

УДК: 338.32; 347.763.4

О НЕКОТОРЫХ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ И НАПРАВЛЕНИЯХ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АО «НИИАС», ИЮНЬ-ДЕКАБРЬ 2024 Г.

**Бочков А.В.**

д.т.н., учёный секретарь, АО «НИИАС», E-mail: a.bochkov@vniias.ru, Москва, Россия

Аннотация

В работе обобщены ключевые вопросы, рассмотренные на заседаниях профильных секций научно-технического совета АО «НИИАС» во втором полугодии 2024 года. Проанализированы существующие проблемы и предложена постановка задач будущих исследований в ключевых направлениях научно-технологического развития института. В частности обсуждены вопросы мониторинга качества управления иерархическими системами на примере управления полигоном железнодорожного транспорта, текущее состояние и направления развития систем и средств радиосвязи для обеспечения технологических процессов для вождения поездов в режиме «виртуальная сцепка». Обсуждено текущее состояние и перспективы применения сетей LPWAN для задач диагностики инфраструктуры ОАО «РЖД», а также проблемы разработки ЧТП для систем DMR на ВСЖМ-1 в условиях ограничения частотного ресурса в выделенных полосах частот. Предложен метод обеспечения безопасности сложных систем в условиях воздействия неблагоприятных факторов и событий. Обозначены научно-практические проблемы нормативного регулирования в области функциональной безопасности и защите информации микропроцессорных устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики в ОАО «НИИАС».

Ключевые слова:

качество управления, системы и средства радиосвязи, «виртуальная сцепка», диагностика инфраструктуры, частотный ресурс, безопасность сложных систем.

SOME CURRENT TASKS AND DIRECTIONS OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF JSC «NIIAS», JUNE-DECEMBER 2024

Bochkov A.V.

Doc. of Sci. (Tech), Scientific Secretary, «NIIAS» JSC,
E-mail: a.bochkov@vniias.ru, Moscow, Russia

Annotation

The review summarises the key issues discussed at the meetings of the profile sections of the Scientific and Technical Council of JSC "NIIAS" in the second half of 2024. The existing problems were analysed and the tasks of future research in the key directions of scientific and technological development of the Institute were proposed. In particular, the issues of quality control of hierarchical systems management on the example of railway traffic polygon management, the current state and directions of development of radio communication systems and means of ensuring technological processes of train driving in the "virtual coupling" mode were discussed. The current state and prospects of application of LPWAN networks for tasks of diagnostics of infrastructure of JSC "Russian Railways", as well as problems of development of PSTP for DMR systems on VSZhM-1 in conditions of limitation of frequency resources in the allocated frequency bands are discussed. A method of ensuring the safety of complex systems under the influence of adverse factors and events is proposed. Scientific and practical problems of normative regulation in the field of functional safety and information protection of microprocessor devices and systems of railway automation and telemechanics in JSC "NIIAS" are outlined.

Keywords:

control quality, radio communication systems and equipment, 'virtual coupling', infrastructure diagnostics, frequency resources, safety of complex systems

1. Мониторинг качества управления иерархическими системами на примере управления полигоном железнодорожного транспорта

Авторы: **Лецкий Э.К., Тютин И.А., Павлов А.Ю.** (РУТ, МИИТ). По материалам заседания постоянно действующего в рамках Секции 7. «Управление активами, надёжностью и рисками» семинара ИМАШ РАН-НИИАС (с участием МИИТ) 03.07.2024

Рассмотрена структура системы управления районном управлении железнодорожного транспорта, предложена методика оценки принятых решений, а также структура программного обеспечения для оценки принятых решений. Развитие цифровых технологий и внедрение автоматизированных систем управления (АСУ) в железнодорожной отрасли открыли новые горизонты для повышения качества управления и эффективности функционирования транспортных систем. В частности, в рамках АСУ появилась возможность создания аналитических

подсистем, предназначенных для оценки качества решений, принятых при управлении объектом, выявления и устранения факторов, обусловивших появление решений, отрицательно влияющих на показатели качества функционирования управляемого объекта.

Системы управления крупными железнодорожными объектами, такими как дороги, диспетчерские участки, обычно имеют иерархическую структуру. В этой структуре управление осуществляется на различных уровнях: от локальных диспетчеров, отвечающих за конкретные парки приема, формирования и отправления поездов на технических станциях; до центральных органов управления, координирующих работу всей сети. Каждый уровень иерархии выполняет свои функции и обладает определенными полномочиями. Подчинение нижестоящих уровней вышестоящим обеспечивает четкую цепочку команд и отчетности, что особенно важно для обеспечения безопасности на железной дороге. Однако

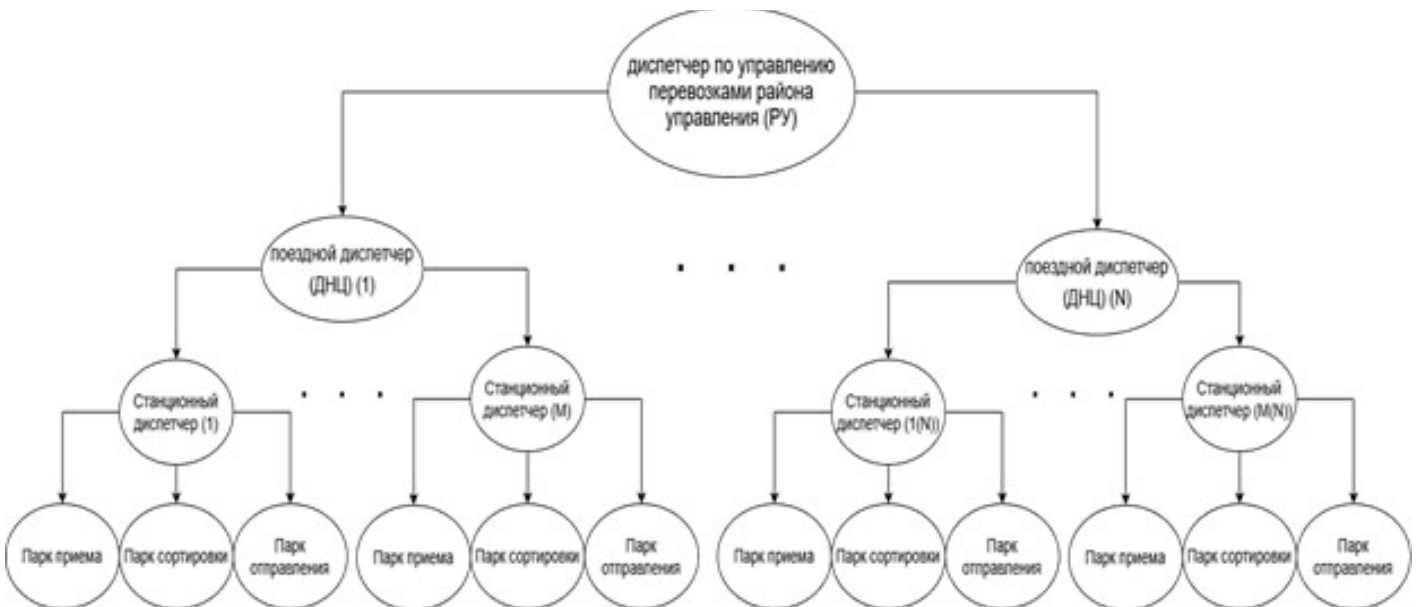


Рисунок 1.1 Структура системы управления районом управления на железнодорожном транспорте

в таких системах управляющие органы каждого уровня могут принимать самостоятельные решения, которые могут не всегда соответствовать общесистемным целям, таким как, например, минимизация задержек поездов.

В условиях сложной железнодорожной инфраструктуры выявление и устранение причин принятия неэффективных решений на любом уровне управления может существенно повысить качество функционирования всей транспортной системы.

В качестве объекта исследования рассматривался район управления (РУ). РУ — это основное производственное звено железной дороги, филиал дороги [1]. Основной целью функционирования РУ является удовлетворение общественных потребностей в железнодорожных перевозках в установленном регионе. Руководит районом управления диспетчер по управлению перевозками района управления (ДРУ). Основные задачи ДРУ: осуществление перевозок пассажиров, грузов, грузобагажа и багажа при безусловном

обеспечении безопасности движения поездов; организация движения поездов на участках, выполнение графика движения и планов формирования поездов; организация грузовой и коммерческой работы; содержание в исправном состоянии пути, сооружений, устройств электропитания, СЦБ и связи, подвижного состава и других технических средств; снабжение предприятий и организаций (структурных единиц) топливом, электроэнергией, смазочными и другими материалами; внедрение новых технических средств и технологий; обеспечение гарантированных и безопасных условий труда и мер социальной защиты своих работников; выполнение установленных РЖД и дорогой технологических, экономических и финансовых показателей и нормативов.

Структура системы управления районом управления представлена на рис. 1.1

РУ включает в себя несколько диспетчерских участков (ДУ). Каждый из ДУ управляется своим поездным диспетчером (ДНЦ). Поездной диспетчер – специалист железнодорожного транспорта, который осуществляет управление движением поездов на конкретном ДУ, В ДУ входит разное количество станций. Поездному диспетчеру (ДУ) подчиняются все станционные работники, связанные с перевозочным процессом, и локомотивные бригады, находящиеся на его участке.

Поездной диспетчер обеспечивает движение поездов и местную работу в соответствии с графиком движения поездов и планом перевозок при соблюдении всех норм безопасности.

В обязанности ДНЦ входит:

1. Текущее планирование движения подвижных единиц – создание плана пропуска поездов в соответствии с нормативными данными и их изменение;
2. Регулирование железнодорожных перевозок путем своевременной выдачи приказов для выполнения нормативного графика с учетом появляющихся изменений:
 - ускорение движения поезда по сравнению с графиком;
 - изменение мест обгона и скрещения поездов;
 - передвижение по неправильному пути.
3. Проведение анализа, который предусматривает сравнение полученного результата с планом.

В случае отставания поезда от показателей, установленных графиком, ДНЦ приходится решать вопрос о возвращении его передвижений по запланированной схеме. ДНЦ обменивается оперативной информацией с диспетчерами других участков о подходе поездов, передает информацию о вагонах и локомотивах. Также диспетчер организует своевременную доставку порожних вагонов на станцию, оперативный вывоз уже загруженных и сформированных составов. Занимается он и маневровой работой, передавая соответствующие указания станционным диспетчерам. Станционные диспетчера обмениваются оперативной информацией с другими станционными диспетчерами на участке. Также станционные диспетчера должны придерживаться плана, составленного ДНЦ и передавать информацию о своих решениях и текущей обстановке ДНЦ.

В основные обязанности станционного диспетчера входит:

1. Оперативное руководство и координация единой сменой станции;
2. Планирование и корректировка плана работы станции;
3. Руководство парками приема, сортировки и отправления.

Основная цель мониторинга качества решений - повышение качества функционирования объекта путем выявления «плохих» решений, выяснения и устранения причин «плохих» решений. При оценке качества решений необходимо соблюдать следующие требования:

Для получения оценки следует использовать один (или совокупность) показателей, характеризующей управляемый объект (район управле-

ния, если оценивается качество решения, принятого поездным диспетчером; диспетчерский участок, если оценивается решение станционного диспетчера);

Оценка определяется по установленному интервалу времени (смена, сутки и т.д.), на котором имеется n решений, связанных с управлением объектом, причем проверяемое решение является первым [2]. Интервал оценивания продемонстрирован на рис. 1.2.;

Оценка качества решения x_1 не должна зависеть от других решений при управлении объектом, принятых на интервале оценивания.

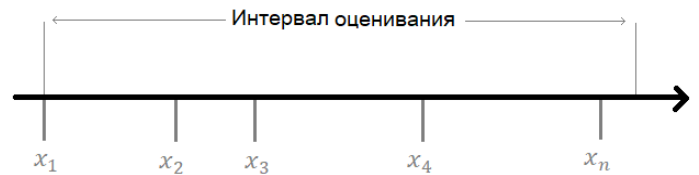


Рисунок 1.2 Интервал оценивания

Оценку качества решений станционных диспетчеров предложено осуществлять на основе следующего показателя: суммарная задержка Q отправления поездов с диспетчерского участка, к которому относится данная станция, на другие участки в течение интервала времени, выбранного для оценки решений. При этом задержка рассматривается по отношению к графику движения поездов, установленного поездным диспетчером. Величина суммарной задержки будет зависеть, в общем случае, от всех решений, т.е. $Q(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Показатель W_1 качества решения x_1^* введем следующим образом:

$$W_1 = \begin{cases} 1 - \frac{\Delta Q(x_1^*)}{C}, & \text{при } \Delta Q(x_1^*) < C \\ 0, & \text{при } \Delta Q(x_1^*) \geq C \end{cases}$$

В выражении (1) C — это максимально допустимая суммарная задержка отправления поездов с данного диспетчерского участка на другие участки в течение интервала времени, выбранного для оценки решений.

Величина $\Delta Q(x_1^*)$ в (1) определяет потери качества функционирования объекта, обусловленные решением x_1^* :

$$\Delta Q(x_1^*) = \min_{x_2} Q(x_1^*, x_2, \dots, x_n) - \min_{x_1, x_2} Q(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Информация, необходимая для принятия решений в управлении железнодорожным транспортом, поступает от специализированных информационных систем, таких как Автоматизированная Система Управления Скоростью и Трафиком (АСУСТ), Единая модель данных перевозочного процесса (ЕМД ПП), а также ГИД и другие. Эти системы обеспечивают диспетчеров актуальными данными, необходимыми для формирования графиков движения поездов и управления работой станций. Однако, стоит отметить,

что данные, используемые для оценки качества принятых решений, могут отличаться от тех, на основе которых эти решения принимались. Оценка качества осуществляется в режиме off-line по завершении заданного интервала времени, что позволяет проанализировать эффективность работы диспетчерского участка и выявить возможные недостатки, в том числе, недостаточную достоверность данных, на основе которых принимались решения.

Для решения оптимизационных задач при вычислении величины $\Delta Q(x_1^*)$ может быть использована имитационная модель диспетчерского участка, которая позволяет смоделировать различные сценарии движения поездов и взаимодействия между диспетчерами.

Для реализации рассмотренного метода оценки качества решений требуется специализированное программное обеспечение (ПО), структура которого представлена на рис. 1.3.

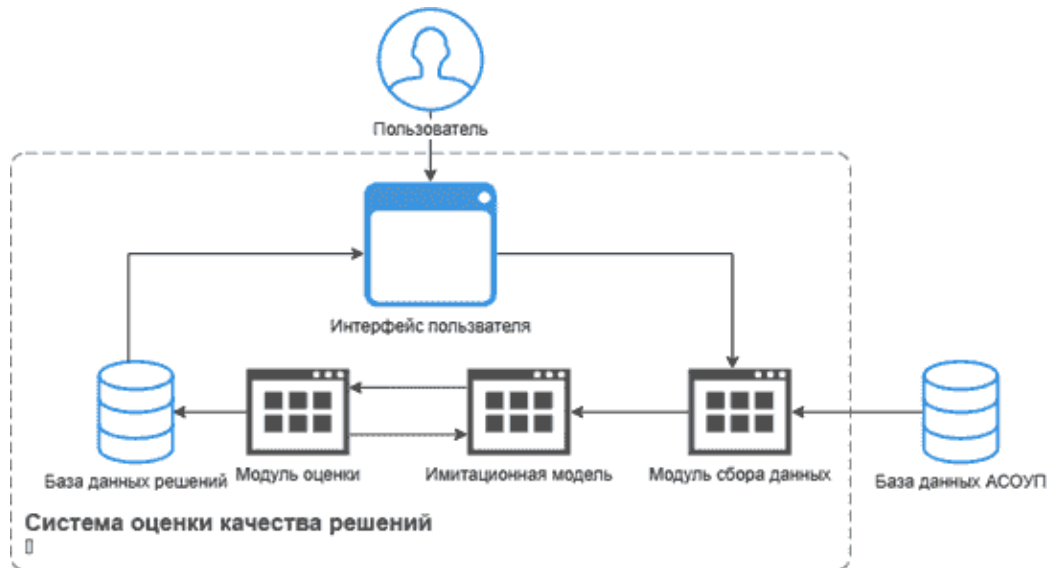


Рисунок 1.3. Структура программного обеспечения системы оценки качества решений при управлении диспетчерским участком

Для развертывания данного программного обеспечения требуется архитектура с «толстым» сервером и «тонким» клиентом. Это обусловлено тем, что информационная система (ИС) обрабатывает значительные объемы данных и предъявляет высокие требования к аппаратным ресурсам из-за интенсивных вычислений.

В данной системе пользователь через интерфейс выбирает решение, которое необходимо оценить. После этого активируется модуль сбора данных, который извлекает необходимые для анализа сведения из базы данных ЕМД ПП. Эта база данных содержит информацию о всех операциях, связанных с движением поездов, включая формирование, расформирование, проследование и остановку на станциях. Данные отбираются в зависимости от анализируемого участка железной дороги и заданного периода времени, поскольку база данных охватывает информацию по всем маршрутам ОАО РЖД за последние шесть месяцев.

После выбора данных подключается модуль имитационной модели. Этот модуль моделирует работу выбранного участка железной дороги, учитывая различные вариации рассматриваемого решения. На этом этапе проводятся многочисленные симуляции, результаты которых сохраняются для дальнейшего анализа. Имитационная модель используется при решении оптимизационных задач (см. (2)).

Затем вступает в действие модуль оценки ре-

шений. Он использует методику, основанную на формулах (1) и (2), для анализа влияния принятого решения на функционирование участка в целом. Модуль также рассматривает альтернативные варианты решений, которые могли бы быть приняты вместо рассматриваемого. Полученные результаты сохраняются в отдельной базе данных. В конечном итоге пользователь получает отчет, содержащий оценку рассматриваемого решения, а также сравнительный анализ альтернативных вариантов. Это позволяет глубже понять последствия принятых решений и выбрать оптимальный путь дальнейших действий.

В процессе работы программного обеспечения будут получены оценки исследуемых решений, и некоторые из них могут оказаться «неудовлетворительными». Выявление причин таких «неудач» должно стать одной из задач системы мониторинга качества решений. Следует отметить, что факторами, способствующими «плохим» решениям, могут быть:

1. Некорректные исходные данные;
2. Неадекватность математической модели (при поиске решений с помощью математической модели);
3. Неучтенные внешние факторы;
4. Влияние человеческого фактора:
 - субъективность решений (несоответствие критериям качества функционирования объекта);
 - недостатки в должностных инструкциях.

Таким образом, представлен подход к оцен-

ке качества решений в иерархических системах управления, предложен критерий для оценки решений, принимаемых станционными диспетчерами при управлении движением на диспетчерском участке, а также разработана технология оценивания и структура программного обеспечения системы оценки качества решений.

2. Текущее состояние и направления развития систем и средств радиосвязи для обеспечения технологических процессов для вождения поездов в режиме «Виртуальная сцепка»

Авторы: **Вериго А.М., Шурдак А.В.** По материалам заочного заседания Секции 6. «Системы телекоммуникаций и передачи данных» НТС АО «НИИАС» от 29.07.2024.

На заседании отмечено, что в настоящее время на Восточном полигоне применяется технология вождения поездов в режиме «виртуальная сцепка» с использованием установленных на локомотивах радиомодемов «М-ЛИНК». Применяемое решение по радиоканалу имеет ограничения по допустимой удаленности поездов друг от друга, при которой передача данных осуществляется с требуемым качеством, отсутствует возможность автоматизированного назначения адресов локомотивам в составе ВСЦ при передаче информации.

При использовании радиосредств системы DMR взаимодействие поездов при движении по технологии «виртуальная сцепка» осуществляется через установленные на них локомотивные радиостанции передачи данных радиомодемы DMR и стационарные базовые станции цифровой системы технологической радиосвязи стандарта DMR (далее ЦСТР DMR).

Преимуществами применения системы DMR, помимо улучшенных условий по радиопокрытию, являются также возможность централизованного управления, применение единых унифицированных согласованных алгоритмов и протоколов передачи данных, единой архитектуры, использования единых конструктивных и аппаратно-программных решений, масштабируемость системы, производство оборудования несколькими производителями, интероперабельность оборудования различных производителей, возможность проведения удаленного мониторинга и администрирования оборудования.

Для реализации «Комплексного плана развития инфраструктуры связи, оснащения локомотивного парка и приобретения окончательного и абонентского оборудования беспроводных сетей передачи данных для внедрения технологии интервального регулирования движения поездов «виртуальная сцепка» на Восточном полигоне до 2025 года» разработано технико-экономическое обоснование, определяющее организацию ЦСТР DMR в границах четырех железных дорог (Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной).

Внедрение системы цифровой радиосвязи стандарта DMR не отрицает наличие радиоканала,

организованного на радиомодемах М-ЛИНК, а дополняет его. Радиомодемы М-ЛИНК после внедрения системы стандарта DMR не подлежат демонтажу. Наличие двух радиоканалов передачи данных значительно увеличивает надежность и является условием обеспечения устойчивой радиосвязи и безопасности движения поездов.

В настоящее время ведется доработка радиомодемов М-ЛИНК до функциональности, обеспечивающей его работу в режимах прямого взаимодействия локомотивов и в режиме взаимодействия локомотивов через систему DMR.

В качестве первоочередных вопросов отмечена необходимость обеспечить оперативный контроль за доработкой и проведением испытаний радиомодема М-ЛИНК в режиме взаимодействия через систему DMR и проработать вопрос реализации режима «виртуальная сцепка» с использованием системы LTE.

3. Применение сетей LPWAN для задач диагностики инфраструктуры. Текущее состояние и перспективы развития в ОАО «РЖД». Проблемы разработки ЧТП для систем DMR на ВСЖМ-1 в условиях ограничения частотного ресурса в полосах частот в диапазоне 151,725-154,000 и 155,000-156,000МГц

Авторы: **Вериго А.М., Шурдак А.В.** По материалам заочного заседания Секции 6. «Системы телекоммуникаций и передачи данных» НТС АО «НИИАС» от 17.09.2024.

В части применения сетей LPWAN для задач диагностики инфраструктуры отмечено, что Ростовским филиалом АО «НИИАС» в течение 6 лет выполняется комплекс работ, направленных на реализацию промышленного интернета в интересах различных служб ОАО «РЖД».

Разработаны технические решения по вариантам организации радиоканалов, в частности, использованию технологии LoRa и выбору источников питания датчиков и радиомодемов, действующих в условиях железнодорожного транспорта и др.

Разработана архитектура и программное обеспечение, обеспечивающее реализацию управления и съема информации с большого числа датчиков различной принадлежности (SMART).

Реализованы сети промышленного интернета в интересах различных служб, включая:

- контроль прохода подвижного состава (колеса);
- контроль состояния технических средств в технологии «умный вокзал»;
- контроль пешеходных переходов и др.

Всего в эксплуатации в настоящее время находятся порядка 5000 датчиков.

Учитывая вышеизложенное признано целесообразным объединить полученные результаты в единый технологический комплекс, обеспечивающий интеграцию технологий промышленного интернета различных служб. В качестве объекта реализации может рассматриваться одна из крупных сортировочных станций и ВСЖМ1 с ориентацией на комплексное использование дан-

ной технологии с перспективной системой радиосвязи на основе LTE. Для обеспечения решения этих задач требуется подготовка и утверждение технических документов (например, технические требования, типовые материалы для проектирования) на систему промышленного интернета ОАО «РЖД».

В части проблем разработки ЧТП для систем DMR на ВСЖМ-1 в условиях ограничения частотного ресурса в полосах частот в диапазоне 151,725-154,000 и 155,000-156,000 МГц отмечена роль института «Гипротрансигналсвязь», который выполняет проектирование сетей радиосвязи для ВСМ.

Отмечена отрицательная для ОАО «РЖД» тенденция по вытеснению железнодорожного транспорта из частотного диапазона 160 МГц, широко используемого на станциях и для организации поездной радиосвязи, откуда следует, что учитывая, что ответственным за решение вопросов по использования частотных ресурсов в ОАО «РЖД» является ЦСС, целесообразно АО «НИИ-АС» следить за развитием событий по данному вопросу и стараться обеспечить необходимую поддержку ГТСС при проектировании ВСЖМ-1.

4. Метод обеспечения безопасности сложных систем в условиях воздействия неблагоприятных факторов и событий

Автор: **Филимонюк Л.Ю.** (ИПУ РАН). По материалам заседания постоянно действующего в рамках Секции 7. «Управление активами, надёжностью и рисками» семинара ИМАШ РАН-НИИАС (с участием МИИТ и ИПУ РАН) 18.10.2024

В ходе исследований проведен системный анализ проблемы обеспечения безопасности функционирования авиационных транспортных систем при управлении в условиях критических сочетаний событий на различных временных интервалах. Предложена классификация критических сочетаний событий в авиационных транспортных системах, необходимая для корректной структуризации и систематизации различных аспектов проблемы обеспечения безопасности авиационных систем. Разработаны математические методы и модели, позволяющие определить вероятности возникновения опасных сочетаний событий в процессе функционирования авиационных транспортных систем для различных классов критических ситуаций, а также прогнозировать его динамику.

Постоянное обеспечение, поддержание и неуклонное повышение уровня безопасности функционирования авиационных транспортных систем (АТС) играют огромную роль для воздушного транспорта, необходимого для устойчивого экономического и социального развития России и мира в целом. В авиационной отрасли, которая напрямую или опосредованно обеспечивает занятость более 56 миллионов человек, обеспечивает вклад около 2 триллионов долларов США в мировой валовой внутренний продукт и осуществляет перевозку более 2500 миллионов пассажиров и грузов общей стоимостью более 5 триллионов долларов США в год, поддержание безопасности полетов является одной из приоритетных задач (рис. 4.1).



Рисунок 4.1. Структура безопасности АТС

Глобальный план обеспечения безопасности полетов, предусматривает реализацию целей в области обеспечения безопасности полета на уровне государства и на уровне авиационно-транспортных систем. Это связано с тем обстоятельством, что отдельные компоненты АТС, в первую очередь воздушные суда, уже достигли такого уровня надежности и безопасности, что дальнейшее повышение безопасности полетов, главным образом, определяется на уровне сочетаний процессов в АТС и международных организаций регулирования и управления ими. Актуальной является в первую очередь задача обеспечения безопасности авиационных транспортных систем в целом, а не только безопасности воздушного судна (ВС).

Долгосрочная цель этих действий направлена на внедрение моделей и методов обеспечения безопасности, которые интегрированы в авиационные транспортные системы будущего. Постоянный рост международной авиационной транспортной системы требует создания более широких возможностей для обеспечения безопасности полетов, позволяющих учесть человеческий фактор, а также критические сочетания событий в АТС.

Причиной большинства аварий и катастроф являются сочетания разнородных неблагоприятных событий: воздействий среды, отказов техники, сбоев программного обеспечения, ошибок персонала. При этом по отдельности такие события, как правило, не приводят к авариям и могут не

выделяться из ряда устранимых отказов и неблагоприятных воздействий, обычно сопровождающих функционирование человеко-машинных систем. Однако в некоторых случаях эти события сочетаются таким образом, что парировать их не удается, что в конечном итоге приводит к авариям и катастрофам. Такие сочетания называются критическими сочетаниям событий (КСС). Возникновение таких сочетаний является проблемой, существенно снижающей безопасность авиационного транспорта. Решение этой проблемы требует математического обеспечения в виде моделей, методов и комплексов программ для анализа и предотвращения критических сочетаний событий.

Общая схема причинно-следственной связи [3], показывающая ее основные компоненты, изображена на рис. 4.2.

По итогам анализа теоретических и практических разработок систем обеспечения безопасности сложных систем можно сделать вывод о том, что в настоящее время практически отсутствуют автоматизированные комплексы, позволяющие определять вероятность критических сочетаний событий и рекомендации по их предотвращению в процессе функционирования АТС.

Неблагоприятные события могут быть как следствием внутрисистемных факторов, так и внешних воздействий, и образуют причинно-следственные цепочки, в общем виде схематично представленные в пространстве состояний на рис. 4.3 [4].

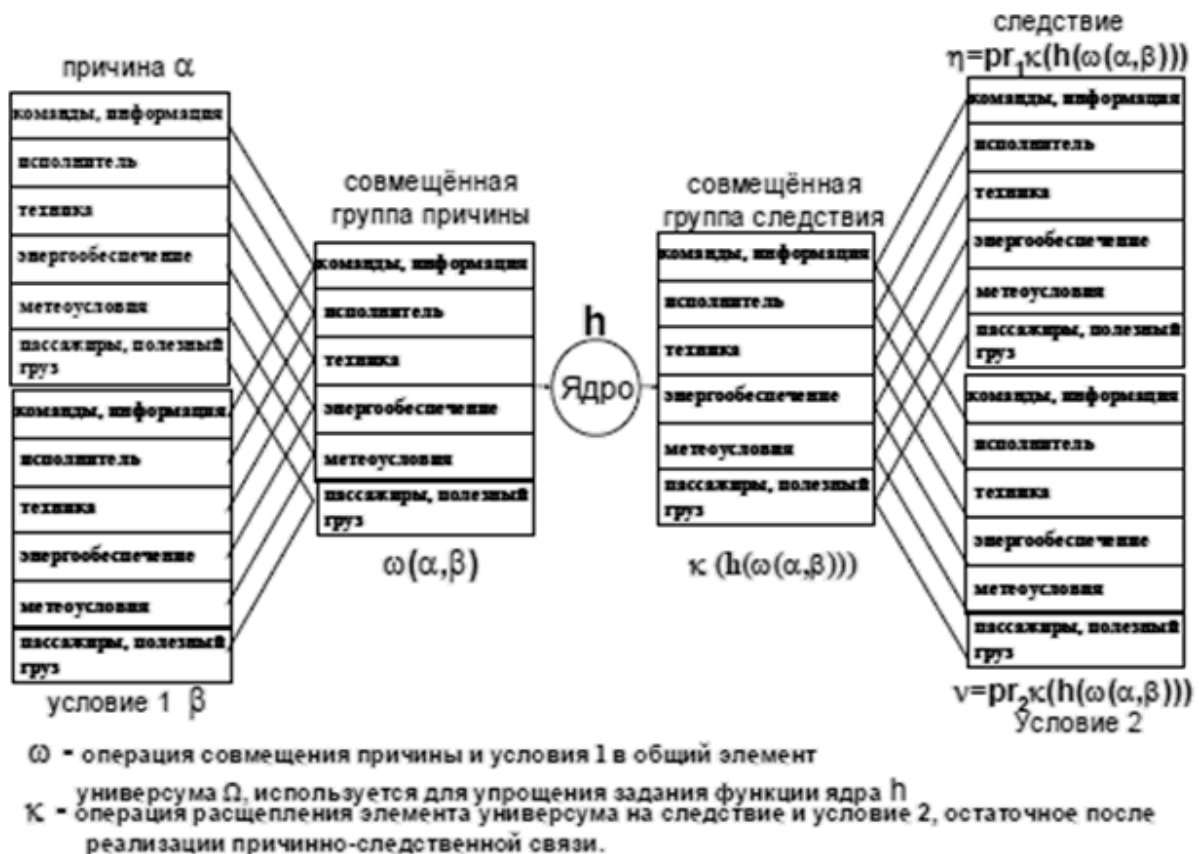


Рисунок 4.2. Схема интерпретации структуры причинно-следственной связи событий

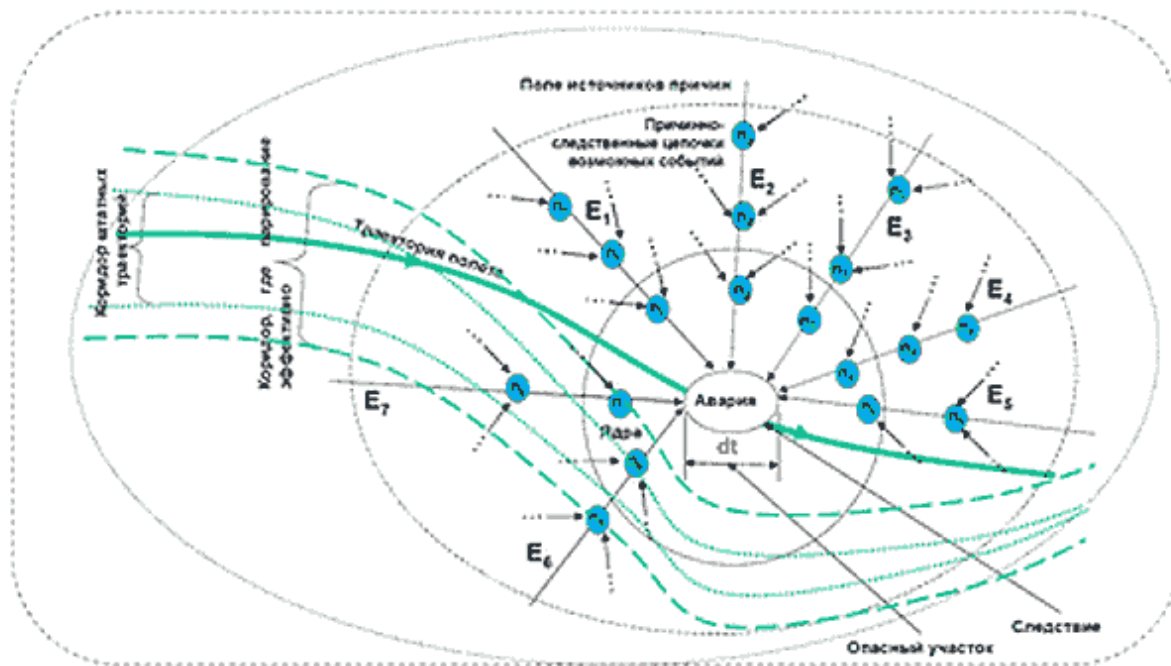


Рисунок 4.3. Критическое сочетание событий в АТС

Системы, рассматриваемые в научных публикациях и технической документации, позволяют получать совокупности сигналов об отдельных неблагоприятных событиях, как правило, без анализа общего эффекта возникновения этих событий. Подходы, в которых такой анализ частично присутствует, существуют, однако они ранее не применялись в авиационной отрасли на этапе функционирования сложных систем. Кроме этого, в большинстве случаев результатом применения таких подходов является статистическая оценка без численных рекомендаций по уменьшению вероятности возникновения критических ситуаций. Это обуславливает актуальность темы исследования, выбор целей и задач работы, а также новизну разработанного математического обеспечения, которое может быть использовано для создания перспективных систем с целью обеспечения безопасности АТС при управлении в условиях возникновения критических сочетаний событий [5].

Решение задачи обеспечения безопасности авиационных транспортных систем при управлении в условиях критических сочетаний событий имеет важнейшее значение и позволяет реализовать единый комплекс моделей, методов, алгоритмов и комплексов программ, применение которых позволяет обеспечить безопасность функционирования авиационных транспортных систем за счет предотвращения критических сочетаний событий.

Основные результаты работы, доложенные на семинаре:

1. Результаты системного анализа проблемы обеспечения безопасности функционирования авиационных транспортных систем, позволившие выполнить постановку задачи обеспечения безопасности авиационных транспортных систем в условиях критических сочетаний событий, разработаны методы и модели ее решения.

2. Результаты комплексного анализа проблемы человеческого фактора в авиационных транспортных системах, показавшие, что человеческий фактор является одной из основных причин возникновения аварий и катастроф.

3. Разработанные автором основные положения причинно-следственного описания критических сочетаний событий в авиационных транспортных системах, включая подход к формализации и классификация этих процессов функционирования авиационных транспортных систем.

4. Признаки критических сочетаний событий и их классы, использование которых позволяет облегчить анализ аварийных ситуаций в процессе функционирования авиационных транспортных систем, а также определить возможность возникновения маловероятных аварий и критических сочетаний событий.

5. Классификация критических сочетаний стечений событий в авиационных транспортных системах, необходимая для корректной структуризации и систематизации различных аспектов проблемы обеспечения безопасности авиационных транспортных систем.

6. Методы для формализации критических сочетаний событий с помощью ресурсного подхода, а также схема влияния недостатка ресурсов на безопасность авиационной транспортной системы, а также частные и комплексные условия безопасности функционирования авиационной транспортной системы.

7. Постановка задачи управления авиационной транспортной системой по предложенному и обоснованному критерию безопасности. Установлено, что для ее решения необходимо разработать математические модели, численные методы, алгоритмы и комплексы программ, позволяющие осуществить оптимизацию целевой функции, характеризующей безопасность авиационных транспортных систем на различных временных

интервалах.

8. Математические модели, позволяющие определить вероятности возникновения критических сочетаний событий в процессе функционирования авиационных транспортных систем с помощью решения систем дифференциальных уравнений для различных классов критических сочетаний событий, что позволяет обеспечить безопасность авиационных транспортных систем.

9. Информационно-логическая схема, позволяющая проиллюстрировать функционирование разработанных математических моделей и методов на различных временных интервалах.

10. Структура автоматизированной информационной управляющей системы, позволяющей оценивать степень угрозы для безопасности авиационных транспортных систем при возникновении событий нарушения функционирования отдельных их частей и вырабатывать корректирующие действия для предотвращения возникновения аварийных или катастрофических ситуаций в авиационных транспортных системах.

11. Комплекс математических моделей, позволяющих осуществлять прогнозирование значимых показателей авиационной безопасности на основе аппарата системной динамики с помощью которых можно выявить тенденции изменения значений показателей авиационной безопасности и использовать их при принятии управленческих решений.

12. Решение задачи обеспечения безопасности авиационной транспортной системы путем предотвращения критических сочетаний событий для ситуации пожара в двигателе воздушного судна, включая результаты численных экспериментов по определению необходимых интенсивностей устранения технических неисправностей и ошибок пилотов воздушного судна, составляющих критические сочетания событий.

Перспективы дальнейших исследований по данной теме, как отмечено автором, состоят в разработке, совершенствовании и внедрении моделей и методов для неуклонного повышения авиационной безопасности, которые будут интегрированы в перспективные авиационные транспортные системы. Новые методы рекомендуется использовать при создании моделей надежности и безопасности перспективных воздушных судов для подтверждения их соответствия требованиям по надежности и безопасности полетов.

Стоит также отметить, что несмотря на выбранную автором доклада авиационную область применения разработанных методов и алгоритмов, предлагаемые им подходы к классификации и оценке критических для функционирования выбранного объекта исследования событий применимы к анализу похожих по характеру проявления и природе событий на железнодорожном транспорте.

5. Научно-практические проблемы нормативного регулирования в области функциональной безопасности и защите информации микропроцессорных устройств и систем

железнодорожной автоматики и телемеханики в ОАО «НИИАС»

Автор: **Сабанов А.Г., Безродный Б.Ф., Бабаев Д. И.** По материалам заседания Секции 8. «Информационная и кибербезопасность» НТС АО «НИИАС» от 28.10.2024.

Заслушаны и обсуждены три доклада, посвященные определению соотношения требований, методов и средств функциональной и информационной безопасности АСУ ТП ЖТ в зависимости от актуальных моделей угроз:

- доклад «Обзор стандартов по функциональной безопасности и перспективы их развития» (докладчик Сабанов А. Г., д.т.н., главный эксперт НТК ТИО АО «НИИАС»), в котором приведен обзор стандартов по функциональной безопасности [6, 7], сделан акцент на отражение в стандартах последнего пятилетия соотношения требований функциональной безопасности и защиты информации для систем верхнего уровня управления технологическими процессами;

- доклад «Аспекты координации функциональной безопасности и информационной безопасности» (докладчик Бабаев Д. И., руководитель отдела по работе с корпоративными клиентами «Лаборатории Касперского»), в котором приведены аспекты высокоуровневой координации требований функциональной безопасности и защиты информации на основе анализа рисков и модели угроз (см. также [8]);

- доклад «Порядок оценки выполнения требований по защите информации микропроцессорных устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики» (докладчик Безродный Б.Ф., д.т.н., заместитель начальника центра кибербезопасности - начальник отдела) [9, 10].

В результате дискуссии решено отметить общее понимание, что на низовом уровне управления, на котором производится управление движением поездов, приоритет отдается функциональной безопасности. Реализация мер по защите информации на низовом уровне управления не должна препятствовать выполнению функций безопасности.

На среднем уровне управления, на котором функционируют распределенные и разнесенные в пространстве системы управления движением поездов, приоритет в обеспечении безопасности систем определяется рисками нарушения функций безопасности и угрозами безопасности информации. При этом устанавливаемые системы защиты информации не должны снижать эффективность функций безопасности, в то же время функции безопасности не должны оказывать негативного влияния на выполнение требований защиты информации системы.

Соответственно, на верхнем уровне управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте системами АСУ ТП ЖТ приоритет в обеспечении безопасности систем должен отдаваться информационной безопасности. При этом, на верхнем уровне управления установленные и настроенные средства защиты информации не должны оказывать отрицательного влияния на

штатный режим функционирования автоматизированных систем управления.

Отмечено, что в случае обработки информации ограниченного доступа перечень рассматриваемых угроз безопасности АСУ ЖТ должен включать в себя угрозы утечки информации ограниченного доступа.

Предложено организовать сбор предложений от членов секции №8 НТС по развитию системы корпоративных стандартов СТО «РЖД» в части обеспечения безопасности функционирования АСУ ТП ЖТ. Обсуждение поступивших предложений запланировать к рассмотрению на одном из ближайших заседаний секции № 8 НТС АО «НИИАС». Прошедшие обсуждения предложения направить в департамент Технической политики ОАО «РЖД».

Также необходимо разработать предложения по нормативной оценке соответствия АСУ ТП ЖТ требованиям функциональной безопасности и организовать работу по созданию Органа системы добровольной сертификации на железнодорожном транспорте по требованиям функциональной

безопасности в соответствии с документами ТК 65. Контроль за выполнением указанных вопросов возложить на руководство секции № 1 НТС АО «НИИАС».

Одним из основных механизмов оценки соответствия требованиям защиты информации и отсутствия недеklarированных возможностей должна выступать созданная система добровольной сертификации ОАО «РЖД» с областью сертификации «Информационная безопасность» (СДС ИБ РЖД). Для этого целесообразно расширить область применения СДС ИБ РЖД с помощью разработки группы технических требований и стандартов, с применением которых проводить указанные оценки соответствия.

Участники заседания рекомендовали НТК ТИО совместно с Санкт-Петербургским филиалом подготовить концепцию системы обеспечения и оценивания безопасного функционирования АСУ ТП ЖТ с искусственным интеллектом, рассмотрение которой планируется на секциях № 1, № 7 и № 8 НТС АО «НИИАС» в первом полугодии 2025 г.

Список литературы

1. Положение о диспетчерском управлении движением поездов в ОАО РЖД. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901972483>
2. Лецкий Э.К., Игнатов В.Е. Аналитика систем управления. – В сб. Цифровая трансформация транспорта: проблемы и перспективы. – Москва: 2021. с. 238-242.
3. Филимонюк, Л.Ю. Причинно-следственный подход к анализу критических ситуаций в сложных человеко-машинных системах / Л.Ю. Филимонюк // Материалы Всероссийской научной конференции с Международным участием «Проблемы критических ситуаций в точной механике и управлении». – Саратов: ООО Издательский Центр «Наука», 2013. – С. 113 - 116.
4. Новожилов, Г.В. Проблема критических сочетаний событий в системе «экипаж – воздушное судно – диспетчер» / Г.В. Новожилов, А.Ф. Резчиков, М.С. Неймарк, Л.Г. Цесарский, А.С. Богомол, Л.Ю. Филимонюк // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». – 2015. – №2. – С. 10-16.
5. Филимонюк Л.Ю. Системный анализ, модели и методы обеспечения безопасности авиационных транспортных систем при управлении в условиях критических сочетаний событий : диссертация ... доктора технических наук : 05.13.01 / Филимонюк Леонид Юрьевич; [Место защиты: Сарат. гос. техн. ун-т им. Гагарина Ю.А.]. – Саратов, 2017. – 312 с.: ил.
6. Колчин А.Ф., Якимов О.С. Состояние и перспективы развития нормативного обеспечения в области функциональной безопасности // Надежность. 2017. №3. С. 58-62. DOI: 10.21683/1729-2646-2017-17-3-58-62.
7. Рязанов В. Ю. Анализ нормативной базы по подтверждению соответствия требованиям функциональной безопасности микропроцессорных систем железнодорожной автоматики // Автоматика на транспорте. 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-normativnoy-bazy-podtverzheniyu-sootvetstviya-trebovaniyam-funktsionalnoy-bezopasnosti-mikroprotsessornyh-sistem> (дата обращения: 19.11.2024).
8. Скляр В. Функциональная безопасность – старшая сестра информационной безопасности, Часть 1 из 7. <https://habr.com/ru/articles/308634/> (дата обращения: 19.11.2024).
9. Горелик А. В., Неваров П. А., Тарадин Н. А. Методы анализа эксплуатационной надёжности и безопасности систем железнодорожной автоматики и телемеханики // НиКа. 2009. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-analiza-ekspluatatsionnoy-nadyozhnosti-i-bezopasnosti-sistem-zheleznodorozhnoy-avtomatiki-i-telemehaniki> (дата обращения: 19.11.2024).
10. Тарадин, Николай Александрович. Методы оценки безопасности функционирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики: диссертация ... кандидата технических наук: 05.22.08 / Тарадин Николай Александрович; [Место защиты: Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ) МПС РФ]. – Москва, 2010. – 209 с.: ил.