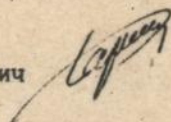


Одесский государственный политехнический  
университет

На правах рукописи

ХАРИТОНОВ Анатолий Иванович



МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ  
СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Специальность 05.13.16 – Применение  
вычислительной техники, математического  
моделирования и математических методов  
в научных исследованиях

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Одесса - 1994

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00777670 (У)

АВ 30.872

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена в Одесской государственной академии  
ных технологий.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор РОТШВЙН  
Александр Петрович  
доктор медицинских наук, профессор НАДВОРНЫЙ  
Николай Николаевич  
доктор технических наук, профессор ГОГУНСКИЙ  
Виктор Дмитриевич

Ведущая организация - Одесское производственное  
объединение предприятий элеваторной и зерноперерабатывающей  
промышленности (Одесское ПОП "Элеваторзернопром").

Защита состоится "26" октября 1994 года  
на заседании специализированного совета Д 068.19.01 при  
Одесском государственном политехническом университете по  
адресу: 270044, г. Одесса, пр. Шевченко, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского  
государственного политехнического университета.

Автореферат разослан "24" сентября 1994 года.

Ученый секретарь  
специализированного  
совета

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

П.С. Ямпольский

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Управление охраной труда на предприятиях большинства отраслей народного хозяйства стран, образованных на территории бывшего СССР, осуществляется крайне неэффективно. Ежегодно здесь происходит около 800 крупных аварий (в 3 раза больше, например, чем в США), а пострадавших от нарушений требований безопасности на производстве — более 650 тыс. человек, из которых свыше 14,5 тысячи со смертельным исходом.

Потери рабочего времени за это же время из-за производственных травм и заболеваний, связанных с неблагоприятными условиями труда, составляли около 260 миллионов человеко-дней. Особо остро эта проблема ощущается на предприятиях агропромышленного комплекса, где ежегодно по тем же причинам гибнет около 6 тыс. человек. На предприятиях по хранению и переработке зерна только Украины при несчастных случаях, связанных с производством, ежегодно травмируется около 350 человек, в том числе около 20 со смертельным исходом.

Усилия, предпринятые многими ведомствами с начала восьмидесятых годов и направленные на создание и эффективное функционирование систем управления охраной труда (СУОТ) не привели к ожидаемому результату. Объясняется это тем, что управление охраной труда большинства предприятий в различных отраслях народного хозяйства, в том числе и на предприятиях по хранению и переработке зерна, не базируется на обоснованных методах и критериях оценок состояния объекта управления. При этом объект управления рассматривается лишь как деятельность функциональных служб и структурных подразделений по обеспечению безопасности и здоровых условий труда, а не как целостная система обеспечения таких условий. Однако характерная особенность промышленных предприятий — множест-

во воздействующих на объект управления факторов, требует для принятия оперативных решений учета значительного объема постоянно меняющегося информационного материала. Это обстоятельство усугубляется тем, что без методов моделирования фактических систем обеспечения безопасности и возможности широкого использования компьютерной техники службам охраны труда приходится заниматься большим объемом рутинной работы, что не дает возможности эффективно функционировать системам управления охраной труда. Моделирование систем обеспечения безопасности, создание методов оценок их состояний и разработка теоретических основ построения автоматизированных информационных систем управления охраной труда является, таким образом, актуальной комплексной задачей.

Диссертационная работа посвящена решению н а у ч н о й п р о б л е м ы создания теоретических основ моделирования систем обеспечения безопасности и благоприятных условий труда, а также разработке метода обоснованных оценок состояния таких систем, что имеет важное социальное и народно-хозяйственное значение.

Работа выполнялась в соответствии с планом научно-исследовательских работ Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова и тесно связана с планами научных исследований АН СССР на 1986-1990 годы по проблеме "Процессы управления", раздел I.12.4 5 "Управление средой обитания". По теме диссертации под руководством автора выполнен ряд крупных НИР института для предприятий отрасли по хранению и переработке зерна.

Ц е л ь р а б о т ы - создание теоретических основ моделирования системы обеспечения безопасности и благоприятных условий труда, алгоритмов имитационного машинного моделирования измененных состояний этой системы и решение комплекса задач,

связанных с оценкой остаточного риска от воздействий ОПФ, что в конечном итоге позволяло бы на научной основе создавать эффективно функционирующие информационные системы управления охраной труда (ИСУОТ).

Идея работы заключается в использовании выявленных в процессе исследований закономерностей распределения значимостей, воздействующих на безопасность факторов, для применения новых принципов построения адекватной модели систем обеспечения благоприятных условий труда, разработки методов оценок уровня безопасности и создания автоматизированных информационных систем управления охраной труда.

На защиту выносятся следующие новые научные положения и результаты:

1. Объектом управления (ОУ) в охране труда (ОТ) является система обеспечения безопасности и благоприятных условий труда (СОБУТ). Элементами системы выступают мероприятия и средства защиты от воздействий опасных и вредных производственных факторов (ОПФ); связями между ними служат соотношения между показателями весомостей (значимостями) и общим показателем состояния системы.

2. Характер распределения значимостей ОПФ на промобъекте аналогичен закону распределения величин, обратно пропорциональных значениям моментов единичных сил, рассматриваемых как усидия этих факторов, влияющих на состояние общей безопасности.

3. Распределение значимостей ОПФ конкретного промобъекта отрасли отвечает особенностям, выявленным при специальных исследованиях этого объекта и корректируется фактическими значениями показателей риска, возникающего от воздействий этих факторов.

4. Распределение показателей весомости мероприятий охраны труда в СОБУТ происходит аналогично закону распределения величин, обратно пропорциональных значениям моментов единичных сил относи-

ге. но начала координат и рассматриваемых как усилия, влияющие на состояние общей безопасности.

5. Математический метод определения долевого участия каждого вредного производственного фактора в их совместном влиянии на временную нетрудоспособность работающих по отдельным нозологическим формам.

6. Метод моделирования СОБУТ, обеспечивающий адекватность модели и позволяющий рассматривать сам объект моделирования в качестве объекта управления в системе управления охраной труда.

7. Алгоритмы формирования системы обеспечения безопасности и благоприятных условий труда в ее нормативном состоянии, обеспечивающем заданные уровни риска остаточных воздействий ОВПФ.

8. Метод и алгоритмы имитационного машинного моделирования процессов изменения с состояний СОБУТ.

9. Критерий оценок безопасности и общих условий труда, основанный на адекватности моделей СОБУТ в нормативном и текущем состоянии.

10. Методология построения информационных организационно-управленческих систем ОТ, позволяющая включать все подсистемы решений организационно-технических задач управления, в том числе обучения и контроля знаний по безопасности труда на базе специальных тестов и использования технических средств.

11. Метод определения объективных показателей при стимулировании за работу по охране труда с использованием вычислительной техники и матричного моделирования состояний СОБУТ.

Достоверность научных положений данной работы обоснована корректностью принятых допущений и строгостью применяемого математического аппарата, достаточным объемом статистических данных и значительным числом обследованных промышленных объектов, результатами математического моделирования, сходностью резуль-

татов теоретических и практических исследований, достаточной апробацией научных положений и выводов.

Научная новизна работы состоит в создании комплекса взглядов, представлений, идей, направленных на принципиально новые подходы к решению задач имитационного машинного моделирования состояний систем обеспечения безопасности как объекта управления в СУОТ.

На основе совокупности полученных результатов развито перспективное научное направление конструирования автоматизированных систем управления охраной труда на предприятиях по хранению и переработке зерна. В процессе функционирования таких систем имеется возможность автоматизировать оперативное решение таких задач, как прогнозирование состояний уровня безопасности, оценивать степень риска, планировать и определять социально-экономическую эффективность мероприятий охраны труда, разрабатывать варианты управленческих решений. В этом заключается практическая ценность полученных результатов научной работы.

Реализация работы. Научные положения, выводы и рекомендации использованы:

- Министерством заготовок Молдавской ССР внедрены результаты научно-исследовательских работ, выполненных ОТИП по теме № 52/80 (Госрегистрация № 80076566) "Комплексные исследования и разработка рекомендаций по совершенствованию эффективности охраны труда на предприятиях Министерства заготовок Молдавской ССР" в виде использования при управлении критериев оценок охраны труда, применения тестовых методов контроля знаний по безопасности труда на предприятиях отрасли;

- Министерством заготовок УССР внедрены результаты научно-исследовательских работ, выполненных ОТИП по теме № 52/84 (Гос-

регистрация № 01.65.0013151) "Исследовать и разработать систему эффективных организационных мероприятий по охране труда для хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятий"; организована система контроля знаний безопасности труда руководителями, главными инженерами, старшими инженерами по технике безопасности предприятий отрасли всех регионов республики с использованием тестового метода и технических средств обучения;

- Московским мелькомбинатом им. А.Д. Цорупы использован матричный метод оценки состояния уровня безопасности труда зерноочистительного отделения мельницы № 2 после ее реконструкции; при контроле состояния охраны труда определялись показатели риска для нормативного состояния СОБУТ и текущего, выявлялся фактический коэффициент безопасности;

- Комбинатом хлебопродуктов "Сарканыс Октобрис" Министерства хлебопродуктов Латвийской ССР проводились обследования и оценка уровня безопасности матричным методом; критерием оценки безопасности принята мера отклонения фактического состояния СОБУ промышленных объектов от нормативного;

- Министерством хлебопродуктов МССР утверждена 9 июля 1987 г., а Главным техническим инспектором ЦК профсоюза работников агропромышленного комплекса по МССР согласована "Инструкция по определению состояния уровня безопасности и комфортности труда на промышленных объектах отраслей", при разработке которой использован критерий оценок состояния системы безопасности к благоприятных условий труда (СОБУТ), основанный на возможности построения аддитивной ее модели в нормативном состоянии и принцип нового метода обоснованных оценок, позволяющего не только количественно, но и качественно характеризовать безопасность и условия труда;

- ГПО "Червеле" использован для организации системы управ-

ления безопасностью на предприятиях по хранению и переработке зерна Молдвы результаты научно-исследовательских работ, выполненных ОТИП по теме № 52/86, госре. истрация № 02.89.0036426 "Разработать автоматизированную систему управления охраной труда на предприятиях Министерства хлебопродуктов МССР";

- ОТИП им. М.В. Ломоносова с 1987 года используются в учебном процессе теоретические положения и методы основ автоматизации ИСУОТ с учетом принципов моделирования СОБУТ; применяются активные методы обучения и специальные тесты контроля знаний безопасности труда.

По теме диссертации опубликовано пятьдесят две работы, в том числе утвержденная Министерством и согласованная ЦК профсоюза инструкция по определению состояния уровня безопасности.

Диссертация состоит из введения, пяти глав с выводами, заключения; содержит 10 рисунки и 9 таблиц, библиографический список из 259 наименований источников на русском и иностранных языках, двух приложений; работа изложена на 242 страницах.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко характеризуется состояние проблемы, обосновывается актуальность темы, формулируется цель исследования, суть решаемой проблемы, приводятся положения и результаты, выносимые на защиту.

В первой главе дан анализ состояния вопроса о функционировании систем управления охраной труда и подчеркивается социальное значение надежного обеспечения его безопасности. Показано, что до настоящего времени обоснованного метода оценок состояния условий труда не разработано. Существует объективная необходи-

мость создания научного метода оценок состояний систем обеспечения безопасности и благоприятных условий труда с использованием надежного контроля.

Значительный вклад в решение вопросов организации управления охраной труда и задач автоматизации анализа травматизма и заболеваемости, связанной с неблагоприятными условиями труда, в развитии теоретических основ безопасности жизнедеятельности внесли ученые: О.Н. Русак, Л.Н. Зимонт, А.А. Купчин, Г.Ф. Костяк, В.А. Бойко, Н.В. Киндер, В.А. Лукьянов, В.М. Беленький и многие другие. Вместе с тем степень автоматизации и эффективность систем управления охраной труда остается недостаточной.

При решении задач автоматизации ИСУОТ остро встает вопрос об объекте управления, т.к. правильное представление об этом имеет решающее значение при машинном моделировании изменений состояния условий труда.

На основе проведенного анализа показано, что отсутствие стройной методики и выводов проведения на практике исследований сферы действия ОВПФ и изучения влияния на состояние СОБУТ мероприятий по охране труда не позволяет строить адекватную модель объекта управления, разрабатывать критерии для оценок таких важных показателей, как степень риска, состояние системы безопасности и др. Исследования сферы действия ОВПФ должны позволить определять элементы СОБУТ и устанавливать причинно-следственные и функционально-целевые связи между ними.

Во второй главе рассмотрен системный подход к исследованию и моделированию объекта управления. Особенность подхода состоит в том, что исследования проводятся непрерывно и при этом постоянно изучаются закономерности во взаимосвязях между воздействующими на СОБУТ факторами. Исследования структуры воздействия

При создании метода моделирования СОБУТ используется резуль-

таты исследовательской сферы воздействий ОУИФ в части учета закономерности их распределения по значимости и учета полного состава средств защиты и мероприятий ОТ, отражения фактического характера связей между ними. В результате появляется возможность разрабатывать специальные алгоритмы, широко использовать машинные способы имитации изменений объекта управления. В случаях когда модель достоверно отражает закономерность распределения значимости структурных составляющих объекта моделирования, обеспечиваются квазиэкспериментальные условия изучения систем обеспечения безопасности. Изменениями на модели, исследуемых с помощью ЭЕМ, можно получать варианты управленческих решений, оптимизировать их и управлять параметрами системы. Неустрашимые вероятностные ошибки в этом случае будут пренебрежимо малы, если использовать достаточно большой статистический материал.

Методология системного подхода позволяет установить, что системы обеспечения безопасности формируются из двух множеств — множества элементов и множества отношений между ними.

В главе анализируется возможное состояние системы обеспечения безопасности, классифицируются элементы, характеризуется структура СОБУТ. Система обеспечения безопасности и благоприятных условий труда — это система ограничения воздействий опасных и вредных производственных факторов в нормированных пределах и удержания в относительной безопасности производственных зданий, сооружений, оборудования, технологий и, главное, работников и их жизнедеятельность путем комплекса защитных средств, организационно-технических и других мероприятий охраны труда.

Здесь разработана методология психо-статистического подхода к созданию, а впоследствии и моделированию систем обеспечения безопасности и благоприятных условий труда, основа которой заключается в том, что структура системы и ее модели формируются

на основе психолого-производственного анализа причинно-следственных связей переменных исследуемого объекта и возмущений внешней среды, а оценка параметров модели производится на ематико-статистическими методами по конкретной информации о функционировании подсистем — звеньев СОБУТ.

Системный анализ структурн и причинно-следственных связей элементов объекта управления в охране труда позволили сделать теоретические предпосылки и выдвинуть концептуальную гипотезу адекватности модели СОБУТ.

На состав и структуру ОУ в СУОТ определяющее значение оказывает характер распределения весомостей ОВПФ, зависящих от значений показателя  $W_i$  остаточного риска их сверхнормативного влияния. Значения показателей  $q_i$  весомости  $i$ -тых ОВПФ можно определить из выражения:

$$q_i = [(i-0,5)^2 + 0,25]^{-0,5}; w_i \in (w_1 > w_2 > \dots > w_i > \dots > w_N); i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где  $N$  — номер последнего показателя риска в убывающем их ранжире, а  $0,5$  — коэффициент бифуркации (рис. 1).

Весомость любого мероприятия ОТ, влияние которого на состояние общей безопасности рассматривается как воздействие (усилие) на определенный ОВПФ, можно определить по формуле (2), т.к. распределение показателей весомости  $q_{ij}$  этих мероприятий происходит по закону распределения величин, обратно пропорциональных значениям моментов единичных сил относительно начала оси координат, соответствующего месту приложения наиболее значимого ОВПФ ( $i = 1$ ) и наиболее значимого мероприятия ОТ ( $j = 1$ ) с учетом явления бифуркации ( $K_{\text{биф}} = 0,5$ ).

$$q_{ij} = [(i-0,5)^2 + (j-0,5)^2]^{-0,5}; j = 1, 2, \dots, \quad (2)$$

где  $j$  — порядковый номер значимости рассматриваемого меро-



при гия в формировании общего состояния безопасности и условий труда, но направленного непосредственно против  $i$ -го ОВПФ.

Вероятность  $p(A_i)$  события  $A_i$ , выражаемого наступлением экстремального состояния в связи со сверхнормативным воздействием  $i$ -того ОВПФ, зависит от вероятностей  $p(M_{ij})$  невыполнения или некачественного выполнения  $j$ -того мероприятия  $M_{ij}$  охраны труда, т.е. непосредственной причиной экстремального состояния (события  $A_i$ ) может стать невыполнение защитного мероприятия одного из множеств  $\{M_{ij}^k\}$ . Остальные мероприятия  $\{M_{ij}^k\}$  в причинно-следственном звене "экстремальная ситуация - мероприятия охраны труда" являются способствующими событиями  $A_{ij}$  с вероятностью  $p(A_{ij})$ , т.е. гипотезы мероприятий  $M_{ij}$ .

В третьей главе дан анализ ИСУОТ, которые по функционально-целевому назначению являются основным звеном в цепи причинно-следственных отношений "внешняя среда - система управления - внешняя среда" и представляет собой весь спектр воздействий на составные системы обеспечения безопасности. В главе даны основные принципы системного подхода при разработке метода моделирования ИСУОТ.

Модель  $M_{\alpha}$  расширенной ИСУОТ, в соответствии с концепцией метода включает модели внешней среды на входе и выходе системы управления, т.е. включает причины и следствия и, следовательно, является автономной относительно всей остальной сферы внешней среды. ИСУОТ должна иметь такую организацию, чтобы при ее функционировании обеспечивалась бы за счет обранных связей уменьшение чувствительности к возмущающим воздействиям и изменениям параметров. Поэтому ИСУОТ можно представить следующим графом  $G_{RISUOT}$ , т.е. в нем выполняется условие  $C = \forall R(c_i)$ .

где  $C = \{c_i, i \in I\}$ ;  $I = \{1, 2, \dots, n_{ISUOT}\}$ ;  $n_{ISUOT} = |C|$  - множество вершин графа  $G_{ISUOT} = (C, R)$ ;  $R$  - задает соответствия между парами вершин графа  $G_{ISUOT}$ . Множество  $|C|$  графа  $G_{ISUOT}$  определяет подмножество входных переменных  $c_a$ ; выходных  $c_b$  и внутренних  $c_c$  вершин:  $c_a = \{e_{i_a}, i_a \in I\}$ ;  $c_b = \{e_{i_b}, i_b \in I\}$ ;  $c_c = \{e_{i_c}, i_c \in I\}$ , для которых  $C = c_a \cup c_b \cup c_c$ ;  $c_c = C \setminus (c_a \cup c_b)$ .

Учитывая причинно-следственные связи укрупненной модели  $M_R$ , систему уравнений, записанную для всех  $n_c$  вершин  $c_{i_c}$  графа  $G_{ISUOT}$  и  $n_a$  вершин  $c_{i_a}$  входных переменных  $x_a$ , можно представить в виде:

$$B_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n_c} D_{ij} B_j \cdot \sum_{a=1}^{n_a} \beta_{i_a} x_a; \quad i = 1, 2, \dots, n_c, \quad (3)$$

где  $D_{ij}$  - основные укрупненные преобразователи подсистем-звеньев, связанные со многими параметрами;  $\beta_{i_a}$  - коэффициенты - индикаторы событий. Некоторые переменные  $B_i$ , такие как  $M_{ij}$ , полученные в связи с изменением их значимости, принимаются за выходные, т.е.  $y_b = \gamma_{b_i} B_i$ ;  $b = 1, 2, \dots, n_y$ . при этом  $\gamma_{b_i}$  - коэффициенты - индикаторы.

$$\text{Система уравнений } x_a = \sum_{k=1}^{n_k} \alpha_{a_k} X_{ok}, \quad \alpha = 1, 2, \dots, n_a \quad (4)$$

математически задает модель  $M_{SVI}$  связей внешней среды с входными переменными  $x_a$  системы на входе, а система уравнений

$$y_{or} = \sum_{b=1}^{n_y} \rho_{r_b} y_b; \quad r = 1, 2, \dots, n_y \quad (5)$$

задает математическую модель связи выходных переменных УОТ.

Система уравнений (3) задает математическую модель ИСУОТ и должна состоять из многих линейных уравнений, основанных на переменных, исходящих от вершин двудольного графа  $G_{SVI}$ . группиров-

щих множества независимых переменных  $\{F_{ovpf}\}, \{u_{ij}^{nbn}\}$  и  $\{\Delta(BD)_m\}$  внешней среды на выходе. Система уравнений (3)-(5) задает модель *M<sub>RISUOT</sub>*.

Далее в главе раскрывается сущность атрибутивных множеств системных звеньев ИСУОТ. Основными источниками генерации атрибутивных множеств выступают алгоритмы к ЭП по обработке статистических выборок и данных исследований характера распределения значимостей воздействующих на СОБУТ факторов.

Глава четвертая посвящена исследованиям этого характера распределения. Идентичность распределения значимостей воздействующих на СОБУТ факторов в моделируемых объектах и распределении элементов системы в структуре ее модели обеспечит адекватность последней. В основу методологии исследований положено изучение характера распределения показателей временной нетрудоспособности  $y_{nt}$  по нозологическим формам (статотчетность: форма 16 вн), а изменение параметров условий труда - по данным регулярных наблюдений и замеров отклонений параметров ОБПФ от их нормативных значений. При этом использовался регрессионно-дисперсный метод анализа долевого  $y_{nt}$  превалирующих ОБПФ в формировании фактических показателей  $y_{nt}$  (в чел.-днях временной нетрудоспособности работающих, связанной с неблагоприятными условиями труда). Влияние ОБПФ на возникновение остаточного риска и, следовательно, на фактическое формирование СОБУТ, выявление закономерности распределений значимостей факторов исследовалось в результате анализа многочисленных статистических данных Министерства хлебопродуктов РСФСР, УССР и МССР за ряд лет.

Схема алгоритма определения  $y_{nt}$  конкретных ОБПФ следующая: 1) Показания контрольных приборов, статистика и данные экспертных исследований формируют матрицы наблюдений

$$Y_{N \times K} = \| F_{ij} \| \quad \text{порядка } N \times K. \quad (6)$$

При этом ранг матриц -  $N$  ,  $i = 1, 2, \dots, N$  ;  $j = 1, 2, \dots, K$  ,  
 г.е  $i = 1$  приравнивается  $K$  - мерной случайной величине (отклоне-  
 ние от нормы  $y_{0i}$ ), коррелируемой с другими переменными  
 ( $j \neq 1$ ). За каждым  $j$  фиксируется код и наименование ОВПФ:  
 2) Создается исходная корреляционная матрица  $R_{K \times K} = \| \rho_{F_j, F_k} \|$  ,  
 где коэффициент корреляции  $\rho_{F_j, F_k} = \mu_{F_j F_k} / \sigma_{F_j} \sigma_{F_k}$  ;  $\mu$  -  
 ковариация двух случайных величин  $F_j$  и  $F_k$  ;  $\sigma$  - средне-  
 квадратическое отклонение случайной величины  $F_j$  ; 3) Строится  
 ковариационная матрица  $C_{K \times K} = \| c_{ij} \|$  , где  $c_{ij} = \text{Cov} \{ \mu_{ij}^k \}$   
 при  $i, j$  ; 4) Рассчитывается определитель  $D$  матрицы  $C_{K \times K}$   
 и все алгебраические дополнения к нему; 5) Определяются коэффи-  
 циенты множественной регрессии  $\beta_{i1}$  на  $F_{i2}, F_{i3}, \dots, F_{ik}, \dots$   
 $\dots, \beta_{i(k-1)}$  ;  $\beta_{12, 34 \dots k}, \beta_{13, 24 \dots k}, \dots, \beta_{1k, 23 \dots (k-1)}$  ,  
 где  $\beta_{12} = - \frac{D_{12}}{D_{11}}$  ,  $\beta_{13} = - \frac{D_{13}}{D_{11}}$  ,  $\dots$  ; а  $D_{11}, D_{12}, D_{13}, \dots$  -  
 соответствующие алгебраические дополнения  $D$  ; 6) Рассматривае-  
 мые величины  $\beta_{i1}$  и  $\{ \beta_{i2}, \beta_{i3}, \dots, \beta_{ik} \}$  , т.е.  $\beta_{2, \dots, k}$  ,  
 являются зависимыми и эта зависимость не является функциональ-  
 ной, а носит стохастический характер.

Выбранные нами случайные величины безразмерны, т.к. матри-  
 цы типа (6) своими элементами содержат только значения отклоне-  
 ний от норм, которые рассматриваются как единицы. Остаточная  
 дисперсия величины  $\beta_{2, \dots, k}$  , относительно величины  $\beta_{i1}$   
 измеряет величину ошибки, допускаемой при использовании стоха-  
 стической зависимости  $\beta_{2, \dots, k} = g(\beta_{i1})$  . Чем больше остаточная  
 дисперсия, тем больше влияние случайной величины  $\beta_{ij}$  . В кон-  
 це этого этапа подсчитываются значения остаточной  $\beta_{i1}$  относи-  
 тельно остальных переменных

$$\sigma_{1,2,3 \dots k}^2 = \mu_{11} + \frac{D_{12}}{D_{11}} \mu_{12} + \frac{D_{13}}{D_{11}} \mu_{13} + \dots$$

ДНБ, им. Д.С. Стефанюка  
 АРМ країни (7)

Преобразуется матрица  $C_{k \times k}$  с определителем  $D$  в матрицу  ${}^2C_{k \times k}$  с определителем  ${}^2D$ , т.е. меняются местами матричный столбец первый со вторым и повторяются операции с этапа 2 до этапа 6, определив в результате  $G_{2, 13, \dots, k}^2$ ; 7) Далее повторяются операции этапов 2 - 6 столько раз, сколько требуется для получения всех остаточных дисперсий  $G_{k, 13, \dots}^2$ ; 8) Строится вариационный ряд  $G^2$ , т.е. определяются императивные ОВПФ, формирующие по значению  $Y_{nf}$  определенной нозологической формы; 9) Определяются  ${}^i Y_{nf} = Y_{nf} \frac{G_j^2}{\sum_{j=2}^k G_j^2}$ ; 10) Ранжируются значения долевых составляющих:

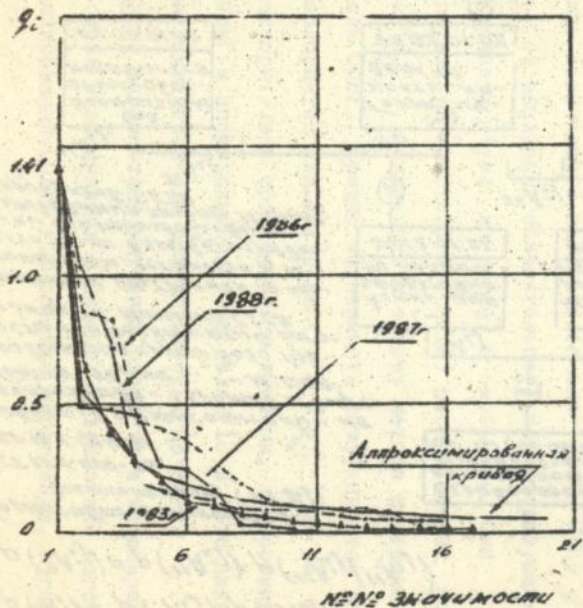
$${}^1 Y_{nf} > {}^2 Y_{nf} > \dots > {}^k Y_{nf}.$$

В результате проведенного таким образом анализа исследовалась закономерность распределения значимостей ОВПФ. Зависимость значений коэффициентов весомостей  $g_i$  от значимостей ОВПФ, полученная по данным исследований видна на графиках, приведенных на рис. 2. При выявлении долевого участия ОВПФ в показателях  $Y_{nf}$  для различных нозологических форм использовались также данные исследований НИИ гигиены и профзаб заболеваний АМН СССР по московскому мелькомбинату № I им. Н.Д. Цирупы, Финницкого медицинского института при обследовании рабочих Воронежского комбината хлебопродуктов и др.

Закономерность убывания значимостей мероприятий и средств защиты  $M_{ij}$  связана с их возможностью предотвратить экстремальную (см. рис. 3) ситуацию (событие  $A_i$ ) и вероятность  $\rho(-A_{ij})$  быть не выполненным (дать "отказ"). Значения  $\rho(-A_{ij})$  определялись соответствующей обработкой статистических данных об авариях, взрывах, несчастных случаях через причины (т.е. "отказы"  ${}^3 M_{ij}$ ) или посредством обработки матриц наблюдений:

$$\tau_{N \times X} = \| \tau_{ij} \|; \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad X = 1, 2, \dots, X; \quad (8)$$

Зависимость  $g_i$  -  $N_i$  значимости  
 ОВПФ по статистическим данным  
 Бендерского КХП за ряд лет



Закономерность распределения  
 средних (30 лет) значений  $g_i^c$  по данным  
 статистичности обследованных (6 КХП)  
 предприятий отрасли

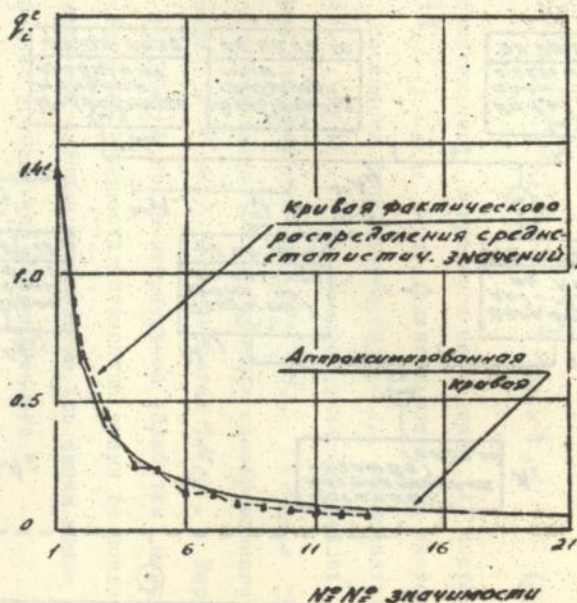


Рис. 2



$$\tau_{x,x} = \|\tau_{эс,x}\|; \quad c = 1, 2, \dots, k \quad (9)$$

$$\rho(\overset{э}{A}_{ij} | \overset{эс}{A}_{ij})_{N_{k,x}} = \|\bar{z}_{эс,x}\|, \quad (10)$$

где  $\tau_{эс,x}$  — продолжительность очередного наблюдения  $x$  состояния невыполнения  $\overset{э}{A}_{ij}$ ;  $\tau_{эс,x}$  — продолжительность при очередном наблюдении  $x$  состояния сопутствующего  $\overset{эс}{M}_{ij}$  мероприятия мероприятию  $\overset{э}{M}_{ij}$ ;  $\rho(\overset{э}{A}_{ij} | \overset{эс}{A}_{ij})$  — условная вероятность события  $\overset{э}{A}_{ij}$  при одновременном событии  $\overset{эс}{A}_{ij}$ ;  $\bar{z}_{эс,x}$  — продолжительность при очередном  $x$  наблюдении одновременного невыполнения мероприятия  $\overset{эс}{M}_{ij}$  и мероприятия  $\overset{э}{M}_{ij}$ . Вероятность  $\rho(\overset{э}{A}_{ij})$  и  $\rho(\overset{эс}{A}_{ij})$  после итеративной обработки массива данных определялась как среднестатистическое время за реализуемый  $\tau_p$  период, при котором мероприятие (со своим кодом и индексами) пребывает в состоянии невыполненного.

Исследования, результаты которых приведены в этой главе, позволили выявить зависимости показателей значимости ОРПФ  $q_i$  и мероприятия  $q_{ij}$  от различных обстоятельств, характеризующих состояние безопасности (условий труда) по объекту. Они подтвердили концептуальную гипотезу (1) и (2) распределений показателей  $q_i$  и  $q_{ij}$ , положенную в основу метода построения адекватной модели СОБУТ. Кривые зависимости коэффициентов весомости ОРПФ и мероприятий охраны труда ( $q_i$  и  $q_{ij}$ ) от их значимостей удовлетворительно согласуются с кривыми, построенными по (1) и (2). Ошибки аппроксимации в пределах 10%, что находится в пределах приемлемости для статистических моделей.

В главе пятой разработана методика создания и моделирования ИСУОТ, обоснованы ее функции и задачи, разработаны алгоритмы и метод моделирования СОБУТ как объекта управления, алгоритмы

мы обработки информации для сравнения различных вариантов и принятия управленческих решений. Здесь дан метод построения модели нормативного состояния ОУ, т.е. по сути проектирования самой СБУТ и метод оперативного машинного моделирования этой системы в состоянии на текущий момент времени  $t$  с использованием разработанных в диссертации специальных алгоритмов (СА).

В первом случае, кроме разработанных методов исследования ОУ, алгоритма СА-01 определения  $J_{ynt}$ , особого способа кодирования  $M_{ij}^k$  (мероприятий охраны труда) и др. разработок, используются следующие СА: 1) СА-1 - алгоритм определения номеров значимости „ $n$ “ ОВПФ; 2) СА-2 - алгоритм построения убывающих рядов  $q_{nm}$  показателей значимости „ $m$ “ мероприятия ОТ. В результате на компьютере рассчитываются следующие показатели СБУТ с учетом нормативных требований:

$$W_n^H = V_n^{max} \cdot [\rho^n(A_n)], \quad (11)$$

$$\sum_{n=1}^N W_n^H \ll Q^H = \sum_{\substack{n=1 \\ m=1}}^{N,M} q_{nm}, \quad (12)$$

где  $W_n^H$  - показатель нормативного остаточного риска, допускаемый стандартом, вероятность  $\rho^n$  события  $A_n$ , соответствующего моменту начала сверхнормативного действия  $n$ -ного ОВПФ, а  $V_n^{max}$  - возможный ущерб.

В развитие концептуальной гипотезы (1) и (2) основу СА-1 составили следующие теоретические принципы: а) общий характер распределения показателей  $W_n$  идентичен характеру распределения показателей  $q_i$ ; б) весовой коэффициент  $q_n$  фактора с кодом  $F_{i,j}$ , которому соответствует наибольший по значению показатель  $W_n$ , приравнивается к  $q_i$  при  $i=1$ , определяемого по формуле (1); в) индексы „ $n$ “ могут быть дробными (способствует адекватности модели); г) в убывающем ряду значимостей ОВПФ

отдельные порядковые номера могут отсутствовать, что отвечает логике формирования фактической структуры СОБУТ, а также возможности возникновения новой опасности в ходе технологических процессов.

Во втором случае, кроме СА-1, СА-2 и указанных методов (исследования ОУ, итеративной обработки (8) данных контроля и др.), используется алгоритм СА-3 построения СОБУТ по состоянию в любой момент времени  $t$ .

На этом этапе функционирования алгоритмов и ЭВМ, что по сути является работой блока элементов-эвеньев автоматизированной информационной СУОТ, в результате итеративной обработки данных контроля состояния СОБУТ выдаются значения показателей состояния охраны труда в момент  $t$ : коэффициент охраны труда

$$K_{от} = \frac{\sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(+)} / Q^H}{\sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(+)} + FV / \sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(-FV)}}; \text{ коэффициент промсанитарии } K_{пс} = \frac{\sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(+)} + FO / \sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(-FO)}}{\sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(+)} + FV / \sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(-FV)}}; \text{ общей безопасности } K_0 = \frac{\sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(+)} + FO / \sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(-FO)}}{\sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(+)} + FV / \sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(-FV)}} \text{ и коэффициент стимулирования за работу по охране труда:}$$

$$K_c = \left\{ \left[ \sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(+)} - \sum_{n=1}^{NM} q_{nm}^{(+, НК)} \right] + \sum_{n=1}^{NM} q_{nm} \right\} / \left[ Q^H - \sum_{n=1}^{NM} q_{nm} \right]. \quad (13)$$

В формулах блока (13) введены индексы-идентификаторы: "+" - мероприятие охраны труда (ОТ)  $M_{nm}$ , находящееся в модели в точке с координатами "nm"; выполняются полностью и качественно; "VZ" - мероприятие  $M_{nm}$ , обеспечивающее взрывобезопасность; "FV" - тоже промсанитария; "FO" - тоже общую безопасность; "НК" - мероприятие, выполнение которого не зависит от труда стимулируемого работника.

Разработанный метод моделирования СОБУТ позволяет адекватно отражать состояние объекта моделирования, т.к. СА-1 обоснованно обеспечивает, учитывая  $\rho A_{nm}$  и  $\rho A_n$  текущего момента, фактические места ("п") ОБПФ и места ("m") мероприятий охраны труда.

При этом компьютер оперативно определяет и меняющиеся значения показателей их весомостей ( $q_n$  и  $q_{nm}$ ). В результате, используя лучшую матричную модель, рассчитываются все необходимые показатели состояния охраны труда. Таким образом, оценка дается не только количественная, но и качественная, т.к. на модели (различными идентификаторами) "высвечиваются" все "отказавшие" элементы СОБУТ, а из базы оперативных данных компьютер выдает их характеристики.

Алгоритмы СА-4 и СА-5, разработанные и описанные в последней главе, позволяют автоматизировать процесс создания массива "Прогноз" в базе данных ИС.СТ и формирования пяти вариантов управленческих решений по стабилизации и постоянного приближения состояния СОБУТ к нормативным ее возможностям функционирования.

Массив "Прогноз" состоит из отдельных подмассивов промежуточных выходных данных о долях показателей социально-экономической эффективности охраны труда связанных с выполнением каждого  $n$ -ного мероприятия или средства защиты СОБУТ, способствующего удержанию воздействия от  $n$ -ного ОВПФ в нормативных пределах. Данные массива выдаются на дискей компьютера или табуляграммами, примеры которых даны в приложении к диссертации. В приложениях, кстати, дан и созданный автором метод активного обучения работающих охране труда с применением специальных тестов и технических средств обучения (применительно к ИСУОТ, что в совокупности выступает в качестве элемента - звена этой системы.

Информация массива представляет собой приращенная  $\Delta$  показатели  $K_{от}$ ,  $K_{вз}$ ,  $K_{лс}$ ,  $K_0$ ;  $K_c$ , а также таких как  $Y$  (общая заболеваемость, связанная с неблагоприятными условиями труда, как  $Z$  (общий экологический эффект от мероприятий охраны труда) и других, обусловленных восстановлением функционирования мер и средств защиты с показателями весомости  $q_{nm}^{(n-?)}$ .

Эти оперативные данные обработки контрольных наблюдений с помощью СА-5 и компьютера предлагают для анализа пять управленческих решений:  $U-1$  - с приоритетом взрывобезопасности;  $U-2$  - тоже снижения общей заболеваемости  $Y$ ;  $U-3$  - тоже максимального снижения травматизма;  $U-4$  - тоже  $K_{от}$  и  $U-5$  - с приоритетом наибольшего экономэффекта. Каждый из пяти вариантов формируется с условным ограничением  $\sum Z_{от} \leq Z_{пл}$ , т.е. сумма затрат на обеспечение функционирования "отказных" мероприятий не должна превышать плановых затрат на охрану труда. Здесь восстановление функционирования  $M_{от}$  выступает как пополнение ОБУТ временно отсутствовавшего в системе элемента, а цепочка работ по восстановлению выступает как элемент-звено другой системы - ИСУОТ.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной работе решена важная для народного хозяйства проблема создания метода оценки состояний систем обеспечения безопасности и создания автоматизированных информационных систем управления охраной труда. В ходе исследований разработаны новые теоретические положения, принцип построения методов и алгоритмов моделирования объекта управления как системы обеспечения безопасности и благоприятных условий труда и моделирования самой информационной системы управления охраной труда.

Внедрение автоматизированных информационных систем управления охраной труда, разрабатываемых по предложенной методологии, обеспечит значительный социальный и экономический эффект, конкретное значение которого мы не определили после качественной эксплуатации системы на промышленном объекте в течение нескольких лет. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения аналогичной ИСУОТ, разработанной для Министерства хлебо-

продуктов Молдавии Одесским технологическим институтом пищев. промышленности им. М.Е. Ломоносова по договору № 8/80, был определен суммой в 6 300 000 рублей.

Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные автором и описанные в данной работе, позволили создать обоснованную методологию конструирования автоматизированных информационных систем управления охраной труда на промышленных объектах (на примере предприятий по хранению и переработке зерна), обеспечивающих решение основных проблем создания безопасности и требуемых условий труда в процессе общего управления предприятием или другим промышленным объектом.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Харитонов А.И. Вводный инструктаж по охране труда для работников пищевой промышленности: Метод. пособие к плакатам. - Киев: Урожай, 1991. - 40 с.

2. Инструкция по определению состояния уровня безопасности и комфортности труда на промышленных объектах отрасли. Разработана УТИП. Исполнитель А.И. Харитонов. - Утв. 9 июля 1987 Мин. хлебопродуктов МССР. - Одесса, 1987.

3. Харитонов А.И. Подготовка исходной информации для расчета сетевых графиков на ЭЕМ //Новое на стройках Мордовской АССР. Ученые записки № 65. Саранск, 1965.

4. Харитонов А.И. По сетевому графику //Ученые записки Мордовского госуниверситета № 67. Саранск, 1969.

5. Харитонов А.И. Определение напряжений в арматуре при расчете на выносливость балок, работающих на изгиб с кручением //Строительные конструкции и механика: рунтов. Ученые записки Мордовского госуниверситета № 73. Саранск, 1969.

6. Харитонов А.И. Математическая модель управления систем охраной труда /Механизация и автоматизация управления, № I. - Киев, 1990.
7. Харитонов А.И. Моделирование и ЭЕМ в активизации методов обучения / Автоматизированные средства обучения информатики в техническом вузе. - Москва, 1991.
8. Харитонов А.И., Тарасюк Л.И. Повышение безопасности в условиях функционирования АСУ охраной труда / Механизация и автоматизация управления. - Киев. - 1992. - № 2. - с. 38-40.
9. Харитонов А.И., Аршакуни Д.В. Тестовые методы в изучении вопросов охраны труда / Пищевая и перерабатывающая пром-сть. - Москва. - 1986. - № I. - С. 36-37.
10. Харитонов А.И., Аршакуни Д.В. Научный подход к обучению безопасности труда / Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть. - Москва. - 1985. - № II. - С. 15-20.
11. Харитонов А.И., Розин Д.М. Знание техники безопасности проверяет машина / Сельское строительство. - Москва, № 7, 1978.
12. Харитонов А.И. Методические указания по обучению и контролю знаний охраны труда. ЦБТИ Минзага УССР. - Киев, 1984.
13. Харитонов А.И., Пучкова Л.Н. Выбор геометрических элементов форм звукоизоляционных кабин управления. - ОДНТИ, №87-047. - Одесса, 1987.
14. Харитонов А.И. Концепция оценки безопасности жизнедеятельности //52-я научная конференция, посвященная 90-летию ОТИПП им. М.В.Ломоносова. - Тез. докл. - Одесса, 1992.
15. Харитонов А.И. Автоматизированная система управления охраной труда. - Одесса, 1990. С. 3. - ИД № 90-069 РГАСНТ 05.01.93.
16. Харитонов А.И., Волчок А.Н., Тарасюк Л.И. Использование АСУ охраной труда для повышения безопасности производства //Тез.

докл. Республ. науч.-техн. конф. "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающие отрасли АПК", 24-26 сентября 1991. - Киев, 1991. - 461 с.

17. Харитонов А.И., Болчок А.И. Метод моделирования системы обеспечения безопасности. ОЦНТИ: ИЛ № 91-024. - Одесса, 1991.

18. Харитонов А.И. Основы построения и математическая модель АСУ охраной труда // Применение ЭЕМ в охране труда: Тез. докл. Всесоюзный симпозиум, Херсон, сентябрь 1989 г.

19. Харитонов А.И. Система активизации управления экологической безопасностью (САУЭБ). - Одесса, 1991. - С. 3. ИЛ №003-91/Р.

20. Харитонов А.И. Тестовые методы обучения и проверки знаний по безопасности труда. - ОЦНТИ, № 87-010, Одесса, 1987.

21. Харитонов А.И., Болчок А.И. Способ организации стимулирования за работу по охране труда. ОЦНТИ, № 058-91. - Одесса, 1991.

22. Харитонов А.И. Особенности внедрения АСУ охраной труда на предприятиях пищевой промышленности // Всесоюзная научная конференция "Средства и системы управления" ВНИИМ. - Херсон, 1990.

23. Харитонов А.И., Болчок А.И. Метод активного обучения охране труда. ОЦНТИ, № 068-91, РГАСНТИ 55.01.93. - Одесса, 1991.

24. Харитонов А.И. Критерия комплексных оценок в АСУ охраной труда // Юбилейная 50-я науч.практ. конф. ОТИП им. М.В.Ломоносова: Тез. докл., - Одесса, 1990.

25. Харитонов А.И., Тарасюк Л.И., Дашдамиров Н.Л. Комплексный критерий стимулирования работ по охране труда // Тез. докл. Юбилейной 50-й науч.практ. конф. ОТИП им.М.В.Ломоносова, 15-19 мая 1990. - Одесса, - С. 281.

26. Харитонов А.И., Парамонов И.А., Сахарова Э.И. Исследования качества информации для некоторых задач АСУ охраной труда



Харитонов А.И. Моделирование и оценка состояния систем безопасности.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях. Одесский государственный политехнический университет, Одесса, 1994. Рукопись.

Защищается 30 научных работ, которые содержат теоретические исследования систем обеспечения безопасности и благоприятных условий труда, изменений их состояния и оценок уровня безопасности, а также результаты экспериментально-статистических исследований. Выявлена закономерность распределения показателей риска и опасностей, построены математические модели объекта управления в охране труда, алгоритмы вариантов решений, прогнозирования. Осуществлено промышленное внедрение информационных систем управления охраной труда на предприятиях зерноперерабатывающей отрасли.

Ключеві слова:

модування, систем безпеки, математичні методи, алгоритми, оцінка стану, управління.

Kharitonov A.I. Modelling and assessment of the security systems condition.

Dissertation for the degree of technical Sciences Doctor on speciality 05.13.16 - the use of computer facilities; mathematical modelling and the mathematical methods in researches, Odessa State Politechnical University, Odessa, 1994. Manuscript. To be maintained 30 research articles which contain theoretical investigations of their state variations and security level assessments, and the results of the statistical and experimental investigations. The Panging mechanism of the risk and dangers indexes was determined, mathematical models of the controlled entity in labour protection, versions of calculating decisions and prediction were worked out. Adoption of the labour protection informative control systems was carried out at the enterprises.



Подп. к печати 20.03.94г. Формат 60x84 1/16.  
Объем 2,0 п. л. ; Зуч. изд. л. Заказ № 917. Тираж 100 экз.  
Горти. эграфия Одесского управления по печати, цех №3.  
Ленина 49.



458692

AB 30.872

**AB 30.872**