установок НПЗ расчетным методом по известным в литературе зависимостям определены энергетические показатели и радиусы возможных разрушений.

Относительный энергетический потенциал определялся по формуле:

$$Q = \frac{1}{16,534} \cdot \sqrt[3]{E}, \quad (1)$$

где E – общий энергетический потенциал взрывоопасности технологического объекта, которая характеризуется суммой энергий адиабатического расширения парогазовой фазы, полного сгорания имеющихся и образующихся из жидкости паров за счет внутренней и внешней энергии при аварийном раскрытии системы.

Общая масса горючих паров (газов) взрывоопасного парогазового облака, приведенная к единой удельной энергии сгорания:

$$m = \frac{E}{4,6 \cdot 10^4}. \quad (2)$$

Для определения радиуса полных разрушений использовалась формула:

$$R_{\text{полн.}} = 3,8 \frac{\sqrt[3]{W}}{\sqrt[6]{1 + \left(\frac{3180}{W}\right)^2}}, \quad (3)$$

где W – тротиловый эквивалент взрыва.

Результаты расчетов уровня потенциальной опасности некоторых установок НУНПЗ и установки ЭЛОУ-АВТ-6 Московского НПЗ приведены в табл.3.

Таблица 3 - Уровень потенциальной опасности установок

Поз.	Установка	Qв.	m, кг	Rполн, м
1	19/3	13,650	1,800	6,84
2	КК 43-102	27,500	5,900	22,42
3	АВТ-4	31,500	8,200	31,16
4	АВТ-2,3	32,100	8,800	33,44
5	ЭЛОУ-АВТ-4,5	34,000	9,500	36,10
6	ЭЛОУ-АВТ-8	35,800	10,200	38,76
7	ЭЛОУ-АВТ-7	37,500	11,200	42,56
8	АВТМ-1	46,300	15,400	58,52
9	ТК-2	70,500	25,800	98,04
10	Склад сжиж. газов	79,640	27,400	104,12
11	25-4/2	134,600	46,000	174,80
12	ЭЛОУ-АВТ-6 (Московский НПЗ)	67,400	23,700	92,38

Исходя из оценки уровня потенциальной опасности установок предложены и обоснованы общая концепция уменьшения риска, направленная на достижение требуемого уровня безопасности (рис.2), и выбор структуры системы ПАЗ (табл.4).

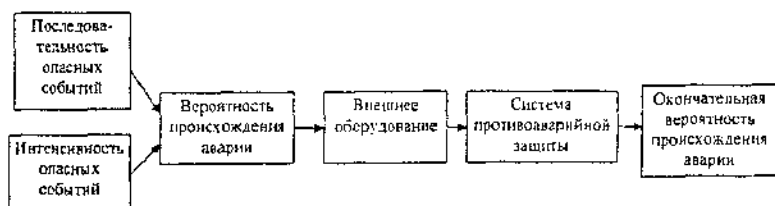


Рисунок 2 - Общая концепция уменьшения риска.

Концепция четко показывает достижение требуемого уровня безопасности. При этом уменьшение риска может быть достигнуто путем использования внешнего по отношению к технологической установке оборудования, уменьшающего риск, т.е. установкой защитных экранов, созданием соответствующей вентиляции и т.д., использованием программируемых систем ПАЗ и других технологий, повышающих уровень безопасности.

Таблица 4 – Принцип выбора структуры системы ПАЗ

Относительный энергетический потенциал	Вероятность возникновения аварийной ситуации	Вероятность отказа системы ПАЗ	Структура системы ПАЗ
До 27	10^{-2}	10^{-1}	Троированный ПЛК
	10^{-3}	10^{-3}	Двоированный ПЛК
	10^{-4}	10^{-2}	Одинарный ПЛК
27-37	10^{-2}	10^{-4}	Троированный ПЛК
	10^{-3}	10^{-3}	Двоированный ПЛК
Более 37	10^{-3}	10^{-3}	Троированный ПЛК

В результате анализа данных табл.4 и архитектуры ПЛК с учетом его надежности показано, что для обеспечения безопасности технологических установок НПЗ наиболее перспективным решением при создании систем ПАЗ является применение троированной ПЛК, как основного компонента систем ПАЗ.

Предложен принцип создания логико-информационного обеспечения системы ПАЗ, сущность которой заключается в следующем: при возникновении аварийной ситуации система ПАЗ обеспечивает диагностику состояния объекта, при возможности локализует неисправность и, только в случае необходимости, производит аварийный останов с указанием конкретной причины останова и путей устранения неисправности (рис.3).

В настоящее время на системы ПАЗ возлагаются задачи только по останову объекта в случае аварийной ситуации. Поэтому они строятся с использованием меньшего количества датчиков и конечных элементов, чем это требуется для предлагаемой системы ПАЗ.

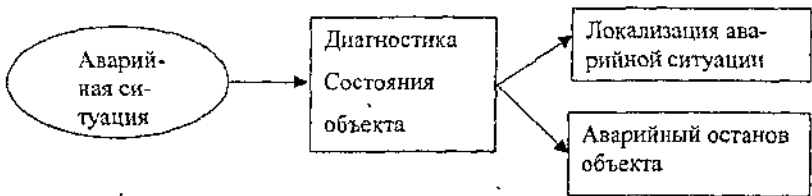


Рисунок 3 - Схема последовательности действий по обеспечению безопасной работы объекта

Поскольку современный уровень требований к обеспечению безопасности более высокий, для решения задач обеспечения безопасности с использованием предложенного принципа требуется более сложная система ПАЗ с более сложным логико-информационным обеспечением, которое имеет в своем составе экспертную систему.

Кроме того, для принятия решения о локализации аварийной ситуации или об аварийном останове объекта необходимо учитывать значительное количество взаимосвязей различных параметров процесса, что потребовало усложнения логико-информационного обеспечения путем добавления экспертной системы, так как релейная логика существующих ПАЗ не способна осуществить взаимосвязь всех параметров, описывающих аварийную ситуацию.

В третьей главе приведены основные результаты исследований по разработке экспертной системы для системы ПАЗ.

Экспертные системы (ЭС) - это такие интеллектуальные системы, которые способны в интеллектуальном диалоге с непрограммирующим пользователем - лицом, принимающим решение (ЛПР), на основе накопления и переработки специальных знаний и правил принятия решений проводить экспертизу, консультировать и давать рекомендации по выбору действий или операций, а также распознавать ситуации, ставить диагноз и обосновывать заключения при поиске решений неформализованных задач некоторой предметной области.

Анализ большого многообразия известных ЭС позволяет сделать следующие выводы.

1. Для повышения уровня безопасности потенциально опасных объектов нефтепереработки возможно применение экспертных систем, выполняющих различные функции в соответствующей предметной области.

2. Структура ЭС или архитектура ЭС (функционально-информационная структура программно-аппаратурных средств ЭС) практически не отличается друг от друга.

3. Типовая архитектура ЭС может быть адаптирована для решения любых неформализованных задач.

4. Отличительной особенностью известных ЭС в целом является то, что каждая ЭС направлена на решение конкретных неформализованных задач в конкретной предметной области.

Разработана архитектура ЭС для системы ПАЗ, которая в дополнение к стандартным подсистемам и блокам содержит блок координации функционирования внешних систем управления технологическим процессом и диагностики. На рис. 4 представлена архитектура данной экспертной системы.

Блок координации функционирования внешних систем обеспечения безопасности предназначен для координации работы таких систем как: АСУТП, ЭС диагностики (ЭСД), системы ПАЗ (СПАЗ) и др. В следствии того, что эти системы предназначены для выполнения различных операций, обеспечивающих нормальный ход процесса, то при возникновении аварийной ситуации необходимо, во избежании появления противоречивых команд, обеспечить фильтрацию команд приходящих на конечные элементы и выдачу рекомендаций для обеспечения безопасности в соответствии со сложившейся ситуацией путем программного и аппаратного исправления команд, поступающих на конечные элементы.

Для обеспечения безопасности установлена жесткая иерархия функционирования АСУТП, ЭСД и системы ПАЗ. Предложены три варианта взаимодействия систем обеспечения безопасности:

- использование ЭСД, как отдельную систему обеспечения безопасности;
- наличие системы аварийного останова, действующей автономно от АСУТП и ЭСД;
- использование системы ПАЗ, содержащей внутреннюю ЭС.

На рис. 5 показана иерархия функционирования АСУТП, ЭСД и системы ПАЗ, т.е. схемы взаимодействия систем обеспечения безопасности.



Рисунок 5 - Система ПАЗ с экспертной системой

Такая иерархия работы необходима для наиболее полного обеспечения безопасности, поскольку система ПАЗ обеспечивает безопасность в условиях развития аварийной ситуации. Кроме того, при изменениях команд, вырабатываемых системой ПАЗ, возможно дальнейшее развитие аварии.

Однако, при небольшом количестве источников возникновения аварийной ситуации и, как следствие, небольшом количестве контролируемых параметров использование всех систем обеспечения безопасности неоправданно и в этом случае схема взаимодействий приобретает упрощенный вид.

В четвертой главе приведена разработка логико-информационного обеспечения системы ПАЗ на примере установки ЭЛОУ-АВТ-6.

На основании анализа аппаратурного оформления установки ЭЛОУ – АВТ – 6 и физико-химических свойств обращающихся в ней веществ выявлены критические значения технологических параметров.

Выявлены основные причины возникновения аварийных ситуаций. Показано, что наиболее опасными являются дефекты и отказы механического происхождения, прекращение подачи технологических и вспомогательных потоков (вода, пар, электроэнергия, воздух, топливо).

Разработаны сценарии возможных аварийных ситуаций и показана последовательность их развития при прекращении технологических и вспомогательных потоков. Например, при прекращении подачи нефти на установку аварийная ситуация может развиваться в следующей последовательности:

- сброс сырьевых насосов, с их последующей разгерметизацией;
- нарушение температурного режима сырьевых теплообменников;
- нарушение режима работы блока электрообессоливания нефти;
- падение уровня в колоннах, сброс печных насосов, прогар змеевиков печей с последующим пожаром и т.д..

По выявленным причинам возникновения аварийных ситуаций и последовательностям их развития составлены деревья отказов (рис.6), которые объективно отражают логико-вероятностные связи опасных событий, в совокупности приводящих к результирующему катастрофическому событию.

События, составляющие деревья отказов и отдельные его ветви соединяются между собой логическими знаками "или" либо "и".

Знак "или" ставится, если накладывается условие выполнения хотя бы одного события из группы рассматриваемых независимых событий, а вероятность рассчитывается по формуле:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) = 1 - \prod_{i=1}^n Q_i, \quad (4)$$

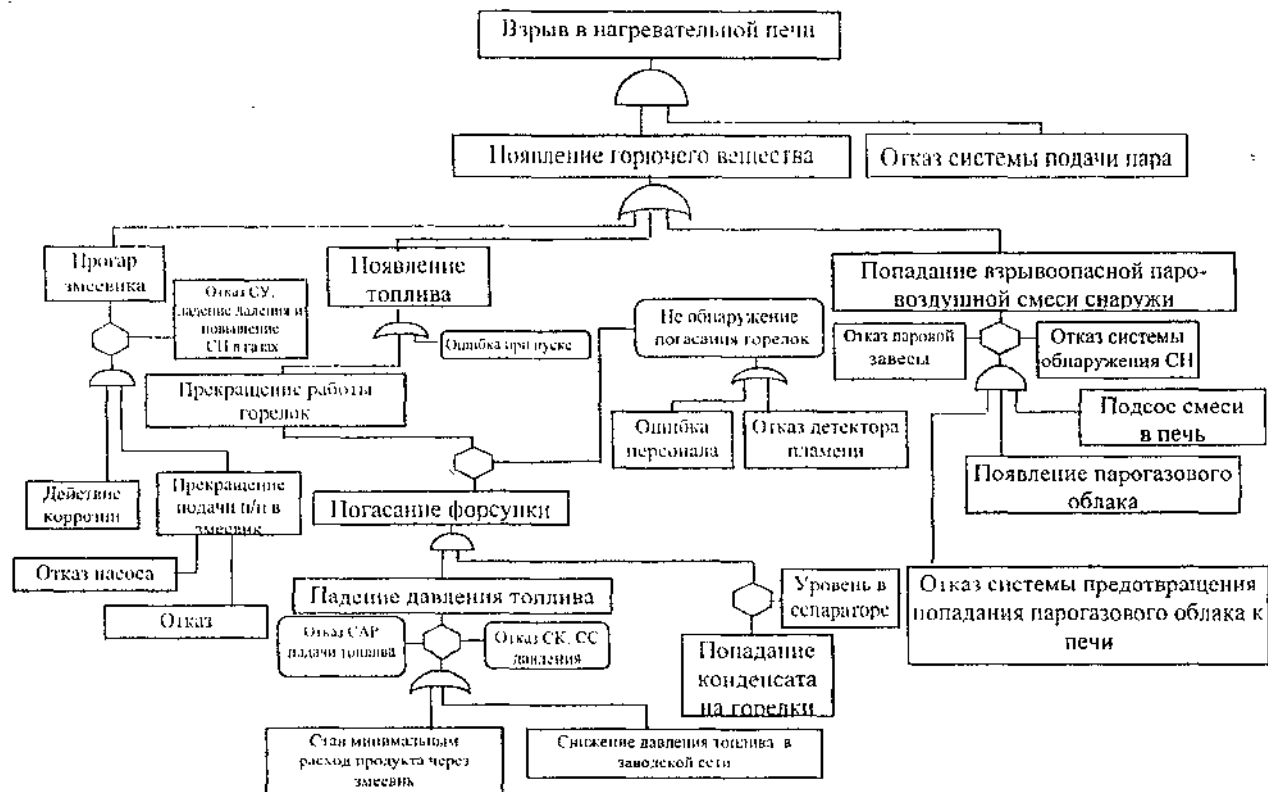


Рисунок 6 – Фрагмент последовательности опасных событий для нагревательной печи П-1,2,3 установки ЭЛОУ-АВТ-6

где P_i - вероятность отказа; Q_i - вероятность безотказной работы.

Знак "и" ставится в том случае, когда накладывается условие выполнения всех событий, составляющих рассматриваемую группу событий, а вероятность рассчитывается по формуле:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i = \prod_{i=1}^n (1 - Q_i), \quad (5)$$

По составленным деревьям отказов рассчитаны вероятности возникновения аварийной ситуации. Показано, что вероятность аварии в блоке нагревательных печей с использованием системы ПАЗ на 3 порядка выше чем при отсутствии системы ПАЗ и составляет $4,0 \cdot 10^{-6}$.

Разработано логико-информационное обеспечение системы ПАЗ, представляющей собой экспертную систему, и программное обеспечение решения формализованных задач. Для реализации на практике экспертной системы обоснован выбор технических средств, способных функционировать в соответствии с разработанным логико-информационным обеспечением.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Выявлены специфические особенности технологических установок НПЗ и проведен анализ количества аварий по видам технологического оборудования и по технологическим установкам. Показано, что наибольшее количество аварий происходят на установках, реализующих физические процессы. По фактическим данным количество аварий на установках типа АВТ составляет 12,5 %.

2. Проведен анализ структуры и функциональных особенностей современных систем ПАЗ. Показано, что наибольшей надежностью обладают системы ПАЗ с двоичной и троичной ПЛК.

3. Для оценки опасности типовых установок НПЗ определены энергетические показатели и радиусы возможных разрушений. Показано, что установка ЭЛОУ-АВТ-6 относится к I категории взрывоопасности ($Q_n=67,4$).

4. Исходя из оценки уровня потенциальной опасности установок предложены и обоснованы общая концепция уменьшения риска, направленная на достижение требуемого уровня безопасности, и выбор структуры системы ПАЗ в зависимости от энергетического потенциала объекта и вероятности возникновения аварийных ситуаций. Выявлено, что для обеспечения безопасности технологических установок НПЗ наиболее перспективным решением при создании системы ПАЗ является применение троированной ПЛК.

5. Предложен принцип создания логико-информационного обеспечения системы ПАЗ, сущность которой заключается в следующем: при возникновении аварийной ситуации система ПАЗ обеспечивает диагностику состояния объекта, при возможности локализует неисправность и, только в случае необходимости, производит аварийный останов с указанием конкретной причины останова и путей устранения неисправности.

6. В результате анализа функционально-информационной структуры известных ЭС показана возможность проектирования и создания ЭС специально для обеспечения безопасности особо сложных и потенциально опасных объектов НПЗ.

7. Разработана архитектура ЭС для СПАЗ, которая в дополнение к стандартным подсистемам и блокам содержит блок координации функционирования внешних систем управления технологическим процессом и диагностики.

8. Для обеспечения безопасности установки определена жесткая иерархия функционирования АСУТП, ЭСД и СПАЗ. Предложены три варианта взаимодействия систем обеспечения безопасности:

- использование экспертной системы диагностики, как отдельную систему обеспечения безопасности;
- наличие системы аварийного останова, действующей автономно от АСУТП и ЭСД;

- использование СПАЗ, содержащей внутреннюю ЭС.

9. На основании анализа аппаратного оформления установки ЭЛОУ – АВТ – 6 и физико-химических свойств обрабатываемых в ней веществ выявлены критические значения технологических параметров и основные причины возникновения аварийных ситуаций. Показано, что наиболее опасными являются дефекты и отказы механического происхождения, прекращение подачи технологических и вспомогательных потоков.

10. Разработаны сценарии возможных аварийных ситуаций и показана последовательность их развития при прекращении технологических и вспомогательных потоков. По выявленным причинам возникновения аварийных ситуаций и последовательностям их развития составлены деревья отказов, которые объективно отражают логико-вероятностные связи опасных событий, в совокупности приводящих к результирующему катастрофическому событию.

11. По составленным деревьям отказов рассчитаны вероятности возникновения аварийной ситуации. Показано, что вероятность аварии в блоке нагревательных печей с использованием системы ПАЗ на 3 порядка выше чем при отсутствии системы ПАЗ и составляет $4,0 \cdot 10^{-6}$.

12. Разработано логико-информационное обеспечение СПАЗ, представляющей собой экспертную систему и программное обеспечение решения формализованных задач. Обоснован выбор технических средств, способных функционировать в соответствии с разработанным логико-информационным обеспечением.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Ибрагимов И.Г., Коптев Н.П. Перспективы применения экспертных систем в нефтепереработке // В сб.: Проблемы защиты окружающей среды на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии, г. Уфа, 1997, с.198-201.

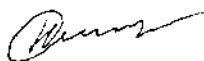
2. Коптев Н.П. Развитие систем противоаварийной защиты в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. В сб.: Десять лет эксперимента на кафедре МАХП: некоторые результаты. – Уфа, 1997, с.62.

3. Коптев Н.П., Ибрагимов И.Г. Комплекс систем обеспечения технологической безопасности объектов нефтепереработки и нефтехимии // В сб.: XX межвузовская научно-техническая конференция, г. Салават, 1998, с28-29.

4. Коптев Н.П., Ибрагимов И.Г. Принципы создания и обеспечения надежности систем противоаварийной защиты // Методы кибернетики химико-технологических процессов. Уфа, 1999, с.15.

5. Коптев Н.П., Ибрагимов И.Г. Архитектура программируемых логических систем для противоаварийной защиты потенциально опасных объектов. // Промышленные АСУ и контроллеры, № 2, 1999, с.9-12.

Сонскатель



Н.П. Коптев

Лицензия ЛР № 020267 от 22.11.96.
Подписано к печати 11.01.2000. Формат бумаги 60x84 1/16.
Бумага писчая. Печать офсетная.
Печ. листов 1,5. Тираж 90 экз. Заказ 2.

Типография Уфимского государственного нефтяного технического
университета.
450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.