

На правах рукописи

НИКИЩЕНКОВ

Сергей Алексеевич

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
НА ОСНОВЕ ОПЕРАТОРНЫХ СХЕМ**

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами (транспорт)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Санкт-Петербург

2010

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Самарский государственный университет путей сообщения»

Научный консультант – д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации Сапожников Валерий Владимирович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Микони Станислав Витальевич

доктор технических наук, профессор
Марлей Владимир Евгеньевич

доктор технических наук, профессор
Мухопад Юрий Федорович

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Ростовский государственный университет путей сообщения»

Защита состоится _____ 2010 г. на заседании диссертационного совета Д 218.008.02 при ФГОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения» по адресу: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9, ауд. 7-320.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан _____ 2010 г.

Отзывы по данной работе в двух экземплярах, заверенных печатью, просим отправлять в адрес ученого совета университета.

Факс 570-24-61.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. техн. наук, доцент

Е.Ю. Мокейчев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Развитие автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) на железнодорожном транспорте осуществляется в направлении достижения высокого уровня качества и доходности транспортных услуг и характеризуется ростом технической оснащённости и сложности процессов.

Высокие требования по безопасности и экономичности определяют необходимость использования и совершенствования автоматизированных средств и систем диагностирования, своевременно обнаруживающих в железнодорожных ТП дефекты с целью предотвращения последствий от них и снижения потерь временных, материальных, финансовых и других ресурсов. Дефекты, понимаемые как несоответствия предписанным технологиям, обусловлены различными объективными и субъективными причинами (изношенностью подвижного состава и путей, сбоями автоматики и энергоснабжения, недостоверностью информации, ошибками персонала и т.д.). Применяемые в АСУ ТП методы контроля и диагностики, в основном направленные на повышение безопасности движения и обеспечение работоспособности техники, недостаточно ориентированы на обнаружение дефектов в сферах деятельности, которые обеспечивают доходность (коммерческая диспетчеризация, перевозки дорогих грузов, взаимодействие собственников подвижного состава, инфраструктуры и грузоотправителей, и т.д.). Анализ объектов в хозяйствах (фирменного транспортного обслуживания, перевозок и др.) показывает, что известные методы диагностирования оказываются неэффективными для обнаружения дефектов в процессах, и необходимы новые подходы, включающие разработку диагностических моделей ТП, способов, алгоритмов и средств диагностирования на уровне операций.

Исследованиям в области контроля и эффективности железнодорожных АСУ посвящены работы Козлова П.А., Тишкина Е.М., Лецкого Э.К., Поддавашкина Э.С., Шарова В.А., Резера С.М., Елисеева С.Ю., Вишнякова В.Ф., Красковского А.Е., теоретическим вопросам диагностирования – труды Пархоменко П.П., Калявина В.П., Согомоняна Е.С., Сапожникова Вал.В., Сапожникова В.В., Микони С.В., Данилова В.В., Мозгалевского А.Н. и др. Как показывает анализ отраслевых АСУ, обзор публикаций и НИР, разработке диагностического обеспечения систем уделено недостаточно внимания, а имеющиеся решения по диагностике процессов не всегда имеют теоретическое обоснование.

Контроль процессов перевозок с использованием графиков исполненного движения широко используется в поездной работе, в то же время диагностика таких процессов, как планирование грузовой работы, диспетчеризация на сортировочных станциях, ремонт подвижного состава и т.д., с использованием современных методов и формализованных языков описания и визуализации процессов практически не осуществляется.

Внедрение в ОАО «РЖД» интегрированной системы менеджмента качества, базирующейся на процессном подходе, способствует идентификации и устранению дефектов в ТП, но ее недостатком является неразвитость систем диагностирования в плане использования методов технической диагностики и автоматизации обнаружения дефектов.

Таким образом, актуальной является разработка и внедрение автоматизированных систем диагностирования (АСД) ТП с использованием формализованных описаний и схем процессов, с соответствующим решением теоретических и практических вопросов по разработке методов, алгоритмов и средств диагностирования.

Работа выполнялась в соответствии с планами научно–технического развития ОАО «РЖД», Программой информатизации отрасли, научными направлениями Самарского государственного университета путей сообщения и решениями технико–экономических советов Куйбышевской железной дороги – филиала ОАО «РЖД».

Целью работы является разработка научно–практических основ АСД ТП и их внедрение в железнодорожные АСУ.

Объектом исследования являются железнодорожные ТП, дефекты в их выполнении, автоматизированные средства и системы обнаружения дефектов.

Предметом исследования являются методология диагностирования ТП, математические модели и схемы процессов, диагностические модели на их основе, принципы структурно–функциональной организации АСД, методы и алгоритмы диагностирования.

Задачи исследований включают:

- исследование железнодорожных ТП как объектов диагностирования;
- разработка методологии диагностирования ТП на базе научных теорий и инженерных методов;
- разработка и исследование моделей и формализованных описаний ТП;
- разработка диагностических моделей ТП;
- разработка основ структурно–функциональной организации АСД ТП;
- разработка методов, алгоритмов, программных и аппаратных средств диагностирования ТП;
- внедрение АСД ТП и оценка технико–экономических показателей.

Основным методом исследования является математическое моделирование с использованием теории множеств, теории графов, математической логики, теории технической диагностики, теоретического программирования и теории параллельных вычислений.

Научная новизна.

1. Разработана методология автоматизированного диагностирования ТП на основе операторных схем процессов.
2. Разработана теоретико–множественная операционно–событийная многоаспектная модель ТП в виде триады «технология – реализация – события»,

используемая в качестве метамодели для разработки формализованных и диагностических моделей ТП.

3. Предложен схемный подход к формализованному описанию ТП, заключающийся в интерпретации операционно–событийной модели операторной схемой, представляющей триаду «схема технологии – реализации схемы – таблицы признаков активизации»; разработаны и исследованы классы операторных схем процессов – координатные, алгоритмические, асинхронные, с произвольной реализацией.

4. Разработан комплекс диагностических моделей ТП, базирующийся на операционно–событийной модели, операторных схемах процессов и формальных системах дефектов, в качестве основы диагностического обеспечения АСД ТП.

5. Разработан и исследован метод диагностирования по спусковым функциям операций, ориентированный на обнаружения дефектов в реконфигурируемых ТП.

Практическая значимость работы.

1. Сформулированы основные понятия технологической диагностики, определены ее цель и задачи.

2. Разработан комплекс алгоритмов диагностирования, включающий алгоритмы обнаружения дефектов в ТП и алгоритмы функционирования АСД.

3. Разработаны программные и аппаратные средства диагностирования ТП на основе операторных схем.

4. Разработаны методики и инженерные рекомендации по подготовке диагностического обеспечения АСД ТП (разработке операторных схем процессов с применением компьютерных технологий, исследованию параллелизма технологий и процессов, разработке диагностических моделей ТП).

5. Разработана система имитационного моделирования АСД ТП.

6. Разработаны и внедрены АСД ТП в составе АСУ, функционирующих в дорожном центре фирменного транспортного обслуживания и службе перевозок Куйбышевской железной дороги.

7. Выполнены работы по применению метода диагностирования по спусковым функциям операций в подразделениях Куйбышевской железной дороги.

8. Предложены критерии оценки эффективности АСД ТП с приоритетом экономии от снижения убытков в результате диагностирования.

Достоверность и обоснованность результатов диссертации подтверждается обоснованием постановок задач, исследованием и сравнительным анализом существующих подходов к их решению, применением детерминированных методов решения, имитационным моделированием, опытной и промышленной эксплуатацией АСД ТП и технико-экономической оценкой разработок.

Положения, выносимые на защиту:

1. Методология автоматизированного диагностирования железнодорожных ТП на основе операторных схем.
2. Теоретико–множественная операционно–событийная модель ТП.
3. Операторные схемы процессов.
4. Комплекс диагностических моделей ТП на основе операционно–событийной модели и операторных схем процессов.
5. Основные положения организации АСД ТП.
6. Метод диагностирования ТП по спусковым функциям операций.

Внедрение результатов исследования.

Результаты диссертации внедрены на Куйбышевской железной дороге в рамках договоров, выполненных в 2001–2008 гг. под научным руководством и при личном участии автора.

Апробация работы.

Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на 22 международных, республиканских и отраслевых научно–технических конференциях, в том числе: Международной конференции «Актуальные проблемы современной науки», Самара, 2001; Региональной конференции «Стратегия развития транспортной логистики Самарского региона», Самара, 2002; межвузовской конференции «Вклады ученых вузов в научно–технический прогресс на железной дороге», Самара, 2003; Пятом Всероссийском симпозиуме по прикладной и промышленной математике, Кисловодск, 2004; Международной конференции «Безопасность и логистика транспортных систем», Самара, 2004; Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии», Иркутск, 2004; региональной конференции, посвященной 70–летию Южно–Уральской железной дороги, Челябинск, 2004; региональной научно–практической конференции, посвященной 130–летию Куйбышевской железной дороги, Самара, 2004; XI и XII Российской научной конференции ПГАТИ, Самара, 2004, 2005; III Международной научно–практической конференции «Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта», г. Самара; 7-й, 10-ой, 11-ой и 14-й Международной научно–практической конференции «Информационные технологии на железнодорожном транспорте (Инфотранс)», Санкт–Петербург, 2002, 2005, 2006, 2009.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 69 работ общим объемом 30 печатных листов, в том числе 2 монографии, 17 статей в журналах, рекомендованных ВАК для опубликования материалов докторских диссертаций, 3 изобретения, 4 свидетельства на интеллектуальный продукт, 12 свидетельств на программы для ЭВМ.

Структура работы. Диссертация содержит введение, 6 глав, заключение и выводы, библиографический список из 302 наименований и 4 приложения, всего 329 с.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы диссертации, определена цель работы, изложена научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, представлены апробация и внедрение результатов работы.

Первая глава посвящена современному состоянию и анализу проблем автоматизированного диагностирования железнодорожных ТП и разработке методологии диагностирования на основе операторных схем процессов.

Анализ особенностей эксплуатации и развития АСУ ТП показывает наличие утверждённых регламентных технологий; выполнение типовых повторяющихся основных и вспомогательных процессов; высокую техническую оснащённость; рост требований по экономичности, безопасности, отказоустойчивости и качеству перевозок; внедрение интегрированной системы менеджмента качества на основе процессного подхода; изменение технологий, условий функционирования и параметров процессов в эксплуатационном цикле; усложнение взаимодействия ОАО «РЖД», собственников подвижного состава и грузоотправителей.

Железнодорожным ТП присущи дефекты, обусловленные износом технических средств, сбоями энергоснабжения и аппаратуры, ошибками программного обеспечения, неправильными действиями персонала и т.д.

Актуальность диагностирования ТП подтверждается следующими примерами дефектов в подразделениях фирменного транспортного обслуживания (ФТО) Куйбышевской железной дороги, где наблюдались такие: необоснованное отклонение заявки грузоотправителя; искажение данных в заявке; ошибки в расчетах суточного плана в агентстве ФТО; несоответствие нормативной группы груза и рода подвижного состава; несвоевременная корректировка плана погрузки; неполный учёт в дорожном центре ФТО расчетных показателей, представленных из районного агентства ФТО; преждевременное сообщение о выполнении заявки на перевозку; невыполнение заявки на перевозку груза в установленные сроки; несвоевременная корректировка плана в дорожном центре ФТО; запоздалое формирование сводного заказа дороги; необеспечение суточного плана погрузки подвижным составом и т.п.

В 2004–2008 гг. имели место изменения технологий по следующим причинам: принятие редакций Устава железных дорог и Правил грузоперевозок; расширение числа проверок по отказам исполнения заявок; создание структуры коммерческих диспетчеров и др. В диссертации выполнен анализ факторов (и их источников), влияющих на изменения. К ним относятся: реформирование отрасли, принятие новых руководящих и нормативных документов (руководство ОАО «РЖД»); экономия эксплуатационных затрат и антикризисные мероприятия

(экономические стратегии); конкуренция с другими видами транспорта, взаимодействие с собственниками и грузоотправителями (бизнес-процессы); решения по управлению основными и вспомогательными процессами (руководство дорог и подразделений); износ технических средств, изменения инфраструктуры (технологические ресурсы); ввод в эксплуатацию новых компьютерных систем и АСУ (информатизация и автоматизация); изменения условий работы (окружающая среда); изменение порядка и времени выполнения операций (персонал).

Среди проблем диагностирования железнодорожных ТП следует выделить: неэффективность выходного контроля процессов по оперативности обнаружения дефектов и предотвращению потерь от них; отсутствие эффективных АСД, построенных на принципах процессного подхода; недостаточная проработанность теоретических основ АСД ТП; отсутствие формальных диагностических моделей ТП; отсутствие диагностического обеспечения (моделей, методов, способов, алгоритмов и средств диагностирования), использующего компьютерные способы разработки, хранения, визуализации и обработки информации; непригодность известных методов к обнаружению дефектов в условиях изменения технологий и процессов; несоответствие методик оценки эффективности разработки и внедрения АСД современным требованиям.

На рис. 1 показана методология диагностирования ТП:



Рисунок 1 – Методология диагностирования ТП на основе операторных схем

На базе стандартов по технической диагностике и менеджменту качества и отраслевых материалов по безопасности перевозок предложена система понятий технологической диагностики, отражающая теорию, методы и средства определения дефектов в ТП.

Под технологическим диагностированием понимается обнаружение дефектов в выполняемом в рабочем режиме ТП как несоответствий установленным в технологии требованиям, их анализ и принятие решений по дальнейшему выполнению ТП. Целью технологического диагностирования является снижение убытков (материальных, финансовых и др.) за счёт своевременного обнаружения дефектов.

Процессный подход используется для анализа совокупности операций, предписанной технологией над материальными, финансовыми, информационными и другими ресурсами, как объекта диагностирования.

Наибольшей общностью отражения свойств ТП (многоаспектность, многооперационность, логическая обусловленность, нормируемость, повторяемость, изменчивость) обладает теоретико–множественная модель, используемая в качестве метамодели для создания формализованных схем и диагностических моделей ТП.

В диссертации выполнена интерпретация теоретико–множественных моделей ТП операторными схемами, имеющими свойства: возможность стандартизированного компактного описания (состав операций, логика и зависимости) множества ТП, соответствующих заданной технологии; применение достижений теоретического программирования и теории параллельных вычислений (теорема Бернштейна – Рассела – Нариньяни, спусковые функции Котова – Нариньяни, информационно–логические схемы); наглядность и пригодность для компьютерной обработки.

Согласно теории технической диагностики под диагностической моделью объекта понимается совокупность его формальной модели и моделей возможных дефектов. Разработан комплекс диагностических моделей ТП на основе теоретико–множественных моделей и операторных схем процессов, с перечнями дефектов в виде формальных выражений, представляющих несоответствия заданным требованиям правильного выполнения технологии. Комплекс моделей, методов и алгоритмов диагностирования и соответствующие методики их использования составляют диагностическое обеспечение АСД ТП.

Дискретная математика (теория графов, формальная логика, теории автоматов и алгоритмов) и методы вычислительных систем составляют основу для разработки методов и алгоритмов обнаружения дефектов и автоматизации технологического диагностирования.

Структурно–функциональная организация АСД ТП базируется на принципах построения вычислительных систем и АСУ, типовых блочных архитектурах и способах обработки данных.

Экономическая целесообразность внедрения АСД ТП определяется

соотношением экономии (снижения потерь от дефектов), полученной в результате технологического диагностирования, и затрат на АСД ТП.

Вторая глава посвящена разработке математической модели ТП и операторных схем процессов.

Основные свойства технологии как упорядоченной в пространстве и времени совокупности операций над ресурсами, обладающей свойствами массовости, логической обусловленности и детерминированности, отражаются теоретико–множественной моделью (символы соответствуют терминам technology, operation, predicate, relation, space, time):

$$\mathbf{TL} = \langle \mathbf{O}, \mathbf{P}, \mathbf{R}, \mathbf{S}, \mathbf{T} \rangle, \quad (1)$$

где \mathbf{O} – операции технологии, $\mathbf{O} \subseteq \mathbf{A} \times \mathbf{C} \times \mathbf{M}$; \mathbf{A} – акты операций, $A_i \in \mathbf{A}$; \mathbf{C} – назначения (типы) операций, $C_i \in \mathbf{C}$; \mathbf{M} – ресурсы (материалы, оборудование, финансы, информация и др.), используемые в операциях; \mathbf{P} – предикаты, характеризующие условия выполнения технологии, $P_l \in \mathbf{P}$; \mathbf{R} – связи между операциями, $\mathbf{R} = \mathbf{U} \cup \mathbf{V}$; \mathbf{U} – управляющие связи, $\mathbf{U} \subseteq \mathbf{O} \times \mathbf{O} \times \mathbf{P}$; \mathbf{V} – ресурсные связи, $\mathbf{V} \subseteq \mathbf{O} \times \mathbf{O} \times \mathbf{M}$; \mathbf{S} – пространственные координаты операций, $S_i \in \mathbf{S}$; \mathbf{T} – координаты во времени, $T_i \in \mathbf{T}$.

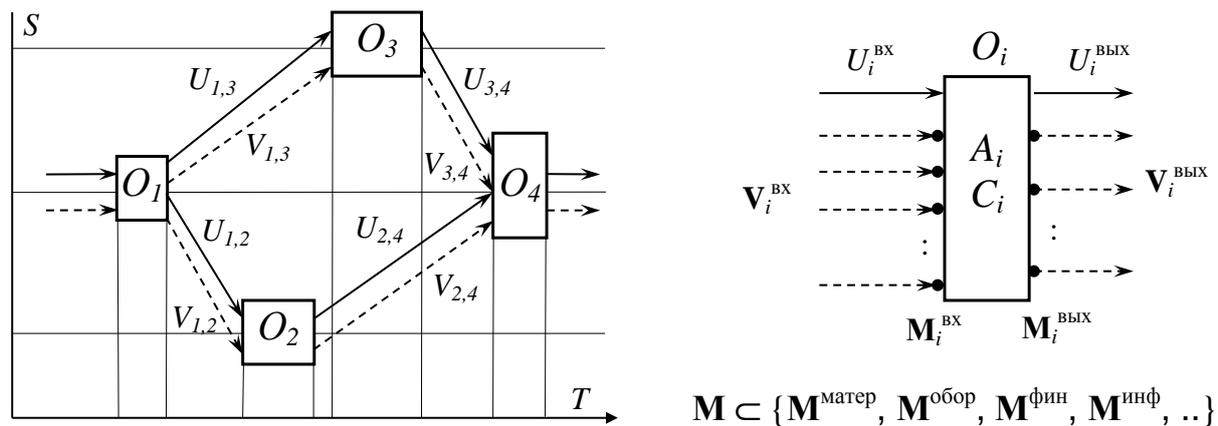


Рисунок 2 – К определению модели технологии

Теоретико–множественное представление ТП включает технологию \mathbf{TL} (план ТП), реализацию технологии \mathbf{RL} (отображение плана) и события в процессе \mathbf{E} и названо операционно–событийной моделью:

$$\mathbf{TP} = \langle \mathbf{TL}, \mathbf{RL}, \mathbf{E} \rangle. \quad (2)$$

Анализ методов управления ТП показывает их многообразие и применение в железнодорожных АСУ ТП. К числу типовых методов относятся координатный (заданы место и время начала и окончания операций), алгоритмический (определена передача управления от операции к операции) и событийный (запуск операций происходит в зависимости от событий). В рамках (2) определены соответствующие виды

реализаций технологии: координатная реализация $\mathbf{RL}^{\text{кооп}}$ (операции распределены по пространственным и временным координатам), алгоритмическая реализация $\mathbf{RL}^{\text{алг}}$ (операции имеют предшественников и последователей по управляющим связям) и асинхронная реализация $\mathbf{RL}^{\text{ас}}$ (операции запускаются по готовности используемых ресурсов).

Множество событий \mathbf{E} представляет активизацию элементов из \mathbf{TL} (используются соответствующие малые символы): $\mathbf{E} \subseteq \mathbf{g} \times \mathbf{s} \times \mathbf{t}$, где \mathbf{g} – признаки активизации операций, ресурсов, предикатов и связей; \mathbf{s} и \mathbf{t} – признаки активизации пространственных и временных координат событий; событие $e_k = (a_i, s_i, t_i)$ означает активизацию i -ой операции.

Модель \mathbf{TP} допускает сужение многоаспектности для формирования частных моделей, различающихся множествами в \mathbf{TL} , видом реализации \mathbf{RL} и составом признаков в \mathbf{E} . В нотации вида модели ТП указывается состав модели технологии, вид реализации и состав признаков событий; в общем случае $\mathbf{TP} = \langle \mathbf{TL}(\mathbf{A}, \mathbf{C}, \mathbf{M}, \mathbf{P}, \mathbf{R}, \mathbf{S}, \mathbf{T}), \mathbf{RL}, \mathbf{E}(\mathbf{a}, \mathbf{c}, \mathbf{m}, \mathbf{p}, \mathbf{r}) \rangle$. Сетевые графики представляются в рамках операционно-событийной модели в виде $\mathbf{TP} = \langle \mathbf{TL}(\mathbf{A}, \mathbf{C}, \mathbf{P}, \mathbf{S}, \mathbf{T}), \mathbf{RL}^{\text{кооп}}, \mathbf{E}(\mathbf{a}, \mathbf{c}, \mathbf{p}) \rangle$; стандартным схемам программ соответствует вид $\mathbf{TP} = \langle \mathbf{TL}(\mathbf{A}, \mathbf{C}, \mathbf{P}, \mathbf{U}), \mathbf{RL}^{\text{алг}}, \mathbf{E}(\mathbf{a}, \mathbf{c}, \mathbf{p}, \mathbf{u}) \rangle$; моделям асинхронных вычислений – $\mathbf{TP} = \langle \mathbf{TL}(\mathbf{A}, \mathbf{M}, \mathbf{P}, \mathbf{V}), \mathbf{RL}^{\text{ас}}, \mathbf{E}(\mathbf{a}, \mathbf{m}, \mathbf{p}, \mathbf{v}) \rangle$.

Изменения технологии отражаются в соответствующих множествах модели (1). Модель изменяющихся процессов при фиксированной технологии является множеством моделей, различающихся по реализации и событиям: $\mathbf{TP}^{\text{изм}} = \{ \mathbf{TP}_n \}$, $\mathbf{TP}_n = \langle \mathbf{TL}, \mathbf{RL}_n, \mathbf{E}_n \rangle$.

Для оценки изменений ТП введено понятие пространственно-временной реконфигурации процесса, опираясь на определение конфигурации как взаимного расположения его операций.

Для реализации \mathbf{RL}_n существует порядок \mathbf{S}_n событий \mathbf{E}_n по пространственным координатам и порядок \mathbf{T}_n событий \mathbf{E}_n по координатам времени. Конфигурация характеризуется предикатом, указывающим на неизменность порядков при разных реализациях: $CF_q(\mathbf{RL}_n, \mathbf{S}^q, \mathbf{T}^q)$: $\mathbf{RL}_n \subset \mathbf{RL}^q \Leftrightarrow (\mathbf{S}_n = \mathbf{S}^q) \wedge (\mathbf{T}_n = \mathbf{T}^q)$, где \mathbf{RL}^q – реализации с конфигурацией q . Конфигурация определяет множество процессов \mathbf{TP}^q , совпадающих с точностью до порядков событий.

В качестве примера на рис. 3 для технологии с операциями 1, 2, 3, 4 и 5 показаны: а – зависимости между операциями по ресурсам; б, в, г – примеры диаграмм процессов для возможных конфигураций (на одной, двух и четырех пространственных координатах). Независимость операций 2, 3 и 4 между собой делает возможным перераспределение их в пространстве и времени, т.е. реконфигурацию ТП – переход от одной конфигурации к следующей при его очередном выполнении с сохранением

ресурсных связей между операциями. В диссертации показано, что указанное свойство процессов требует соответствующих решений при их диагностировании и распознавании реконфигурируемых и дефектных ТП.

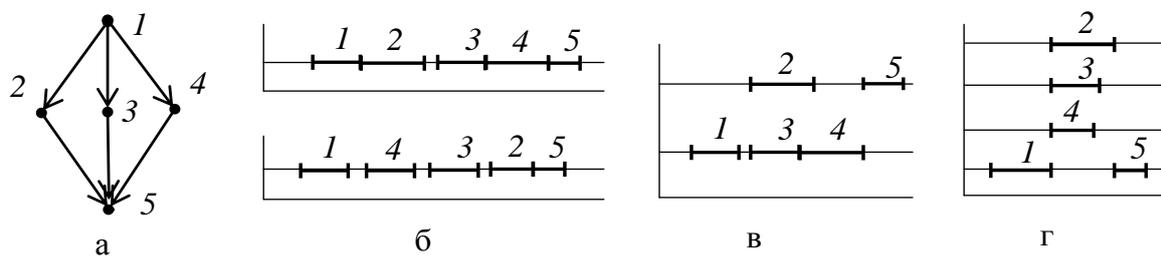


Рисунок 3 – Примеры конфигураций ТП

Согласно методологии гл. 1 предложены *операторные схемы процессов* как интерпретация модели (2) триадой:

$$SP = (ST, RS, TA), \quad (3)$$

где ST – схема технологии, RS – реализации схемы, TA – таблицы признаков активизации элементов операторной схемы. Операторная схема (3) представляет формализованное описание множества реализаций схемы технологии с использованием графических обозначений (табл. 1).

Таблица 1 – Основные графические обозначения в операторных схемах процессов

<p>Оператор – преобразователь</p>	<p>Безусловные управляющие связи Логические связи Ресурсные связи</p>
<p>Оператор – распознаватель</p>	<p>Координатная сетка «пространство – время»</p>

В схемах представлены операторы $\mathbf{O} = \mathbf{O}^{\text{пр}} \cup \mathbf{O}^{\text{рп}}$, $\mathbf{O}^{\text{пр}} \cap \mathbf{O}^{\text{рп}} = \emptyset$, $O_i^{\text{пр}} \in \mathbf{O}^{\text{пр}}$ (преобразователи), $O_i^{\text{рп}} \in \mathbf{O}^{\text{рп}}$ (распознаватели), $O_i^{\text{пр}} = (A_i^{\text{пр}}, C_i^{\text{пр}}, InO_i^{\text{пр}}, OutO_i^{\text{пр}})$, $O_i^{\text{рп}} = (A_i^{\text{рп}}, C_i^{\text{рп}}, InO_i^{\text{рп}}, P_l, \pi_i)$; акты операторов $\mathbf{A} = \mathbf{A}^{\text{пр}} \cup \mathbf{A}^{\text{рп}}$, $\mathbf{A}^{\text{пр}} \cap \mathbf{A}^{\text{рп}} = \emptyset$, $A_i^{\text{пр}} \in \mathbf{A}^{\text{пр}}$, $A_i^{\text{рп}} \in \mathbf{A}^{\text{рп}}$; назначения операторов $\mathbf{C} = \mathbf{C}^{\text{пр}} \cup \mathbf{C}^{\text{рп}}$, $\mathbf{C}^{\text{пр}} \cap \mathbf{C}^{\text{рп}} = \emptyset$, $C_i^{\text{пр}} \in \mathbf{C}^{\text{пр}}$, $C_i^{\text{пр}}: InO_i^{\text{пр}} \rightarrow OutO_i^{\text{пр}}$, $C_i^{\text{рп}} \in \mathbf{C}^{\text{рп}}$, $C_i^{\text{рп}}: (InO_i^{\text{рп}}, P_l) \rightarrow \pi_i$, $\pi_i \in \{1, 0\}$; входные и выходные кортежи операторов $\mathbf{In} \cup \mathbf{Out} = \mathbf{M}$, $\mathbf{In} \cap \mathbf{Out} \neq \emptyset$, $InO_i \subset \mathbf{In}$, $InO_i: (x, \dots, y)$, $OutO_i^{\text{пр}} \subset \mathbf{Out}$, $OutO_i^{\text{рп}}: (z, \dots, w)$; предикаты \mathbf{P} , $P_l \in \mathbf{P}$; связи $\mathbf{R} = \mathbf{V} \cup \mathbf{U}$, в т.ч. ресурсные связи

$V \subseteq \mathbf{In} \times \mathbf{Out}$, $V_{i,j}^x \in V_{i,j} \subset V$, и управляющие связи $U = U^{\text{бус}} \cup U^{\text{лог}}$, $U^{\text{бус}} \cap U^{\text{лог}} = \emptyset$, $U_{i,j} \in U$, $U_{i,j}^{\text{бус}} \in U^{\text{бус}}$ (безусловные управляющие), $U_{i,j}^{\text{лог}} \in U^{\text{лог}}$ (логические); координаты пространства S , $S_i \in S$; координаты времени $T = T^3 \cup T^K$, $T_i^3 \in T^3$ (запуск операторов), $T_i^K \in T^K$ (окончание операторов).

Согласно видам реализаций, входящим в операционно-событийную модель ТП, разработаны классы операторных схем.

Координатные схемы представляют собой класс схем, которые соответствуют видам моделей (2), где $(S, T) \subset \mathbf{TL}$, $\mathbf{RL} = \mathbf{RL}^{\text{кооп}}$, и операторы имеют координаты в пространстве и времени; $\mathbf{RS} = \mathbf{RS}^{\text{кооп}}$.

Алгоритмические схемы – класс схем, которые соответствуют видам (2), где $U \subset \mathbf{TL}$, $\mathbf{RL} = \mathbf{RL}^{\text{алг}}$, и запуск следующего оператора производится после окончания предыдущего и активизации управляющей связи между ними; $\mathbf{RS} = \mathbf{RS}^{\text{алг}}$.

Асинхронные схемы – класс схем, соответствующих видам (2), где $(U^{\text{бус}}, S, T) \not\subset \mathbf{TL}$, $(M, U^{\text{лог}}, V) \subset \mathbf{TL}$, $\mathbf{RL} = \mathbf{RL}^{\text{ас}}$, и операторы запускаются в зависимости от событий; $\mathbf{RS} = \mathbf{RS}^{\text{ас}}$. Выделены два вида асинхронных реализаций: 1) $\mathbf{RS}^{\text{ас.корт}}$ – с запуском оператора по активности входного кортежа 2) $\mathbf{RS}^{\text{ас.предш}}$ – с запуском по окончанию предшествующих операторов.

Схемы с произвольными реализациями представляют собой класс схем, которые соответствуют видам (2), где $(U^{\text{бус}}, S, T) \not\subset \mathbf{TL}$, и запуск операторов возможен в произвольном порядке; $\mathbf{RS} = \mathbf{RS}^{\text{произв}}$.

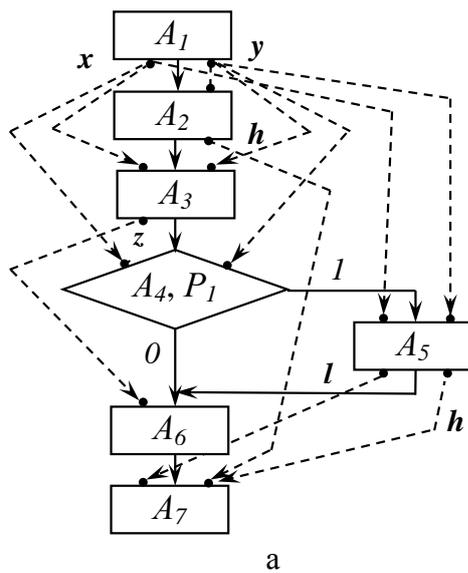
Таблицы \mathbf{TA} представляют упорядоченную совокупность векторов признаков активизации элементов схемы ST (в общем случае $\mathbf{a}, \mathbf{c}, \mathbf{in}, \mathbf{out}, \mathbf{p}, \mathbf{r}, \mathbf{s}, \mathbf{t}$) для реализаций \mathbf{RS} .

На основе классов определены комбинированные операторные схемы, в которых используются фрагменты схем разных классов.

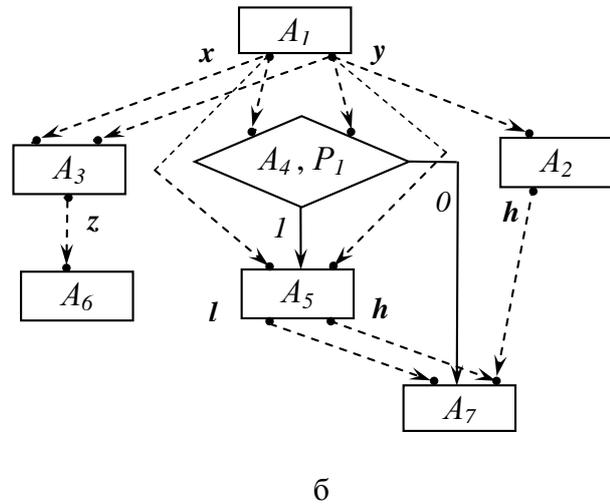
Примеры схем даны на рис. 4, где нотации соответствуют видам схем по вариантам сужения многоаспектности модели.

К характеристикам операторных схем, определяющим область применения при представлении железнодорожных ТП, относятся: использование двух видов операторов – преобразователей и распознавателей (аналогично схемам алгоритмов и программ); составной характер оператора, поскольку он агрегирует акт, назначение, входные и выходные кортежи; представление событий как активизаций элементов схемы технологии; неделимость оператора в пространстве и свойство следования событий запуска и окончания оператора во времени (для событий $e_1 = (a_i^3, s_i^3, t_i^3)$ и $e_2 = (a_i^K, s_i^K, t_i^K)$ выполняется $s_i^3 = s_i^K$ и t_i^K следует за t_i^3).

$$SP_1 = (ST_1, RS^{алг}, TA(a, in, out, p, r))$$



$$SP_2 = (ST_2, RS^{ac.конт}, TA(a, in, out, p, v, u^{лог}))$$



$$SP_3 = (ST_3, RS^{комб}, TA(a, c, in, out, p, r, s, t))$$

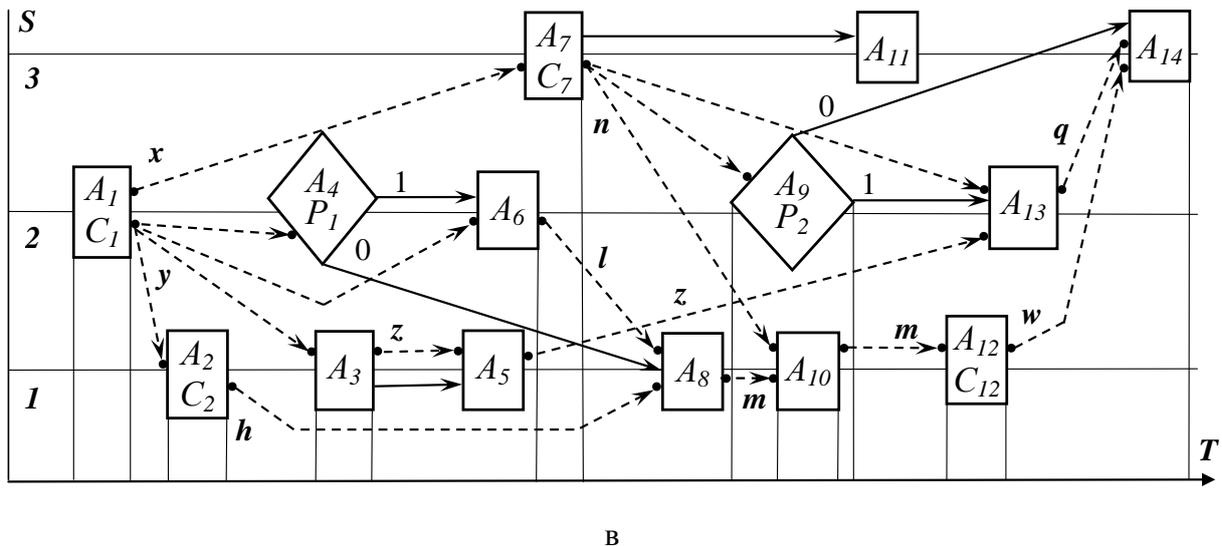


Рисунок 4 – Примеры операторных схем процессов: а – алгоритмическая с ресурсными связями, б – асинхронная, в - комбинированная

В работе обосновано расширение теоремы Бернштейна – Рассела – Нариньяни об условии параллельного (независимого, неупорядоченного) выполнения операций:

$$(InO_i \cap InO_j) \cup (InO_i \cap OutO_j) \cup (InO_j \cap OutO_i) \cup (OutO_i \cap OutO_j) = \emptyset, \quad (4)$$

где введенное условие $(InO_i \cap InO_j = \emptyset)$ позволяет анализировать конкурирующие операции с материальными, финансовыми и другими ресурсами в многоаспектных железнодорожных ТП, что необходимо для решения задач их диагностирования.

На основе теории параллельных вычислений и свойств операторных схем показано:

1. Внутренний параллелизм технологии является латентной характеристикой, имеющей значение для повышения производительности и диагностирования ТП.
2. Параллелизм ТП адекватно отражается в операторных схемах на уровне операторов, кортежей, связей, реализаций и событий.
3. Идентификацию и оценку параллелизма технологии целесообразно производить на основе её операторной схемы, теоремы Бернштейна – Рассела – Нариньяни, ярусно–параллельной схемы и спусковых функций Котова – Нариньяни.
4. Для последовательной технологии совпадают конфигурации процессов при разных реализациях.
5. Реконфигурации являются свойством ТП для технологий с внутренним параллелизмом.
6. Для каждой технологии существует конечная система спусковых функций (фиксированных условий запуска каждой операции по готовности используемых ресурсов), задающая параллельный асинхронный (максимально производительный) процесс.
7. Система спусковых функций, построенная по схеме технологии, обладает свойством инвариантности к эквивалентным преобразованиям схемы технологии и реконфигурациям процессов.

В выводах по главе отмечено, что операторные схемы процессов – компактное и точное средство, наглядно представляющее широкий спектр железнодорожных ТП на уровне операций; удобно в использовании и интерпретации; облегчает взаимодействие диагностов, разработчиков и персонала АСУ; близко к стандартизированным описаниям; соответствует схемам программ и параллельных вычислений, технологиям CASE, IDEF и UML; поддерживается рядом программных платформ.

Третья глава посвящена разработке диагностических моделей, методов и алгоритмов обнаружения дефектов на основе операционно–событийных моделей и операторных схем процессов. Диагностическая модель ТП представляет собой совокупность его модели и моделей типовых возможных дефектов. Под дефектами понимаются несоответствия фактического ТП и требуемого, определенного предписанной технологией. Основным способом представления дефектов является их формальное описание как невыполнений требований правильного выполнения технологии (ТПВТ), которые формируются из моделей и схем.

Диагностическая модель ТП на основе операционно–событийной модели и теоретико–множественной формулировки дефектов (ТМФД):

$$DM^{TP} = \langle TP, D^{TP} \rangle, \quad D^{TP} = D^{TL} \cup D^{RL} \cup d^E,$$

где $\mathbf{D}^{TL} = \mathbf{D}^O \cup \mathbf{D}^P \cup \mathbf{D}^R \cup \mathbf{D}^S \cup \mathbf{D}^T$, $\mathbf{D}^O = \mathbf{D}^A \cup \mathbf{D}^C \cup \mathbf{D}^M$, $\mathbf{D}^R = \mathbf{D}^V \cup \mathbf{D}^U$; $\mathbf{D}^{RL} = \mathbf{D}^{RL\text{коор}} \cup \mathbf{D}^{RL\text{алг}} \cup \mathbf{D}^{RL\text{ас}}$; $\mathbf{d}^E = \mathbf{d}^o \cup \mathbf{d}^p \cup \mathbf{d}^r \cup \mathbf{d}^s \cup \mathbf{d}^t$, $\mathbf{d}^o = \mathbf{d}^a \cup \mathbf{d}^c \cup \mathbf{d}^m$, $\mathbf{d}^r = \mathbf{d}^v \cup \mathbf{d}^u$; индексы указывают на множества из операционно-событийной модели.

Каждый дефект определяется по ТМФД: 1) дефект элемента множества из **ТР** есть несоответствие фактического элемента требуемому, раскрываемое как один из вариантов замены (на пустой элемент; на другой элемент того же множества модели; на элемент, не принадлежащий этому множеству), т.е. $(\mathcal{E}_i^\phi \neq \mathcal{E}_i^{\text{ТР}}) \Leftrightarrow (\mathcal{E}_i \# \emptyset) \oplus (\mathcal{E}_i \# \mathcal{E}_j) \oplus (\mathcal{E}_i \# H_z)$, где $\mathcal{E}_i, \mathcal{E}_j$ – элементы множества \mathcal{E} , $\mathcal{E} \subset \text{ТР}$; \mathcal{E}_i^ϕ и $\mathcal{E}_i^{\text{ТР}}$ – фактическое и требуемое значения элемента; $\#$ – символ замены; \oplus – Исключающее ИЛИ; H_z – элемент, не принадлежащий \mathcal{E} ; дефект элемента $D^{\text{элемент}} = D^{\text{пус}} \oplus D^{\text{др}} \oplus D^{\text{непр}}$; 2) дефекты множества из **ТР** включают дефекты его элементов и дефекты наличия лишних элементов: $\mathbf{D}^{\mathcal{E}} = \mathbf{D}^{\text{элемент}} \cup \mathbf{D}^{\text{лиш}}$, где под лишним понимается элемент, не входящий в **ТР**.

Диагностическая модель ТП на основе операторной схемы процесса и ТМФД представляется как совокупность схемы и дефектов:

$$DM^{SP} = \langle SP, \mathbf{D}^{SP} \rangle, \quad \mathbf{D}^{SP} = \mathbf{D}^{ST} \cup \mathbf{D}^{RS} \cup \mathbf{d}^{TA},$$

где $\mathbf{D}^{ST} = \mathbf{D}^{\text{Опр}} \cup \mathbf{D}^{\text{Орп}} \cup \mathbf{D}^R \cup \mathbf{D}^S \cup \mathbf{D}^T$, $\mathbf{D}^{\text{Опр}} = \mathbf{D}^{\text{Апр}} \cup \mathbf{D}^{\text{Спр}} \cup \mathbf{D}^{\text{In}} \cup \mathbf{D}^{\text{Out}}$, $\mathbf{D}^{\text{Орп}} = \mathbf{D}^{\text{Арп}} \cup \mathbf{D}^{\text{Срп}} \cup \mathbf{D}^{\text{In}} \cup \mathbf{D}^P \cup \mathbf{D}^\pi$; $\mathbf{D}^R = \mathbf{D}^V \cup \mathbf{D}^{\text{Убус}} \cup \mathbf{D}^{\text{Улог}}$; $\mathbf{D}^T = \mathbf{D}^{\text{Тз}} \cup \mathbf{D}^{\text{Тк}}$; $\mathbf{D}^{RS} = \mathbf{D}^{\text{RSкоор}} \cup \mathbf{D}^{\text{RSалг}} \cup \mathbf{D}^{\text{RSас}} \cup \mathbf{D}^{\text{RSпроизв}}$; $\mathbf{d}^{TA} = \mathbf{d}^a \cup \mathbf{d}^c \cup \mathbf{d}^{\text{in}} \cup \mathbf{d}^{\text{out}} \cup \mathbf{d}^p \cup \mathbf{d}^v \cup \mathbf{d}^{\text{бус}} \cup \mathbf{d}^{\text{лог}} \cup \mathbf{d}^s \cup \mathbf{d}^t$; индексы соответствуют элементам схем.

В работе представлены диагностические модели с ТМФД для классов операторных схем.

Диагностическая модель ТП на основе операторной схемы процесса и предложенной событийно–позиционной системы дефектов базируется на структурном подходе и свойствах схем, на агрегировании признаков событий с позиционированием на схеме, на формировании ТПВТ исходя из свойств управляемости, ресурсной обеспеченности и результативности операторов, свойств упорядоченности и нормируемости процесса:

$$DM^{SP} = \langle SP, \mathbf{d}^{\text{соб}} \rangle, \quad \mathbf{d}^{\text{соб}} = \mathbf{d}^{\text{приз}} \cup \mathbf{d}^{\text{арг}} \cup \mathbf{d}^{\text{пор}} \cup \mathbf{d}^{\text{коор}}.$$

Дефекты признаков событий $\mathbf{d}^{\text{приз}} = \mathbf{d}^a \cup \mathbf{d}^c \cup \mathbf{d}^{\text{in}} \cup \mathbf{d}^{\text{out}} \cup \mathbf{d}^p \cup \mathbf{d}^v \cup \mathbf{d}^{\text{бус}} \cup \mathbf{d}^{\text{лог}}$ и определяются по ТМФД.

Дефекты агрегированных событий $\mathbf{d}^{\text{арг}} = \mathbf{d}^{\text{арг.зап}} \cup \mathbf{d}^{\text{арг.вып}} \cup \mathbf{d}^{\text{арг.ок}}$ (табл. 2, где a_i^3, a_i^B, a_i^K – признаки запуска, выполнения и окончания

оператора, p_l – признак наличия значения предиката).

Дефекты порядка событий $\mathbf{d}^{\text{пор}} = \mathbf{d}^{\text{след}} \cup \mathbf{d}^{\text{пар}}$, $\mathbf{d}^{\text{след}}$ – дефекты следования событий, $\mathbf{d}^{\text{пар}}$ – дефекты параллельного выполнения операторов.

Дефекты $\mathbf{d}^{\text{след}} = \mathbf{d}^{\text{сл.акт}} \cup \mathbf{d}^{\text{сл.рес}} \cup \mathbf{d}^{\text{сл.упр}}$ и представлены в табл. 3, где \rightarrow означает следование.

Дефекты $\mathbf{d}^{\text{пар}} = \mathbf{d}^{\text{нег.вх}} \cup \mathbf{d}^{\text{конк.вх}} \cup \mathbf{d}^{\text{конк.вых}}$ представлены в табл. 4, где на основе теоремы (4) сформулированы ТПВТ при выполнении двух операторов с пересекающимися множествами элементов кортежей.

Таблица 2 – Дефекты агрегированных событий

ТПВТ		Дефект
Наличие входного кортежа при запуске оператора	$\forall O_i: (a_i^3 = 1) \wedge (inO_i = 1)$	$(a_i^3 = 1) \wedge (inO_i = 0) \Rightarrow d_i^{\text{агр.зап}} = 1$
Соответствие назначения оператора при его выполнении	$\forall O_i: (a_i^B = 1) \wedge (c_i = 1)$	$(a_i^B = 1) \wedge (c_i = 0) \Rightarrow d_i^{\text{агр.вып}} = 1$
Наличие выходного кортежа при окончании преобразователя	$\forall O_i^{\text{пп}}: (a_i^K = 1) \wedge (outO_i^{\text{пп}} = 1)$	$(a_i^K = 1) \wedge (outO_i^{\text{пп}} = 0) \Rightarrow d_i^{\text{агр.ок.пп}} = 1$
Наличие значения предиката по окончании распознавателя	$\forall O_i^{\text{пп}}: (a_i^K = 1) \wedge (p_l = 1)$	$(a_i^K = 1) \wedge (p_l = 0) \Rightarrow d_i^{\text{агр.ок.рп}} = 1$

Таблица 3 – Дефекты следования событий

ТПВТ		Дефекты
Следование событий в акте оператора	$\forall A_i: (a_i^3 = 1) \rightarrow (a_i^K = 1)$	$\mathbf{d}^{\text{сл.акт}}$
Следование событий в ресурсных связях	$\forall V_{i,j}: (a_i^K = 1) \rightarrow (v_{i,j} = 1) \rightarrow (a_j^3 = 1)$	$\mathbf{d}^{\text{сл.рес}}$
Следование событий в управляющих связях	$\forall U_{i,j}: (a_i^K = 1) \rightarrow (u_{i,j} = 1) \rightarrow (a_j^3 = 1)$	$\mathbf{d}^{\text{сл.упр}}$

Таблица 4 – Дефекты параллельного выполнения операторов

ТПВТ		Дефекты
При пересечении входного и выходного кортежей	$\forall (O_i, O_j) (InO_j \cap OutO_i) \neq \emptyset:$ $(a_i^K = 1) \rightarrow (a_j^3 = 1)$	$\mathbf{d}^{\text{нег.вх}}$
При пересечении входных кортежей	$\forall (O_i, O_j) (InO_i \cap InO_j) \neq \emptyset:$ $((a_i^K = 1) \rightarrow (a_j^3 = 1)) \oplus ((a_j^K = 1) \rightarrow (a_i^3 = 1))$	$\mathbf{d}^{\text{конк.вх}}$
При пересечении выходных кортежей	$\forall (O_i, O_j) (OutO_j \cap OutO_i) \neq \emptyset:$ $(a_i^K = 1) \oplus (a_j^K = 1)$	$\mathbf{d}^{\text{конк.вых}}$

При выполнении (4) любые соотношения в событиях, связанных с операторами O_i и O_j , соответствуют ТПВТ, и $\mathbf{d}^{\text{пар}} = \emptyset$.

Дефект неготовности элемента входного кортежа $d_j^{\text{нег.вх}}$ представляет ситуацию, когда операция запускается раньше, чем ей предоставила ресурс предшествующая операция. Дефект конкуренции по элементам входных кортежей $d_{i,j}^{\text{кон.вх}}$ представляет случай, когда операция оказывается без ресурса, поскольку он уже используется другой. Дефект конкуренции по элементам выходных кортежей $d_{i,j}^{\text{кон.вых}}$ показывает, что результат одной операции подменяется результатом другой.

Дефекты координат событий $\mathbf{d}^{\text{коор}}$ означают несоответствия координат событий ТПВТ по нормам: $\mathbf{d}^{\text{коор}} = \mathbf{d}^{\text{Снорм}} \cup \mathbf{d}^{\text{Тнорм}}$, $\mathbf{d}^{\text{Снорм}} = \mathbf{d}^{\text{Снорм}<} \cup \mathbf{d}^{\text{Снорм}>}$, $\mathbf{d}^{\text{Тнорм}} = \mathbf{d}^{\text{Тнорм}<} \cup \mathbf{d}^{\text{Тнорм}>}$, где $\mathbf{d}^{\text{Снорм}<}$ и $\mathbf{d}^{\text{Снорм}>}$ – дефекты событий по пространственной координате (меньше и больше нормируемого значения); $\mathbf{d}^{\text{Тнорм}<}$ и $\mathbf{d}^{\text{Тнорм}>}$ – дефекты событий по временной координате (меньше и больше нормы).

На основе событийно–позиционной системы дефектов предложена актно–временная, используемая в гл. 5: $\mathbf{d}^{\text{акт.врем}} = \mathbf{d}^{\text{акт}} \cup \mathbf{d}^{\text{врем}}$, $\mathbf{d}^{\text{акт}} = \mathbf{d}^{\text{лз}} \cup \mathbf{d}^{\text{оз}} \cup \mathbf{d}^{\text{лк}} \cup \mathbf{d}^{\text{пз}}$; $\mathbf{d}^{\text{врем}} = \mathbf{d}^{\text{зз}} \cup \mathbf{d}^{\text{зк}}$; где $\mathbf{d}^{\text{лз}}$, $\mathbf{d}^{\text{оз}}$, $\mathbf{d}^{\text{лк}}$, $\mathbf{d}^{\text{пз}}$, $\mathbf{d}^{\text{зз}}$ и $\mathbf{d}^{\text{зк}}$ – дефекты «ложный запуск», «отсутствие запуска», «ложное окончание», «повторный запуск», «запоздалый запуск» и «запоздалое окончание».

Разработаны базовые алгоритмы обнаружения дефектов (с использованием в качестве диагностических эталонов: перечней элементов моделей и схем, признаков активизации, цепочек событий, автоматных отображений событий, наборов таблиц признаков активизации), алгоритм диагностирования на базе эмулятора операторной схемы процесса и алгоритмы обнаружения дефектов по событийно–позиционной системе (по видам дефектов). Для нее на рис. 5 представлен алгоритм диагностирования, характеризующийся параллельным выполнением алгоритмов обнаружения дефектов (АОД).

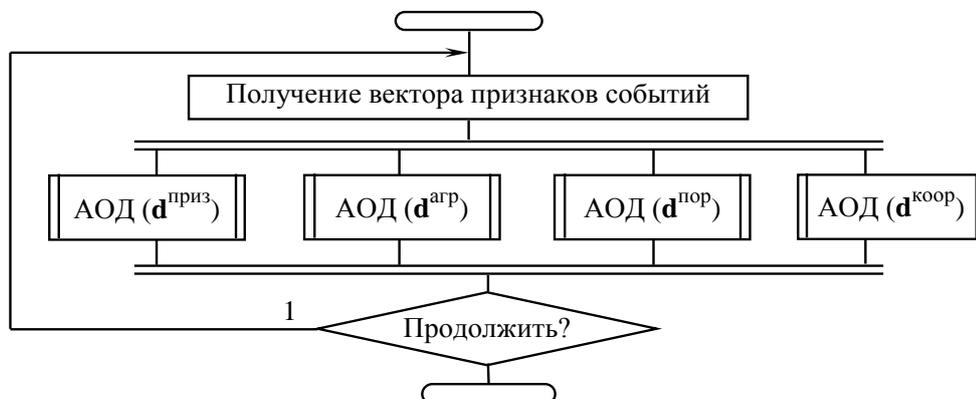


Рисунок 5 – Алгоритм диагностирования по событийно–позиционной системе дефектов

Четвертая глава раскрывает структуру (рис. 6) и принципы организации и функционирования АСУ ТП:

- 1) обеспечение контролепригодности АСУ ТП, т.е. доступности и возможности съёма и передачи данных о процессах в пригодном формате (сообщения, записи, сигналы и т.п.);
- 2) подготовка АСУ ТП к диагностированию путем разработки (модификации) диагностического обеспечения в ПДО и настройки СТД;
- 3) в рабочем режиме АСУ ТП получение и обработка диагностической информации, обнаружение и идентификация дефектов с помощью СТД;
- 4) анализ результатов в ППР и выполнение соответствующих организационно-технических мероприятий в АСУ ТП.

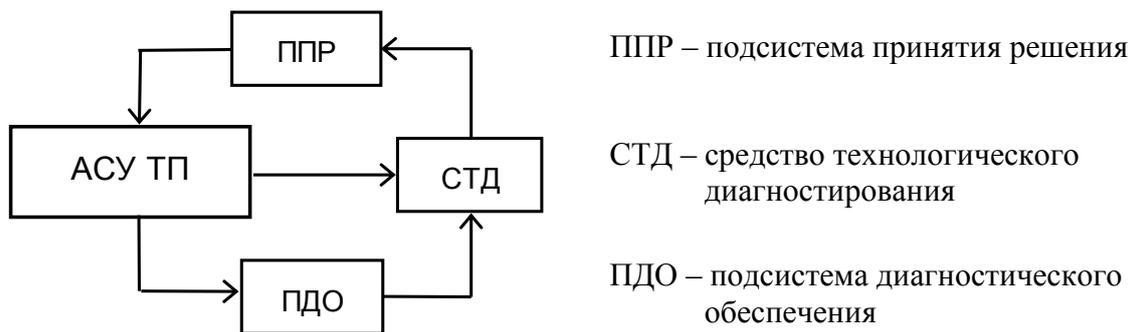


Рисунок 6 – Структурная схема АСУ ТП

Способы получения диагностических признаков от ТП зависят от АСУ ТП и используют средства телекоммуникаций и передачи данных.

Диагностическое обеспечение включает методические и инструментальные средства для подготовки АСУ ТП к диагностированию. Методика разработки проблемно-ориентированной диагностической модели железнодорожного ТП показана на рис. 7.

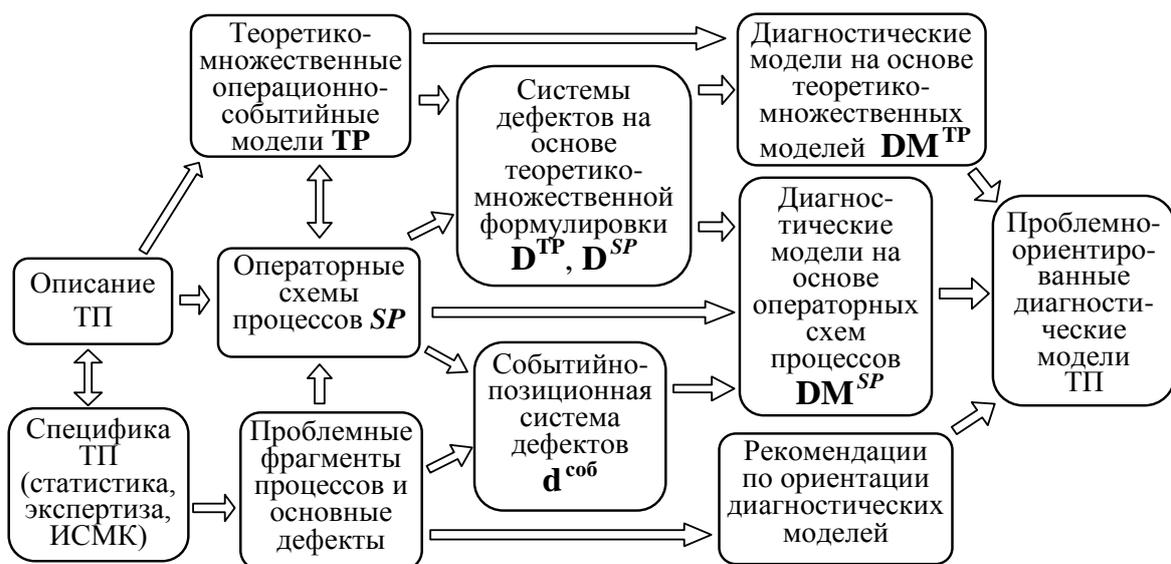


Рисунок 7 – Разработка диагностической модели конкретного ТП

Построение и обработка схем процессов производится с использованием компьютерных программ общего (MS Office, MS Visio и др.) и специализированного назначения (инструментарии IDEF, CASE, UML).

В работе предложены варианты исполнения СТД в виде программных или аппаратных средств с централизованной (рис. 8) или распределенной архитектурой. СТД функционирует по разработанным в гл. 3 алгоритмам. Вопросы организации диагностического процессора на основе счетчиковых сетей и разметки схемы диагностируемого ТП представлены в гл. 5.

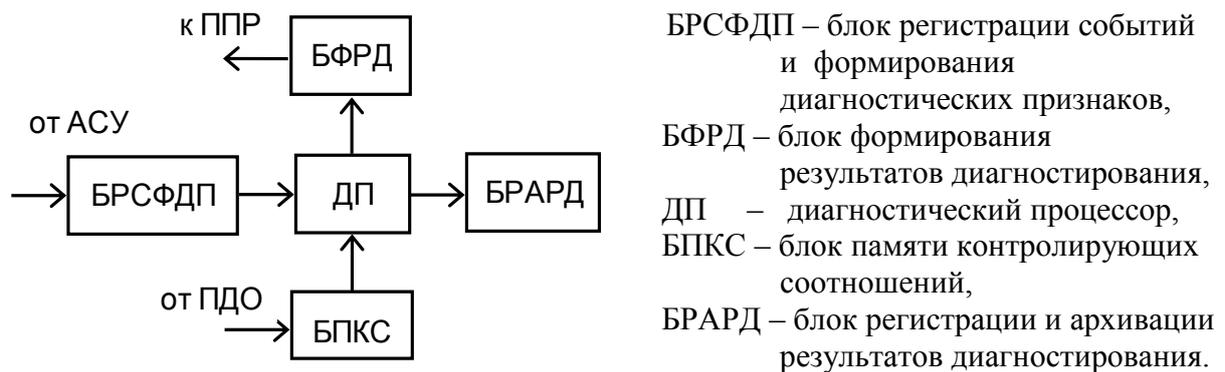


Рисунок 8 – Структура СТД

Разработаны обобщенный алгоритм функционирования АСД ТП, синхронный и асинхронный алгоритмы диагностирования, включающие процедуры приема векторов признаков событий, проверки признаков, обнаружения дефектов, обработки результатов диагностирования и принятия решения по останову или продолжению выполнения ТП.

Для исследования проектируемых АСД разработана программная система операционно–регистрового моделирования средств и процессов диагностирования, используемая в режимах эмуляции диагностического процессора и имитации диагностирования ТП. Система содержит библиотеку базовых блоков, конструктор и подсистемы синхронизации, генерации входных данных, задания дефектов, обнаружения дефектов, анализа и документирования.

Предложенный комплекс критериев оценки эффективности АСД включает три группы показателей: экономические (\mathcal{E} – дисконтированная экономия от снижения убытков за счет диагностирования в первый год после внедрения АСД, Z – дисконтированные затраты на АСД, $K^{э\mathcal{E}} = \mathcal{E} / Z$ – коэффициент экономической эффективности); показатели обнаружения (D , $D^{\text{обн}}$ и $D^{\text{отр}}$ – число фактических, обнаруженных и отработанных дефектов; $K^{\text{обн}} = D / D^{\text{обн}}$ – коэффициент обнаружения; $K^{\text{отр}} = D^{\text{отр}} / D^{\text{обн}}$ –

коэффициент обработки дефектов; $T^{\text{обн}}$, $T^{\text{отр}}$ и $\tau^{\text{оп}}$ – времена обнаружения и обработки дефекта и длительность операции; $K^{\text{оп}} = T^{\text{обн}} / \tau^{\text{оп}}$ – коэффициент оперативности) и коэффициенты избыточности ($K^{\text{ии}}$, $K^{\text{пи}}$ и $K^{\text{ви}}$ – информационной, программной и временной).

Пятая глава посвящена разработке метода диагностирования ТП по спусковым функциям операций.

Обобщённая формулировка спусковой функции Котова – Нариньяни представляется в виде $F_i: \mathbf{E}^{\text{вх}.i} \rightarrow a_i^3$, где $\mathbf{E}^{\text{вх}.i}$ – события, связанные с активизацией элементов операторной схемы (операторов, кортежей, связей), являющихся входными для i -го оператора. В частности, спусковая функция оператора определяется через признаки окончания предшествующих ему операторов: $F_i: (\mathbf{a}^k, \mathbf{p}) \rightarrow a_i^3$. Например, для операторной схемы на рис. 4, б, система спусковых функций состоит:

$$\begin{aligned} F_1 &= a_0^k \text{ (начало); } F_2 = a_1^k; F_3 = a_1^k; F_4 = a_1^k; \\ F_5 &= (a_1^k = 1) \wedge (a_4^k = 1) \wedge (p_1^1 = 1); F_6 = a_3^k; \\ F_7 &= ((a_4^k = 1) \wedge (p_1^1 = 1) \wedge (a_5^k = 1)) \oplus ((a_4^k = 1) \wedge (p_1^0 = 1) \wedge (a_2^k = 1)). \end{aligned}$$

На основе свойств спусковых функций обосновано и проработано их использование для диагностики ТП. По значению спусковой функции проверяется правильность или выявляется дефект запуска операции, для чего вычисляется значение диагностической функции $\Phi_i: (F_i, a_i^3) \rightarrow d_i^3$:

$$(a_i^3 = 1) \wedge (F_i = 1) \Rightarrow d_i^3 = 0, (a_i^3 = 1) \wedge (F_i = 0) \Rightarrow d_i^3 = 1.$$

Дефект означает, что технологическая операция запускается до окончания предшествующих ей операций, т.е. не с нужными ресурсами, не в соответствии со значениями предикатов и т.п.

На основании теории параллельных вычислений показано, что система диагностических спусковых функций, полученная по операторной схеме, является инвариантом для реконфигурируемых процессов, соответствующих заданной технологии.

Разработана диагностическая модель $DM^{\text{сф}} = \langle SP^{\text{произв}}, \mathbf{d}^{\text{сф.ав}} \rangle$ на основе операторных схем с произвольной реализацией и системы дефектов, совмещающей диагностические спусковые функции и актно-временную систему дефектов:

$$\mathbf{d}^{\text{сф.ав}} = \mathbf{d}^{\text{сф.акт}} \cup \mathbf{d}^{\text{сф.врем}} = \mathbf{d}^{\text{сф.лз}} \cup \mathbf{d}^{\text{сф.оз}} \cup \mathbf{d}^{\text{сф.лк}} \cup \mathbf{d}^{\text{сф.пз}} \cup \mathbf{d}^{\text{сф.зз}} \cup \mathbf{d}^{\text{сф.зк}}.$$

Содержательно ТПВТ предписывает однократное выполнение операции в течение нормируемого периода времени с момента готовности ресурсов (рис. 9 и табл. 5, где λ_i^3 и $\lambda_i^{\text{сф}}$ – признаки совершившегося запуска оператора и нахождения спусковой функции в состоянии «1»).

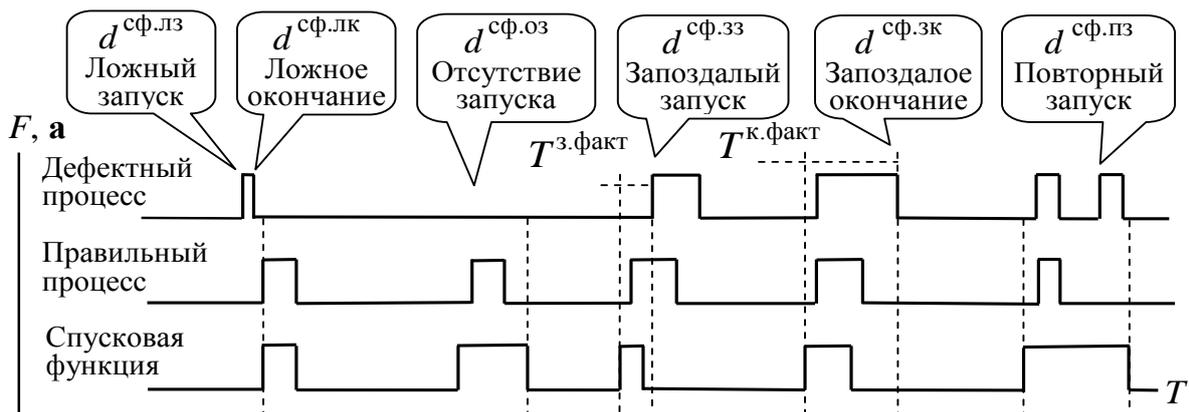


Рисунок 9 – Представление дефектов в методе диагностирования по спусковым функциям операций

Таблица 5 – Дефекты в методе диагностирования по спусковым функциям

ТПВТ	Дефект
$\forall O_i: (a_i^3 = 1) \wedge (F_i = 1)$	$(a_i^3 = 1) \wedge (F_i = 0) \Rightarrow d_i^{\text{сф.лз}} = 1$
$\forall O_i: (a_i^k = 1) \wedge (\lambda_i^3 = 1)$	$(a_i^k = 1) \wedge (\lambda_i^3 = 0) \Rightarrow d_i^{\text{сф.лк}} = 1$
$\forall O_i: (\lambda_i^3 = 1) \wedge (\lambda_i^{\text{сф}} = 1)$	$(\lambda_i^3 = 0) \wedge (\lambda_i^{\text{сф}} = 1) \Rightarrow d_i^{\text{сф.оз}} = 1$
$\forall O_i: (a_i^3 = 1) \wedge (T_i^{\text{з.факт}} < T_i^{\text{з.норм}})$	$(a_i^3 = 1) \wedge (T_i^{\text{з.факт}} > T_i^{\text{з.норм}}) \Rightarrow d_i^{\text{сф.зз}} = 1$
$\forall O_i: (a_i^k = 1) \wedge (T_i^{\text{к.факт}} < T_i^{\text{к.норм}})$	$(a_i^k = 1) \wedge (T_i^{\text{к.факт}} > T_i^{\text{к.норм}}) \Rightarrow d_i^{\text{сф.зк}} = 1$
$\forall O_i: (\lambda_i^3 = 1) \wedge (\lambda_i^{\text{сф}} = 1) \wedge (a_i^3 = 0)$	$(\lambda_i^3 = 1) \wedge (\lambda_i^{\text{сф}} = 1) \wedge (a_i^3 = 1) \Rightarrow d_i^{\text{сф.пз}} = 1$

Разработаны информационно–логические схемы (ИЛС) – структурированные представления спусковых функций в виде билогических (с логикой И и Исключающее ИЛИ) графов. Графовое определение ИЛС и пример схемы фрагмента технологии сменно–суточного планирования грузовой работы (проверка правомочности отказа в исполнении заявки грузоотправителя) даны на рис. 10.

Доказана возможность разработки ИЛС для конечной системы спусковых функций и построения ИЛС по операторной схеме (согласно методике статического распараллеливания схем программ). Предложены способы преобразования ИЛС: минимизация логических выражений спусковых функций и декомпозиция графа на ярусы и цепочки. Разработаны таблично–векторные описания правильных и дефектных процессов на ИЛС, включающие векторы признаков активизации вершин и дуг, значений спусковых функций и признаков дефектов.

В качестве средств обнаружения дефектов предложены и исследованы счетчиковые сети, состоящие из взаимодействующих ячеек (счетчиков), соответствующих элементам ИЛС. Разработаны варианты

ячеек сетей и алгоритмы обнаружения дефектов; приведены примеры их аппаратного и программного исполнения; рассмотрены режимы работы и свойства сетей и вопросы разработки сторожевых процессоров на их основе.

$G^{ИЛС} = (A, B, P, \&, \oplus)$, где:

A – множество вершин (операторы);

B – множество дуг, $B_{j,i} = 1$, если a_j^k входит аргументом в F_i ;

P – логические условия;

$\&$ и \oplus – символы разметки между дугами.

Входная разметка вершин соответствует F_j . Выходная разметка: вершина преобразователя размечена $\&$; вершина распознавателя размечена \oplus между альтернативными дугами, нагруженными символами значений P_l (P_l^1 или P_l^0), и $\&$ между дугами, нагруженными одинаковыми значениями P_l .

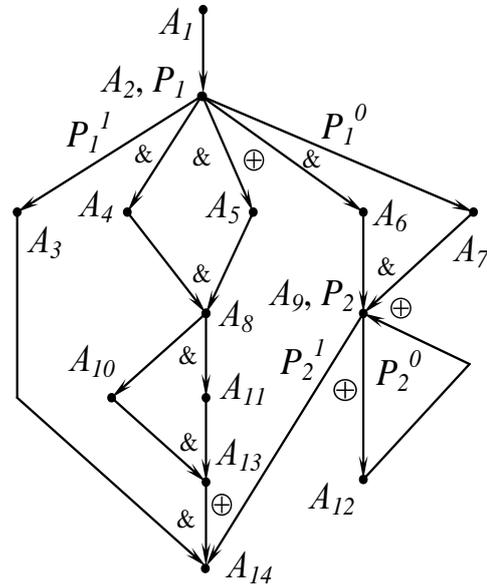


Рисунок 10 – Графовое определение и пример ИЛС

Метод обеспечивает решение задач технологической диагностики: оперативный контроль («для каких операций выполнены условия запуска?», «какие операции выполняются?», «какие операции долго не выполняются?» и т.д.), обнаружение дефектов («какие?», «в каких операциях?»), анализ результатов и поддержку принятия решений для правильного выполнения ТП («какие условия для запуска операции не готовы?», «почему не запускается операция, если условия готовы?», «почему задержка или невыполнение?»), «в чем причина ложного запуска?», «исключить причины невыполнения операции», «устранить задержку» и т.д.), при инвариантности настройки СТД для диагностирования реконфигурируемых и конвейерных ТП.

Шестая глава посвящена внедрению АСД ТП в составе АСУ на Куйбышевской железной дороге.

АСУ сменно–суточного планирования грузовой работы (ССПГР) явилась одной из первых систем в сфере коммерческой диспетчеризации и основана на принципе постоянного контроля наличия и исполнения каждой заявки ГУ–12. АСУ ССПГР обеспечивает работу в едином информационном пространстве всех участников планирования (рис. 11 и 12), позволяет реализовать технологию грузовой работы согласно требованиям ОАО «РЖД» по первоочередной погрузке высокодоходных грузов и оптимизации использования подвижного состава.

АСУ ССПГР является многоуровневой системой для оперативного планирования, управления и контроля погрузки на станциях, региональных и дорожном центрах ФТО по утвержденному регламенту (рис. 13), с выполнением предписанной технологии взаимодействия коммерческого диспетчера и грузоотправителя при приеме заявки на перевозку, планирования по родам подвижного состава и номенклатурным группам грузов и формирования сводного плана.



Рисунок 11 – Станции дороги в АСУ ССПГР

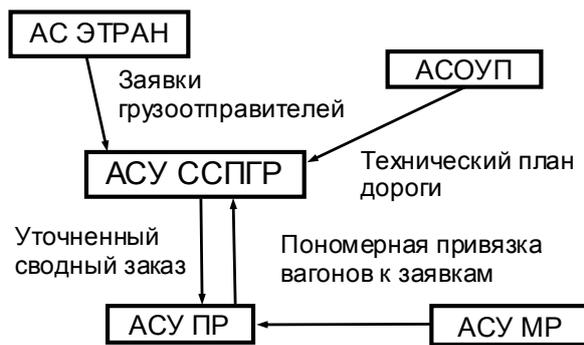


Рисунок 12 – Взаимодействия АСУ при сменно–суточном планировании

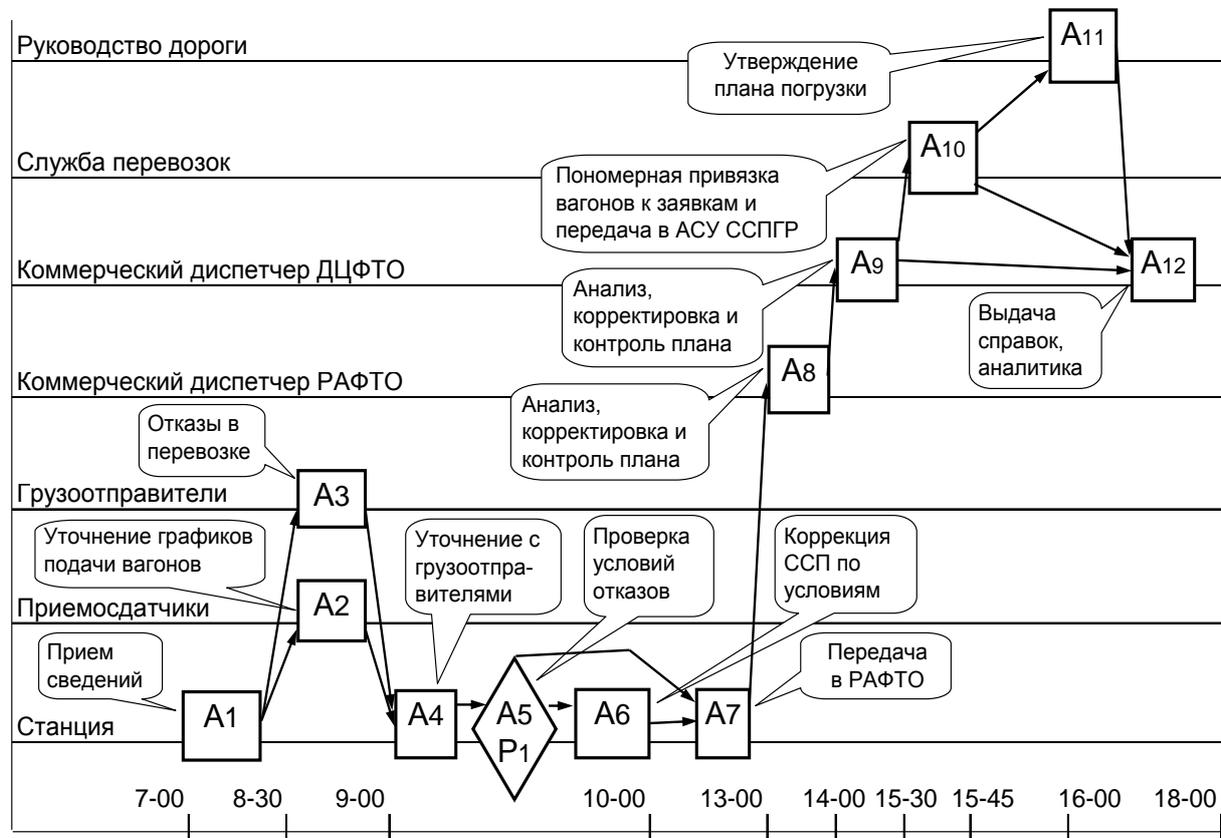


Рисунок 13 – Схема сменно–суточного планирования грузовой работы

Программный комплекс АСУ ССПГР имеет характеристики: базы данных DB2, среда программирования Borland Delphi и MS SQL Server, хранимые процедуры на T-SQL.

При разработке АСД ТП в АСУ ССПГР осуществлялось: описание технологий операторными схемами; выбор приоритетных фрагментов и формирование проблемно-ориентированной диагностической модели; применение метода диагностирования ТП по спусковым функциям операций; разработка программного обеспечения с моделированием дефектных ТП; опытные испытания.

Результат работы АСД ТП на ограниченном полигоне приведен на рис. 14, где d1 – ложный запуск, d2 – отсутствие запуска, d3 – запоздалое окончание операции погрузки по заявкам грузоотправителей.

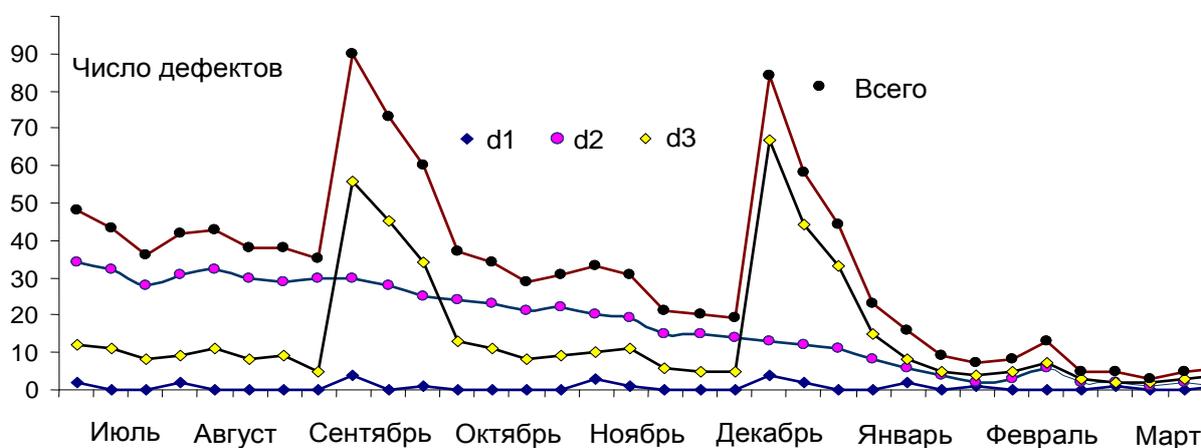


Рисунок 14 – Обнаружение дефектов в АСУ ССПГР

Результаты диагностирования позволили выявить причины дефектов в исполнении заявок грузоотправителей (рабочие места с недостаточными техническими средствами, человеческий фактор и т.д.); сделать выводы о том, что пики интенсивности дефектов обусловлены введением новых регламентов взаимодействия агентств и дорожного центра ФТО (т.е. реконfigurацией процессов), приведших к росту невыполненных в срок заявок ГУ-12; подтвердить эффективность диагностирования по спусковым функциям; принять решения по устранению дефектов, что дало снижение числа невыполненных заявок и недогруза (в среднем 150 тыс. тн в месяц в течение представленного периода).

Таблица 6 – Показатели эффективности АСД ТП в АСУ ССПГР

Э	6100 т.руб.	$D^{обн}$	1095	K^{III}	9%
З	1800 т.руб.	$K^{отр}$	0,71	K^{PII}	12%
$K^{ЭЭ}$	3,39	$T_{cp}^{обн}$	15 мин.	K^{VI}	5%

Автоматизированная система контроля за дислокацией цистерн собственных и арендованных (АС КДЦСА), в отличие от существующих систем, в которых учитываются собственники подвижного состава (ДИСПАРК, АСОУП и др.), выполняет формирование специализированного графика движения, содержащего информацию о цистернах и собственниках. При этом осуществляется: контроль дислокации по станциям и пунктам подготовки цистерн на промывочно–пропарочных станциях; учет изменения потребности в перевозках по дороге и отделениям и совершенствование планирования выполнения заявок грузоотправителей; мероприятия по исключению встречного порожнего перепробега цистерн; ускорение оборота порожней цистерны по отделениям и дороге в целом; анализ работы за разные периоды по обеспечению погрузки нефтепродуктов; формирование сведений для взыскания штрафов и контроля платежей.

При диагностировании ТП в АС КДЦСА выполнено: построение операторных схем процессов обработки цистерн на сортировочных станциях; разработка и использование проблемно–ориентированной системы дефектов (нарушения в движении поездов, несоответствия в обработке и закреплении составов и цистерн, необоснованные задержки на станциях, несоответствия вида цистерн и вида перевозимых нефтепродуктов, подача непромытых цистерн и т.д.); разработка и внедрение программного обеспечения для диагностики ТП; оперативная выдача информации о дефектах; анализ и разбор в отчетные часы данных о дислокации цистерн и результатах диагностирования; выполнение мероприятий по устранению дефектов.

Таблица 7 – Показатели эффективности АСД ТП в составе АС КДЦСА

Э	900 т.руб.	$D^{обн}$	149	$K^{ии}$	5 %
З	350 т.руб.	$K^{отр}$	0,35	$K^{пш}$	7%
$K^{эз}$	2,57	$T_{ср}^{обн}$	7 мин.	$K^{ви}$	2%

Программные средства диагностирования обеспечили обнаружение дефектов в ТП в условиях изменений технологий и процессов, произошедших в связи с практическим прекращением перевозок «ЮКОС» на Куйбышевской железной дороге; переходом на новые версии общесетевых информационных систем АСОУП 2 и ДИСПАРК 2; изменениями в регламентах местной работы и обязанностях диспетчеров по наливу.

Средства диагностирования процессов в составе программного обеспечения АСУ ТП внедрены на Куйбышевской железной дороге в

результате выполнения договоров под научным руководством автора:

- «Доработка программного обеспечения в целях оптимизации и контроля исполнения плана работы сортировочной станции Кинель по пропуску вагонопотоков на смену (12 часов)», 2007 г.,
- «Улучшение качества управления работой сортировочной станции на основе факторного анализа причин задержек поездов с выработкой корректирующих действий в рамках проекта разработки и внедрения второй очереди КИ СМК Куйбышевской железной дороги», 2007 г.,
- «Технология ускоренной доставки на станцию выгрузки Куйбышевской железной дороги вагонов с просроченными сроками доставки груза или кандидатами на просрочку», 2008 г.

Таблица 8 – Внедрение результатов диссертационной работы на Куйбышевской железной дороге

АСУ	ТП	Информация о ТП	Тип СТД
АС НФА	Конвейерная обработка сводных таблиц	Схема и регламент сбора справок и отчетов	Программа (Excel, VBA)
АСУ ССПГР	Выполнение заявок грузоотправителей	Техдокументация в ДЦФТО и ИВЦ	Программа (DB2, SQL, Delphi)
АС КДЦСА	Контроль работы с цистернами	Техдокументация в отделе по наливу и ИВЦ	Программа (DB2, SQL, Delphi)
АС ДСЦС ст. Кинель	Выполнение плана работы диспетчеров	Сведения из станционных АСУ	Программа (SQL, AnyLogic, CodeGear)
АС в ДЦУП	Работа с кандидатами на просрочку доставки	Сведения из дорожных АСУ	Программа (DB2, SQL, CodeGear)

Экономический эффект от внедрения разработанных в диссертации моделей, операторных схем, средств и систем диагностирования технологических процессов составляет 15,8 млн. руб., при личном вкладе автора 3,06 млн. руб.

В приложениях приведены материалы по обоснованию терминов технологической диагностики, методика анализа статического параллелизма технологии, программные модули АСД ТП, справки об использовании результатов работы и акты внедрения.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате исследований созданы научно–практические основы диагностирования ТП на основе операторных схем процессов и организации АСД ТП в составе железнодорожных АСУ.

1. На основе анализа железнодорожных ТП сделан вывод об актуальности разработки методов и средств диагностирования, предназначенных для оперативного обнаружения дефектов в процессах на уровне операций.

2. На базе стандартов и отраслевых материалов в области технической диагностики и системы менеджмента качества предложены основные понятия и термины технологической диагностики; определены цель (снижение потерь от дефектов) и задачи технологического диагностирования (оперативное обнаружение дефектов в ТП в рабочем режиме, выполнение организационно–технических мероприятий по их устранению и улучшению ТП).
3. Разработана методология диагностирования ТП на основе схем технологий и процессов, включающая развитие методов технической диагностики на основе процессного подхода; применение научных теорий и методов для обоснования и разработки теоретико–множественных моделей, операторных схем и диагностических моделей ТП, методов и алгоритмов обнаружения дефектов и автоматизации диагностирования при проектировании и использовании АСД в составе АСУ ТП.
4. Разработана теоретико–множественная операционно–событийная многоаспектная модель ТП на уровне операций, связей и ресурсов, отличающаяся его представлением в виде триады «технология – реализация – совокупность событий», приспособленностью к отражению изменений в технологии и в процессах и возможностью сужения многоаспектности и формирования частных моделей.
5. Предложен операторно–схемный подход к описанию ТП, основанный на интерпретации операционно–событийных моделей операторными схемами в виде триады «схема технологии – реализации схемы – таблицы признаков активизации», обладающими рядом преимуществ (формализованность, структурированность, компактность, отражение свойств многооперационности, многоаспектности и параллелизма процессов).
6. Разработаны и исследованы классы операторных схем процессов (координатные, алгоритмические, асинхронные, с произвольной реализацией), а также комбинированные схемы, позволяющие описывать широкий спектр железнодорожных ТП.
7. С использованием операторных схем установлено, что анализ параллелизма технологий выполняется с применением расширенной теоремы Бернштейна – Рассела – Нариньяни, ярусно–параллельных схем и спусковых функций; реконфигурации являются свойством ТП для технологий с внутренним параллелизмом; целесообразно использовать параллелизм технологий для повышения производительности и решения задач диагностирования железнодорожных ТП.
8. Разработаны диагностические модели на основе операционно–событийной модели ТП, классов операторных схем и теоретико–множественной формулировки дефектов; разработана событийно–позиционная система дефектов; сформирован комплекс диагностических

моделей в качестве основы диагностического обеспечения АСД.

9. Разработан комплекс алгоритмов диагностирования ТП, состоящий из алгоритмов обнаружения дефектов и алгоритмов работы АСД ТП.

10. Сформулированы основные положения структурно–функциональной организации АСД ТП, включающей подсистему диагностического обеспечения, средство технологического диагностирования и подсистему принятия решения, взаимодействующие с АСУ ТП при подготовке и выполнении диагностирования ТП.

11. Рассмотрены компоненты подсистемы диагностического обеспечения; предложена методика разработки проблемно–ориентированной диагностической модели ТП на основе комплекса диагностических моделей.

12. Разработана система имитационного операционно–регистрационного моделирования для исследования работы проектируемых АСД ТП.

13. Предложены критерии оценки эффективности АСД ТП с приоритетом экономических показателей, характеризующих снижение убытков в результате обработки дефектов в ТП.

14. Разработан и исследован метод диагностирования ТП по спусковым функциям операций, ориентированный на обнаружение дефектов в реконфигурируемых процессах.

15. Разработаны и внедрены на Куйбышевской железной дороге в составе ряда АСУ ТП (АСУ ССПГР, АС КДЦСА и др.) автоматизированные системы и программные средства диагностирования ТП на основе операторных схем процессов, с фактическим эффектом, подтвержденным актами.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендуемых Перечнем ВАК

1. Никищенков С.А. Автоматизированное технологическое диагностирование железнодорожных систем с использованием операторных схем процессов // Транспорт: наука, техника, управление, 2008. – №5. – С.33–35.

2. Никищенков С.А. Контроль реконфигурируемых сборочных процессов по информационно–логическим схемам // Контроль. Диагностика, 2005. – №8. – С.26–33.

3. Никищенков С.А. Метод контроля реконфигурируемых транспортных систем по спусковым функциям // НТТ – наука и техника транспорта, 2004. – №3. – С.62–69.

4. Никищенков С.А. Операционно–событийная модель реконфигурируемых технологических процессов // Известия Самарского научного центра

РАН. Спец. вып. «Проблемы железнодорожного транспорта на современном этапе развития». – Самара: СНЦ РАН, 2006. – С. 89–91.

5. Никищенков С.А. Применение моделей параллельных процессов в задачах оперативного контроля механо–сборочных производств // Известия Самарского научного центра РАН, 2003. – Т.5, №2. – С.401–410.

6. Никищенков С.А. Проблемы и методология автоматизированного технологического диагностирования реконфигурируемых железнодорожных систем // Известия Самарского научного центра РАН. Спец. вып. «Проблемы железнодорожного транспорта на современном этапе развития». – Самара: СНЦ РАН, 2006. – С. 86–89.

7. Никищенков С.А. Способы функционального диагностирования реконфигурируемых технологических систем по параллельным операторным схемам // Приборы и системы: управление, контроль, диагностика, 2005. – №10. – С.41–48.

8. Никищенков С.А. Стратегии и реконфигурации контролируемых технологических систем // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». – Самара: СамГТУ, 2004. – № 24. – С.9–13.

9. Никищенков С.А. Схемно–программный подход к обнаружению дефектов в параллельном потоке технологических операций // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева. – Самара: СГАУ, 2004. – № 2 (6). – С.127–132.

10. Никищенков С.А. Теория диагностирования технологических процессов на основе операторных схем // Вестник транспорта Поволжья, 2009. – № 3(19). – С. 29–32.

11. Никищенков С.А. Технологическое диагностирование железнодорожных систем с использованием операторных схем процессов // Транспорт Урала, 2007. – №14. – С.18–21.

12. Никищенков С.А. Функциональное диагностирование транспортных систем по информационно–логическим схемам процессов // Известия Самарского научного центра РАН, 2005. – Т.6, №1. – С.220–239.

13. Никищенков С.А., Петров М.В., Сиваков С.В., Черемухин А.Н. Технология функционального диагностирования реконфигурируемых транспортных систем // Транспорт: наука, техника, управление, 2005. – №4. – С.15–20.

14. Никищенков С.А., Петров М.В., Черемухин А.Н., Чурсин О.В. Программное обеспечение АСУ сменно–суточным планированием грузовой работы железной дороги // Транспорт: наука, техника, управление, 2005. – №10. – С.11–16.

15. Никищенков С.А., Припутников А.П. Метод диагностирования транспортных конвейерных информационных систем // Известия Самарского научного центра РАН. Спец. вып. «Проблемы железнодорожного транспорта на современном этапе развития». – Самара: СНЦ

РАН, 2006. – С. 84–86.

16. Никищенков С.А., Припутников А.П., Кочетков А.Ю. Экспертиза и диагностика транспортных конвейерных информационных систем // Транспорт: наука, техника, управление, 2007. – №1. – С.34–36.

17. Казак А.Ф., Никищенков С.А., Тихонов Д.В. Параллельные операторные схемы в задачах контроля реконфигурируемых технологических систем // Информационные технологии, 2005. – №5. – С.47–54.

Монографии

1. Никищенков С.А. Функциональная диагностика реконфигурируемых транспортных технологических систем по информационно–логическим схемам процессов. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2005. – 164с.

2. Никищенков С.А. Автоматизированное диагностирование железнодорожных технологических систем с использованием операторных схем процессов. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2007. – 181с.

Патенты, интеллектуальные продукты, программы для ЭВМ

1. А.с. №1365986. Устройство для контроля блоков управления / Барашенков В.В., Казак А.Ф., Никищенков С.А. и др. – БИ №1, 1988. –10 с.

2. Автоматизированная система взаимодействия с программными комплексами ОАО «РЖД» / Колесников С.М., Никищенков С.А., Петров М.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005611735 от 14.07.2005 г.

3. Автоматизированная система контроля за дислокацией нефтеналивных цистерн с учетом собственника / Никищенков С.А., Арзамасцев О.Н., Глухов М.П., Павлов А.Ю. и др.; Самар. гос. акад. путей сообщ. – Самара, 2005. – 83 с. Деп. в ВИНТИ 03.03.2005 г., № 306–В2005.

4. Автоматизированная система сменно–суточного планирования по номенклатурным группам грузов (АСУ ССП НГГ) / Ковтунов А.В., Куренков П.В., Никищенков С.А. и др. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005610618 от 11.03.2005 г.

5. Автоматизированная система формирования и присвоения кода приоритета погрузки заявкам грузоотправителей / Колесников С.М., Ковтунов А.В., Никищенков С.А. и др. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005610623 от 11.03.2005 г.

6. Никищенков С.А. Методология описания и анализа реконфигурируемых технологических систем. Свидетельство ВНТИЦ №73200300238 от 28.11.2003 г.

7. Никищенков С.А. Способы функционального диагностирования управляющих систем по информационно–логическим схемам процессов. Свидетельство ВНТИЦ №73200100203 от 15.10.2001 г.

8. Никищенков С.А., Сиваков С.В., Припутников А.П. Базовый программный модуль для моделирования реконфигурируемой конвейерной системы обработки информации. Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2005610580 от 4.03.2005 г.
9. Никищенков С.А., Сиваков С.В., Припутников А.П. Модуль нейроподобной ячейки контролирующей счётчиковой сети. Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2005610598 от 9.03.2005 г.
10. Репликатор данных для автоматизированной системы контроля за дислокацией цистерн с учетом собственников (Репликатор данных для АС КДЦС) / Павлов А.Ю., Никищенков С.А., Макаренко А.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005611416 от 14.06.2005 г.
11. Средства встроенного программного контроля автоматизированной системы управления сменно–суточным планированием (АСУ ССП) / Никищенков С.А., Петров М.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005611734 от 14.07.2005 г.

Статьи и тезисы докладов

1. Никищенков С.А. OSAMP–методология описания и анализа реконфигурируемых технологических систем / Матер. междунар. научн.–техн. конф. «Информационные, измерительные и управляющие системы (ИИУС–2005)». – Самара: СамГТУ, 2005. – С.264–266.
2. Арзамасцев О.Н., Глухов М.П., Никищенков С.А., Павлов А.Ю. Система контроля дислокации цистерн собственных и арендованных // Актуальные проблемы и перспективы использования железнодорожного транспорта: Материалы регион. науч.–практ. конф., посвящ. 130–летию Куйбышевской железной дороги. – Самара: СамГАПС, Кбш ж.д., 2004. – Ч.2. – С.27–29.
3. Никищенков С.А. Автоматизированные системы диагностирования железнодорожных технологических процессов с использованием операторных схем / Информационные технологии на железнодорожном транспорте: Аннотации докладов 14–й междунар. науч.–практ. конф. «Инфотранс–2009». – СПб.: ПГУПС, 2009. – С.37.
4. Никищенков С.А. Автоматизированные системы диагностирования железнодорожных технологических процессов на основе операторных схем // Вестник СамГУПС, 2009. – № 5(17), т.1. – С. 141–144.
5. Никищенков С.А. Диагностическая модель реконфигурируемых технологических систем на основе информационно–логических схем процессов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Физико–математические науки». – Самара: СамГТУ, 2005. – № 34. – С.119–130.

6. Никищенков С.А. Диагностические информационно–логические модели реконфигурируемых производственных систем // Автоматизация в промышленности, 2004. – №7. – С.44–46.
7. Никищенков С.А. Информационно–логические схемы в задачах диагностирования реконфигурируемых систем / Тез. докл. регион. науч.–практ. конф. «Стратегия развития транспортной логистики Самарского региона». – Самара: СамИИТ, 2002. – С.90–91.
8. Никищенков С.А. Методы анализа и контроля реконфигурируемых технологических систем / Труды Байкальской Всероссийской конф. «Информационные и математические технологии». – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2004. – С.241–246.
9. Никищенков С.А. Параллельные модели в задачах оперативного контроля сборочных процессов / Труды Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии». – Иркутск, ИСЭМ СО РАН, 2004. – С.251–258.
10. Никищенков С.А. Проблемы функционального диагностирования реконфигурируемых систем управления / «Исследования и разработки ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте». Межвуз. сборник науч. трудов с междунар. участ. Вып. 23, ч. 2. – Самара: СамИИТ, 2002. – С.157–162.
11. Никищенков С.А. Спусковые функции и контроль процессов // Обозрение прикладной и промышленной математики, 2004. – Т.11, вып.2. – С.380.
12. Никищенков С.А. Функциональное диагностирование реконфигурируемых информационно–управляющих систем / «Информационные технологии на железнодорожном транспорте (Инфотранс–2002)». Доклады 7–й междунар. науч.–практ. конф. – СПб: ПГУПС, 2002. – С.145–146.
13. Никищенков С.А. Функциональное диагностирование реконфигурируемых информационно–управляющих систем на макроуровне // Ведомственные корпоративные сети и системы, 2002. – № 6.– С.187–188.
14. Никищенков С.А., Дудоров И.А., Петрушенко В.Ю., Шишов Н.Н. Методология автоматизированного диагностирования железнодорожных систем с изменяемыми технологиями и процессами / Вестник Самарской государственной академии путей сообщения. – Самара: СамГАПС, 2006.– С.45–48.
15. Никищенков С.А., Исаков В.С., Черемухин А.Н. Методология описания и исследования автоматизированных транспортных технологических систем / Актуальные проблемы и перспективы использования железнодорожного транспорта: Материалы регион. науч.–практ. конф., посвящ. 130–летию Куйбышевской железной дороги. – Самара: СамГАПС, КБШ ж.д., 2004. – Ч.2. – С.106–110.
16. Никищенков С.А., Михайлов Н.В., Припутников А.П., Сиваков С.В. Технология оперативного контроля автоматизированных транспортных

систем на макроуровне / Труды междунар. науч.–практ. конф. «Безопасность и логистика транспортных систем». – Самара: СамГАПС, 2004. – Ч.1. – С.80–82.

17. Никищенков С.А., Сиваков С.В., Дудоров И.А. Контролирующие счетчиковые сети / Тез. докл. XII Российской научной конф. ПГАТИ. – Самара: ПГАТИ, 2005. – С.310.

18. Никищенков С.А., Смышляев В.А., Юшков С.А. Диагностическая информационно–логическая модель реконфигурируемых транспортных систем / Труды междунар. науч.–практ. конф. «Безопасность и логистика транспортных систем». Самара: СамГАПС, 2004. – С.82–85.

19. Никищенков С.А., Юшков С.А., Емельянов А.В. Методика использования информационных схем в корпоративном аналитическом документообороте / «Повышение эффективности работы железнодорожного транспорта». Межвуз. сборник науч. тр. Вып. 20, ч. 2. – Самара: СамИИТ, 2001. – С.27–31.

20. Павлов А.Ю., Никищенков С.А. Система контроля дислокации цистерн собственных и арендованных / Новейшие достижения науки и техники на железнодорожном транспорте: Сб. докл. регион. науч.–практ. конф., посвящ. 70–летию Южно-Уральской железной дороги. – Челябинск: ЮУж.д., 2004. – Ч.3. – С.154–156.

21. Петров М.В., Никищенков С.А., Кочетков А.Ю. Методы обеспечения функциональной безопасности программно–технологических комплексов для коммерческой диспетчеризации грузовой работы / Информационные технологии на железнодорожном транспорте: Аннотации докладов 11–й междунар. науч.–практ. конф. «Инфотранс–2006». – СПб.: СПбГПУ, 2006. – С.82–83.

22. Петров М.В., Никищенков С.А., Сиваков С.В., Черемухин А.Н. Встроенные компоненты функциональной безопасности в АСУ сменно–суточного планирования грузовой работы железной дороги / Информационные технологии на железнодорожном транспорте: Доклады 10–й междунар. науч.–практ. конф. «Инфотранс–2005». – СПб.: ПГУПС, 2005. – С.285.

Подписано к печати
Печать – ризография.
Тираж 100 экз.

Бумага для множит. апп.
Заказ №

Печ. л. – 2,0
Формат 60x84 1\16