

УДК: 621.313.004.891.3

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПРЕВЕНТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

д-р техн. наук, проф. Н.В. ГРУНТОВИЧ
(Белгорхимпром, г. Минск)

Рассмотрена возможность предотвращения возникновения гига своевременного прекращения возникших аварийных событий и их оперативная локализация в сложных технических системах путём использования интеллектуальных систем информационной поддержки операторов при наличии в контуре управления оператора технического диагностирования.

Причинами возникновения аварийных ситуаций, перерастания их в катастрофы являются, как правило, отказы технологических систем вследствие ошибок в проектировании, условий и режимов эксплуатации, а также природные явления типа затяжных ливневых дождей с образованием оползней и др.

В связи с этим возникает необходимость в проведении большого объема исследований, связанных с изучением условий образования предельных состояний объектов по критериям прочности, ресурса и надежности на разных стадиях возникновения и развития аварий и катастроф.

Наиболее эффективным научным подходом для предсказания поведения таких объектов является математическое моделирование на основе теории графов, теории распознавания образов и технической диагностики, теории риска и логико-вероятностной теории, теории систем искусственного интеллекта.

Принцип «нулевого» риска в отношении АЭС, химической и нефтеперерабатывающей промышленности последние годы подвергается резкой критике [1].

Проблема предотвращения, сокращения риска возникновения, а также масштабов последствий чрезвычайных ситуаций, обусловленных технологическими и природными катастрофами, заставила ученых во многих странах заняться разработкой превентивного управления (рис. 1).

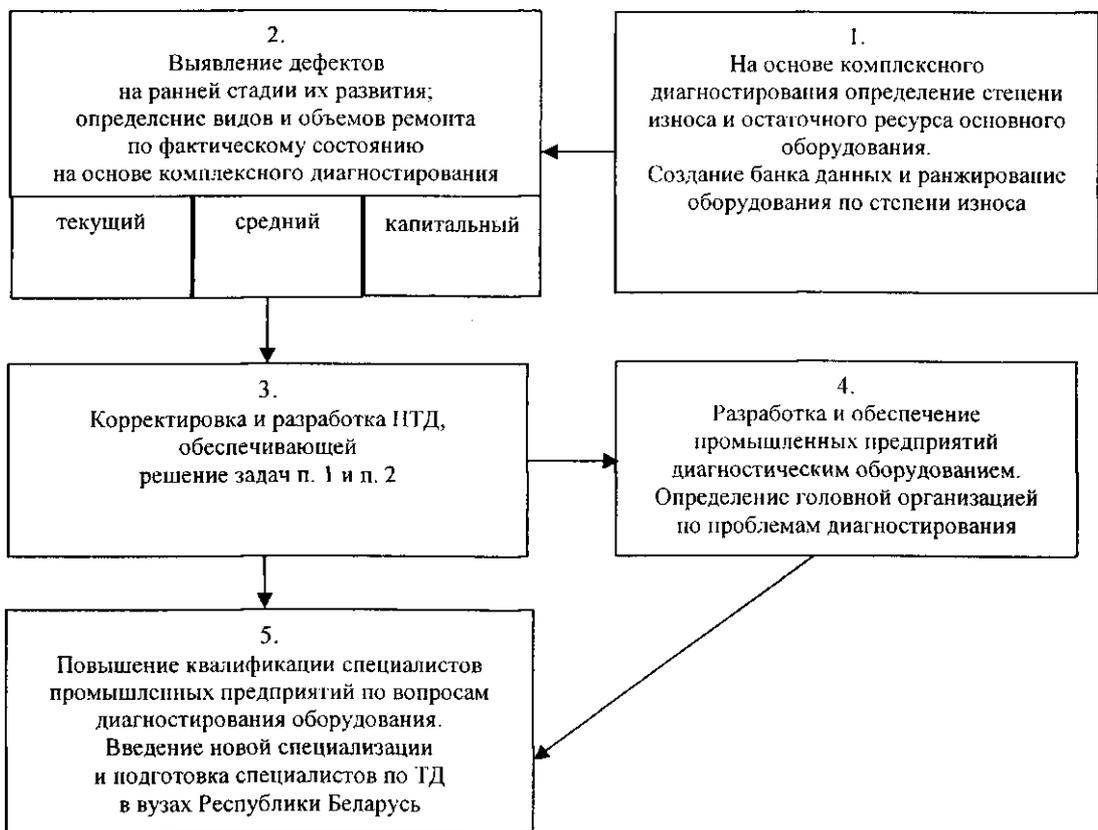


Рис. 1. Концепция безопасности и долговечности оборудования трубопроводного транспорта на основе системного подхода и технической диагностики

Управление, цель которого заключается в предотвращении возникновения или своевременного прекращения возникших аварийных событий и в их оперативной локализации в сложных технических системах, будем называть превентивным управлением [2].

В современных системах важным управляющим звеном является человек - оператор. Для синтеза автоматизированных информационных систем необходимо знать специфику управляющих действий человека - оператора, особенно в тех условиях, в которых человек полностью незаменим. Этим вопросом занимались многие ученые [3, 4].

Структуру операторской деятельности можно представить в следующей последовательности действий:

- избирательное восприятие информации и слежение за динамикой параметров;
- анализ ситуации диагностирования по комплексу параметров на данный момент;
- определение главной тенденции изменения состояния в системах;
- организация полученной информации, синтез моделей ситуации;
- уяснение и формулировка замысла решения проблемной задачи;
- мысленное представление последовательности действий;
- практические действия по управлению;
- контроль выполняемых операций;
- прогнозирование возможных последствий развития событий.

Структура операторской деятельности свидетельствует о сложной и многоплановой работе этих специалистов.

Так или иначе, от 30 до 70 % всех аварийных ситуаций происходит по несостоятельности человека в существующих системах управления.

Причины ошибок можно разбить на три группы:

1. Одна из самых неприятных особенностей работы оператора - это мгновенный переход от режима слежения и информационного поиска к режиму принятия решений в условиях нехватки времени и угрозы аварии. В этих условиях надежность работы оператора зависит от того, как организован поток информации, с которой работает оператор, насколько удобен для него пульт управления.

Оператор может допускать следующие ошибки:

- неточное выполнение необходимого действия;
- пропуск необходимого действия;
- нарушение последовательности действий;
- выполнение лишнего действия;
- запаздывание в выполнении действий.

2. Вторая причина ошибок - это психологическая неустойчивость операторов в стрессовых ситуациях: человек-умфеллер, их четыре категории. Действительно, если оператор - «рассеянный», небрежен как в нормальных, так и в аварийных ситуациях, то оператор - «тугодум» в нормальных режимах грамотно оценивает ситуацию, прогнозирует дальнейший ход процесса. Но аварийные ситуации - камень преткновения для таких операторов. Авария им кажется нонсенсом. Оператор «легкомысленный» склонен к риску, что весьма опасно в условиях химических предприятий. Оператор «слабовольный» не уверен в своих действиях даже в нормальном технологическом процессе. Если случается инцидент, то он проявляет нерешительность и не использует уже принятое, как правило верное решение.

Применение на промышленных предприятиях автоматизированных систем информационной поддержки позволит компенсировать эти недостатки операторов и поможет им в индивидуально трудных для них ситуациях.

Существует некоторый объем информации, при котором деятельность, связанная с принятием решений, максимально эффективна. К сожалению, этот объем информации для разных людей может существенно отличаться и зависит от интеллектуальных способностей каждого, об этом достаточно убедительно пишет А. Чачко в своей книге [4]. Он различает типы специалистов:

- творческий, инициативный, его достаточно навести на мысль, указав цель, а решение он найдет сам;
- специалиста, не способного четко действовать без прямых указаний, ему необходимо разъяснять ход выполнения работы до последней запятой и др.

3. Третья группа ошибок - это неумение операторов выделить соответствующие группы диагностических параметров для оперативной локализации возможных аварий.

Анализ причин аварий с позиции человеческого фактора, теории информации и принятия решений позволил обнаружить общие закономерности, факторы, которые назовем постулатами аварий:

- любой оператор имеет склонность к детерминизму и запаздыванию при обработке информации;
- для изменения принятого решения оператору требуется больше информации и времени;
- принятие решения в системах управления на основе устаревшей информации способствует развитию аварий;

- каждая энергетическая установка обладает уязвимостью от обслуживающего персонала;
- низкий профессионализм персонала неизбежно ведет к низкой организации труда;
- технологический риск нарастает при накоплении многочисленных неисправностей, сбоев в работе оборудования и персонала;
- отказ любого механизма, устройства может стать причиной аварии в технологии;
- дальнейшее использование объекта вопреки сигналам защиты или их блокировка приводит к аварии;
- число и виды конструктивных и технологических дефектов технических систем обратно пропорциональны глубине знаний о физических процессах в этих системах;
- последовательность событий, приводящих к аварии в технологическом процессе, развивается по закону, который описывается порядковой функцией графа причинно-следственных связей.

Сформулированные постулаты были использованы при разработке структуры превентивных систем управления и принципов интерактивной графики в компьютерных информационных системах.

Следует отметить, что говорить о применении превентивного управления на основе интеллектуальных систем информационной поддержки стало возможным после активных научных разработок по технической диагностике и компьютерной технологии в различных областях.

Этапы, задачи и стратегия превентивного принципа управления представлены в таблице.

Задачи превентивных систем управления

| Регулирование параметров в установившемся и переходных режимах на основе локальных и групповых регуляторов | | | |
|--|-----------------------------|--|---|
| Превентивное управление ЭУ | | | |
| Этапы | Режимы | Фазы | Функции |
| Превентивное управление | Нормальный | 1. Подготовка к аварии | Отработка аварийных ситуаций на встроенных понятийных тренажерах |
| | | 2. Предотвращение причин возникновения аварий с помощью АСИПО – автоматизированной системы информационной помощи оператору | Техническое диагностирование и прогнозирование. Выбор режимов работы. Оценка риска |
| | Предаварийный (утяжеленный) | Предотвращение аварий с помощью АСИПО. Противоаварийное автоматическое управление | Вывод из действия неисправных механизмов. Проведение организационных технических мероприятий по локализации потенциальной аварии |
| Ликвидация | Аварийный | Локализация | Контроль над процессом развития и локализации |
| | Ремонтный | Ликвидация последствий | Проведение ремонтных работ |

Если развитие аварии условно разделить на три стадии, то можно сформулировать три стратегии управления.

Первая стратегия - предотвращение причин возникновения отказов отдельного оборудования, причин возникновения аварийных ситуаций, подразумевая недопущение таких действий или принципов, которые приводят к поломке механизмов и систем, к нарастанию технологического риска; отказ от режимов работы с неисправным оборудованием.

К задачам первой стратегии относятся:

- прогнозирование технического состояния оборудования;
- подготовка операторов к авариям на основе отработки навыков по локализации аварийных ситуаций на встроенных компьютерных тренажерах;
- диагностирование психофизического состояния операторов;
- оценка риска технического и экономического.

Эти задачи решаются в основном оператором технического диагностирования.

Следует исходить из гипотезы, что авария в энергоблоке может произойти в любой момент времени. Поэтому в системе управления должны вырабатываться действия по обнаружению и предотвращению аварийных ситуаций.

Вторая стратегия. Предотвращение самой аварийной ситуации предполагает, что причины, порождающие данную ситуацию, устранить невозможно или не удастся, и начинается «цепная реакция» событий, ведущих к аварии или катастрофе.

Поэтому необходимо прервать эту цепь событий, не допустив окончательного выхода ситуации из-под контроля.

Во-первых, это делается на основе прогнозирующих моделей с помощью системы информационной поддержки оператора.

Информационная система помогает оператору решать эти задачи еще на ранней стадии без ошибок, особенно при наложении аварийных ситуаций.

Во-вторых, если оператор не справляется с предотвращением начала аварийного процесса, то включаются алгоритмы противоаварийного управления и аварийной защиты.

Третья стратегия. Быстрая локализация последствий аварий, восстановление работоспособности оборудования. На этом этапе система информационной поддержки также будет весьма полезна. На основе логико-вероятностного метода проведена оценка эффективности автоматизированной системы информационной поддержки операторов. Для иллюстрации оценки эффективности информационной системы рассмотрим вариант, представленный на рис. 2.

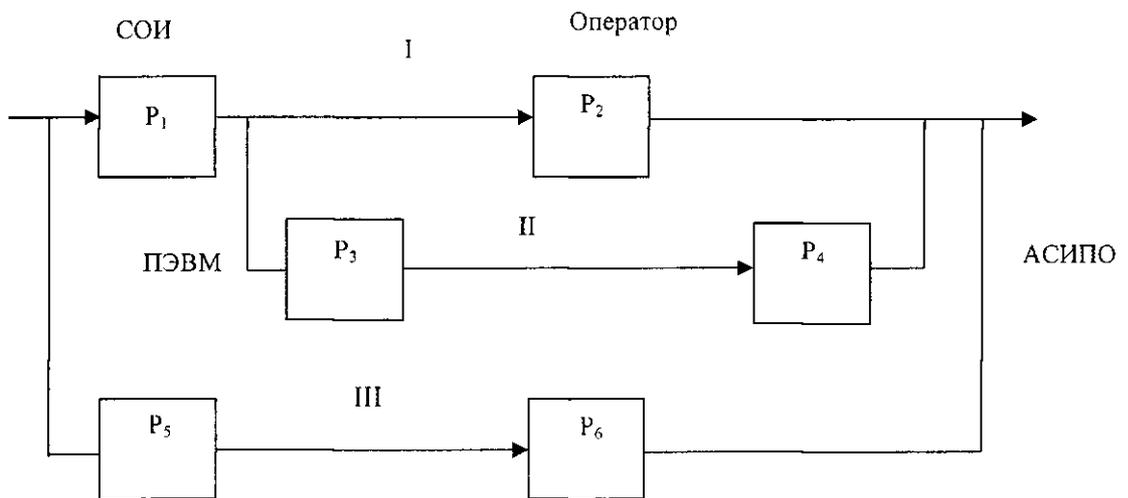


Рис. 2. Структурная схема автоматизированной системы информационной поддержки операторов

После системы отображения информации (СОИ) сигнал подается одновременно на две ПЭВМ при помощи специальных повторителей сигналов. На P₅ подается сигнал от отдельного датчика. Примем следующие обозначения:

P₁ - вероятность безопасной работы СОИ;

P₂ - вероятность безошибочной работы оператора блока;

P₃, P₅ - вероятность безотказной работы ПЭВМ;

P₄, P₆ - вероятность выдачи полезной информации автоматизированной системой соответствующим оператором.

Эти вероятности можно определить как отношение числа рекомендаций, которые система может выдать оператору к общему числу рекомендаций, которые необходимы для безаварийной эксплуатации энергоблока.

Вероятности P₄, P₆ характеризуют уровень интеллектуальности автоматизированных систем в заданной предметной области.

Составим уравнение для каждого контура схемы:

Первый контур: $P_1 = P_1 P_2$.

Второй контур: $P_{II} = P[1 - (1 - P_2)(1 - P_3 P_4)]$.

Третий контур: $P_{III} = 1 - \{1 - P_1[1 - (1 - P_2)(1 - P_3 P_4)]\}(1 - P_1 P_5 P_6)$.

При выполнении расчетов примем следующие значения вероятностей:

Пример 1. P₁ = 0,9; P₃ = P₅ = 0,95; P₂ = 0,7; P₄ = 0,55, тогда P_I = 0,63; P_{III} = 0,77.

Пример 2. P₆ = 0,8, тогда P_{III} = 0,925.

Пример 3. P₂ = 0,9; P₄ = 0,75, тогда P_{II} = 0,874.

Этот анализ показывает, что когда оператор по управлению оборудованием имеет слабую подготовку, то подключение информационных систем, особенно оператора технического диагностирования, значительно повышает надежность системы при обработке информации и при принятии решений. Однако если оператор имеет высокую квалификацию, что весьма редко бывает, то эффективность информационных систем снижается.

Выводы. Интеллектуальные системы информационной поддержки операторов при наличии в контуре управления оператора технического диагностирования следует рассматривать как одну из подсистем безопасности, которые позволят на ранней стадии выявлять и локализовать аварийные ситуации, свести к минимуму негативную роль человеческого фактора в эксплуатации оборудования магистрального трубопроводного транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование и анализ безопасности, риска и качества в сложных системах: Труды междунар. науч. школы МА БРК-2001, Санкт-Петербург, 18-22 июня 2001 г. - СПб.: Омега, 2001.
2. Грунтович Н.В. Особенности и задачи превентивного принципа управления в технических системах. Судостроительная промышленность. Автоматика и телемеханика, 1991. - Вып. 13.
3. Тихомиров О.К. Структура мыслительной деятельности человека. - М.: МГУ, 1969.
4. Чачко А. Искусственный разум. - М., 1978.
5. Венда В.Ф. Системы гибридного интеллекта: эволюция, психология, информатика. М.: Машиностроение, 1990.