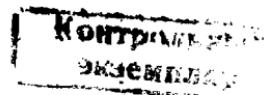


05.26.01  
0-39



*На правах рукописи*

**Оголихин Андрей Сергеевич**

УДК 622.864

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ  
НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ С УЧЕТОМ  
КОНЦЕПЦИИ ПРИЕМЛЕМОГО РИСКА**

Специальность 05.26.01 — «Охрана труда»

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



Челябинск, 1999

Работа выполнена в Южно-Уральском государственном университете

Научный руководитель – доктор технических наук,  
профессор Сидоров А. И.

Научный консультант – кандидат технических наук,  
доцент Хашковский А. В.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор Пластиинин Б. Г.;  
кандидат технических наук,  
доцент Ситчихин Ю. В.

Ведущее предприятие – АООТ «Челябинский электролитный  
цинковый завод».

Защита диссертации состоится 14 апреля 1999 г., в 14 часов,  
на заседании диссертационного совета Д 135.10.02 при Научно-  
техническом центре угольной промышленности по открытым горным  
работам — Научно-исследовательском и проектно-конструкторском  
институте по добыче полезных ископаемых открытым способом  
(НТИ-НИИОГР) по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 83.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НТИ-НИИОГР.

Автореферат разослан 13 марта 1999 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
канд.техн.наук, ст.науч.сотр.



Назарова Н. Ю.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Развитие промышленности, обусловленное влиянием научно-технического прогресса, преимущественно идет за счет увеличения количества и энергоемкости вовлекаемых в процесс производства различных, в том числе опасных, веществ, усложнения используемых при этом технологических процессов. Все это предопределяет объективно существующую сегодня общую тенденцию увеличения тяжести последствий производственных аварий, несчастных случаев, вероятность возникновения которых, как доказывает мировая практика, всегда отлична от нуля.

Рост количества отечественных и зарубежных публикаций по развитию научно-методической базы теории риска в области обеспечения промышленной безопасности и безопасности труда свидетельствует о поисках путей выхода из сложившейся ситуации.

В РФ, по данным статистики, на фоне ужесточения законодательства об охране труда производственный травматизм, достигавший и в прошлом высоких уровней, за последние годы вырос в среднем (по отношению к количеству произведенной продукции) более чем в два раза. Наблюдается также неуклонный рост числа профзаболеваний.

Такое положение дел, помимо целого ряда объективных причин, обусловленных практически повсеместно наблюдаемым износом основных фондов промышленных предприятий (70 ... 90 %) и ставшими массовыми нарушениями технологической и трудовой дисциплины, большинством экспертов объясняется недостаточной эффективностью действующих систем управления охраной труда. Поэтому требуется безотлагательное совершенствование этих передовых для своего времени, но сегодня ставших социально и экономически неприемлемыми, систем управления.

Становятся актуальными задачи разработки систем управления безопасностью промышленного предприятия, с одной стороны, обладающих преемственностью по отношению к традиционным системам управления охраной труда, с другой — ориентированных на применение современных методов анализа и управления безопасностью.

Цель работы — разработка системы управления безопасностью промышленного предприятия на основе концепции приемлемого риска и современных достижений информационных технологий.

**Идея работы — переход на качественно новый уровень в управлении безопасностью возможен путем расширения пространства управления.**

**Научные положения, выносимые на защиту.**

1. Эволюция традиционной системы управления охраной труда в систему управления безопасностью промышленного предприятия, основанную на технологиях управления поведением объектов в пределах допустимого риска, обеспечивается построением нового контура управления из элементов учета потенциальной опасности и оценки уровня риска.
2. Сохранение работоспособности системы обеспечения безопасности в условиях резкого увеличения объемов информационных потоков, вызванного добавлением системы прогнозирования к системе учета, требует изменения технологий обработки информации, достижимого путем автоматизации деятельности службы охраны труда.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием методов математического моделирования, теории риска, теории надежности, теории управления и общей теории систем, а также положительными результатами эксплуатации автоматизированного рабочего места службы охраны труда на АООТ «Челябинский электролитный цинковый завод».**

**Научное значение работы** заключается в следующем:

- разработана система управления безопасностью промышленного предприятия на основе концепции приемлемого риска;
- разработана структура информационного обеспечения процесса управления риском на промышленном предприятии;
- разработан метод оценки эффективности системы управления безопасностью, основанный на анализе ее состояний функционирования, рассматриваемых в виде непрерывной марковской цепи.

**Практическое значение работы:**

- разработана система управления безопасностью применительно к АООТ «Челябинский электролитный цинковый завод»;
- разработано автоматизированное рабочее место службы охраны труда предприятия (АРМ СОТП);
- разработано программное обеспечение, позволяющее автоматизировать оценку эффективности системы управления безопасностью промышленного предприятия.

**Реализация выводов и рекомендаций работы.** Научные положения, выводы и рекомендации использованы:

- АООТ «Челябинский электролитный цинковый завод» (г. Челябинск) – АРМ СОТП (внедрено), система управления риском (принята к рассмотрению);
- АО «Гайский ГОК» (г. Гай, Оренбургская область) – система управления риском (принята к рассмотрению);
- Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск) – АРМ СОТП (используется для отработки задач учебной практики).

**Апробация работы.** Основные положения работы были доложены, рассмотрены и одобрены на межвузовском научном молодежном симпозиуме «Безопасность биосфера – 98» (Екатеринбург, 1998 г.), научно-технических конференциях Южно-Уральского государственного университета (Челябинск, 1996 – 1998 гг.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ.

**Объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, изложенных на 125 страницах машинописного текста, содержит 22 рисунка, 7 таблиц, список литературы из 97 наименований и 4 приложения.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Решение задач управления безопасностью на промышленных предприятиях связано с приведением в действие социальных, экономических, нормативно-правовых, а также организационно-технических механизмов.

Существенный вклад в решение задач обеспечения безопасности в условиях производства внесен Н. И. Бурдаковым, Г. Г. Гогиташвили, А. Н. Гржегоржевским, Г. Ф. Денисенко, В. И. Измалковым, М. А. Котик, А. П. Кузьминым, В. В. Кульбой, Ю. Л. Муромцевым, Б. Н. Порфириевым, Е. Д. Черновым, В. М. Шлыковым и др. Тем не менее, решение задач управления безопасностью на уровне современных промышленных предприятий остается актуальным.

Проведенный анализ показателей травматизма и профзаболеваний на отечественных промышленных предприятиях позволил сделать вывод, что требуется безотлагательное совершенствование самой системы управления охраной труда.

По данным экспертных оценок, проведенных проф. Е. Д. Черновым, безопасность производственных процессов в целом не отвечает современным требованиям из-за низкой эффективности функционирования системы безопасности (более 70 % экспертов — главных инженеров предприятий признали качество функционирования систем безопасности неудовлетворительным).

Поэтому принципиальная схема системы управления охраной труда предприятия, принятая в СССР в конце 80-х годов и до последнего дня действующая на предприятиях России (рис. 1), являвшаяся передовой и эффективной для своего времени, но созданная для принципиально другой социальной, экономической и правовой среды, нуждается в реорганизации.

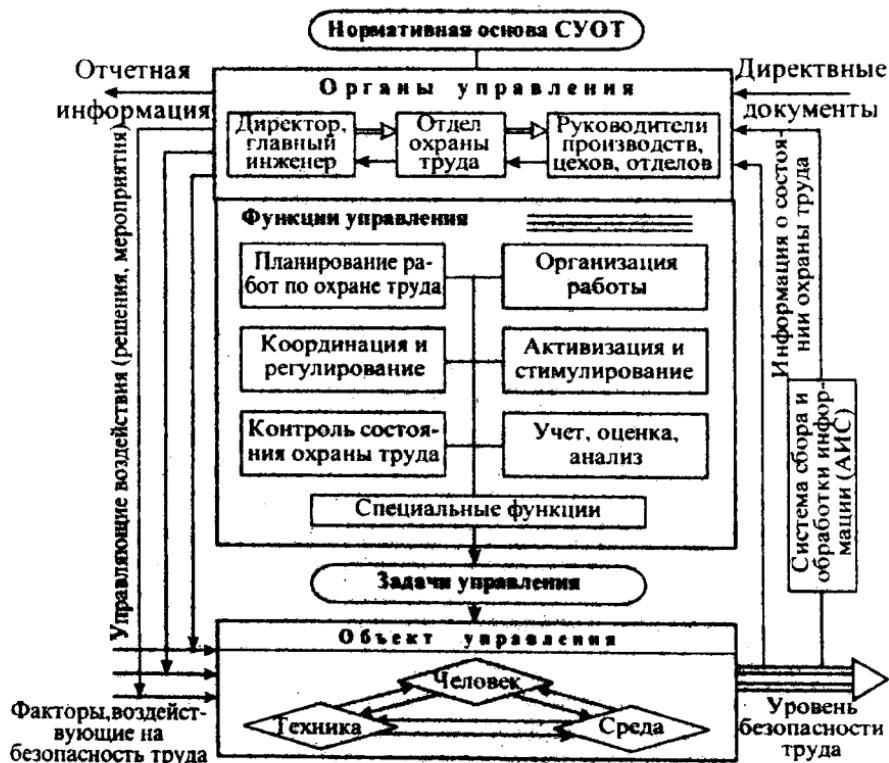


Рис. 1. Принципиальная схема системы управления охраной труда (СУОТ) принятая в конце 80-х годов в СССР

Прежние взгляды на способы создания системы управления охраной труда предприятия нуждаются в пересмотре еще и потому, что современной наукой разработаны новые подходы к обеспечению безопасности объекта техносферы и защите человека от негативных последствий техногенных воздействий. Большинство исследователей в качестве наиболее перспективного направления совершенствования систем управления безопасностью на производстве указывают следующее: отказ от жесткой ориентации на достижение «абсолютной безопасности» (концепция нулевого риска) и переход к выбору компромисса между уровнем безопасности и экономическими затратами на его достижение (концепция приемлемого риска).

Следует отметить принципиальные отличия системы управления охраной труда и системы управления безопасностью предприятия, основанной на технологиях управления риском, исходя из специфики стоящих перед ними целей и решаемых ими задач. СУОТ фактически ориентирована на контроль норм и правил охраны труда, управление осуществляется исходя из заранее заданного алгоритма — исполнение комплекса мероприятий составленного после реализации опасных событий.

При условии обеспечения преемственности функций управления СУОТ в системе управления безопасностью предприятия, переход к концепции приемлемого риска позволит оценивать состояние промышленного предприятия по еще одному дополнительному параметру, ранее не учитываемому — риску. Риск, являясь количественной мерой безопасности производства, дает возможность более полного, объективного анализа процессов, происходящих на предприятии, прогнозирования поведения объектов с целью выявления и прекращения их перехода в аварийное состояние. В результате достигается расширение пространства управления.

Из теории управления известно, что в системе обеспечить управление по новому параметру возможно путем добавления нового контура, в котором реализуются процедуры сбора информации по управляемому параметру, сравнения существующего значения этого параметра с требуемым и выработка управляющего воздействия.

Причем в данном случае этот контур должен быть сформирован из уже существующих в прежней системе управления структурных элементов, без нарушения существующих между ними связей и подчиненности, т.е. с условием обязательного сохранения ранее действующих работоспособных контуров управления.

В контур управления риском создаваемой системы управления безопасностью, для обеспечения учета потенциальной опасности и оценки уровня риска, обязательно должны входить элементы со следующими функциями:

- сбор информации службой охраны труда со всех иерархических уровней системы управления предприятием;
- подготовка информации для анализа риска (фильтр);
- анализ риска (идентификация опасностей, оценка риска, принятие решения);
- дифференцирование и детализация информации (распределитель).

Проведенные исследования позволили сделать вывод, что использование сложных и дорогостоящих расчетов зачастую не позволяет обеспечивать достаточно высокую точность полученных для сложных технических систем величин риска. В первую очередь, это связано с недостаточным качеством и количеством исходной для анализа риска информации о безопасности производственного объекта.

В связи с чем, для повышения точности и надежности процедур анализа риска, а, в конечном счете, для обеспечения возможности управления риском производственного объекта, необходима организация банка обоснованных, точных данных по промышленной безопасности, как в масштабах отдельного предприятия, так и в целом по отрасли. Это несомненно приведет к резкому увеличению объемов информационных потоков, проходящих через службу охраны труда предприятия (СОТП).

Проведенное исследование всех составляющих анализ риска этапов и применяемых на них различных методик анализа, с учетом специфики объекта управления (промышленное предприятие) позволило сформулировать требования к современным системам управления безопасностью на промышленных предприятиях:

- обеспечение наибольшей полноты получаемых решений на основе учета всей доступной качественной и количественной информации:
  - ⇒ дифференцирование и требуемая степень детализации информации для субъектов системы управления, за счет использования предварительно созданных и систематизированных банков данных, достаточно полно характеризующих объект управления и окружающую его среду;
  - ⇒ интеграция информации, представленной как в цифровой, так и верbalной формах;

- ⇒ применение передовых технологий обработки, хранения и алгоритмов поиска необходимой информации, на основе современных компьютерных систем и программного обеспечения создания и управления базами данных с максимально ориентированным на пользователя интерфейсом (наличие подсистем объяснения и обучения);
- контроль за качеством получаемой информации и результатами управляющих воздействий;
- динамическая адаптация алгоритмов к различным ситуациям, возникающим на производственных объектах и специфике исходной информации, что обеспечит самообучаемость системы.

Очевидно, что, кроме перечисленных требований, система управления безопасностью должна обладать оперативностью, надежностью и экономической эффективностью.

Руководствуясь этими требованиями и принципами системного подхода к построению и функционированию иерархической системы управления в условиях сложных систем была решена задача синтеза системы управления безопасностью на промышленном предприятии (рис. 2).

В качестве основных приняты следующие принципы системного подхода: системности (комплексности), декомпозиции, композиции (интеграции), иерархичности, обратной связи, соответствие уровней сложности, управляемости, контролируемости (наблюдаемости), адаптируемости, согласованности, совместимости.

При этом определены вид и количество функционально необходимых элементов в контуре управления риском, их взаимосвязь, а также связь с элементами других контуров управления, входящих в систему управления предприятием.

В создаваемом контуре управления риском на промышленном предприятии недопустима выработка управляющего воздействия на основе заранее заданного алгоритма функционирования, без непрерывно осуществляющей корректировки по возмущениям (существование которых для любой системы объективно и постоянно) и по выходному значению управляемого параметра (реальные уровни риска на предприятии). Иными словами, в контуре управления риском должна быть заложена возможность комбинированного управления, т.е. управления по возмущению (принцип компенсации) и управления по отклонению (принцип обратной связи).

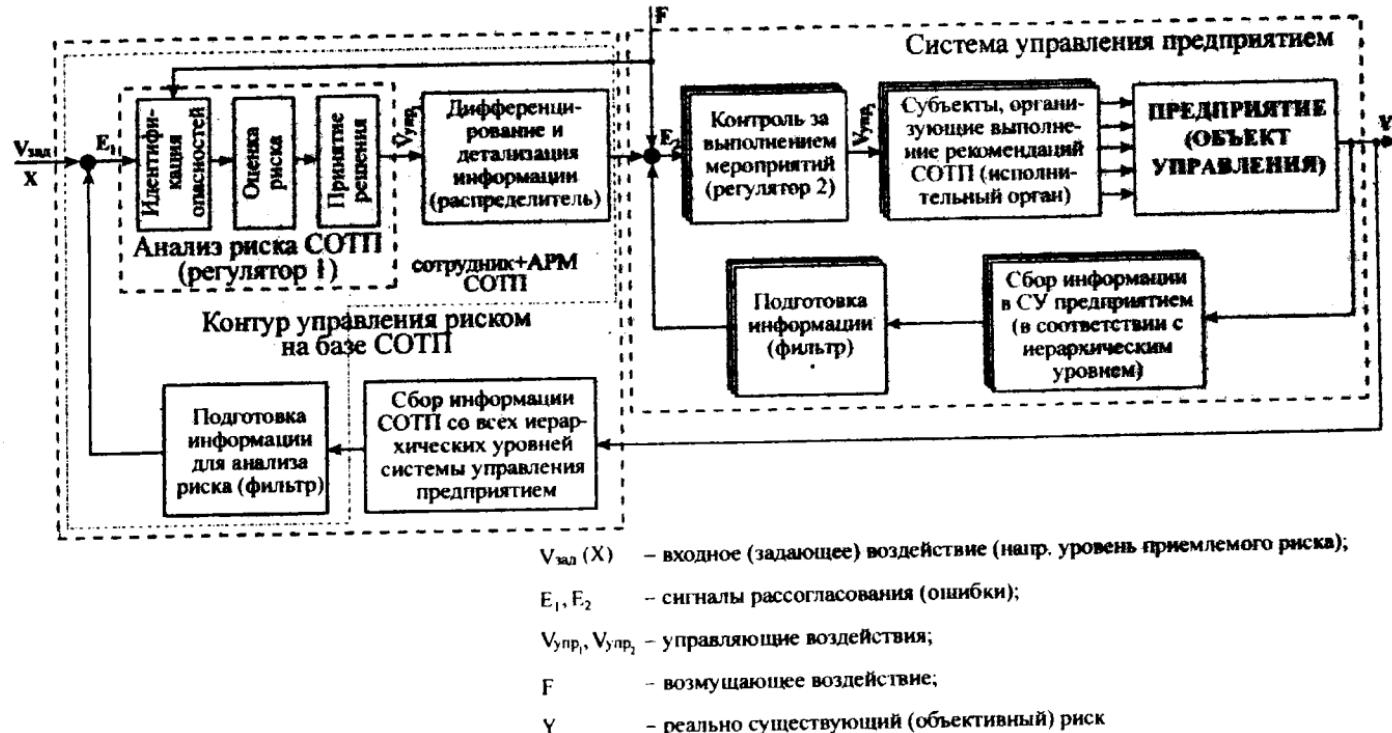


Рис. 2. Функциональная схема системы управления безопасностью на промышленном предприятии

В рассматриваемом случае организовать управление по отклонению необходимо и, теоретически, сравнительно легко. Действительно, на промышленном предприятии реально выполнить процедуру сбора известного объема информации по безопасности, на основании этой информации, по стандартной методике, провести идентификацию опасностей, затем выполнить качественный и количественный анализ риска на предприятии и получить для него числовое значение конкретного вида риска, т.е. фактически осуществить косвенное измерение выходного параметра системы ( $Y$ ) (см. рис. 2).

Здесь в качестве задающего воздействия для системы ( $V_{\text{зад}}$ ) будет выступать или значение приемлемого риска, или всевозможная информация, в любой из своих форм, относительно принятых уровней безопасности производства и (или) способах их достижения, а также информация, касающаяся опыта организации безопасных условий труда на передовых отечественных и зарубежных предприятиях.

Для успешного функционирования системы управления промышленным предприятием, необходимо также обеспечить возможность управления по возмущению (принцип компенсации). Речь идет об обеспечении инвариантности системы управления по отношению к обязательно имеющим место (объективным) внутренним и внешним возмущениям, действующим на систему ( $F$ ), путем введения в нее дополнительных элементов – измерителя возмущений и компенсатора.

В данной работе утверждается, что функции измерителя и компенсатора возмущений в синтезируемой системе управления безопасностью на предприятии объединяет в себе элемент «Анализ риска СОТП (регулятор 1)». В данном случае такие компоненты этого элемента, как «Идентификация опасностей» и «Оценка риска» являются измерителем возмущений системы, а «Принятие решения» – компенсатором.

Такое утверждение становится правомерным и очевидным, если разобраться в физической сути и взаимосвязи понятий «риск» и «опасность (безопасность)», а также в сущности известных методик для их анализа.

Действительно, риск позволяет специалисту оценить вероятность и возможные последствия нарушения работоспособности, с целью своевременного внесения соответствующих корректив, какого-либо из элементов сложной системы (промышленного предприятия), будь то установка, агрегат, процесс или даже человек, под воздействи-

вием как внутренних (нарушение трудовой дисциплины, износ оборудования и т.п.), так и внешних (природные явления, диверсии и т.п.) факторов. Для системы эти факторы – источники, объективно существующие и всегда присутствующие, формирования опасной ситуации, не что иное как достигшие определенной частоты и интенсивности возмущающие воздействия, оказывающие влияние на соответствие заданным процессов функционирования элементов системы.

Анализ работоспособности синтезированной системы управления проведен путем ее декомпозиции с последующим анализом и наложением требований и ограничений на организацию и функционирование отдельных элементов системы, а также их связей, распределением процедур управления между автоматизированной и неавтоматизированной частями системы.

Для разработки структуры информационного обеспечения процесса управления риском, в работе выполнен анализ основных типов банков данных, необходимых для проведения анализа риска, анализ организационной структуры отечественных промышленных предприятий, а также места в ней СОТП.

Определена схема информационного взаимодействия элементов обратной связи контура управления риском на различных стадиях сбора информации для формирования этих банков данных, а также более общая схема информационного взаимодействия иерархических уровней системы управления риском (рис. 3).

По существу, структуру такого информационного обеспечения составляет набор взаимодополняющих друг друга информационных моделей конкретного промышленного предприятия, посредством которых производство отображается как система «человек – машина – среда» с подсистемами «человек – безопасность производства», «машина – безопасность производства» и «среда – безопасность производства», что на сегодняшний день признано наиболее правильным.

Созданную в работе систему управления безопасностью следует рассматривать как дополнение к уже существующей на промышленном предприятии системе управления, как новую, органично интегрированную часть его организационной структуры.

В состав организационной структуры системы управления безопасностью входят практически все должностные лица, руководители функциональных служб и производственных подразделений всех уровней промышленного предприятия. Поэтому эффективность

функционирования системы управления безопасностью, зависит от четкой регламентации прав и обязанностей указанных работников.

Для каждого подразделения должны быть определены конкретные функции и задачи по управлению безопасностью. При этом необходимо выполнить следующие условия: соответствие организационной структуры целям и задачам управления; полный охват подразделениями предприятия объективно необходимых функций управления риском.

При управлении безопасностью на основе концепции приемлемого риска считается, что система управления эффективна, если с ее помощью на производстве удалось достигнуть предельно допустимых значений риска (достижение уровня приемлемого риска).

Для достижения этой главной цели в создаваемой системе управления безопасностью, в дополнение к решаемым в рамках СУОТ, ставятся следующие задачи управления:

- сбор информации об объекте управления;
- предварительная подготовка информации к ее аналитической обработке;
- анализ риска;
- принятие решения и разработка программы действий;
- реализация принятых решений.

Цель и задачи управления образуют в совокупности целевую программу деятельности по управлению безопасностью на предприятии. Она позволяет определить, в каких направлениях нужно работать, чтобы обеспечить безопасность, сохранение жизни и здоровья работников предприятия.

Исходя из этого и осуществлялась адаптация системы управления безопасностью к условиям АООТ «Челябинский электролитный цинковый завод» (ЧЭЦЗ). Требовалось организовать в рамках действующей на ЧЭЦЗ системы управления охраной труда контур управления по новому комплексному параметру – риску, состоящему из функциональных элементов 2-х групп: сбора и анализа дополнительных объемов информации.

По каждой целевой задаче были установлены соответствующие подразделения, ответственные за ее практическую реализацию, а также конкретные функциональные обязанности административно-технических работников предприятия, определяющие: кто, когда и что должен делать в системе управления риском.

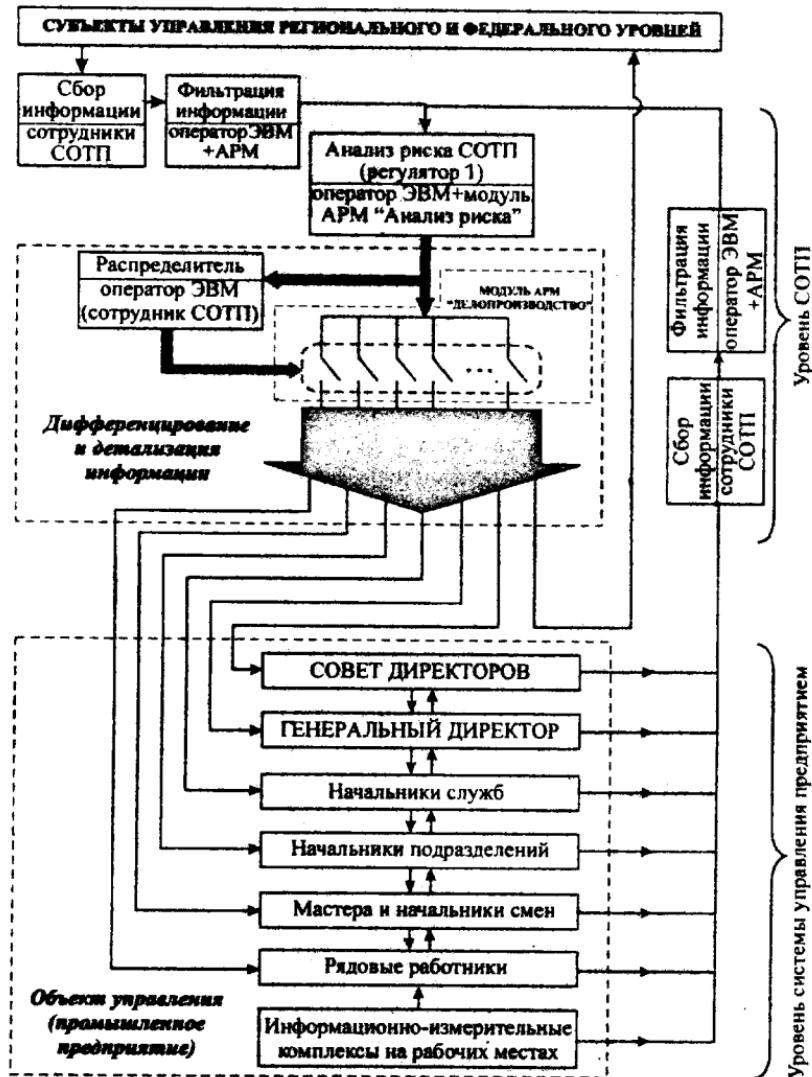


Рис. 3. Схема информационного взаимодействия иерархических уровней системы управления безопасностью на промышленном предприятии

В результате была предложена следующая схема организации информационных потоков в системе управления безопасностью на

ЧЭЦЗ (рис. 4), при этом все элементы системы управления безопасностью, представленные на рис. 2, нашли в ней свое отражение.

В предлагаемой системе управления риском, выполнение процедур анализа риска – ключевого звена данного вида управления, целиком возлагается на службу охраны труда предприятия. Это не может не вызвать расширения списка служебных обязанностей сотрудников этой службы.

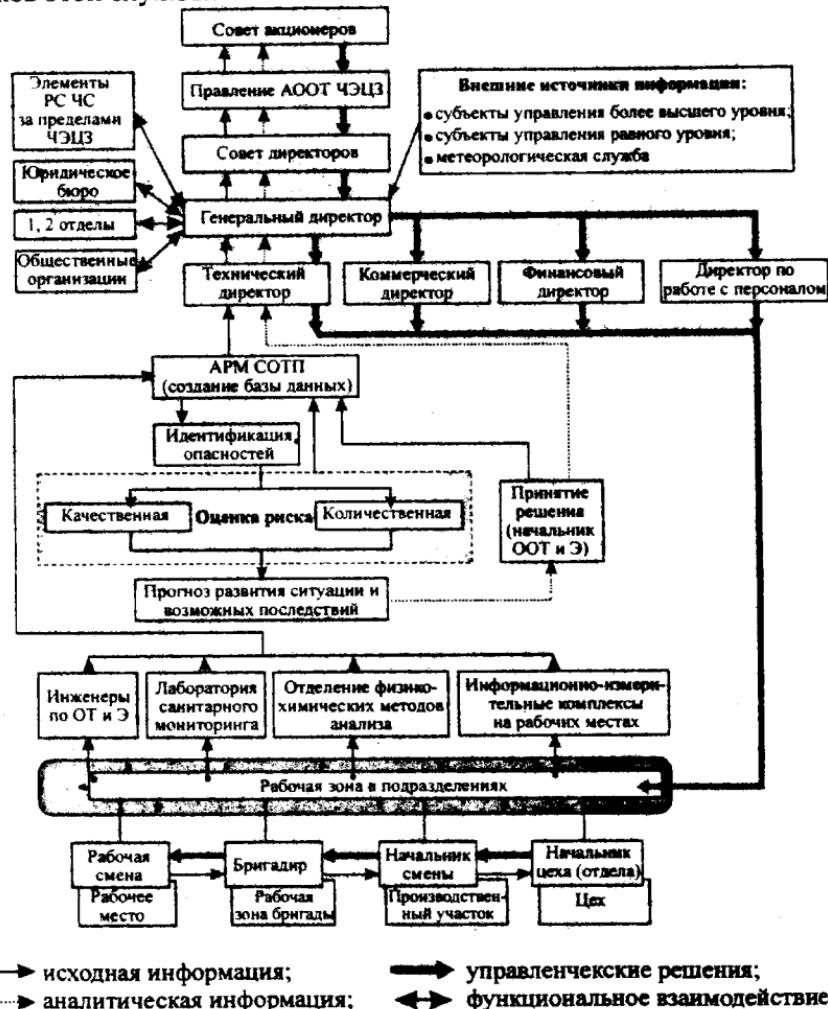


Рис. 4. Предлагаемая схема организации информационных потоков в системе управления безопасностью на ЧЭЦЗ

**Наложение новых функциональных обязанностей на уже действующий элемент системы управления требует, с целью сохранения работоспособности системы, наделения его соответствующими возможностями.**

На основании этого, а также сформулированных требований к системам управления безопасностью на промышленных предприятиях, было решено провести расширение функциональных возможностей СОТП за счет автоматизации ряда процессов обработки информации, т.е. путем создания автоматизированной системы АРМ СОТП (автоматизированное рабочее место сотрудника службы охраны труда предприятия).

Проведенное в работе подробное исследование структуры и функций отдела охраны труда и экологии ЧЭЦЗ, с учетом специфики производства, позволило определить пути интеграции и функции АРМ СОТП в системе управления безопасностью для этого предприятия.

АРМ СОТП представляет собой программную реализацию части информационного обеспечения процессов управления риском и является автоматизированной информационной системой для организации в режиме реального времени процесса мониторинга ключевой информации по обеспечению промышленной безопасности, и ее накопления для последующего анализа и прогнозирования. В ней реализованы модульный принцип и открытая структура построения.

С целью оценки эффективности разработанной системы управления безопасностью предложен метод, основанный на теории непрерывных марковских цепей.

Рассмотрим множество состояний функционирования для системы «технический объект на промышленном предприятии + система управления безопасностью промышленного предприятия». Это множество характеризует возможные состояния объектов относительно процессов второго рода (отказы составных частей, нарушение правил и условий эксплуатации и т.п.).

Система может находиться в следующих состояниях работоспособности:

- объект и система управления безопасностью исправны – состояние  $h_0$ ;
- объект неисправен, но, за счет принятых системой управления безопасностью мер, отказ объекта приводит к простому остано-

- ву и невыполнению необходимой работы за время восстановления отказа – состояние  $h_1$ ;
- объект исправен, но система управления безопасностью не в состоянии выполнять свои функции – состояние  $h_2$ ;
  - авария объекта из-за несрабатывания системы управления безопасностью (поглощающее состояние) – состояние  $h_3$ .

Вышесказанное может быть отображено графически в виде графа изменения состояний функционирования системы «объект + система управления безопасностью» (рис. 5). Здесь  $P_0(h_0, t)$ ,  $P_1(h_1, t)$ ,  $P_2(h_2, t)$ ,  $P_3(h_3, t)$  – вероятности нахождения системы «объект + система управления безопасностью» в состояниях  $h_0$ ,  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  соответственно;  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  – интенсивности отказа объекта и системы управления безопасностью;  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  – интенсивности восстановления объекта и системы управления безопасностью.

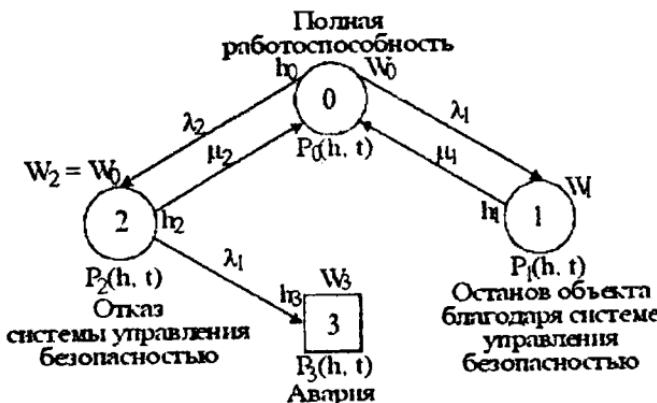


Рис. 5. Граф изменения состояний функционирования системы «объект + система управления безопасностью»

Данному графу соответствует система дифференциальных уравнений с матрицей интенсивностей  $N$ :

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} P_0 = -(\lambda_1 + \lambda_2)P_0(t) + \mu_1 P_1(t) + \mu_2 P_2(t) \\ \frac{d}{dt} P_1 = \lambda_1 P_0(t) - \mu_1 P_1(t) \\ \frac{d}{dt} P_2 = \lambda_2 P_0(t) - (\lambda_1 + \mu_2)P_2(t) \\ \frac{d}{dt} P_3 = \lambda_1 P_2(t) \end{cases} \quad (1)$$

$$N = \begin{bmatrix} -(\lambda_1 + \lambda_2) & \mu_1 & \mu_2 & 0 \\ \lambda_1 & -\mu_1 & 0 & 0 \\ \lambda_2 & 0 & -(\lambda_1 + \mu_2) & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Вероятности состояний функционирования определяются решением системы дифференциальных уравнений (1) при следующих начальных условиях:

$$\begin{aligned} P(h_0, t=0) = 1; \quad P(h, t)=0, \quad h \in H \setminus h_0 \\ \text{или} \quad P_0(0) = 1; \quad P_1(0) = P_2(0) = P_3(0) = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Каждому из возможных, с вероятностями  $P_0(t)$ ,  $P_1(t)$ ,  $P_2(t)$ ,  $P_3(t)$ , состояний системы «объект + система управления безопасностью» могут быть поставлены в соответствие следующие экономические параметры:

$W_0$  – доход в час от эксплуатации объекта (у.е./час);

$W_1$  – затраты на час восстановления объекта (у.е./час);

$W_3$  – ущерб от потери объекта (у.е./час).

Тогда средний расчетный годовой доход ( $D_p$ ) от эксплуатации объекта может быть вычислен по формуле

$$D_p = \int_0^{T_{\text{раб}}} (P_0(t) \cdot W_0 - P_1(t) \cdot W_1) \cdot dt + P_3(t) \cdot W_3, \quad (4)$$

где  $T_{\text{раб}}$  – максимально возможное количество часов эксплуатации объекта за год.

Для определения вероятностей  $P_0(t)$ ,  $P_1(t)$ ,  $P_2(t)$ ,  $P_3(t)$ , а следовательно, и среднего расчетного годового дохода  $D_p$ , должны быть заданы значения интенсивностей  $\lambda_1$ ,  $\mu_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\mu_2$ . В большинстве случаев значения  $\lambda_1$  и  $\mu_1$ , характеризующих безотказность и ремонтопригодность различных видов технологического оборудования при установленных режимах эксплуатации, могут быть найдены в соответствующей справочной литературе. Однако, значения  $\lambda_2$  и  $\mu_2$ , характеризующих надежность конкретной системы управления безопасностью конкретного предприятия, в каждом случае будут неизвестны.

В связи с этим был разработан программный продукт по решению системы дифференциальных уравнений (1) численным методом (разложение в экспоненциальный ряд) и нахождению значений  $D_p$ , для известных значений  $\lambda_1$ ,  $\mu_1$ ,  $W_0$ ,  $W_1$ ,  $W_3$ ,  $T_{\text{раб}}$ , как функции от пе-

ременных  $\lambda_2$  и  $\mu_2$ . Значения  $\lambda_2$  и  $\mu_2$  задаются в интервале 0 ... 4 (т.е. минимальные значения времени наработки на отказ и времени восстановления приняты равными 1/4 часа) с шагом вычислений  $1 \cdot 10^{-3}$ , при поддерживаемой точности значений членов экспоненциального ряда решений системы. В результате формируется матрица значений  $D_P(\lambda_2, \mu_2)$ .

Одновременно с этим формируется матрица значений коэффициента неготовности системы управления безопасностью предприятием  $K_H(\lambda_2, \mu_2) = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 + \mu_2}$ .

В данном случае  $K_H$  характеризует вероятность нахождения системы управления безопасностью предприятия в состоянии неспособности выявить, а затем прекратить процесс перехода конкретного технического объекта в аварийное состояние. Использование  $K_H$  позволяет перейти из трехмерного пространства  $\Omega \in (D_P, \lambda_2, \mu_2)$  в плоскость значений  $K_H(\lambda_2, \mu_2)$  и  $D_P(\lambda_2, \mu_2)$ , причем очевидно, что нельзя рассматривать  $D_P(\lambda_2, \mu_2)$  как функцию (явную зависимость) от  $K_H(\lambda_2, \mu_2)$ .

Результаты вычислений представляются в виде значений матриц  $K_H(\lambda_2, \mu_2)$  и  $D_P(\lambda_2, \mu_2)$  с соответствующими им значениями  $\lambda_2$  и  $\mu_2$ , а также графически в виде множества точек  $X$  ( $K_H(\lambda_2, \mu_2)$ ,  $D_P(\lambda_2, \mu_2)$ ) (рис. 6 а, б).

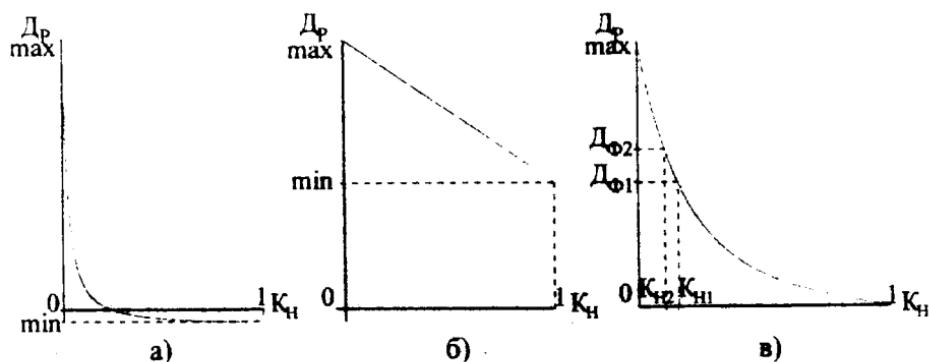


Рис. 6. Различные зависимости, представленные в виде множества точек  $X(K_H(\lambda_2, \mu_2), D_P(\lambda_2, \mu_2))$ : а) при  $\lambda_1 \rightarrow \infty$ ; б) при  $\lambda_1 \rightarrow 0$ ; в) в случае шпалопогрузочного 4-х тонного крана  $K_{H1} - K_{H2} = 0,05$

Графическое отображение множества точек Х позволяет определить зависимость годового дохода эксплуатации технического объекта от способности системы управления безопасностью предприятия выявить, а затем прекратить процесс перехода объекта в аварийное состояние.

Применение разработанного метода расчета (построение кривых зависимости  $D_p$  от  $K_h$ ) для АООТ ЧЭЦЗ позволило количественно оценить для фиксированных значений годового дохода ( $D_F$ ) предоставленных финансово-экономической службой предприятия значения  $K_h$  его системы управления безопасностью. Значения дохода определялись по результатам работы отдельных видов грузоподъемного и котельного оборудования за год до внесения изменений в СУОТ ( $D_{F1}$ ) и за год эксплуатации АРМ СОТП ( $D_{F2}$ ). Проведенные исследования позволили зафиксировать общую тенденцию снижения коэффициента неготовности системы управления безопасностью ЧЭЦЗ (в случае шпалогрузочного 4-х тонного крана на - 0,05) (рис. 6 в). Это объясняется, в частности, уменьшением времени восстановления системы управления безопасностью благодаря автоматизации деятельности службы охраны труда.

По результатам вычислений  $K_h$  дано заключение относительно эффективности системы управления безопасностью по выявлению и предотвращению аварийных ситуаций, возможных при эксплуатации типового грузоподъемного и котельного оборудования. Разработан комплекс рекомендаций по повышению уровня безопасности исследуемых объектов с указанием необходимых материальных затрат..

Результаты работы использованы АООТ «Челябинский электролитный цинковый завод». Разработанная система управления безопасностью принята к рассмотрению АО «Гайский ГОК». Помимо этого, материалы работы применяются в учебном процессе кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ЮУрГУ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе на основании исследования систем управления охраной труда разработаны система управления безопасностью промышленного предприятия на основе концепции приемлемого риска и метод оценки эффективности подобных систем, применение которых обеспечивает решение важной прикладной задачи повышения уровня безопасности на промышленных предприятиях.

Выполненные исследования позволили получить следующие основные результаты и сделать выводы:

1. Исследование традиционных систем управления охраной труда позволило установить нарастающее несоответствие принципов их построения современным достижениям теории риска и теории управления сложными техническими системами в области обеспечения безопасных условий труда.
2. На основе анализа систем управления охраной труда разработана функциональная схема системы управления безопасностью на промышленном предприятии, в которой новый контур управления, состоящий из элементов учета потенциальной опасности и оценки уровня риска, позволил расширить пространство управления при помощи методов исследования поведения объектов.
3. Установлено, что организация информационного обеспечения идентификации опасных событий и оценок связанных с ними видов рисков требует разработки ориентированной на учет и прогнозирование опасных событий автоматизированной информационной системы для службы охраны труда предприятия.
4. Разработана структура АРМ службы охраны труда, состоящего из взаимодополняющих модулей автоматизации деятельности этой службы, позволяющего осуществить эволюцию традиционной системы управления охраной труда в систему управления безопасностью промышленного предприятия, основанную на технологиях управления риском.
5. Разработан метод оценки эффективности системы управления безопасностью промышленного предприятия, основанный на анализе ее состояний функционирования, рассматриваемых в виде непрерывной марковской цепи, что позволяет определять объем и наиболее эффективные пути вложения средств, направляемых на повышение уровня безопасности. Создано программное обеспечение, позволяющее автоматизировать оценку эффективности системы управления безопасностью.
6. Разработана система управления безопасностью и, применительно к ней, схема организации информационного обеспечения для АООТ «Челябинский электролитный цинковый завод». Базовым элементом информационного обеспечения является АРМ сотрудника службы охраны труда, позволяющее добиться, по некоторым видам технологического оборудования, снижения коэффициента неготовности системы управления безопасностью на 0,05.

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

1. Хашковский А.В., Оголихин А.С. Информационный подход в обеспечении безопасности промышленного предприятия // Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. трудов. — Челябинск: ЮУрГУ, 1998. — С.14 – 18.
2. Оголихин А. С. Построение системы управления безопасностью промышленного предприятия на основе информационных технологий // Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. трудов. — Челябинск: ЮУрГУ, 1998.— С. 18 – 23.
3. Хашковский А.В. Оголихин А.С., Короткова Е.Ю. Анализ и оценка риска профессиональной деятельности // Сб. научн. трудов. — Челябинск: ЮУрГУ, 1998 — С. 59 – 63.
4. Оголихин А. С., Вагин В. Л. Обоснование и возможные пути решения задач построения систем промышленной безопасности // Безопасность биосфера – 98: Тез. докл. межвузовского научного молодежного симпозиума. — Екатеринбург, 1998. — С.58.
5. Оголихин А. С. Задачи и пути создания системы управления риском на промышленном предприятии //Электронный журнал «Известия ЧНЦ УрО РАН». — Челябинск, 1998.
6. Оголихин А. С. Информационная база процесса управления риском //Электронный журнал «Известия ЧНЦ УрО РАН». — Челябинск, 1998.
7. Мурзин А. Ю., Хашковский А. В., Оголихин А. С. Пакет прикладных программ «Автоматизированное рабочее место инженера по охране труда» (ППП АРМ ИОТ), 1999, заявка № 990665.

*М.Г.*  
Издательство Южно-Уральского государственного  
университета

---

ЛР № 020364 от 10.04.97. Подписано в печать 10.02.99. Формат  
60\*80 1/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,25. Уч.-изд. л.1.  
Тираж 80 экз. Заказ 64/105.

УОП Издательства. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.