

Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта

На правах рукописи

СОКОЛОВ Александр Иосифович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ
ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

05.22.20 - Эксплуатация и ремонт средств транспорта

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
САМСОНКИН Валерий Николаевич
доктор технических наук, доцент

Харьков - 2000

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	4
РАЗДЕЛ 1 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ Поездов на ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	11
1.1. Обзор подходов совершенствования системы управления железнодорожным транспортом	11
1.2. Основные принципы учета и контроля нарушений в перево- зонном процессе	22
1.3. Анализ организационных структур контроля безопасности движения на железных дорогах мира	32
1.4. Подходы к анализу статистики нарушений безопасности движения на железнодорожном транспорте	35
1.5. Постановка задачи исследования	42
Выводы к разделу 1	45
РАЗДЕЛ 2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ	46
2.1 Представление перевозочного процесса в толерантных про- странствах	46
2.2 Разработка репродуктивной проточной модели функциониро- вания железнодорожного транспорта	52
2.3 . Результаты экспериментов с моделью проточной системы	62
Выводы к разделу 2	85
РАЗДЕЛ 3 РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	87
3.1 Определение пространства состояний безопасности железнодорожной системы	87

3.2	Разработка метода структурирования информации о нарушениях безопасности движения	92
3.3	Разработка метода анализа событий нарушения безопасности	98
3.4	Математическая модель структурированной статистики нарушений безопасности движения	107
3.5	Разработка принципов и метода систематизации информации о нарушении безопасности движения	113
3.6	Разработка обобщенного алгоритма контроля и оценки факторов, влияющих на безопасность железнодорожного транспорта	121
	Выводы к разделу 3	130
	РАЗДЕЛ 4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗРАБОТАННЫХ ПОДХОДОВ КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ УКРАИНЫ	132
4.1.	Система управления безопасностью на железных дорогах Украины	132
4.2.	Многомерный анализ информации о качестве перевозочного процесса	141
4.3.	Классификация нарушений в перевозочном процессе на примере службы вагонного хозяйства	150
	Выводы к разделу 4	156
	ВЫВОДЫ ПО ДИССЕРТАЦИИ	171
	Список использованных источников	174
	Приложение А	185
	Приложение Б	207
	Приложение В	211

ВВЕДЕНИЕ

Нарушение условий безопасности движения на железнодорожном транспорте приводит к потере пропускной способности железных дорог и огромному экономическому ущербу [37]. Существующая доктрина мероприятий, направленных на повышение безопасности движения, ориентирована на выявление непосредственной причины происшествия, определение прямых виновников и неотвратимость их наказания, подробную регламентацию норм и правил безопасности. Однако нельзя создать инструкцию, в которой можно было бы предусмотреть все опасные ситуации и определить необходимые действия персонала.

Для поиска эффективных путей повышения безопасности движения поездов следует с общих позиций системотехники рассмотреть основные особенности образования опасных ситуаций, последовательности неблагоприятных событий, предпосылок к происшествиям и сами происшествия в процессе функционирования железнодорожного транспорта как сложной многоуровневой человеко-машинной системы. Безопасность функционирования железнодорожного транспорта должна рассматриваться с учетом всех факторов. Конечная цель проблемы безопасности - это синтез методологии анализа состояния транспорта как системы и построение системы управления безопасностью.

Сегодня не существует количественной теории безопасности, поэтому непосредственно безопасность определить невозможно. Это делается косвенным путем - посредством обработки информации о нарушениях безопасности.

Создавая систему безопасности на железнодорожном транспорте, следует рассмотреть основные понятия данной предметной области. В настоящее время нет общепринятых терминов и определений, которыми необходимо пользоваться при рассмотрении вопросов управления и обеспечения безопасности движения. Поэтому следует ввести основные понятия

и определения, которые используются в данной диссертационной работе. Под безопасностью транспортной системы будем понимать ее способность функционировать в заданных пределах параметров, обеспечивающих выполнение транспортной работы и исключающих (минимизирующих) нарушения, которые являются либо потенциальной, либо реализованной угрозой для жизни и здоровья пассажиров, сохранности транспортной системы и грузов, а также экологии окружающей среды. Это способность системы изменять свои параметры в случае возникновения потенциальной угрозы для недопущения ее дальнейшего развития.

Транспортное происшествие - это сложное событие, являющееся финальным в цепи нарушений безопасности, имеющих причинно-следственные связи. С позиций системного анализа появление транспортных происшествий следует рассматривать как реакцию железнодорожного комплекса на накопление, развитие и проявление негативных тенденций и явлений при его функционировании.

Под фактором будем понимать тип воздействия элементов внешней и внутренней среды человеко-машинной системы на протекание технологического процесса функционирования железнодорожной транспортной системы.

Перспективная стратегия борьбы с аварийностью заключается в профилактике причин возникновения и развития аварийных ситуаций на возможно ранней стадии, не допуская их перерастания в транспортные происшествия. На смену принципу «реагировать и выправлять» должен прийти принцип «предвидеть и предупреждать», что требует создания научной теории безопасности.

Данная диссертация является вкладом в создаваемую количественную теорию безопасности на железнодорожном транспорте и в транспортных системах.

Актуальность темы. Состояние и эффективность работы железнодорожного транспорта как крупнейшей составляющей транспортной сис-

темы Украины являются определяющими для нормального функционирования всей экономики государства. В 1999 году на железнодорожный транспорт пришлось более 78.4% всего грузооборота в тонно-км, по тоннажу этот процент составил 23.4%. Доля железнодорожного транспорта в пассажирообороте составила почти 64.1% млн.пасс.-км и 18.7% перевезенных пассажиров. Важнейшим показателем деятельности железнодорожного транспорта является безопасность движения. Повышение уровня безопасности, а следовательно эффективности, деятельности железнодорожного (ж.д.) транспорта практически равнозначно введению дополнительных производственных мощностей в отраслях экономики: случаи нарушения безопасности снижают пропускную способность железных дорог на 10 - 15%, при этом прямые убытки только из-за крушений и аварий за четыре года (1996-1999) составили на Украине 15.7 млн. гривен.

Последние 10-15 лет произошли и происходят существенные структурные, социальные, экономические изменения в условиях работы железнодорожного транспорта как Украины, так и других стран. Широко внедрены и внедряются современные технические средства информатики. Существующая система обеспечения безопасности ж.д. транспорта все в большей мере требует усовершенствования для соответствия требованиям функционирования отрасли. Все это в целом определяет актуальность проблемы разработки подходов и методов повышения уровня безопасности перевозочного процесса, что и определило выбор темы диссертационного исследования.

Эффективность деятельности железнодорожного транспорта как системы определяется знанием его состояния, способностью управлять им и точностью алгоритмов управления. Практически в это обобщающее понятие входят надежность, ремонтпригодность системы, контроль износа и затрат на восстановление, проведение исследований по наиболее важным направлениям составляющих компонентов безопасности движения, внедрение научных достижений в жизнь.

Важнейшей задачей становится разработка научно обоснованной интегральной методики учета влияния различных факторов на безопасность движения ж. д. транспорта.

Все многообразие возникающих вопросов требует современных средств сбора и обработки необходимой информации, целенаправленного использования полученных результатов для координации отрасли, наличия обратной связи о выполняемых действиях. Решение такого рода задач становится все более реальным в связи с возможностью системного использования компьютерной техники, которая дает возможность расширить объем контролируемой информации, обеспечить ее оперативную обработку и при наличии математических моделей, отражающих развитие процесса, обеспечить опережающее прогнозирование состояния управляемой системы.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена соответственно «Программе повышения безопасности движения на железных дорогах в 1997 - 2001 годах», утвержденной постановлением Кабинета Министров Украины от 22.04.97 г. №367.

Цель исследования. Решение научной задачи по теоретическому обоснованию и разработке методов контроля и управления безопасностью движения поездов на железных дорогах Украины в современных условиях.

Задачи исследования. 1. Анализ существующих методов контроля безопасности движения на железных дорогах мира в отечественной и зарубежной литературе.

2. Выявление значимости факторов, влияющих на безопасность движения ж.д. транспорта.

3. Разработка математических моделей перевозочного процесса на ж.д. транспорте с целью выбора оптимальных его параметров с точки зрения безопасности движения.

4. Теоретическое обоснование методов классификации и структурирования информации, характеризующей безопасность движения.

5. Разработка и обоснование основных принципов системы управления безопасностью на железнодорожном транспорте Украины.
6. Разработка алгоритмов идентификации и прогнозирования состояния безопасности движения на ж.д. транспорта.
7. Применение разработанных подходов и методов при анализе информации о браках в поездной и маневровой работе на железных дорогах Украины для поддержки принятия решений.

Объект исследования - железнодорожный транспорт как система.

Предмет исследования - безопасность движения при эксплуатации железнодорожного транспорта.

Методы исследования^ В диссертации использовались аналитические, экспериментальные, статистические методы. При разработке модели перевозочного процесса применены теория дифференциальных уравнений, теория множеств, численные методы прикладной математики, методика и языки программирования для цифровых ЭВМ, математическое моделирование. Разработка подходов и методов контроля, оценки и управления безопасностью на ж.д. транспорте потребовала применения теории систем, теории вероятностей, теории алгоритмов. Разработка принципов системы управления безопасностью и поддержки принятия решений предполагает применение системного подхода, теории управления, теории информации, математической статистики.

Научная новизна полученных результатов. Деятельность ж.д. транспорта как единой системы впервые рассмотрена в толерантных пространствах событий (в пространствах с неточной логикой).

Предложено решение, отражающее оптимальное соотношение надежности, устойчивости и ремонтпригодности ж.д. транспорта.

Теоретически обоснована методология идентификации и прогнозирования безопасности ж.д. транспорта как сложной взаимосвязанной системы «человек-техника-среда».

Предложена методика и способ классификации нарушений безопасности движения и их причин в перевозочном процессе.

Разработана методика анализа эффективности использования кадрового состава на ж.д. транспорте.

Впервые предложена методика адаптивной систематизации событий и причин нарушения безопасности.

Практическая значимость полученных результатов. Разработанные в диссертации положения были использованы при построении информационной базы и подсистемы анализа в составе автоматизированного рабочего места Главного ревизора по безопасности движения поездов и автотранспорта Укрзалізниці (АРМ ЦРБ). Полученные результаты могут быть использованы при создании системы управления кадровым составом на предприятиях и в объединениях, обосновании программ повышения безопасности, эффективном планировании ремонтных работ, осуществлении технической политики различных хозяйств ж.д. транспорта. Материалы диссертации использованы при подготовке и чтении курса «Безопасность движения» в Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта, Институте переподготовки и повышения квалификации кадров при ХарГАЖТ, а также при проведении занятий на курсах повышения квалификации в Киевском институте инженеров железнодорожного транспорта в 1998-2000г.г.

Личный вклад соискателя. Результаты научных разработок и положения, выносимые на защиту, представляют самостоятельный законченный научный труд. Внедрение разработок осуществлялось под руководством автора. В публикациях в соавторстве диссертанту принадлежат (согласно списку публикаций в конце автореферата): 1 - сбор и анализ данных Главных управлений Государственной администрации железнодорожного транспорта Украины о наличии технических средств контроля и обучения; 2 - определение понятия и основных принципов управления безопасностью на ж.д. транспорте Украины; 3 - определены требования к классификации причинно-следственных связей, ее структуре; 4 - произведена классификация причинно-следственных связей в случаях брака и бра-

ка особого учета; 7 - построена математическая модель, описывающая перевозочный процесс на железнодорожном транспорте в терминах теории проточных систем; 8 - предложена структура аналитической работы в рамках АРМ ЦРБ. Автором лично спланированы экспертные оценки по определению влияния факторов в статистике браков перевозочного процесса на железных дорогах Украины; обоснована система классификации наблюдаемых браков, что позволяет вводить новые понятия по мере их накопления и упразднять те, которые утратили свою значимость; сформулированы необходимые и достаточные условия паспортизации и контроля кадрового потенциала отрасли, как одного из определяющих факторов функционирования системы «человек - объект управления - среда».

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на 2-ой международной конференции «Человеческий фактор в вопросах безопасности на железнодорожном транспорте. Проблемы железнодорожной медицины» (г. Харьков, 1996 г.), 10-ой и 11-ой международных конференциях «Перспективные системы управления на железнодорожном и городском транспорте» (г. Алушта, 1997 и 1998 гг.), на совещании главных ревизоров безопасности движения государств СНГ (1997, 1999 гг., г. Москва), 3-й международной научной конференции «Влияние человеческого фактора на безопасность движения на железнодорожном транспорте» (г. Луганск, 1999 г.), научно-практической конференции «Безопасность движения поездов» (г. Москва, 1999 г.), научно-технических конференциях ХарГАЖТ.

Публикации. По теме диссертации опубликовано восемь печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, выводов, трех приложений. Общий объем 213 страниц, из которых 27 иллюстраций на 36 страницах, 3 таблиц на 16 страницах, список использованных литературных источников из 112 наименований, трех приложений на 29 страницах.

РАЗДЕЛ 1

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Функционирование железнодорожного (ж.д.) транспорта связано с широким кругом комплексных проблем. Решение каждой из них в отдельности породило свою терминологию, теоретический аппарат, самостоятельное научное направление. Полученные результаты находят широкое применение, выходящее за пределы ж. д. транспорта. Одной из таких проблем есть проблема обеспечения безопасности перевозочного процесса. Структура диссертации представлена на рис. 1.1.

Последнее время в железнодорожных компаниях мира происходят существенные изменения в структуре их деятельности. Это приводит к необходимости корректировки и изменения некоторых функций. В данном разделе представлен анализ существующих подходов к организации деятельности и структур управления железнодорожным транспортом.

1.1. Обзор подходов совершенствования системы управления железнодорожным транспортом

Система управления ж.д. транспортом в странах СНГ, в том числе и на Украине, в её настоящем виде сложилась в условиях централизованного планирования. Вопросы финансово-экономической эффективности работы дорог в то время не имели приоритетного значения. Расходы на их развитие осуществлялись из госбюджета. Вопросы ценообразования, потребностей в перевозках, направления и

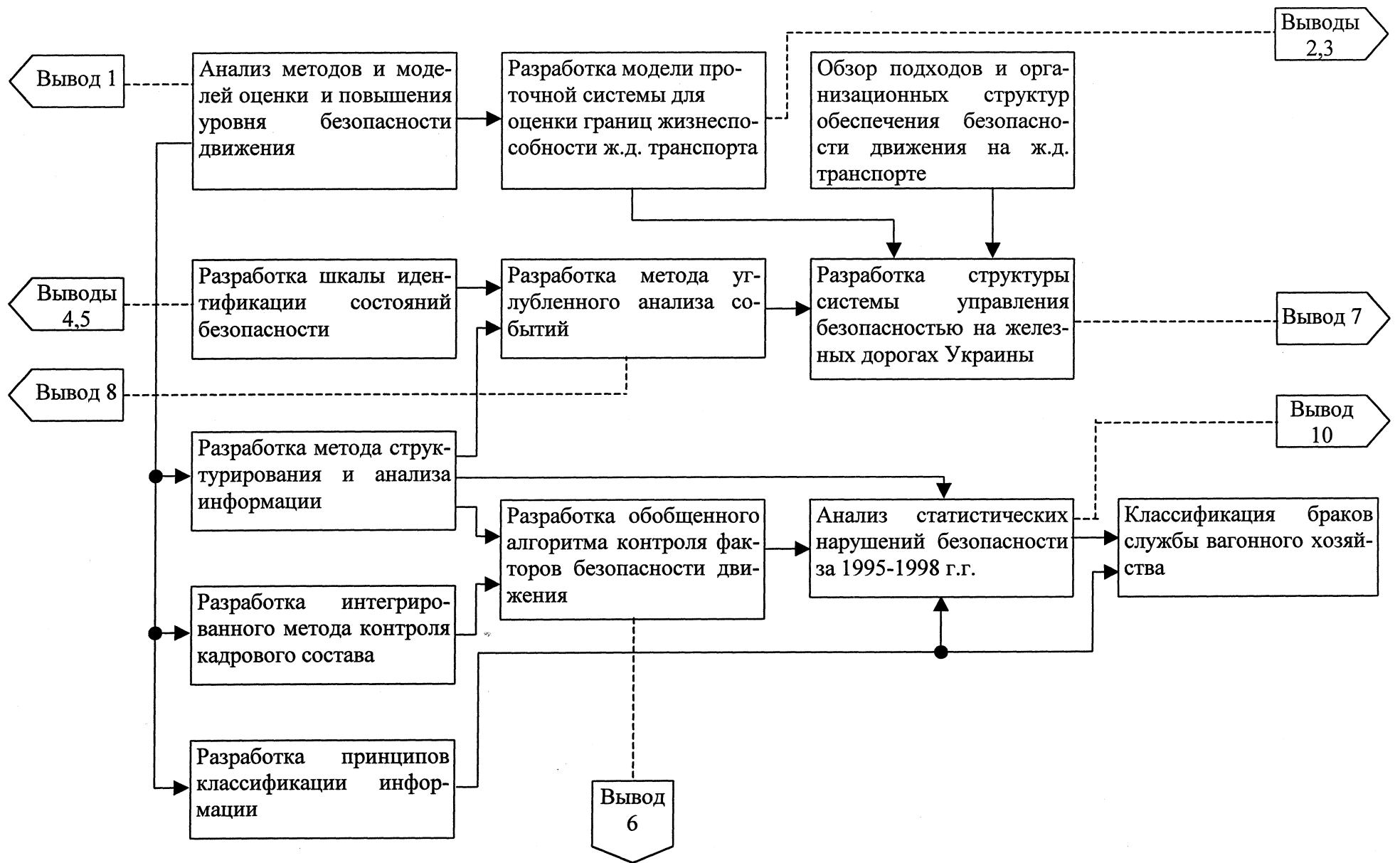


Рис. 1.1. Структура диссертационной работы

интенсивности грузопотоков решались в рамках народнохозяйственных планов. Допускалась убыточная работа не только отдельных предприятий, но и отраслей.

Железные дороги включали в свой комплекс значительное число подсобных производств и предприятий не основной деятельности. Они обеспечивали поставки продукции и услуг для нужд дороги, что в условиях фондируемого снабжения и дефицита материальных ресурсов имело первостепенное значение. Но это позволяло дорогам выживать в условиях развала народного хозяйства и разрушения единства её транспортного комплекса.

Система управления в условиях централизованного планирования предполагала участие министерств в оперативном управлении предприятиями. Имело место неразделённость функций собственника и управляющего. И к 2000 году «Укрзалізниця» одновременно выступает как орган государственного управления и как дирекция дорог.

В то же время система управления является одним из основных факторов, определяющих эффективность работы железных дорог. Чтобы адаптироваться в рыночные отношения, увеличить доходы от перевозок, не потерять традиционных клиентов и привлечь новых, железные дороги вынуждены вести активный поиск новых форм и структур управления.

Во всех странах с рыночной экономикой сделаны выводы о том, что иерархическая структура управления железнодорожным транспортом вошла в противоречие с требованиями динамично меняющихся рынков. Стало чётко прослеживаться стремление государственных органов Германии, Великобритании, Франции, США и других стран реорганизовать структуру управления железнодорожным транспортом, изменить формы собственности и его взаимоотношения с государством, использовать новые технологии обслуживания клиентов, повысить эффективность инвестиций.

Не существует научно разработанных и общепринятых моделей управления железнодорожным транспортом. В литературе рассматриваются: французская, немецкая, американская, российская, британская модели. Каждая из них имеет свою специфику, отражающую экономико-географические, исторические, политические, этнографические и другие условия развития, характерные для различных регионов планеты.

Так, в США Федеральная железнодорожная администрация, входящая в Министерство транспорта, решает в основном задачи транспортной политики, безопасности движения, бюджетного финансирования, информирования населения о работе железных дорог [10,41,42]. Деятельность Федеральной железнодорожной администрации дополняется функциями независимых от неё Комиссии межштатных сообщений Конгресса США (экономические и коммерческие вопросы) и негосударственной, неведомственной Ассоциации американских железных дорог (научные и технические вопросы).

Сеть грузовых железных дорог США состоит из более 400 частных акционерных компаний различного класса. Всю текущую технологию, экономическую, хозяйственную и эксплуатационную деятельность они осуществляют самостоятельно. Но господство акционеров не безраздельно. Оно ограничено государственным регулированием и антимонопольным законодательством. Регулирование, в частности через тарифы и инвестиции, осуществляется по мере возникновения проблем, противоречащих интересам общества (например, получение сверхприбылей), а также в связи с разработкой новых технологий, появлением новых технических и транспортных средств. Перечень мероприятий по государственному регулированию утверждается Конгрессом, поскольку он фактически владеет финансовыми ресурсами государства, а реализуется Комиссией межштатных сообщений.

В Европейском Союзе функции Федеральной железнодорожной администрации выполняет Совет министров транспорта и Комитет 15 железных дорог этих стран. В их компетенцию входит также организация международных перевозок по странам Европейского Союза, в том числе транзитом. Кроме того, существуют различные неправительственные узкоспециализированные международные организации (контейнерные, рефрижераторные, пассажирские, экспедиторские), занимающиеся коммерческими, техническими и научными вопросами. Их решение носит как обязательный, так и рекомендательный характер.

Непосредственное управление железнодорожным транспортом, как относительно независимой отраслью народного хозяйства, принадлежащей государству, осуществляется централизованно транспортными ведомствами. Но под влиянием целого ряда факторов таких как интеграция сырьедобывающих и товаропроизводящих структур, узкая специализация предприятий и их работа «с колёс», интеграция автомобильного и железнодорожного транспорта, направленных на ликвидацию перегрузочных операций, снижение в связи с этим роли контейнерных перевозок и т. д., в Европе в 80-е годы начался поиск новых структур управления.

Одновременно разрабатывалась концепция адаптации европейских железных дорог к условиям рыночной экономики. Она была сформирована к середине 90-х годов и получила в литературе название «либерализация железнодорожного транспорта».

В основу концепции было положено три главных принципа.

1. Разграничение функций государства и железной дороги.

Государство:

а) финансирует

- благоустройство территории;
- общественные нерентабельные услуги;

- оздоровление задолженности железных дорог;
- доступ компаний-операторов к железнодорожной инфраструктуре;

- льготные тарифы;

б) обеспечивает

- в) организацию самостоятельных железнодорожных компаний;

- г) равенство условий конкуренции с другими видами транспорта.

2. Чёткое определение ответственности железных дорог за различные виды своей деятельности, в т. ч. за:

- организацию перевозочной работы (грузы, пассажиры, почта);

- управление инфраструктурой;

- вспомогательные виды деятельности (могут быть переданы внешним предприятиям).

3. Перевод железнодорожных предприятий на коммерческий расчёт.

Это означает:

- переход от административных к экономическим методам управления, включая жёсткий контроль за расходами и самофинансирование на основе тарифной свободы;

- маркетинговый подход во взаимоотношениях с клиентурой и повышение на этой основе конкурентоспособности транспортной продукции;

- полная материальная ответственность за конечные результаты работы.

Правительства практически всех стран Европейского Союза, используя данные принципы, начали преобразования в области управления железнодорожным транспортом. Дальше всех в этом направлении продвинулись Франция, Англия, Германия.

В Германии независимая правительственная комиссия разработала план основных направлений реформ на железнодорожном транспорте и представила их в бундестаг, который их начал рассмат-

ривать с 1993г. В последнее время в целях создания законодательной базы реформирования железных дорог были внесены изменения в Конституцию, принято 5 новых законов, а в существовавшие законодательные и нормативные акты было внесено более 30 поправок. Превращение государственной железной дороги в акционерные общества подкреплено правительственными инвестициями. В частности, в 1998г. на финансирование транспорта выделено из госбюджета 43 млрд, марок, что намного выше всей расходной части бюджета Украины.

Реформирование железнодорожного транспорта разворачивается медленно и последовательно. При этом обеспечивается максимальная социальная защита работников отрасли. Все сокращаемые работники после переподготовки трудоустраиваются на предприятиях инфраструктуры железных дорог.

Итак, первая ступень - обычная государственная собственность в виде двух ведомств («Бундес-бан» и «Райс-бан») с 1.09.94г. превращена в Национальное акционерное общество «Германские железные дороги» (АО ГЖД), являющейся единственным грузоперевозчиком по железным дорогам страны и основным элементом холдинговой компании «ДБХ» (DBAG). У неё частный статус и 100-процентная государственная собственность. ДБХ объединяет 76 фирм и 214 дочерних компаний.

Вторая ступень - 1.01.99г. АО ГЖД будет преобразовано в 5 акционерных обществ, часть акций которых будут продаваться на бирже. Все они будут ориентированы на клиентов и получение прибыли.

Таким образом, реформа на железнодорожном транспорте направлена на коммерциализацию его деятельности и содержит набор мероприятий, основными из которых являются:

- расширение ассортимента услуг и повышения их

- ориентация на удовлетворение потребностей клиента;
- разработка простой и прозрачной системы цен;
- оптимизация состава партнёров по кооперации;
- упрощение эксплуатационного процента и снижения на этой основе расходов;
- совершенствование методов управления путём использования высокопроизводительной техники и информационных систем.

Немецкие экономисты подсчитали, что технико-эксплуатационное и финансово-экономическое оздоровление железнодорожного транспорта должно сэкономить налогоплательщикам до 10 млрд, марок в год.

Действующая система управления железнодорожным транспортом Российской Федерации (РФ) наряду с положительными чертами (достижение хороших результатов и надёжность, определённая гибкость и способность к меняющимся условиям, сквозной характер функций управления и его устойчивость) обладает и существенными недостатками. К ним относятся:

- построение структуры управления по технологическому принципу;
- затратный метод хозяйствования;
- противоречия, возникающие при принятии решений по технологическим и финансовым вопросам;
- четырёхуровневая система управления;
- избыточность персонала;
- недооценка рыночных факторов, действующих во внешней среде.

Изменившиеся условия потребовали структурных преобразований в отрасли с учётом её особенностей, таких как технологическое единство и целостность сети, связность процесса перевозок в пространстве и времени, территориальная рассредоточенность, невоз-

возможность полной коммерциализации некоторых видов деятельности (например, содержание путевого хозяйства, осуществление пригородных пассажирских перевозок) и др.

Правительство РФ в 1997 году утвердило концепцию реформирования железнодорожного транспорта, рассчитанного на 7 - 10 лет. Преобразования будут проходить в три этапа. На первом этапе предстоит «сбросить» с баланса часть непрофильных предприятий путём их приватизации, размежевать финансовую отчётность пассажирских и грузовых перевозок, образовать государственные унитарные компании по перевозкам.

На втором этапе все непрофильные предприятия приватизируются, убыточные линии либо ликвидируются, либо дотируются; создаются условия равнодоступности к инфраструктуре железнодорожного транспорта, образуются крупные компании-операторы с собственностью на подвижной состав.

На третьем этапе компании по перевозкам становятся акционерными обществами, а МПС перестаёт быть государственным органом и хозяйствующим субъектом одновременно, а внутри системы будут сформированы управляющие звенья, приспособленные к рыночной экономике.

Хотя реформы на железнодорожном транспорте только начинаются, процесс его адаптации к рыночным условиям идёт давно, поэтому концепции реформирования в ряде случаев закрепляет де-юре то, что существует де-факто. Например, услуги по перевозке грузов оказывают около 70-ти коммерческих структур, основанных МПС, западными компаниями по перевозкам или возникших самостоятельно в первой половине 90-х годов. Многие из них имеют собственный подвижной состав. Например, компания «Си-Лэнд» владеет платформами для контейнеров, «Аппарель» - платформами для перевозок легковых автомобилей, «Русский мир» - цистернами. Большое коли-

чество их экспедиторов занимается поиском клиентов и договаривается с операторами о доставке грузов. В этой сфере уже есть конкуренция. Что же касается локомотивов, путей, средств связи и сигнализации, диспетчерского управления, то всё это пребывает в руках МПС. Оно как перевозчик и заключает договора с операторами, обязуясь перевести груз по определённом тарифу.

Но самым важным результатом начавшихся преобразований на железнодорожном транспорте РФ является создание в структуре МПС системы фирменно транспортного обслуживания (СФТО). Её основная цель - увеличение прибыли железных дорог от основной деятельности за счёт повышения её конкурентоспособности и привлечения дополнительных объёмов перевозок, в том числе с других видов транспорта; предоставление клиентам дополнительных услуг, повышение их качества и снижение издержек. Эта цель должна достигаться путём решения следующих задач:

- проведение маркетинговых исследований спроса на перевозки грузов;
- активное вовлечение клиентуры в пользование железнодорожным транспортом путём изучения потребностей в перевозках и создания условий для их удовлетворения;
- формирование заказов на перевозки с определением их экономически целесообразной стоимости доставки и с учётом конкурентоспособности;
- оформление по заявленным перевозкам перевозочных документов и проведение расчётов в одном месте с максимумом удобств и минимальной затратой времени;
- организация и реализация сквозной доставки груза «от двери до двери» и «точно в срок»;

- непрерывное слежение за ходом выполнения перевозки и оказание оперативных управляющих воздействий в случае отклонения от договорных условий;
- оказание справочно-информационного сервиса по организации, условиям перевозок, а также тарифам;
- согласование условий выполнения заключённых контрактов (договоров) с причастными подразделениями;
- оформление необходимой отчётности;
- расширение перечня сервисных услуг;
- анализ неудовлетворённых заявок и подготовка предложений по устранению препятствующих причин и стимулирование участников перевозки за качественное исполнение заявки;
- предложение нетрадиционных услуг, выполнение особых требований клиента.

В итоге маркетинговые подходы, придя на смену командно-распределительным методам работы с клиентурой, должны стать основой не только системы ФТО, но и всего реформирования железнодорожного транспорта РФ.

В Концепции и Программе реструктуризации на железнодорожном транспорте Украины [31] изложены основные задачи реформирования системы управления ж.д. транспортом Украины. Они, в частности, предусматривают:

- Четкое размежевание функций государственного управления и хозяйственных функций путем создания Государственного концерна железнодорожного транспорта Украины .
- Переход на 2-3-звенную систему управления по схеме «Укрзалізниця - дорога - предприятие» путем передачи управления линейными предприятиями (дистанциями, депо и др.) отраслевым службам дорог и отделением инфраструктуры от эксплуатационной деятельности.

- Создание условий и подготовка к выделению в подотрасль подразделений по пассажирским перевозкам, созданию на базе мотор-вагонных депо самостоятельных или совместных с местной администрацией компаний по пригородным перевозкам, разграничению расчетов эксплуатационных затрат по видам сообщений.
- Выполнение мероприятий по подготовке к реализации Директивы ЕС №91/440.
- Усовершенствование территориального районирования предприятий и структурных подразделений, исходя из технических возможностей зон управления на базе современной вычислительной техники.
- Усовершенствование структуры управления Укрзалізниці и управлений дорог, включая создание сетевого и дорожных маркетинговых центров, диверсификационных структур.
- Создание условий для основания конкурирующих компаний в области перевозок с равным доступом на рынок дополнительных услуг.

1.2. Основные принципы учета и контроля нарушений в перевозочном процессе

Работа железнодорожного транспорта неизбежно связана с риском, который определяется как мера вероятности появления различной степени ущерба (последствий) из-за нарушений в перевозочном процессе. Транспортный риск - это результат интегрального действия множества факторов как субъективного, так и объективного характера. Поэтому он существует всегда [10]. На железных дорогах нарушения в перевозочном технологическом процессе принято называть браками в поездной и маневровой работе или нарушениями безопас-

ности движения. Поэтому в дальнейшем будут использованы все эти термины.

Следовательно, безопасность движения поездов, как и железнодорожной системы в целом, представляет собой интегральное понятие, и по своему содержанию адекватно понятию надежности, которая имеет вероятностную природу. По экспертным оценкам нарушения безопасности приводят к потере пропускной способности железных дорог на 10 - 15% [37].

Обычно под безопасностью понимается отсутствие (исключение) опасностей [10, 28, 49]. При этом под опасностью подразумевается любое обстоятельство, которое способно причинить вред здоровью людей и окружающей среде, функционированию системы или нанести материальный ущерб. А сравнительный анализ состояния безопасности проводят косвенным путем - по нарушениям безопасности, то есть через степень опасности. Для количественной же оценки опасности используются различные детерминированные статистические, а последнее время и вероятностные показатели, причем в различных странах и компаниях они часто не совпадают. Решение проблемы обеспечения безопасности на ж. д. транспорте может быть осуществлено только системно, в результате повышения уровня организации труда, установления жесткого контроля за транспортным процессом, внедрения современных технических средств.

В различных странах мира (США, Франции, Германии, Великобритании, Канаде, России) внедряются многочисленные дорогостоящие программы безопасности движения, позволяющие минимизировать вероятность возникновения предаварийных и нештатных ситуаций. В табл. 1.1 представлены лишь некоторые из них [43,44,62]. В 1994 году была принята Государственная программа по безопасности движения на Украине [62], рассчитанная на период 1995 -

Таблица 1.1

Программы безопасности

Страна	Год	Объем Финансирования	Кто выделяет ассигнования
США	1986-1989	147 млн. долл.	Ассоциация американских железных дорог (AAR), Конгресс, фонды автомобильных дорог
Франция	1988-1993	5.17 млрд, франков	Национальное общество французских железных дорог (SNCF)
ФРГ	1983-1991	335 млн. марок	Государственные железные дороги (DB)
Болгария	1988-1990	9.61 % от общего объема капитальных вложений БЖД	Болгарские государственные железные дороги (БЖД)
Россия	1993-1998		МПС РФ
Украина	1997-2001	171740000 гривен	25% - госбюджет 50% - средства железных дорог 25% - другие источники

2000гг., которая затем трансформировалась в отраслевую программу [62].

Аварии полностью нельзя исключить с помощью технических или организационных мероприятий. Они лишь снижают вероятность ее возникновения. Чем эффективней противодействие риску аварийных ситуаций, тем выше затраты сил и средств. На отдельных этапах решения проблемы безопасности затраты на ее обеспечение могут превышать убытки от аварий, крушений и брака, что приводит к временному ограничению дальнейшего развития отрасли.

Резкое увеличение затрат на достижение высокой безопасности существенно ограничивают возможность реализации подобных программ безопасности. При равенстве порядка стоимости таких программ и возможных потерь целесообразность их утрачивается. Это обстоятельство приводит к стремлению разрабатывать более простые и доступные меры сохранения необходимого уровня безопасности, повышать ее устойчивость и надежность.

Как специальное средство в поддержке постоянного уровня надежности является ремонтпригодность, которую необходимо поддерживать на определенном уровне. Под ремонтпригодностью понимаются такие свойства системы или отдельного ее составляющего компонента, которые обеспечивают текущее восстановление исправности и поддержание заданной надежности путем предупреждения, обнаружения и устранения неисправностей и отказов. То есть ремонтпригодность является обновляемостью системы в процессе ее функционирования.

В отличие от надежности, понятие ремонтпригодности не имеет общепринятого определения, но на важность этого направления, повышающего надежность, обращает внимание тот факт, что оно получило свое развитие в условиях эксплуатации систем, когда требуется высокая степень надежности. Министерство обороны США

определяет ремонтпригодность как совокупность характеристик, которые обеспечивают техническое обслуживание персоналом средней квалификации при окружающих условиях, в которых это оборудование должно работать.

Такое определение ремонтпригодности системы предполагает существенное упрощение ее элементов и узлов и увеличение доступности в их использовании и замене. Процесс детализации естественно упрощает эксплуатацию, делает ее дешевле со стороны привлечения менее квалифицированных специалистов, но увеличение их числа тоже вносит экономические ограничения в решение проблемы в целом.

Практически во всех случаях необходимо найти оптимальное соотношение всех средств и методов, которые позволяют достичь максимальной эффективности эксплуатации системы при заданном уровне ее экономического обеспечения.

Ж. д. транспорт является самым безопасным видом транспорта: во Франции он, например, в 2 раза менее опасен автомобильного [10]. Однако существует тенденция причинности аварийных ситуаций. Эта тенденция на современном этапе все в большей мере связана с возрастанием влияния человеческой ошибки. Причины такого положения лежат в области адаптации человека к изменяющимся условиям среды его профессиональной деятельности, во вредном влиянии достижений научно-технического прогресса на человека, которые связаны с необходимостью переработки больших объемов информации за крайне ограниченное время, что резко повышает интенсивность психической деятельности.

Ж. д. транспорт включает в себя тысячи разнообразных технических средств, которые в отдельности представляют опасность для окружающей среды и жизнедеятельности человека. В комплексе железнодорожные человеко-машинные системы несут гораздо боль-

шую опасность, которую нужно учитывать при их эксплуатации, разработке и внедрении. Все это указывает на необходимость создания теории безопасности - методологической основы мероприятий по обеспечению безопасности на железных дорогах.

Прежде всего следует указать на неоднозначность самого термина «безопасность». А это является очень важным моментом, поскольку в определении должна быть сформулирована конечная цель обеспечения безопасности и определена стратегия обеспечения безопасности. В работе Красковского А.Е. [38] проанализированы 15 различных определений и предложена структурная схема построения оптимального определения этого понятия. В соответствии с этой схемой безопасность движения - это способность транспортной системы: а) функционировать в заданных пределах параметров, обеспечивающих выполнение транспортной задачи и исключающих (минимизирующих) нарушения, которые являются либо потенциальной, либо реализованной угрозой для жизни и здоровья пассажиров, сохранности транспортной системы и грузов, а также экологии окружающей среды; б) изменить свои параметры в случае возникновения потенциальной угрозы для препятствия ее дальнейшего развития.

На западе (США, некоторые страны Европы) получила распространение теория безопасности проф. Д. Петерсона [112], опирающаяся на пять принципов:

Принцип 1. Предпосылка к происшествию отличается от происшествия только исходом.

Любой аварии способствуют многочисленные факторы. Теория множественности причин утверждает, что необходимо выявить все причины, в том числе и скрытые, которые могут быть причастны к возникновению аварии, для последующего их устранения. Тщательное расследование аварий позволяет выявлять такие факторы, которые могут оказаться ошибочными уже на исходной ступени управле-

ния системой. Теория предполагает, что помимо аварий по одной и той же причине, могут иметь место и другие, достаточно серьезные, проблемы эксплуатации системы: качество перевозок, повышенные эксплуатационные расходы, жалобы клиентуры и другие в своей основе могут иметь ту же природу, что и авария. Устраняя причины одних организационных проблем, можно устранить таким образом и другие проблемы. На практике следует каждую аварию исследовать таким образом, чтобы выявить как можно больше факторов, явившихся причиной возникновения аварии и вероятных конкретно именно для этой аварии. В этом случае большая часть усилий будет направлена на улучшение системы эксплуатации, а не на поиск одной единственной причины.

Принцип 2. Выявление цепи повторяющихся событий. Взятые поодиночке, внешне не связанные между собой, эти события могут показаться несущественными. Однако именно в совокупности они способны выстроиться в определенную последовательность и привести к катастрофе. Таким образом, задача состоит в том, чтобы выявить эти события (причины) до того, как замкнется последнее звено цепи, то есть необходимо видеть полную картину.

В принципе можно предсказать, какие определенные обстоятельства могут вызвать серьезную аварию и соответствующим образом их ограничить. Другими словами можно предсказать тяжесть аварии в определенных условиях и таким образом заранее обратить внимание на возможность серьезной аварии вместо того, чтобы бороться за снижение вероятной частоты аварий, что приводит лишь к частичному успеху. Даже серьезные аварии могут быть предсказуемы в некоторых ситуациях: в условиях необычной (нешаблонной) работы; во многих случаях вспомогательной непроизводительной деятельности, где неприемлемы общепринятые мероприятия безопасности.

Принцип 3. Безопасностью следует управлять так же, как и любой другой производственной областью транспортной системы.

Обеспечение безопасности должно входить в компетенцию руководства наравне с производственными функциями. Безопасность должна быть обеспечена посредством постановки доступных задач при одновременном планировании цели, организации непрерывного контроля. Согласно этому принципу, безопасность по своей значимости приравнивается к факторам качества перевозок, их стоимости и количества. Здесь соединяется фактор надежности с задачами управления транспортным процессом (точнее, превращая задачу обеспечения безопасности в функцию управления).

Считается, что специалисты в области безопасности несут достаточно большую ответственность за то, что не выдвигают настоятельных требований к руководству, ограничиваясь отдельными просьбами в поддержке. Только в случае, если администрация будет поддерживать и управлять безопасностью посредством штатных специалистов в этой области, можно будет исправить существующее тяжелое положение. Безопасность является и должна быть «линейной» функцией, то есть администрация должна ставить надлежащие задачи, осуществлять контроль, «линейные» руководители должны достигать высоких завершающих результатов в области безопасности.

Принцип 4. Ключом к эффективному осуществлению линейной безопасности является установление руководством персональной ответственности за ее обеспечение на отдельных участках транспортной системы в соответствии с технологией ее функционирования.

Когда на человека не возлагаются определенные обязанности в области обеспечения безопасности, он не чувствует себя ответственным за их выполнение, то есть главное внимание он будет уделять тем вопросам, по которым он в первую очередь должен отчитаться перед администрацией.

Принцип 5. Задача службы безопасности состоит в определении и оценке эксплуатационных ошибок на линии, которые создают возможность возникновения аварий.

Эта задача выполняется путем изучения вопроса, каким образом произошла данная авария, определяя при этом основные причины; посредством установления, действовал ли на этом участке какой-либо вид контроля. Для успешного выполнения задачи по расследованию аварии специалисты по безопасности должны выявлять не столько ошибки операторов, сколько ошибки в методах управления администрации или в самой системе управления, которые допускают возникновение аварий, выявлять потенциально слабые места в существующей технической политике, директивах, целях, практике привлекаемых средств и других.

Теорию безопасности В. М. Лисенкова можно назвать «технократической» [48,49]. Эта теория отличается предметом исследования, количественными показателями, методами анализа и синтеза по заданным критериям качества. Из множества технологических процессов автор выделяет класс ответственных технологических процессов (ОТП), у которых выход параметров за допустимые пределы приводит к большим материальным потерям, создают угрозу здоровью и жизни людей, невосполнимому урону окружающей среды. Любой ОТП характеризуется тремя состояниями: нормальным, неопасным аварийным, опасным аварийным. Нормальное состояние описывает развитие процесса в соответствии с алгоритмом. Неопасное аварийное состояние - это отказ, приводящий к снижению эффективности процесса. Опасное аварийное состояние приводит, безусловно, к катастрофе. Причинами возникновения опасных ситуаций являются отказы технических средств, опасные ошибки при проектировании, опасные ошибки при эксплуатации систем в действии оператора, машиниста, обслуживающего персонала.

Безопасность ОТП - это свойство не переходить в опасные отказы. Оно определяется безопасностью технических средств и действий человека. Безопасность вычисляется по формуле

где: λ_{oi} - интенсивность опасных отказов i -го элемента ОТП;

T - заданное время наработки.

Тогда предлагаются следующие методы обеспечения безопасности:

- снижение λ_{oi} за счет создания соответствующего запаса прочности;
- уменьшение числа опасных отказов;
 - введение достаточной избыточности таким образом, чтобы при отказах устройства продолжали правильно работать;
 - опасный отказ обнаруживается в момент его возникновения и система принудительно переводится в неопасное аварийное состояние;
- ограничение T при заданных λ_{oi} и λ_{0i} , то есть время непрерывной работы должно быть не больше T . При $t > T$ система должна быть «выключена».

Для обеспечения необходимого уровня безопасности предлагается создать механизм управления безопасностью, включающий в себя: методы контроля фактической безопасности, методы обеспечения безопасности на заданном уровне; государственные (отраслевые, фирменные) органы инспекции. Следует указать, что сегодня стройная количественная теория железнодорожной безопасности отсутствует и ее еще следует создать. На это акцентируется внимание и в [48].

1.3. Анализ организационных структур контроля безопасности движения на железных дорогах мира

В структуре управления железных дорог всего мира существуют специальные службы по безопасности движения [10,12,27,37,40,42,45,59,64]. Функционально они отличаются друг от друга. Круг их задач широк, они осуществляют расследование случаев нарушения безопасности движения. Так на государственных железных дорогах Индии существуют службы безопасности на каждой дороге и две общесетевых: по обеспечению безопасности и государственная ж. д. полиция по соблюдению законности и порядка.

В США существует бюро по безопасности Федеральной ж. д. администрации, секция (в ее составе 11 комиссий) безопасности в Ассоциации американских железных дорог, Национальный совет по вопросам безопасности транспорта, Комитет по вопросам безопасности, Ассоциация исполкомов профсоюзов железнодорожников, Управление безопасности федеральной ж. д. администрации (проведение научных работ). В структуре управления дороги предусмотрено 3-5 руководителей по безопасности движения, по 1 - 2 ревизора по безопасности на каждом отделении (на железной дороге Этчисон Топика и Санта Фе 14 отделений) и по одному ревизору в пяти основных депо. В крупных отделениях есть должность помощника Главного ревизора. На каждой станции есть работник, который ежегодно проводит 8-часовые письменные тесты по правилам эксплуатации.

В Японии оперативная служба профилактики (в ее составе 4 группы) занимается оценкой потерь от нарушений, сбережением собственности, профилактикой нарушений. Совет инструкторов по ликвидации последствий аварий осуществляет принятие оперативных мер в случае аварий.

Во Франции группа экспертов в составе Национального общества железных дорог Франции занимается исследованием проблем безопасности.

В Великобритании Инспекция департамента ж. д. транспорта расследует несчастные случаи и нарушения безопасности. Случаи с тяжелыми последствиями расследуются с участием Национального Совета.

На железнодорожном транспорте Украины существует система обеспечения безопасности движения. Иерархическая структура ее показана на рис. 1.2. Структура имеет 4 уровня: министерство, Укрзалізниця, дорога - регион, линейные предприятия. Содержание двух нижних уровней показано на примере Южной железной дороги. На других дорогах возможны отличия, однако, структура Южной признана удачной на данный момент времени. Связь между уровнями I и II носит информационно-методологический характер, между остальными уровнями связи производственные. На схеме не представлены структуры управлений, аппаратов и участков для упрощения самой схемы и ее восприятия.

Организацией и контролем безопасности движения на дороге занимается аппарат по безопасности движения поездов и автотранспорта. Для придания большего значения и веса вследствие важности это подразделение в управлении получило название «аппарат», а не «служба», а руководитель аппарата - дорожный ревизор - является заместителем начальника дороги. Ему подчинены по данным вопросам все начальники служб и другие заместители начальника дороги.

Структура безопасности движения носит отраслевой характер. Безопасность является важнейшим принципом и содержанием работы отраслевых оперативных служб и подчинённых им линейных предприятий без участия аппарата по безопасности. С другой стороны в аппарате по безопасности есть ревизоры (РБШ, РБД, РБТ и др.), кото-

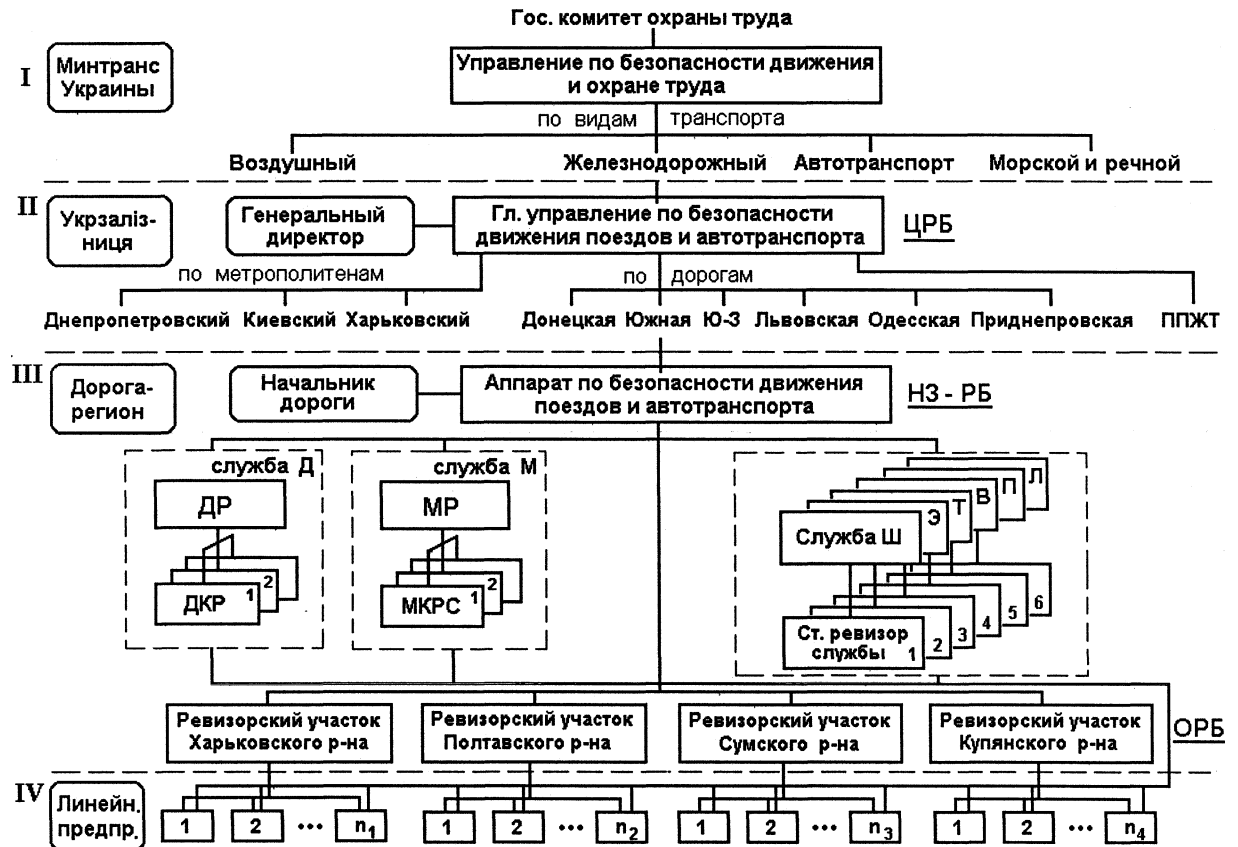


Рис. 1.2. Структура обеспечения безопасности движения на железных дорогах Украины

ППЖТ - подъездные железнодорожные пути предприятий;
 ЦРБ - главный ревизор по безопасности Укрзалізниці;
 НЗ-РБ - зам. начальника дороги-дорожный ревизор;
 Д, М, Ш, Э, Т, В, П, Л - службы перевозок, грузовой и коммерческой работы, сигнализации и связи, энергетики, локомотивная, вагонная, пути, пассажирская;
 ДР, ДКР - старший ревизор, ревизор службы перевозок;
 МР, МКРС - старший ревизор, ревизор участка службы М;
 ОРБ - главный ревизор отделения (региона) дороги.

рые контролируют и организуют эту деятельность по службам Ш, Д, Т, и др. То же самое относится и к ревизорским участкам по регионам. В штате служб есть должности ревизоров, которые подчиняются начальникам соответствующих служб, а не дорожному ревизору. Как видно из рис. 1.2 в различных службах это организовано по-разному. В службе Д есть ревизорские участки, в службе М - направления. Ревизорские участки по регионам осуществляют контроль и организацию безопасности непосредственно в линейных предприятиях и то же по отраслевому принципу. Для Харьковского и Полтавского регионов $n_1, n_2 = 110$ (порядка 90 станций и 20 предприятий), $n_3, n_4 = 70$. Легко заметить, что на самом нижнем уровне отсутствуют работники, специально занимающиеся вопросами безопасности, поэтому вся организация работ по безопасности лежит на руководителе линейных предприятий.

Отраслевой принцип организации безопасности имеет свои преимущества и недостатки.

1.4. Подходы к анализу статистики нарушений безопасности движения на железнодорожном транспорте

При оценке железнодорожных перевозок в зарубежных странах наибольшее распространение имеют различные статистические подходы и виды статистических показателей. В анализе состояния безопасности движения железнодорожного транспорта выделяется два направления:

- оценка общего состояния железнодорожного транспорта за определенный период времени, включающая расчет принятых общих и частных показателей безопасности и определение динамики их изменения;

- определение причин появления нештатных (аварийных) ситуаций, обусловивших нарушения безопасности. Анализ состояния безопасности проводят косвенным путем - по нарушениям перевозочного процесса через реализовавшуюся степень опасности.

В данном разделе исследуются оба направления.

Транспортные происшествия - как правило, сложные события, являющиеся финальными (замыкающими) в цепи последовательных неблагоприятных событий, имеющих причинно-следственные связи. При расследовании удастся выявить ряд причин, проявляющихся одновременно или последовательно по мере возникновения и развития аварийной ситуации. С позиций системного анализа появление транспортных происшествий следует рассматривать как реакцию железнодорожного комплекса на накопление, развитие и проявление негативных тенденций и явлений при его функционировании. Однако в силу уникальности сложных систем случаи аварий и катастроф (особенно с тяжелыми последствиями) относительно немногочисленны, что не позволяет эффективно применять для выявления причин транспортных происшествий современные математические методы. Для борьбы с аварийностью основное внимание следует уделять причинам возникновения гораздо более многочисленных и обладающих свойством статистической устойчивости нарушений типа «происшествие», «брак», «брак особого учета». Следует иметь в виду, что нарушения перечисленных типов отличаются от транспортных происшествий только исходом (тяжестью последствий), но не причинами [112].

Перспективная стратегия борьбы с аварийностью заключается в профилактике причин возникновения и развития аварийных ситуаций, причем на возможно более ранних стадиях, не допуская их перерастания в события и транспортные происшествия. На смену принципу «реагировать и выправлять» должен прийти принцип «предви-

деть и предупреждать», что требует создания научной теории о безопасности.

Поиск цепочек неблагоприятных событий для отдельных типов происшествий на основе построения «деревьев неблагоприятных событий и ситуаций», вероятностный анализ риска их возникновения и выявление «слабых» звеньев цепи представляет одну из первоочередных задач теории безопасности технических систем и технологических процессов, применяемых на железнодорожном транспорте.

Признание множественности причин транспортных происшествий приводит к тому, что на практике при расследовании причин происшествий выделение какой-либо основной причины, относящейся к той или иной отрасли железнодорожного хозяйства, в большинстве случаев принципиально невозможно и непродуктивно [108].

В работе [49] предлагается подход к оценке безопасности перевозок и рисков потерь, основанный на руководящих указаниях по анализу технологических рисков. Цель данной методики - количественно определить вероятность перехода процесса движения за расчетный интервал времени в одно из возможных нештатных опасных состояний (по терминологии автора статьи); вероятность конкретных значений потерь в результате перехода процесса движения поезда в одно из возможных нештатных состояний. Решение поставленных задач выполняется через частотный анализ нештатных опасных состояний, который, в свою очередь, использует следующие три подхода:

- использование и обработка статистических исходных данных;
- расчет частоты событий с помощью методов анализа деревьев событий или отказов (согласно стандарту МЭК 1025);
- применение экспертных оценок.

Показатель безопасности перевозочного процесса выражается через показатели безопасности технических средств, действий технического персонала и показатели безопасности внешней среды. Методика носит теоретический характер, в ней не оговорена процедура, позволяющая имеющиеся данные статистического учета по нарушениям безопасности привести к частотным характеристикам отказов по группам. Не показаны также принципы использования данной методики в управлении безопасностью.

Общий методологический подход к совершенствованию системы учета и анализа данных о транспортных происшествиях, принятый в комитете по безопасности перевозок США [43], базируется на следующих основных положениях:

- каждое происшествие - это дефект в работе транспортной системы;
- при правильном анализе каждого происшествия можно найти путь устранения этого дефекта;
- необходимо знать не только, что происходило при нарушении, но и почему это произошло, и что можно сделать для исключения повторения такого случая;
- происшествия рассматриваются не как изолированные события: анализ отражает постоянный поиск связей и тенденций в наступлении происшествий. Для осуществления такого поиска необходимо иметь представление не только о специфических обстоятельствах каждого происшествия, но и об общих закономерностях, действующих в рассматриваемой отрасли транспорта.

Кроме того, исследование уровня безопасности железнодорожной техники должны проводиться по отношению к каждому типу технических средств несколькими инстанциями независимо: произ-

водителем, пользователем и, если возможно, межведомственными экспертами.

Для реализации количественных подходов к оценке безопасности большое значение имеет моделирование аварийных ситуаций. При этом объем и форма эмпирической информации должны обеспечивать изучение причин возникновения аварийных ситуаций, характер развития во времени и других обстоятельств, способных повлиять на безопасность, то есть возможность фиксирования и анализа причинно-следственных связей между различными факторами аварийности. Таким образом, необходимо использование большого объема статистической информации (баз данных), которая может являться основой для проведения вероятностных оценок информации, характеризующей состояние безопасности и анализа потенциальных рисков. Риск, как было указано, является комплексным показателем и может быть определен как мера вероятности опасности и степени тяжести ущерба (последствий) от нарушения безопасности. Таким образом, безопасность может определяться как представление о допустимости риска. Предельный уровень риска не имеет какого-нибудь определенного числового выражения. Граница между безопасностью и риском не является устойчивой и определяется общими и индивидуальными масштабами оценки различных факторов. Он ограничен не только физико-техническими пределами, но и тем, что с ростом уровня безопасности затраты на дальнейшее понижение риска увеличиваются прогрессивно. В результате появляются экономические пределы, из которых вытекает необходимость проводить требуемые мероприятия по поддержанию безопасности перевозочного процесса путем компромисса между стремлением общественности к максимальному уровню безопасности на транспорте и соблюдением экономических интересов железных дорог.

Использование численного анализа и вероятностных оценок статистических данных требует разработки научно обоснованных методов и является предметом специальных исследований.

Ввиду широты и достаточно высокой сложности рассматриваемой проблемы в последние годы при анализе факторов, связанных с нарушениями безопасности, все большее распространение получают современные методы, базирующиеся на специальной методологии и широком использовании теории информации и математической логики. Это относится к методам анализа деревьев отказов/событий и анализа последствий отказов. В основе этих методов лежит логико-аналитический метод установления причинно-следственных связей между отдельными событиями и возможными состояниями железнодорожной транспортной системы.

Общей основой для решения задач столь большой сложности служат различные аналитические и имитационные методы, методы анализа систем, системотехники, исследования операций и другие. Среди количественных аналитических групп методов наиболее распространенными являются различные матричные методы [42]. Существует также ряд дополнительных требований, без учета которых невозможно эффективное использование информации, характеризующей состояние безопасности. К ним относятся:

1. Обеспечение полноты и достоверности массива исходных данных.
2. Оперативность обработки информации.
3. Получение информации в систематизированном виде, удобном для управленческой работы.
4. Адекватная поставленным целям систематизация исходных данных о нарушениях безопасности движения - это необходимый этап анализа, который позволяет провести расчеты по количественной оценке уровня безопасности и выработке

управляющих мер. Сложность этой проблемы предполагает использование специализированных автоматизированных систем сбора, обработки, хранения и анализа информации о событиях, которые характеризуют уровень безопасности на железных дорогах.

Проведение системного анализа, создание автоматизированной системы учета и обработки статистической информации о нарушениях безопасности и проведение на этой основе целенаправленных мероприятий по снижению аварийности позволило резко сократить число сходов подвижного состава с рельсов и столкновений, происходящих на 1 млн. поездо-километров на железных дорогах ФРГ в 80-х годах.

Обработка статистической информации о состоянии безопасности в зарубежных странах постоянно совершенствуется, прежде всего в направлении унификации системы статистических показателей. В зарубежной практике статистические данные не являются единственным источником информации о нарушениях безопасности. Это прежде всего касается оценки человеческого фактора как основной причины происшествий, так как традиционная система статистических данных не выявляет глубинных (коренных) причин допускаемых нарушений и не отражает поведения человека в сфере обеспечения безопасности транспорта, а также влияния внешней среды и эффективности работы по управлению безопасностью [42]. При исследовании случаев, связанных с ведущей ролью человеческого фактора, наиболее эффективными на сегодня оказываются методы экспертных оценок.

Большое распространение на Западе последние годы получила концепция риска для оценки безопасности деятельности ж.д. транспорта. Уровень риска при этом определяется в виде отношения

$$\rho = \frac{k}{V}$$

где k - количество жертв (среди пассажиров с учетом или без учета железнодорожников);

V - приведенные показатели объема перевозок и (или) пассажиров.

Суть концепции состоит в выделении трех областей транспортного риска: а) незначительного ($p < p_x$) ; б) низкого насколько разумно ($p < p_2$); в) нетерпимого ($p > p_2$). Область а) объясняется объективным характером транспортного риска, поэтому необходимо, чтобы $p \rightarrow 0$, однако ситуация, когда $D=0$ недостижима. Область б) представляет область разумного риска. Пребывание же ж.д. системы в области в) требует любых затрат на безопасность с целью выведения ее в область б). В разных странах данная концепция отличается лишь значениями p_x и p_2 , а также способом их вычисления.

1.5. Постановка задачи исследования

Приведенный в данном разделе обзор существующих подходов к обеспечению безопасности позволяет сделать следующие выводы.

Существующая на транспорте проблема повышения безопасности направлена на выявление непосредственной причины, прямых виновников транспортных происшествий (или предпосылок к ним) и неотвратимость их наказания. При этом всегда определяются конкретные нарушения требований действующих правил, норм, указаний и инструкций. В итоге дело сводится к поиску «стрелочника» и его наказанию по обвинению в «преступной халатности».

Наблюдается тенденция к стремлению обеспечить безопасность движения за счет расширения круга наказываемых лиц, ужесточения наказания и подробной регламентации норм и правил безопасности. Такая практика порождает иллюзию повышения безопасности. Однако известно, что нельзя создать инструкцию, в которой можно было бы предусмотреть все опасные ситуации и определить необходимый регламент действий персонала.

Тотальная регламентация действий оперативного персонала, подавляет творческую активность людей, взаимную подстраховку.

Приведенная схема расследования и разбора аварий и крушений действует давно, однако не привела к коренному улучшению положения дел с безопасностью движения, поскольку остаются невыясненными все причины и обстоятельства возникновения и развития во времени опасной ситуации вплоть до появления транспортного происшествия.

Для поиска эффективных путей повышения безопасности движения поездов, следует с общих позиций системотехники рассмотреть основные особенности образования опасных ситуаций, предпосылок к транспортным происшествиям и самих транспортных происшествий в процессе функционирования железнодорожного транспорта как сложной полиэргатической (многоуровневой человеко-машинной) системы.

Подбор и расстановка кадров на железнодорожном транспорте осуществляется разрозненно, различными службами (кадров, лечебно-санитарной, охраны труда, аппаратом ревизора по безопасности движения поездов и автотранспорта), должностными лицами. Часто отсутствует взаимодействие между ними. Нет единой информационной базы данных работающих. Отсутствует интегральный подход к оценке профпригодности.

Неэффективна методика оценки предсменной готовности, отсутствуют технические средства. Существующие средства внутрисменного контроля текущего состояния машиниста (готовность, бодрствование, бдительность) усложняют задачу управления движением и оказываются несовершенными вследствие использования усредненных нормативов и неоднозначности причин при одних и тех же принимаемых контролирующей системой решениях.

В связи с этим возникла необходимость в разработке эффективных методов контроля перевозочного процесса на основе управления безопасностью как важнейшим условием деятельности железнодорожного транспорта. Разработка методологии управления состоит из следующих основных этапов, рассмотренных в данной диссертационной работе:

- Определение основных принципов обработки информации о нарушениях безопасности на железнодорожном транспорте.
- Учитывая невозможность экспериментального определения оптимальных параметров безопасности движения поездов, необходимо разработать комплекс математических моделей с целью установления границ жизнеспособности ж.д. транспорта как функциональной системы.
- Разработка интегрального подхода к контролю основных факторов, влияющих на безопасную деятельность железнодорожного транспорта и методов поддержки принятия решения об основных направлениях повышения уровня безопасности.
- Разработка методов идентификации и прогнозирования состояния безопасности движения по событиям, времени и месту напряженной деятельности ж.д. транспорта.
- Разработка структуры и основных принципов деятельности системы управления безопасностью движения на железных дорогах Украины.

Выводы к разделу 1

1. Анализ существующих подходов к управлению и организации систем управления железными дорогами мира показал необходимость совершенствования контроля эффективности перевозочного процесса.
2. Транспортный риск - есть объективное понятие. Поэтому среди параметров, характеризующих эффективность работы железнодорожного транспорта, важнейшим является безопасность движения поездов и маневровой работы.
3. Безопасность движения - есть центральный системообразующий фактор, объединяющий различные составляющие ж. д. транспорта в единую систему.
4. Статистика отказов в перевозочном процессе может быть положена в основу контроля эффективности и текущего состояния железнодорожного транспорта в целом.
5. Для эффективного контроля качества перевозочного процесса необходимо использовать специальные математические модели, основанные на теории вероятности и математической статистике, теории информации, теории графов, математической логике.

РАЗДЕЛ 2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ

Учитывая тот факт, что на транспорте невозможно провести чистое экспериментирование для установления оптимальных характеристик перевозочного процесса без ущерба для безопасности, особое значение приобретает эффективное моделирование. В данном разделе представлен нестандартный подход для описания перевозочного процесса на ж. д. транспорте. С точки зрения перевозочного процесса ж.д. транспорт может быть представлен в виде сложной взаимосвязанной функциональной системы в терминах теории проточных систем. В дальнейшем под термином «система» понимается железнодорожная транспортная система.

2.1. Представление перевозочного процесса в толерантных пространствах

Решение проблемы эффективной эксплуатации ж. д. транспорта, а тем более создание стройной количественной теории его безопасности, непременно должно опираться на такие разделы знаний, как теория надежности, теория устойчивости. Связано это с тем, что надежность работы системы и ее устойчивость непосредственно определяют безопасность как способность осуществить заданную функциональную деятельность.

В работе В.Н.Самсонкина [78] вводится понятие жизнеспособность, в котором объединяются эти два понятия. Система, обладающая высокой жизнеспособностью, обеспечивает максимальную безопасность при осуществлении функциональной деятельности. В целом ряде случаев эти понятия надежности и устойчивости отождествляются, в других случаях - рассматриваются как независимые и определяющие в характеристике деятельности рассматриваемой системы. Фактически это независимые характеристики, составляющие само пространство событий жизнеспособности

конкретной системы. Каждое из этих понятий, имея научное обоснование и предметную область, не имеет однозначных определений, что естественно порождает соответствующую неточность (толерантность) самого пространства событий жизнеспособности.

Если коснуться определения надежности, то оно предполагает способность систем сохранять свои наиболее существенные свойства (безотказность и ремонтпригодность) на заданном уровне в течение фиксированного промежутка времени при определенных условиях эксплуатации. Из определения вытекает, что надежность является производной характеристикой безотказности и ремонтпригодности (или восстанавливаемости, обновляемости) системы.

Введение «определенных условий» допускает наличие их вариативности, что предполагает некоторую устойчивость, то есть способности системы возвращаться из определенного диапазона различных состояний к некоторому стационарному (равновесному) состоянию. Касаясь вопроса теоретического обоснования безопасности ж. д. транспорта, следует рассмотреть основные положения, которые составляют ее содержание.

Ремонтпригодность можно представить как непрерывный процесс обновляемости системы. Такой подход обосновывается тем, что в каждый конкретный момент можно говорить о возможности замены того или иного элемента системы при общем непрерывном ее функционировании. Это позволяет ввести понятие среднего уровня обновляемости или непрерывного потока заменяемости элементов в целях сохранения целостности системы. К требованию оптимизации такого потока применимы подходы, которые позволяют установить наиболее эффективный режим эксплуатации.

Как ремонтпригодность, так и надежность имеют количественные критерии описания, что позволяет осуществлять моделирование поведения системы с введением конкретных количественных характеристик. Задавая средний уровень надежности работы отрасли в целом, или ее части (в общем случае определенной системы) можно получить необходимые крите-

рии функционирования каждого из ее компонентов, а также требования к ремонтпригодности и устойчивости рассматриваемых структур. В последующем под средним уровнем надежности будет пониматься отношение среднего (за определенный промежуток) времени безотказной работы к полному времени работы. Такое определение соответствует характеристике среднего значения процесса, которое обычно определяется отношением дефектов в работе (браков) к общему объему выполненной работы данного вида. Поддержание надежности, а следовательно безопасности ж.д. транспорта связано с определенными экономическими затратами.

В силу невозможности прямого эксперимента с целью поиска наиболее эффективного режима эксплуатации ж. д. транспорта особую роль приобретает математическое моделирование. С этой целью ж. д. транспорт как система может быть представлена с одной стороны - как поток грузов, обеспечивающий жизнедеятельность в некотором пространстве, а с другой - как «проточная» система с непрерывным процессом обновления. Естественно возникает задача оптимизации параметров процессов износа и обновления. В обоих случаях для изучения и оптимизации этих процессов может быть использована модель «проточного культиватора»[68], которая изложена в следующем подразделе.

Возможные происшествия, которые снижают эффективность транспортных перевозок, могут быть условно разделены на три категории: по вине средовых условий, техники и человека. Такое деление вытекает из рассмотрения транспортных операций в общей системе «человек - среда - объект управления». Каждая из составных частей этой системы имеет свою степень надежности, ремонтпригодности и устойчивости, которые определяют общую безопасность.

Некоторые авторы предлагают иные три составляющие: транспорт, транспортные магистрали и лица, осуществляющие транспортировку. Практически в любом из подходов введенная классификация может быть уточнена за счет деления на более детальные операции.

Однако во всех случаях речь идет о прямой или опосредованной деятельности конкретных людей, связанной с неточным расчетом, несвоевременностью действий, недостаточным знанием ситуации, недостаточной компетентностью, неудовлетворительным контролем выполняемых процессов. Все это порождает неоднозначность (толерантность) их действий.

В работе транспортных средств («техники») также существует определенный диапазон, в котором они, тем не менее, обеспечивают удовлетворительную надежность функционирования транспортного процесса, то есть системы «человек - среда - транспортное средство». Таким образом, речь идет о неоднозначности или толерантности транспортных средств.

Аналогично можно сказать и о толерантности среды. Существуют границы изменений параметров среды, в которых осуществляется равновесное состояние деятельности транспортной системы с необходимой надежностью.

Представим железнодорожную транспортную систему, как взаимодействие «человек - среда - транспортное средство», состоящую из компонентов S_1, S_2, \dots, S_n системы Q

$$Q = \bigcup_{i=1}^n S_i$$

Каждая компонента S_1, S_2, \dots, S_n имеет определенную вероятность выхода из строя или неточного выполнения своей функции на текущий момент происходящего события $P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t)$. Состояние всей системы не остается постоянным в результате осуществляемых мер контроля и профилактики, а колеблется в определенных границах

$$sost(Q) \in (sost_1, sost_2),$$

ЧТО определяет ее УСТОЙЧИВОСТЬ. Здесь $SOS_t j$, $sost_2$ определяют границы

множества устойчивых состояний системы. Процесс совмещения событий отказа различных $s, i = 1$, и носит вероятностный характер. Это позволяет говорить о протекании процессов в системе « человек - среда - транспортные средства » в толерантном пространстве. Именно в условиях определенной толерантности стоит задача обеспечения максимально возможной надежности транспортных операций.

Проводя обработку потока информации, любая функциональная система (Ф.С.), основанная на сравнении поступающих сигналов - образов, допускает определенную неточность в отображении информации. Практически эта неточность должна возрастать по мере усложнения информации, поскольку будет результатом сочетания образов первого порядка. Интуитивно очевидно предположение: чем более расплывчаты сведения о факторах, определяющих протекание некоторого процесса, тем менее правильны предпринимаемые заключения или действия системы. Это положение требует более строгой постановки проблемы разрешимости задачи при соответствующей точности информации, что приводит к необходимости рассмотреть следующее определение.

Пусть процесс реального существования железнодорожного транспорта как функциональной системы протекает в толерантном пространстве. Термин “толерантность” эквивалентен понятию “неразличимость”, то есть соответствует смыслу, который был вложен в это понятие Т.Зиманом и используется в ряде работ. Определим физическую и математическую сущность термина «толерантность».

Всякий процесс или явление определяются соответствующей точностью измерения. В пределах выбранной единицы масштаба происходящие отклонения не могут быть учтены. Следовательно, масштаб измерения порождает неопределенность (размытость) или толерантность. Введение

мость и степень ее изменения при развитии наблюдаемой системы, а также установить зависимость между толерантностью системы и среды. Любая функциональная деятельность может быть обеспечена только при определенной взаимообусловленности и изменяемости ее компонентов. Это и порождает способность ветвящуюся толерантность. Но значительная толерантность приводит к равнозначности. Следовательно, в организации любой функциональной системы должен существовать строго определенный диапазон толерантности. Изменение состояния системы $sost(Q)$ - отклонение ее от оптимального $opt(sost(Q))$ - должно быть связано с изменением неразличимости или толерантностью в отношении ее компонентов. Это и есть физическая сущность данного понятия.

С математической точки зрения характерной чертой толерантных пространств является отсутствие в них закона транзитивности [78]. Переход от расплывчатого понятия “одинаковость” к точно определенному типу отношений сопровождается введением термина “эквивалентность”. Точно так же математическое отношение, соответствующее нашему интуитивному представлению о сходстве или неразличимости получило у английского математика Г.Зимана название толерантность.

Назовем символ \sim « бинарным отношением “эквивалентность” на конечномерном множестве $A = \{a_1, a_2, \dots, a_p\}$. Отношение эквивалентности в общем случае определяется на множестве $A \times A$ и обладает свойствами:

- (a) рефлексивности : $a \sim a \quad (\forall a \in A)$;
- (b) симметричности : $a \sim b \Rightarrow b \sim a \quad (a, b \in A)$;
- (c) транзитивности : $a \sim b \wedge b \sim c \Rightarrow a \sim c \quad (a, b, c \in A)$,

$$(a, b, c \in A, i, j, k \in \{1, 2, \dots, p\})$$

Толерантность - это бинарное отношение на множестве $A \times A$, обладающее свойствами:

- (i) рефлексивности : $a. \ll a. (Ya. \in D)$;
- (d) симметричности: $a \ll ci/a_i \sim я (\forall a, д. \in A, i \Phi j)$
- (e) i) толерантности (неточности): $a. \ll ci_j, a_j \ll a_k^{\wedge} \Rightarrow a. \ll a_k$ хотя бы для одной триады

Характерной особенностью деятельности в толерантных пространствах является то, что сложность разрешаемых задач находится в обратной зависимости от толерантности самого пространства событий. Таким образом толерантность вводит ограничение на сложность поставленной задачи. То есть при данной толерантности не все задачи могут быть решены [78].

Для достижения более высокой надежности на железнодорожном транспорте обеспечивается согласованность, четкая организация во времени всех операций. Это снижает толерантность пространства событий, однако требует разработки методики сбора, обработки информации о текущем процессе, оценки состояния и на основании этого прогнозирования: числа «браков» (отказов), выхода из строя отдельных элементов системы, определения оптимального режима заменяемости (ремонтпригодности системы).

2.2. Разработка репродуктивной проточной модели функционирования железнодорожного транспорта

Функция транспортной системы заключается в обеспечении потока материалов предприятиям, вывоза произведенной продукции и доставки ее потребителям. Если предприятия представить как репродуцирующие системы (либо «проточные культиваторы»), то для их оптимального функционирования требуется конкретный режим транспортного потока. Каждое из предприятий, работая в определенном режиме «запрос - удовлетворение», порождает свой оптимальный режим «проточного культивирова-

ния», а их совместный спрос к транспортному обеспечению диктует режим работы транспортной отрасли в целом как самого потока. Нарушение оптимального транспортного обеспечения может парализовать деятельность любого производства, поэтому проблема безопасности на ж. д. транспорте затрагивает целый ряд смежных вопросов, представляющих специальный интерес.

В конкурентной борьбе за монопольное положение среди производств транспортное обеспечение является наиболее уязвимым звеном, что может служить причиной различного рода преднамеренных производственных браков на транспорте, включая катастрофы, либо другое усложнение транспортных ситуаций.

Процесс перевозки грузов, пользующихся спросом, при возможности доступа к ним и анонимности действий некоторых субъектов приводит к различного рода хищениям. Осуществление этих хищений особо благоприятно при допущении брака, который может осуществляться преднамеренно либо приравниваться к таковому.

В свою очередь транспортная отрасль сама представляет некоторую проточную репродуктивную систему с соответствующим запросом и его удовлетворением. Применительно к ней можно говорить о потоке средств, материалов, оборудования, людских ресурсов (кадров) с целью замены вышедших или устаревших ее компонентов (аналог ремонтпригодности системы). Можно говорить о сроках обновления каждого из звеньев отрасли и самой отрасли в целом (через какой срок меняется полностью каждое звено отрасли: техника, кадры, пути, оборудование). Паспортизация каждого из элементов системы позволит оценить средний уровень надежности и ремонтпригодности.

В данном случае не должен наблюдаться режим «биения» [9], который приводит к периодам кризисного состояния в отрасли, когда наплывает одновременный запрос на замену элементов в различных звеньях и невозможность его удовлетворения. Это резко увеличивает число сбоев, бра-

ка вплоть до катастроф, нанося существенный экономический урон за счет вынужденных простоев.

Надлежащей абстракцией реальных явлений, о которых говорилось выше, сохраняющей их существенную структуру, является модель «проточной репродуктивной системы» (чаще встречается в литературе название «проточный культиватор»).

Суть модели сводится к следующему: любая система, которая находится в динамическом отношении со средой, может быть представлена как «проточный культиватор». Фактически это положение может быть сформулировано в более строгой форме: существует поток с определенными скоростью и плотностью использования его компонентов, а также имеется система, через которую этот поток проходит и с определенным коэффициентом экономичности преобразуется в новые «элементы» (товары); при этом возможна частичная их порча при транспортировке, брак и пр. Этот процесс можно описывать уравнениями «проточного культиватора». Верно и обратное утверждение: для всякой проточной системы можно определить оптимальный режим ее эксплуатации, который зависит от плотности потока, коэффициента экономичности и насыщенности процесса. Важность этих положений определяется тем обстоятельством, что любая функциональная система, какой бы характер она не имела, может быть представлена в виде «проточного культиватора». Именно это положение и определило выбор данной модели для изучения процесса безопасности на ж. д. транспорте [78]. Рассмотрим методику использования модели «проточных систем» для грузовых перевозок.

Будем понимать под плотностью потока (или интенсивностью) объем прохождения груза через магистраль за единицу времени. Груз может быть однородный или смешанный (различный набор состава). Будем полагать, что транспортируемый груз имеет строго определенную направленность и его элементы (структура состава) имеют логическую связь, позволяющую обеспечить минимальную маневренность при их доставке к

месту назначения. При такой организации состава коэффициент связанности будет равным 1. Обозначим его через β . В действительности он изменяется в пределах

$$0 < \beta < 1 . \quad *$$

Будем также полагать, что смешанные составы имеют полное соответствие назначению их грузов. Переназначение их по пути следования не происходит. В противном случае невозможно перегруппирование состава. Обозначим степень соответствия назначению грузов в смешанном составе через α , в общем случае

$$0 < \alpha < 1 .$$

Для смешанного состава (потока) коэффициент связанности $\beta = \alpha / \alpha^*$. При сделанных допущениях определим понятие плотности потока. Под плотностью потока будем полагать отношение всей совокупности поступающих грузов к конкретным грузам в этом потоке. Если весь поток грузов обозначить через (M) , а конкретный по данному назначению через (N) , то плотность (K) будет их отношение

$$K = N/M,$$

где $0 < K < 1$.

Можно также ввести понятие полезности потока, аналогичное понятию плотности. При этом - чем больше плотность, тем больше полезность. Так из состава нужных грузов на станцию назначения может не поступить ничего (груз следует транзитом). Поэтому для каждого полезного груза можно говорить о принадлежности к пункту назначения или его транзит-

ности. Тогда для каждого вида груза можно говорить о коэффициентах их использования или предназначенности для данного места, где проходит состав. Следовательно, если в составе имеются полезные грузы S и F , то $N = aS + JzF$. Наложение этих условий требует определенной структуры формирования состава при известной допустимости совмещения транспортируемых грузов.

Для потока с заданной плотностью K , проходящего через определенную станцию, необходимо установить коэффициент экономичности его использования. Обозначим его через z . Под z понимается количество используемого груза из потока, проходящего через станцию или степень использования, то есть к.п.д. использования потока груза.

Коэффициент z может зависеть, прежде всего, от числа запросов на данный груз и интенсивности его использования. Для простоты дальнейшего рассуждения будем полагать, что z - постоянная величина и

$$0 < z < 1.$$

Хотя в действительности последняя зависит от ряда причин: периодики поступления груза, интенсивности работ, исходного состояния запасов данного груза и т. д.

Имея определенное значение z , задача оптимизации заключается в том, чтобы найти такие значения плотности и скорость потока, при которых их использование будет максимальным. В настоящее время транспортировка груза идет без учета данных величин. Вследствие этого по местам доставки грузов величина z на каждой станции доставки различна. Оптимальный процесс рассчитывается на среднее значение.

При значении z , соответствующим оптимальному значению K должна быть определенная скорость (V) потока, при которой эффективность использования поступающего груза будет наибольшей. Коэффици-

ент экономичности не остается постоянным и существенным образом зависит от удовлетворения запроса на поступающий груз.

Таким образом, имеется поток грузов Q , поступающих с определенной плотностью и скоростью, которые отличны от нуля. Известен коэффициент эффективности использования проходящего потока грузов β . Ставится задача определить оптимальные условия по объему поступления груза ($L\&2$) для его лучшего использования из общего потока грузоперевозок Q .

Имея начальный объем потока грузов Q_0 будем полагать, что некоторое AQ из него извлекается. Остальной объем грузоперевозки Q продолжает транзит, следовательно $KQ - (Q_0 - Q)$. То есть за определенное время t из груза Q_0 извлечен объем AQ . Следовательно, объем поступления полезного груза зависит от плотности K и скорости транспортировки или объемной скорости потока (D), то есть $D\&Q = Z)(\&)_0 -$

• Это рассуждение распространяется на любой вид транспортируемых грузов. Полученный на станции полезный груз, предназначенный для предприятий станции или нужд самого железнодорожного транспорта, обозначим через x . Этот груз получается из потока $\beta \cdot Q$ с некоторым коэффициентом θ . Таким образом, из поступившего на станцию потока груза Q освоено будет $\theta \cdot \beta \cdot x(t)$. И в конечном счете производительность процесса переработки груза определяется из формулы

$$\frac{dx}{dt} = \beta Q D - \theta - \delta - x(t)$$

ИЛИ

$$= D\{Q_a - Q\} - \delta \cdot x(t). \quad (2.1)$$

При такой скорости преобразования потока грузоперевозок происходит соответствующая организация транспортного производства. В результате самой транспортировки, сортировки и последующей доставки грузов потребителю происходят потери, что снижает эффективность производительности процесса, и требует увеличения потока в целом. В этом случае результирующая производительность будет определяться алгебраической суммой:

$$\frac{dx}{dt} = -Dx \quad (7). \quad (2.2)$$

Уравнение суммарной перевозки грузов (w) получается аналогично и может быть представлено как

$$\frac{dw}{dt} = \delta \cdot Dw. \quad (2.3)$$

Приведенные уравнения образуют замкнутую систему, описывающую продуктивность работы «проточной системы» (транспортных перевозок). На основании общей теории функционирования проточных систем можно получить описание режима динамического равновесия, что позволяет определить оптимальные условия производительности системы в целом с учетом вариации таких характеристик как экономичность перевозок, плотность полезного груза в осуществляемой перевозке, уровень насыщенности данным видом груза соответствующего места доставки, скорости потребления определенного транспортируемого груза.

Практически любой наблюдаемый процесс или какая-либо функциональная система может быть представлена как «проточная система» или «проточный культиватор». В зависимости от режима его работы можно говорить о разрушении системы или ее развитии. Эффективность использования данной модели для изучения конкретного процесса зависит от правильности определения базовых параметров. Это положение позволяет стандартизировать программу обработки и формализации данных для изучения рассматриваемого вопроса.

Процесс установления равновесного состояния зависит от происходящих изменений. Если сложить уравнения (2.1), (2.2) и (2.3), то получим линейное дифференциальное уравнение для суммарной концентрации грузов. Обозначим ее через

$$z = x + Q + w .$$

Очевидно, что

$$\frac{dz}{dt} = \frac{dx}{dt} + \frac{dQ}{dt} + \frac{dw}{dt} \quad (2.4)$$

После подстановки вместо слагаемых правой части (2.4) их значений из (2.1)-(2.3) получим

$$\frac{dz}{dt} = \theta x - D x - \delta \theta x + D (Q_0 - Q) + \delta \theta x - \theta x - D w ,$$

откуда

$$\frac{dz}{dt} = D(Q_0 - z).$$

Решение данного дифференциального уравнения имеет вид

$$z = e^{-(1-\theta)t} [z(0) + \theta Q_0 t], \quad (2.5)$$

где $z(0) = x(0) + Q(0) + w(0)$ - начальные условия.

В зависимости от $z(0)$ решение вышеприведенного уравнения представляет семейство кривых, сходящихся к Q_0 , что свидетельствует о наступлении стационарного режима. Скорость его протекания зависит от D и Q_0 . Оценивая производительность систем, необходимо в уравнении (2.1)- (2.3) величину θ представить как

$$\theta = \frac{\theta_m \cdot Q}{K_q + Q} \quad (2.6)$$

где $\theta_m = \text{th}(\theta)$;

K - константа насыщения.

Данное отношение часто называют по имени Моно, так как им в 1942 году оно было установлено эмпирически, и в последующем теоретически обосновано Михаэлисом и Ментеном [68].

Используя приведенное значение θ , получим систему уравнений относительно x , Q и w

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \frac{\theta_m \cdot Q}{K_q + Q} \cdot x + D \cdot x; \\ \frac{dQ}{dt} = -\delta \frac{\theta_m \cdot Q}{K_q + Q} \cdot x + D \cdot (Q_0 - Q); \\ \frac{dw}{dt} = (\delta - 1) \cdot \theta \cdot x - D \cdot w. \end{cases} \quad (2.7)$$

Решение системы (2.7) определяет критическое и максимальное значение скорости потока и соответствующей производительности. Критическое значение потока определяется как максимальная скорость роста x , и достигается в случае, когда стационарное значение $Q=Q_0$. Эта формула определяется при условии $dx/dt=0$ и имеет вид

$$D_{kr} = \frac{\theta_m \cdot Q_0}{K_q + Q_0}. \quad (2.8)$$

Оптимальное значение потока определяется из формулы для производительности

$$R = Dx \quad (2-9)$$

при $dR/dD=0$. Откуда имеем

$$D_m = \theta_m \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{K_q}{Q_0 + K_q}}\right). \quad (2-Ю)$$

Определяя из (2.7) стационарное значение x (при $dQ/dt=0$)

$$x = \frac{1}{\delta} \cdot \left[Q_0 - \frac{K_q \cdot D}{\theta_m - D} \right] \quad (2.И)$$

и, подставляя в (2.11) $D = D_m$, получим

$$X. = 7 \cdot \left[(\epsilon_{\ll} + \kappa) - X(2_0 + \Gamma) \right] 1. \quad (2.12)$$

Максимальная производительность определяется по формуле $R_m \cdot D_m$, подставляя в которую X_m , D_m из (2.9), (2.11), получим

$$R. = \quad + - \text{ЛКГ} <^{2.13})$$

Производительность системы выступает как критерий подобия в форме эквипотенциального состояния. Имея определенные границы вариации, каждый из параметров может изменять эту вариацию, как в пределах нормального состояния, так и при перемещении активного состояния в пределах проявления своей максимальной активности.

Графическое представление зависимости производительности в системе производительность - объемная скорость транспортных перевозок при изменении $3, K_g, Q_0$ исследовалась на ПЭВМ и представлена на рис. 2.1, 2.2, 2.3.

Полученные данные позволяют говорить о возможности оптимизации функционирования транспортной системы, что естественно повысит экономичность эксплуатации железнодорожного транспорта.

2.3. Результаты экспериментов с моделью проточной системы

Исследуем особенности решения системы (2.7). Для этого сначала приведем ее к безразмерному виду. Введем безразмерные переменные и параметры:

$$x' = \frac{\delta \cdot x}{q_0}; Q' = \frac{Q}{Q_0}; w' = \frac{w}{q_0}; \beta = \frac{D}{\theta_m}; k = \frac{K_q}{Q_0}; t' = t \cdot \theta_m$$

Преобразуя (2.7) получим

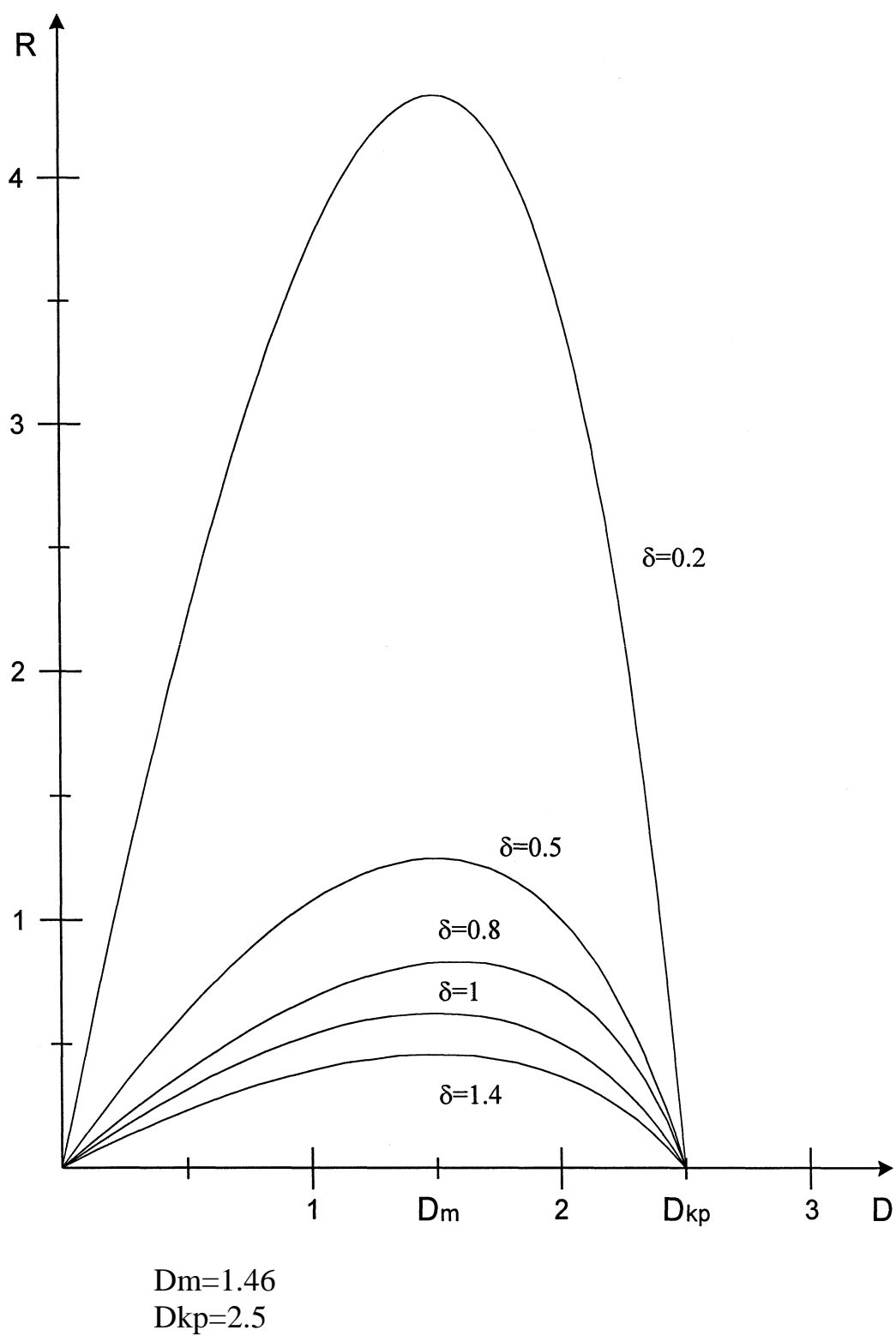
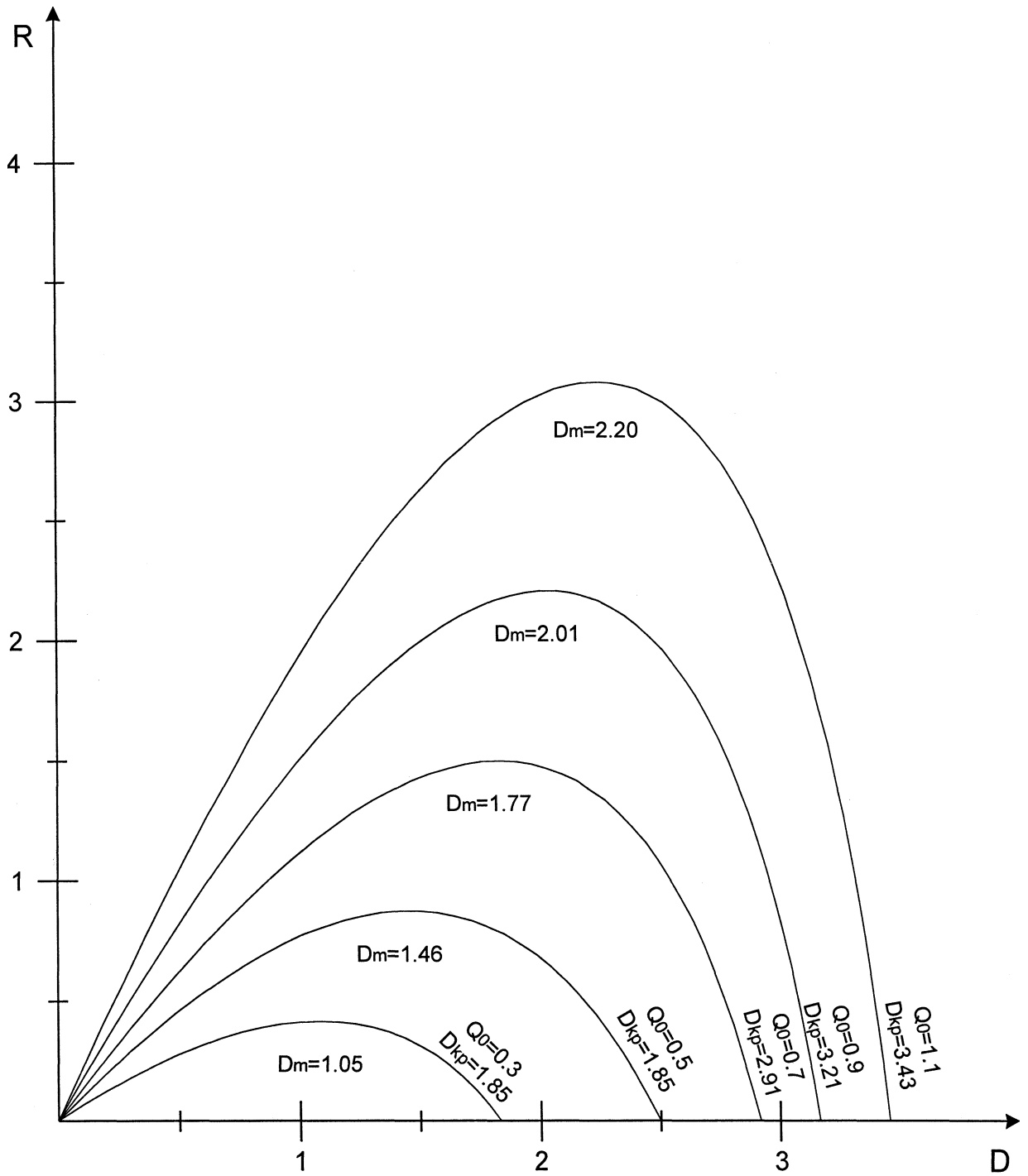


Рис. 2.1. Зависимость R от изменения коэффициента использования 5 эксплуатируемой системы



$$D_{kp} = \frac{\mu_m Q_o}{K_q} \quad D_o = \mu_m \left(1 - \sqrt{\frac{K_q}{K_q + Q_o}}\right) \quad R_m = \frac{\mu_m}{\alpha} (\sqrt{Q_o + K_q} - \sqrt{K_q})^2$$

Рис. 2.2. Зависимость R от изменения исходной удельной плотности концентрации груза Q_o

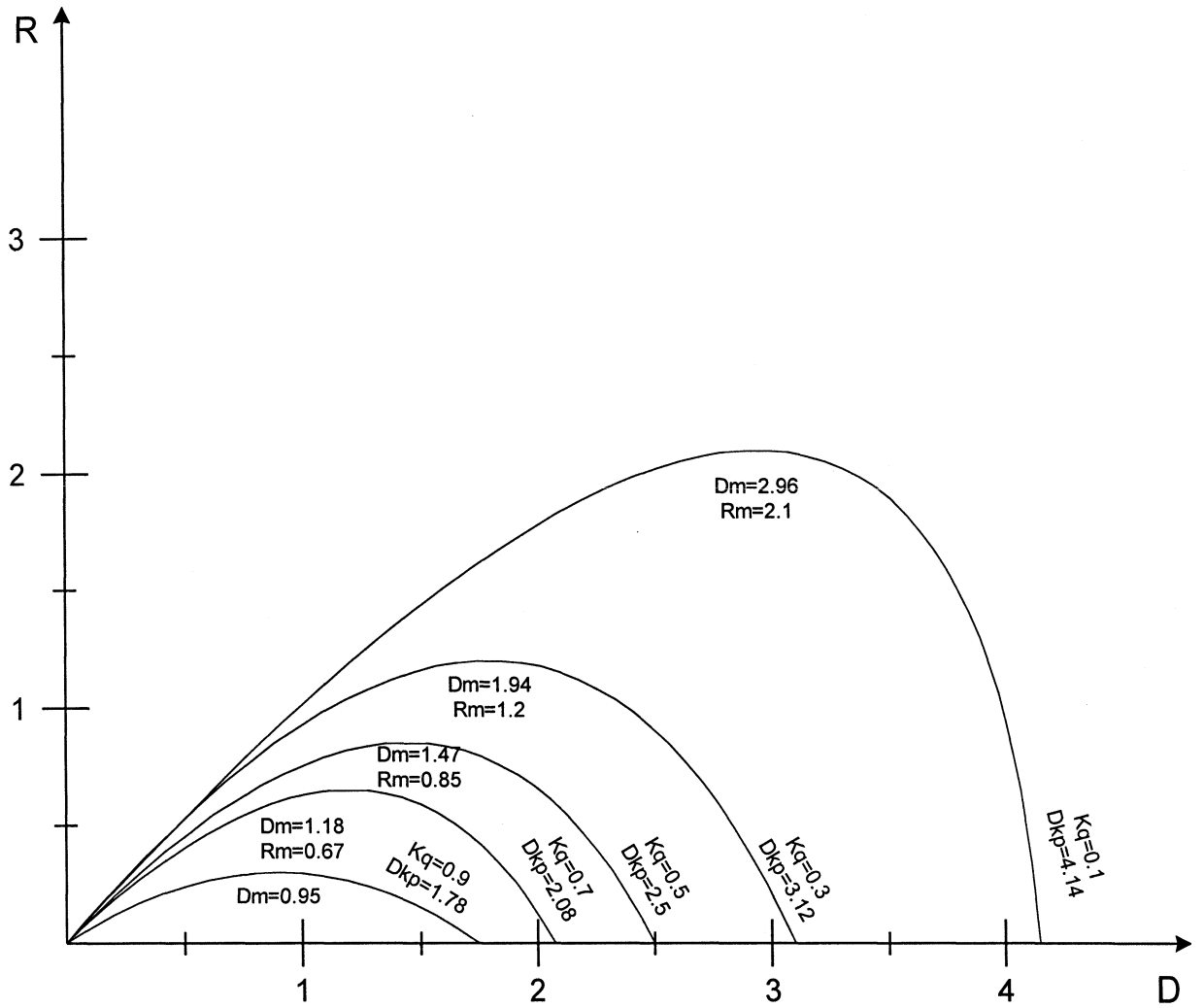


Рис. 2.3. Изменение константы насыщения S , эквивалентной константе Михаэлиса

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx'}{dt'} = \frac{1}{k + Q'} x' Q' - \beta x'; \\ \frac{dQ'}{dt'} = -x' Q' \cdot \frac{1}{k + Q'} + \beta (1 - Q'); \\ \frac{dw'}{dt'} = \left(1 - \frac{1}{\delta}\right) \cdot \frac{x' Q'}{k + Q'} - \beta w'. \end{array} \right.$$

Опустим значок “штрих”. В результате модель проточной системы в безразмерных величинах приобретает вид

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{dt} = \frac{xQ}{k + Q} - \beta Q; \\ \frac{dQ}{dt} = -\frac{xQ}{k + Q} + \beta (1 - Q); \\ \frac{dw}{dt} = \left(1 - \frac{1}{\delta}\right) \cdot \frac{xQ}{k + Q} - \beta w \end{array} \right. \quad (2.15)$$

Исследуем производительность системы. В общем случае она определяется из формулы

$$R = P \cdot X, \quad (2.16)$$

где x - стационарное значение x , определяемое из условий

$$\frac{dx}{dt} = 0; \quad \frac{dQ}{dt} = 0.$$

То есть

$$-P = 0; \quad (2.17)$$

$$x \quad (2.18)$$

Найдем невырожденное решение. Из (2.17)

$$k + q$$

Откуда

$$(2.19)$$

Из (2.18)

Подставив в выражение для x (2.19), получим

$$\frac{!-/?(! + *)}{\cdot ЛГ \sim \sim} \quad (2.20)$$

Производительность системы после подстановки (2.20) в (2.16)

$$(2.21)$$

Определим оптимальное значение приведенного потока β_m , при котором достигается $\max R$. Это значение находится из условия

$$\frac{dR}{dp} = 0.$$

После преобразования имеем

$$\beta_m = 1 - \sqrt{\frac{k}{k+1}}$$

Подставив в (2.20) β_m , найдем x_m и соответствующее $\max R = R$

$$R = \sqrt{14k(4k - Jk + V)}. \quad (2.22)$$

Найдем критическое значение $P = P_{кг}$, которое определяется из условия $Q = 1$. И тогда

$$P_{кг} = \frac{1}{1 + \sqrt{14k(4k - Jk + V)}} \quad (2.23)$$

Таким образом область изменения коэффициента P

$$0 < P < 1 \quad (2.24)$$

Из (2.23) очевидно, что $P < 1$, так как $k > 0$. Тогда можно условие (2.24) трансформировать в

$$0 < P < 1 \quad \blacksquare$$

С учетом введенных в (2.14) обозначений получаем условие физической реализуемости репродуцирующей системы

$$D < 9, \quad (2.25)$$

Рассмотрим физический смысл условия (2.25). Иными словами, удельная скорость событий должна быть меньше и в пределе равной максимально возможной скорости усвоения продукции функциональной системой. Если условие (2.25) не выполняется, это означает, что скорость подачи грузов такова, что Ф.С. не успевает ее осваивать. Зависимость производительности от коэффициента β по формуле (2.21) представим в виде графика на рис.2.4.

Рассмотрим область изменения коэффициента k . Исходя из соотношений (2.21) - (2.23), эта область

$$k > 0. \quad (2.26)$$

Других ограничений формального характера нет. То есть условия $k > 1$, а с учетом обозначений (2.14),

$$K > v_n$$

вполне приемлемым. Физически это означает, что в потоке грузов отсутствует необходимость. Поэтому с ростом k производительность падает. Представим графически производительность в зависимости от k и β (рис.2.5).

Возникает вопрос: какими должны быть значения параметров системы, чтобы производительность была близкой к максимальной и обеспечивалась наибольшая адаптация? Что представляет такое решение: часть по-

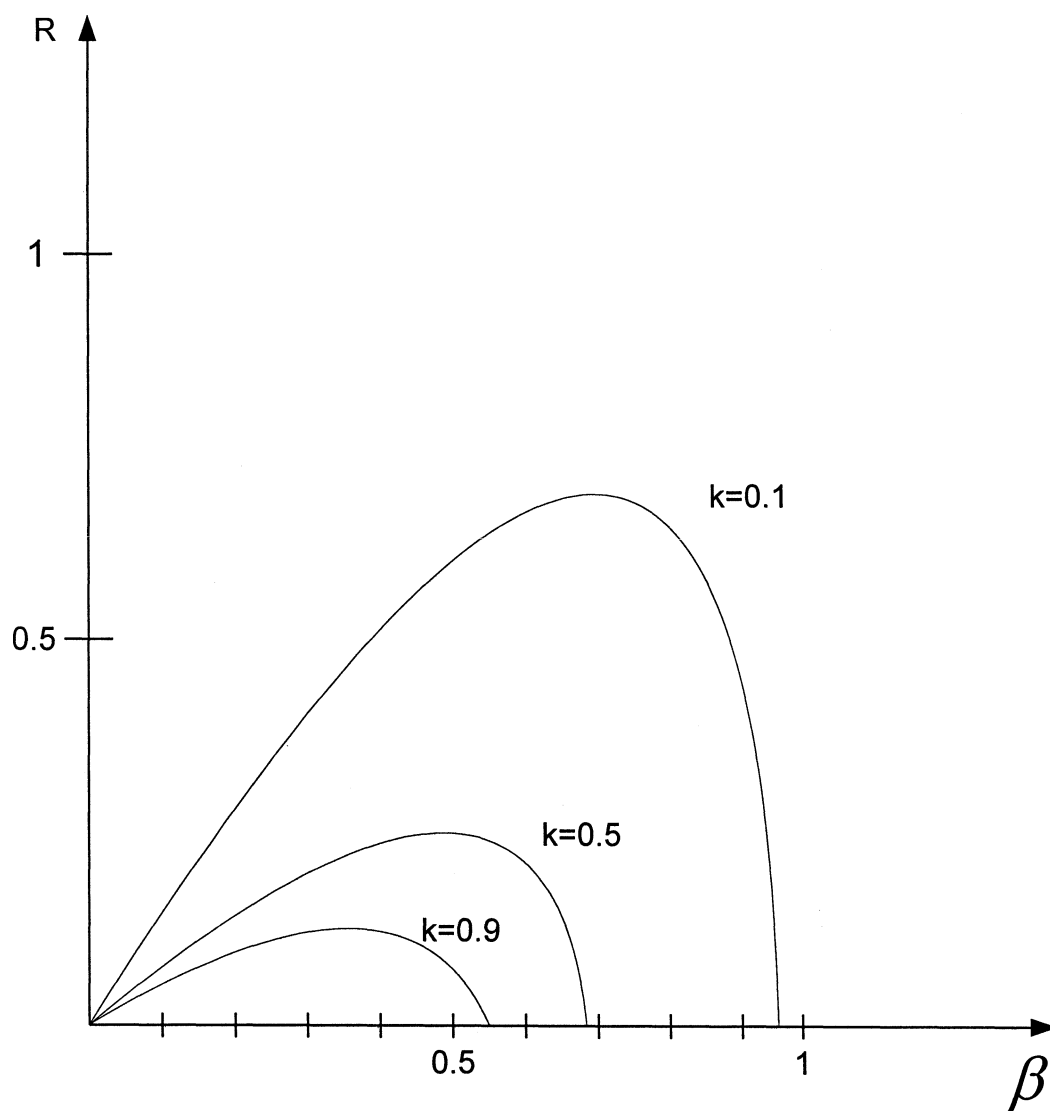


Рис. 2.4. Графическая интерпретация зависимости производительности при различных k

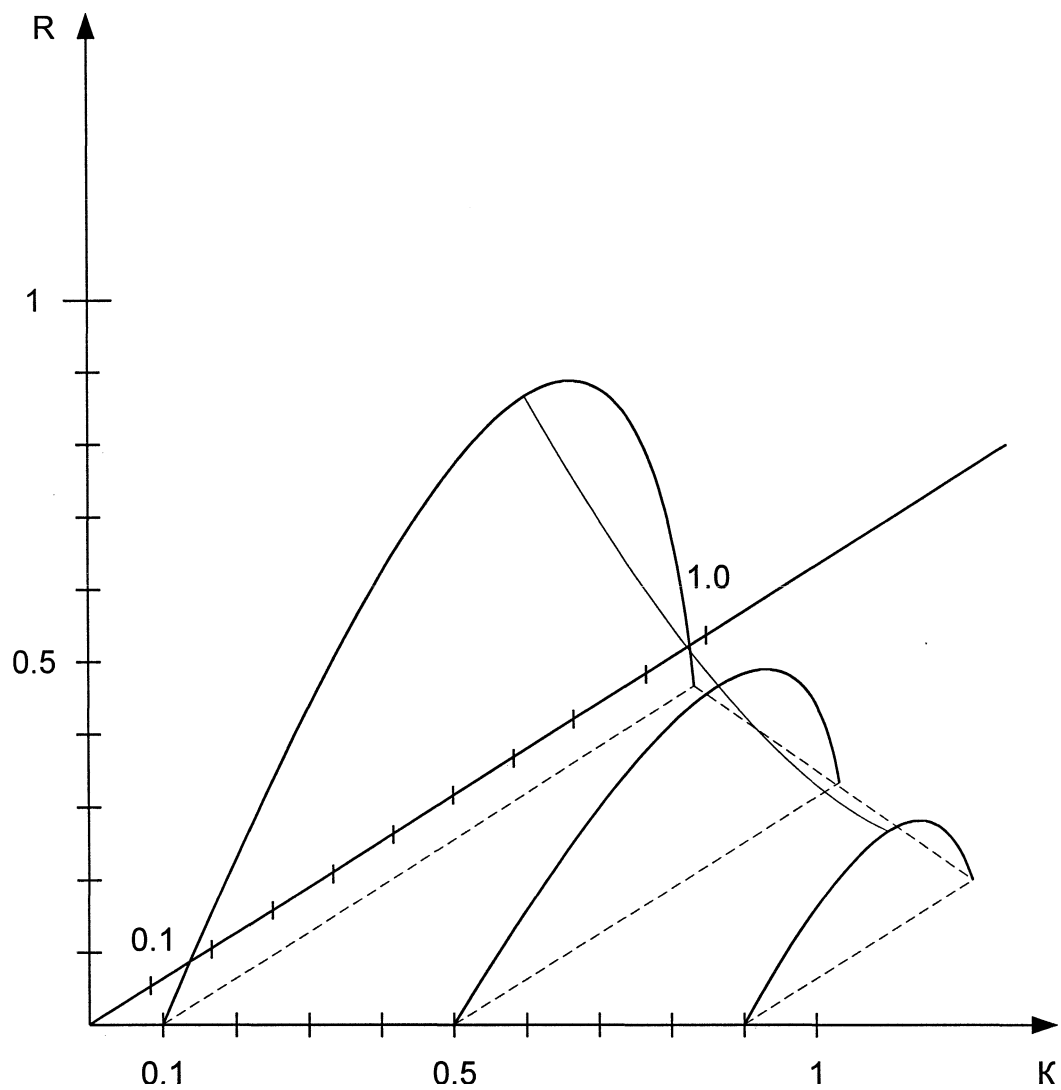


Рис. 2.5. Зависимость производительности репродуцирующей системы от коэффициентов p и k

верхности, показанной на рис.2.5 или только сечение, соответствующее определенным k и $1/3$?

При наличии определенной нормы состояния отклонение от нее в любую сторону ограничены. Приведенные модельные построения указывают на причины этого. Прежде всего: при переходе предприятия в новый режим работы требуется изменение активности составляющих его производственных составляющих. Это требует в свою очередь соответствующего увеличения компенсаторного запроса. Так как линейное отклонение от нормы функциональной деятельности требует экспоненциального обеспечения, то при лимитированной возможности удовлетворения растет “напряженность” состояния, что приводит к дальнейшему отклонению от нормы.

Изменить адаптационные возможности предприятия можно либо перемещением нормы состояния в сторону параметра, вызывающего “напряжение” предприятия, либо расширением зоны функционального оптимума за счет уменьшения скорости роста напряженности состояния, которая определяет время его сохранения. В первом случае процесс связан с изменением структуры взаимоотношений различных функциональных структур отрасли, во втором - в увеличении напряжения производства. И в том, и в другом случае возникает задача оптимального режима функциональной деятельности.

Рассмотрим производительность репродуцирующей проточной системы в зависимости от насыщения продуктами ее деятельности. Как показано в [68], степень напряженности (отклонения) параметра при пополнении потенциальных возможностей, при которых возможно обеспечить максимальный эффект, должна составлять $v^1 \sim 1/3$ от нормального.

Норма, как это было отмечено выше, находится в точке (x_m, P_m) - Таким образом, границы производительности, при которых поддерживаются оптимальные адаптивные возможности, находятся в точке

$$R' \sim \frac{1}{3} R.$$

Соответствующие геометрические построения представлены на рис.2.6.

Исследование решения системы (2.15) было осуществлено на ПЭВМ. В качестве численного метода реализации (2.15) использован классический метод Рунге - Кутты. Математическая модель, алгоритм и программа не приводятся ввиду их широкой известности. С учетом того, что функции $x(Z)$, $Q(t)$ и $w(t)$ плавные, точности метода Рунге - Кутты вполне достаточно.

Учитывая нелинейность системы (2.15), проанализируем влияние коэффициентов δ , β , κ и начальных условий $x(0)$, $Q(0)$, $w(0)$ на решение системы. Для наглядности выводов будем рассматривать решение только относительно $x(t)$ и $Q(t)$. Результаты моделирования представлены на рис. 2.7-2.10.

а) На рис.2.7 показана зависимость решения системы (2.15) от коэффициента β , откуда очевидно следует, что с ростом β замедляется рост полезного груза $x(t)$. При $D = 0.9$ значение $x(t) = x(0)$, то есть имеет место граничный режим, после которого (при $\beta > 0.9$) $x(t) \rightarrow 0$, а $Q(t) \rightarrow 7$.

Результаты полностью соответствуют реальным условиям, если вспомнить, что $\beta = D/\theta_m$. Рост D соответствует росту скорости потока грузов D . Следовательно, при фиксированных b и θ_m количество полезного груза, которое может быть извлечено из входного потока Q уменьшается, потому что Ф.С. не успевает извлекать прежнее количество продукции (при меньших β).

Однако рост β - это и уменьшение θ_m при фиксированном D . А уменьшение коэффициента воспроизводства (θ_m) приводит в соответствии с (2.6) к уменьшению коэффициента усвоения θ , то есть к уменьшению скорости $x(t)$.

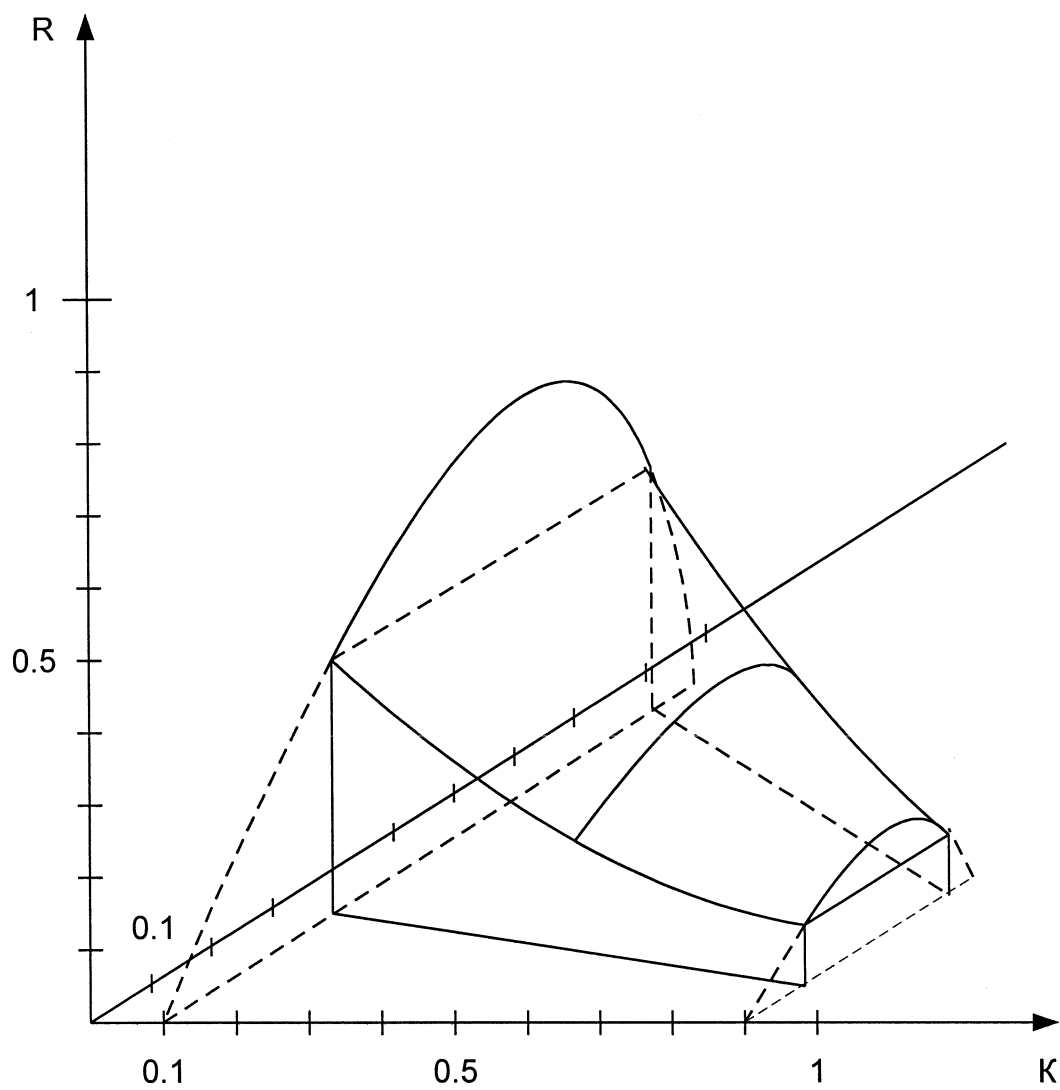


Рис. 2.6. Графическая интерпретация поверхности функционального оптимума

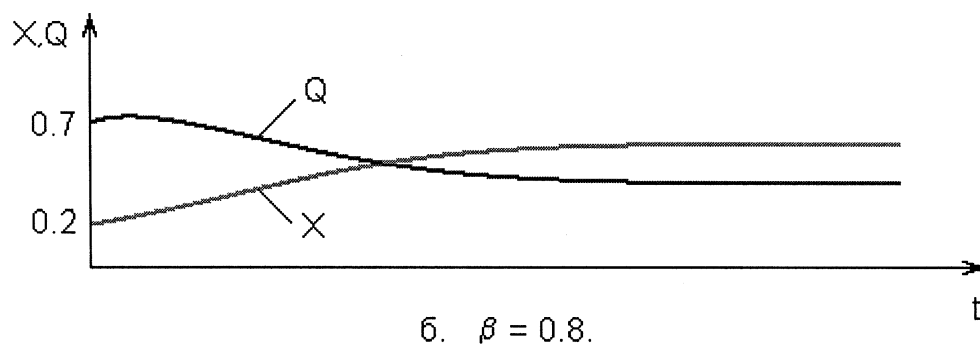
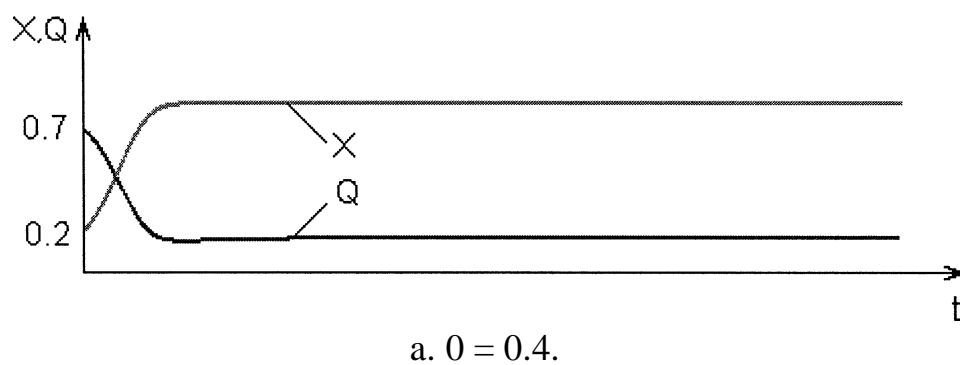
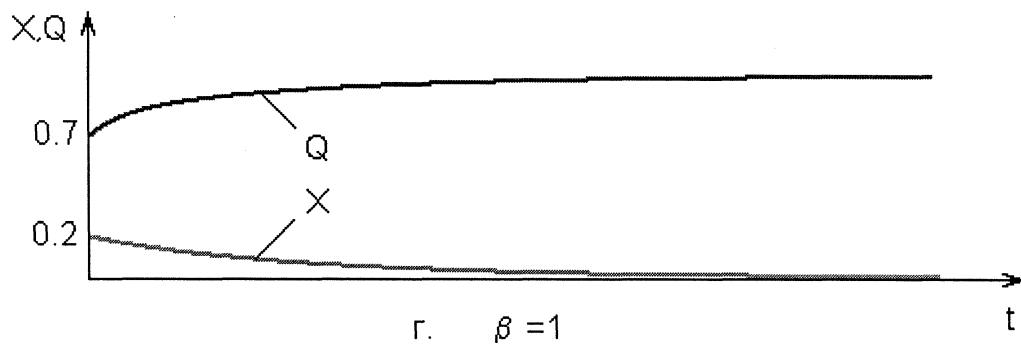
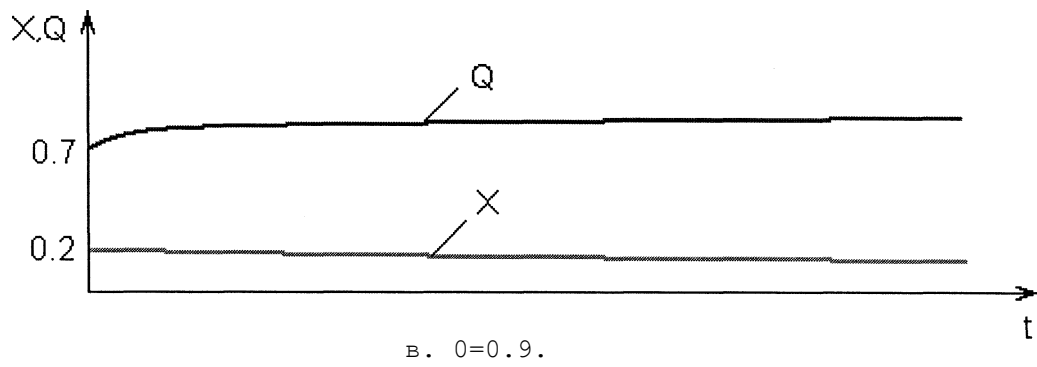


Рис. 2.7. Результаты моделирования при $\kappa = 0.1$



Продолжение рис. 2.7

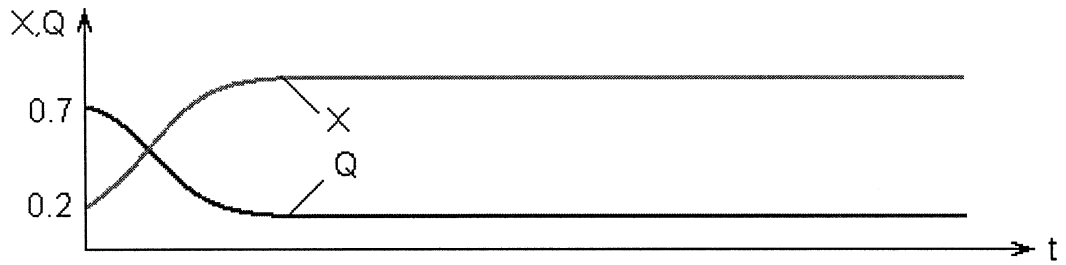
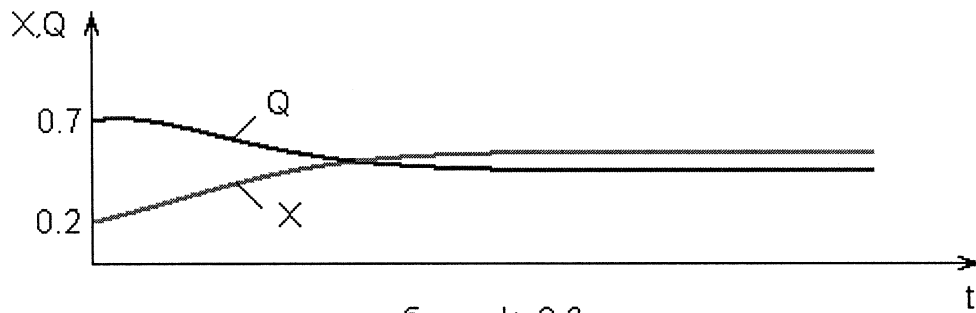
$P > 1$ означает, что скорость $D > 0_m$ и тем более $D > 0$. Ф.С. не в состоянии извлекать полезный груз, конечные результаты не успевают закрепляться, грузы «вымываются» из Ф.С.

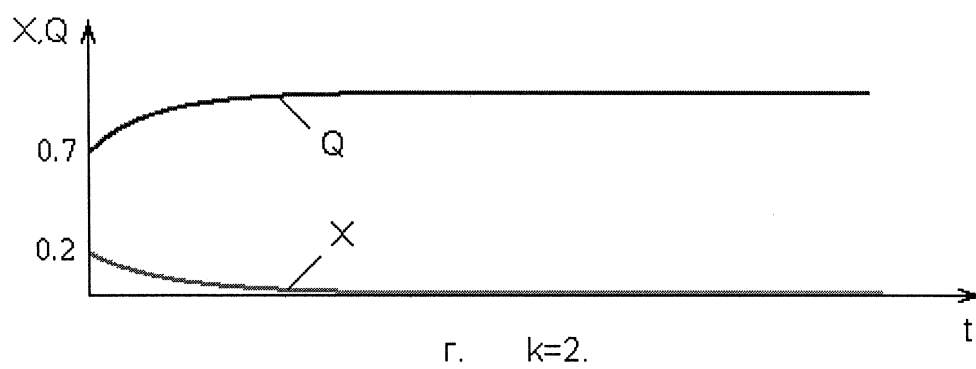
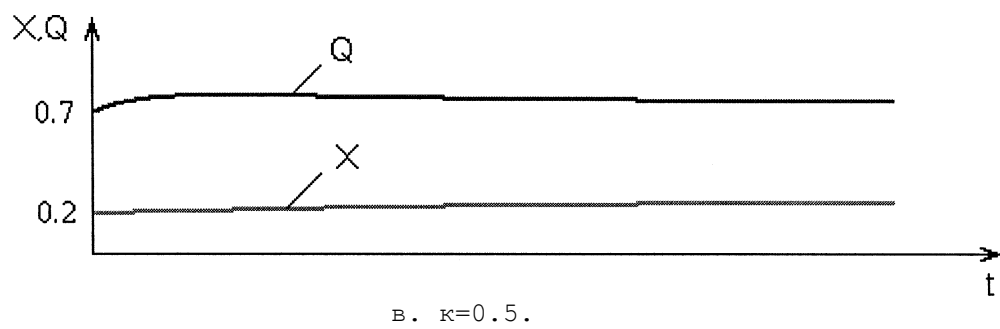
б) Продемонстрировано влияние коэффициента κ на продуктивность системы (рис.2.8). Результаты станут понятными и адекватными, если рассмотреть физическую сущность $\kappa = K_v / Q_o$. Увеличение κ соответствует уменьшению разницы между K_v и Q_o , то есть уменьшению нужных грузов во входном потоке информации Q_o . Это уменьшение не способствует росту x , а наоборот. $\kappa > 1$ означает, что нужные грузы в Q_a отсутствуют вообще. Это приводит к росту $Q(t)$ в Ф.С. и стремлению $x(t)$ к 0.

в) Внимательное рассмотрение рисунков 2.7в и 2.8в поможет установить их качественное сходство. Действительно, на обоих рисунках имеет место граничный режим. Однако $D = 0.9$ и $\kappa = 0.5$ не являются граничными коэффициентами, ибо нелинейные системы существенно зависят от начальных условий.

На рис. 2.9 показано влияние начальных условий на конечный результат. Поведение $x(t)$ на рис. 2.9а объясняется достаточно большим коэффициентом P . При малых $x(0)$ и $Q(0)$ возможен граничный режим для $x(t)$ (рис. 2.9г).

г) До сих пор в процессе одной реализации принимались $\kappa, 5, P = \text{const}$. Подвергнем анализу результаты моделирования в тех случаях, когда один из коэффициентов изменяется в процессе эксперимента. Данная ситуация более соответствует реальным условиям функционирующих систем, в которых коэффициенты постоянно изменяются. Результаты представлены на рис. 2.10. То, что при изменении P должен меняться характер поведения $x(t)$ и $Q(t)$ - очевидно. Следует обратить внимание на разнообразие этих форм.

а. $k=0.1$ б. $k=0.3$ Рис. 2.8. Результаты моделирования при $\xi = 0.6$



Продолжение рис. 2.8

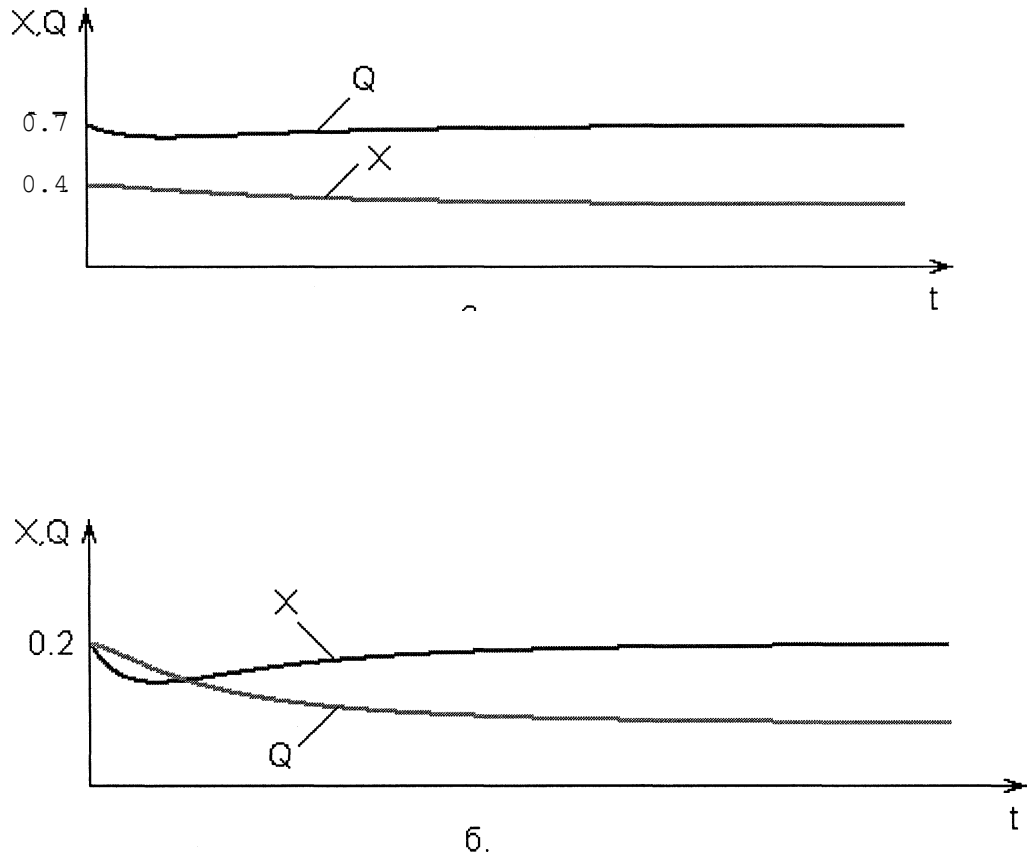
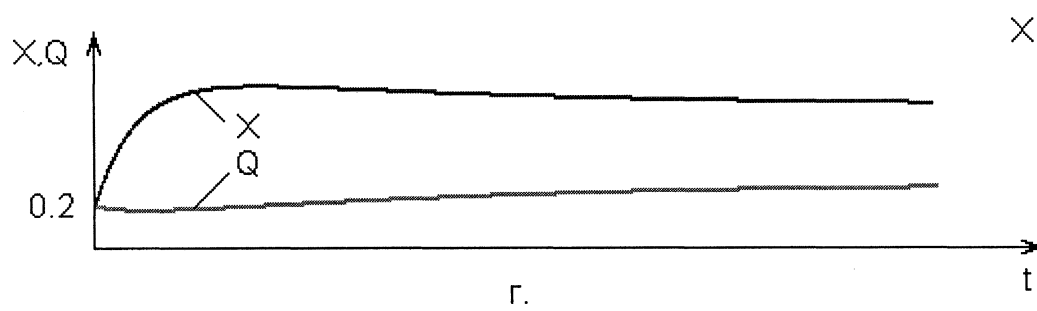
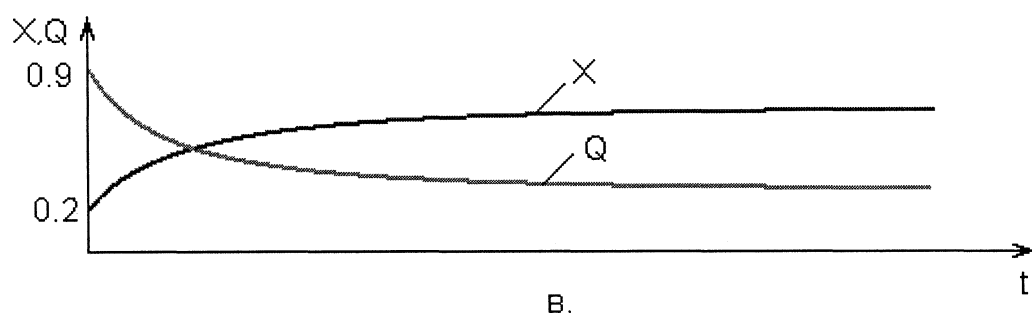


Рис. 2.9. Результаты моделирования при $\kappa=0.3$, $[\beta]=0.7$ и изменяющихся н.у.



Продолжение рис. 2.9

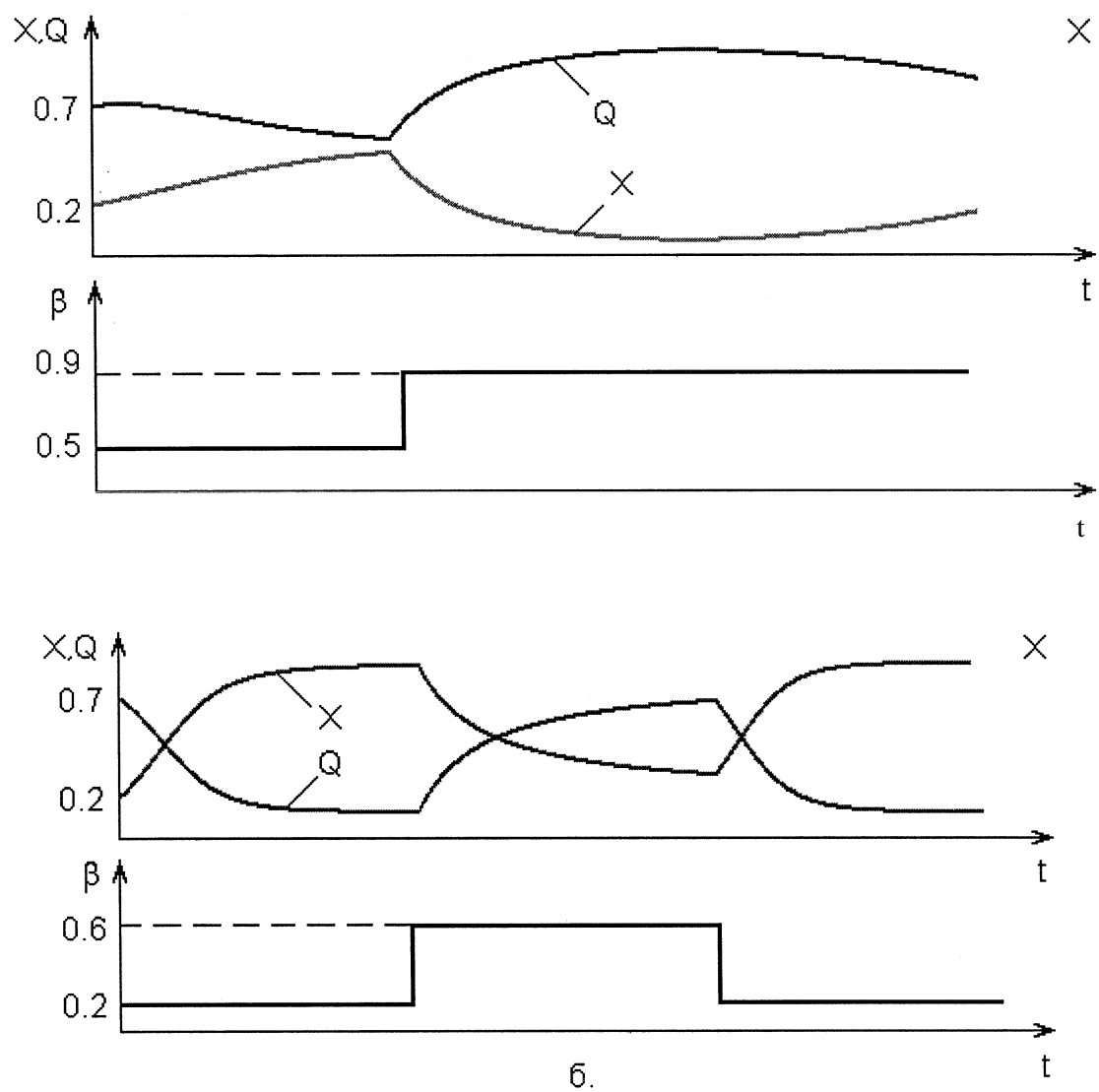
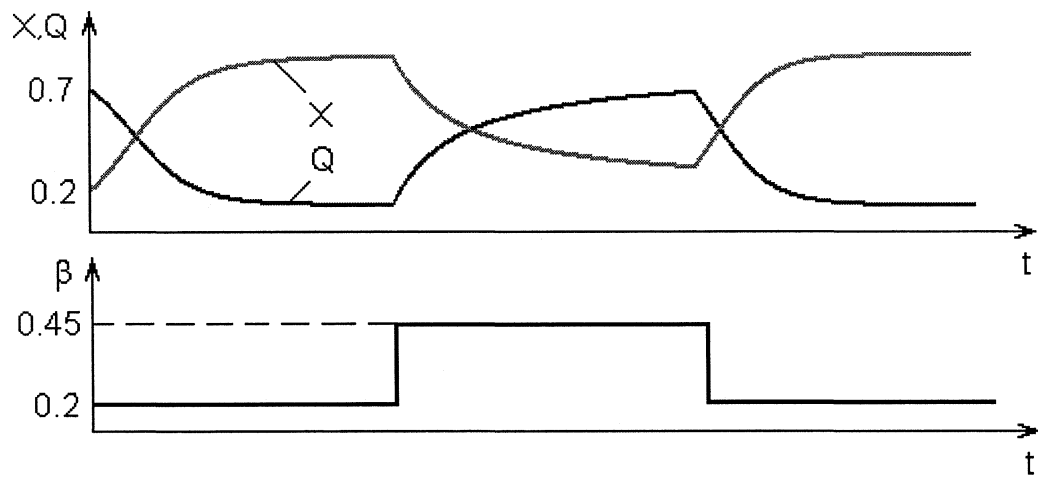
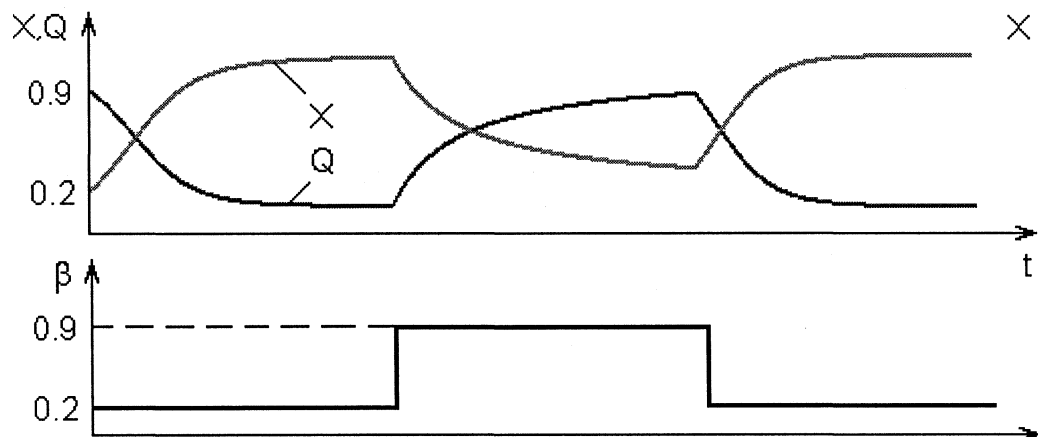


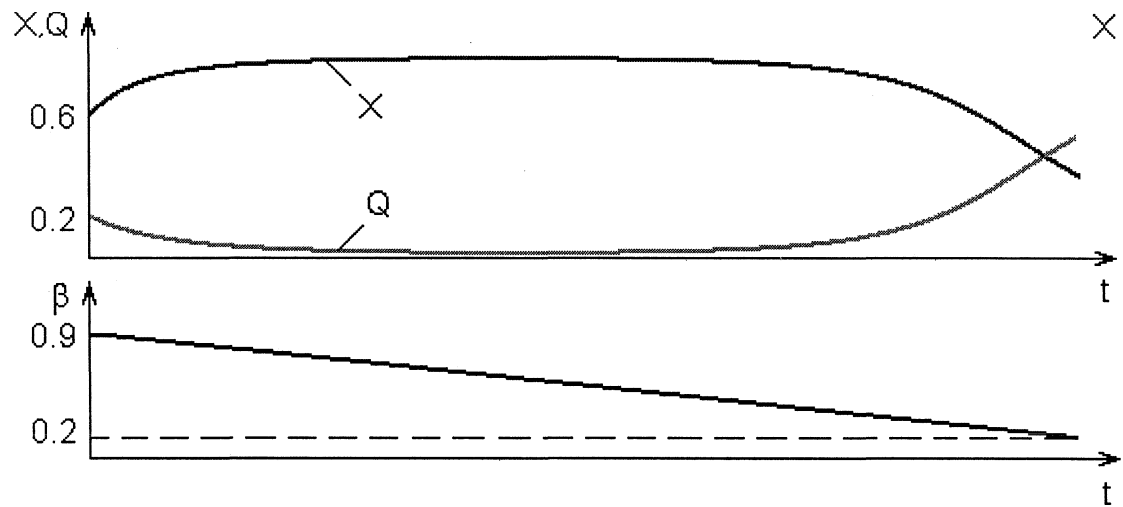
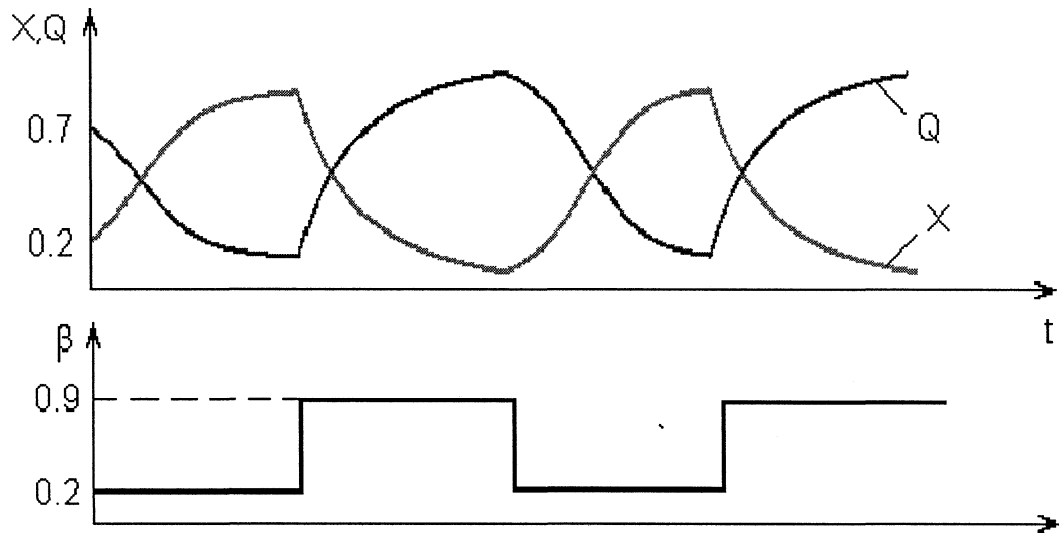
Рис. 2.10. Результаты моделирования при $\kappa=0.5$



В.



Продолжение рис. 2.10



Продолжение рис. 2.10

Использование данной модели с высокой степенью надежности позволяет прогнозировать аналитическую зависимость развития событий на базе имеющегося статистического материала. Это объединяет два основных подхода к описанию динамики происходящих процессов в отрасли - детерминистских и стохастических. Фактически стохастическая составляющая определяет толерантность пространства событий, в которых рассматриваются аналитические зависимости изучаемых процессов.

Так как стохастическая составляющая может варьировать и определяет различимость контрольных характеристик, то повышение эффективности прогнозирования состояния процессов безопасности зависит в основном именно от этого компонента. Это позволяет использовать предложенные аналитические зависимости как базовые модели для изучения закономерностей и прогноза состояния системы. Степень правдоподобности сделанных заключений будет определяться толерантностью полученного пространства событий. Данные положения имеют строгое обоснование и сформулированы в виде теоремы о разрешимой сложности задач в толерантных пространствах [78].

Выводы к разделу 2

1. Повышение эффективности перевозочного процесса связано с постоянным поиском оптимальных значений параметров этого процесса. Ввиду невозможности прямого эксперимента, особое значение приобретает математическое моделирование деятельности железнодорожного транспорта.
2. Для моделирования перевозочного процесса железнодорожный транспорт как комплекс сложных взаимосвязанных человеко-машинных систем необходимо рассматривать с позиций систем-

ного подхода. В связи с этим он представлен в виде функциональной системы «человек - среда - объект управления».

3. С учетом неточности (размытости) информации в транспортных системах, которая является следствием ее неоднозначного восприятия и отображения, введен основополагающий принцип толерантности пространства событий. Сформулирована проблема разрешимости безопасного перевозочного процесса.
4. Для эффективного моделирования системы, находящейся в динамическом отношении со средой, обосновано представление ее моделью «проточного культиватора».
5. Для исследования перевозочного процесса любого масштаба и уровня математическую модель проточной системы необходимо привести к безразмерному виду.
6. Проведены эксперименты с моделью проточной системы на ПЭВМ. Выведены формулы для определения оптимальных значений параметров.

РАЗДЕЛ 3

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Принцип теории безопасности проф. Д. Петерсона, изложенный в разделе 1, гласит: безопасностью следует управлять. Управление сложным объектом заключается в сборе, хранении, обработке информации и принятии решения об отнесении состояния системы к той или иной области множества состояний. В связи с этим необходимо:

- Определить множество состояний системы;
- Разработать принципы анализа и организации информации о состоянии системы;
- Разработать алгоритм контроля и оценки состояния.

Именно так построены подразделы данного раздела.

3.1. Определение пространства состояний безопасности железнодорожной системы

Решение вопроса повышения безопасности функционирования железнодорожного транспорта требует знания его текущего состояния и степени риска (уровня надежности) каждого из компонентов. Следовательно разработка методики контроля и оценки безопасности требует введения меры риска возникновения аварии.

Фактически в зависимости от толерантности пространства событий необходимо иметь адекватные паспортные данные на все элементы системы, которые влияют на протекание процесса движения поездов. Их взаимообусловленные отношения и определяют разрешимость конечного результата. В практике сегодняшнего дня используется среднестатистическая

характеристика надежности, и на ее основании осуществляются плановые профилактические осмотры и ремонты. В ряде случаев оцениваемая характеристика надежности существенно переступает допустимый предел, вплоть до реального отказа какого-либо элемента. Такая ситуация, с одной стороны, снижает экономичность эксплуатации, а с другой - повышает фактор риска, резко снижая безопасность транспортных перевозок.

Если весь диапазон возможного состояния элементов железнодорожной системы и ее самой представить как пространство событий, в котором отражаются состояния системы, от абсолютной гарантии до катастрофического состояния, то в зависимости от масштаба деления этого диапазона можно указать градацию, после которой следует уделять особое внимание тому звену, в котором достигается критический уровень и необходимо осуществлять профилактические мероприятия.

Таким критическим уровнем выступает состояние, при котором усилия по поддержанию безопасности еще способны обеспечить ее на заданном уровне. Такое состояние должно оцениваться как тревожное, уже требующее принятия мер по уменьшению его напряженности. Принцип введения такого рода меры должен быть общим для любого звена железнодорожной системы.

Практически от нормального рабочего состояния ж.д. системы или ее звена в сторону повышения ее надежности можно говорить об уверенной работе, гарантированной надежности и абсолютной надежности. Абсолютная надежность употребляется здесь как чисто теоретическое состояние. Переход к абсолютной надежности требует увеличения экономических расходов на содержание системы. Естественно время функционирования в таком состоянии зависит от экономического потенциала, обеспечивающего систему. Очевидно, чем выше потенциал, тем больше времени пребывания в таком состоянии можно обеспечить.

В свою очередь отклонение от нормального состояния в сторону понижения надежности, вплоть до катастрофы, также может говорить о дли-

тельности функционирования без сбоев и величине урона, а следовательно и расходов (наносимого ущерба) при функционировании в таком состоянии.

В принятой в настоящее время классификации нарушений в поездной и маневровой работе на железных дорогах Украины [58] используются градации:

- а) случай брака в работе (в дальнейшем - брак);
- б) особый случай брака в работе (в дальнейшем - брак особого учета);
- в) авария;
- г) крушение.

Данная классификация имеет определенные условности в характеристике транспортных происшествий. Что же касается оценки уровня повышенной надежности, то такой градации в практическом использовании сегодня не существует.

Все многообразие соотношения благоприятных и неблагоприятных условий, которые определяют сохранение равновесного состояния, можно описать нормальным законом распределения в пространстве происходящих событий. При нарушении этого равновесия процесс движется к одному из крайних пределов. Тогда в диапазоне событий от катастрофического до абсолютной гарантии имеется точка равновесия, которая и определяется как нормальное состояние. В силу того, что каждое состояние определяется конкретными усилиями на его сохранение, существуют две точки напряжения, работа за пределами которых становится уже убыточной. Расстояние между этими точками можно определить как зону функционального оптимума.

Приближение к этим точкам со стороны нормы должно оцениваться как повышение тревожности, требующее принятия мер по стабилизации нормального состояния. Точки, определяющие границы функционального оптимума, характеризуются высоким напряжением, когда еще удается со-

хранить равенство приобретений и потерь. Этот факт позволяет установить то состояние в звеньях железнодорожной системы, при котором необходимо применять меры стабилизации положения, то есть, состояние повышенной тревожности. За ее границами наблюдается рассогласование между возможностями и потребностями отрасли, отдельного ее звена либо участка.

Если проанализировать модель, положенную в основу распределения фактов, влияющих на надежность системы и затраченные усилия на сохранение ее в заданном режиме эксплуатации, то наблюдается временная зависимость, которая позволяет определить длительность функционирования такого режима.

В графическом плане это может быть представлено как сохранение состояния системы (либо ее звена) при определенном соотношении благоприятных и неблагоприятных условий, обеспечивающих ее функционирование. Возможное соотношение условий, обеспечивающих функционирование системы, без преднамеренного вмешательства будет иметь нормальное распределение. Время пребывания системы в пределах диапазона существования носит экспоненциальную зависимость (рис. 3.1).

Вписанная площадь прямоугольника под экспонентой и осью времени имеет симметричное распределение и соответствует объему дополнительно выполненной работы при заданном режиме эксплуатации за данное время работы. Фактически объем реальной работы в этом случае может быть представлен как

(3.1)

где - время эксплуатации системы в заданном режиме;

H - нормальный режим работы;

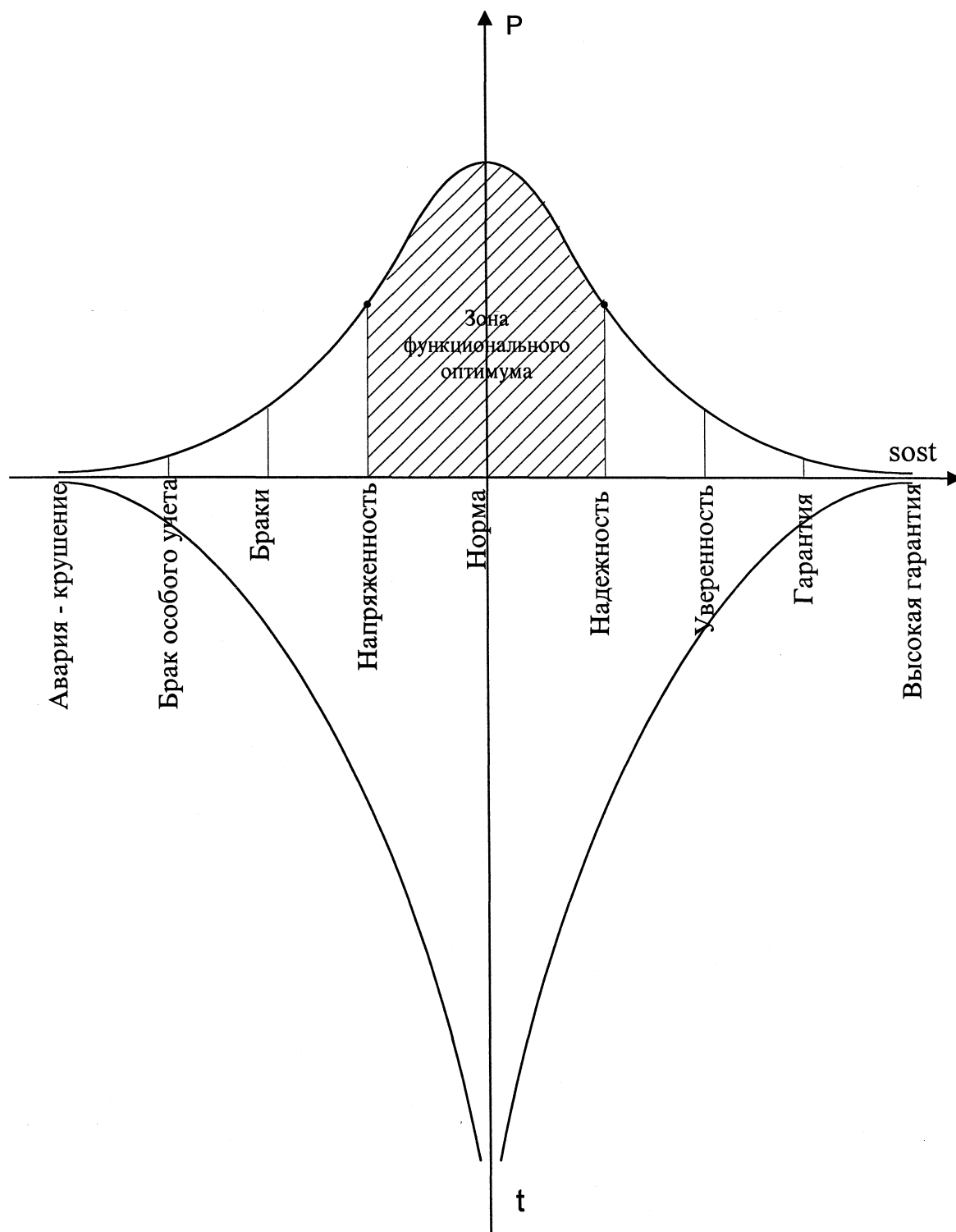


Рис. 3.1. Распределение состояний безопасности железнодорожного транспорта и времени его сохранения

P - вероятность состояния $sost$;

t - время сохранения соответствующего состояния

e'' - режим текущей эксплуатации, отражающей степень напряженности в деятельности системы.

Улучшение и удешевление способов обеспечения надежности и экономичности эксплуатации железнодорожного транспорта приводит к повышению эффективности функционирования в нормальном состоянии и обратно. При перемещении вдоль оси надежности меняется суть режима работы в нормальном состоянии, общий объем выполняемой работы, ее качественная сторона. Такая зависимость также носит экспоненциальный характер и при снижении надежности объем нормы стремится к нулю. Устойчивость места положения нормального состояния системы определяет уровень экономического потенциала, который обеспечивает адекватную надежность работы системы в целом. Следовательно, жизнеспособность любой системы, в том числе железнодорожного транспорта, необходимо рассматривать в системе координат «устойчивость - надежность», где под устойчивостью понимается общепринятое положение оценки структуры связей функционирующей системы, отражающих сохранение ее равновесного состояния, а под надежностью - прочность элементов системы, определяющих структуру этих связей.

3.2. Разработка метода структурирования информации о нарушениях безопасности движения

Надежность работы ж.д. транспорта обеспечивает гарантированную доставку груза. В силу уменьшения потерь от брака, затраты на повышение надежности приносят положительный экономический эффект в виде прибыли. Дальнейшее увеличение расхода на надежность уменьшает прибыль, а после определенного уровня повышение надежности приводит к отрицательному балансу.

Аналогичным образом можно говорить о том, что при снижении затрат на сохранение надежности происходит экономия средств, однако рас-

тущее число браков наносит ущерб и полученная экономия сводится к нулю. Дальнейшее сокращение надежности дает уже отрицательный результат.

И в одном и в другом случае существует равновесное состояние, относительно которого происходят колебания. Чем эти колебания меньше тем более эффективно организована отрасль. Практически вокруг точки равновесного состояния осуществляется предельный цикл (он описывается математической моделью Вольтерра-Лотка). Устойчивость траектории цикла представляет самостоятельный вопрос исследования. В рассматриваемом случае следует отметить, что расходы на повышение надежности растут по экспоненциальной зависимости и важным является определение достаточного уровня надежности и соответствующего ему уровня ремонтпригодности, которые обеспечивают устойчивую работу системы в целом.

Для установления наиболее эффективного потока обновления «изношенных элементов» системы следует определить максимально экономичный режим, в котором должен осуществляться текущий ремонт. Относительно модели проточной репродуктивной системы (2.7) это скорость потока, в котором коэффициент экономичности использования - это средняя ремонтпригодность. Данную характеристику необходимо определить из условий изменения надежности в зависимости от срока эксплуатации каждого «элемента» рассматриваемой системы.

На основании того, что затраты на сохранение надежности в зависимости от ее уровня растут по экспоненте (рис. 3.1), необходимо исходить из времени сохранения необходимого уровня надежности и возможного объема полезной работы с определенной гарантией получения результата. Будем полагать, что гарантированность результата транспортных перевозок пропорциональна надежности. Для получения наибольшего значения гарантии необходимо максимизировать произведение вероятности выполнения грузоперевозок и режима поддержания заданной надежности. Прак-

тически задача сводится к решению уравнения с определением максимально вписанной площади

$$S = e^{bcx}, \quad (3.2)$$

где S - площадь вписанного прямоугольника под экспоненциальной зависимостью, отражающей изменение во времени надежности при безремонтной эксплуатации.

Известно, что $opt S$ находится в точке, в которой $\frac{dS}{dx} = 0$. Найдем

$\frac{dS}{dx}$ из (3.2) и приравняем ее нулю:

$$\frac{dS}{dx} = e^{bx} - l e^{bcx} = 0,$$

откуда

$$e^{-Zl}(1-Zx) = 0.$$

Поскольку > 0 при всех значениях x , то получается

$$1 - lx = 0. \quad (3.3)$$

Решая линейное алгебраическое уравнение (3.3), получаем

$$x = \frac{1}{l}. \quad (3.4)$$

Подставим (3.4) в формулу e^{-kx}

$$y = e^{-kx} = e^{-kx} = \dots \quad \epsilon$$

Таким образом, максимум S достигается в точке ординат

$$e^{-kx} \approx \frac{1}{\dots}$$

В существующей системе оценки уровня надежности (п.3.1) классификация предполагает брак, брак особого учета, аварию и крушение. Однако в каждом звене железнодорожной системы содержательная сторона брака, брака особого учета различна и требует систематизации и составления специального каталога неисправностей и последствий, которые могут возникать при их неустранении.

Такого рода упорядоченный каталог последствий от неисправностей каждого звена на различных уровнях организации железнодорожной системы позволит точно контролировать и устанавливать природу брака с определением уровня ответственности за допущенный брак, который повлек за собой усложняющие последствия, вплоть до крушения. Каталог является основой для разработки методики многоуровневого контроля и ответственности за состояние безопасности в железнодорожной системе.

Безопасность определяется знанием состояния управляемого объекта и точностью управления. Перед началом выполняемых действий необходима максимально доступная информация о состоянии всех трех составных компонентов системы «человек - объект управления - среда». Именно контроль за «износом» каждого компонента дает возможность определить степень исходного риска или вероятность возможных отказов. Контроль и паспортизация двух первых компонентов и составляющих их звеньев позволит знать, что и в каком состоянии, когда и сколько вложено для повы-

шения качества и до какого уровня надежности оно доведено в соответствии со шкалой оценки (... напряжение, норма, уверенность, ... абсолютная надежность).

Начальный этап цикла работы системы контроля должен состоять из сбора информации о происшедших событиях и их исходах. Событие произошло успешно - проведена регистрация всех служб, причастных к его обеспечению с учетом, где, когда, кем выполнено, начало события и его конец. Если событие произошло неуспешно (с напряжением, браком, браком особого учета, аварией, крушением), в этом случае проводится классификация нарушений по их содержанию: при формировании состава, при маневре, неисправности локомотива, вагона, состояния пути, готовности к работе исполнителей, их квалификации. Первый цикл анализа показан на рис. 3.2. В практике ж.д. транспорта в настоящее время фиксируется только отклонение от нормы со знаком (нет -).

Во всех случаях анализа нарушений перевозочного процесса возникает необходимость получения ответа на вопросы: ЧТО, ГДЕ, КОГДА. Оценку наиболее напряженного места событий обозначим параметром «ГДЕ». Если место происходящих событий имеет строгую локализацию, то следует говорить о наличии локальных причин происходящего. Если существует равномерное распределение, но урон от данного вида нарушений достигает определенной величины, то следует искать причину нарушений в технологии организации перевозочного процесса. Аналогично производится анализ уровня напряженности того звена, в котором произошло нарушение (классификация по параметру «ЧТО»). Важным обобщенным показателем является время произошедшего события (время суток, года, месяц) - классификация по параметру «КОГДА». Любое событие должно также получить оценку по качеству (хорошо-плохо), КАК это произошло, ПОЧЕМУ и КТО связан с происшедшим.

Таким образом каждое событие предлагается анализировать по параметрам: {ЧТО, ГДЕ, КОГДА, КАК, ПОЧЕМУ, КТО}.

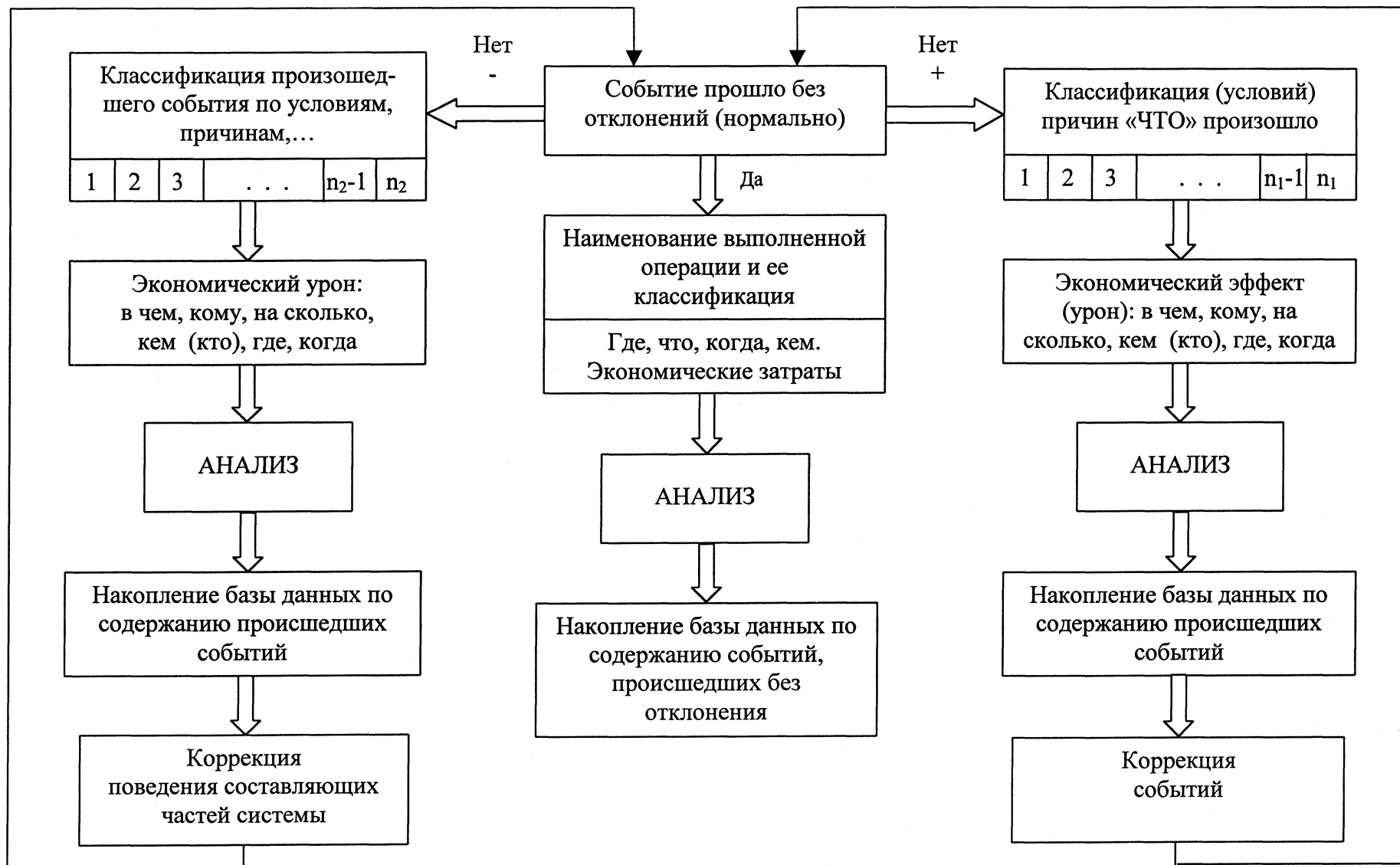


Рис. 3.2 Общая схема проведения текущего анализа происшедших событий на железнодорожном транспорте

3.3. Разработка метода анализа событий нарушения безопасности

Уровни оценки происшедшего события можно осуществлять с любой степенью детализации. На практике предельный уровень детализации событий определяется возможностью получения достоверной информации. То есть установлением допустимой толерантности событий, в которой возможна безаварийная деятельность. На рис. 3.3 показано как проводится детализация события нарушения безопасности (отрицательный результат) по параметру «ЧТО» в четырех уровнях. Аналогично анализируется положительный результат. Затем (или параллельно) точно также проводится анализ по параметрам классификации «ГДЕ», «КОГДА» (рис. 3.3а).

При анализе накопленных данных для классификации отдельного события проводится оценка числа зарегистрированных событий. При оценке «ЧТО» («ГДЕ», «КОГДА») устанавливается плотность распределения. Первоначально оценка идет в системе координат «количество событий - наименование событий» (на рис. 3.4 это показано для параметра «ЧТО»). Затем полученная оценка упорядочивается (рис.3.5) и устанавливается наиболее характерное из происшедших нарушений.

При условии, когда распределение контролируемых событий не отличается друг от друга в своей численности и представление материалов в схеме рис. 3.4. и рис. 3.5. не имеет различий можно говорить об усредненной степени напряженности состояния контролируемой системы. Накопление этой информации позволит получить представление о том, в каком соотношении находятся различные состояния. То есть на сколько единиц нормально выполненных операций возникает одно напряжение, на сколько единиц выполненных операций в состоянии напряжения возникает одна единица брака и так далее. Практически будет установлена структура прогнозирования аварийности в зависимости от состояния ж.д. транспорта как системы в целом, что позволит установить оптимальные сроки надежности и ремонтпригодности компонентов железнодорожной системы.

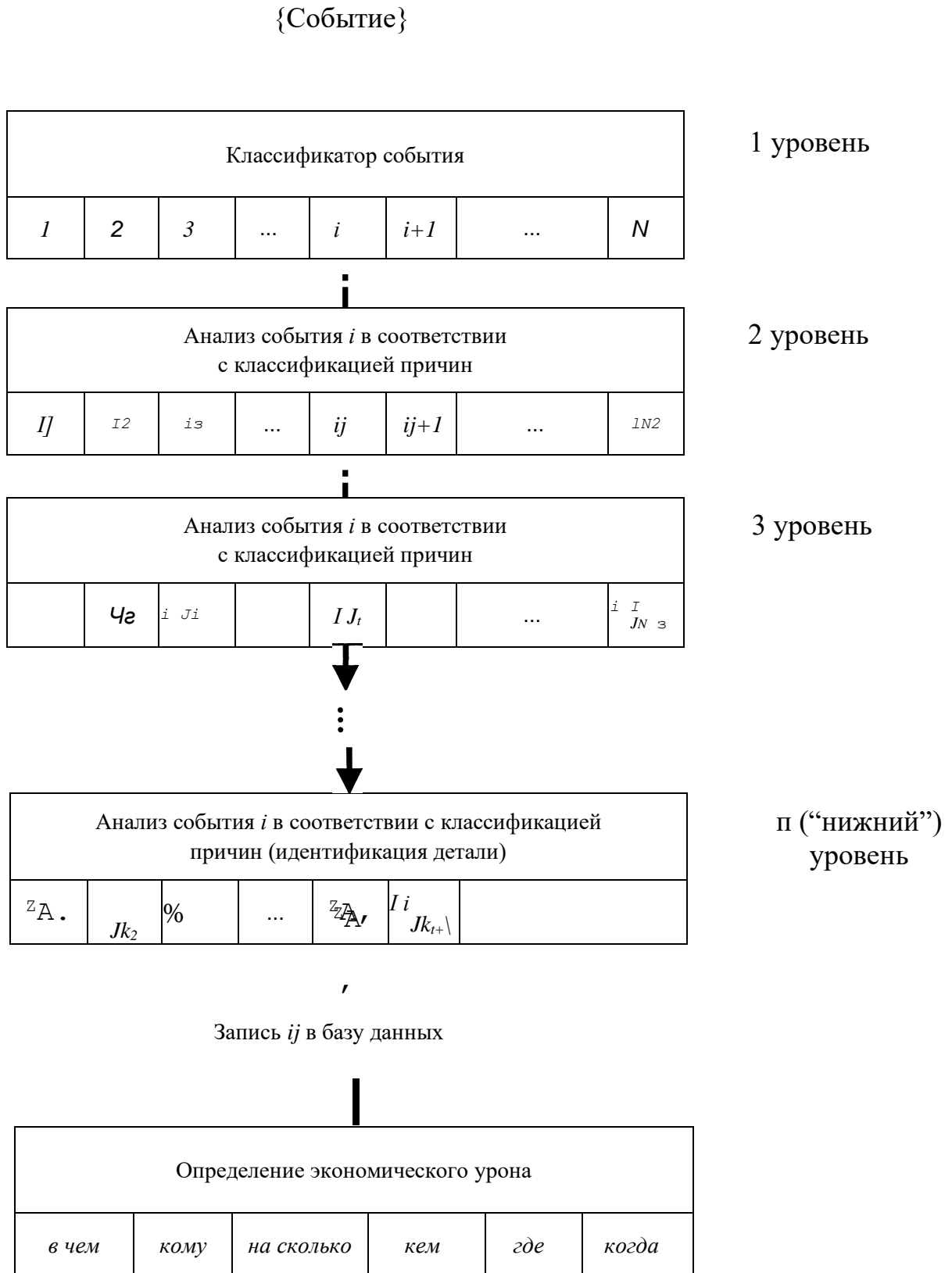


Рис.3.3. Схема анализа событий нарушений безопасности по параметру “ЧТО”

Элементы структуры рассматриваемой системы, используемые на текущий момент
 Перечень событий, которые встречаются в производственном процессе и влияют на его результативность по элементам структуры

Событие произошло

Нет (-) - результат + Нет (+)
 соответствует предположению

1	2	3	...	N-1	N	ЧТО	1	2	3	...	N-1	N
Столкновение	Отказ Тяги	Сход										

1	...	ГДЕ	...	M-1	M
---	-----	------------	-----	-----	---

2	...	КОГДА	...	K-1	K
---	-----	--------------	-----	-----	---

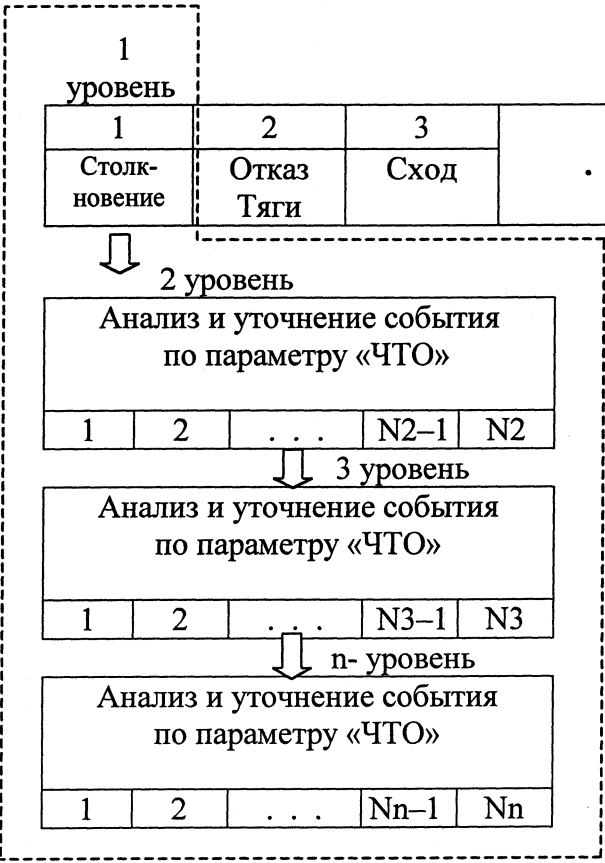


Рис. 3.3.а Анализ эффективности производственной деятельности или схема выявления влияния причин, влияющих на результативность

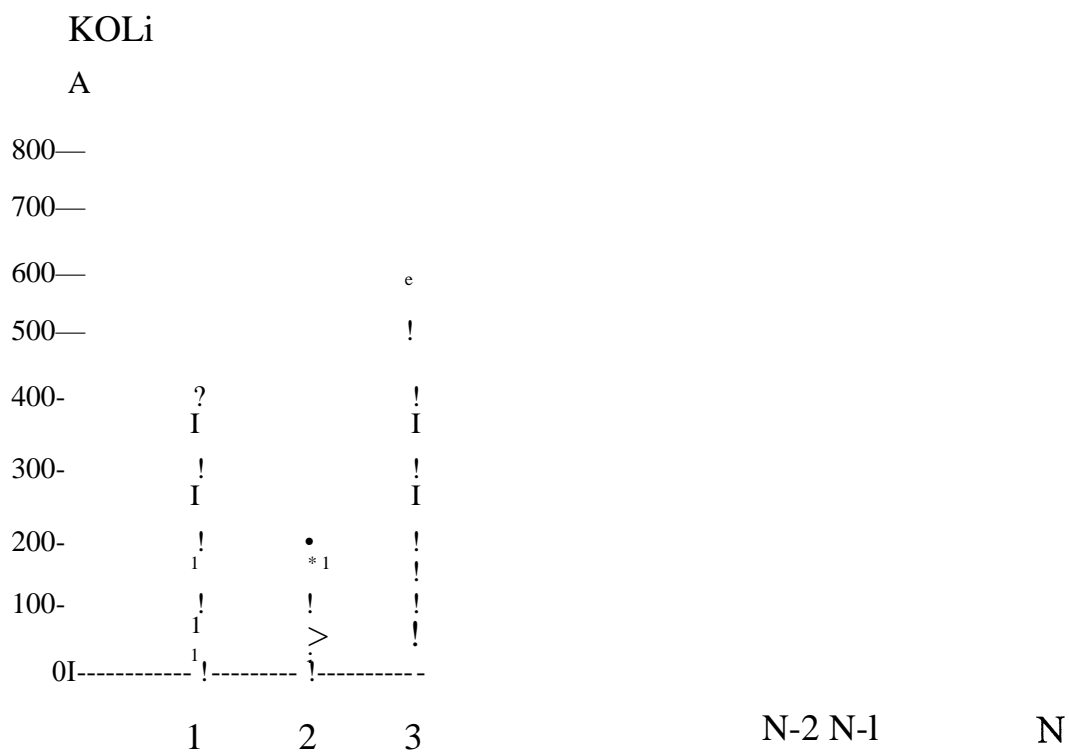


Рис. 3.4 Распределение событий по числу их накопления в порядке установленной классификации

i - наименование событий по параметру «ЧТО» в соответствии с классификатором;

$KOLi$ - количество i -го события в единицу времени.

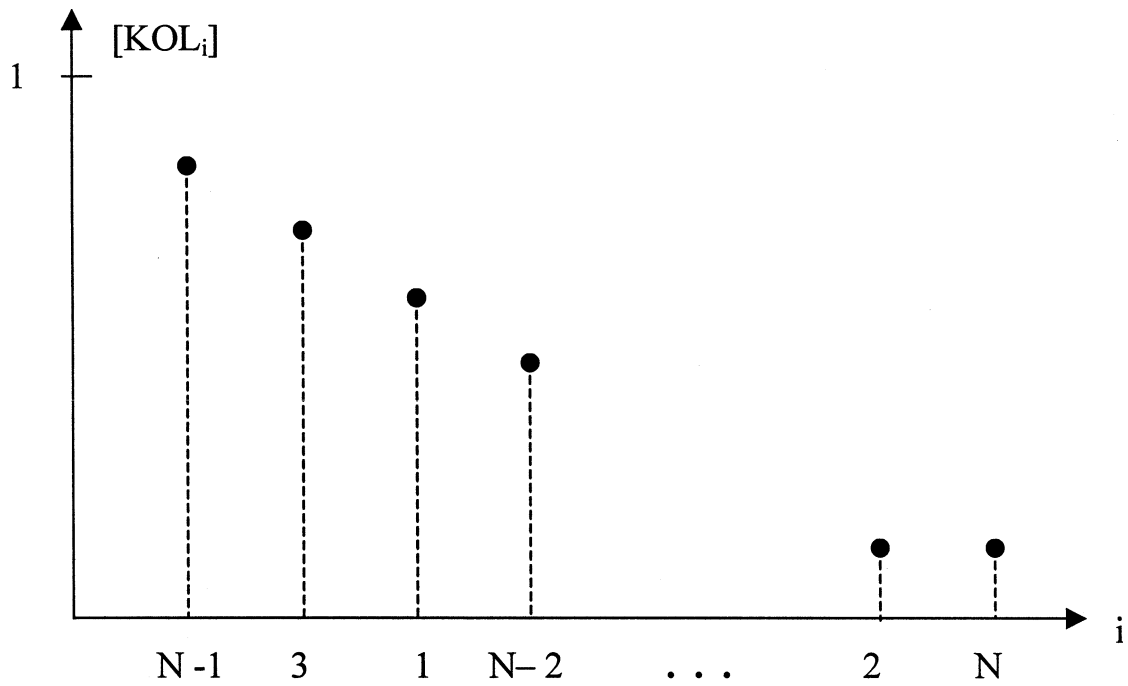


Рис. 3.5. Упорядоченное представление происходящих событий по числу их значимости

i - наименование событий по параметру «ЧТО» в соответствии с классификатором;

$$[KOL_i] = \frac{KOL_i}{\sum_{i=1}^N KOL_i} \quad \text{относительное число } i\text{-х нарушений за единицу времени.}$$

Кроме отмеченного анализа составляется диаграмма стоимости урона, который наносит каждый из дефектов «ЧТО», «КОМУ» (рис. 3.6).

Первостепенное внимание обращается на наиболее значимые события по наносимому экономическому урону. Установив это событие, необходимо иметь перечень (каталог) средств, дающих возможность устранения причин, наносящих урон. Если в результате анализа выясняется, что распределение причин равномерное, то из этого следует, что причина - в уровне организации процесса (технологии). Если есть локализация накопления относительно какой-либо причины, то следует необходимость устранения этой причины. Устранение возможно и целесообразно тогда, когда стоимость затрат на него меньше, чем наносимый урон (например, борьба с выветриванием сыпучих материалов и др.).

Таким же образом должна проводиться оценка эффективности осуществленных операций. Сбор данной информации позволяет обеспечить высокую управляемость системой в целом.

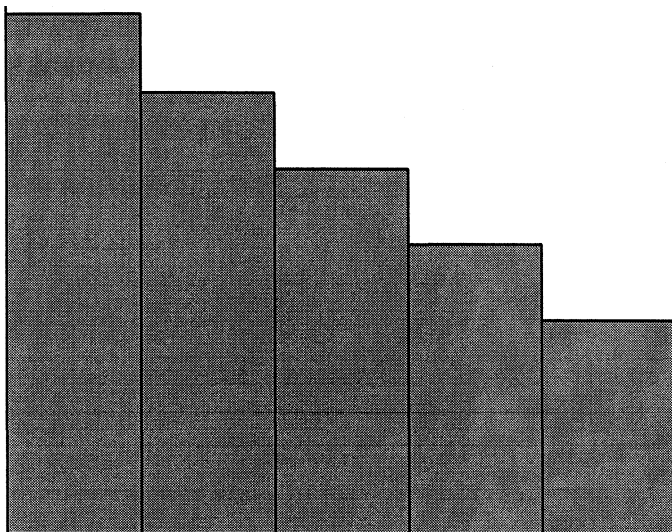
Аналогично ведется оценка происшедшего события по параметрам «ГДЕ». Оценивается принадлежность к дороге, отделению, линейному предприятию, участку, перегону, пикету.

Такой же анализ проводится по параметру «КОГДА» произошло событие, «КТО» причастен к происшедшему, кому нанесен ущерб.

Общий результат анализа осуществляется в системе координат «ГДЕ», «ЧТО», «КОГДА». Практически количественная оценка «СКОЛЬКО» того, что произошло и «ГДЕ» отражается в характеристике «КОГДА». Так как оценка «СКОЛЬКО» происходит во времени дискретно, то этот показатель выступает аналогично характеристике «КОГДА» с указанием последовательности накопления. Общая картина такого представления показана на рис. 3.7.

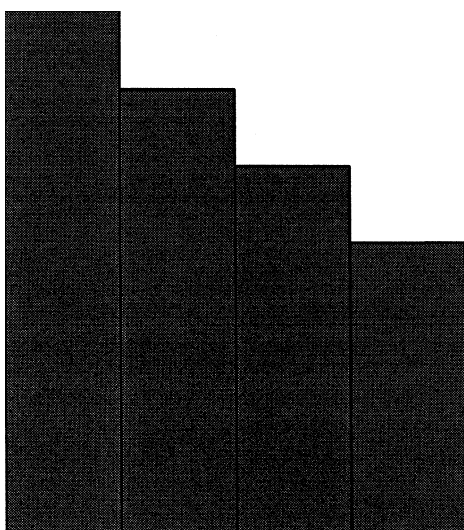
Анализ упорядоченной таким образом информации, позволяет установить наибольшую плотность распределения происходящих событий. Если характеристику «СКОЛЬКО» заменить не числом происшедших собы-

Стоимость урона с учетом
числа событий



S

Стоимость одиночного события



S

Рис. 3.6. Урон, наносимый железнодорожному транспорту
происшедшим событием

S - наименование событий упорядоченных по наносимому
ущербу

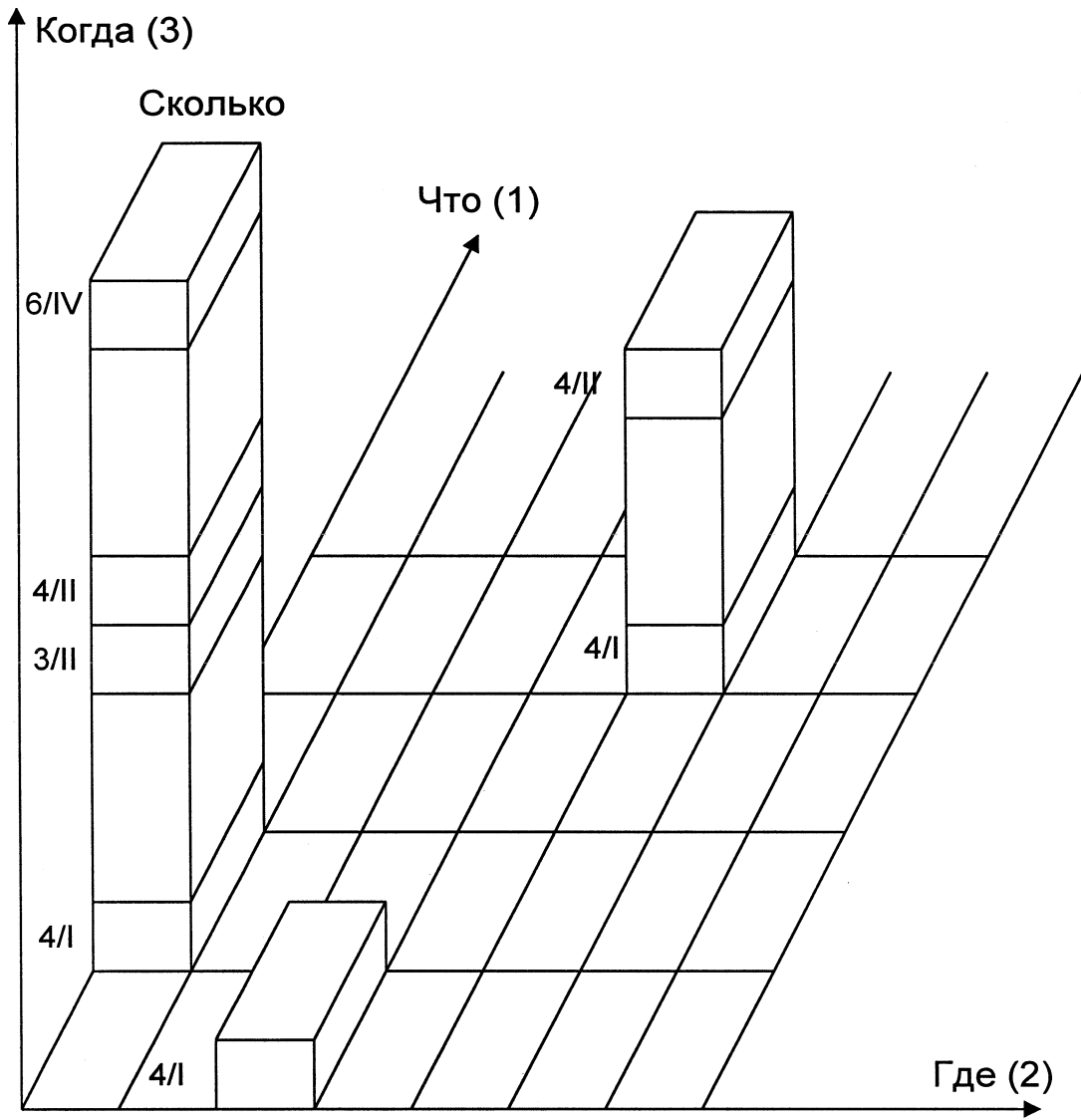


Рис. 3.7. Обобщенное представление происходящих событий

тий, а стоимостью урона, будет установлена приоритетность значимости и необходимость принятия адекватных мер.

Оценка значимости того или иного фактора, который влияет на безопасность работы железнодорожной системы, будет определяться с той степенью точности с какой будет задана единица масштаба измерения контролируемого ущерба. Введение фиксированного числа классификационного деления «ЧТО произошло» определит сложность классификации. В пределах избранного набора характеристик качественная сторона будет отличаться порядком следования характеристик по числу их проявления или по наносимому урону. Это позволяет установить качественную особенность возникающего брака на всех уровнях вплоть до линейных предприятий.

Следовательно, любое событие получает свою оценку по качеству, содержанию происшедшего, месту, времени и количеству. Накапливается также информация о том, как все произошло, почему и кто имеет отношение к происшедшему. Если на основании распределения регистрируемых событий наблюдается равномерное рассеивание событий, то причины можно связать с технологией организации процесса. Если в распределении контролируемых событий имеется локализация, то устанавливаются причины, которые являются определяющими в возникновении данного вида отклонений в работе железнодорожной системы.

Полученная информация обрабатывается на предмет технологической взаимообусловленности происшедшего события, что позволит определить необходимые уровни дублирования для увеличения надежности работы железнодорожной системы.

Проводимый анализ на основе принятой классификации событий может приводить к тому, что при получении одного и того же результата систематически выделяется в одинаковом наборе ряд причин. В этом случае их можно объединить в один фактор. При нулевом проявлении какого-либо фактора его можно исключить из классификации. Если результат

один, а причины приводящие к его проявлению разные, то это указывает на мультипликативную природу возникновения события и требует составления полного каталога причин и их сочетаний.

Случай, когда одинаковый набор причин и уровни их проявления приводят к разному результату, свидетельствует о неполноте классификации пространства событий и необходимости его дополнения. Для этого необходимо изменить масштаб измерения имеющихся признаков (их детализацию). В этом случае отдельной детали расчлененных признаков выделяется новый самостоятельный признак, который вводится в классификацию. Накопленный таким образом статистический материал и его последующая обработка по описанному принципу позволяет обеспечить в автоматизированном режиме «плавающий классификатор» и «плавающий масштаб» измерения контролируемых признаков.

3.4. Математическая модель структурированной статистики нарушений безопасности движения

Поскольку каждое событие представляется одинаково в пространстве шести признаков, очевидно, что вся статистика нарушений безопасности может быть описана релятивной базой данных. Поэтому опишем ее в терминах теории реляционной алгебры.

Введем следующие обозначения. Через RR обозначим схему отношений, которая представляет собой множество $RR = [A_1, A_2, \dots, A_6]$ параметров (или атрибутов [53]), где

$$\begin{aligned} D &= \text{"ЧГО"}; & L_2 &= \text{"ГДЕ"}; & A_3 &= \text{"КОГДА"}; \\ A_4 &= \text{"КАК"}; & A_5 &= \text{"ПОЧЕМУ"}; & A_6 &= \text{"КТО"} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Каждому имени атрибута A . ($z = 1,6$) поставим в соответствие множество $dom(A.)$, которое называется доменом атрибута. Домены атрибутов - это непустые множества ($dom(A^i) \neq \emptyset, i = 1,6$), которые могут принимать такие значения:

$dom(A_1)$ = пункты классификатора нарушений безопасности движения;

$dom(A_2)$ = место нарушения на всей сети железных дорог, включающие наименование дороги, перегон, станцию, километр, пикет;

$dom(A_3)$ = множество моментов времени в течение суток конкретного года;

$dom(A_4)$ = множество обстоятельств нарушения, включающие номер, вид и тип подвижного состава и оборудования, состояние человеческого фактора и технических средств, др.;

$dom(A_5)$ = множество выявленных причин нарушений безопасности в поездной и маневровой работе;

$dom(A_6)$ = виновные в нарушениях безопасности движения (человек, среда, техника, организация работ).

В общем случае атрибуты $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6$ - это множества. По существу $dom(A_i)$ - это столбцы релятивной информационной базы данных.

Обозначим через r - 'нарушения безопасности' отношение со схемой RR .

В дальнейшем будем обозначать это $r(RR)$. Отношение $r(RR)$ - это конечное множество отображений $\{t_1, t_2, \dots, t_N$ из RR в

$$D = dom(A_1) \cup dom(A_2) \cup dom(A_3) \cup dom(A_4) \cup dom(A_5) \cup dom(A_6) = U dom(A.), \quad (3.5)$$

где U - операция объединения на множестве.

Величина t называется кортежем, $t \in r(j=1^{\wedge})$. N - это количество записей в r , то есть число нарушений безопасности. Кортеж (упорядоченный вектор) $t = (e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6)$, где $e_i \in \text{б/от}(\Pi)$, $i = 1, 6$.

Ключом K отношения $r(RR)$ является подмножество $\wedge = \{4,4,4\} \in RR$, при котором выполняется условие $f(K) t_j(K)$, если $i \Phi j(i, j = 1, TV)$.

Определим основные операции (действия) на множестве отношений. Пусть $r(RR)$ и $s(RR)$ - два отношения с одинаковой схемой RR . Таких операций 13.

1) объединение (U). Общий вид

$$q = r \cup s \quad (3.6)$$

Это отношение состоит из кортежей, принадлежащих r или s .

2) пересечение (A). Общий вид

$$q = r \cap s \quad (3.7)$$

Это отношение состоит из кортежей, принадлежащих одновременно r и s .

3) разность (-). Общий вид

$$q = r - s \quad (3.8)$$

Это отношение состоит из кортежей, которые принадлежат r , но не принадлежат s .

4) активное дополнение представляет собой множество кортежей, которые определяются так

$$dom^{A.r} = \{d \in D \text{ и существует } t \in Z \text{ с } t(A.) = d\} \quad (3.9)$$

где D определяется из (3.5).

5) добавление (ADD). Общий вид

$$ADD^{c^1 c^2 c^3 c^4 c^5 c^6}. \quad (3.10)$$

В результате этой операции в отношение $r(RR)$, состоящее из N кортежей, будет дописан еще один

$$^{N+1} \quad > \quad ^2 > \quad ^4 \quad ^5, \quad ^6$$

где c_i - это содержание атрибутов $A_i \in RR$.

6) удаление (DEL). Общий вид

$$\rightarrow Z(r; c_1, c_2, \dots, c_6). \quad (3.11)$$

Используется для удаления кортежа $(c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6)$ из отношения $r(RR)$. Тогда число кортежей становится равным $(N-1)$.

7) изменение (CH). Общий вид

$$CH(z; K'; c_1, c_2, \dots, c_6). \quad (3.12)$$

По ключу $K = K'$ будет обновлена запись и вместо существующей (L_1, \dots, L_6) записана $(c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6)$.

8) выбор (ст). Общий вид для одного атрибута

Данная операция означает выбор в \mathcal{Z} всех кортежей, в которых значение атрибута $L_i = a$ ($i = 1, 6$).

Общий вид для большего числа атрибутов

$$\sigma_{L_i=a} \quad (3-14)$$

где $i=2, 3, \dots, 6$.

9) соединение (\bowtie) - это бинарная операция для комбинирования двух отношений по их общим атрибутам. Если общих атрибутов нет, то результат - это декартово произведение. Общий вид операции

$$q = r \bowtie s, \quad (3.15)$$

где \mathcal{Z} - отношение со схемой RR ;

s - отношение со схемой SS .

10) проекция (π). Общий вид для одного атрибута

$$\pi_A(\mathcal{Z}) = M^A \quad (3-16)$$

Означает вычеркивание столбца с атрибутом A из \mathcal{Z} и формирование нового отношения \mathcal{Z}' , состоящего из одного столбца $dom(A)$.

Для большего числа атрибутов

$$\pi_{\{A_i\}}(\mathcal{Z}) = \pi_{A_i}(\mathcal{Z}), \quad (3.17)$$

где $i = 2, 3, \dots, 6$.

11) деление (-г). Пусть $r(RR)$ и $s(SS)$ - два отношения и $SS \underline{cz} RR$. Пусть также $RR' = RR - SS$, тогда

$z -г s = \{t \mid \text{для } t_s \in SS \text{ существует } t_r \in z \text{ такой,}$

$$\text{что } t_r(RR') = t \text{ и } t_r(SS) = t_s\}. \quad (3.18)$$

12) сравнение $\{3\}$ - это сравнение столбцов с различными атрибутами.

13) переименование (8). Общий вид

$$(3.19)$$

где $A \in RR, B \in RR$;

RR - схема отношения.

Определим релятивное алгебраическое выражение E в виде

$$E = \{\wedge\{F_2(r)\}\}, \quad (3.20)$$

где $F_x, F_2 \in A$ - операции, принадлежащие множеству операций (3.6) -

$$(3.19); A = \{adorn, ADD, DEL, CH, cy, X, П, \wedge, 3, 8\}. \quad (3.21)$$

- Тогда назовем реляционной алгебраической моделью шестерку

$$A = (r, RR, D, A, K, E), \quad (3.22)$$

где z - отношение со схемой RR ;

$$RR = \{A_b, A_l, \dots, A_t\},$$

D - определяется по формуле (3.5);

A - определяется из (3.21);

K - ключ;

E - определяется из (3.20).

3.5. Разработка принципов и метода систематизации информации о нарушении безопасности движения

Данный подход к построению классификации событий и причин, которые приводят к возникновению брака, осуществляется в автоматизированном режиме и исключает субъективность оценки.

Процедура выполнения этих операций осуществляется в пять этапов. Первый этап связан с формированием «образов» или «элементов» классификации. Второй заключается в сравнении полученных «образов» и их систематизации. На третьем этапе устанавливается логическая связь во взаимоотношениях между «образами». На четвертом этапе устанавливается аналитическая связь между «образами» - в какой степени одно событие влияет на другое. На пятом формируется класс «образов», объединенных одинаковыми аналитическими зависимостями. Фактически, этот интегративный анализ создает сложный уровень формирования «образов», который в последующем повторяет весь цикл снова. Такая процедура может повторяться «N» раз, каждый раз порождая новый уровень организации процесса. Число таких уровней зависит от толерантности процессов сбора и обработки информации [78].

Первый этап контроля за состоянием системы заключается в систематизации того, что влияет на отклонение в работе контролируемой системы. Под отклонением понимается: повышение эффективности (+); понижение эффективности (-); работа без отклонения от режима (0).

Для учета того, что влияет на отклонение должны вводиться начальные условия компонентов системы «человек - объект управления - среда». Сама систематизация предполагает дифференциацию или интеграцию происходящих событий (внешнее или внутреннее их отображение). На первом этапе формируются (создаются) образы классификации «ЧТО».

Суть процесса заключается в том, что идет поток многокомпонентного сигнала, который связан с одним и тем же результатом. Этот резуль-

тат, как было отмечено, может быть положительным или отрицательным, что определяет его значимость в привлечении внимания. При систематическом выполнении событий без замеченных отклонений (+,-) они считаются нормально протекающими. Привлечение внимания зависит от величины отклонения. Зависимость внимания или оценки значимости происшедшего связана с величиной происшедшего экспоненциально. На линейное изменение величины происшедшего от нормального состояния оценка его значимости реагирует экспоненциально. Эта зависимость представлена на рис. 3.8.

При систематическом контроле за нормальным состоянием процесса результат последнего сравнивается по различным регионам (частям системы в целом), что позволяет определить наиболее благоприятные условия эксплуатации.

Величина ОА соответствует стандартному или исходному состоянию нормально протекающего процесса. Так как описанная зависимость представлена экспонентой, то $AO=1$. В различных системах величина исходного состояния различна, но во всех случаях в безразмерном виде она равна 1. Сравнение степени состояния в норме в различных системах сводится к масштабу измерения.

Практически организация контроля на первом этапе сводится к оценке значимости отдельных элементов в общем потоке событий, влияющих на получение конечного результата. Необходимо выявить наиболее весомые компоненты, которые порождают наблюдаемый результат. Из всего наблюдаемого многообразия фактов происходит фильтрация с заданной разрешимостью (различимостью) оценки события. Устанавливается последовательность и параллельность действующих факторов, что соответствует сложению и умножению вероятностей.

Накапливается статистика. Наиболее часто встречающиеся состояния, которые приводят к одному и тому же результату, достигнув порогового веса, регистрируются как совершенное событие - качественно опре-

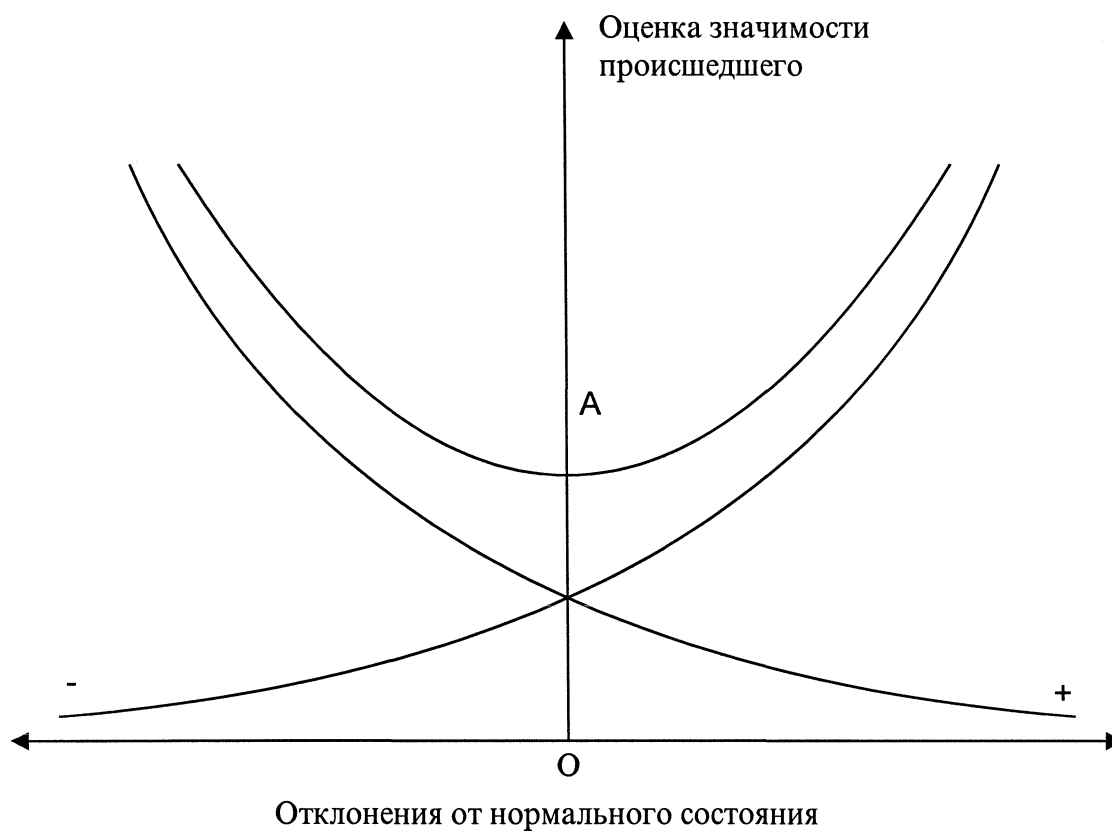


Рис. 3.8. Влияние отклонения происшедшего результата от его нормального состояния

деленное и имеющее свое название или номер. Математически это определяется как математическое ожидание (M) и его среднеквадратичное отклонение σ . В диапазоне $M \pm c\sigma$ (68%) накопление должно достигнуть установленного порога различимости или чувствительности происшедшего. Значение σ вариации контролируемых событий является масштабом его измерения.

Если математическое ожидание остается на прежнем месте, а уменьшается сигмальное отклонение, то фактически необходимо увеличивать различимость, то есть осуществлять дифференциацию в участке сигмального отклонения. Как непрерывный процесс эта функция связывает пропорциональное линейное изменение масштаба дифференциации на экспоненциальное накопление признака относительно математического ожидания.

Если математическое ожидание остается на прежнем месте, а сигмальное отклонение увеличивается, то в этом случае происходит интеграция признаков (их обобщение). Происходит огрубление масштаба измерения. Данный процесс связан той же зависимостью, что и в предыдущем случае. Как в случае уменьшения так и в случае увеличения сигмальных отклонений изменяются уровни организации контроля за происходящим процессом (степень его детализации). При смещении самого математического ожидания меняется содержательная сторона контролируемого процесса, то есть появляются новые классификационные признаки. В реальных условиях могут происходить одновременно как изменение дисперсии, так и смещение математического ожидания. При стабильном смещении математического ожидания процесс «забывания» протекает по экспоненциальной зависимости.

Изложенный способ масштабирования на число классов, на которое следует разбивать вариацию контролируемых показателей при составлении интервальной шкалы измерения для построения вариационного ряда,

представляет принципиально новый подход и решает одну из важных практических задач,

В настоящее время выбор шкалы измерения осуществляется эмпирическим путем. Наиболее широко распространенными являются методы Г.А. Стерджеса (1926) либо К. Брукса и Н. Карузера (1968). Их методы как и рекомендации других авторов носят чисто эмпирический характер и не во всех случаях дают желаемый результат. В изложенном подходе интервального разбиения последний происходит по принципу самонастройки на тот достаточный критерий разбиения, который позволяет достичь максимального приближения к выбранной математической аппроксимации.

Сущность модели протекания первого этапа обработки заключается в том, что на локализованном участке поля отношений элементов события происходит накопление порогового потенциала. Пороговый потенциал или чувствительность зависит от состояния системы восприятия и может изменяться в соответствии с потенциальными возможностями системы. В данном случае, чувствительность изменяется экспоненциально на единицу потенциала состояния.

По мере достижения порогового потенциала возникает «образ» (образуется связь между элементами - «память»). Этим характеризуется первая фаза приобретения информации о среде, которая может быть представлена как формирование «образной» памяти. Образная память позволяет установить, из чего состоит и где находится образ.

Следовательно, в зависимости от состояния системы есть уровень, после которого результат связывается со значимыми элементами. При необходимости более глубокой детализации (самоорганизации процесса) на участке значимого распознавания происходит увеличение различимости (аналог повышения внимания) и процесс идет по уровням организации как показано на схеме (рис. 3.9). Полная аналогия наблюдается в обратном процессе огрубления распознавания, который может оканчиваться стиранием образа.

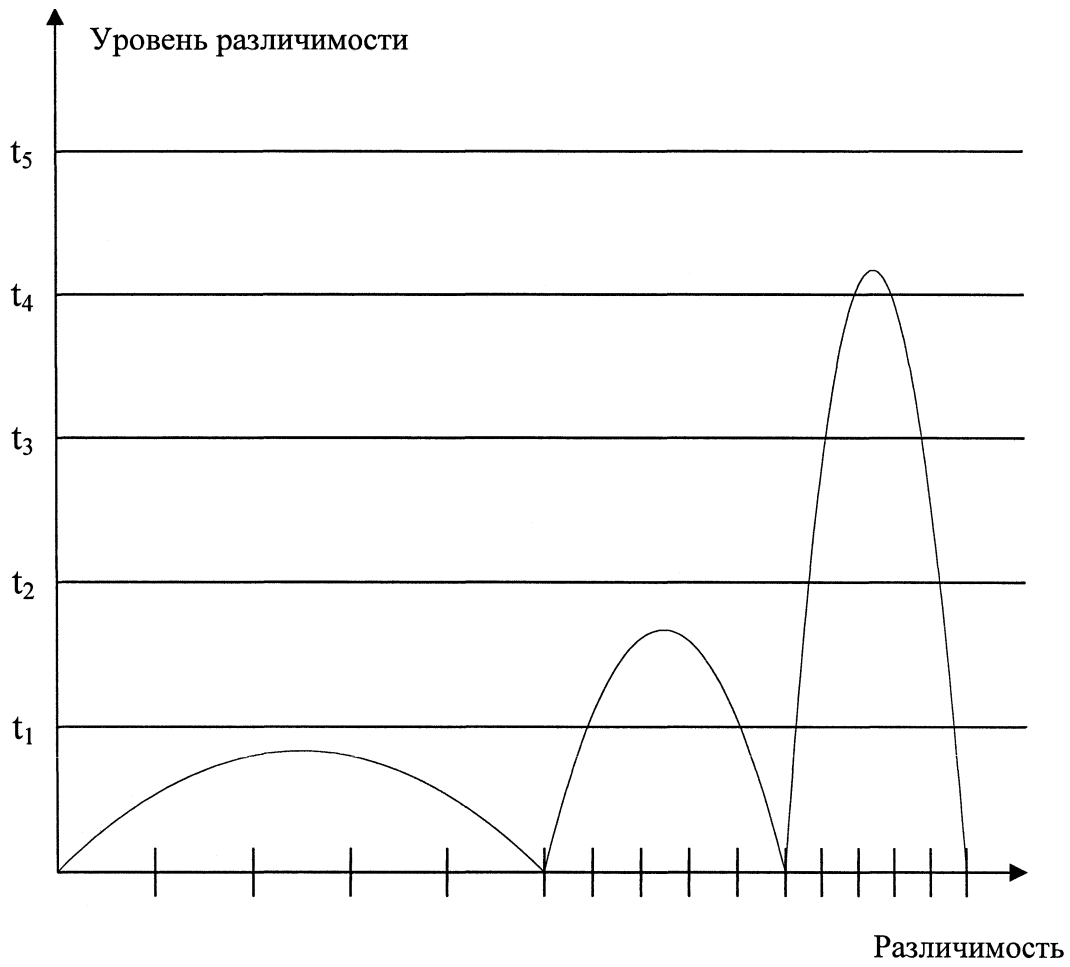


Рис. 3.9. Изменение уровня различимости распознавания события в зависимости от масштаба различимости

В общем плане речь идет об уровнях детализации (расчленения или обобщения) составных компонентов на участке различного восприятия. Если речь идет о повышении различимости, то при этом предполагается дробление на составные элементы. Уровень пороговой чувствительности является аналогом весового восприятия или масштаба по силе воздействия (числа повторений в одинаковом месте поля событий). Меня чувствительность можно вычленять область значимых или весомых признаков.

Процесс формирования образа можно представить как обработку некоторой статистики, формируемой под воздействием факторов среды и оценку ее. Для достижения оценки восприятия меняются уровни различимости (пороги). В месте различимости может меняться сама различимость (чувствительность) либо масштаб измерения. Схема процесса представлена на рис. 3.9.

Там, где осуществляется более высокое накопление, происходит концентрация внимания, повышается различимость восприятия. Следовательно, в результате многократного повторения вычленяются постоянно встречающиеся компоненты, которые порождают один конечный результат. Это происходит в силу того, что существует вариативность взаимокompенсирующих сочетаний в поле событий порождающих их компонентов.

Если детализация конечного результата на составные части не достигает ощутимых отличий, полученная связь «действие - результат» определяется как $(M + (J))$, то есть действие влечет некоторый результат A как неделимый на данный период времени. Практически происходит сравнение различных наборов элементов образа и результатов или сравнение образов.

Первый этап характеризовался формированием образа, а второй их сравнением. Если события разные, а конечный результат одинаковый за счет суммарного, безразлично какого, набора и важен только достигаемый потенциал, то происходит загрубление чувствительности и эти события

объединяются в один класс (интегрируются). При этом важен только суммарный результат. Этот эффект можно представить как сумму параллельных входов и один результат или логическую сумму. В качестве примера может быть рассмотрен канал, по которому поступает сигнал (информация о режиме работы). Сигнал может иметь разную продолжительность поступления. Аналогично могут быть различные паузы между поступающими сигналами. Если составить поле событий «длительность сигнала - длительность паузы» и наблюдать их вариацию при одинаковом результате, то возможны такие случаи. Если наблюдается равномерное распределение частоты проявления различных вариантов сочетания, необходимо увеличить различимость на каком-либо участке поля событий отпадает и вся зона равномерного распределения будет служить характерным образом порождающим определенный результат. Главное - это накопление необходимой информации о масштабе различимости. Это аналог пространственного суммирования в образовании условной связи «сигнал - результат». Масштаб временной различимости огрубляется до $(M \pm \sigma)$, где M - общий центр масс в поле событий, а σ - среднеквадратичное отклонение (толерантность процесса). Следовательно, при условии получения одного и того же результата при различных действиях выделяется общая для всех их равнозначность, а различимость огрубляется до достаточного минимума.

Фактически первые два этапа формирования классификатора происходящих процессов не применяются на практике, так как он сложился на основании предшествующей статистики, но в процессе использования он устаревает, и это требует его совершенствования. Именно в этом случае и должны быть использованы первый и второй этапы формирования понятий.

Наиболее активно разрабатываемым звеном систем анализа информации является третий этап обработки информации, который связан с поиском логических связей между компонентами среды взаимообусловлен-

ных отношений, приводящих к определенному конечному результату. Последний выступает как новый образ среды и вступая во взаимоотношения порождает новый уровень обусловленных результатов.

На третьем этапе обработки информации используется прежний принцип анализа статистических накоплений и выделение значимых характеристик, когда достигается определенный их вес относительно всех остальных. В зависимости от порога различимости сравниваемых весовых значений и будет определена та или другая логическая связь. На данном этапе один и тот же «образ» может оказать как положительное, так и отрицательное влияние на получение конечного результата, его отсутствие также может привести к одному из этих вариантов. Как отсутствие так и присутствие могут быть частичными или полными. Это положение приводит к необходимости расширения поля событий и учета одного из двух возможных исходов (рис. 3.10).

Существующие логические связи позволяют построить алгоритм взаимодействия в поле системообразующих отношений, который может быть представлен следующим образом. В схеме (рис. 3.3.) при решении задачи, связанной с транспортировкой груза, достигнут результат, который в структуре классификации расценивается как одно из событий. Цель логических зависимостей, связанных с этим результатом, рассмотрим только для отрицательного исхода, полагая, что положительный исход осуществляется аналогично. В силу этого речь будет идти только об отрицательном отклонении от нормального исхода событий. Величина отклонения оценивается в принятых единицах ее измерения.

3.6. Разработка обобщенного алгоритма контроля и оценки факторов, влияющих на безопасность железнодорожного транспорта

Представленная логическая схема анализа происходящих событий в п. 3.4 (этапы 1-5) объединяет как детерминированные так и вероятностные

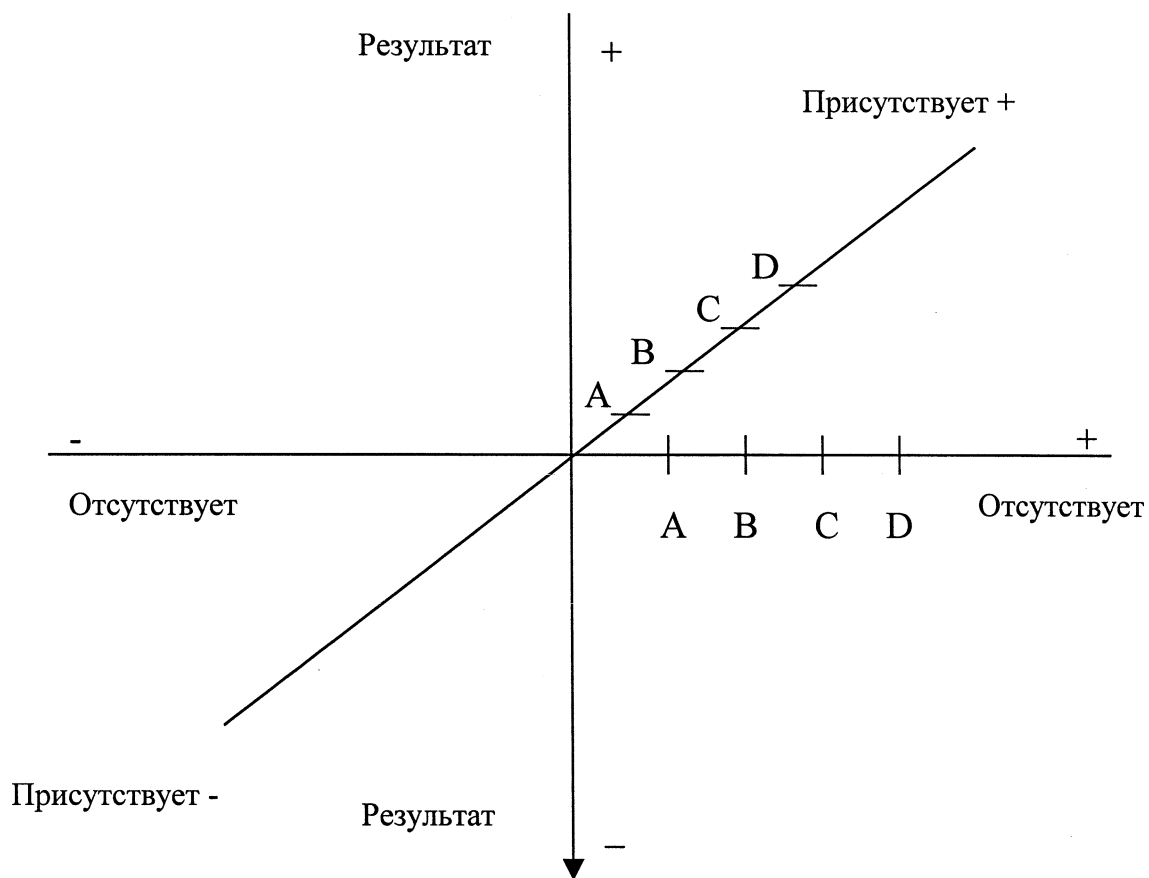


Рис. 3.10. Матрица логических связей «образов» (элементов) при получении результата

процессы при накоплении данных. Это позволяет осуществить адаптивное поведение системы «человек - объект управления - среда». Вне зависимости от того, о каком компоненте этой системы идет речь, одновременный сбор данных о каждом произошедшем событии накопит отображение на соответствующих осях: объект управления или техника, специалист, условия среды. Каждая из этих осей имеет определенный диапазон изменений, на котором под «-1» понимаются предельно допустимые условия, обеспечивающие возможность функционирования системы, а под «+1» понимаются предельно возможные условия, которые могут быть обеспечены. Любые стремления расширить сферу деятельности относительно условий эксплуатации системы приводит к граничным возможностям человека. Профессиональный отбор только частично обеспечивает эту задачу за счет человеческого фактора. Основная нагрузка ложится на технику, но в такой мере, чтобы человек оставался в пределах оптимального функционирования. Это возлагает необходимость дублирования ряда «интеллектуальных функций», когда требуется с большой скоростью перерабатывать информацию, удерживать большой ее объем и сохранять его на длительный промежуток времени. Растущий объем технических средств сразу ставит задачу об их надежности и ремонтпригодности. Непрерывный сбор, накопление и анализ информации в пространстве событий «человек - объект управления (техника) - среда» позволяет более эффективно решить вопрос, какими средствами наиболее экономично можно решить поставленную задачу.

Наиболее высокий результат, естественно, достигается в случае, когда все три характеристики находятся в своем максимуме. Аналогично определяется допустимый минимум. Диагональ, соединяющая максимальное и минимальное значения, описывает все варианты качественной характеристики работы, которые могут встречаться на практике. Перпендикулярные плоскости к данной диагонали указывают на эквипотенциальные состояния, соответствующие одинаковому конечному результату. Плос-

кость, проходящая через начало координат (середины диагонали) соответствует среднестатистическим условиям по всем трем координатам, а вариативность их в (+) направлении позволяют установить соизмеримость значимости каждой из трех определяющих характеристик.

Анализ пространства событий и интерпретация его геометрических зависимостей представляет самостоятельную задачу исследований, но в блоке анализа приведенной схемы обработки наблюдаемых данных эти зависимости используются для прогнозирования возможных результатов событий при выборе наиболее эффективного их осуществления.

Известно, что абсолютной безопасности на транспорте не существует. Поэтому можно говорить лишь об относительной безопасности или уровне безопасности. Можно выделить четыре фактора, влияющих на эксплуатационную безопасность:

- 1) Человек. Это неправильные действия человека, непосредственно приведшие к нарушению перевозочного процесса. Причины этого могут быть различны: умышленное невыполнение своих производственных обязанностей, ухудшение состояния здоровья, недостаточная квалификация, невозможность выполнения производственных функций на требуемом уровне.
- 2) Техника. Это неисправность технических средств (подвижного состава, пути, средств железнодорожной автоматики и связи, электроснабжения и др.), которые обнаружились и имели место в процессе перевозки.
- 3) Организация. К этому фактору относятся нарушения технологического процесса, несоответствие законов, правил, предписаний, приказов, инструкций, плохие условия работы, недостатки эргономики, ошибки разработчиков технических средств, неправильные алгоритмы управления, недостатки в работе обеспечивающих подразделений и др..
- 4) Среда. Это неблагоприятные объективные условия: метеорологические условия, природные катаклизмы, снегопады, грозовые разряды и др.

На рис. 3.11 приведен разработанный алгоритм контроля состояния ж.д. транспорта по основным факторам безопасности. В силу особой зна-

Н

Расследование случая нарушения безопасности по схеме: ЧТО, ГДЕ, КОГДА, КТО, КАК, ПОЧЕМУ с указанием виновного человека-исполнителя n_k , отказавших технических объектов tCC_j , фактора среды

Формирование (ввод) исходных данных на начало периода, в течение которого произошло событие: уровень готовности Π , тес., состояние факторов среды SE

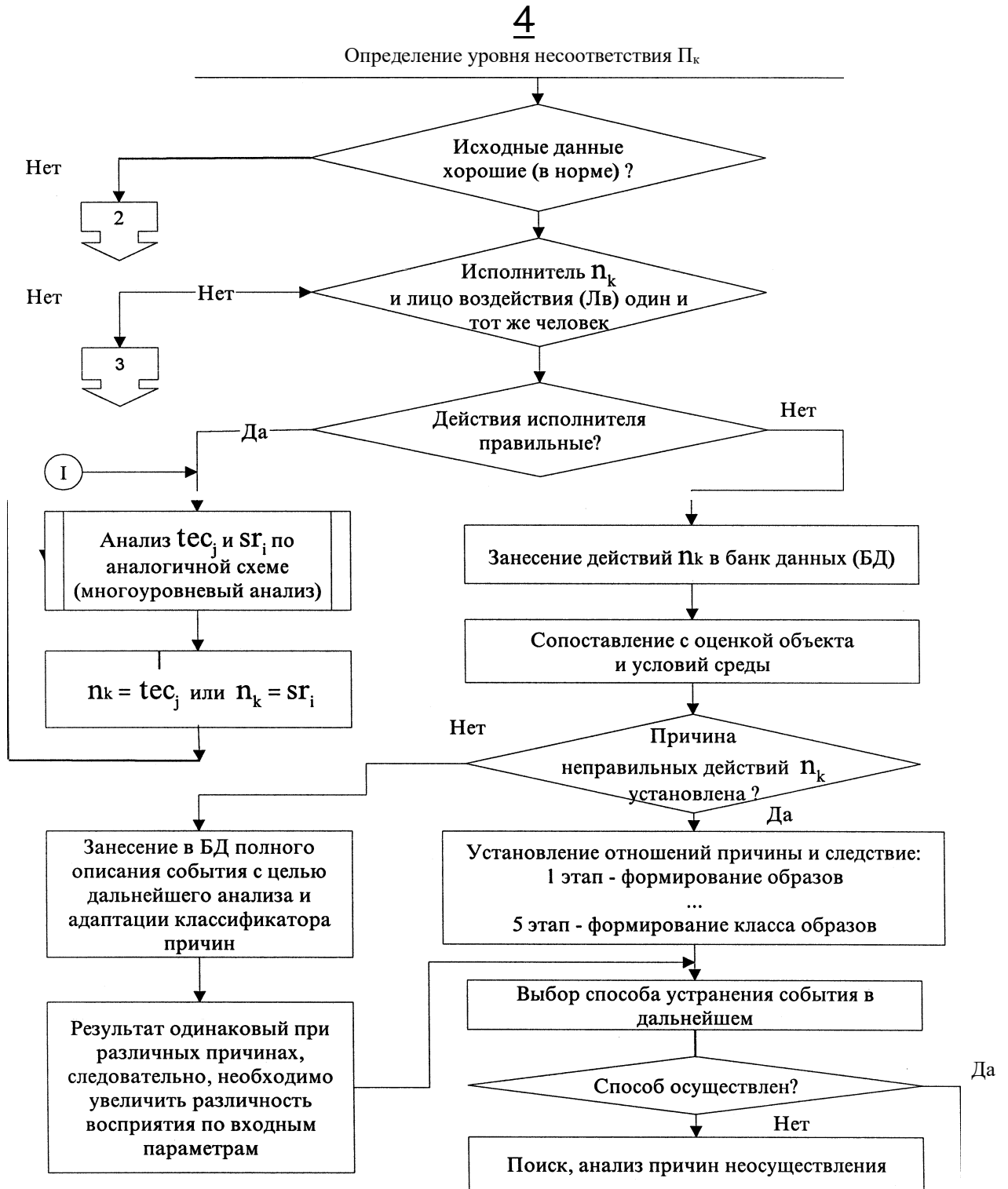
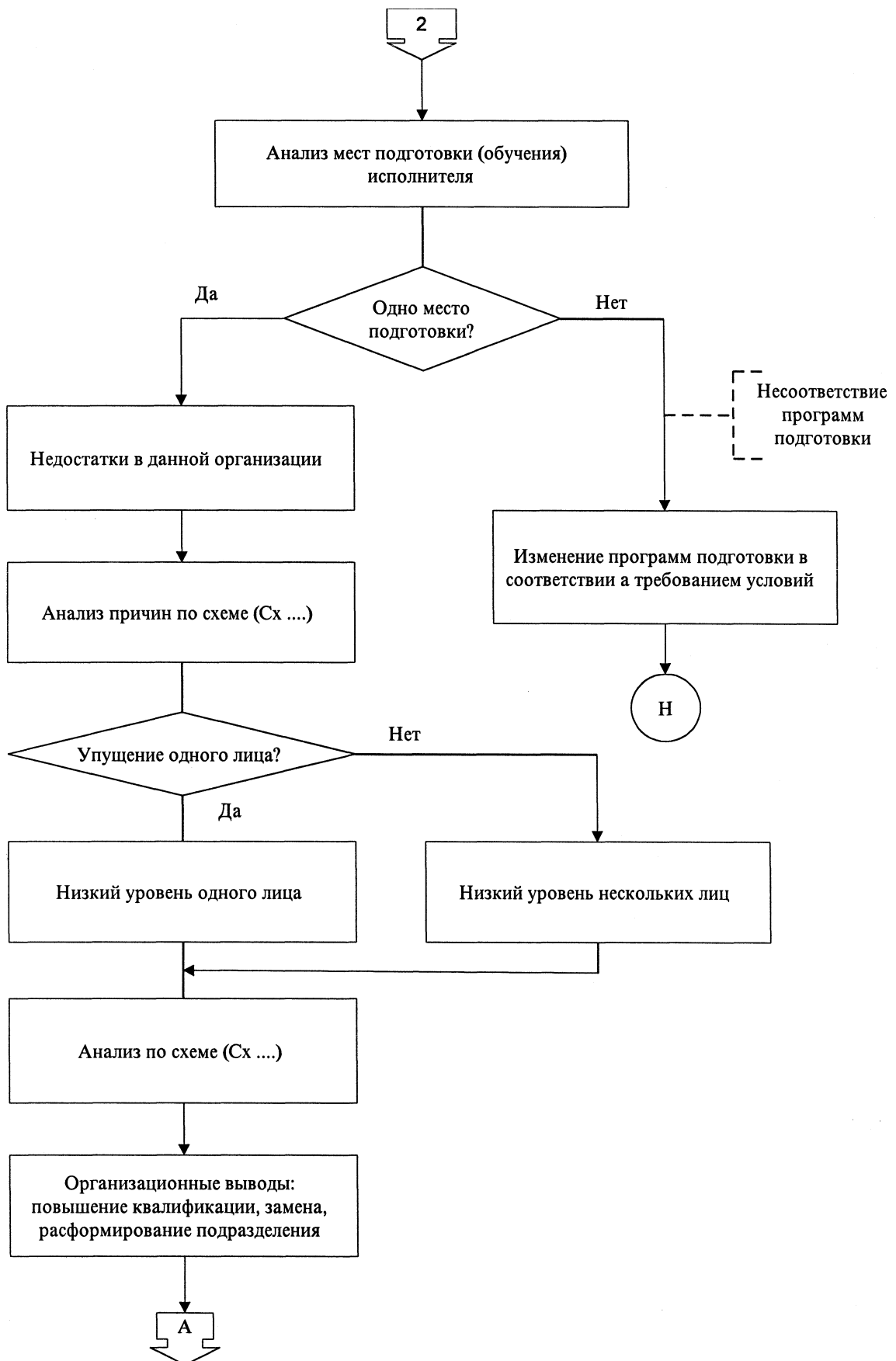
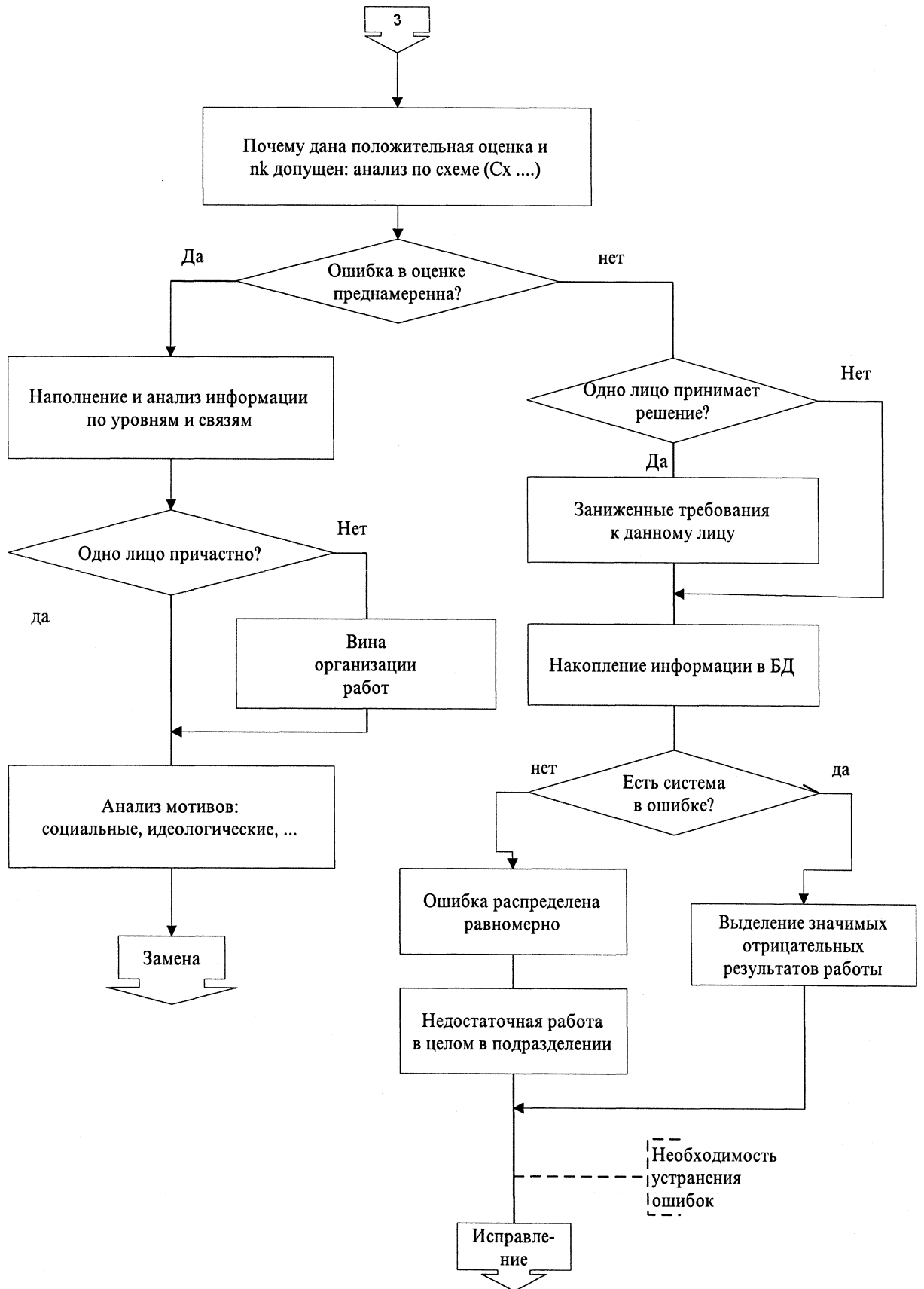


Рис. 3.11. Алгоритм контроля состояния транспортной системы по показателям безопасности

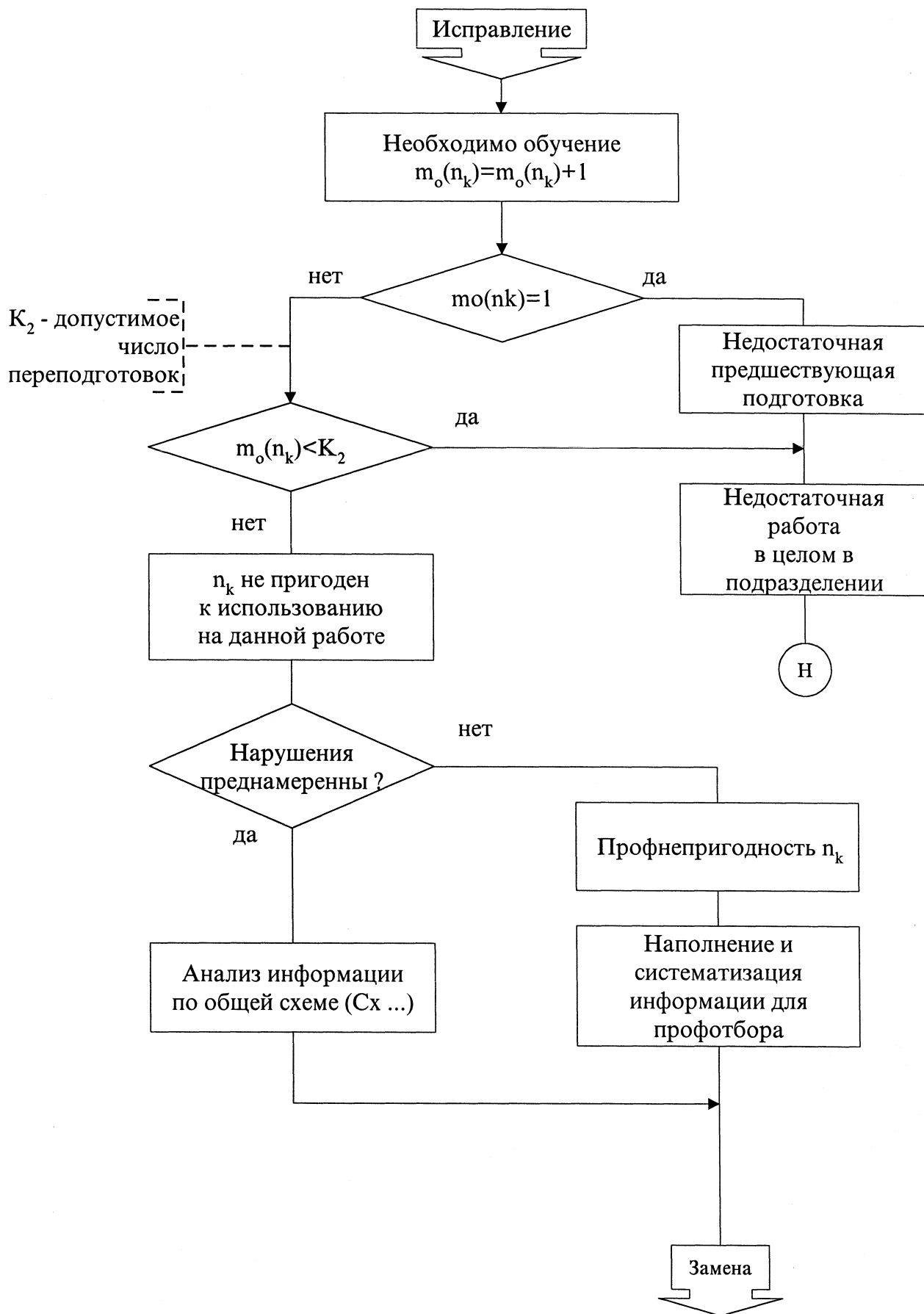
Н



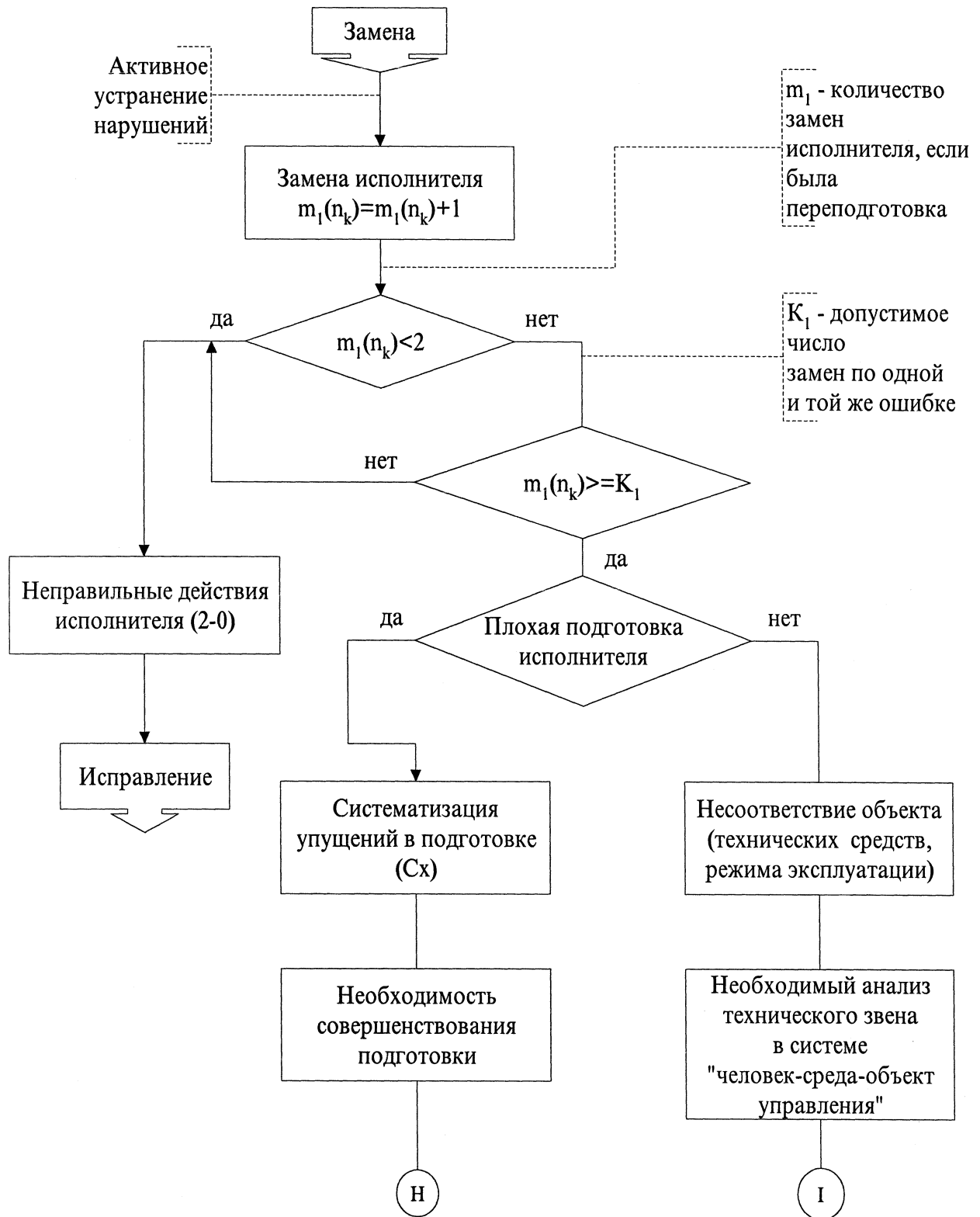
Продолжение рис. 3.11.



Продолжение рис. 3.11.



Продолжение рис. 3.11.



Продолжение рис. 3.11.

чимости человека в системе «человек - объект управления - среда» и наибольшей уязвимости этого звена, представляет интерес рассмотрение особенностей формирования его надежности. Сбор, обработка и анализ всех трех составляющих «системы» осуществляется по одной и той же схеме, но взаимообусловленность конечного результата может быть описана только на основании учета всех трех координат пространства событий. В силу потребностей достижения лучшей управляемости и расширения сферы деятельности, координата «среда» усложняется. Это приводит к недоступности антропогенных возможностей для обеспечения адекватной функциональной деятельности. Компенсирующим фактором выступают технические средства, которые можно отнести к разделу «машина». В данной интерпретации речь идет об «объекте управления», что является более широким понятием. Именно «объект управления» включает в себя такие технические средства, которые компенсируют недостающие возможности человека при работе в новых условиях. В данном случае речь идет о большом объеме информации, быстрой ее переработке и сборе информации в средах, которые могут лежать за пределами различимости восприятия человека. Практически речь идет о моделирующих устройствах поведения человека в адекватных для него средах.

Исходя из выше сказанного, анализ человеческого фактора и определение допустимых границ нагрузки на него в системе «человек - объект управления - среда» представляет особый интерес для решения вопроса повышения надежности и эффективности работы транспортной системы в целом.

Выводы к разделу 3

1. Разработана шкала состояний безопасности перевозочного процесса. Весь диапазон возможных состояний системы разделен на 9 градаций: крушение-авария, брак особого учета, брак, напря-

женность, норма, надежность, уверенность, гарантии, абсолютная надежность.

2. Все многообразие состояний благоприятных и неблагоприятных условий описано нормальным законом распределения. Точки перегиба определяют критические состояния. Диапазон между ними представляет собой функциональный оптимум безопасности движения в деятельности ж.д. транспорта как системы.
3. Выведена формула оптимального соотношения между затратами на повышение безопасности перевозок и его надежностью. Это соотношение носит динамический характер и зависит от экономических условий.
4. Предложен подход к систематизации событий нарушения безопасности по шести признакам. Разработана методика анализа событий нарушения безопасности движения. Разработана математическая модель представления структурированной информации на основе релятивной алгебры.
5. Предложен системный алгоритм контроля и оценки влияния факторов безопасности движения, рассматривающий железнодорожный транспорт, как сложную человеко-машинную систему.
6. Разработана методика автоматизированной классификации событий и причин брака в поездной и маневровой работе. Предложен метод «плавающего классификатора».

РАЗДЕЛ 4

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗРАБОТАННЫХ ПОДХОДОВ КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ УКРАИНЫ

В данном разделе представлены результаты апробации и практического внедрения теоретических разработок, изложенных в разделах 2 и 3.

4.1. Система управления безопасностью на железных дорогах Украины

Существующая практика контроля за обеспечением безопасности движения в большей части основана на выявлении непосредственной причины, прямых виновников транспортных происшествий (или предпосылок к ним) и неотвратимость их наказания, а также на профилактике нарушений. Наблюдается тенденция обеспечить безопасность движения за счет расширения круга наказываемых лиц, подробной регламентации норм и правил безопасности. Однако принципиально нельзя создать инструкцию, в которой можно было бы предусмотреть все опасные ситуации и определить необходимый регламент действий персонала в них. Тотальная регламентация действий оперативного персонала подавляет творческую активность людей, взаимную подстраховку, ведет к снижению уровня профессионализма и порождает неуверенность в своих действиях.

Для поиска эффективных путей повышения безопасности движения поездов следует с общих позиций системотехники рассмотреть основные особенности образования опасных ситуаций, последовательности неблагоприятных событий, предпосылки к происшествиям и сами происшествия в процессе функционирования железнодорожного транспорта.

В данном подразделе представлены разработанные автором принципы и структура системы управления безопасностью (СУБ) на железных

дорогах Украины. Эта система основана на разработках, проведенных в рамках отраслевой программы повышения безопасности на железных дорогах Украины [62] учеными Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта, Научно-исследовательского и учебного центра проблем транспортной медицины при непосредственном участии автора.

Основные предпосылки разработки СУБ:

- Системный подход.

Безопасность функционирования железнодорожного транспорта должна рассматриваться с учетом всех влияющих факторов: человек (обозначим Ч), техника (Т), организация (технология) (О), среда (С). Ж.д. транспорт представляет собой сложную многоуровневую взаимосвязанную систему «человек - машина - среда». При этом безопасность является основным системообразующим фактором на ж.д. транспорте. Во-первых, потому что это самый социально значимый показатель. Во-вторых, он является общим для всех без исключения подразделений, обеспечивающих перевозочный процесс.

- Технический прогресс

За последние десятилетия вследствие научно-технического прогресса значительно изменилось человеческое общество и транспорт в том числе. Это привело к необходимости человеку адаптироваться к изменившимся условиям среды. Речь идет как о человеке-железнодорожнике так и о человеке-пользователе железнодорожным транспортом. Произошли и происходят значительные социальные, структурные и экономические изменения.

- Информатизация.

Система управления обеспечением безопасности - тема не новая. Последнее время появляются публикации по этому вопросу. Однако с широким внедрением микропроцессорных средств вычислительной техники, персональных ЭВМ на ж.д. транспорте появилась острая необходимость сформулировать на современном этапе и концепцию, и задачи системы

управления безопасностью (СУБ). Нынешние ЭВМ позволяют собирать, хранить и быстро обрабатывать огромные массивы информации. Надо уметь эффективно пользоваться современной техникой информатики. Следовательно нужны адекватные современные подходы и алгоритмы обработки информации и выработки решений.

Эффективная СУБ может быть создана только на базе распределенной сети ЭВМ. Разработана автоматизированная информационная система учета нарушений безопасности на железных дорогах Украины. Эта система была названа АРМ ЦРБ. Разработка ее велась в течение двух лет. Сейчас идет этап внедрения двух уровней этой системы: ЦРБ - РБ дорог.

В основу создания СУБ положены 3 основных принципа:

- 1) анализ + прогнозирование;
- 2) интегральное решение;
- 3) человеческий фактор.

Предложена шкала для оценки безопасности перевозочного процесса (рис.4.1). Это девятибальная шкала (обоснование на рис.3.1).

На всех дорогах мира пришли к выводу, что, в конечном итоге, человек является во-первых, во-вторых и в-третьих причиной всех нарушений безопасности. Если не тот, кто непосредственно управляет локомотивом, укладывает рельсы, прокладывает маршрут, то тот, кто производит ремонтные работы, разрабатывает технологические процессы, изготавливает технические средства для транспорта. Поэтому предлагается классификация человеческой ошибки и соответствие ее шкале безопасности (рис.4.2).

А теперь рассмотрим сущность сформулированных принципов системы управления безопасностью, структура которой в терминах технической кибернетики представлена на рис.4.3. Информационной и аналитической основой СУБ явилась автоматизированная система оперативного учета и анализа браков в поездной и маневровой работе «АРМ ЦРБ». Она представляет собой автоматизированную информационную систему. Аппаратно это иерархическая распределенная компьютерная сеть. В 1999г. внедре-

Уровень (оценка) безопасности								
-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Авария крушение	Брак особого учета	Брак	Напря- женное состояние	Нормаль- ное состояние	Надежное состояние	Уверен- ное состояние	Гарантия	Высокая гарантия

. 4.1. Шкала безопасности перевозочного процесса

Категория нарушений и исполнителей		Уровень безопасности
Нарушения	Исполнители	
	Неотраслевые заводы, проектные и научно-исследовательские институты	
	Отраслевые заводы	
	Структурные подразделения (организация производства, ремонта, содержания): депо, дистанция и т.д.	
	Непосредственные исполнители: машинист, оператор, монтер пути, электромеханик и д.р.	
	Работа всех исполнителей, структурных подразделений, технических средств протекает без сбоев. Среда - благоприятная	Q

Рис. 4.2. Нарушение правил безопасности движения по вине человека (человеческий фактор)

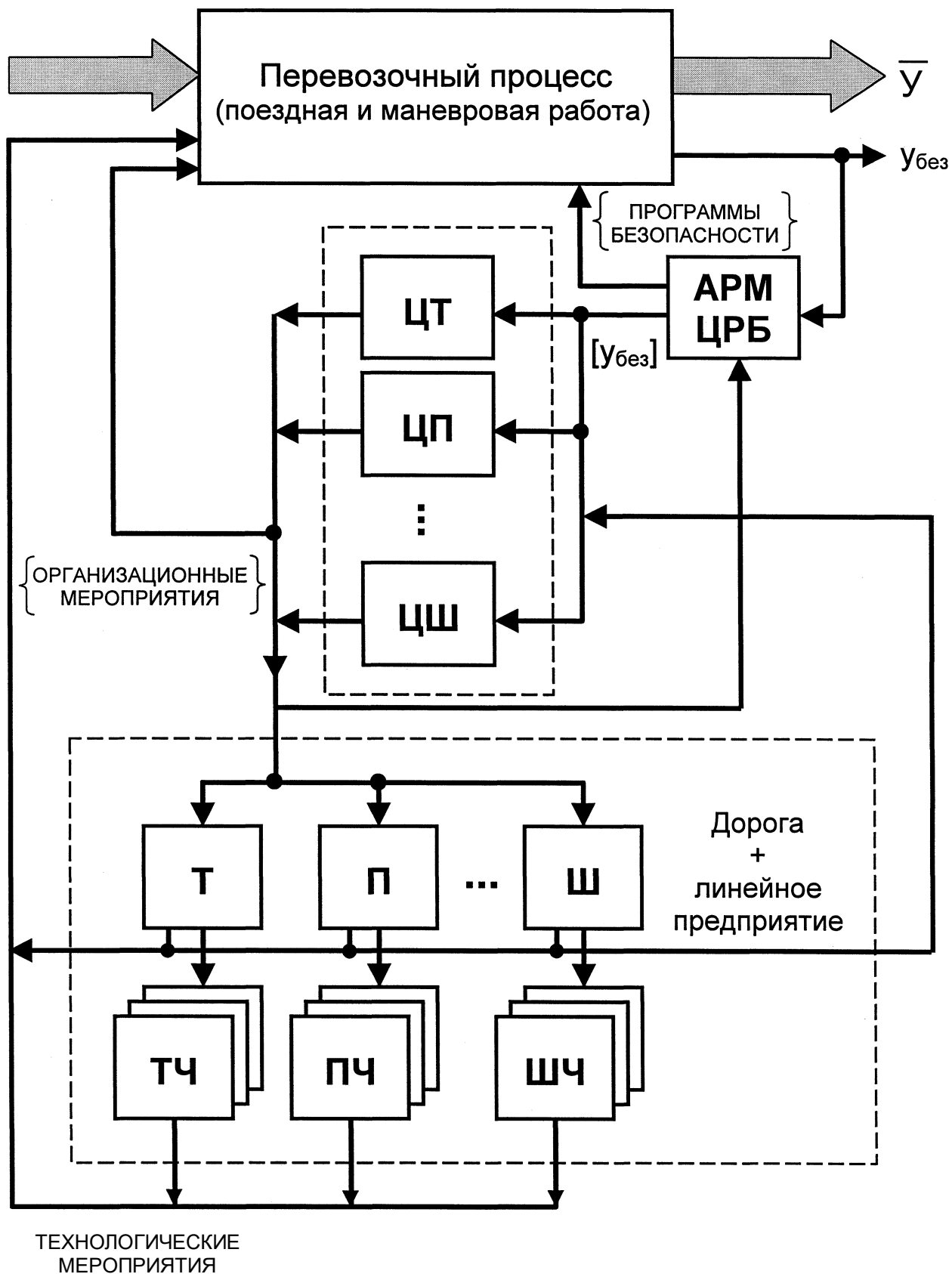


Рис. 4.3. Система управления безопасностью движения поездов

на первая очередь АРМ ЦРБ. Первый уровень иерархии находится в Главном управлении по безопасности движения поездов и автотранспорта (в дальнейшем ЦРБ) Укрзалізниці (УЗ), второй - у главного ревизора по безопасности (РБ) всех шести дорог Украины: Южной (в г.Харькове), Юго-Западной (в г.Киеве), Одесской (в г.Одессе), Донецкой (в г.Донецке), Приднепровской (в г.Днепропетровске), Львовской (в г.Львове). Информационная база находится в УЗ.

1) . Известно, что человеческий фактор является основной причиной нарушений безопасности. Поэтому для повышения надежности всей ж.д. системы следует уделить наибольшее внимание ее наименее надежному фактору. Человеческий фактор при этом рассматривается в двух аспектах:

- объективное установление степени участия человека в нарушениях безопасности;
- создание технических средств контроля, обучения и дублирования деятельности человека.

Для обеспечения возможностей управления безопасностью необходимо предварительно оценить степень влияния отдельных факторов на показатели безопасности. Предложен подход к оценке значимости факторов, он является статистическим, с элементами экспертного анализа, в котором на основе системного подхода и моделирования вырабатываются взвешенные оценки значимости факторов в каждом звене цепочки неблагоприятных событий, ведущих к происшествию. Подобный анализ возможен при наличии классификаторов событий и причин. С помощью классификаторов выполняется ранжирование событий, их причин по группам (подгруппам) и дальнейшая статистическая обработка.

Человеческий фактор рассматривался в двух уровнях: в первом лице (собственно человеческий фактор) - это действия машиниста, диспетчера, других работников, которые непосредственно привели к нарушению безопасности; и во втором лице (фактор организация) - это неправильные действия руководителей работ, ремонтных бригад, инструкций, которые опо-

средованно привели к нарушениям. Поэтому понятие обобщенного человеческого фактора используется в качестве интегрального критерия его влияния. Таблица с информацией о происшествиях за 1995-1998 годы была предложена для анализа группам квалифицированных экспертов, которые имеют опыт участия в расследовании причин нарушений безопасности на транспорте (в основном, эксперты были привлечены из состава аппарата ЦРБ, сотрудников Южной железной дороги и преподавателей Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта). Эксперты выработали технически корректные формулировки причин происшествий, имевших место на железных дорогах Украины, дали заключение о роли факторов «Ч», «Т», «О», «С» в каждом событии.

По второму аспекту реализуются программы создания автоматизированных систем:

- профессионального психофизиологического отбора локомотивных бригад и диспетчерского аппарата;
- предрейсового контроля локомотивных бригад;
- внутрирейсового контроля с дублированием некоторых функций машиниста.

2) . Второй принцип - «анализ + прогнозирование». На рис.4.3 показана информационная модель СУБ. Здесь в качестве объекта управления рассматривается перевозочный процесс. Из большого числа параметров, характеризующих перевозочный процесс

$$Y = \{ U_l \},$$

выделим параметр нарушения безопасности ($U_{Q\&3}$). Это текстовая информация. Таким образом, выходной сигнал объекта управления представляет собой

$$Y_{\text{вых}} = Y + Y_{\text{без}}$$

$Y_{\text{без}}$ поступает в АРМ ЦРБ, где затем формализуется, структурируется и поступает в базу данных для учета и составления сводок оперативного учета. Далее происходит углубленный анализ текущей информации и статистики и производится прогнозирование ухудшения состояния безопасности по методикам, представленным в пп.3.2-3.4. Анализ производится по многочисленным параметрам, которые характеризуют признаки «ГДЕ», «ЧТО», «КОГДА», «КТО», «КАК», «ПОЧЕМУ». Результаты анализа поступают в Главки Укрзалізниці. Главки разрабатывают комплекс организационных мероприятий по ликвидации и предупреждению нарушений. Это есть первый уровень обратной связи. Главки же передают соответствующую информацию на дороги и в линейные предприятия. Там определяются конкретные технологические мероприятия. Это вторая петля обратной связи. Успешность принятых мер оценивается аппаратом ЦРБ.

В АРМ ЦРБ анализ и прогнозирование оформлен в виде подсистемы. Для повышения эффективности поведения железнодорожников во внештатных и аварийных ситуациях необходимо разрабатывать обобщенные структурно-связные модели сценариев развития нештатных ситуаций, которые позволяют структурировать нарушения безопасности на отдельные (элементарные) события, с выделением причин каждого и их связей с факторами. Такая работа проводится, однако, это уже второй этап внедрения СУБ.

Непосредственно безопасность определить невозможно, это можно сделать только косвенным путем - посредством обработки информации по нарушениям безопасности. В данной работе используется традиционный подход - обработка имеющейся статистической информации, но нетрадиционными способами в силу тех задач, которые поставлены перед этой обработкой.

Использование структурно-связанной модели «события - нарушения безопасности» позволяет также вплотную подойти к разработке методов формализованного анализа сложносоставных происшествий. Анализируя данные о нарушениях безопасности за несколько лет, возможно косвенно оценить эффективность мероприятий по контролю за технологией работы и повышению безопасности работы железной дороги.

Разрабатывается программное обеспечение реализации метода прогнозирования ухудшения состояния отдельных участков дороги, служб, дорог с точки зрения показателей безопасности.

3) . Сущность интегрированного решения заключается в следующем. На основании работы АРМ ЦРБ аппаратом ЦРБ разрабатываются комплексные программы повышения безопасности. Они основаны на ликвидации тех причин, которые дают максимальный «выброс» в статистике нарушений за определенный промежуток времени. В результате удастся сконцентрировать средства, чтобы ликвидировать самые ненадежные и опасные места.

Полученные данные анализа и прогноза передаются в соответствующие главки и дороги для разработки организационных, технических и технологических мероприятий, а также являются основанием для разработки программ повышения безопасности конкретных отраслей и предприятий. Принцип формирования программ тот же - по «выбросам». Результаты углубленного анализа служат критерием успешности работы ж.д. транспорта.

4.2. Многомерный анализ информации о качестве перевозочного процесса

В разделе 3 были предложены методы классификации информации о безопасности функционирования железнодорожного транспорта. В п.4.1 описан АРМ ЦРБ - инструментальное средство сбора информации о на-

рушениях в перевозочном процессе. В данном разделе приводится пример использования данных из информационной базы АРМ ЦРБ для выявления и разработки «узких» мест в перевозочном процессе. Это направлено на повышение эффективности деятельности ж.д. транспорта. В приложении А представлен табличный и графический материал, посвященный некоторым аспектам анализа информации о качестве перевозочного процесса по параметру нарушений безопасности.

Как было сказано в п.3.4, атрибуты A_1, A_2, \dots, A_6 в общем случае являются множествами. Это делает информационную базу и отношение $r(RR)$ ненормированным. Под нормальной формой будем понимать такую схему отношений RR , в которой значения $dom(A_i)$ являются атомарными для каждого A_i [53]. То есть значения кортежа $t(A_i)$ не должны быть списком или множеством простых или сложных значений.

Следовательно, необходимо расширить множество атрибутов. Что и было сделано для организации базы данных в АРМ ЦРБ путем описания элементов множества D_1, D_2, \dots, D_9 . Это представлено в табл.4.1. В результате имеем шесть множеств атрибутов с элементами, которые названы податрибуты:

D_1, D_2, \dots, D_{15} - элементы атрибута «ЧТО»;

D_1, D_2, \dots, D_7 - элементы атрибута «ГДЕ»;

D_1, D_2 - элементы атрибута «КОГДА»;

D_1, DD_1 - элементы атрибута «КАК»;

D_1, D_2, \dots, D_9 - элементы атрибута «ПОЧЕМУ»;

D_1, D_2, D_3 - элементы атрибута «КТО».

Все события классифицированы в соответствии с нормативными положениями (классификаторами), действующими с 1994 и 1998гг. Инструкция 1998г. является более жесткой и в категории «брак особого учета»

Таблица 4.1

Переход к нормальной форме базы данных

	Податрибут	Номер <u>податрибута</u>
КАК	ТомерПоезда	1
	<олВагонов	2
	Тоннаж	3
	<олОсей	4
	ЗидПС (электровоз, тепловоз, электропоезд и т.д.)	5
	Марка ПС (ВЛ8, ЧС7, ЧМЭЗ и т.д.)	6
	ЗагоновВсего	7
	ЗагоновГ руженых	8
	ЗагоновПорожных	9
	ЗидРаботы (маневровая, поездная, хозяйственная, обслуживание)	10
	вагон!	11
	вагон2	12
	вагон3	13
	вагон4	14
	вагонб	15
	вагонб	16
	вагон?	17
	вагон8	18
	вагон9	19
	вагон 10	20
	вагоні 1	21
	вагон 12	22
	вагон 13	23
	вагон 14	24
	вагон 15	25
	вагон 16	26
	вагон 17	27
	вагон 18	28
	вагон 19	29
	вагон20	30
	вагон21	31
	вагон22	32
	вагон23	33
	вагон24	34
	Фактор «Ч» экспертной оценки	35
	Фактор «Т» экспертной оценки	36
	Фактор «О» экспертной оценки	37
	Фактор «С» экспертной оценки	38

Продолжение табл. 4.1

Атрибут	Податрибут	Номер Лодатрибута
ГДЕ	Дорога	1
	Отделение	2
	Станция	3
	Перегон	4
	БП	5
	<м	6
	Тикет	7
КОГДА	Дата	1
	Время	2
КТО	Служба (Т, В, Ш и т.д.)	1
	Должностное Лицо (ТЧ, ШЧ, ДС и т.д.)	2
	Виновник (оператор, стрелочник, составитель и т.д.)	3
ЧТО	Признак 1 (гибель людей)	1
	Признак 2 (травмирование)	2
	Признак 3 (повреждение ПС)	3
	Признак 4 (задержка движения)	4
	Категория Нарушения (крушение, авария, БОУ, брак)	5
	Скрытый	6
	ЧТО предшествовало	7
	ЧТО произошло	8
	ЧТО посл 1	9
	ЧТО посл 2	10
	ЧТО посл 3	11
	Содержание (запись из книги ЧТО)	12
	время задержки	13
	время ликвидации	14
	предпринимаемые меры (восстановительный или пожарный поезд)	15
ПОЧЕ- МУ	Причина	1
	Узел	2
	Элемент	3
	Деталь	4
	Конкретно	5
	в том числе	6
	Резюме	7
	причина (запись из книги)	8
	обстоятельства (запись из книги)	9

имеет место увеличение количества случаев. По данной таблице можно сделать вывод, что в 1996г. по сравнению с 1995г. наблюдается тенденция снижения количества и тяжести нарушений.

В табл.А.2 представлены данные по количеству происшествий в хозяйствах железных дорог. Введем обозначение $B = \text{''авария+крушение+брак+БОУ''}$. Сбор информации осуществлялся путем двойного применения релятивного выражения

$$(\text{ } \{ A_{k,j} = B, A_{i,j} = \text{''Т\&''}, A_1^{\wedge} a, A_{61} = \text{''Д''} \} (\text{ }) \cup$$

$$(\text{ } \{ 4.5-i, 4., -\text{''1998\<''}, 4 \text{ } \wedge a. A^{\wedge} T'' \} (\text{ }) \cup$$

$$\{ L_{1,5} = i, L_{1,8} = \text{''1998''}, L_{13} = a, L_{6,1} = \text{''\>''} \cup$$

$$\backslash 99\&'' , A_{t3} = a, A_{61} = \text{''B''} \} (\text{ }) \cup$$

$$\{ L_{15} = M_{i,8} = \text{''1998''}, L_{113} = aL. | = \text{''Ш'7''} \cup$$

$$f L_{1,5} = \text{''И''}, L_{1,8} = \text{''1998''}, L_{1,3} = a, L_{6,1} = \text{''Л'1''}; (\text{ }) \cup$$

$$\{ A_{i,j} = B, A_{i,j} = \text{''\>''}, A^{\wedge} = a, A_{61} = \text{''3''} \} (\text{ }) \cup$$

$$f L_{1,5} = M_{i,8} = \text{''1998''}, L_{13} = aL_{3} = \text{''М'7''} (\text{ }) \cup$$

$$\{ A_{1,5} = B, A_1^{\wedge} \text{''1995''}, A_{k3} = a, A_6^{\wedge} \text{''''} \} (\text{ })$$

ддяа = "1995" иа = "1996".

По данным этой таблицы можно выполнить сравнительный анализ, который дает возможность выявить «узкие» места по хозяйствам, проследить их динамику. В графу «прочие» отнесены зафиксированные события, которые не относятся ни к одному из хозяйств. В строке «происшествия» приведена дополнительная информация по событиям, которые четко определяются существующей классификацией. Однако эта информация - своеобразная база для совершенствования системы классификации. Строка «из них ДТП» выделяет события, ответственность за которые не несут работники и организации ж.д. транспорта. Из таблицы очевидно, что наиболь-

шее количество зафиксированных нарушений - за хозяйством «П», а наименьшее - «М».

Для выявления значимости факторов, влияющих на безопасность, все случаи нарушений перевозочного процесса в 1995 и 1996 годах были подвергнуты экспертной оценке, которую проводили специалисты Южной железной дороги, в том числе аппарата РБ. Сводные данные по 1995г. представлены в табл.А.3. Сбор информации осуществляется в 2 циклически по параметру A_4 , где $J=35,36,37,35$ путем двойного применения релятивного выражения

38

$$LW_{4,3="1994"}(J=35) > < (E(A_{t,3="1998"})) \quad (9)$$

где E определяется из (4.1) для $a="1995"$ и $a="1996"$ с последующим суммированием. Можно отметить высокую долю человеческого фактора в крушениях, авариях. Незначительно влияние среды. Необходимо указать, что доля человеческого фактора в первом и втором уровнях («Ч» + «О») составила: по крушениям - 90%, по авариям - 90%, по бракам особого учета - 96%, по бракам - 72%. В табл. А.4 представлены данные за 1996г. Доля человеческого фактора в первом и втором уровнях составила: по крушениям - 96%, по авариям - 70%, по бракам особого учета - 95%, по бракам - 73%. Сравнительный анализ событий по двум классификаторам (1994 и 1998гг.) не дает значительных расхождений по анализируемым годам.

В таблицах А.5, А.6, А.7 приведена информация о доли человеческого фактора в событиях, зафиксированных на железных дорогах Украины соответственно в 1995, 1996гг. и за два этих года. Реляционное выражение далее не приводится ввиду очевидности принципов его построения. Это анализ по параметру «ГДЕ». Строка «количество» показывает число нарушений безопасности на отдельной дороге. Первая колонка с «%» указывает усредненное значение факторов по всем событиям. Колонка с «*» определяет количество нарушений, в которых выделен соответствующий фактор.

Вторая колонка с «%» определяет долю событий соответствующего фактора в общем количестве событий на дороге. Из приведенных таблиц очевидно, что фактор «О» присутствует в наибольшем количестве зафиксированных событий: от 69% (на Юго-Западной ж.д.) до 77% (на Донецкой ж.д. и Одесской ж.д.) за два года. Это указывает на необходимость усиления контроля за технологией проведения всех видов работ на ж.д. транспорте и за деятельностью руководителей низшего и среднего звена. «Лидером» по числу всех нарушений является Донецкая ж.д. (2114), наименьшие показатели - на Приднепровской ж.д. (1274). Колебания человеческого фактора по различным дорогам составило около 8%: от 30.76% (на Приднепровской ж.д.) до 22.86% (Южная ж.д.). Колебания доли фактора «О» - около 7% (от 46.19% на Одесской ж.д. до 39.78% на Юго-Западной ж.д.).

В таблицах А.8, А.9, А. 10 представлен анализ по параметру «КОГДА» верхнего уровня (по временам года). Здесь строка «количество» указывает на количество событий, зафиксированных в соответствующем времени года. Последняя строка каждой таблицы - это доля событий времени года в общем количестве за год. Значение колонок аналогично колонкам таблиц А.5 - А.7 и описано абзацем выше. Колебания событий незначительны и составляют около 2% за два анализируемых года. Доля человеческого фактора в нарушениях имеет наибольшее значение зимой и весной. Наибольшее колебания - у фактора «Т» (около 6%). Наибольшее абсолютное значение - у фактора «О» (от 47.3% до 41.17%).

Анализ по параметру «КОГДА» уровня «месяц года» представлен в табл.А. 11 и на рис.А. 1. Учитывая, что событий типа «брак» наибольшее количество, а все нарушения безопасности отличаются только исходом, вполне обоснованно использовать информацию о браках в качестве основной информации о состоянии ж.д. транспорта как системы. Поэтому в таблицах А. 11, А. 12, А. 13 представлен анализ по бракам.

На рисунках А.2 - А.6 представлена накопительная информация о трех наиболее серьезных нарушениях перевозочного процесса, которые

стали причинами крушений, аварий, браков особого учета и браков: столкновения и сходы, проезд запрещающего сигнала и наезд на посторонние предметы за период 1995-1998гг. Из рис.А.2 видно, что несмотря на общую тенденцию к снижению этого вида брака на Львовской дороге имеет место увеличение в 1998г. по сравнению с 1997г., а на Приднепровской ж.д. практически стабилизация. Это свидетельствует о необходимости проведения профилактической и организационной работы по этим видам брака на указанных двух дорогах. На рис.А.3 эти виды брака представлены по параметру «ГДЕ». Рассматривая среднее изменение столкновений и сходов очевидны три локальных максимума, приходящихся на период времени между 7 и 8 часами утра, 12 и 13 часами дня, 3 и 4 часами дня. Первый промежуток можно объяснить технологическими особенностями. Второй и третий промежутки - результат напряженности в работе, они дают основание на проведение профилактической работы с железнодорожниками. Ценность этой информации заключается в том, что в сходах, как правило, задействованы не одна, а несколько служб. Анализ рис.А.4 показывает, что наибольшее число столкновений и сходов по вине службы «П» происходят в марте-апреле и ноябре месяце, что объясняется сезонными особенностями. Наибольшее количество нарушений по вине службы «Д» приходится на зимний период времени, что тоже частично объясняется погодными условиями.

Сравнительный анализ случаев проезда запрещающего сигнала с предыдущим видом нарушений показывает, что максимумы не совпадают. Здесь они приходится на период времени от 6 до 8 часов утра, 10 - 12 часами утра и между 1 и 2 часами дня.

На рис.А.7 и рис.А.8 представлена информация о распределении всех видов нарушений безопасности по времени суток в абсолютных и относительных единицах. Особый интерес представляет статистически усредненная кривая. Она имеет явно колебательный характер с локальными максимумами и минимумами. Резкий скачок в данных 7-8 часов утра

(максимум) и 8 - 9 часов утра (минимум) объясняется технологическими особенностями деятельности ж.д. транспорта. Следует указать на то, что и здесь период времени между 12 и 13 часами является абсолютным максимумом. Именно этот промежуток времени является наиболее опасным с точки зрения нарушений безопасности. Здесь необходимы действия технологического характера.

Данная информация может использоваться в качестве контрольного параметра для прогнозирования нарушений безопасности. Для этого необходимо определить нормативные показатели в виде зоны функционального оптимума, средствами АРМ ЦРБ вести оперативный учет и обработку информации по времени суток и сравнение с оптимумом. Если показатели выходят за пределы функционального оптимума, это свидетельствует о наличии напряженности в работе и может служить основанием для проведения внеочередных профилактических мероприятий. Однако данная методика является самостоятельной проблемой и дальнейшее ее развитие в рамках данной диссертационной работы не рассматривается.

На рисунках А.9, А. 10 и А. 11 представлены данные о нарушениях по всем оперативным службам железных дорог Украины, по дням недели и дорогам. Они дают информацию для отдельных служб и являются основанием для проведения не только разъяснительной работы, но и организационных мероприятий. Этой информацией необходимо пользоваться совместно с другими таблицами.

Распределение браков особого учета по железным дорогам за четыре года представлена на рис.А. 12.

В табл.А.14 представлена статистика нарушений безопасности по разделам существующего классификатора.

В данном подразделе представлены лишь некоторые виды анализа, который становится возможным при внедрении АРМ ЦРБ. Однако можно сделать выводы о путях использования результатов такого анализа. Использование приведенной информации позволяет:

- Оценить динамику изменения браков в поездной и маневровой работе для определения тенденции ухудшения или улучшения ситуации.
- Выработать комплекс организационных мероприятий для ликвидации отрицательной тенденции.
- Сконцентрировать внимание на определенных участках дорог, службах или определенном времени, когда «выбросы» в событиях наиболее велики (перенос «дня безопасности» на определенный день и час, изменение графика планерных совещаний и т.д.).
- Организовать учебу персонала ж.д. транспорта по поведению в аварийных и внестатных ситуациях.
- Определить цепочки событий, приводящих к нарушениям безопасности и предложить способы прервать эти цепочки.
- Выявить закономерности в нарушениях безопасности по самым различным составляющим параметров «ГДЕ», «КОГДА», «ЧТО», «ПОЧЕМУ», «КТО», «КАК» и их взаимную многомерную локализацию.

4.3. Классификация нарушений в перевозочном процессе на примере службы вагонного хозяйства

Реализация методики анализа событий, разработанной в пп.3.2, 3.3 показана на примере обработки информации аппарата ЦРБ Укрзалізниці за 1995, 1996, 1997, 1998 годы. Для разработки автоматизированных систем контроля традиционной является задача разработки классификаторов. Ее актуальность продиктована необходимостью анализа информации сложной природы, ее ранжирования, сведения в однородные группы. Особенности и сложность объекта анализа не позволяют воспользоваться традиционными методами построения классификаторов.

Классификация нарушений безопасности движения оказывает непосредственное влияние на аварийность как фактор объективной оценки состояния безопасности и как ориентир для принятия мер по устранению предпосылок происшествий. Простое сложение числа нарушений в одну сумму дает совершенно «замазанную» картину состояния аварийности.

Система учета нарушений безопасности и их классификации с течением времени менялась в зависимости от наработанного опыта эксплуатации и развития технических средств. Сложившаяся практика разработки классификации нарушений безопасности движения является эмпирической; ни в открытой печати, ни в служебных материалах какого-либо обоснования классификаций разных лет обнаружить не удалось [38,39].

Из практических соображений классификатор целесообразно строить по хозяйствам, соответственно отдельно по службам «Д», «Т», «П», «В», «Ш», «Э», «Л», «М», прочие.

Построение классификатора является типичной задачей при разработке системы обработки информации, представленной в текстовой форме или в виде слабо структурированной информации. Сложность проблемы создания и поддержания в актуальном состоянии классификатора заключается в том, что:

- на практике, в случае его построения наиболее легким способом (исходя из перечня имевших место причин событий за период наблюдения) - могут быть пропущены причины, которые не проявились за период наблюдения;
- построение классификатора возможно исходя из теоретических предпосылок согласно теории надежности отдельных систем, узлов и устройств железнодорожного транспорта (метод деревьев отказов), в этом случае в перечень могут быть включены причины событий, которые на практике не имели места и не будут его иметь, в то же время существует вероятность пропуска причин, не относящихся

к узлу или устройству, а к несовершенной (непредусмотренной) технологии его эксплуатации;

- даже имея совершенный классификатор, с течением времени и в силу технического развития оборудования железных дорог, совершенствования методов управления и контроля на транспорте появятся новые события и новые их причины, что требует непрерывного совершенствования имеющегося классификатора;
- развитие техники сбора информации о нарушениях безопасности на транспорте, разработка и последующая эксплуатация автоматизированной системы учета происшествий создают предпосылки для совершенствования классификатора «в глубину», доводя степень детализации причин событий до неисправностей, составляющих элементов устройств и блоков, до несовершенных технологических процессов при изготовлении устройств, их элементов и до вины конкретных исполнителей (изготовителей).

Решение поставленных задач по созданию и использованию классификатора возможно за счет:

- базового анализа причин нарушений безопасности в определенный период времени;
- ежегодного анализа произошедших причин и последующего дополнения классификатора не отмеченными (не состоявшимися) ранее причинами;
- анализа предыстории развития событий с выделением первопричин и цепочки событий, приводящих к нарушениям (определения структуры события);
- автоматизированной системы сбора информации о произошедших событиях на сети железных дорог с возможностями периодического дополнения и изменения включенного в ее состав классификатора причин событий;

- анализа открытых источников информации по происшествиям и их причинам, имевшим место на железных дорогах других стран.

В данной работе выполнен первый и последний пункты перечисленных мероприятий - проведен анализ имевших место в 1995-1998 годах нарушений безопасности на железнодорожном транспорте Украины, которые зафиксированы в аппарате Главного ревизора по безопасности движения Укрзалізниці [30], проведен анализ опубликованных сведений по нарушениям безопасности в других странах (прежде всего в России) [38-40, 43, 45, 47, 52, 53, 61, 67, 87] и выработаны базовые классификаторы - классификатор событий (структурированный иерархически) и классификатор причин (также структурированный по иерархическому принципу).

Необходимо отметить, что работа по созданию классификаторов событий и причин не является самоцелью. Решение многих задач по анализу безопасности без наличия достоверного классификатора с использованием компьютерных технологий просто невозможно. Анализ технической литературы и других источников информации показывает, что под классификатором в подавляющем большинстве случаев авторы понимают результат совокупного анализа по схеме «событие - причина». Это несоответствие является тормозом в развитии структурированных и формализованных методов анализа безопасности.

К сожалению, после распада СССР в Украине не осталось на железнодорожном транспорте аналитических структур, задачей которых было бы сбор информации о перевозочном процессе, ее структурирование и обработка.

Все это еще раз подчеркивает необходимость создания классификаторов причин, событий, деревьев связи между ними, а также моделей описания сценариев развития нештатных ситуаций. Это есть исходный инструментальный анализ безопасности на железных дорогах Украины, с дальнейшим развитием в виде формализации предлагаемого структурно-связного описания нештатных ситуаций.

Разработка базового классификатора выполнена на основе информации о происшествиях (нарушениях безопасности) за 1995-1998 годы. Структурированная информация о каждом происшествии помещена в электронный процессор EXCEL VIII. По каждому событию выделены описатели:

1-оценка события:

- крушение;
- авария:
 - брак особого учета;
 - брак в работе;
 - скрытый брак;
- дорожно-транспортное происшествие;
- происшествие;

2-информация о подвижном составе:

- информация о поезде:
 - номер поезда;
 - количество вагонов;
 - тоннаж;
 - количество осей;
- информация о локомотиве:
 - вид тяги;
 - тип локомотива;
- информация о вагонах:
 - всего участвовали в происшествии;
 - из них груженые;
 - порожние;

3-ГДЕ (место происшествия):

- дорога;
- отделение;
- станция;

- перегон;
- блок-пост;
- километр;
- пикет;

4-КОГДА:

- календарная дата;
- время;

5-КТО виноват:

- служба;
- должностное лицо;
- конкретный виновник;

6-ЧТО произошло (все формулировки согласно действующему классификатору событий):

- событие, предшествующее нарушению;
- событие, зафиксированное в отчетности как нарушение;
- событие, следующее за нарушением;

7-ПОЧЕМУ:

- содержание причины происшествия из книги учета браков;

8-КАК:

- обстоятельства нарушения или дополнительные сведения;

9-Вид работы:

- поездная;
- маневровая;
- хозяйственная;
- обслуживание;

10-КЛАССИФИКАЦИЯ причины происшествия;

- причина (согласно классификатору причин);
- детализированная причина (II, III, IV уровень);

- конкретная причина (описание неисправности);
- экспертная оценка роли факторов по схеме «Ч», «Т», «О», «С» (несколько значений согласно оценкам различных экспертов);

11-время:

- задержки движения;
- ликвидации последствий;

12-предпринимаемые для ликвидации последствий меры;

13-номера вагонов, пострадавших во время происшествия.

Описанная технология построения базового классификатора реализована для классификатора службы «В» (вагонного хозяйства). Следует отметить, что классификатор построен многоуровневым. Для такого класса объектов, как вагоны, это сделать несложно, так как каждый уровень может быть выделен за счет более глубокой детализации тех узлов, агрегатов и отдельных деталей, которые послужили причиной транспортного происшествия. Уровень возможной детализации однозначно определяет глубину классификатора. Классификатор причин представлен в табл.4.2.

Выводы к разделу 4

1. Выделены четыре группы факторов, влияющих на эффективность перевозочного процесса: человек, организация работ, технические средства, среда.
2. Сделан вывод о необходимости разработки системы управления безопасностью на современном этапе развития железнодорожного транспорта. Предложена структура такой системы (СУБ), определены основные принципы ее работы.
3. Показаны направления углубленного анализа информации о браках в поездной и маневровой работе. Результатом такого анализа

является комплекс организационных, технических и технологических мероприятий по снижению уровня браков.

4. Разработаны общие принципы классификации событий и причин нарушений в перевозочном процессе. Сделан вывод о необходимости разработки классификатора для каждой службы в отдельности.
5. Предложен классификатор причин нарушений в перевозочном процессе на примере службы «В». Его внедрение позволило в 1999 году на 8% сократить количество нарушений безопасности по вине данной службы по сравнению с 1998 годом.

Таблица 4.2

Классификация причин нарушений безопасности.

ПРИЧИНА	УЗЕЛ	ЭЛЕМЕНТ ДЕТАЛЬ	КОНКРЕТНО...	В ТОМ ЧИСЛЕ		
неисправность автосцепного устройства	автосцепка* ₂ механизмом	важачу.?-J. подъемника	выпадение валика подъемника механизма автосцепки	отсутствие болтов крепления		
			другие неисправности			
		зв'язка «8-ї тай» (-7; ...)	корпус	=	заклинивание замка автосцепки	
					излом перемычки замка	
					износ замка	
					отбой шипа предохранителя саморасцепа	
					попадание шипа саморасцепа под сигнальный отросток замка	
					другие неисправности замка	
					выпадение головки автосцепки	
					излом верхней полочки	
					излом малого зуба	
					излом полочки предохранителя саморасцепа	
					износ поверхности большого зуба	
					недопустимая разность центров автосцепок	
					неполное сцепление	
					обрыв автосцепки	по старой трещине
					обрыв перемычки хвостовика	по старой трещине
					обрыв хвостовика	по старой трещине
					отбой ограничителя	
					трещина в автосцепке	
трещина в хвостовике						
трещина малого зуба						

Продолжение табл. 4.2

ПРИЧИНА	УЗЕЛ	ЭЛЕМЕНТ ДЕТАЛЬ	КОНКРЕТНО. ■■	В ТОМ ЧИСЛЕ	
		предохранитель-саморасцепа;	излом предохранителя саморасцепа	нижнее плечо	
			изогнутость предохранителя саморасцепа		
			согнутость верхнего плеча		
			друпіежік™^		
			отсутствие автосцепки хвостового вагона		
	привод	расцепкой	нахождение ручки расцепного рычага на полочке	протертость проушины _____	
			обрыв кронштейна расцепного рычага		
			другие Н^пра.н^исдепного р™		
			цепь		
	ударно-центрирующие / Приборы	I / i	I / i	излом маятникового болта и пружины центрирующей балки	по старой трещине
				отсутствие центрирующей балочки и маятниковых болтов	
				устройство	I / i
	излом клина тягового хомута	по старой трещине			
	износ клина				
	тяговый хомут I	излом полосы тягового хомута	по старой трещине		
	фрикционный i	i	обрыв болтов планки фрикционного аппарата	по старой трещине	
			обрыв стягивающего болта фрикционного аппарата i		
			другие неисправности фрикционного аппарата I		
			излом упорной плиты		
			другие неисправностиупряжного устройства . i л . ,		

ПРИЧИНА	УЗЕЛ	ЭЛЕМЕНТ	ДЕТАЛЬ	КОНКРЕТНО...	В ТОМ ЧИСЛЕ
неисправность кузова	балки Д-у-у ₁	■◁		обрыв хребтовой балки	по старой трещине
				трещина хребтовой балки	
	даві і рі "4	хМІ. д		излом шкворневой балки	
				трещина буферного бруса	
	■мм^ШшММИ		МНВІМІМІ	невозможность закрытия двери	нарушение технологии сварки торцевой
				обрыв двери вагона	
	'ЖВШВ-ХлаЖ-			отсутствие валиков крепления двери	
				нарушение целостности котла	
	І			обрыв верхней площадки котла	
				обрыв крепежного пояса цистерны	износ резьбы
	крыша і		ш^ЙММИШШ(МИД Й^/ч	другой неисл^раШнос^^^(йгла^ "Г"	
				подрыв крыши в районе верхней подвязки	
	погрузочно-запорное разгрузочные устройства	Ойво ; ' ;		другие неисправности <u>крыши</u>	
				недозакрытие запорных устройств	
люк			другие неисправности запорных устройств	=	
			невозможность закрытия люка	загрузочного разгрузочного	
Н'			другие неисправности люка		
			неисправность замков люков		
			неисправность разгрузочного механизма	крепление	
			неисправность тяги разгрузочного люка	нарушение технологии сварки фиксатор	
			обрыв запорной планки люка		
			обрыв кронштейна штурвала разгрузочного устройства		

Продолжение табл. 4.2

ПРИЧИНА	УЗЕЛ	ЭЛЕМЕНТ	ДЕТАЛЬ	_____ КОНКРЕТНО... _____	_____ В ТОМ ЧИСЛЕ _____
				обрыв разгрузочного люка	неполное зацепление крюков запорного механизма
				обрыв разгрузочного механизма	
				обрыв тяги штурвала	
				отсутствие валика предохранительной защелки разгрузочного механизма	
				падение рычага разгрузочного люка	отсутствие шплинта в кронштейне люка и обрыв предохранительной скобы
				перекос разгрузочного механизма	
				разъединение тяги разгрузочного люка	
				самопроизвольное открытие разгрузочных люков и i	
				опускание рычагов разгрузки	
				трещина люка	
				сливной прибор; : ..	перекос сливного прибора
					срез шпилек и наклон сливного прибора
					трещина по сварному шву сливного устройства
				обрыв накладки	нарушение технологии сварки
				обрыв стоек поперечных балок	
				обрыв стоек торцевой стенки	некачественная сварка
				высыпание груза из вагона и попадание под колесо	
				излом швеллера	
				обрыв запорной планки борта платформы	
				перекос кузова	
				развал груза	
				другие неисправности стоек	

Продолжение табл. 4.2

ПРИЧИНА	УЗЕЛ	ЭЛЕМЕНТ ДЕТАЛЬ	КОНКРЕТНО...	В ТОМ ЧИСЛЕ
неисправность тормозного оборудования	авторегулятор		затянутость авторегулятора	
	ВОЗДУХИЩЕ-делитель		другие неисправности авторегулятора?	
			замедленный отпуск тормозов	
			засорение отверстия выхода воздуха	
			засорение пылеловов в штуцере подводных труб	
			засоренность калибровочного отверстия	
			неиспр. клапана мягкости воздуха распределителя	
			неотпуск тормозов	
			неправильно установленные режимы	
			воздуха распределителя	
			обрыв рабочей камеры воздуха распределителя	
			ослабление крепления магистральной части	
			воздуха распределителя	
			просевшая пружина клапана мягкости	
			воздуха распределителя	
			самопроизвольное срабатывание	
			воздуха распределителя	
			другие неисправности воздуха распределителя	
воздушная магистраль	магистральная Труба	обрыв магистральной трубы		
	ИиМммИимИМІ	протертость магистральной трубы о тягу хомута		
	; < : ^ = М ; ^ ;	трещина магистральной трубы		
	соединения J ' ' *	другие неисправности магистральной трубы		
		излом муфты	в соединительной муфте	
		неисправность муфтового соединения	наличие ржавчины в соединении	
	Бжд^ИМин^мИи^№ ИИИИМиИМ^^		у разобщительного крана	

Продолжение табл. 4.2

ПРИЧИНА	УЗЕЛ	ЭЛЕМЕНТ	ДЕТАЛЬ	КОНКРЕТНО...	В ТОМ ЧИСЛЕ
				неисправность резьбового соединения	в соединительной муфте
					в тройнике
					на подводящей трубке
					воздухораспределителя
					обрыв контргайки
					односторонний подрез резьбы
					односторонняя нарезка резьбы
					срыв резьбы на хомутах крепления
					у тройника
				рассоединение воздушной магистрали	по резьбе в муфте
					у разобщительного крана
					у тройника
				утечка воздуха по соединениям тормозной магистрали	в соединительной муфте
					в тройнике
		"Трубки МНМИИИИиМИИИИ =		обрыв трубки воздушной магистрали	к воздухораспределителю
					к тормозному цилиндру
					от воздухораспределителя
					у концевого крана
					у разобщительного крана
					у тройника
				протертость трубки воздушной магистрали	
				трещина трубки воздушной магистрали	к воздухораспределителю
					у стоп-крана
					у тройника

Продолжение табл. 4.2

ПРИЧИНА	УЗЕЛ	ЭЛЕМЕНТ	ДЕТАЛЬ	КОНКРЕТНО...	В ТОМ ЧИСЛЕ
Ж..... : мл . і				нахождение в воздушной магистрали воды	наличие ледяной пробки
				другие неисправности трубок	L .. —
	запасной резервуар			нарушение крепления запасного резервуара	
				неисправность штуцера	
				обрыв трубки запасного резервуара	
	концевой кран			излом концевого крана в штуцере	
				наличие старой трещины концевого крана	
				неисправность резьбового соединения	у концевого крана
				обрыв концевого крана	по резьбе
				открытие концевого крана	
				перекрытые концевые краны между вагонами	
				другие неисправности концевого крана	
	разобшительный кран			обрыв разобшительного крана	износ резьбы
				утечка воздуха из тормозной магистрали	по разобшительному крану
	средний рукав			неисправность уплотнительного кольца соединительного рукава	
				неполное соединение головок рукавов	
				обрыв головки соединительного рукава	
				обрыв соединительного рукава	по старой трещине в резьбе
				ослабление хомута головки соединительного рукава	
			разрыв соединительного рукава		
			рассоединение соединительного рукава		
			смена соединительного рукава		
			рушение и неисправности соединительного рукава		

Продолжение табл. 4.2

ПРИЧИНА	УЗЕЛ	ЭЛЕМЕНТ	ДЕТАЛЬ	КОНКРЕТНО...	В ТОМ ЧИСЛЕ
	тормозная' рычажная передача	триангел ь		заклинивание триангеля	
				обрыв распорки первого по ходу триангеля	
				обрыв триангеля	
				опускание скобы триангеля	
				отсутствие гайки триангеля	
				другие неисправности триангеля	
				выпадение валика подвески башмака	
				выпадение валика распорной тяги	
				завал рычагов тормозной передачи у мертвой точки	
				завар башмака	отсутствие чеки
				зажатие тормозной колодки	
				заклинивание тормозной рычажной передачи	
				замена тормозных колодок	
				неправильная регулировка тормозной рычажной передачи	
				обледенение тормозной рычажной передачи	
				обрыв предохранительной скобы тормозной рычажной передачи	
				обрыв тормозной колодки	
				обрыв тяги	
				обрыв тяги ручного тормоза	
				опускание распорной тяги	
				отсутствие горизонтальной тяги	
				отсутствие тормозной колодки	
				перекос тормозного башмака	
приварка тормозной колодки к колесной паре					
провес скобы равномерного износа тормозной колодки					
другие неисправности тормозной рычажной передачи					

табл. 4.2

ПРИЧИНА	УЗЕЛ	ЭЛЕМЕНТ	ДЕТАЛЬ	КОНКРЕТНО...	В ТОМ ЧИСЛЕ	
	Тормозной цилиндр	!	j	заклинивание штока тормозного цилиндра		
				неисправность поршня цилиндра		
				обрыв кронштейна тормозного цилиндра		
					излом или трещина тройника	по старой трещине
					неисправность автотормозов	
					неэффективность тормозов	
					обледенение тормозной магистрали	
					слабая проходимость воздуха в воздушной магистрали	
					срабатывание тормозов	
					утечка воздуха из тормозной магистрали	
неисправность ходовой части	буксовый узел	скольжения	роликовая букса	износ бабитовой заливки подшипника		
				нагрев буксы скольжения		
				неисправность пальстера		
				выработка в корпусе буксы		
				загрязнение буксы со снятой крышкой		
				излом упорного кольца роликового подшипника		
				наличие задиров на концах ролика и кольцах		
				неисправность сепаратора		
				поворот внутреннего кольца подшипника	выход лабиринтного кольца	
				разрушение внутри, кольца роликового подшипника		
разрушение наружного кольца роликового подшипника						
разрушение сепаратора роликового подшипника						
трещина упорного кольца подшипника						
шелушение роликов						

Продолжение табл. 4.2

ПРИЧИНА	УЗЕЛ	ЭЛЕМЕНТ	ДЕТАЛЬ	КОНКРЕТНО...	В ТОМ ЧИСЛЕ
		скользуй	■	излом скользуна	некачественная сварка по старой трещине
				неиспр. бокового скользуна надрессорной балки	
				несоответствие зазоров скользунов	
		шкворень	■	излом шкворня	
				отсутствие шкворня	
				завышение зазоров между направляющими буксовыми проемами и корпусом буксы на 5мм	
				заклинивание тележки	
				изгиб боковины тележки	
				изгиб челюсти боковины тележки	
				невписывание в кривом участке пути	
				неисправность пятника с подпятником	
				обрыв планки фрикционного клина	
				смещение тележки	
				: другие неисправности ходовой части	J
нарушение порядка выполнения работ работниками ВЧД (на территории депо)				наезд на посторонний предмет	
				нарушение технологии ремонта	
				нахождение на пути автосцепки	
				невзятие стрелки на закладку	
				невьявление напрессовки снега	
ШПМ				неисправность дрезины	нарушение крепления редуктора
ШПИ				ненахождение составителя на головном(хвостовом) вагоне	сгорание сцепления
				несвоевременная подача сигнала остановки	
				неуборка тормозного башмака	
				соединение вагонов на ранее поврежденной стрелке	

табл. 4.2

ПРИЧИНА	УЗЕЛ	ЭЛЕМЕНТ	ДЕТАЛЬ	КОНКРЕТНО...	В ТОМ ЧИСЛЕ
прочие причины				нарушение порядка обработки поездов	выход детали вагона за габарит
					наличие остатка груза в цистерне
					нарушение ТУ погрузки
					отсутствие на ПТО приспособлений для замера высоты автосцепки
				неисправность компрессора горки	
				неисправность привода подвагонного генератора	обрыв карданного вала
					отсутствие редуктора генератора
				неисправность рефрижераторной секции	сползание маятниковой подвески люличного подвешивания
				односторонняя выгрузка	
				падение детали на путь	
			превышение скорости соударения		
			причина не указана ===		

ВЫВОДЫ ПО ДИССЕРТАЦИИ

Решена научная задача теоретического обоснования подхода и разработки комплекса методов, направленных на обеспечение безопасности движения поездов на железнодорожном транспорте в современных условиях. Данная работа представляет собой определенный вклад в теорию и практику безопасности. При этом:

1. Анализ существующих подходов к управлению и организации систем управления железными дорогами мира показал необходимость совершенствования эффективности деятельности железнодорожного транспорта, важнейшей составляющей которой является безопасность движения поездов. Сделан вывод о том, что безопасность - есть центральный системообразующий фактор, объединяющий различные компоненты ж. д. транспорта в единую систему. Таким образом, статистика нарушений в перевозочном процессе может быть положена в основу контроля эффективности и текущего состояния железнодорожного транспорта в целом. В настоящее время отсутствует количественная теория безопасности на ж.д. транспорте. На основании обзора литературных источников сделан вывод о необходимости разработки новых подходов к контролю и управлению безопасностью на ж.д. транспорте.

2. Теоретически обосновано рассмотрение функционирования ж.д. транспорта в толерантных пространствах, введен принцип толерантности пространства событий. Сформулирована проблема разрешимости безопасного движения.

3. Для эффективного моделирования деятельности ж.д. транспорта как системы, находящейся в динамическом отношении со средой, обосновано представление ее моделью проточной репродуцирующей системы. Проведены эксперименты с моделью проточной системы на ПЭВМ. Выведены формулы для определения

оптимальных значений параметров с точки зрения производительности и безопасности функционирования ж.д. транспорта.

4. Разработана шкала состояния безопасности движения на ж.д. транспорте, состоящая из 9 градаций. Ее отличие от существующей градации заключается во введении состояний, связанных с гарантией качества перевозок.

5. Все многообразие благоприятных и неблагоприятных состояний описано нормальным законом распределения вероятности наступления того или иного состояния. Точки перегиба нормальной кривой определяют критические состояния. Диапазон между ними представляет собой диапазон оптимального функционирования ж.д. транспорта как функциональной системы.

6. Предложен обобщенный алгоритм идентификации состояния безопасности ж.д. транспорта как системы. Он рассматривает ж.д. транспорт как совокупность человеко-машинных систем.

7. Разработана структура системы управления безопасностью на железнодорожном транспорте Украины, определены основные принципы ее работы на основе анализа современного уровня развития информационных технологий, баз данных, компьютерных сетей. Сделан вывод о необходимости в дальнейшем использования программных средств обработки неструктурированной информации.

8. Разработаны общие принципы классификации событий и причин нарушений безопасности движения. Все случаи нарушений безопасности предложено рассматривать по трем основным (ЧТО, ГДЕ, КОГДА) и трем дополнительным (КАК, КТО, ПОЧЕМУ) параметрам. Данный подход позволил структурировать информацию для осуществления поддержки принятия решения. Предложен классификатор причин нарушений безопасности движения в перевозочном процессе на примере службы вагонного хозяйства. Это позволило в 1999г. на 8%

сократить количество нарушений безопасности по вине данной службы по сравнению с 1998 годом.

9. Основой для практического внедрения результатов диссертационной работы является автоматизированная система оперативного учета браков в поездной и маневровой работе (АРМ ЦРБ), которая функционирует с 1999 г. Кроме того в высших учебных заведениях железнодорожного транспорта 3-го и 4-го уровней аккредитации при непосредственном участии автора с 1999/2000 учебного года введен курс «Безопасность движения», в рамках которого дается информация о научных и практических результатах данной работы.

10. Проведен анализ и статистическая обработка свыше 14 000 случаев нарушений безопасности движения на железных дорогах Украины за 1995-1998 гг. по предложенным принципам и алгоритмам. Это позволило оценить динамику нарушений безопасности по дорогам и службам, выделить дни и часы суток, когда наиболее вероятно наступление неблагоприятных с точки зрения безопасности движения событий, оценить эффективность мероприятий по сокращению некоторых видов нарушений безопасности, объективно оценить воздействие различных факторов, разработать комплекс мероприятий по повышению уровня безопасности на железных дорогах Украины.

Список использованных источников

1. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Исследование зависимостей. Справочное издание.-М.: Финансы и статистика, 1985г. - 488 с.
2. Айзинбуд С.Я. и др. Машинист и безопасность. -М.: Транспорт, 1992г., -48 с.
3. Анализ состояния безопасности движения в локомотивном хозяйстве железных дорог // Ж.д. транспорт. Сер. «Безопасность движения». ОИ / ЦНИИТЭИ МПС.- 1995. - Вып.2-3.- 70 с.
4. Анохин П.К. Узловые вопросы функциональной системы.- Киев: Паукова думка, 1980.- 287 с.
5. Анохин П.К. Философские аспекты теории функциональных систем.- М.: Наука, 1978.- 72 с.
6. Берзтисс А.Т. Структуры данных. - М.: Статистика, 1974. - 408с.
7. Берталанфи Л. История и статус общей теории систем//Исследования по общей теории систем.- М.:Наука,1973.- С.29-34.
8. Берталанфи Л. Общая теория систем. Критический обзор//Исследования по общей теории систем,- М.:Наука,1969.- С.57.
9. Блехман И.И. Синхронизация в природе и технике.- М.:Наука,1981.- 351с.
- Ю.Боровцев В.Б. Обеспечение безопасности на зарубежных железных дорогах. //Железнодорожный транспорт, серия Безопасность движения. Вып. 1 ОИ/ЦНИИТЭИ МПС, 1988г., с.1-26.
- 11 .Буланов М.А. Безопасность движения поездов (в условиях нарушения нормальной работы устройств СЦБ и связи). -М.: Транспорт, 1990г., - 112 с.
- 12 .Геккер В.В. Главная цель - безопасность движения. //Железнодорожный транспорт, 1989г., №6, с. 27-28.

13. Генес В.С., Мадлевский Ю.М. О повышении надежности труда железнодорожных машинистов / Очерки психологии труда операторов. - М.: Наука, 1979. - С. 173-185.
- М. Глушков В.М., Иванов В.В., Яненко В.М. Моделирование развивающихся систем. - М.: Наука, 1983. - 450 с.
15. Гринченко Т.А. Гипертекст - новая информационная технология. // Кибернетика и системный анализ. - 1992, № 5. - с. 116-135.
16. Губинский А.И., Кобзев В.В. Оценка надежности деятельности человека-оператора в системах управления. М.: Машиностроение, 1975. - 47 с.
17. Гублер Е.В. Вычислительные методы распознавания патологических процессов. - Л.: Медицина, 1970. - 319 с.
18. Дружинин Г.В., Косарев Л.Н., Петрухина В.В., Скороходов В.И. Автоматизация управления безопасностью движения. // Железнодорожный транспорт, 1998, № 4, с. 34 - 37.
19. Друзь В.А., Самсонкин В.Н., Панарин С.В. Об одном способе контроля текущего состояния человека на железнодорожном транспорте // Информационно-управляющие системы на ж.д. транспорте. - 1996. - №3-4. - С.56.
20. Енюков И.С. Методы, алгоритмы, программы многомерного статистического анализа: Пакет 1111СА. - М.: Финансы и статистика, 1986. - 232 с.
21. Ершов А.Е., Закревская Г.П., Платонов Э.Г. Маломасштабный эксперимент: проблемы безопасности движения поездов. // Железнодорожный транспорт, 1993 г., №4, с.42 - 44.
22. Ефимов Г.А., Ларкин Ю.М. Транспорт и окружающая среда. - М. Знание, 1975. - 62 с.
23. Загоруйко Н.Г. Эмпирическое предсказание. - Новосибирск: Наука, 1979. - 120 с.

24. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений.- М.: Мир, 1976.- 165с.
25. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник. / А.Н.Адаменко, А.Т.Ашеров, И.Л.Бердников и др.; Под общ. ред. А.И.Губинского и В.Г.Евграфова. - М.: Машиностроение, 1993. - 528с.
- 1 6. Інструктивні вказівки, коментарі до нормативних актів з безпеки руху. Державна адміністрація залізничного транспорту України. Відповідальний за випуск О.Й. Соколов. - Київ, Укрзалізниця, Транспорт України, 1994, - 32 С.
27. К вопросу о безопасности движения.// Железные дороги мира, 1993, № 2, с.74-77.
28. Казаков А.А., Алешин В.Н., Казаков Е.А. Аварии на стальных магистралях,- М. Транспорт, 1993.- 110с.
29. Кемени Д., Снелл Д., Томпсон Д. Введение в конечную математику. - М.: Мир, 1965.-486с.
30. Книги оперативного учета браков Укрзалізниці. // Аппарат Главного управления безопасности движения поездов и автотранспорта Укрзалізниці. Т.1-10, 1995, 1996 гг.
31. Концепція та Програма реструктуризації на залізничному транспорті України.- К.: НАБЛА, 1998.- 145с.
32. Корольков А.А. Диалектика в теории медицины.- Л.: Ленинградский университет, 1979.- 100 с.
33. Корольков А.А., Петленко В.П. Норма как закономерное явление // Философские и санитарно-гигиенические аспекты учения о здоровье и болезни.- М.: Медицина, 1975.- С. 23-46.
34. Корольков А.А., Петленко В.П. Философские проблемы теории нормы в биологии и медицине.- М.: Медицина, 1977.- 391с.

- 35 .Коршунов Ю.Н., Цфасман А.З., Нерсисян А.С. Безопасность движения и человеческий фактор. // Железнодорожный транспорт, 1988, № 2, с.23-25.
- 36 .Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики.- М.: Энергоатомиздат, 1978.- 498 с.
- 37 .Косарев Л.Н., Скороходов В.И. Безопасность движения поездов - государственная задача! // Железнодорожный транспорт, 1993, № 2, с. 16-20.
- 38 .Красковский А.Е., Новосадов Н.А. Классификация нарушений безопасности движения. // Железнодорожный транспорт, 1997г., № 4, с. 65-68.
- 39 .Красковский А.Е., Новосадов Н.А. Что понимать под термином “безопасность движения”. // Железнодорожный транспорт, 1996, № 9, с.39-42..
- 40 .Кривной А.М. Обеспечение безопасности движения в локомотивном хозяйстве железных дорог в 1989 г. // Железнодорожный транспорт, Серия Безопасность движения ОИ/ЦНИИТЭИ МПС, 1990г., Вып. 2, с.1 - 40.
- 41 .Кристафидес Н. Теория графов: Алгоритмический подход. - М.: Мир, 1978. - 432 с.
- 42 .Крупина Е.М. Некрасова Ю.М., Таргонская Л.Г. Программы и управление безопасностью движения на зарубежных железных дорогах // Ж.д. транспорт. Сер. «Безопасность движения». ОН / ЦНИИТЭИ МПС.- 1991. - Вып.2,-35 с.
- 43 .Крупина Е.М., Некрасова Ю.М. Методы оценки состояния безопасности движения и исследования причин аварийности на зарубежных железных дорогах. //Железнодорожный транспорт, серия Безопасность, Вып. №2,1991г., с.21-36.
- 44 .Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика для инженера. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 480с.

- 45 .Кукуев Н.С., Малашкевич Г.В., Маркина Н.Е., Строков С.А., Яхонтов В.В. Анализ состояния безопасности движения в локомотивном хозяйстве железных дорог за 1994 год. // Серия Безопасность движения ОИ/ЦНИИТЭИ МПС , 1995г., Вып. 2-3, с. 1 - 78.
- 46 .Куприянов В.В., Куликов В.В. Диалектико-материалистический подход к изучению нормы // Философские и социально-гигиенические аспекты учения о здоровье и болезни.- М.: Медицина, 1975. - С. 6-22.
- 47 .Левин Б.А. Дисциплина труда и безопасность движения на железнодорожном транспорте. //Проблемы повышения безопасности движения на железнодорожном транспорте. Межвузовский сборник научных трудов. -М.: МИИТ, 1988. - Вып.804, с.132-142..
- 48 .Лисенков В.М. Безопасность технических средств в системах управления движением поездов. - М.: Транспорт, 1991.-192 с.
- 49 .Лисенков В.М. К научным основам обеспечения безопасности.// Железнодорожный транспорт, 1996г., № 2, с.24 - 27.
- 50 . Лисенков В.М. Управление безопасностью перевозок и рисками потерь. Анализ безопасности и рисков потерь.// Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте. 1996, № 5, с. 19 - 22.
- 51 . Математическое обеспечение сложного эксперимента. В 5 т. / т.5 Проблемы построения математического и программного обеспечения измерительно-вычислительных комплексов / Ю.А. Белов, Б.М.Егоров, Н.Н.Козлов, И.И. Ляшко, В.Л. Макаров - Киев: Наукова думка, 1990. - 368 с.
- 52 .Мацкевич Б.И., Ногинов И.С. Комплексная автоматизированная система безопасности движения. // Железнодорожный транспорт, 1996г., №10, с. 18-20.
- 53 .Мейер Д. Теория реляционных баз данных.- М.:Мир,1987.-608с.
- 54 .Неймарк Ю.И., Коган Н.Я., Савельев В.П. Динамические модели теории управления.- М.'.Наука, 1985.- 399с.

- 55 .Нерсесян Л.С. Психологические аспекты повышения надежности управления движущимися объектами. -М.: Промедэк, 1992.- 288 с.
- 56 .Нерсесян Л.С., Бурехзон Е.Г., Кривной А.М. Психологические аспекты надежности машиниста локомотива и безопасность движения. // Ж.д. транспорт. Серия «Безопасность движения». ОИ / ЦНИИТЭИ МПС.- 1986.- Вып.1.- 28 с.
- 57 .Николис.Г., Пригожин И. Самоорганизация в равновесных системах.- М.:Мир, 1985.- 512с.
- 58 .Нормативні акти з безпеки руху. Державна адміністрація залізничного транспорту України. Відповідальний за випуск О.Й. Соколов. -Київ, Укрзалізниця, друкарня Півд.-Захід. залізниці, 1998, - 68 С.
- 59 .Обзорная информация. // Железнодорожный транспорт. Серия безопасность движения. Вып.1,1997 г., с.40 - 42.
- 60 .Овчинников В.Г. Автоматизированная гипертекстовая система: назначение, архитектура и перспективы развития. // НТИ. - Сер.1. - 1990.-№4.-с. 2-5,21.
- 61 .Повышать уровень безопасности движения. // Путь и путевое хозяйство, 1996г., №10, с.13-16.
- 62 .Постанова Кабінету Міністрів України №367 від 22.04.1997р. “Про Програму підвищення безпеки руху на залізницях у 1997-2001 роках”.
- 63 .Приказ министерства здравоохранения и Государственного Комитета Украины по охране труда № 263/121 «Про затвердження Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі».
- 64 .Проблемы повышения безопасности движения на железнодорожном транспорте.// Межвузовский сборник научных трудов, - М.: МИИТ, 1988г., Вып. 804, -168с.
- 65 .Путевое хозяйство: учебник для ВУЗов ж.-д. трансп. /И.Б. Лехно, С.М.Бельфер, Э.В.Воробьев и др. Под ред. И.Б.Лехно. - М.: Транспорт, 1990г.,-472 с.

- 66 .Путь и безопасность движения поездов / В.И.Болотин, В.А.Лаптев, В.С.Лысюк, ВЛ.Шульга; Под.ред. Шульги В.Я. 3-е изд., перераб и доп. -М.: Транспорт, 1994г., -199 с.
- 67 .Разработка средств контроля человеческого фактора для повышения безопасности движения. / В.Н. Самсонкин, В.В. Карасюк, В.А. Друзь, Н.Е. Вещева , С.В.Панарин, С.А.Пихуля. Отчет о НИР. Отраслевая ассоциация Укртрансвуз, научно-исследовательский и учебный центр по проблемам транспортной медицины. -Харьков, 1997 г., -114 с.
- 68 .Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математические модели в биологии.- М.:Наука,1975.- 136с.
- 69 .Самсонкин В.Н. Влияние человеческого фактора на безопасность в автоматизированных системах //Новые технологии в машиностроении.Часть2. -Харьков:Основа. -1995. -С.40-43.
- 70 .Самсонкин В.Н. Диагностика работоспособности железнодорожных операторов: проблемы и решения// Информационно-управляющие системы на ж.д. транспорте.- 1996.- №1-2.- С. 28-35.
- 71 . Самсонкин В.Н. Индивидуальная норма в железнодорожной медицине//Информационно-управляющие системы на ж.д. транспорте.- 1996.-№5.-С.10-13.
- 72 .Самсонкин В.Н. Компьютер обучает экономить// Железнодорожный транспорт.- 1995.- №19,- С. 54-56.
- 73 .Самсонкин В.Н. Контроль текущего состояния человека-оператора на железнодорожном транспорте // Микропроцессорные информационные управляющие системы на ж.д. транспорте. - Харьков: ХИИТ.- 1994. - С. 31-38.
- 74 .Самсонкин В.Н. Определяющий фактор надежности системы//Управление и связь. - Харьков: НАНУ, ПАНИ, ХВУ.-1997.- С.21-26.
- 75 . Самсонкин В.Н. Основные направления деятельности научно-исследовательского и учебного центра по проблемам транспортной

- медицины // Проблемы железнодорожной медицины: человеческий фактор в вопросах безопасности на железнодорожном транспорте.- Харьков: ХИИТ.- 1995.- С. 11-16.
- 76 . Самсонкин В.Н. Прогнозирование работоспособности человека-оператора в автоматизированных системах// Информатизация и новые технологии.- 1997.-№1.-С. 17-19.
- 77 .Самсонкин В.Н. Самообучающаяся система-дублер человека-оператора // Информационные системы.- Харьков: НАНУ,ПАНИ,ХГУ.- 1997.- С.30-33.
- 78 . Самсонкин В.Н. Теоретические основы контроля человеческого фактора в человеко-машинных системах на железнодорожном транспорте//Диссерт. на соиск. уч.ст. доктора технических наук по специальности 05.22.08. -Харьков, 1997.- 412с.
- 79 .Самсонкин В.Н., Мережко В.А. Имитационная динамическая модель восприятия движения// Системы информационного взаимодействия.- Харьков:Основа.- 1995.- С.41-48.
- 80 .Самсонкин В.Н., Соколов А.И. Безопасность движения - на повестку дня//Залізничний транспорт України.-1997.-N4.-С. 19-23.
- 81 .Самсонкин В.Н., Соколов А.И. Управление безопасностью движения на железнодорожном транспорте Украины *И* Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1997. - №4. - с.1 10.
- 82 .Самсонкин В.Н., Фисько И.М. Прогнозирование надежности железнодорожных операторов//Информационно-управляющие системы на ж.д. транспорте.- 1996. - №5. - С.54-55.
- 83 .Самсонкин В.Н., Фисько И.М. Человеческий фактор в условиях эксплуатации современных информационных ресурсов *И* Информационные технологии на ж.д. транспорте.- С.-Петербург: ВШ. - 1996.- С. 34-38.
- 84 . Сачков В.Н. Введение в комбинаторные методы дискретной математики. - М.: Наука, 1982. -384с.

- 85 .Седов Л.И. Теория подобия и размерности.- М.:Наука,1980.- 427с.
- 86 . Сендеров Г.К., Нетеса А.Г., Ступин А.П., Хрипунов И.А., Зыков Ю.В., Власова Н.И. Комплекс средств диагностирования вагонов на ПТО // Ж.-д. Транспорт. Сер. Вагоны и вагонное хозяйство. Ремонт вагонов: ЭИ/ЦНИИТЭИ. - 1992. - Вып.2. - С. 1 - 20.
- 87 .Смоляк С.А., Титаренко Б.П. Устойчивые методы оценивания: (Статистическая обработка неоднородных совокупностей). - М.: Статистика, 1980. - 208 с.
- 88 .Соболев Ю.В., Самсонкин В.Н. Функциональный подход к оценке состояния системы// Информатизация и новые технологии.- 1995.- №3-4. - С. 29-33.
- 89 . Соколов А.И. Безопасность движения поездов: год 1995 // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1996. - №5.-с.7-8.
- 90 .Соколов А.И., Друзь В.А., Самсонкин В.Н., Карасюк В.В. Оценка безопасности работы железнодорожного транспорта // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1998. - №3. - с.
- 91 .Соколов А.И., Самсонкин В.Н., Панарин С.В., Снурников М.Я., Компьютерная система анализа состояния и оперативного контроля размерных параметров пути // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1998. - №5. - с.
- 92 .Сологуб Н.К., Шамаков А.Н. Анализ случаев нарушения безопасности движения на железнодорожном транспорте. //Проблемы повышения безопасности движения на железнодорожном транспорте. Межвузовский сборник научных трудов. -М.: МИИТ, 1988. - Вып.804, с.121-132.
- 93 .Сологуб Н.К., Шамаков А.Н. Безопасность движения поездов и маневров на железных дорогах: по материалам судебно-технических экспертиз. - М.: Транспорт, 1995г., - 93 с.

- 94 .Субботин М.М. Интеллектуальный гипертекст.//УсиМ. - 1995. - № 1,2. -с. 84.
- 95 .Судаков К.В. Общая теория функциональных систем. - М.: Медицина, 1984.- 224 с.
- 96 .Судаков К.В. Основы физиологии функциональных систем.- М.: Медицина, 1983.- 272 с.
- 97 .Судаков К.В. Функциональные системы организма: Руководство.- М.: Медицина, 1987. - 431с.
- 98 .Титов В.П. Земляное полотно и безопасность движения. // Путь и путевое хозяйство, 1996г., № 8, с.27 - 29.
- 99 .Уилкс С. Математическая статистика. - М.: Наука, 1967. - 632 с.
- 100 . Фабрі О.Л. Нова інформаційна технологія і створення україномовних гіпертекстових систем. // Контрольно-вимірювальна техніка. - Львів, 1993.-Виш. 50.-с. 94-98.
- 101 . Фабри Л.П., Вавживчик М. Концепция создания информационных систем типа гипертекст. // Контрольно-измерительная техника. - 1990 - № 42, с. 82 - 86.
- 102 . Федоров В.А. Безопасность движения прежде всего! *И* Автомобильный транспорт. - 1996, № 7. - С. 23-24.
- 103 . Фелер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т.1 - М.: Мир, 1964.-498 с.
- 104 . Филлипс Д., Гарсия-Диас А. Методы анализа сетей. - М.: Мир, 1984. -496 с.
- 105 . Фомин Я.А., Тарловский Г.Р. Статистическая теория распознавания образов. - М.: Радио и связь, 1986. - 264 с.
- 106 . Хакен Г. Синергетика.- М.:Мир,1980.- 404с.
- 107 . Человеческий фактор: В 6т./ Под ред. Г. Салвенди.- М.: Мир, 1991.
- 108 . Черепашенец Р.Г. Безопасности движения - научно-техническую основу. //Железнодорожный транспорт, 1988, № 10, с.38-42.

- 109 . Шошин В.И., Малашкевич Г.В. Анализ состояния безопасности движения в локомотивном хозяйстве железных дорог за 1991 год. //Железнодорожный транспорт.Серия безопасность движения. ОИ/ЦНИИТЭИ МПС, 1992г., Вып. 1-2.- С. 1-76.
- НО. Эпштейн В.Л. Гипертекст - новая парадигма информатики. // Автоматика и телемеханика. -1991. -№ 11.- С. 3-16.
111. Druz V.A., Sobolev Y.V., Samsonkin V.N., Nemchenko V.P. A human operator state control based on a individual norm of functional behaviour// The 6th IFAC-Symposium on automated systems based on human skill.- Kranjska gora (Slovenia).- 1997.- P.79-81.
112. Peterson D/ Techniques of Safety Menagement.-N.Y.:McCraw Hill Book Comp.,1988.-P.22-28.

Приложение А

Результаты анализа информации о нарушениях в перевозочном процессе

Таблица А.
5

Фактор	Донецкая			Львовская			Одесская			Приднепровская			Юго-Западная			Южная		
	%	*	%	%	*	%	%	*	%	%	*	%	%	*	%	%	*	%
ч	27	729	63	27,38	447	53	25,6	535	53	29,69	395	58	29,50	444	55	22,45	370	45
т	19,48	485	42	21,93	407	48	20,71	483	48	16,45	335	49	20,59	400	50	19,3	347	42
о	48,78	929	80	42,62	604	71	46,66	791	78	43,61	499	73	38,84	557	69	41,44	578	71
с	4,738	62	5	8,07	95	11	7,03	83	8	10,23	88	13	11,05	113	14	16,8	150	18
Количество	1166			847			1015			680			802			818		

Таблица А.6

Усредненные значения факторов по нарушениям безопасности на различных дорогах за 1996 год

Фактор	Донецкая			Львовская			Одесская			Приднепровская			Юго-Западная			Южная		
	%	*	%	%	*	%	%	*	%	%	*	%	%	*	%	%	*	%
ч	25,84	538	57	28,01	329	50	29,1	349	54	31,97	367	62	29,12	366	52	23,44	271	48
т	18,87	402	42	19,39	293	45	19,3	280	44	18,93	325	55	19,42	303	43	21,85	249	44
о	42,93	705	74	42,96	471	72	45,44	480	75	41,56	458	77	40,86	478	68	44,44	430	76
с	12,35	121	13	9,641	69	11	6,16	45	7	7,516	53	9	10,59	94	13	10,28	62	11
Количество	948			655			641			594			698			569		

Таблица А.7

Усредненные значения факторов по нарушениям безопасности на различных дорогах за 1995 и 1996 годы

Фактор	Донецкая			Львовская			Одесская			Приднепровская			Юго-Западная			Южная		
	%	*	%	%	*	%	%	*	%	%	*	%	%	*	%	%	*	%
ч	26,48	1267	60	27,65	776	52	26,96	884	53	30,76	762	60	29,33	810	54	22,86	641	46
т	19,21	887	42	20,82	700	47	20,16	763	46	17,61	660	52	20,04	703	47	20,35	596	43
о	46,16	1634	77	42,77	1075	72	46,19	1271	77	42,65	957	75	39,78	1035	69	42,67	1008	73
с	8,15	183	9	8,755	164	11	6,694	128	8	8,967	141	11	10,84	207	14	14,13	212	15
Количество	2114			1502			1656			1274			1500			1387		

Таблица А. 8

Усредненные значения факторов по нарушениям безопасности по периодам года в 1995 году

Фактор	Зима			Весна			Лето			Осень		
	%	*	%	%	*	%	%	*	%	%	*	%
ч	29,14	662	56	28,57	776	58	24,62	723	50	25,357	760	56
т	18,74	551	46	17,71	595	44	24,99	736	51	17,542	575	42
о	41,07	837	71	44,48	988	73	41	1075	75	49,713	1058	78
с	11,05	150	13	9,24	146	11	9,38	173	12	7,3876	122	9
Количество	1187			1349			1435			1357		
	0,223			0,253			0,269			0,2547		

Таблица А.9

Усредненные значения факторов по нарушениям безопасности по периодам года в 1996 году

Фактор	Зима			Весна			Лето			Осень		
	%	*	%	%	*	%	%	*	%	%	*	%
ч	29,38	599	53	30	600	59	26,13	548	53	25,359	472	51
т	20,16	517	46	19,33	482	47	20,64	477	46	17,74	376	41
о	41,28	825	73	43,55	775	76	43,63	780	75	43,736	642	70
с	9,181	120	11	7,121	83	8	9,597	111	11	13,164	130	14
Количество	1129			1016			1042			918		
	0,275			0,248			0,254			0,2236		

Таблица А. 10

Усредненные значения факторов по нарушениям безопасности по периодам года в 1995 и 1996 годах

Фактор	Зима			Весна			Лето			Осень		
	%	*	%	%	*	%	%	*	%	%	*	%
ч	29,26	1261	54	29,19	1376	58	25,26	1271	51	25,358	1232	54
т	19,43	1068	46	18,41	1077	46	23,16	1213	49	17,622	951	42
о	41,17	1662	72	44,08	1763	75	42,11	1855	75	47,301	1700	75
с	10,14	270	12	8,33	229	10	9,471	284	11	9,7187	252	и
Количество	2316			2365			2477			2275		
	0,246			0,251			0,263			0,2412		

Таблица А. 11

Распределение браков по месяцам года

	Количество браков	
	1995 год	1996 год
Январь	381	348
Февраль	367	376
Март	450	300
Апрель	400	337
Май	377	305
Июнь	445	310
Июль	457	295
Август	423	335
Сентябрь	389	321
Октябрь	371	236
Ноябрь	483	268
Декабрь	359	309

Таблица А. 12

Распределение браков по дням недели

	Количество браков	
	1995 год	1996 год
Воскресенье	755	543
Понедельник	723	553
Вторник	721	576
Среда	679	527
Четверг	691	515
Пятница	684	505
Суббота	649	522

Таблица А. 13

Распределение браков по часам суток

Часы	Количество браков	
	1995 год	1996 год
1	170	128
2	158	141
3	159	116
4	179	162
5	176	151
6	189	143
7	192	189
8	232	169
9	173	127
10	173	153
11	219	180
12	216	158
13	336	173
14	243	151
15	218	152
16	229	165
17	218	175
18	256	173
19	230	189
20	216	172
21	176	145
22	194	129
23	180	172
24	170	128

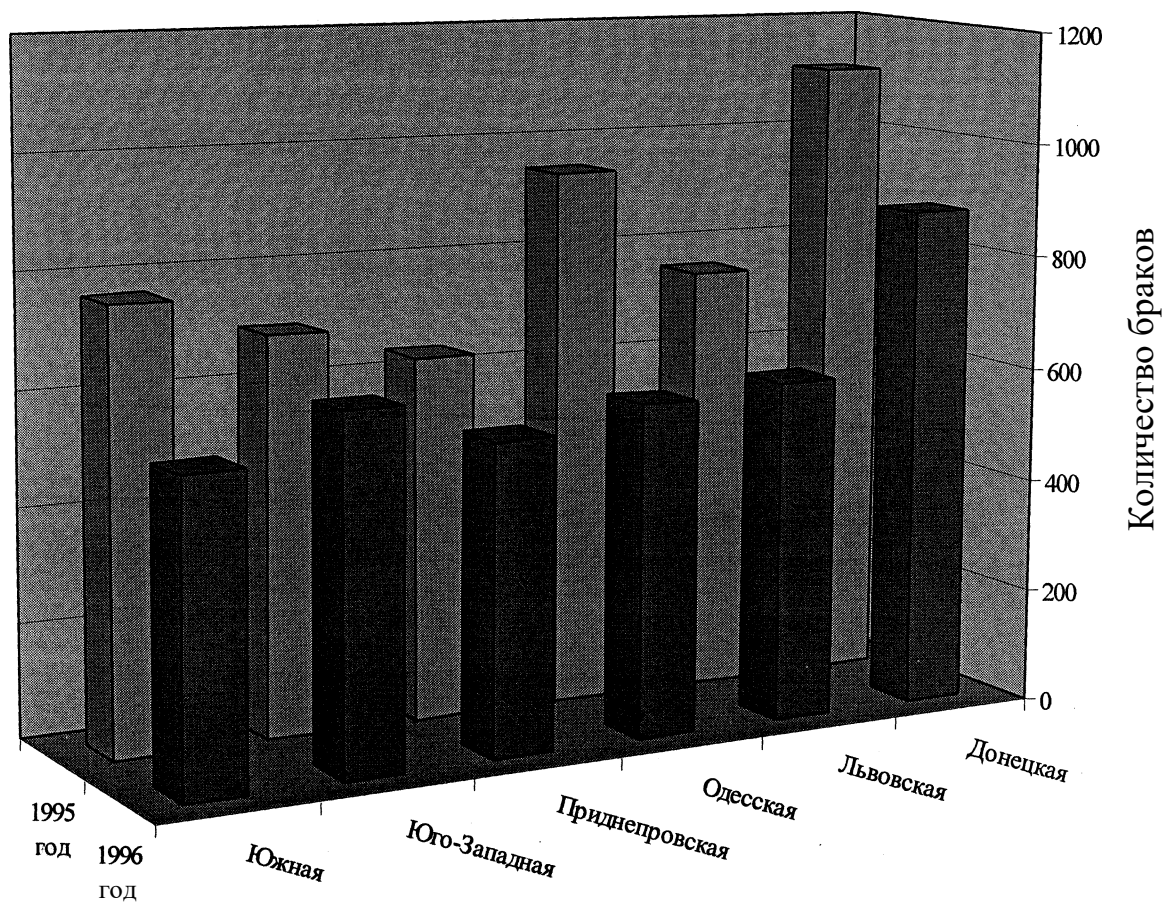


Рис. А.1. Распределение браков по дорогам в 1995 и 1996 годах

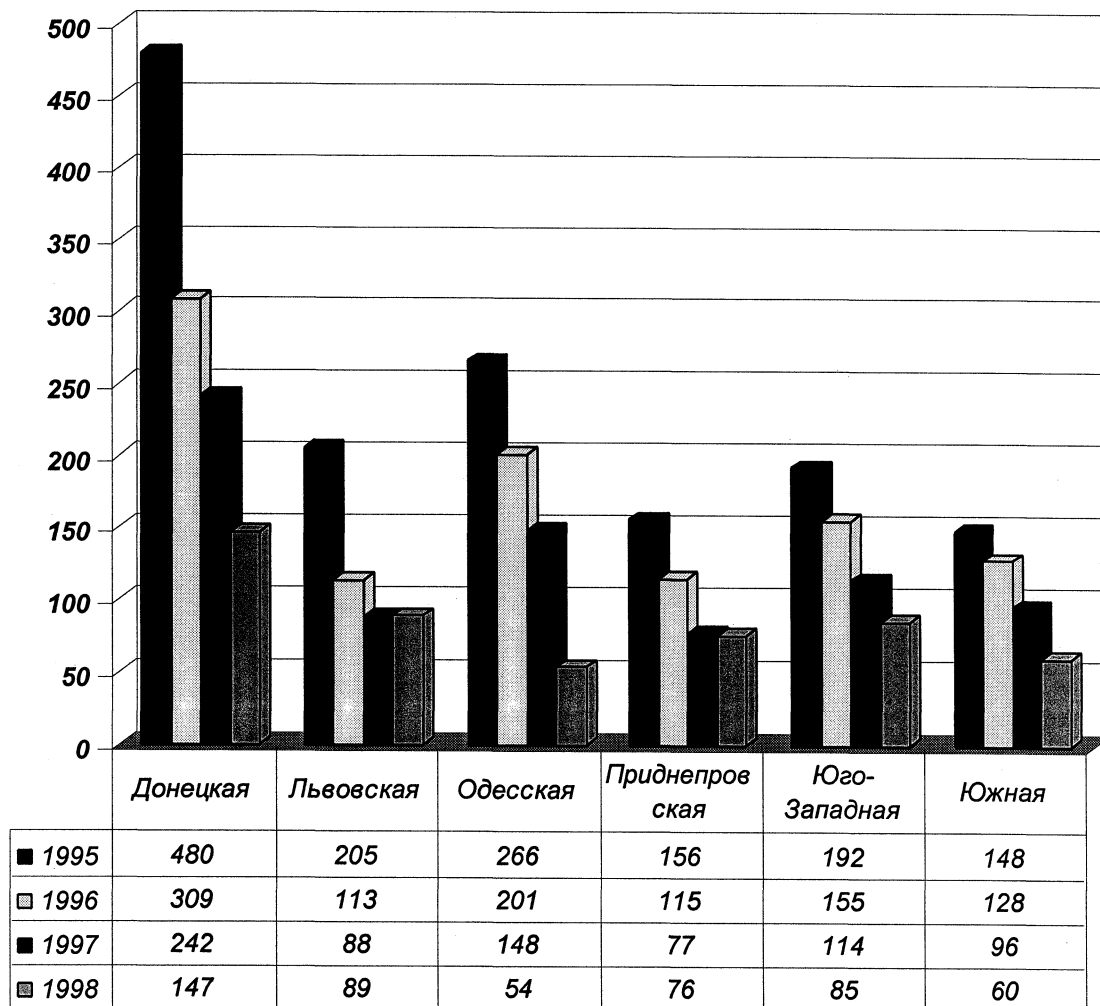


Рис. А.2. Столкновения и сходы по дорогам за 1995-1998 годы

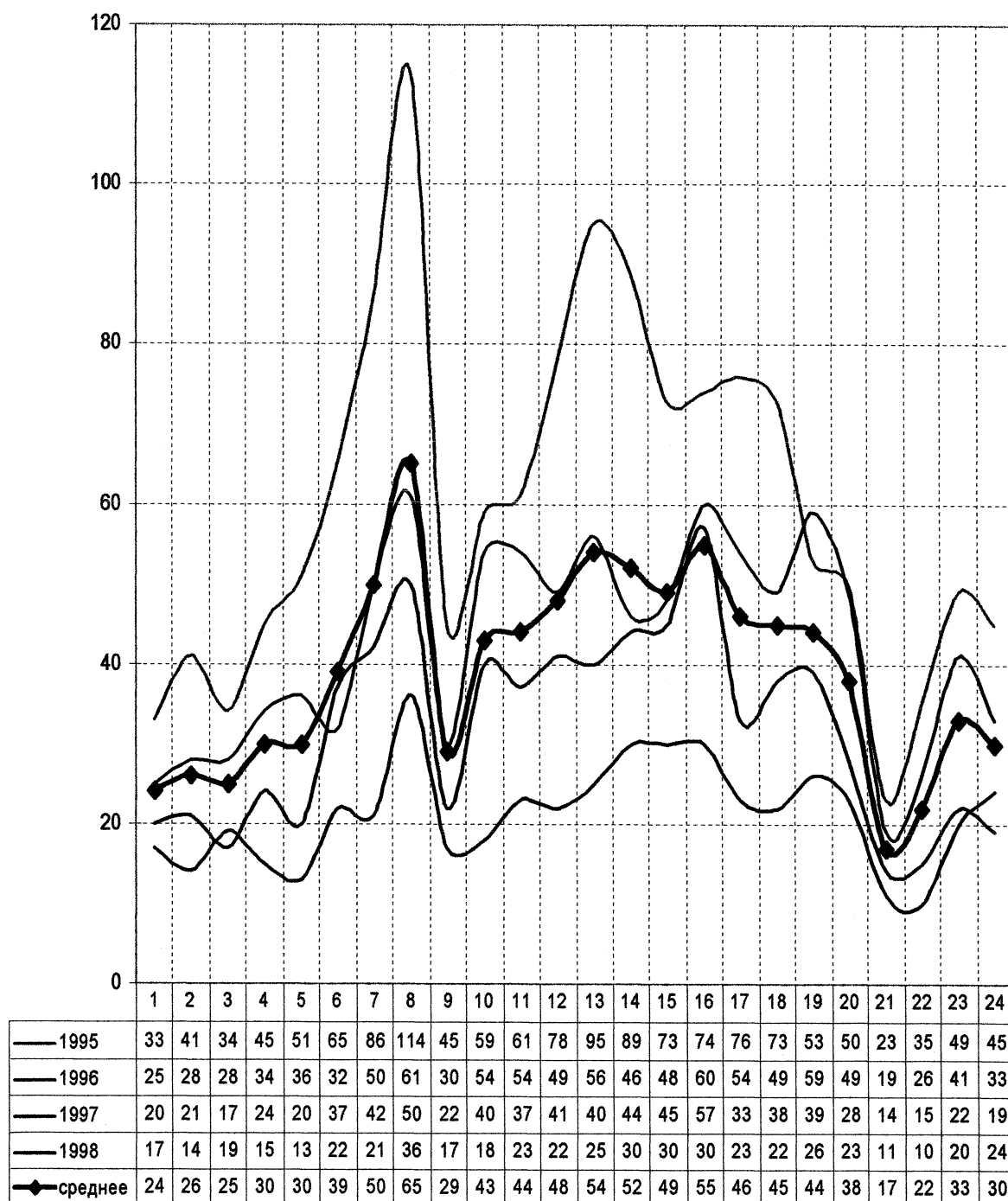


Рис. А.3. Столкновения и сходы по часам суток за 1995-1998 годы по всем дорогам Украины.

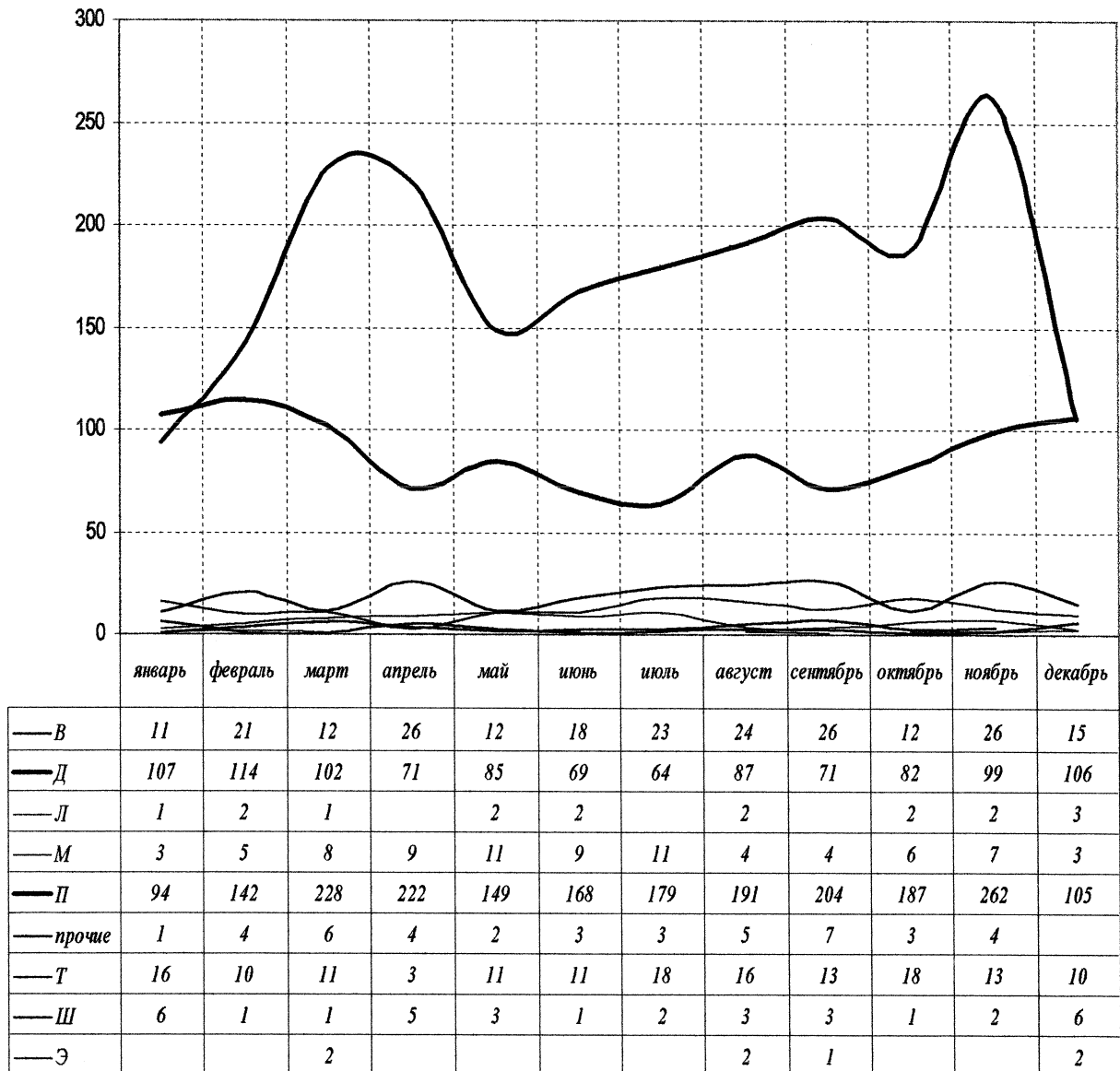


Рис. А.4. Столкновения и сходы по месяцам за 1995-1998 годы

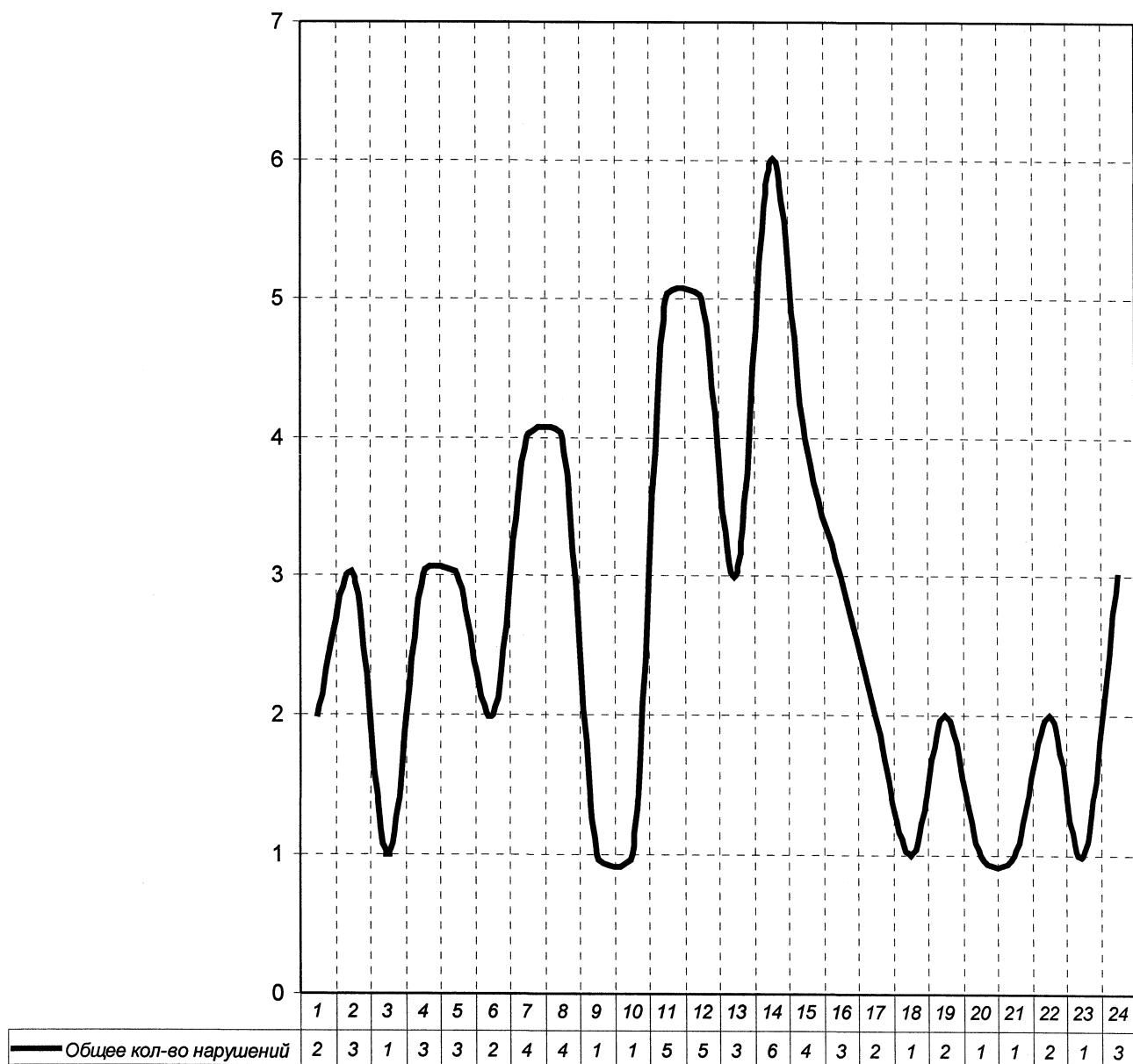


Рис. А.5. Проезд запрещающего сигнала в течение суток за 1995-1998 годы.

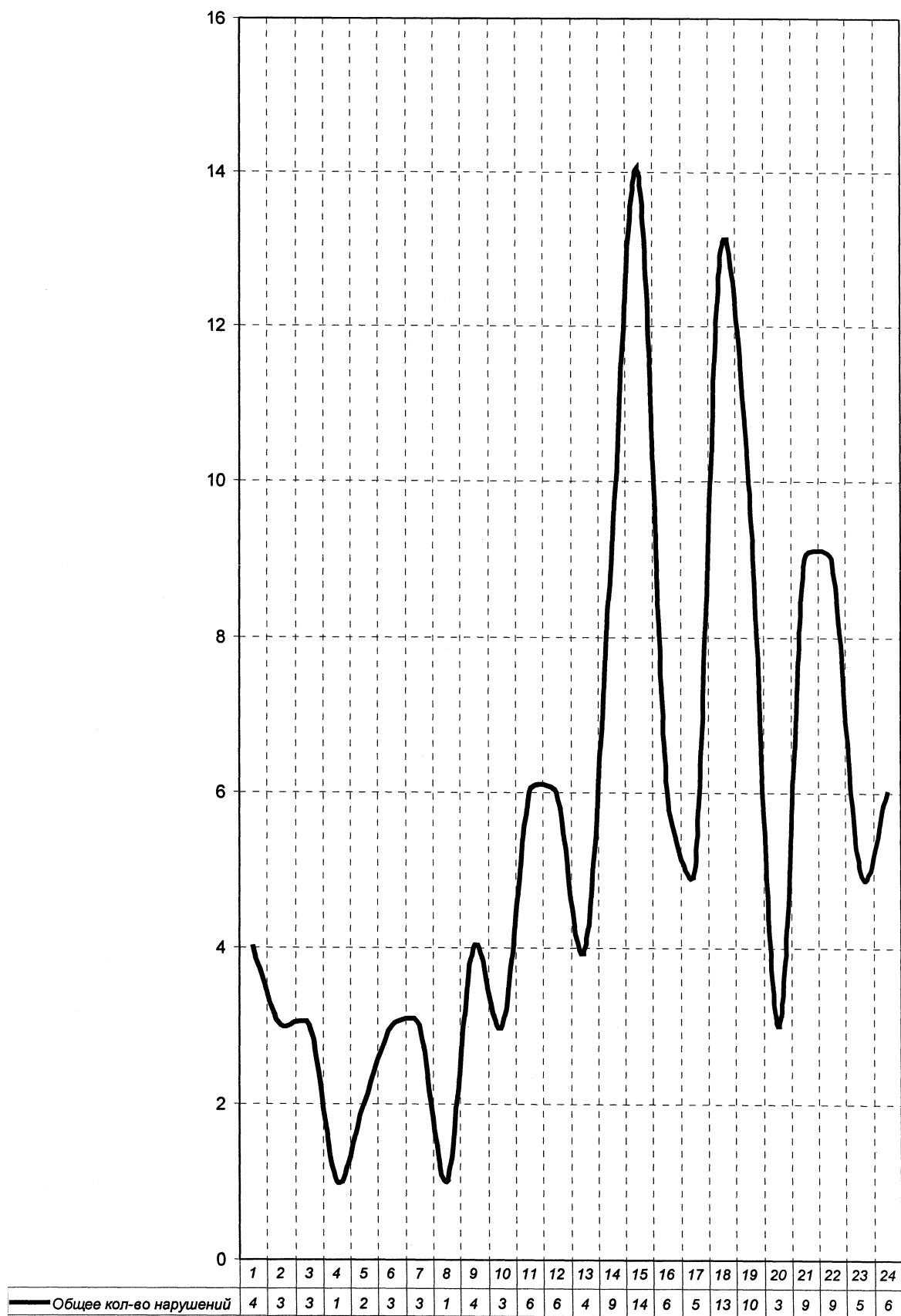


Рис. А.6. Наезд на посторонние предметы, элементы верхнего строения пути по часам суток за 1995-1998 годы.

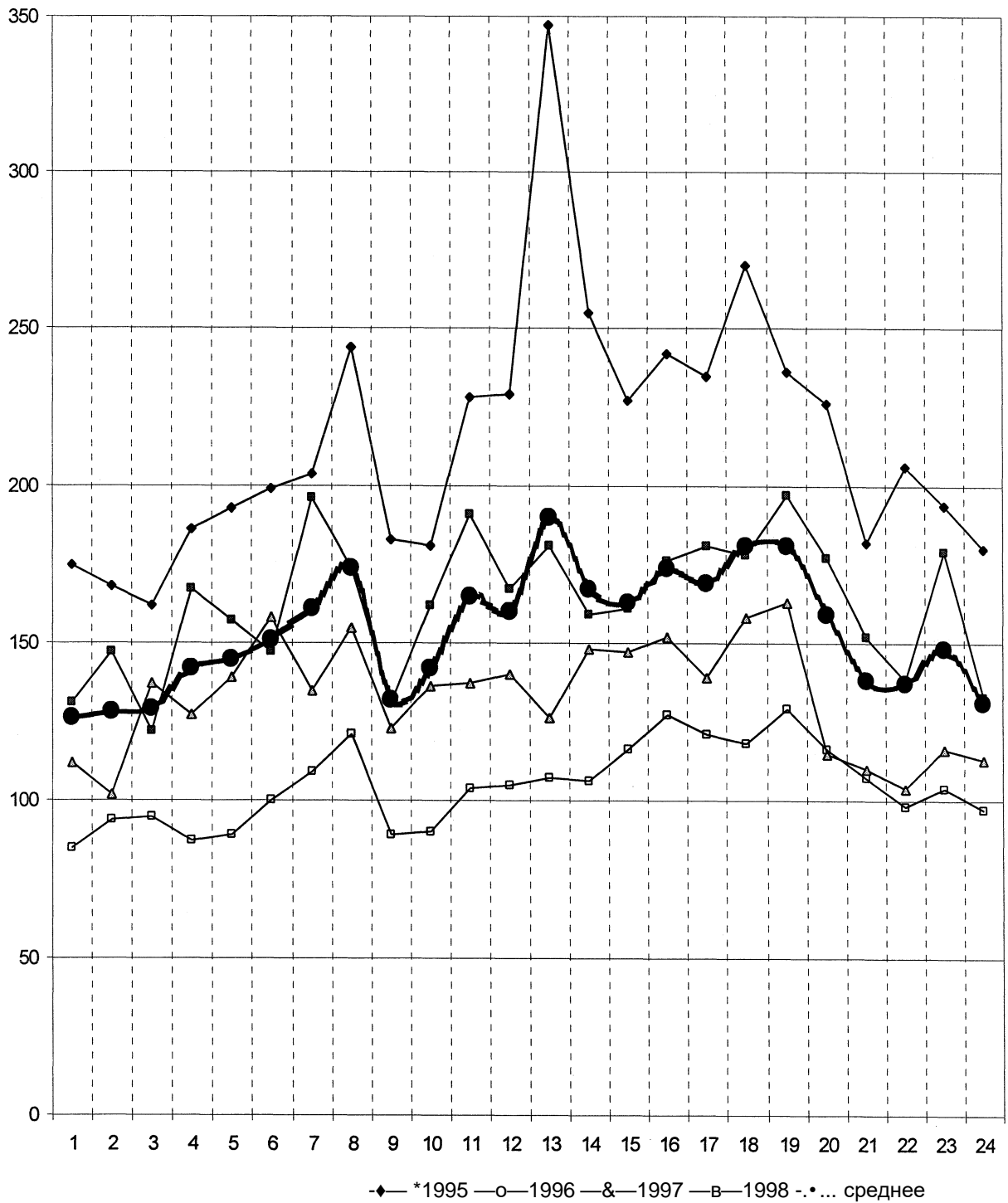


Рис. А.7. Распределение нарушений безопасности по часам суток.

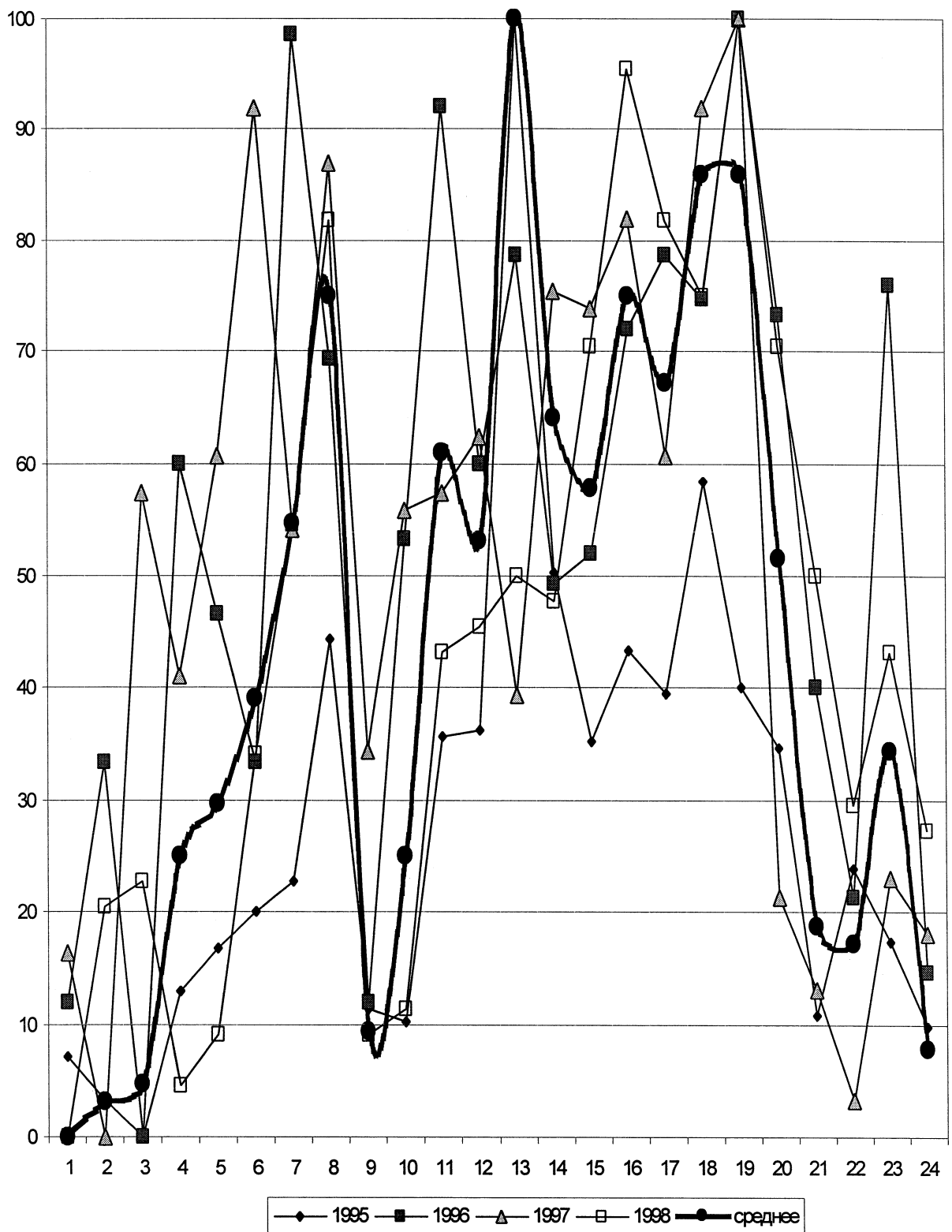


Рис. А.8. Распределение нарушений по часам суток в относительных единицах.

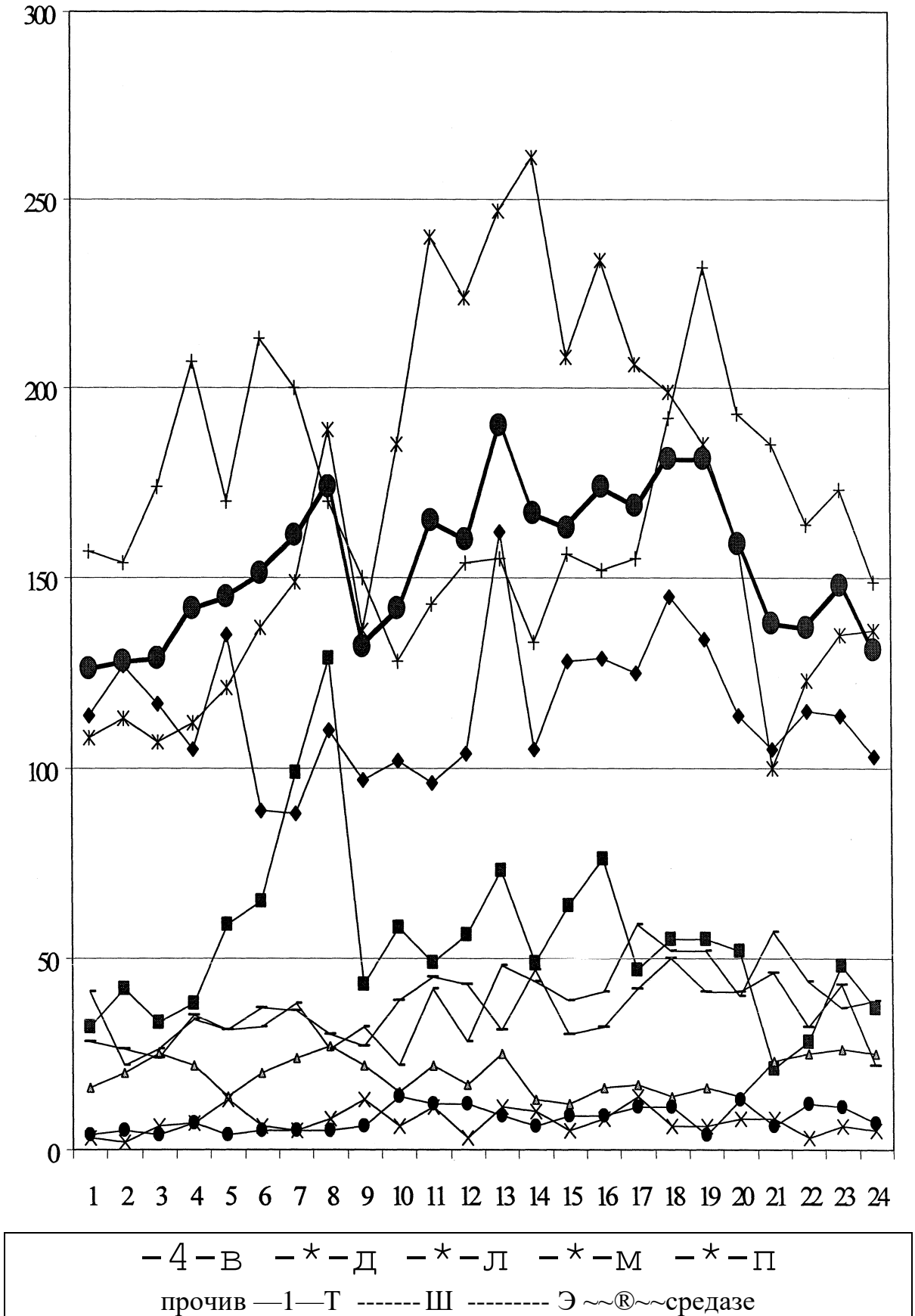


Рис. А.9. Распределение нарушений по службам в течение суток за 1995-1998 годы

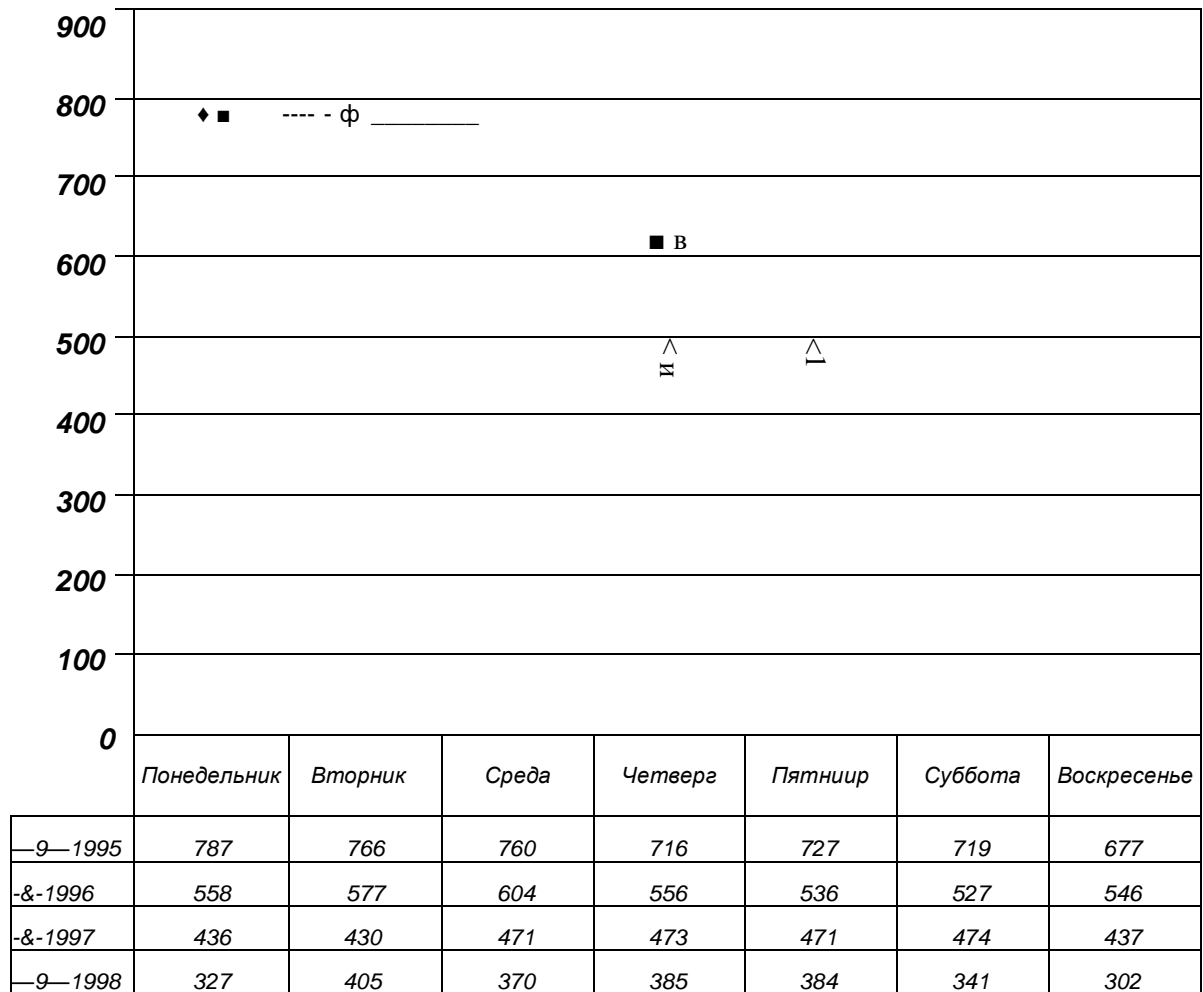


Рис. А. 10. Распределение нарушений безопасности по дням недели
(все дороги Укрзалізниці)

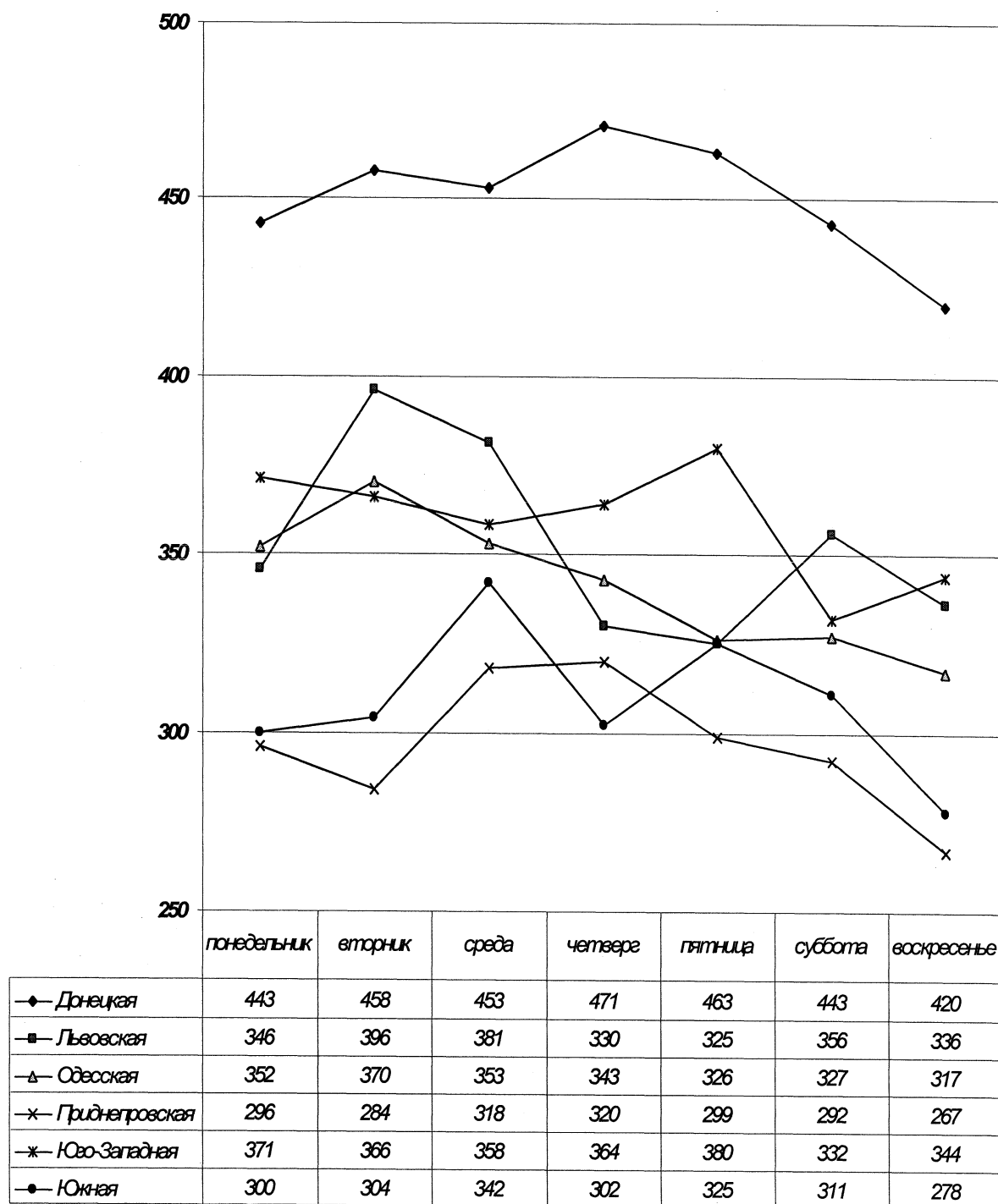
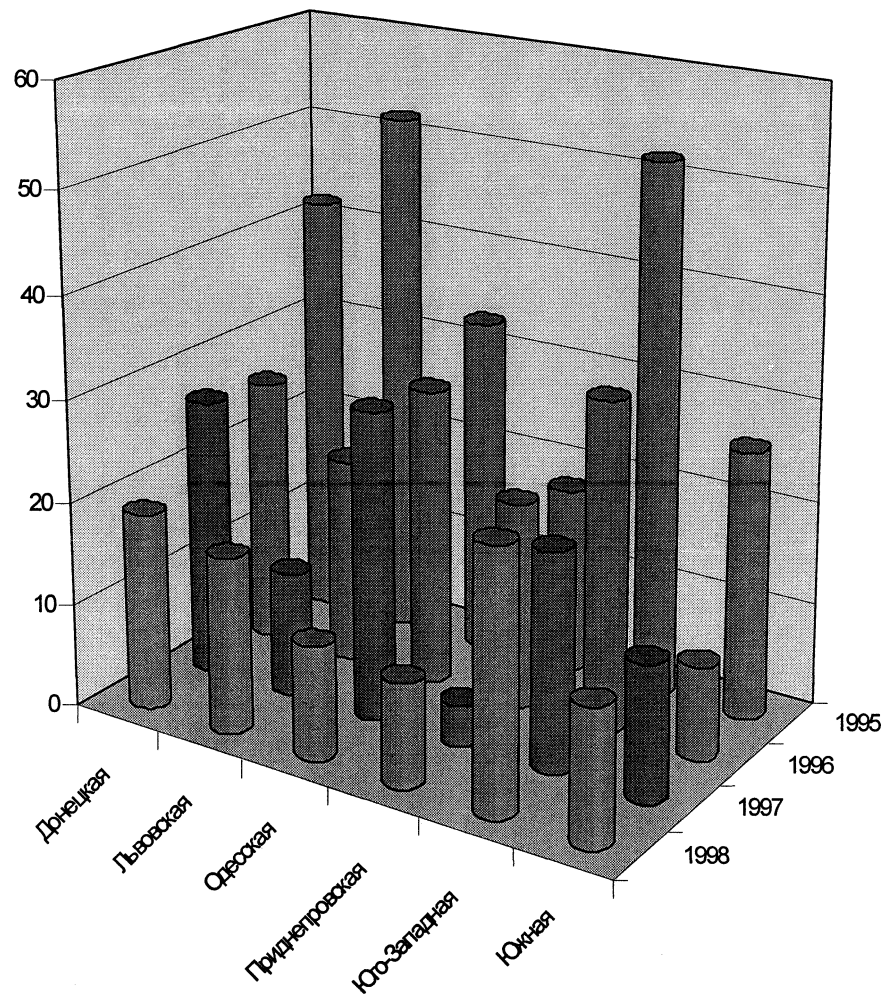


Рис. А.1 1. Распределение нарушений безопасности по дням недели за 1995-1998 годы



	<i>Донецкая</i>	<i>Львовская</i>	<i>Одесская</i>	<i>Приднепровская</i>	<i>Юго-Западная</i>	<i>Южная</i>
■ 1998	19	17	11	10	25	13
■ 1997	27	12	30	4	21	13
■ 1996	26	20	29	20	32	9
■ 1995	42	52	33	18	52	<u>26</u>

Рис. А. 12. Распределение браков особого учета по дорогам за 1995-1998 годы

Продолжение табл. А. 14

Что произошло	В	Д	Л	М	П	Э	Т	Ш	Про- чие	Общий итог
отправление поезда с перекрытыми концевыми кранами	1		2							3
падение деталей подвижного состава пассажирского поезда на путь	1		6				5			12
появление на напольном или локомотивном светофоре разрешающего показания сигнала вместо запрещающего или появление более разрешающего показания								2		2
прием и отправление поезда по неготовому (неправильно подготовленному) маршруту		16						2		18
проезд запрещающего сигнала, граничного столбика или сигнального знака "Граница станции"		2	3		7	4	46		1	63
развал груза во время движения			1	15	1					17
саморасцеп, обрыв автосцепки или винтовой стяжки в пассажирском поезде	11		42		3		11			67
столкновение поезда с автотранспортными (гужевыми) средствами или другой самоходной машиной, происшедшее по причине неудовлетворительного содержания переезда (технических устройств) или неправильных действий обслуживающего персонала					2		1	2		5
столкновения пассажирских и грузовых поездов с другими поездами или подвижным составом, не относящиеся к крушениям и авариям		1			3	2	2			8
столкновения подвижного состава при маневрах, экипировке и других перемещениях, не относящиеся к крушениям и авариям		3					2			5
сходы подвижного состава в грузовых поездах на перегонах и станциях, не относящиеся к крушениям и авариям	72	12		20	267	2	18	1	6	398
сходы подвижного состава в пассажирских поездах на перегонах и станциях, не относящиеся к крушениям и авариям	1	1	1		9		1			13
сходы подвижного состава при маневрах, экипировке и других перемещениях, не относящиеся к крушениям и авариям	2	3			4		1			10
уход подвижного состава на маршрут приема (отправления) поезда, на перегон или за граничный столбик на станции	1	19	1		3	1	6		1	32
Всего БОУ	98	59	59	35	303	9	97	7	8 ;	675

Продолжение табл. А. 14

Что произошло	В	Д	Л	М	П	Э	Т	Ш	Про- чие	Общий итог	
Браки											
взрез стрелки (подвижного сердечника крестовины)		82			8		6	1		97	
задержка пассажирского поезда в пути следования (в том числе в пунктах оборота) из-за смены колесных пар сверх нормативного времени, установленного начальником железной дороги	1	1	12							14	
излом рельсов и элементов стрелочных переводов (за исключением 69 рисунка)					50					50	
наезд на посторонние предметы, детали верхнего строения пути, подвижного состава, тележки, лейтеры, тормозные башмаки и т.д.	1	18	1		94	2	2		4	122	
неисправность контактной сети, в результате которой допущен перерыв движения более 1 часа		1			3	210	33		5	252	
неисправность подвижного состава на перегоне и станции, в результате которой допущена задержка поезда более 1 часа	431	2	158		16	109	447		1	1164	
неисправность пути или стрелочных переводов на главных путях, обнаруженная вагоном-путеизмерителем, при которой скорость движения поездов ограничена до 15 км/час или движение поездов запрещено					16	1				17	
неисправность пути, в результате которой допущен перерыв в движении более 1 часа		1			171				2	174	
неисправность технических устройств, в результате которой допущен перерыв движения более 1 часа	1	1		2	15	20	2	37	7	85	
неисправность устройств СЦБ и связи в результате которой допущен перерыв движения более 1 часа					12		1	36		49	
неисправность устройств энергоснабжения, в результате которой допущен перерыв движения более 1 часа						51				51	
неограждение сигналами опасного места для движения поездов при выполнении работ		32			59			6		97	
неправильные действия причастных работников, которые привели к перерыву движения более 1 часа	1	9		1	10	1	1		6	42	
отказ в работе автоблокировки на перегонах, который не устранен в течение 8 часов и более		2			174	49		129	6	360	
отказ в работе диспетчерской сигнализации на станциях и перегонах, который не устранен в течение 8 часов и более		1				2		2		5	
отказ в работе технических устройств, который не устранен в течение 8 часов и более					2					2	
отказ в работе устройств на железнодорожных переездах, который не устранен в течение 4 часов и более					26	49		6	1	2	93
отказ в работе устройств энергоснабжения на станциях и перегонах, который не устранен в течение 8 часов и более						140	1	6	4	150	

Продолжение табл. А. 14

Что произошло	В	Д	Л	М	П	Э	Т	Ш	Про- чие	Общий итог
отказ в работе электрической централизации, ключевой зависимости стрелок и сигналов на станциях, который не устранен в течение 8 часов и более		3			178	14		130	5	330
отцепка вагона от поезда во время движения из-за нагрева буксы или другой технической неисправности	1840	3	204		8		26		3	2084
отцепка вагона от поезда на станциях по нарушению ТУ погрузки и крепления груза	1	2	1	75						79
отцепка локомотива (секции локомотива) от поезда во время движения из-за нагрева буксы или другой технической неисправности							58			58
отцепка мотор-вагонного подвижного состава от поезда во время движения из-за нагрева буксы или другой технической неисправности							223			223
падение деталей подвижного состава грузовых поездов на путь	21				1		3			25
перевод стрелки под маневровым составом		2								2
перекрытие разрешающего показания сигнала на запрещающий, что вызвало проезд запрещающего сигнала на станциях		45			945	126	3	457	92	1668
переход на другие средства сигнализации и связи для организации движения поездов на 8 часов и более из-за неисправности технических средств					12	34		56	4	106
порча локомотива с требованием вспомогательного локомотива		2	1		6	5	2661	7	5	2687
порча мотор-вагонного ПС с требованием вспомогательного локомотива						2	323			325
порча моторно-рельсового транспорта и самоходных путевых машин с требованием вспомогательного локомотива					50	31		5		86
саморасцеп, обрыв автосцепки или винтовой стяжки в грузовом поезде	217	4			6		33		1	261
смена колесной пары по прокату, толщине гребня или обода, неисправности буксы, тормозного оборудования и привода генератора на пути следования пассажирского поезда			18							18
столкновение поезда с автотранспортными (гузовыми) средствами или другой самоходной машиной, происшедшее по причине неудовл. содержания переезда (технических устройств) или неправильных действий обслужив, персонала					3				1	4
столкновения подвижного состава при маневрах, экипировке и других перемещениях, не относящиеся к крушениям, авариям и БОУ	13	280	1	2	2		17	1		316
сходы подвижного состава при маневрах, экипировке и других перемещениях, не относящиеся к крушениям, авариям и БОУ	13 1	750	13	55	181	2	10	29	3	2931
Всего БРАКОВ	2658	1241	409	135	3682	848	3958	918	178	14027
ВСЕГО НАРУШЕНИЙ	2763	1308	470	173	4014	858	4059	926	191	14762

Приложение Б

Листинг программы моделирования транспортных процессов моделью
проточных систем

```

10 REM Моделирование проточных репродуцирующих систем
20 REM методом Рунге-Кутта
30 REM Перечень параметров : k - безразмерная величина
40 REM                               b - безразмерная величина
50 REM Перечень результатов : U (i) - база для принятия решений
60 REM                               V (i) - доля входной информации,
70 REM                               которую воспринимает человек
80 REM Данная программа выводит результаты в графическом режиме
90 REM На экран выводятся зависимости : U(i) = f(t), V(i) = f(t)
100 KEY (10) ON : ON KEY (10) GOSUB 1000
110 SCREEN 2

120 DEF fnf1 (UU, VV) = (1/(k+VV))*UU*VV-(b*UU)
130 DEF fnf2 (UU,VV) = -(1/(k+VV)) *UU*VV+b*(1-VV)
140 INTUP "Введите количество точек"; M                '* Ввод
150 INTUP "Введите коэффициенты"; k, b, b1, b2 '* начальных
160 'INTUP "Введите шаг интегрирования"; h'            '* условий
170 INTUP "Введите нач. условия"; U(o), V(o)          '*
180 KEY OFF : CLS
190 DIM U (10000), V (10000)

200 FOR I=8 TO 107 : PSET (154,1), I :NEXT I            '* построение
210 FOR I=113 TO 150 : PSET (154,1), I :NEXT I        '* осей
220 FOR I=154 TO 515 : PSET (1,59), I :NEXT I         '* системы
230 FOR I=154 TO 515 : PSET (1,107), I :NEXT I       '* координат
240 FOR I=154 TO 515 : PSET (1,150), I :NEXT I       '*
250 LOCATE 1,17 : PRINT "U J"                          Вывод
260 LOCATE 8,65 : PRINT "> T"                          '* максимальных
270 LOCATE 9,17 : PRINT "V"                            '* значений
280 LOCATE 15,17: PRINT "B"                            '* изображаемых
290 LOCATE 14,65: PRINT "> T"                          '*
300 'LOCATE 21,17: PRINT 0'                             '* на
310 'FOR I=24 TO 112 STEP 5.1'                          '* осях
320 'FORJ=-3TO3'                                         '*
330 'PSET (154+J,I),Г'                                   '*
340 'NEXTJ:NEXTI'                                       '*
350 'FOR I=154 TO 515 STEP 10'                          '*
360 'FOR J= -2 TO 2'                                     '* Построение
370 'PSET (1,67+J), 1'                                  '* единичных
380 'NEXTJ:NEXTI'                                       '* отрезков
390 'FOR I=164 TO 515 STEP 10'                          '*
400 'FOR J=-2 TO 2'                                     '*
410 'PSET (1,115+J), Г'                                 '*
420 'NEXTJ:NEXTI'                                       '*
430 'FOR I=154 TO 515 STEP 10'                          '*
440 'FOR J=-2 TO 2'                                     '*
450 'PSET (I,163+J), 1'                                  '*
460 'NEXTJ=NEXTI'                                       '*
470 E=0.1
480 F=M/60
490 h=E/F
500 T=0

```

```

510 FOR i=0 TO M

520 'b=0.9-0.0016*i'
530 'b=0.1+0.0016*i'
540 'b=0.8-0.0014*i'
550 'k=0.2+0.0008*i'
560 IF i>125 THEN b=b1
570 IF i>250 THEN b=b2
580 IF i>375 THEN b=b1

590 p0=fnf1 (U(i),V(i))      '*
600 l0=fnf2 (U(i),V(i))    '*
610 p1=fnf1 (U(i)+p0/2,V(i)+l0/2)      '*    Расчет
620 l1 =fnf2 (U(i)+p0/2,V(i)+l0/2)    '*    коэффициентов
630 p2=fnf1 (U(i)+p1/2,V(i)+l1/2)      '*    методом
640 l2=fnf2 (U(i)+p1/2,V(i)+l1/2)    '*    Рунге-Кутга
650 p3=fhf1 (U(i)+p2,V(i)+l2)        '*
660 l3=fhf2 (U(i)+p2,V(i)+l2)        '*
670 U(i+1)=U(i)+(p0+2*p1+2*p2+p3)*h/6 '*
680 F=M/60                          '*
690 G=T*M/F+154                      '* Преобразование
700 R=183-(U(i+1)*50.1+123)          '* в координаты
710 V(i+1)=V(i)+(l0+2*l1+2*l2+l3)*h/6 '* экрана
720 C=T*M/F+154                      '*
730 Q=230-(V(i)*50.1+122)           '*
740 Y=T*M/F+154                      '*

750 Z=275-(b*30.1+125)              '*
760 PSET (G,R), UPSET (C,Q), UPSET (Y,Z),1
770 'INPUT "Продолжение"; RRR'
780 'PRINT "U=";U(i+1), "V="; V(i+1)'
790 T=T+h
800 NEXT i
810 PRINT
820 PRINT
830 PRINT
840 PRINT
850 PRINT
860 PRINT
870 PRINT "k=";K , "b=";b
880 PRINT
890 PRINT"U(0)=";U(0) , "V(0)=";V(0)
1000

```

```

10 REM Исследование производительности репродуцирующих
20 REM                проточных систем
30 REM Перечень параметров : k - безразмерная величина
40 REM                b - безразмерная величина
50 REM Перечень результатов : R - производительность системы
60 REM Данная программа выводит результат в графическом
70 REM                режиме в 3-х мерной плоскости
80 REM На экран выводятся зависимости : R=f(b), R=f(k)
90 KEY (10) ON=ON KEY (10) GOSUB 1000

100 SCREEN 2
110 KEY OFF: CLS
120 'DIM R(1000), B(1000)'
130 FOR I=15 TO 117:PSET (135,I),1:NEXT I        б*
140 FOR I=135 TO 497:PSET (I,170),1:NEXT I
150 'FOR I=30 TO 167 STEP 4.7'                б*
160 'FORJ= -3TO3'
170 'PSET (135+J,I), Г                        Построение
180 'NEXT J:NEXT I                            б*        осей
190 'FOR I=145 TO 465 STEP 10.7'            системы
200 'FOR J=-2 TO 2'                          координат
210 'PSET (I,170+J), 1'                      б*
220 'NEXT J:NEXT I'
230 LOCATE 2,20:PRINT "R"                    *
240 LOCATE 7,65:PRINT "B"                    *
250 LOCATE 21,63:PRINT "K"                  *
260 'LOCATE 23,18:PRINT 0.1'                 *
270 'LOCATE 23,31 .PRINT 0.5'               *
280 'LOCATE 23,18:PRINT 0.9'                 *
290 LINE (135,170)-(497,55)                  (*
300 LINE (151 ,170)-(497,60)                  c* Изображение
310 LINE (250,170)-(497,93)                  i * прямых
320 LINE (352,170) - (497,125)              i * линий
330 'LOCATE 23,37:PRINT 0.5'
340 FOR K=0.1 TO 0.9 STEP 0.4
350 B1=145:R1=170
360 FORB=0TO 1 STEP 0.001
370 R=B*((1-B-B*K)/(1-B))
380 B2=B1 : B1=B*260+150                      Преобразование
        R2=R1 : R1=178-(R*146+8)-B*81        в координаты экрана
390 IF K=0.5 THEN B1=B*260+250
400 IF K>0.5 THEN B1=B*260+350
410 R1=178-(R*146+8)-B*81
420 IF R2>170-B*81 THEN 460
430 IF R1>170-B*81 THEN 460
440 LINE (B1,R1)-(B2,R2)
450 'PRINT "B-"; B, "R-"; R'
460
470 NEXT B
480 NEXT K
490 END
1000

```

Приложение В

Акты об использовании результатов диссертационной работы

АКТ

об использовании результатов диссертационной работы А И Соколова

В течение трех лет в Государственной администрации железных дорог Украины («Укрзалізниця») проводились работы по созданию компьютерной информационной системы учета нарушений безопасности движения в поездной и маневровой работе на железных дорогах Украины (АРМ ЦРБ).

При разработке АРМ ЦРБ использован предложенный А И Соколовым метод систематизации информации, а также методика анализа случаев нарушений безопасности.

С 1999 г. при непосредственном участии Соколова А И происходит поэтапное внедрение результатов этой работы. В настоящее время внедрена первая очередь АРМ ЦРБ, которая связала Главное управление по безопасности движения поездов и автотранспорта Укрзалізниці с управлениями шести железных дорог Украины.

В 1999 г. под председательством Соколова А И. проведена международная конференция, посвященная проблемам человеческого фактора на железнодорожном транспорте и его влияния на безопасность в г. Луганске.

Все эти работы имеют существенное влияние на повышение эффективности деятельности железнодорожного транспорта.

Начальник Главного управления
развития и инвестиций Укрзалізниця



АПЗубко

АКТ

про використання результатів кандидатської дисертації Соколова О.Й.

В діяльності Головного управління вагонного господарства Укрзалізниці, відповідних служб залізниць знайшли застосування класифікатор порушень безпеки руху з вини рухомого складу. На основі запропонованого класифікатора та метода аналізу стало можливим прогнозувати зростання порушень певного виду. Внаслідок впровадження класифікатора і аналізу інформації з АРМ ЦРБ були розроблені відповідні заходи. В результаті кількість порушень безпеки руху на підприємствах вагонного господарства зменшилась в 1999 р. в порівнянні з 1998 р. на 8% по наведеним показникам.

Статистичні дані аналізу використовуються при проведенні днів безпеки на залізницях, а також на курсах підвищення кваліфікації робітників залізничного транспорту.

Слід зазначити, що виявлені рівні участі різних факторів в випадках порушень безпеки руху у вагонному господарстві дозволили раціонально розподілити кошти щодо підвищення рівня безпеки.

Головний інженер Головного управління
вагонного господарства Укрзалізниці



В.В. Мархай