

На правах рукописи



Хижняк Марина Александровна

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ
ДЕЖУРНОГО ПО СТАНЦИИ (ДСП)**

Специальность 2.9.4. Управление процессами перевозок
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Самара – 2021 г.

Работа выполнена в научном центре «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения» акционерного общества «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»).

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
СОТНИКОВ Евгений Александрович

Официальные оппоненты:

Бородин Андрей Федорович, доктор технических наук, профессор, акционерное общество «Институт экономики и развития транспорта», начальник отдела «Технологического обеспечения автоматизированных систем отделения эксплуатации железных дорог и взаимодействия транспортных систем».

Югринна Ольга Павловна, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения», доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой».

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I».

Защита состоится «28» декабря 2021 г., в 11:00 на заседании диссертационного совета 44.2.006.01 (Д 218.011.02) на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения» по адресу: 443066, г. Самара, ул. Свободы, ул. 2В, ауд. 5216.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения». Адрес сайта, на котором размещена диссертация и автореферат: <https://www.samgups.ru>.

Автореферат разослан «17» ноября 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент



Исайчева Алевтина Геннадьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Сеть железнодорожного транспорта является сложным динамическим объектом, управление которым требует использование автоматизированных информационных систем, которые из средства информационной поддержки управления стали основными элементами общей системы управления железнодорожным транспортом. Частью такой системы являются автоматизированные системы управления станциями (Далее – АСУСТ).

За последнее десятилетие АСУСТ на основе реализации внутриотраслевых бизнес стратегий ОАО «РЖД» и роста требований, предъявляемых к системам управления, сделали большой скачок в своем развитии. Современные АСУСТ стали многофункциональными системами реального времени по выполнению технологических процессов поездной, маневровой и грузовой работы станций, с учетом их взаимодействия с прилегающими участками и подъездными путями.

Однако, несмотря на развитость современных АСУСТ, их основной функцией остается сбор, хранение и выдача данных пользователям системы. Пользователи системы самостоятельно выполняют анализ полученной информации и принимают различные управленческие решения на основе своих знаний и профессионального опыта.

Избыточная и несистематизированная выдача большого количества данных пользователям системы (виде справок, отчетов, пометок и т.п.), хотя и позволяет ориентироваться в динамично изменяющихся оперативных событиях, но требует значительных затрат времени для ее освоения. Поэтому одной из причин ошибок в работе, вызывающих сбои в выполнении станционных технологических процессов является недостаток времени, не позволяющий правильно и своевременного проанализировать такой объем информации.

Кроме того, концентрация перевозок на загруженных направлениях сети, совершенствование методов и технологий управления станционными процессами, развитие устройств СЦБ и других станционных технических средств вызывают все более интенсивный темп станционной работы. Особенно актуальной становится задача интеллектуализации процесса принятия оперативных управляющих решений (ОУР) в условиях сокращения времени на принятие оперативных решений и, соответственно, на обработку получаемой информации. Своевременные и рациональные ОУР, принимаемые дежурными по станции (ДСП), являются основой успешного выполнения станционных технологических процессов реализации поездной и маневровой работы. Поэтому интеллектуализация АСУСТ в части подготовки ОУР для ДСП является особенно актуальной задачей.

Переход АСУСТ к работе в интеллектуальном режиме (АСУСТИ) позволит повысить качество управленческих решений, сократить затраты времени на выполнение и ожидание выполнения технологических операций, и тем самым повысить качество и эффективность работы станций.

Кроме того, целевое состояние процессов корпоративного управления, утвержденное решениями совета директоров и членов правления ОАО «РЖД» в Стратегии цифровой трансформации ОАО «РЖД», характеризуется развитием и

внедрением интеллектуальных технологий, широким применением систем поддержки принятия решений, использующих результаты обработки больших массивов данных.

Степень разработанности темы. Выработка управляющих интеллектуальных решений и интеллектуализация систем управления, как объекта исследований, легли в основу большого количества научных работ.

Предложения по развитию интеллектуальных систем в сфере железнодорожного транспорта представлены в работах Гапановича В.А., Поплавского А.А., Ковалева С.М., Шубинского И.Б., Котенко А.Г., Розенберга Е.Н., Уманского В.И., Шабельникова А.Н., Лиля В.Б., Громова И.Д., Котенко А.Г., Шенфельд К.П. и др. Часть из них посвящена интеллектуализации принятия управляющих решений на станциях.

Несмотря на большое количество работ, множество задач управления конкретными технологическими процессами методик для их решения не имеют. Анализ систем в области управления оперативной работой станций показал, что в настоящее время отсутствуют интеллектуальные механизмы системной выработки оперативных управляющих решений для ДСП.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности работы ДСП за счет интеллектуализации станционных управляющих систем в части автоматической подготовки ОУР ДСП.

В соответствии с этой целью были поставлены следующие теоретические и практические задачи:

– анализ процессов взаимодействия организационно-технологических элементов системы оперативного управления ДСП и функциональных возможностей АСУСТ в части автоматизации управления оперативной работой ДСП. Определение источников интеграции данных в АСУСТ, которые могут быть использованы при автоматизированном формировании ОУР;

– определение параметров, влияющих на выработку ОУР и факторов, учитываемых на практике ДСП при их выработке;

– разработка архитектуры комплекса интеллектуальной автоматизированной системы, обеспечивающей выработку интеллектуальных ОУР для ДСП;

– разработка методики автоматизированного формирования ОУР для ДСП с актуализацией используемых параметров на основе самообучения системы;

– оценка эффективности предложенной методики принятия ОУР.

Объект исследования: технологический процесс оперативного управления станционными процессами по выполнению поездной и маневровой работы, автоматизированное рабочее место ДСП.

Предмет исследования: способы и средства интеллектуализации процесса принятия управленческих решений ДСП.

Методология и методы исследования основаны на применении методов теории управления, системного анализа и математической статистики для определения параметров, участвующих в формировании результирующих решений в оперативной деятельности дежурного станционного персонала.

Научная новизна результатов, полученных в результате выполнения диссертационного исследования, заключается в следующем:

- 1) установлены и научно обоснованы параметры, требующие учета при формировании алгоритмов ОУР для ДСП;
- 2) разработана и обоснована архитектура комплекса интеллектуальной автоматизированной системы, обеспечивающая выработку интеллектуальных ОУР для ДСП;
- 3) разработана методика и алгоритмическая последовательность автоматизированного формирования ОУР с актуализацией используемых параметров на основе самообучения системы.

Теоретическая и практическая значимость работы:

– определены ОУР ДСП, требующие интеллектуализации их подготовки. Проведен анализ функциональных возможностей современных АСУСТ. Определены источники интеграции данных в АСУСТ, которые могут быть использованы при автоматизированном формировании ОУР;

– выполнено обширное натурное обследование условий использования ДСП параметров технологических событий при формировании ОУР, на двух крупных станциях с различным характером работы Челябинск-Главный (сортировочная) и Лужская (грузовая), позволившее сформировать перечень параметров, необходимых в системе АСУСТИ для выработки ОУР;

– определены концептуальные основы интеллектуализации систем управления оперативной работой станций. Разработана архитектура комплекса интеллектуальной автоматизированной системы управления станцией на информационной базе АСУСТ с добавлением универсального интеллектуального модуля (УИМ), в котором выполняются логические и вычислительные процессы по подготовке ОУР для ДСП. Определены подсистемы АСУСТ, используемые в системе АСУСТИ, предложены структурные блоки модуля УИМ;

– разработана процессная модель формирования ОУР. Функционал выработки ОУР включает в себя составляющие – сравнение плановых показателей с их текущими значениями, технико-технологические параметры объектов управления, влияние возмущающих воздействий, параметры размещения подвижных объектах на топологической схеме станции;

– разработаны методические рекомендации и алгоритмическая последовательность выработки ОУР на примере определения очередности выполнения враждебных маршрутов;

– определено, что функции самообучения и обратной связи являются составляющими элементами системы АСУСТИ. Разработана алгоритмическая последовательность использования функции самообучения в модуле УИМ на примере определения продолжительности маневровых передвижений;

– выполнена оценка экономического эффекта интеллектуализации принятия ОУР на основе предложенной методики за счет сокращения текущих расходов станции.

Реализация результатов работы.

Материалы исследования использованы при разработке алгоритмов

формирования управляющих решений для ДСП в системе АСУСТ 2018, а также могут использоваться при дальнейшем развитии автоматизированной системы управления станциями. Практическая значимость диссертации подтверждается:

1) актом о внедрении результатов диссертационного исследования в системе АСУСТ 2018;

2) свидетельством о регистрации программы для ЭВМ: Автоматизированная Система Управления станцией. Очередь 2018 (АСУСТ 2018. Очередь 2018) № 2019618952, 08.07.2019. Заявка №2019617939 от 01.07.2019.

Основные результаты и научные положения, выносимые на защиту:

1) результаты и выводы натурного обследования условий использования параметров, необходимых для выработки ОУР для ДСП, на двух крупных станциях с различным характером работы;

2) архитектура интеллектуальной системы принятия ОУР ДСП, включающая УИМ подготовки ОУР для ДСП;

3) методика и алгоритмическая последовательность автоматизированного формирования ОУР с актуализацией используемых параметров на основе самообучения системы;

4) технико-экономическая оценка предложенной методики интеллектуализации принятия ОУР.

Степень достоверности и апробация результатов работы.

Достоверность научных положений и результатов подтверждена экспериментальными работами и производственной проверкой, показавшей эффективность применения предложенных технологических решений на объекте, а также результатами апробации решений на железнодорожной станции. Эффективность предлагаемых методик решения проверена экспериментальными расчётами, результаты которых приведены в диссертации.

Положения и результаты, полученные в диссертационной работе, обсуждались в 2016-2019 годах на технических совещаниях в Дирекции управления движением, Департаменте информатизации ОАО «РЖД», на Южно-Уральской и Октябрьской железных дорогах.

Основной материал диссертационной работы представлен в научных докладах, которые обсуждались на:

– Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы развития железнодорожного транспорта» в честь 75-летия аспирантуры ВНИИЖТ, 2019 г.

– Конкурсах аспирантов Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта, 2017, 2018 гг. Результаты, содержащиеся в диссертации, были отмечены призовыми местами.

– Ежегодных семинарах и аттестационных советах ВНИИЖТ 2016-2020 гг.

Публикации. Самостоятельно по материалам диссертации опубликовано 5 печатных работ, в том числе 3 работы в научных журналах, входящих в «Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций».

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 135 источников и приложений. Объем работы: 170 страниц основного текста, 3 приложения, 5 таблиц, 47 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определены цель и задачи исследования.

В первой главе выполнен анализ научных разработок в области совершенствования автоматизации управления оперативной работой железнодорожных станций. Систематизированы работы российских и зарубежных авторов, посвященные отдельным аспектам рассматриваемой темы исследования.

Изложены понятия и общие принципы принятия управленческих решений (УР), приведены характеристики отдельных видов УР.

Проведен анализ процессов взаимодействия организационно-технологических элементов системы оперативного управления ДСП с определением ОУР ДСП, требующих интеллектуализации их подготовки. На основе полученной информации ДСП принимает в основном интуитивные ОУР.

Процесс подготовки ОУР ДСП, требующий оперативного учета множества параметров, представлен функционалом:

$$D(\text{ДСП}) = P_{\text{ДСП}}(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (1)$$

где $P_{\text{ДСП}}$ – оператор, учитывающий методы ДСП по принятию ОУР;

X_1, X_2, \dots, X_n – параметры, учитываемые ДСП при принятии управляющего решения.

Набор параметров, влияющих на формирование управляющих решений дежурного по станции для каждого события индивидуален, в тоже время можно выделить ряд ключевых параметров влияющих на управление конкретным технологическим процессом (научное обоснование параметров, требующих учета при формировании алгоритмов ОУР для ДСП представлено в 3 главе на примере технологических задач по определению очередности выполнения враждебных маршрутов).

Анализ функциональных возможностей АСУ станции показал, что основную часть сведений ДСП получает из АСУСТ. Поэтому интеллектуальную систему выработки ОУР (АСУСТИ) целесообразно развивать на базе АСУСТ с введением в АСУСТИ множества параметров, в основном в автоматизированном режиме (источники интеграции данных в АСУСТ, которые могут быть использованы при автоматизированном формировании ОУР, определены во 2 главе). Определены следующие концептуальные основы интеллектуализации систем управления оперативной работой станций:

- использование знаний наиболее опытных ДСП для выработки ОУР;
- использование принципа самообучения управляемой системы;
- возможность воздействия ДСП на характер функционирования системы;
- поддержание диалога ДСП-машина в режиме реального времени с использованием дружественного интерфейса;

– использование накопленного опыта создания системы АСУСТ для ее перехода в новое качество интеллектуальной системы управления.

Во второй главе разработана архитектура интеллектуальной автоматизированной системы для принятия ОУР дежурным по станции – АСУСТИ (рисунок 1). Для ее построения используется информационная база автоматизированной системы управления станциями (АСУСТ) с добавлением универсального интеллектуального модуля (УИМ), в котором выполняются логические и вычислительные процессы по подготовке ОУР для ДСП.

Определены подсистемы АСУСТ, используемые в системе АСУСТИ. Определено необходимое расширение их функций при включении в АСУСТИ. Определен ряд источников интеграции данных, которые могут быть использованы при автоматизированном формировании ОУР в АСУСТИ. Разработана архитектура модуля УИМ (рисунок 2), включающая в себя специализированные блоки выработки ОУР для ДСП.

Архитектура комплекса АСУСТИ оснащенного УИМ построена как замкнутая система с обратной связью, в которой классификационный анализ имеющихся знаний с учетом текущих показаний измерительно-информационных средств обеспечивает параметрическую и структурную настройку управляющих алгоритмов, модификацию программы достижения целей управления, а при необходимости и их коррекцию.

Принятие ОУР в АСУСТИ представлено в виде обобщенного функционала:

$$D_{АСУСТИ} = P(X_0, X_{t1}, X_{t2}, X_{t3}, S_U, S_{ДСП}), \quad (2)$$

где P – оператор, определяющий действия системы управления в соответствии с требуемым методом управления конкретного технологического процесса, например, при выборе очередности выполнения поездных и маневровых маршрутов;

X_0 – постоянная нормативно-справочная информация, корректируемая УИМ на основе реализации функции самообучения системы;

X_{t1} – текущая переменная информация о состоянии объектов управления, поступающая от устройств автоматики в режиме реального времени с реализацией функции ее автоматизированного ввода в программно-вычислительный комплекс системы;

X_{t2} – текущая переменная информация, поступающая от различных автоматизированных систем управления (внешних и внутренних) в режиме реального времени с реализацией функции ее автоматизированного ввода в программно-вычислительный комплекс системы;

X_{t3} – плановые данные, формируемые подсистемами АСУСТ автоматически, а также с участием пользователей различных автоматизированных рабочих мест;

S_U – возмущающие воздействия случайного характера, связанные с

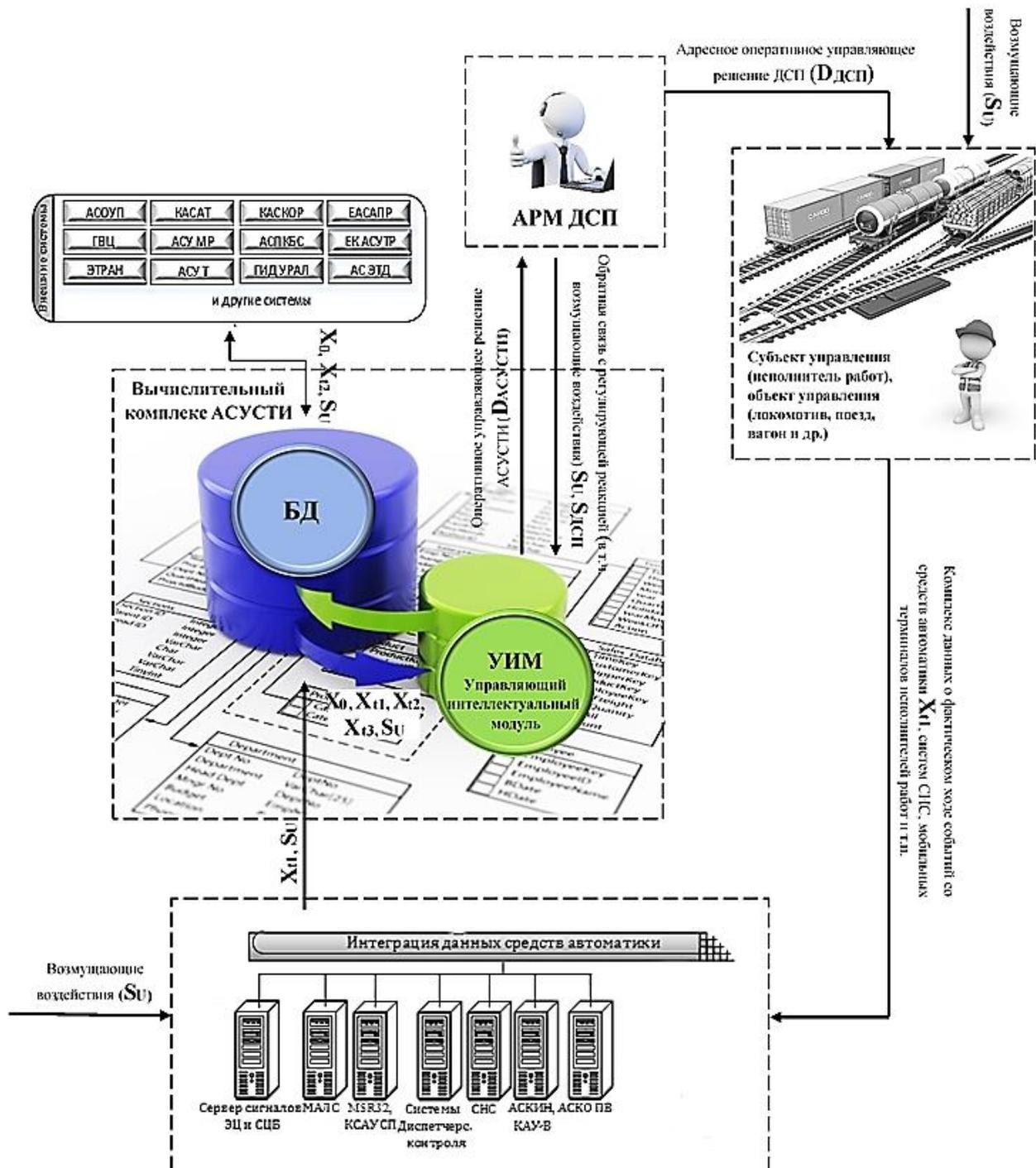


Рисунок 1 – Архитектура АСУСТИ – комплекса АСУСТ оснащенного УИМ

возникающими по различным причинам изменениями в работе станций по сравнению с расчетными условиями, например, закрытие отдельных путей, ограничения скорости и др.;

$S_{ДСП}$ – воздействие ДСП на характер функционирования системы - обратная связь;

$D_{АСУСТИ}$ – оперативное управляющее решение, выработанное системой АСУСТИ.

$D_{ДСП}$ – управляющее решение ДСП;

БД – база данных АСУСТ;

АРМ ДСП – автоматизированное рабочее место дежурного по станции.

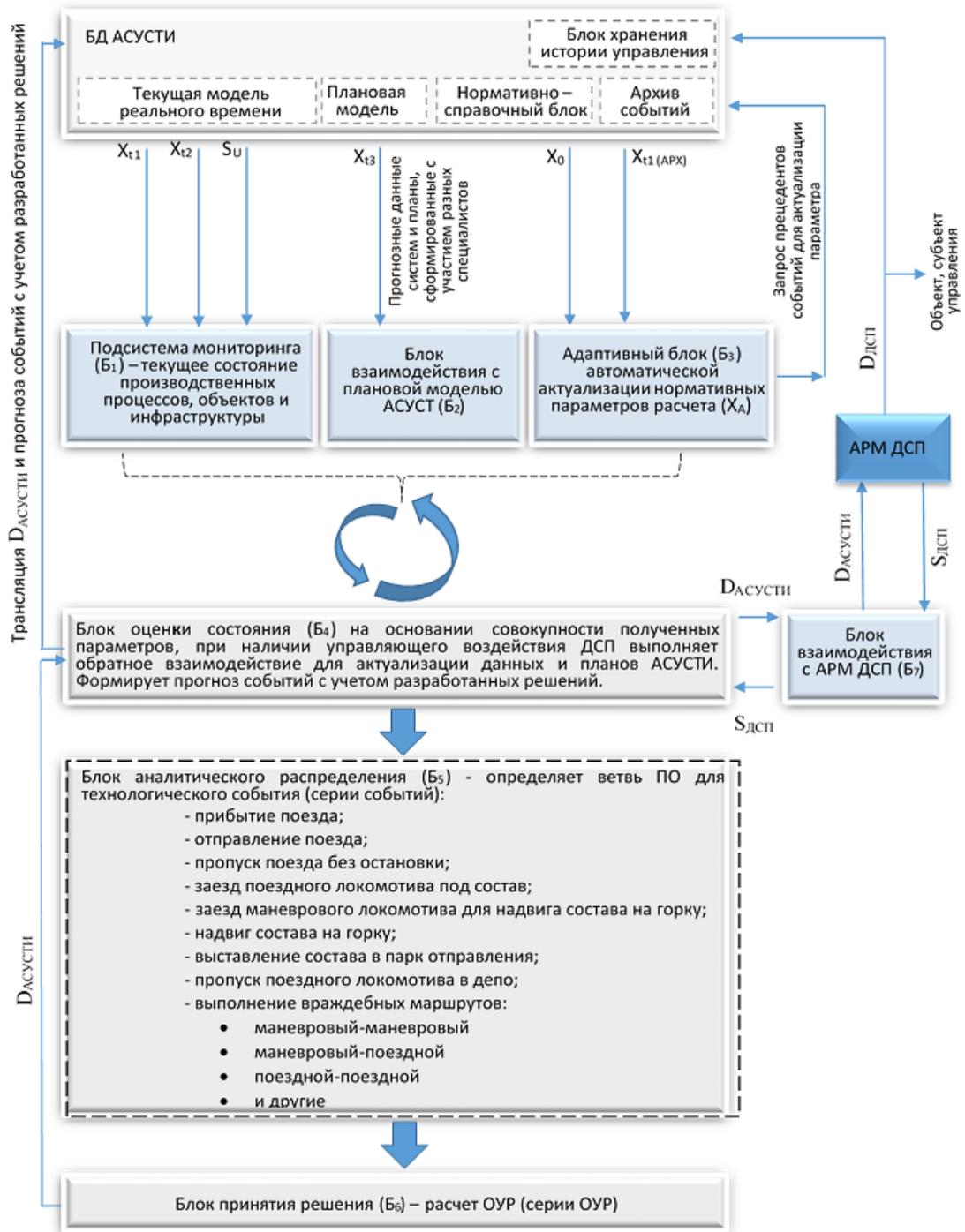


Рисунок 2 – Структура модуля УИМ

На рисунке 2:

– информационные составляющие одинаковы с обозначениями на рисунке 1;

– $X_{t1(АРХ)}$ – архивная информация о состоянии объектов управления;

– X_A – актуализированный параметр, представляющий собой предустановленный (нормативно-справочный X_0) показатель, адаптированный посредством применения элементов самообучения на основании архивной информации $X_{t1(АРХ)}$.

– B_1 – подсистема мониторинга текущего состояния системы;

- Б₂ – блок взаимодействия с плановой моделью работы станции;
- Б₃ – адаптивный блок автоматической актуализации нормативных параметров оснащен алгоритмами самообучения, посредством которых происходит актуализация предустановленных значений нормативно-справочных показателей (X₀). Точность рассчитанного значения (X_A) в большей степени зависит от количества зафиксированных в БД АСУСТИ тождественных показателей (X_{1(АРХ)}), используемых для анализа в качестве прецедентов;
- Б₄ – блок оценки текущего состояния на основании полученных параметров;
- Б₅ – блок аналитического распределения основной функцией которого является идентификация актуального на текущий момент для ДСП технологического события (серии событий) и определение ветви программного обеспечения для определения перечня необходимых для расчета оперативного управляющего решения (ОУР) параметров;
- Б₆ – блок расчета ОУР.

Результат расчета Б₆ в виде отдельно взятого ОУР или серии ОУР передается в Б₄, который транслирует решение D_{АСУСТИ} в АРМ ДСП (при участии Б₇).

Принятие ОУР ДСП должно обеспечивать достижение целевой функции АСУСТИ F(x) в целом:

$$F(x) = f(E_{\text{нз}}, E_{\text{пл}}, E_{\text{вр}}^{\text{ман}}, E_{\text{дсп}}^{\text{зон}}) \longrightarrow \max, \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{\text{погр}}^{\text{исп}} \geq U_{\text{погр}}^{\text{потр}} \\ Z_{\text{п}}^{\text{приб}} = Z_{\text{п}}^{\text{обр}} \\ V_{\text{л}}^{\text{потр}} \leq V_{\text{л}}^{\text{нал}} \\ R_{\text{дсп}}^{\text{факт}} \leq R_{\text{дсп}}^{\text{норм}} \end{array} \right.$$

где эффект от сокращения операционных затрат станции по указанным составляющим в условиях заданных ограничений должен стремиться к максимуму.

E_{нз}, – снижение расходов от исключения необоснованных временных задержек поездов по неприему;

E_{пл}, – эффект от снижения времени ожидания выполнения операций с поездными локомотивами по прибытию на станцию и отправлению со станции;

E_{вр}^{ман} – эффект от снижения времени ожидания выполнения операций с маневровыми локомотивами и составами;

E_{дсп}^{зон}, – снижение расходов за счет укрупнения зон обслуживания ДСП;

U_{погр}^{исп} – объем исполненной погрузки грузов на станции;

U_{погр}^{потр} – объем потребной погрузки грузов на станции с учетом договорных отношений с клиентами;

Z_п^{приб} – количественный показатель объема принятых поездов по прибытию; режим устойчивого приема и отправления поездов соблюдается с учетом значений пропускной и перерабатывающей способности смежных технологических линий, а также выполнения планового задания;

$Z_{\text{п}}^{\text{обр}}$ – количественный показатель объема обработанных поездов;

$V_{\text{л}}^{\text{потр}}$ – потребное количество используемых в эксплуатационной работе локомотивов;

$V_{\text{л}}^{\text{нал}}$ – фактическое количество доступных для эксплуатации локомотивов;

$R_{\text{дсп}}^{\text{факт}}$ – фактическая загрузка ДСП, определяемая количеством принимаемых решений за время его непрерывной работы (продолжительность дежурства 12 ч.) и сложностью ситуаций;

$R_{\text{дсп}}^{\text{норм}}$ – загрузка ДСП в соответствии с должностными обязанностями, установленными в нормативно-распорядительных документах ОАО «РЖД».

Предложена формализация в АСУСТИ выполняемых на станции элементарных поездных и маневровых маршрутов с выработкой для каждого из них системного идентификатора элементарного маршрута. Это создает возможность формализации различных расчетов, например, по выбору очередности выполнения враждебных маршрутов и взаимодействия УИМ с базами данных.

Важной составляющей АСУСТИ является использование принципа самообучения с обработкой и классификацией фактов о работе и состояниях управляемых объектов в процессе их функционирования в базах данных АСУСТ.

В основе принципа самообучения лежат методы автоматической классификации примеров ситуаций реальной практики. Примеры реальных ситуаций накапливаются за некоторый исторический период и составляют обучающую выборку. Элементы обучающей выборки описываются множеством параметров. Поиск решения осуществляется на основе аналогий прецедентов. Точность рассчитанного значения в большой степени зависит от количества зафиксированных в базе данных тождественных показателей.

На примере определения продолжительности маневровых передвижений показаны принципы использования функции самообучения в модуле УИМ. Рассмотрены принципы использования функции обратной связи при выработки ОУР для ДСП. В качестве примера разработана блок-схема определения оптимальной продолжительности полурейса (рисунок 3). Чем дольше эксплуатируется АСУСТИ, тем больше глубина архива и тем шире диапазон подключаемых к расчету ситуаций и, следовательно, точнее выполнен расчет параметра. Например, время на выполнение маневровой работы $T_{\text{м}}$ в общем виде можно представить:

$$T_{\text{м}} = \sum_{i=1}^k T_{\text{п-р-}i} \cdot n_i + T_{\text{пз}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{п-р-}i}$ – продолжительность полурейса i -го вида;

n_i – число полурейсов i -го вида;

k – число видов полурейсов;

$T_{\text{пз}}$ – время на подготовительно-заключительные операции (осмотр вагонов, постановка и снятие средств закрепления и др.).

Точность определения времени выполнения T_m имеет важное значение для текущего оперативного планирования поездных и маневровых передвижений. Ошибки в определении составляющих показателя приводят к росту непроизводительных потерь времени в ожидании выполнения операций.

Повышение точности показателя T_m в АСУСТИ можно достигнуть актуализацией времен продолжительности полурейсов этого маршрута посредством применения элементов самообучения.

Например, продолжительность отдельно взятого полурейса можно представить в виде функционала:

$$T_A = P(T_{ПР1}(X_1... X_n), \dots, T_{ПРn}(X_1... X_n)), \quad (5)$$

где $T_{ПР1}...T_{ПРn}$ – времена полурейсов для конкретного маршрута T_m из архива БД АСУСТИ;

$X_1...X_n$ – набор параметров, характеризующих перемещение, например, идентификация локомотива, машиниста, участка перемещения, цель перемещения, наличие вагонов, сезонность и погодные условия, время суток, парк, путь и т.п.

Оператор P определяет действия системы – способ математического вычисления оптимального значения, который зависит от поставленной задачи и анализируемого события.

Сначала (рисунок 3) устанавливается параметр, требующий актуализации на момент расчета ОУР (например, $T_{ПР-i}$).

Периодичность актуализации зависит от актуализируемого параметра и может быть определена с использованием нормативно-справочной информации, как в виде конкретного периода времени (например, 100, 150 часов), после которого для $T_{ПР}$ потребуется повторная актуализация, так и в виде условного счетчика фактических событий, фиксируемых в архиве БД АСУСТИ (например, каждое 30-е зафиксированное перемещение объекта по данному маршруту или части маршрута).

Основной критерий, на который следует ориентироваться при актуализации параметра, – это потребная точность значения, в том числе, обусловленная количеством маневровых перемещений. Чем больше количество маневровых перемещений, тем требуется более точное значение расчетного параметра и тем чаще требуется актуализация этого расчетного параметра.

После того как определен показатель, требующий актуализации, необходимо найти в БД АСУСТИ тождественные ему события, которые сопровождаются аналогичными характеризующими параметрами ($X_1...X_n$). Например, для $T_{ПР}$: локомотив (серия, номер, характеристики), машинист (фамилия, стаж, образование), цель перемещения, наличие вагонов, сезонность и погодные условия и др. Полный перечень параметров ($X_1...X_n$) для установления тождественности показателя определяется нормативными настройками.

Далее выполняется проверка наличия событий в БД АСУСТИ с заданными характеризующими параметрами - поиск тождественных событий, результатом которого является совокупность значений ($T_{ПР1}(X_1... X_n), \dots, T_{ПРn}(X_1... X_n)$).

Далее выполняется проверка наличия событий в БД АСУСТИ с заданными характеризующими параметрами - поиск тождественных событий, результатом которого является совокупность значений ($T_{ПР1}(X_1... X_n), \dots, T_{ПРН}(X_1... X_n)$).

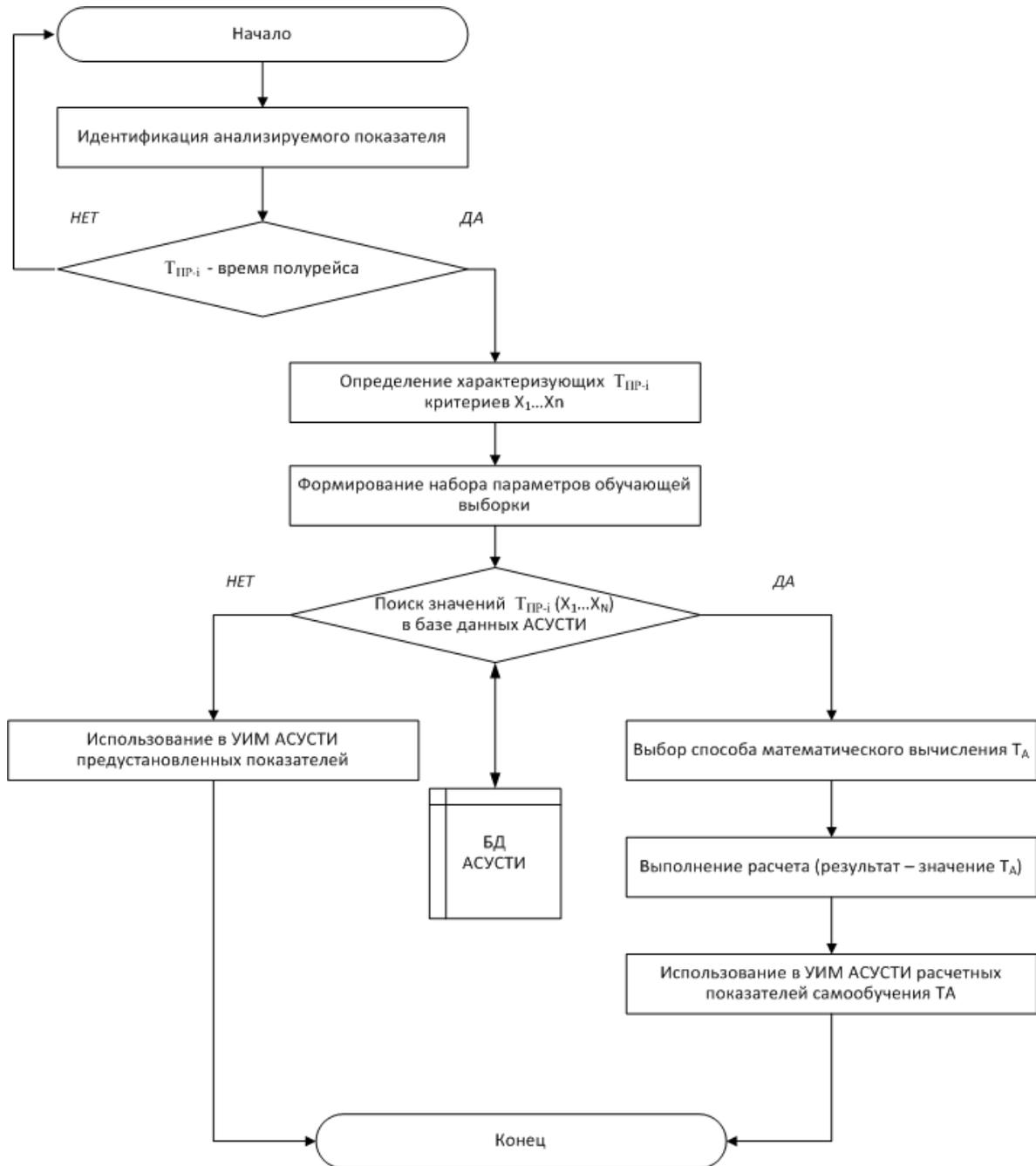


Рисунок 3 – Алгоритм актуализации продолжительности полурейса

Выполняется расчет T_A определенным для этого способом математического вычисления (Р): посредством исчисления среднеарифметического значения (простого, взвешенного) или выбора значения, наиболее часто повторяющегося при заданных параметрах (при наличии одинаковых вариантов в базе данных). Также, в зависимости от ситуации, в расчете могут быть учтены или исключены пиковые и аварийные отклонения значений архивных $T_{ПР}$.

В третьей главе определены и научно обоснованы параметры, необходимые в системе АСУСТИ для формирования ОУР. Методический подход

к определению основных параметров для АСУСТИ, учитываемых при принятии ОУР, рассмотрен на примерах выполнения двух типов враждебных маршрутов, характерных для крупных станций (сортировочных, грузовых):

- прибывающего на станцию поезда и маневрового передвижения одиночно следующего локомотива во входной горловине парка прибытия;
- одновременного прибытия на станцию с двух направлений двух поездов, находящихся в ближайшем подходе.

Такие ситуации рассмотрены для двух станций с различными условиями работы:

1. Грузовая станция Лужская, обслуживающая морской порт Усть – Луга с обслуживанием трех терминалов Лужская-Северная, Лужская-Южная и Лужская-Нефтяная, Октябрьской ж.д.

2. Сортировочная станция Челябинск-Главный, входящая в состав Челябинского узла Южно-Уральской ж.д.

Для получения объективных результатов в исследовании выполнялись:

1. Наблюдения за экспертами-ДСП, решающими конкретные задачи на своем рабочем месте.
2. Обсуждение с экспертами-ДСП цепочки их рассуждений по выбору данных, эвристических и иных правил, которые используются для принятия ОУР.
3. Изучение нормативных технологических и эксплуатационных документов, технологических процессов работы станции, распорядительных станционных документов (ТРА).

В результате изучения станционной технико-распорядительной документации и обсуждений с экспертами-ДСП сформирован общий список параметров, которые могут быть необходимы в системе АСУСТИ при построении маршрутов и формировании ими управляющих решений об очередности выполнения технологических операций.

В ходе исследования на станциях фиксировались однотипные события и характеризующие их параметры из общего списка, используемые ДСП при выработке ОУР для указанных выше типов технологических процессов. Натурные наблюдения включают по 50 однотипных событий в четырех сменах экспертов-ДСП парков приема каждой станции - общее количество 800 событий.

По итогам исследования определены коэффициенты использования параметров каждым экспертом-ДСП, а также суммарный коэффициент использования каждого параметра.

Сделаны выводы об особенностях использования параметров:

- все параметры, учитываемые ДСП при выработке ОУР, можно разделить на два типа: учитываемые постоянно и учитываемые периодически. Постоянные параметры определяют характеристики и технические параметры станций, объектов управления, жестко определенные нормативно-распорядительными документами и топологией станции. Параметры, учитываемые периодически, актуальны в определенные периоды выполнения станционных операций, например, параметры обусловленные договорными обязательствами с грузовладельцами;

– технические и технологические особенности работы станций могут оказывать заметное влияние на изменение набора параметров для однотипных ситуаций. Например, на грузовых станциях имеется большее количество периодически учитываемых параметров, чем на сортировочных, т.к. грузовые станции ориентированы на работу с клиентурой, требующей индивидуального подхода при организации оперативной работы грузовых станций.

В четвертой главе разработана процессная модель формирования ОУР (рисунок 4) при выполнении на станциях поездных и маневровых передвижений. Функционал выработки ОУР в момент времени t включает в себя составляющие – сравнение плановых показателей с их текущими значениями, технико-технологические параметры объектов управления, влияние возмущающих воздействий, параметры размещения подвижных объектов на топологической схеме станции. Режим устойчивой работы станции определяется равенством показателей переходящих объемов работы по объектам управления станции и прилегающих участков на входе и выходе системы.

Таким образом, управляющие решения R уровня можно представить функционалом:

$$R(x_1, \dots, x_n)(t) = F((x_{П1} \vee x_{Ф1}, \dots, x_{Пn} \vee x_{Фn}), (a_1, \dots, a_n), (w_1, \dots, w_n), Y(y_1, \dots, y_n))(t), \quad (6)$$

где $(x_{П1} \vee x_{Ф1}, \dots, x_{Пn} \vee x_{Фn})$ – сравнение плановых показателей с их фактическими значениями $(x_{Ф1}, \dots, x_{Фn})$ в момент времени t ;

(a_1, \dots, a_n) – технико-технологические параметры объекта управления более высокого – диспетчерского (ДСЦ) уровня;

(w_1, \dots, w_n) – возмущающие воздействия, которые возникают в процессе планирования и управления эксплуатационной работой сортировочной станции и прилегающих участков: внутри системы оперативного управления – вследствие отказов технических средств и технологических нарушений; вне системы – в следствие отклонений от технологии в работе взаимодействующих со станциями систем, из-за неравномерности входящих поезд- и вагонопотоков, условий вывоза поездов, изменения метеорологических условий и др.

$Y(y_1, \dots, y_n)$ – многомерное состояние оперативной системы управления работой станции, определяемое параметрами размещения подвижных управляемых объектов на сортировочной станции.

Аналогично, представлены управляющие решения A уровня.

Режим устойчивого приема и отправления поездов для сортировочной станции определяется выполнением следующего равенства с учетом значений перерабатывающей способности смежных технологических линий, а также безусловного выполнения планового задания:

$$Z_{37} + Z_{57} = F(Z_{12} + Z_{13}), \quad (7)$$

где Z_{ig} – количественные показатели переходящих объемов работы по объектам управления станции и прилегающих участков;

i – элементы системы управления, передающие объем работы;

g – элементы системы управления, принимающие объем работы.

Нумерация i и g согласно нумерации станционных парков и прилегающих

участков.

От уровня соблюдения указанного равенства зависит эксплуатационная надежность работы сортировочной станции и выполнение ее основных показателей.

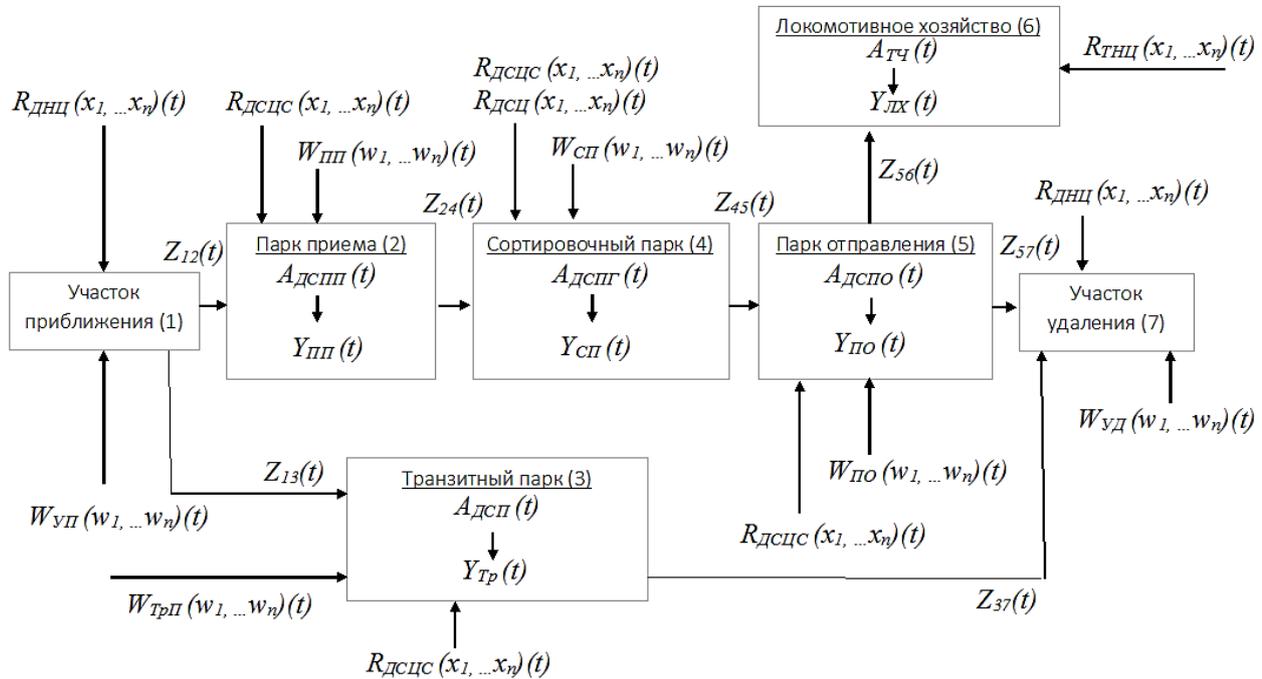


Рисунок 4 – Процессная модель формирования управляющих воздействий системы управления оперативной работой сортировочной станции

Разработана общая схема процесса выработки ОУР (рисунок 5). Определен порядок пошагового решения задачи, конечной целью которой является установление условий использования для выработки ОУР возможных способов принятия решения: прецедентный, алгоритмический (рисунок 6) или ОУР, самостоятельно принимаемый ДСП.

Установлено, что для сложных технологических задач (наличие большого количества характеризующих события параметров) требуется использовать алгоритмический способ выработки ОУР.

В общем виде, порядок выработки ОУР для станционных технологических процессов может быть представлен в следующей последовательности событий.

Шаг 1 – выявление потребности в выработке ОУР на основе анализа плановой и текущей станционной работы.

Шаг 2 – определение параметров события, требующего выработки ОУР. Каждое событие характеризуется множеством параметров. Несмотря на различность технологических событий перечень параметров можно установить на основе использования знаний экспертов-ДСП и опыта специалистов в области организации станционной работы (результаты анализа параметров и порядок действий, связанных с установлением перечня необходимых параметров для выработки ОУР ДСП в системе АСУСТИ, рассмотрен в 3-ей главе). Конкретные значения этих параметров для принятия ОУР по конкретным технологическим событиям поступают в АСУСТИ от различных аналитических (и плановых)

модулей и внешних систем интеграции данных в БД АСУСТИ.

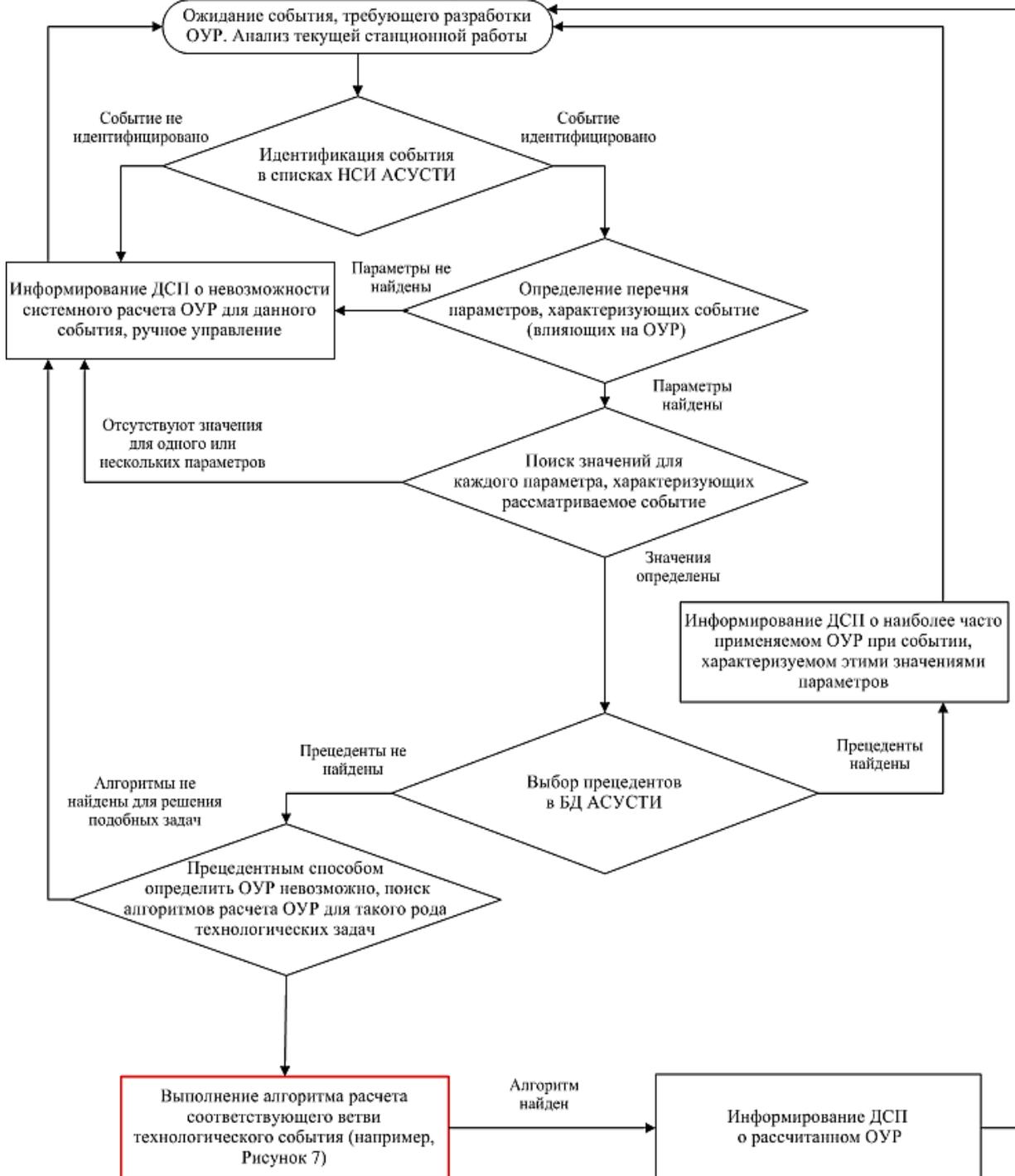


Рисунок 5 – Общая схема определения ОУР для различных технологических задач

Шаг 3 – использование прецедентного способа выработки ОУР на основании установленного списка параметров, характеризующих текущее технологическое событие. Получение лучших ОУР по сравнению с вырабатываемыми ДСП основывается на более точной регистрации параметров технологических задач, учете большего их количества. Эффективность применения прецедентного способа выработки ОУР зависит от объема накопленной в БД АСУСТИ информации о выполненных технологических событиях. Чем дольше эксплуатируется АСУСТИ, тем больше вероятность

фиксации идентичных сценариев.

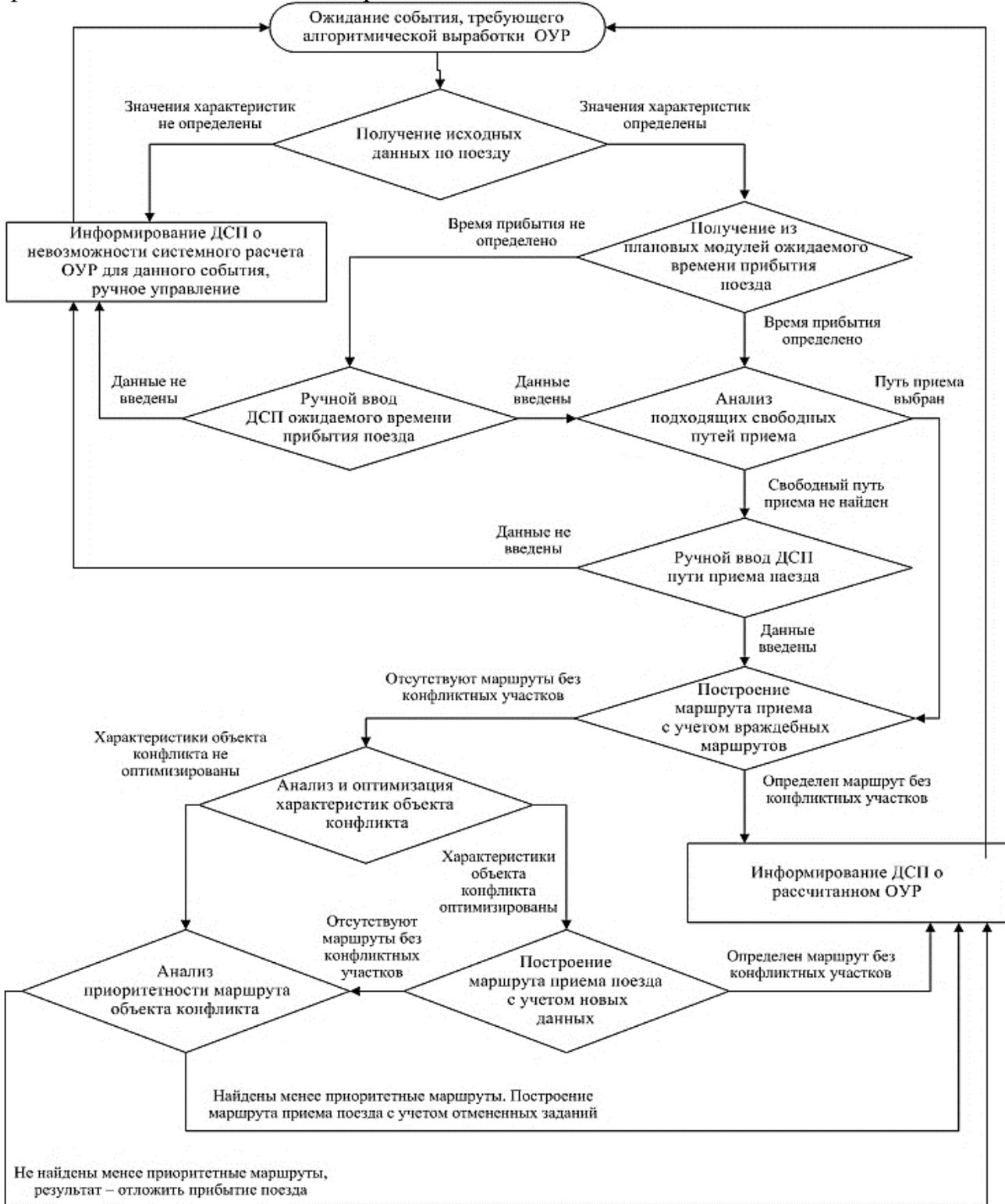


Рисунок 6 – Схема алгоритмического построения маршрута прибывающего поезда с учетом возможных враждебных маршрутов и с оптимизацией порядка их выполнения

Шаг 4 – для функционально сложных технологических задач, характеризующихся большим количеством параметров, на примере определения очередности выполнения двух враждебных (поездного и маневрового) маршрутов представлен порядок использования алгоритмического способа выработки ОУР (рисунок 6).

Подобным образом строятся алгоритмы для станционных технологических процессов, которые могут быть описаны общими правилами.

В диссертации выполнена оценка эффективности АСУСТИ основанная на получении экономического эффекта за счет:

- снижения расходов за год от исключения необоснованных временных задержек поездов по неприему ($E_{нз}$) в рассмотренном примере составляет 7832,9 тыс. руб. в год на станцию;

- эффекта от снижения времени ожидания выполнения операций с поездными локомотивами по прибытию на станцию и отправлению со станции ($E_{пл}$) – 1270,2 тыс. руб./год на станцию;

- эффекта от снижения времени ожидания выполнения операций с маневровыми локомотивами и составами ($E_{вр}^{ман}$) – 3574,9 тыс. руб./год на станцию;

- снижения расходов за счет укрупнения зон обслуживания ДСП ($E_{дсп}^{зон}$) – 16678,0 тыс.руб./год на станцию.

Годовой экономический эффект для одной сортировочной станции составляет в рассмотренном примере 16,7 млн руб., а в целом по сети при первоочередном внедрении АСУСТИ на 50-ти станциях – порядка 833,9 млн руб., что обеспечивает финансирование разработки программного обеспечения АСУСТИ и эффективности системы в целом (согласно целевой функции АСУСТИ $F(x)$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе получены следующие основные результаты:

1. Проанализированы процессы взаимодействия организационно-технологических элементов системы оперативного управления ДСП и функциональных возможностей АСУСТ показал, что ДСП принимает ОУР в условиях дефицита времени при необходимости учета большого числа внутренних и внешних параметров, а предлагаемые ДСП функциональности системы АСУСТ представляют собой информационно – справочные системы и ориентированы на сбор, хранение и предоставление данных. На основе полученной информации ДСП принимает в основном интуитивные ОУР. Высокий уровень требований к эффективности управления оперативной работой станции и скорости принятия решений определяют необходимость перехода от информационных к информационно-интеллектуальным станционным системам управления. Часть информации, предоставляемая АСУСТ, должна использоваться при выработке интеллектуальных решений, поэтому интеллектуальную систему выработки ОУР для ДСП (АСУСТИ) целесообразно создавать на базе АСУСТ.

2. Выполнено обширное натурное обследование условий использования ДСП параметров технологических событий при формировании ОУР, на двух крупных станциях с различным характером работы Челябинск-Главный (сортировочная) и Лужская (грузовая), позволившее сформировать перечень параметров, необходимых в системе АСУСТИ для выработки ОУР, а также сформулировать ряд выводов:

- все параметры, учитываемые ДСП при выработке ОУР, можно разделить на два типа: учитываемые постоянно и учитываемые периодически. Постоянные

параметры определяют характеристики и технические критерии станции, объектов управления, жестко определенные нормативно-распорядительными документами и топологией станции. Параметры, учитываемые периодически, актуальны в определенные периоды выполнения станционных операций, например, параметры, обусловленные договорными обязательствами с грузовладельцами;

- технические и технологические особенности работы станций могут оказывать заметное влияние на изменение набора параметров для однотипных ситуаций. Например, на грузовых станциях имеется большее количество периодически учитываемых параметров, чем на сортировочных, т.к. грузовые станции ориентированы на работу с клиентурой, требующей индивидуального подхода при организации оперативной работы грузовых станций.

3. Разработана и обоснована архитектура интеллектуальной системы для принятия ОУР дежурным по станции – АСУСТИ. Определены концептуальные основы интеллектуализации систем управления оперативной работой станций:

- использование знаний наиболее опытных ДСП для выработки управляющих решений;
- использование принципа самообучения управляемой системы;
- возможность воздействия ДСП на характер функционирования системы;
- поддержание диалога ДСП-машина в режиме реального времени с использованием дружественного интерфейса;
- использование накопленного опыта создания системы АСУСТ для ее перехода в новое качество интеллектуальной системы управления.

Для построения АСУСТИ используется информационная база АСУСТ с добавлением универсального интеллектуального модуля (УИМ), в котором выполняются логические и вычислительные процессы по подготовке ОУР для ДСП. Определены подсистемы АСУСТ, используемые в системе АСУСТИ, предложены структурные блоки модуля УИМ. Определены источники интеграции данных в АСУСТ, которые могут быть использованы при автоматизированном формировании ОУР.

4. Разработана методика автоматизированного формирования ОУР для ДСП с актуализацией значений параметров ОУР на основе самообучения системы, которая включает в себя:

- порядок действий, связанных с установлением перечня необходимых параметров для выработки ОУР ДСП в системе АСУСТИ;
- построение архитектуры АСУСТИ, включающей интеллектуальный модуль УИМ;
- условия выполнения на станциях поездных и маневровых передвижений включающие в себя составляющие – сравнение плановых показателей с их текущими значениями, используемые технико-технологические параметры объектов управления, учет влияния возмущающих воздействий, параметры размещения подвижных объектов на топологической схеме станции; при определении этих составляющих используется разработанная процессная модель формирования ОУР.

- общую схему процесса выработки ОУР, в которой определен порядок пошагового решения задачи, конечной целью которой является установление условий использования для выработки ОУР возможных способов принятия решения: прецедентный, алгоритмический или ОУР, самостоятельно принимаемый ДСП;

- для сложных технологических задач, которые определяются наличием большого количества характеризующих события параметров, используется алгоритмический способ выработки ОУР. На примере определения очередности выполнения двух враждебных (поездного и маневрового) маршрутов представлен порядок использования алгоритмического способа выработки ОУР. Подобным образом строятся алгоритмы для стационарных технологических процессов, которые могут быть описаны общими правилами;

- алгоритмическую последовательность использования функции самообучения в модуле УИМ на примере определения продолжительности маневровых передвижений.

5. Выполнена технико-экономическая оценка интеллектуализации принятия ОУР. Оценка эффективности АСУСТИ основывается на получении экономического эффекта за счет:

- снижения расходов за год от исключения необоснованных временных задержек поездов по неприему в рассмотренном примере составляет 7832,9 тыс. руб. в год на станцию;

- экономии от снижения времени ожидания выполнения операций с поездными локомотивами по прибытию на станцию и отправлению со станции – 1270,2 тыс. руб./год на станцию;

- экономии от снижения времени ожидания выполнения операций с маневровыми локомотивами и составами – 3574,9 тыс. руб./год на станцию;

- снижения расходов за счет укрупнения зон обслуживания ДСП – 16678,0 тыс.руб./год на станцию.

Годовой экономический эффект для одной сортировочной станции составляет в рассмотренном примере 16,7 млн руб., а в целом по сети при первоочередном внедрении АСУСТИ на 50-ти станциях – порядка 833,9 млн руб., что обеспечивает финансирование разработки программного обеспечения АСУСТИ и эффективности системы в целом.

Эффект от внедрения системы АСУСТИ не исчерпывается только сокращением текущих расходов. Отметим также следующие достигаемые результаты:

- в системе АСУСТИ не ограничивается количество учитываемых параметров для выработки ОУР, что позволяет оптимизировать ход эксплуатационной работы станции в условиях любой сложности;

- качество выработки ОУР не снижается в «пиковые периоды, когда у ДСП имеется крайне мало времени для принятия решений»;

- расширяются возможности взаимодействия на связи ДСП-ДСЦ, в том числе, по контролю со стороны ДСП наиболее ответственных решений, принимаемых ДСП;

– оперативная работа крупных станций связана с разрешением большого числа конфликтных ситуаций и подвержена влиянию возмущающих воздействий, что существенно увеличивает напряженность трудовой деятельности ДСП. Это влечет за собой тяжелую психологическую нагрузку, стрессы, снижение внимания из-за переутомления, неадекватное восприятие информации, предоставляемой справочными системами, и как результат – снижение качества управления, которое может повлечь не только ухудшение производственных показателей перевозок, но даже и аварийные инциденты;

– автоматизация процесса выработки ОУР создает благоприятные условия для дальнейшего развития систем МРЦ (МПЦ) в части автоматизации функций набора маршрутов согласно принимаемых ОУР; такой набор маршрутов сегодня выполняет ДСП. При развитии системы МРЦ (МПЦ) маршруты могут набираться системой, а ДСП выполняет лишь контроль этого процесса.

Перспективой дальнейшей разработки темы диссертации является развитие интеллектуальных составляющих АСУСТИ по выработки ОУР для более широкого множества управленческих задач путем разработки алгоритмов выработки ОУР для однотипных групп технологических процессов, позволяющих рассматривать их как комплекс с общими параметрами.

ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

а) публикации в рецензируемых научных изданиях:

1. Хомякова, М.А. Интеллектуализация управленческих функций дежурного по станции / М.А. Хомякова // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2017. – № 2. – С. 123-128.
2. Хижняк, М.А. Развитие информационной платформы АСУ станции посредством взаимодействия с системами идентификации подвижного состава, комплексами управления сортировочной автоматикой и устройствами спутниковой навигации / М.А. Хижняк // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2018. – № 2. – С. 118-124.
3. Хижняк, М.А. Автоматизированные системы управления железнодорожными станциями (АСУСТ) / М.А. Хижняк // Автоматизация в промышленности, – 2018. – №4. – С. 6-9.

б) публикации в других изданиях:

4. Хижняк, М.А. Интеллектуализация управленческих функций / М. А. Хижняк // Сборник публикаций к 75-ию аспирантуры Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2019. – С. 78-85.

в) Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ:

5. Автоматизированная Система Управления станцией. Очередь 2018 (АСУСТ 2018. Очередь 2018) / Соснов Д.А., Кулешова Н.Е., Тихонов Л.В., Хижняк М.А., Назаров Д.А., Резниченко И.А., Ярнов П.Е., Резниченко Т.Н., Удалов А.М., Грудкин О.И., Валуев С.В., Крупяно П.В. / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019618952, 08.07.2019. Заявка №2019617939 от 01.07.2019.

Хижняк Марина Александровна

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ
ДЕЖУРНОГО ПО СТАНЦИИ (ДСП)**

2.9.4. Управление процессами перевозок
(технические науки)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 09.11.2021. Формат 60x90¹/₁₆.
Усл. печ. л. 1,4. Тираж 100 экз. Заказ 132.

Отпечатанной в Самарском государственном университете путей сообщения.
443022, Самара, Заводское шоссе, 18.
Тел.: (846) 255-68-36.