

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»
(АО «ВНИИЖТ»)

На правах рукописи



Хижняк Марина Александровна

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

Специальность 2.9.4 – Управление процессами перевозок (технические науки)

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
д.т.н., профессор **Сотников Е.А.**

Самара

2021

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПРИНЯТИЯ ОПЕРАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЕЖУРНЫМ ПО СТАНЦИИ ПРИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ РАБОТОЙ	12
1.1 Анализ научных разработок в области совершенствования автоматизации управления оперативной работой железнодорожных станций	12
1.2 Понятие и общие принципы принятия управленческих решений	16
1.3 Специфика оперативного управления ДСП.....	21
1.4 Функции АСУСТ по обеспечению выработки управляющих решений ДСП	28
1.5 Концептуальные основы интеллектуализации систем управления оперативной работой станций	36
2 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ ОУР ДЕЖУРНЫМ ПО СТАНЦИИ.....	45
2.1 Архитектура интеллектуальной системы принятия ОУР дежурным по станции.....	45
2.2 Структура модуля УИМ в архитектуре АСУСТИ	51
2.3 Использование информационной базы АСУСТ для АСУСТИ	55
2.4 Реализация функции самообучения в АСУСТИ	71
2.5 Обратная связь с регулирующей реакцией	76
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ, УЧИТЫВАЕМЫХ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ОПЕРАТИВНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ ДСП.....	80
3.1 Методические положения по определению параметров, учитываемых ДСП при выработке ОУР	80
3.2 Анализ параметров, учитываемых ДСП при определении очередности выполнения маршрутов прибывающих на станцию поездов и враждебных им маневровых маршрутов одиночных локомотивов	88
3.2.1 Условия и результаты исследования на станции Лужская	88

3.2.2 Условия и результаты исследования на станции Челябинск-Главный.....	93
3.3 Анализ параметров, используемых ДСП при определении очередности прибытия на станцию двух находящихся в ближнем подходе поездов	98
3.3.1 Условия и результаты исследований на станции Лужская	98
3.3.2 Условия и результаты исследований на станции Челябинск-Главный	101
3.4 Определение параметров, учитываемых ДСП для редко встречающихся ситуациях	105
4 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ВЫРАБОТКИ ОУР ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЕЗДНЫХ И МАНЕВРОВЫХ ПЕРЕДВИЖЕНИЙ НА СТАНЦИЯХ.....	109
4.1 Процессная модель формирования ОУР при осуществлении поездных и маневровых операций.....	109
4.2 Формализация станционных технологических процессов.....	114
4.3 Общая схема процесса выработки ОУР в АСУСТИ.....	116
4.4 Алгоритм построения маршрута прибывающего поезда с учетом возможных враждебных маршрутов и с оптимизацией очередности их выполнения.....	121
4.5 Оценка эффективности выработки ОУР ДСП в АСУСТИ	126
4.5.1 Снижение количества поездов, временно задерживаемых на подходах к станции по неприему	127
4.5.2 Снижение времени ожидания выполнения операций с поездными локомотивами по прибытию на станцию и отправлению со станции	128
4.5.3 Снижение времени ожидания выполнения операций с маневровыми локомотивами и составами	130
4.5.4 Укрупнение зон обслуживания дежурными по станциям	132
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	138
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	143
ПРИЛОЖЕНИЕ А	160
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	168

ПРИЛОЖЕНИЕ В 169

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. 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 [40]. 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 [42].

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. [1, 3, 4, 33], Поплавского А.А. [5], Ковалева С.М. [7], Шубинского И.Б. [2, 3, 4, 8, 9], Котенко А.Г. [17, 18, 19, 20, 23], Розенберга Е.Н. [2, 6], Уманского В.И. [15, 25, 26, 28, 29, 30], Шабельникова А.Н. [24], Лида В.Б. [43, 44], Громова И.Д. [45],

Котенко А.Г. [23], Шенфельд К.П [47, 48] 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 [114].

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.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и Акт внедрения приведены в приложениях Б, В.

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 высокую эффективность применения предложенных технологических решений на объекте, а также результатами апробации решений на железнодорожной станции. Эффективность предлагаемой методики 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 ВНИИЖТ.

– 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.

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.

1 АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПРИНЯТИЯ ОПЕРАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЕЖУРНЫМ ПО СТАНЦИИ ПРИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ РАБОТОЙ

1.1 Анализ научных разработок в области совершенствования автоматизации управления оперативной работой железнодорожных станций

Решению теоретических и практических вопросов совершенствования технологии перевозочного процесса, в том числе управления работой станций посвятили свои труды: Ковалев К.Е. [52, 53, 54, 56], Розенберг Е.Н. [1, 6, 34, 47], Сотников Е.А. [10, 11, 12, 16, 39, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 67], Шапкин И.Н. [59, 60], Бородин А.Ф. [2, 51, 61, 62, 91, 92], Осьминин А.Т. [63, 64, 65, 66, 67, 71], Сиразетдинова А.Д. [69, 70, 72], Шаров В.А. [2, 32, 62, 73], Тулупов Л.П. [74], Вун Т.Т. [75], Васильев А.Б. [76, 77], Мехедов М.И. [11, 12, 80, 81, 82], Сивицкий Д.А. [12, 83, 84, 85, 86], Шипулин А.В. [48, 88, 89, 90], Панин В.В. [91, 92, 93], Левин Д.Ю. [94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103], Тушин Н.А. [104, 107], Котенко А.Г. [17, 18, 22, 65], Шаров В.А. [2, 32, 62, 73], Шенфельд К.П. [10, 13, 39, 47] и др.

Предложенные методики в области управления технологическими процессами станции, планирования маневровых перемещений, графика движения поездов, организации вагонопотоков, технического нормирования эксплуатационной работы, позволили повысить качество решений этих задач. Отмечена потребность в создании интеллектуальных систем управления эксплуатационной работой, необходимость развития автоматизированных систем управления на железнодорожном транспорте, в том числе на станциях.

Системам и методам принятия оперативных управляющих решений на станциях, посвятили свои работы: Поплавский А.А. [5, 110, 111], Осокин О.В. [106, 107, 112], Гапанович В.А. [3, 4, 33, 113], Обухов А.Д. [57, 58, 114], Розенберг Е.Н. [34], Котенко А.Г. [17, 18, 20, 23, 65], Гуда А.Н. [115, 116], Лященко А.М. [117], Криволапов С.В. [118], Рогов С.А. [119], Орлов А.О. [121],

Каменский В.В. [108], Брновицкий С.С. [122, 123], Иванченко В.Н. [124], Ковалев В.И. [56, 57], Лябах Н.Н. [84, 87], Козлов П.А. [106], Шабельников А.Н. [24], Васильев А.Б. [23, 78, 79], Тушин А.Г. [105, 106], Шенфельд К.П. [48, 49], Левин Д.Ю. [97] и др.

В этих работах рассматриваются вопросы имитационного моделирования работы станций, развития системы автоматизации станционных процессов, совершенствования информационных систем, повышения точности прогнозирования времени подхода поездов и ряд других. Полученные результаты использованы в действующих системах автоматизации и учитываются при разработке интеллектуальной системы подготовки оперативных решений ДСП.

Более подробно положения, содержащиеся в данных работах, рассмотрены при изложении конкретных вопросов оперативного управления работой станции.

Остановимся детальнее на предложении применения нейросетевых технологий в интеллектуальных системах. Несмотря на широкий спектр возможностей нейронных сетей (далее - ИНС), решению задач по их использованию сопутствует ряд трудностей:

- большинство решений, полученных с помощью ИНС, часто не приводят к однозначным решениям и являются эвристическими;
- основные проблемы, возникают при нахождении достаточного количества обучающих примеров для обучающей выборки;
- обучение ИНС в ряде случаев приводит к тупиковым ситуациям;
- при применении ИНС в системах реального времени существенные трудности представляют продолжительные временные затраты на выполнение процедуры обучения.

Анализ показал, что многообразии влияющих на управляющие решения параметров для каждой технологической задачи и длительность периода обучения системы нейронных алгоритмов делают затруднительным ее практическое применение даже для сравнительно простых задач управления работой транзитных парков станции. Кроме того, следует учитывать, что в базах данных систем АСУ станции за продолжительный период эксплуатации накапливаются

информационные данные о событиях, которые при правильной обработке и применении интеллектуальных алгоритмов выработки решений с элементами самообучения (анализа и уточнения значений параметров по архивным примерам) позволяют использовать эти знания для интеллектуализации управляющих систем в том числе с использованием нейросетевых алгоритмов.

Наиболее значимые результаты в области развития интеллектуальных управляющих систем для дежурного по станции представлены в работах Уманского В.И. [25], в которых определены принципы построения интеллектуальных систем, установлены определенные эвристические условия и ограничения, учитываемые при построении алгоритмов принятия решений по выбору очередности и выполнению станционных поездных и маневровых маршрутов. При определении фактического хода протекающих процессов в качестве систем контроля подвижного состава Уманский В.И. принял системы спутниковой навигации (СНС). Что по мнению автора работы, в условиях значительной погрешности идентификации геопозиции объектов слежения, следует дополнять интегрируемыми данными от устройств: СЦБ, систем диспетчерского контроля, мобильных терминалов исполнителей работ, систем идентификации инвентарных номеров вагонов для различных задач (АСКИН, КАУ-В, АСКО ПВ) и других систем или элементов автоматики и телемеханики, позволяющими идентифицировать местонахождение или состояние объекта слежения. Кроме того, системами СНС оснащены только несколько пилотных станций. Ограниченность финансовых ресурсов железнодорожной отрасли при существенно высокой стоимости оснащения станций системами СНС не дает возможности ее тиражирования на станции всей сети железных дорог.

Идеи Уманского В.И. [26] в области методик формирования оперативных управляющих решений легли в основу и были развиты в диссертации.

За рубежом автоматизированные системы управления объектами железнодорожного транспорта получили значительное развитие. В США действуют единые диспетчерские центры управления перевозочным процессом для полигонов сети до 50ти тыс. км. [27]. В Германии, Великобритании, Франции

такие центры управления действуют на полигонах до 7-8 тыс. км. На крупных станциях имеются автоматизированные центры управления. Также как и на отечественных железных дорогах они обеспечивают информационное обеспечение дежурно-диспетчерского персонала. В странах СНГ наибольшее развитие автоматизации управления перевозочным процессом получила на железных дорогах Республики Беларусь. В рамках развивающейся сетевой интеллектуальной системы управления перевозочным процессом (ИС) здесь создается ИС сменного суточного планирования поездной работы, а непосредственно для станций – ИС центра управления местной работой и ИС управления технической станцией.

Большая работа по стандартизации интеллектуальных транспортных систем ведется на международном уровне. Так, в рамках Технического комитета ИСО 204 действуют рабочие группы по архитектуре транспортных систем (страна - координатор США), автоматической идентификации транспортных средств и оборудования (Япония), сборам и платежам (Швеция), транспортной информации, управления и контроля (Австралия) и др. Россия выдвинула предложение о создании рабочей группы по автономному движению поездов.

Однако, по созданию систем выработки оперативных управляющих решений непосредственно для ДСП данные в технической литературе отсутствуют. Поэтому зарубежный опыт учитывается в части развития информационного обеспечения интеллектуальной системы для ДСП и автоматизации управления отдельных технологических операций.

1.2 Понятие и общие принципы принятия управленческих решений

Принятие управленческих решений (УР) является неотъемлемой частью экономической, производственной, культурной и других сфер деятельности человека. Одна из основных и наиболее ответственных функций, выполняемых руководителем в процессе управления - принятие управленческих решений (УР).

Процесс принятия УР – это циклическая последовательность действий субъекта управления, представляющая собой цикл, направленных на решение вопросов работы организации и заключающихся в анализе ситуации, генерации альтернатив, принятии решения и организации его выполнения.

На рисунке 1.1 представлены основные стадии принятия и выполнения УР.

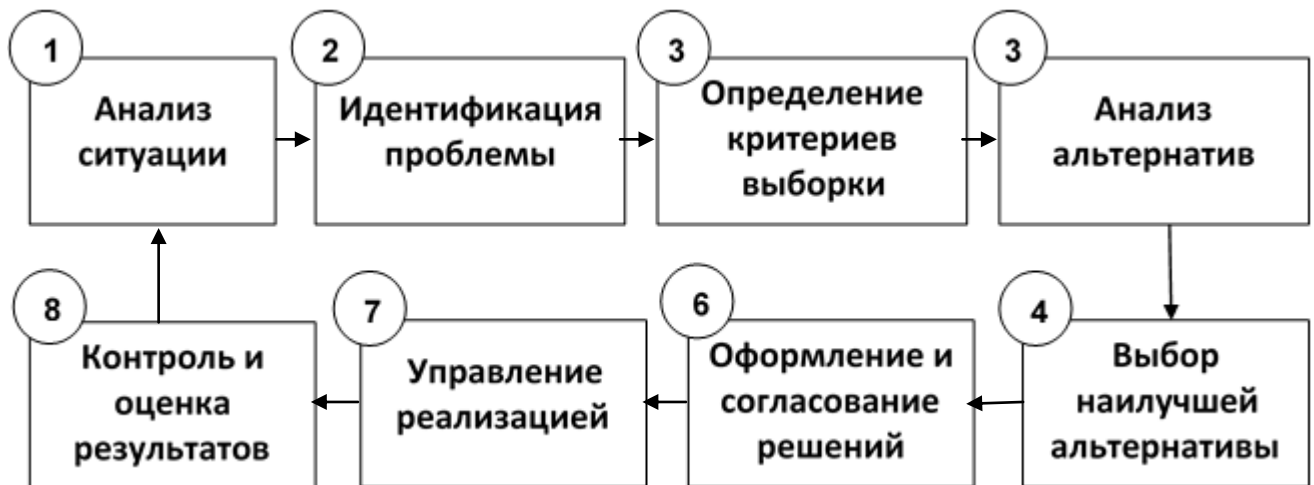


Рисунок 1.1 – Основные стадии процесса принятия УР и его выполнения

Следует отметить, что данная схема является общей моделью. Реальные процессы принятия УР, вследствие разнообразия объектов управления, возникающих ситуаций, вопросов и проблем, определяются фактической структурой процесса, конкретной ситуацией и решаемой задачей (проблемой).

Конечный результат каждой стадии процесса принятия УР можно охарактеризовать следующим образом:

1. анализ ситуации и выявление задачи, требующей решения, является первым шагом разработки УР; его результатом является формулирование задачи;

2. идентификация проблемы; постановка основных вопросов и определение содержания работ, направленных на их решение;

3. определение параметров выбора, по которым будет производиться сравнение альтернатив и выбор наилучшей из них;

4. разработка альтернатив (вариантов решения); желательно, чтобы вариантов было несколько и они содержали разные подходы к их решению;

5. выбор наилучшей альтернативы (варианта решения) для практической реализации путем их сопоставления с оценкой их достоинств и недостатков;

6. оформление и согласование решения лицом, принимающим решение (ЛПР), которое распоряжается ресурсами и несет персональную ответственность за результат;

7. управление реализацией заключается в определении комплекса работ и ресурсов для решения задачи, распределении их по исполнителям и срокам; важным элементом УР для сложных задач является разработка программы реализации решения, информирование исполнителей;

8. контроль (оценка) результатов - на этом этапе производятся сопоставление решений или фактических результатов; на данном этапе может возникнуть необходимость изменения ранее принятого решения.

В общей постановке, модель задачи принятия решения может быть описана следующим образом [128, 129, 130]:

$$\langle C_o, T, R / C, P, O, H, f, K, H_p \rangle, \quad (1.1)$$

где слева от вертикальной черты расположены известные, а справа - неизвестные элементы задачи:

C_o – ситуация, требующая выработки ОУР;

T – время для принятия решения;

R – ресурсы, которые имеются для принятия УР;

$C = (C_1 - C_n)$ – множество аналогичных ситуаций, уточняющих C_o ;

$P = (P_1 - P_k)$ – множество преследуемых целей УР;

$O = (O_1 - O_p)$ – множество ограничений;

$H = (H_1 - H_m)$ – варианты решения;

f – функция предпочтения лица принимающего решения;

K – критерий выбора наилучшего решения;

H_p – рациональное решение.

Задачи принятия УР отличаются большим многообразием. Ниже приведены характеристики отдельных видов УР, понятия которых используются в диссертационном исследовании.

В зависимости от базиса, положенного в основу принятия УР, различают [131, 132, 133, 134]:

1. Интуитивные решения – выбранные только на основе ощущения ЛПР того, что они должны быть правильными без сознательного взвешивания «за» и «против» по каждой альтернативе.

2. УР, принимаемые на основании суждений по прошлому опыту, которые иногда кажутся интуитивными, поскольку их логика неочевидна, они базируются на знаниях данной задачи и накопленном опыте;

3. Рациональные УР не зависят от прошлого опыта; рациональные решения это продуманные, взвешенные решения, принятые на основе выбора и сравнения вариантов с учетом множества факторов и обосновываемые выполнением объективного аналитического процесса.

Любая организационная система, в том числе и транспорт, не может функционировать без управления.

Технологический процесс управления железнодорожным транспортом в работе Гапановича В.А. представлен в виде трех этапов: сбор, подготовка и передача информации о состоянии транспортных объектов; переработка полученной информации и выработки необходимых УР; выдача и доведение до исполнителя принятых УР в виде различной распорядительной информации [33].

Реализация взаимодействий объекта управления и органа управления и представлена на рисунке 1.2 в виде циклического процесса.



Рисунок 1.2 – Взаимодействие органов управления с управляемыми объектами

Отношения между управляемым объектом и органом управления строятся по законам обратной связи в пределах технологии процесса управления. Полученные об объекте данные анализирует (обрабатывает) орган управления, принимает УР. При получении дополнительных данных орган управления может принять решение о корректировке ранее выработанного УР.

Цикл управления можно охарактеризовать количественно (T_y):

$$T_y = T_{сб} + T_{обр} + T_{пер} + T_v, \quad (1.2)$$

где $T_{сб}$ – время затраченное ОУ на сбор информации о состоянии объекта;

$T_{обр}$ – время обработки ОУ информации о состоянии объекта;

$T_{пер}$ – время передачи УР;

T_v – время восприятия УР объектом управления.

Эффективность воздействия управляющей информации на объект управления качественно характеризует цикл управления. Цикл эффективный, если выполняется условие:

$$T_y \leq T_{кр}, \quad (1.3)$$

где $T_{кр}$ – критическое время выработки УР.

На величину $T_{кр}$ влияет как техническое оснащения системы, так и специфика управляемого процесса. Чем выше уровень технического оснащения системы управления и чем динамичней управляемый процесс, тем меньше величина $T_{кр}$. Если время управления (T_y) превышает критическое время выработки УР ($T_{кр}$), то такое управление неэффективно, потому что несвоевременное УР равноценно ошибке.

Деятельность любого руководителя может быть представлена как множество циклов по разработке, принятию и реализации решений.

Дежурный по станции (ДСП) является полномочным руководителем дежурной смены станционных работников, и принятие управленческих решений является неотъемлемой частью его деятельности. ДСП принимает множество в основном оперативных управляющих решений (ОУР), часто в условиях крайнего дефицита времени, при необходимости учета большого числа трудно формализуемых параметров (внутренних и внешних).

Далее рассмотрим управленческие функции ДСП и специфику принятия решений в рамках его должностных полномочий и компетенций.

1.3 Специфика оперативного управления ДСП

Работа ДСП сопряжена с высокой ответственностью, обусловленной необходимостью быстрого решения сложных производственных задач. В период своей смены (обычно 12 часов) ДСП руководит всей оперативной работой по выполнению технологических станционных процессов – прием, пропуск и отправление поездов, выполнение разнообразных маневровых передвижений, контроль всех служб станции, связанных с оперативной работой [17, 19].

Анализируя текущую обстановку ДСП принимает ОУР организуя движения поездов, маневровую работу, учитывая текущие ситуации и взаимодействуя с поездным диспетчером.

Важнейшей задачей ДСП является обеспечение безопасности движения поездов и маневровой работы. Как показал анализ [16], значительное количество браков в хозяйстве перевозок связаны с неправильными действиями ДСП, что повышает необходимость интеллектуализации процессов выработки ОУР для ДСП.

На крупных станциях может быть несколько ДСП, каждый из которых единолично руководит движением поездов в пределах своего района управления, границы которого, как и функции ДСП, определены технико-распорядительным актом станции (ТРА).

Основными документами, определяющими круг обязанностей работников, связанных с движением поездов, по обеспечению безопасности движения поездов и маневровой работы, являются:

- правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации (ПТЭ);
- инструкция по движению поездов и маневровой работе на железнодорожном транспорте Российской Федерации (ИПД);
- технико-распорядительный акт станции (ТРА);
- сборник правил перевозки грузов на железнодорожном транспорте;
- правила перевозки опасных грузов по железным дорогам;

- график движения поездов;
- инструкция по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации (ИСИ);
- технологический процесс работы станции;
- должностные инструкции.

Перечень выполняемых ДСП функциональных обязанностей и принимаемых ОУР во многом определяется характером работы станции, ее топологией и выполняемыми технологическими процессами. ДСП принимает большое количество ОУР, которыми в укрупненном виде являются:

- планирование и подготовка пути к приему поездов;
- подготовка маршрутов приема, отправления и пропуска (без остановки) поездов;
- определение очередности приема поездов, учитывая текущие условия, топологию станции и примыкающих участков;
- предъявление к коммерческому осмотру и техническому обслуживанию, а также контроль готовности прибывших и отправляемых составов;
- планирование внутростанционных маневровых передвижений;
- определение последовательности выполнения враждебных поездных и маневровых маршрутов;
- установка маршрутов приема и отправления перерабатываемых и пропуска транзитных поездов;
- организация поездной и маневровой работы с поездами повышенной массы и длины;
- организация поездной и маневровой работы с соединенными поездами;
- временное отставление составов без локомотивов на станционных путях;
- принятие ОУР об отправлении (проследовании) поездов на запрещающий сигнал светофора или с путей не имеющих выходного сигнала;
- выдача разрешений на занятия перегонов;
- организация маневровой работы, связанной с подачей/уборкой вагонов под погрузку и выгрузку, на пути ремонта;

- управление маневровой работой в сортировочных парках станции (при отсутствии маневрового диспетчера);
- организация закрепления вагонов и составов на станционных путях тормозными устройствами по нормам (установленным ТРА);
- распоряжения на приготовление маршрутов работникам исполнительных постов (при их наличии);
- контроль правильности выполнения ОУР по показаниям приборов управления и докладам исполнителей;
- выполнение оперативной работы станции в условиях нарушения нормальной работы технических средств и другие решения;

Внутрисуточная неравномерность прибытия поездов значительно увеличивает в отдельные периоды загрузку ДСП. При этом сокращается величина T_y .

Выполненный Обуховым А.Д. на полигоне Московской железной дороге анализ графиков исполненного движения поездов показал увеличение интенсивности обмена грузовыми поездами на стыковых пунктах в конце отчетных периодов на 6 и 18 часов [114]. В такие периоды увеличивается число ошибок в оперативном управлении, что должно учитываться при расчете времени T_y при автоматизированной разработке ОУР.

Свои решения ДСП принимает в рамках действующей информационной системы АСУСТ (см. раздел 1.4) дает обширную информацию о состоянии путей, показаниях светофоров, маршрутах движения поездов и др. Однако все ОУР ДСП вырабатывает самостоятельно, при этом принятие многих из них требует учета значительного количества параметров, например, при определении порядка выполнения передвижений при наличии враждебных маршрутов (рисунок 1.3) за время T_y .

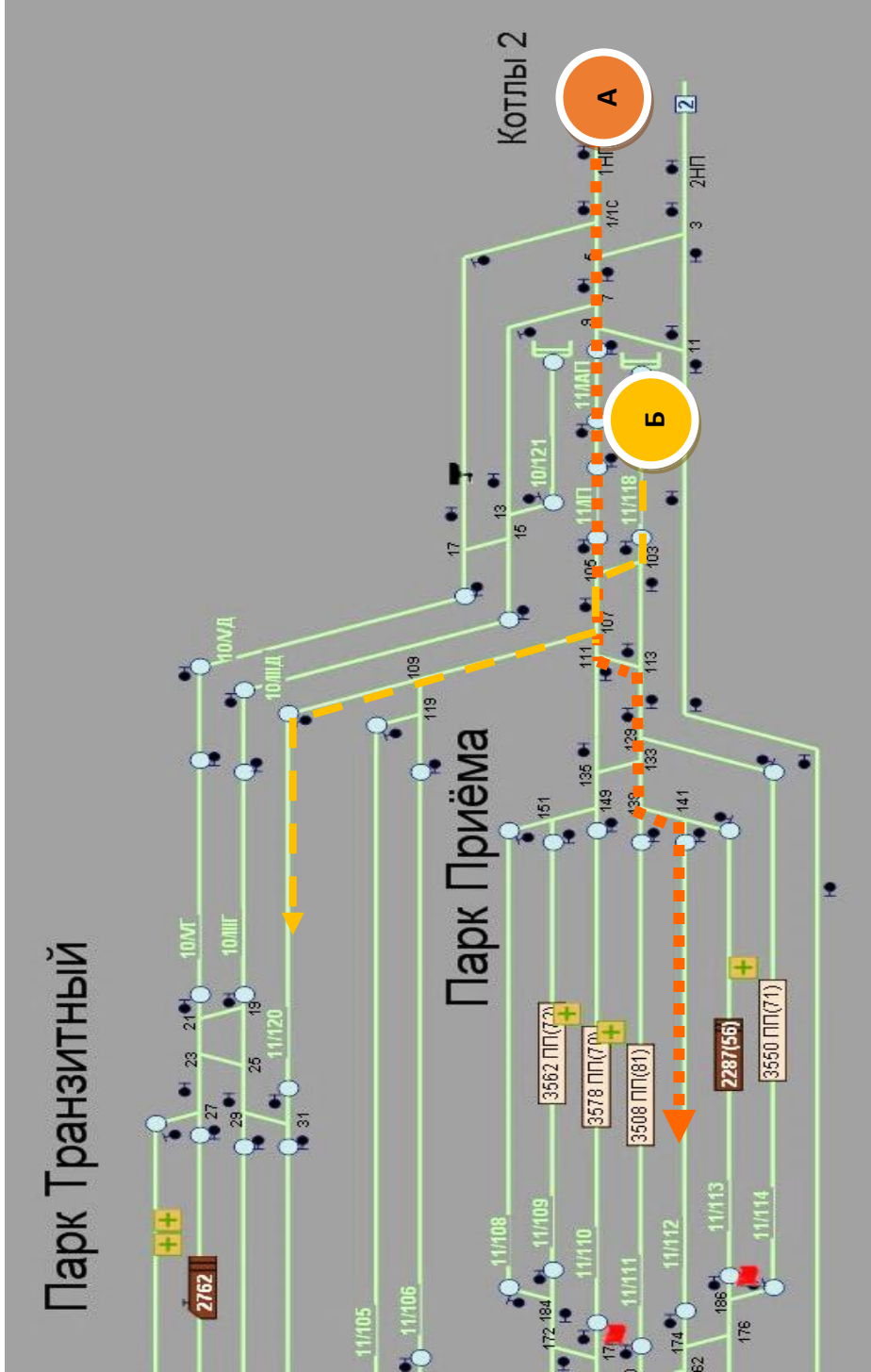


Рисунок 1.3 – Путьное развитие района станции Лужская Октябрьской железной дороги.
 Экран интерфейса АРМ ДСП системы АСУСТ 2018 (автоматизированная информационная система управления станциями, версия 2018 г.)

На рисунке 1.3:

- поезд, находящийся на участке примыкания к станции (А);
- локомотив, планирующий маневровое передвижение (Б);
- плановые маршруты поезда и локомотива изображены пунктирными линиями.

Процесс подготовки решения ДСП в АСУСТ можно представить функционалом следующего вида:

$$D(\text{ДСП}) = P_{\text{ДСП}}(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (1.4)$$

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

X_1, X_2, \dots, X_n – учитываемые ДСП параметры при принятии ОУР, в том числе:

X_1 – ожидаемое время прибытия поезда и скорость его движения;

X_2 – характеристики поезда для выбора пути и парка приема:

– тип поезда: транзитный (с переработкой, без переработки, частичной переработкой);

– наличие в поезде вагонов с особыми требованиями к работе с ними (вагоны с негабаритными и опасными грузами и др.);

– длина поезда;

X_3 – маршрут передвижения локомотива Б (плановый);

X_4 – ограничения скорости по инфраструктуре (при наличии);

X_5 – занятость путей станционного парка и стрелочных участков;

X_6 – текущая стадия выполнения маневрового маршрута локомотивом Б (маршрут завершен; если нет, то какое время требуется для завершения);

X_7 – время проследования участка враждебности локомотивом Б;

X_8 – возможность возникновения различного рода нарушений нормального хода маневровой работы;

...

X_n – квалификация машиниста локомотива Б (по предыдущему опыту его работы).

Как показано в работе [58], «однако за короткое время человеку невозможно просчитать эффективность принимаемых мер, учесть большое число влияющих на перевозочный процесс параметров. Поэтому решающую роль в принятии тех или иных решений сегодня, как и прежде, в первую очередь играют опыт и интуиция диспетчеров». Это полностью относится и к ДСП.

В интеллектуальной системе станции, которая строится на основе АСУСТ, назовем ее АСУСТИ, подготовка таких решений автоматизируется. Принятие ОУР в системе АСУСТИ можно представить в следующем виде:

$$D(\text{АСУСТИ}) = P_{\text{ОУР}}(Y_1, Y_2 \dots Y_n), \quad (1.5)$$

где $P_{\text{ОУР}}$ – оператор, на основе которого реализуется принятие управляющих решений в интеллектуальном модуле системы АСУСТИ, с комплексом алгоритмического и программного обеспечения;

$Y_1, Y_2 \dots Y_n$ – параметры, учитываемые АСУСТИ при принятии ОУР. Эти параметры частично совпадают с параметрами $X_1, X_2 \dots X_n$, но их перечень может быть значительно расширен и расчёт их может быть выполнен точнее.

Например, можно дополнительно учесть при определении времени движения объекта управления (поезд, локомотив, маневровый состав) по некоторому маршруту в АСУСТИ силу тяги и массу состава, местоположение объекта с точностью до нескольких метров (при использовании спутниковых технологий и т.п.).

Кроме того, при скоротечности стационарных процессов и обычно высоком уровне загрузки ДСП, он не имеет времени для сравнения различных вариантов и длительного обдумывания ситуации, тем более с выполнением каких-либо расчетов. В АСУСТИ такие расчеты выполняются непрерывно. Требуется только своевременно вводить в систему значения параметров, что возможно при автоматизации этого процесса.

Интеллектуальная система управления станциями (АСУСТИ) включает в себя: удаленные терминалы съема информации с удаленных объектов в режиме реального времени и ее обработки, диспетчерские пункты управления с

обеспечением интерфейса между человеком-оператором и системой, коммуникационную систему и др.

В АСУСТИ, помимо съема данных с традиционных железнодорожных систем сигнализации и связи, добавляются данные, поступающие от удаленных терминалов, расположенных на маневровых и поездных локомотивах, а также в необходимых случаях и на других подвижных единицах. Определяются методы получения данных о текущем расположении вагонов на станционных путях, а также перечень другой дополнительной необходимой информации.

Принятие ДСП оперативных решений на интуитивном уровне не позволяет полностью реализовать потенциал пропускной и перерабатывающей способности сортировочных комплексов, вследствие увеличения затрат времени на ожидание и выполнение различных операций [127]. В АСУСТИ такие потери исключаются, что повышает эффективность работы станций.

1.4 Функции АСУСТ по обеспечению выработки управляющих решений ДСП

Комплекс технических средств для ДСП по управлению движением зависит от специфики работы станции. На большинстве участковых, грузовых и пассажирских станций оперативное управление осуществляет один ДСП, верхним уровнем управления для которого является поездной диспетчер (ДНЦ) или дежурный по району управления в автоматизированном диспетчерском центре регионального уровня (ДЦУП) [28]. На большинстве сортировочных станций управление движением осуществляет два и более ДСП, для которых верхним уровнем управления является станционный (маневровый) диспетчер [28].

Общая схема управления станциями с одним ДСП представлена на рисунке 1.4, а) и на крупной станции с несколькими ДСП на рисунке 1.4, б).

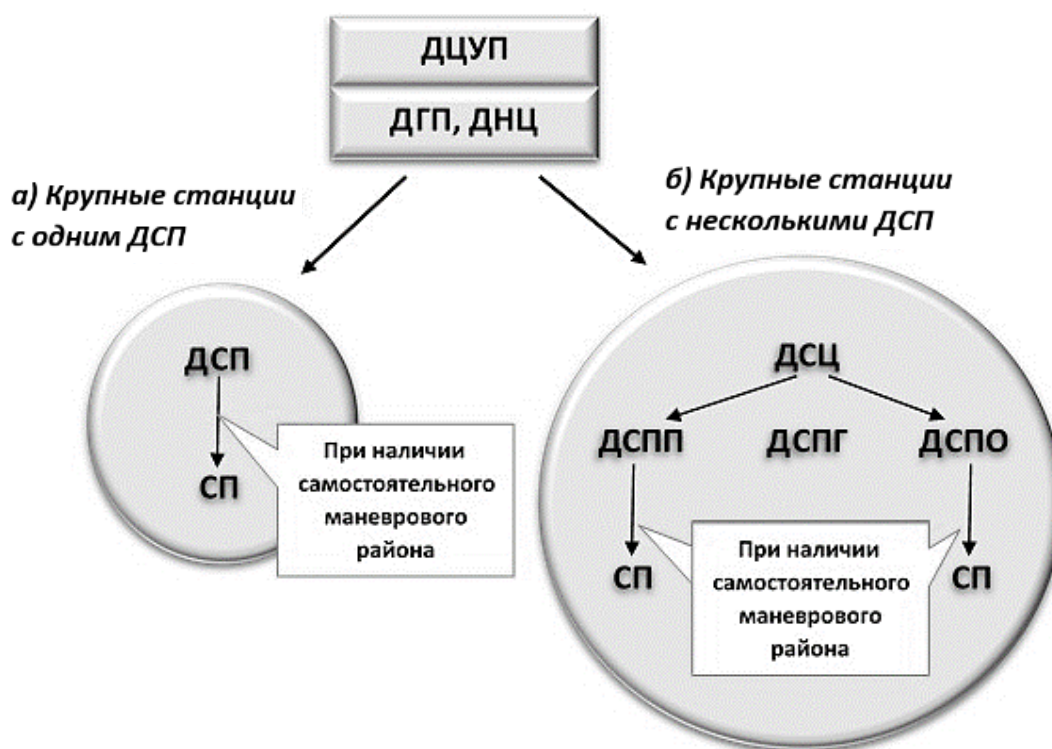


Рисунок 1.4 – Общая схема управления оперативной работой на станциях с одним ДСП (а) и на крупной станции с несколькими ДСП (б).

На рисунке 1.4 обозначено:

- диспетчерский центр региональной дирекции управления движением (ДЦУП);
- поездной диспетчер (ДНЦ);
- дежурный по парку отправления (ДСПО);
- дежурный по горке (ДСПГ);
- дежурный по парку прибытия (ДСПП);
- дежурный по району управления в ДЦУП (ДГП);
- руководитель самостоятельного маневрового района, например, дежурный по парку, составитель (СП);
- станционный и маневровый диспетчер (ДСЦ).

Из рисунка 1.4 видно, что система управления станцией имеет иерархическое построение с подсистемами:

- 1) ДСЦ, ДСПП – управление передвижениями в парке прибытия;
- 2) ДСПО управление передвижениями в парке отправления;
- 3) ДСПГ управление передвижениями по горке.

При этом для всех подсистем используется единый вычислительный комплекс АСУСТ.

Независимо от архитектуры АСУСТ на станциях, ДСП решают сходные задачи. Рассмотрим подробнее доступную функциональность информационной системы АСУСТ.

1. Функция отображения состояний объектов управления:

- визуализация на топологической схеме станции светофоров, номеров стрелок, путевых участков, участков приближения, переездов и др. объектов инфраструктуры;
- текущее состояние приемоотправочных железнодорожных путей – цветовой индикацией обозначаются свободные, занятые участки, выполняемые поездные и маневровые маршруты [40];
- станционные пути, тупики и др. объекты инфраструктуры;

– текущих состояний и местоположений подвижных единиц на станции, операциях с ними (рисунок 1.5).

В интерфейсе АРМ ДСП (рисунок 1.5) поезда, локомотивы, вагоны отображаются условными значками. Грузовые поезда категорий 27 – 34 (№№1001 – 3998), категорий 37 – 49 (№№ 9301 – 9798) отображаются условным значком коричневого цвета с номером поезда внутри УЗ:



– с поездным локомотивом электровозом;



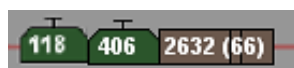
– с поездным локомотивом – тепловозом;



– с электровозом;



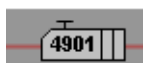
– с тепловозом;



– при следовании поезда на двойной тяге – на пути

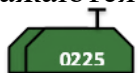
отображается 2 поездных локомотива;

Места примыкания других служб и организаций ОАО «РЖД» изображены на экране в виде условных значков в виде шестиугольников соответствующего цвета с их наименованием.



– поезда категорий 50 – 66 (№№ 4001-4998) (резервные локомотивы, толкачи, сплотки) отображаются светло-серым цветом с номером поезда внутри значка. Идентификация таких поездов в зависимости от вида тяги аналогична идентификации грузовых поездов.

Отображение поездных локомотивов в зависимости от тяги. Электровозы – диапазон серий 101 – 275. В зависимости от количества секций электровозы отображаются:



– 2-х секционные;



– 3-х секционные.

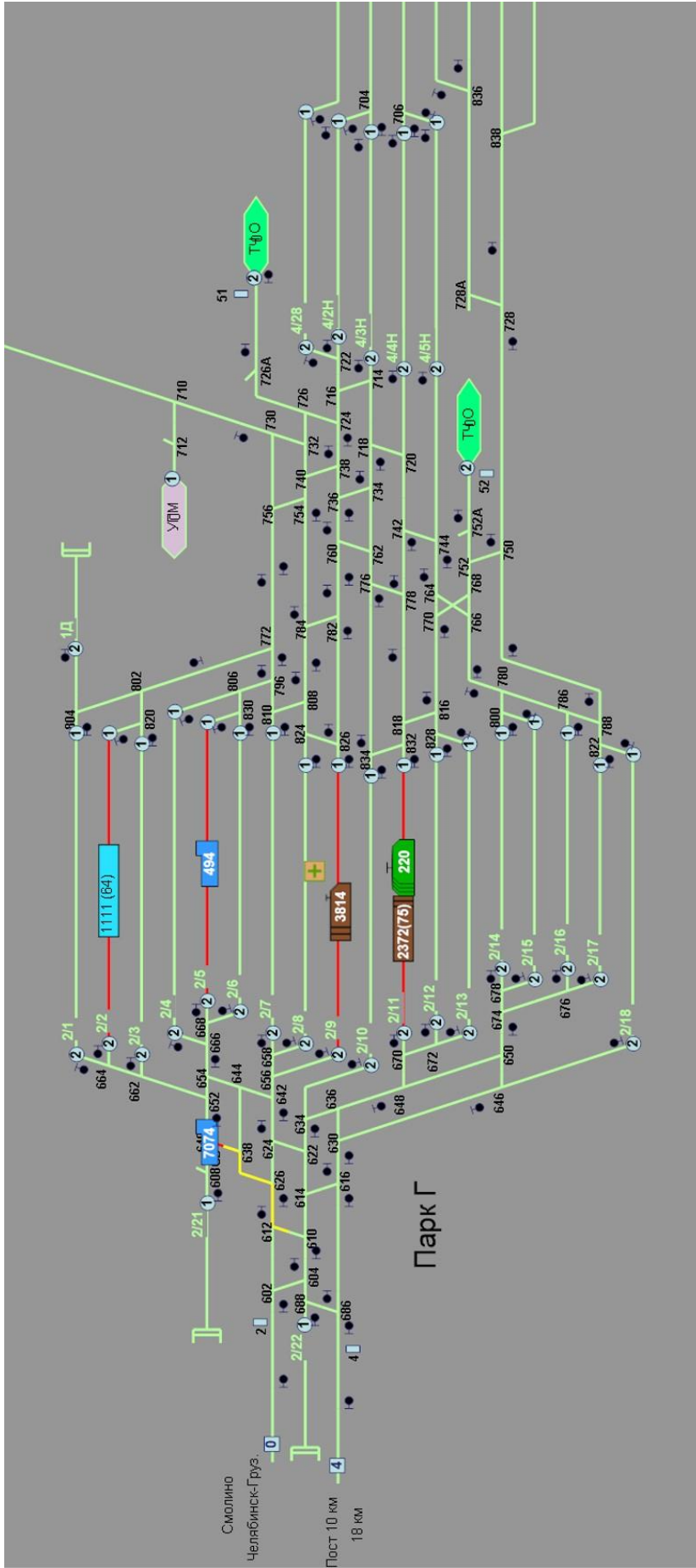






Рисунок 1.5 – Экран интерфейса АРМ ДСП станции Челябинск-Главный системы АСУСТ 2018 (автоматизированная информационная система управления станциями, версия 2018 г.)

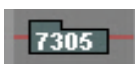
Тепловозы – диапазон серий 501 – 699. В зависимости от количества секций тепловозы отображаются:

 – 2-х секционные;

 – 1 секционные.

Маневровый локомотив, прикрепленный к станции, отображается:

  – при нахождении в эксплуатируемом парке – УЗ голубого цвета с номером локомотива внутри.

 – при нахождении в неэксплуатируемом парке – УЗ цвета сине-зеленого оттенка с номером локомотива внутри.

Детализированные данные отображаются при наведении курсора по любому объекту, например, по значку поезда (рисунок 1.6).

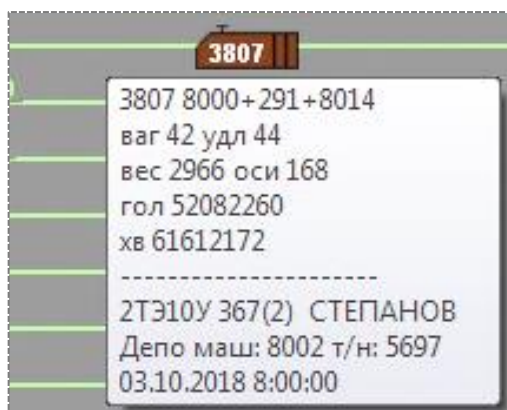


Рисунок 1.6 – Элемент экрана АРМ ДСП автоматизированной системы управления станции Челябинск-Главный. Детализированные данные по поезду

На рисунке 1.6 представлены следующие данные по поезду:

- номер поезда;
- индекс поезда;
- количество вагонов;
- условная длина поезда;
- вес поезда брутто/нетто;
- количество осей;
- номер головного вагона;

- номер хвостового вагона;
- серия локомотива;
- номер локомотива;
- секционность - в круглых скобках цифра – 1, 2 или 3;
- фамилия машиниста (при двойной тяге – такие же данные для второго локомотива и второй бригады);
- код депо приписки и табельный номер;
- дата и время явки локомотивной бригады.

2. Функция «Основные показатели работы» обеспечивает выдачу нормативных и оперативных данных по районам управления: наличие, прием и отправление вагонов и поездов, время нахождения вагонов на станции и др.

3. Функция регистрации и накопления заданий на установку маршрутов:

- прием, отправление и проследование поездов;
- заезд поездных и маневровых локомотивов под составы;
- пропуск поездных локомотивов в депо;
- и др.

4. Функция представления данных о прогнозе подхода к станции транзитных поездов и поездов, с детализацией их отдельных характеристик: номер и индекс поезда, станция отправления, время отправления, количество груженых и порожних вагонов, предполагаемое время прибытия и др.

5. Функция оперативного представления процесса составообразования на сортировочных станциях с детализацией количества вагонов находящихся на путях различных парков станции и в подходе к ней, с указанием по назначениям плана формирования и прогнозного времени окончания накопления.

6. Функция «Грузовая работа станции (выделенного района станции)» обеспечивает выдачу плановой и оперативной информации о погрузке, выгрузке на станции (в выделенном районе).

7. Функция автоматического формирования макетов сообщений различных технологических событий в смежные системы (например, АСОУП):

- изменение индекса поезда;

- прибытие поезда;
- установка и снятие ограждения состава;
- проследование поезда через станцию без остановки;
- объединение и разъединение составов поездов;
- временное отставление поезда от движения и другие задержки в пути следования;
- окончание формирования состава;
- прицепка, отцепка локомотива;
- и др.

8. Функция поиска объекта с определением его текущего состояния и дислокации:

- поезда;
- вагона;
- локомотива.

9. Функция ознакомления с нормативными и регламентирующими документами, необходимыми для информированности ДСП.

10. Функция контроля правильности пользования устройствами СЦБ и правильности соблюдения ДСП специализации путей.

11. Функция автоматической отчетности в виде: справок, статистических форм, например:

- наличие вагонов с указанными характеристиками (например, транзитных груженых);
- итоги станционной работы в различной градации (например, по приему или отправлению поездов);
- время нахождения вагонов на станции в различной градации (например, транзитных и местных);
- исполнение наряд-заданий на маневровые передвижения;
- архив технологических состояний станции за любой период; воспроизведение движения и дислокации подвижных единиц, контроль состояния сигналов, маршрутов, занятости секций и др.

Из приведенного выше перечня функций видно, что АСУСТ и ее составная часть АРМ дежурного по станции нацелена на предоставление пользователю различного рода справочных и отчетных сведений [40]. Соответственно действующие системы управления станциями не обеспечивают формирование ОУР [29, 30, 31]. В тоже время данные по функциям (1, 3, 4, 5, 6, 10) необходимы для выработки интеллектуальных решений в АСУСТИ. Как уже говорилось, к этим данным могут быть добавлены, например, данные о позиционировании объектов управления при использовании спутниковых систем навигации.

На современном этапе интеллектуализацию станционных систем управления можно обеспечить за счет разработки и внедрения в АСУСТ интеллектуальных модулей выработки ОУР с функциями прогнозирования и управления поездной и маневровой работой, позволяющих учитывать максимальное число различных влияющих факторов, а также накопленный опыт практической работы ДСП.

1.5 Концептуальные основы интеллектуализации систем управления оперативной работой станций

Работу железнодорожных станций определяет большое число внутренних и внешних нередко трудно формализуемых параметров и возмущающих воздействий [25]. К возмущающим воздействиям могут относиться: непредусмотренное изменение целей, эксплуатационных характеристик системы и объектов управления, параметров внешней среды и т. д.

Высокий уровень неопределенности многих из них позволяет отнести управление работой станций к классу так называемых информационно сложных задач, решение которых с использованием традиционных (информационных) АСУСТ не позволяет полностью раскрыть технологические возможности станционных комплексов. Для повышения их эффективности необходимо пересмотреть концептуальную, методологическую и инструментальную составляющие эксплуатируемых АСУСТ.

В настоящее время, комплексы АСУСТ наращиваются за счет развития взаимодействия с техническими средствами автоматической идентификации объектов грузового движения и субъектов управления для фиксации в модели технологически значимых операций и состояний объектов с целью обеспечения дежурного персонала максимальной информацией для решения прикладных задач по планированию и оптимизации управленческих процессов [41]. Оснащение АСУСТ «интеллектуальными качествами» дает возможность получить на выходе не просто информацию, а конкретные управляющие решения [41]. Рассмотрим концептуальные основы интеллектуализации АСУСТ.

Одной из основных особенностей, отличающих интеллектуальную систему управления от информационной, является подключение механизмов хранения и обработки экспертных знаний для реализации способностей наиболее опытных экспертов для выполнения требуемых функций управляемой системы. Обобщение и применение накопленного опыта экспертов в алгоритмах и моделях АСУСТ дает возможность предложить менее опытным работникам готовые оперативные

управляющие решения более высокого уровня, позволяющие выполнить свои должностные обязанности с качеством более опытных работников (экспертов).

Трудности возникают при структурировании предметных знаний, определении и формализации предметных концепций. Эксперты, как правило, приводят неформализуемые факторы, которые необходимо учитывать. В своей практической деятельности эксперты при решении задач управления используют эвристики (эмпирические правила), т.к. необходимая скорость принятия оперативного решения или сложность существа задачи делают невозможным анализ всех влияющих параметров. Поэтому в интеллектуальных системах используются эвристические процедуры.

Известно, что чем выше способности эксперта в рассматриваемой области управления, тем ему труднее структурированное описание своих знаний, используемых им для решения задач, т.к. при постоянном их использовании решения переходят в разряд «автоматических» или «интуитивных». Поэтому в диссертационном исследовании при определении параметров, влияющих на принятие управляющих решений ДСП, было использовано несколько методов систематизации знаний, которыми обладают опытные эксперты в области оперативного управления работой станции:

- наблюдение за экспертами, решающими конкретные задачи на своем рабочем месте;

- обсуждение с экспертами задач: изложение экспертами цепочки рассуждений, которая показывает, как начальное множество данных, утверждений, эвристических и иных правил приводят к решению; выявление видов данных, очередности и параметров, необходимых для решения конкретных задач, формирование прототипной задачи для каждой категории возможных ответов, субъективного представления эксперта о процессах в сложной динамической ситуации.

- сопоставление результатов управления, решенных экспертом и прототипом системы задач; сравнение и оценка эффективности выработанных системой оперативных управляющих решений;

Результаты определения и анализа параметров, влияющих на формирование управляющих решений ДСП представлены в главе 4.

Важной составляющей интеллектуальных систем является использование принципа самообучения.

Принцип самообучения основывается на методах автоматической классификации ситуаций из реальной практики, или иными словами, на методах обучения на примерах. Примеры реальных ситуаций составляют так называемую обучающую выборку, которая формируется в течение определенного исторического периода. Обработка и классификация фактов о работе и состояниях управляемых объектов в процессе функционирования в базах данных АСУСТ допускает извлечение и адаптивное преобразования информации, в соответствии с объективными изменениями выполняемых процессов.

Накоплению знаний о работе управляемых объектов в интеллектуальном АСУСТ способствуют интеграционные решения (подробнее см. в разделе 2.3) с внешними системами и комплексами измерительно-информационных средств, передающих местоположение и состояние объектов и субъектов управления, в результате система управления может изменять свои параметры и приобретать адаптивные свойства на основе самообучения.

Сопровождающие конкретное событие (свершившийся факт, прецедент) элементы описываются в базе данных АСУСТ множеством классификационных признаков. Таким образом в базе данных АСУСТ, имеется множество событий (решений, ситуаций, явлений, процессов) и множество возможных сопровождающих событие параметров (классификационных признаков). Поиск решения возможен на основе определения аналогий и прецедентов, представляющих сходство в каких-либо свойствах (параметрах). От близости текущей ситуации к ситуации прецедента зависит степень сходства и определяется с посредством поиска ближайшей соседней ситуации посредством простого сопоставления текущей ситуации с ситуацией прецедента. Описанную взаимосвязь иллюстрирует рисунок 1.7.

Основными этапами цикла являются:

- извлечение подобного прецедента (нескольких прецедентов) для сложившейся ситуации из базы прецедентов;
- повторное применение извлеченного прецедента для попытки решения текущей проблемы.

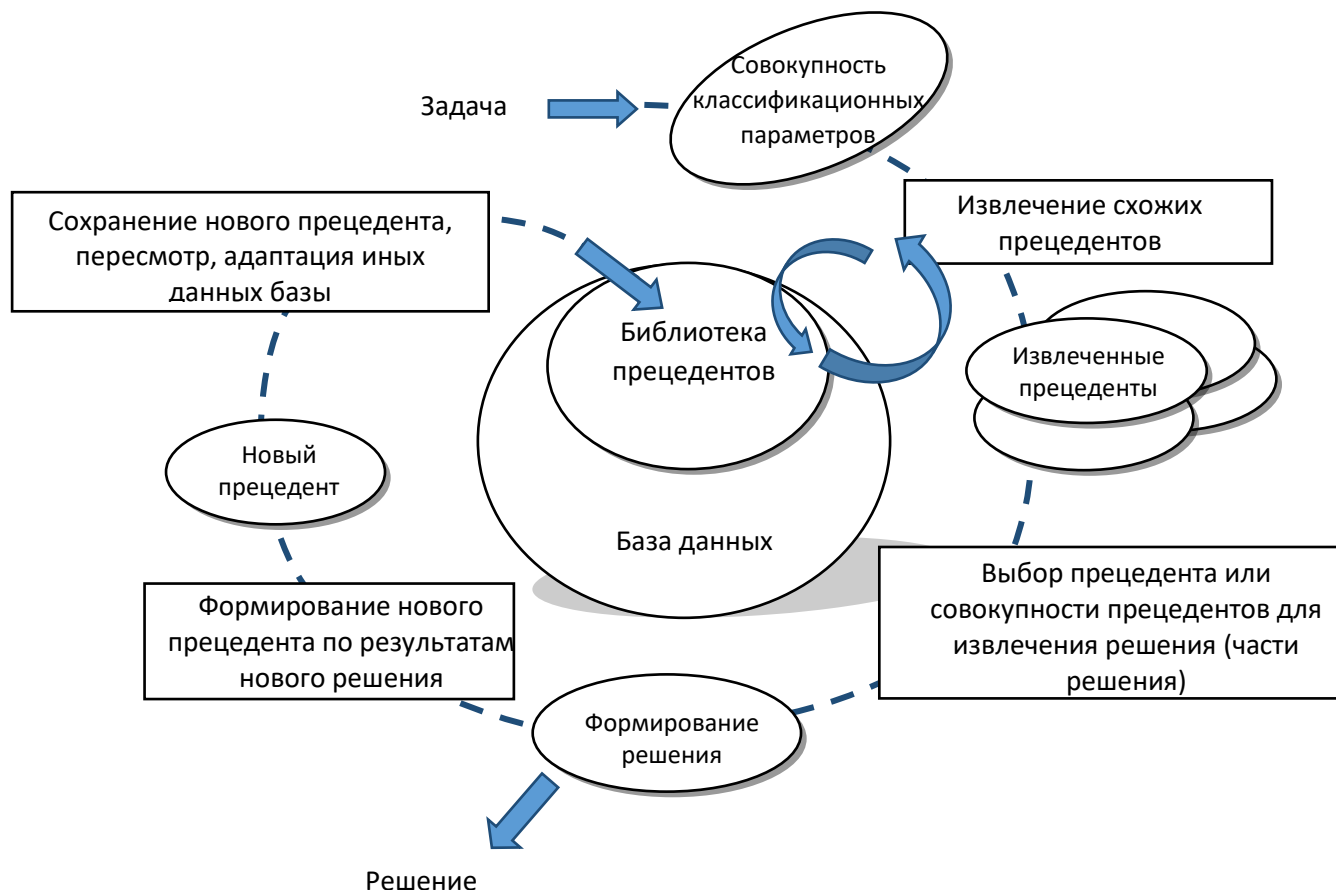


Рисунок 1.7 – Цикл адаптации данных системы на основе прецедентов

- корректировка (адаптация) полученного решения в соответствии с текущей проблемой (при необходимости);
- сохранение нового УР как нового прецедента.

Необходимо учитывать, что в случае отсутствия подходящей ситуации в базе данных, рассуждение на основе прецедентов может не привести к УР для возникшей ситуации. В этом случае при выработке решения необходимо использовать предустановленные нормативно-справочные модели данных. Разработанные на нормативных данных решения будут менее рациональны, чем

решения с применением адаптивных показателей, т.к. данные действующих технологических процессов являются приближенными и нередко завышенными. Существенным фактором получения качественных управляющих решений в АСУСТ является более точный учет параметров. В разделе 2.4 предложен алгоритм самообучения системы на примере актуализации продолжительности отдельно взятого полурейса элементарного маршрута.

Подробно вопрос применения элементов самообучения при развитии АСУСТ рассмотрен во второй главе.

Несмотря на автоматизацию протекающих в системе процессов важным качеством интеллектуальной системы является возможность воздействия ответственного исполнителя на характер функционирования системы - организация регулирующей функции ответственного исполнителя.

В ряде случаев только человек (в данном случае ДСП) может дать наиболее рациональную реакцию на возникающие возмущения и внести необходимые коррективы в части планирования, контроля и регулирования поведения системы. В свою очередь, реакция интеллектуальной системы на поступившее управляющее воздействие человека (ДСП) должна быть незамедлительной и проявиться в виде преобразованных управляющих решений и планов работ. Своевременность вмешательства – оперативность действий в рамках функционирующей управляющей системы не менее важна. Это повышает значение правильной организации взаимодействия управляемой системы с ее пользователем, оптимизации и развития интерфейсов.

Подсистема организации взаимодействия с пользователем должна взаимодействовать с различными категориями пользователей (экспертом, оперативным персоналом) на привычном для них языке – включать в себя один или несколько лингвистических процессов, предназначенных для организации диалога.

На рисунке 1.8, для наглядного представления, сопряжение системы с внешним окружением представлено в виде кругов Эйлера.

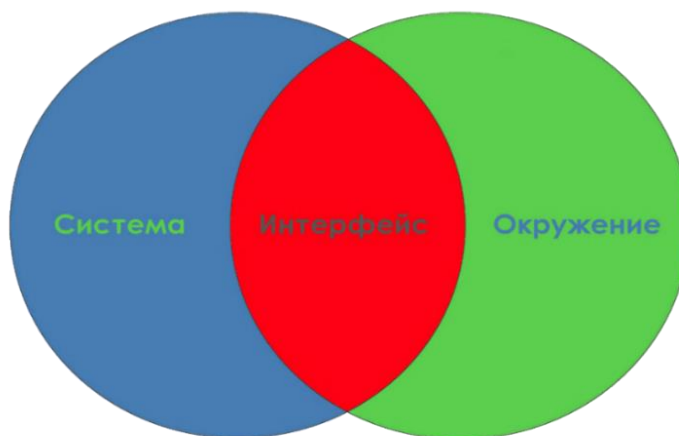


Рисунок 1.8 – Сопряжение системы с внешним окружением

Под стандартным интерфейсом понимается совокупность унифицированных аппаратных, программных и конструктивных средств, необходимых для реализации различных функций, взаимодействие которых должно обеспечиваться наличием следующих качеств:

- согласованность элементов системы в соответствии с совокупностью логических условий;
- согласованность статических и динамических параметров электрических сигналов в системе соединительных линий интерфейса с учетом ограничений на пространственное размещение частей интерфейса и техническую реализацию приемопередающих блоков интерфейса;
- согласованность элементов интерфейса, предназначенных для обеспечения механического контакта электрических соединений и механической замены схемных элементов, блоков и устройств.

Согласованность интерфейса экономит время пользователя, т.к. уменьшается время изучения, а затем использования системы, сокращается число ошибок при принятии решений, появляется чувство комфортности и уверенности.

Эффективность взаимодействия пользователей с системой обеспечивается:

- посредством защиты системы от непрофессиональных действий пользователя;

– набором иерархических меню, подсказок, обучения и др. элементов облегчающих процесс использования;

– наличием «возврата действий», последствия которого не удовлетворили пользователя.

Функциональность интерфейса в полном объеме зависит от технологических обязанностей специалиста и бизнес-процессов, автоматизируемых системой.

Выводы по Главе 1

1. ДСП является полномочным руководителем дежурной смены станционных работников. Принятие оперативных управляющих решений (ОУР) является неотъемлемым атрибутом его деятельности. ДСП принимает ОУР в условиях дефицита времени при необходимости учета большого числа внутренних и внешних параметров.

2. Перечень ОУР даже в укрупненном виде включает в себя большое количество необходимых решений по выполнению поездных и маневровых передвижений по станционным путям в условиях: необходимости определения последовательности выполнения таких передвижений, наличия враждебных маршрутов, учета топологии станции и примыкающих участков, характеристик прибывающих поездов и выполняемых с ними на станциях технологических операций, характера маневровых передвижений, необходимости определения времени открытия поездных и маневровых сигналов и др.

3. В работе ДСП требуется: высокий уровень ответственности по обеспечению безопасности движения и эффективности работы станции при выработке ОУР, их передаче персоналу станции и машинистам; обеспечение контроля выполнения технологических процессов; глубокий анализ постоянно меняющихся ситуации и способность прогнозировать их развитие. В периоды высокой интенсивности движения возрастают требования к скорости принятия решения.

4. Проведенный анализ функциональных возможностей современных АСУСТ показал, что они представляют собой информационно – справочные системы и ориентированы на сбор, хранение и предоставление данных пользователю, в том числе ДСП. На основе полученной информации ДСП принимает в основном интуитивные ОУР. Часть информации, предоставляемая АСУСТ, должна использоваться при выработке интеллектуальных решений. Поэтому интеллектуальную систему выработки ОУР (АСУСТИ) целесообразно развивать на базе АСУСТ.

5. Высокий уровень требований к эффективности управления оперативной работы станции и скорости принятия решений определяют необходимость перехода от информационных к информационно-интеллектуальным стационарным системам управления, в которых ОУР вырабатываются с использованием комплекса алгоритмического и программного обеспечения, учитывающего множество параметров, значения которых должны вводиться в систему в основном в автоматизированном режиме.

6. Определены концептуальные основы интеллектуализации АСУСТИ:

- 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.

2 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ ОУР ДЕЖУРНЫМ ПО СТАНЦИИ

2.1 Архитектура интеллектуальной системы принятия ОУР дежурным по станции

Архитектуру интеллектуальной системы принятия ОУР дежурным по станции (АСУСТИ) рассмотрим для условий работы сортировочных станций, как наиболее сложных и ответственных объектов управления станционного уровня на железнодорожном транспорте.

На основе положений, изложенных в главе 1, архитектура АСУСТИ, выполнена на базе АСУСТ и представлена на рисунке 2.1. В качестве возможного решения по развитию интеллектуальных качеств системы предлагается формирование в рамках действующей АСУСТ интеллектуального управляющего модуля расчета оперативных управляющих решений (УИМ). Дальнейшее использование УИМ (обменные процессы взаимодействий приведены на рисунке 2.2) далее рассматриваются в комплексе с информационными ресурсами АСУСТ.

Архитектура комплекса АСУСТИ оснащенного УИМ, представленная на рисунке 2.1, 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. Рассмотрим представленную архитектуру более детально.

Сигналы управления ОУР (D) генерируются в управляющем интеллектуальном модуле (УИМ) и передаются ДСП, управляющее воздействие которого, в свою очередь, передается управляемому объекту (УО). В идеальном

случае, при высоком качестве системного ОУР ($D_{АСУСТИ}$) управляющее решение ДСП должно ему соответствовать, но учитывая вероятную разницу показателей, дифференцируем эти понятия на схеме, обозначив управляющее решение ДСП как $D_{ДСП}$, исключив его из дальнейшего расчета ОУР.

Принятие ОУР в АСУСТИ представим в виде обобщенного функционала:

$$D_{АСУСТИ} = P(X_0, X_{t1}, X_{t2}, X_{t3}, S_U, S_{ДСП}), \quad (2.1)$$

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 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.

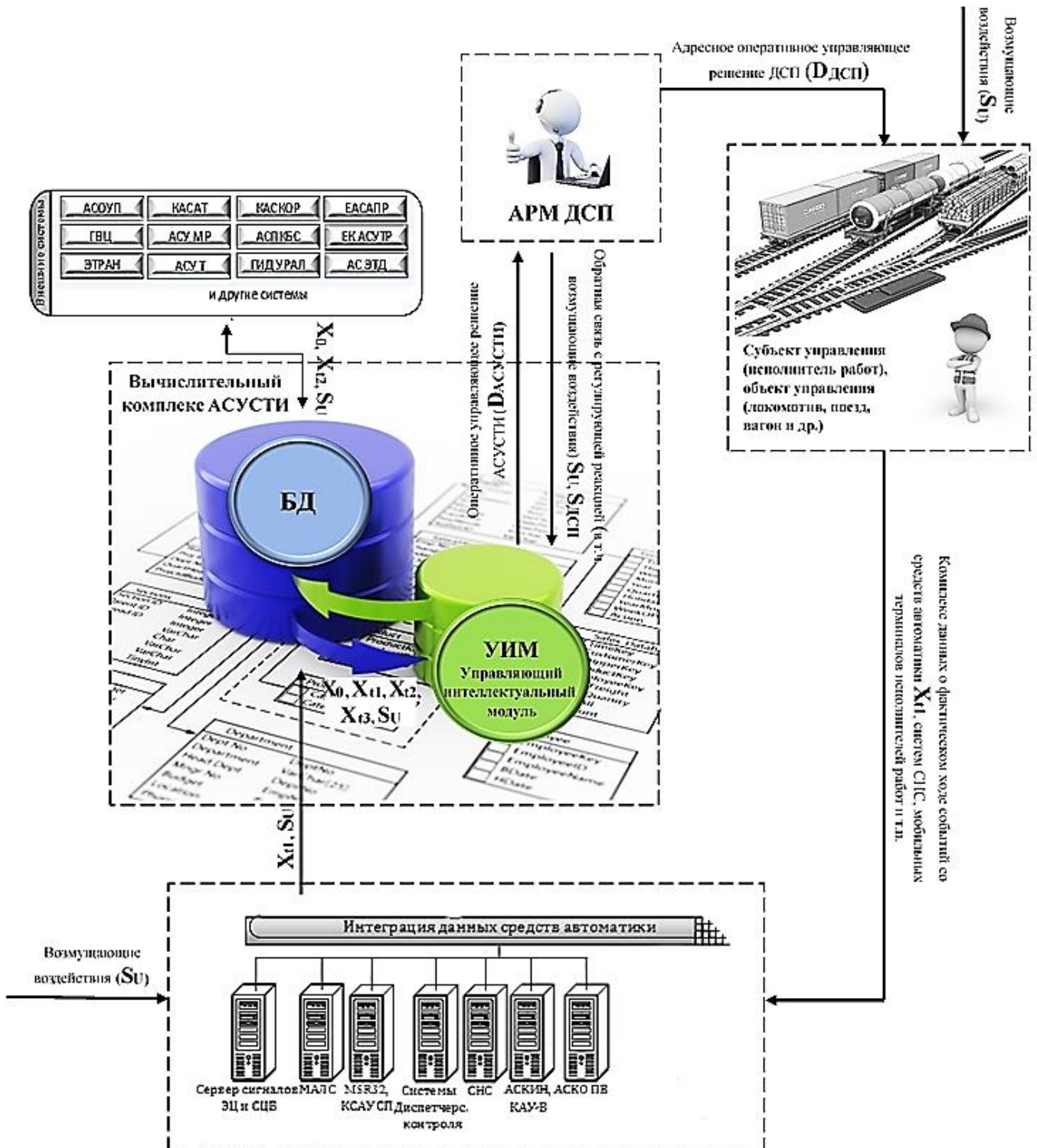


Рисунок 2.1 – Архитектура АСУСТИ – комплекса АСУСТ оснащенного УИМ

На рисунке 2.1:

$D_{ДСП}$ – управляющее решение ДСП;

БД – база данных АСУСТ;

АРМ ДСП – автоматизированное рабочее место ДСП.

Фактический ход процессов в режиме реального времени контролируется системами автоматики, а также навигационного позиционирования на станции и на подходах к ней локомотивов и исполнителей работ, оснащенных мобильными терминалами. Эта информация (X_{t_1}) в режиме реального времени содержит данные о фактическом положении всех объектов и субъектов слежения.

Управляемыми объектами системы в данном случае является совокупность продвигающихся по станции маневровых и поездных локомотивов, маневровых составов, а также прибывающих на станцию и отправляющихся поездов.

Управляемыми субъектами - исполнители работ (например, составитель, машинист), которому на мобильное рабочее место поступают адресные задания.

Комплекс нормативно-технологических показателей и оперативных показателей ($X_0, X_{t_1}, X_{t_2}, X_{t_3}$) в виде множества параметров, поступает из базы данных АСУСТИ в УИМ. Нормативно-технические показатели (X_0) взятые при первичном подключении станционного объекта к серверу АСУ уточняются посредством применения элементов самообучения (см. раздел 2.4). База знаний автоматически корректируется по мере накопления опыта реальных ситуаций. При решении задач прогнозирования и расчета ОУР подаются уже скорректированные алгоритмами самообучения данные: чем дольше эксплуатируется АСУ станции, тем больше глубина архива событий, шире диапазон подключаемых к расчету ситуаций и, следовательно, точнее выполнен расчет параметров для ОУР.

В систему вводятся возмущающие воздействия: о временном закрытии для движения отдельных путей и стрелочных переводов, наличии ограничений скорости движения по маршрутам, отказах технических средств и иных нарушениях нормального хода маневровой работы и др. Данные о возмущающих воздействиях и иные корректирующие регулирующие воздействия обозначены показателем S_u .

Информационная база данных для выработки конкретного оперативного управляющего решения включает в себя различные данные по станции: графики движения поездов, топологические схемы станции с делением ее путей и стрелочных горловин на изолированные участки, схемы подхода к станции, маршруты поездных и маневровых перемещений, набор условий для определения порядка и очередности выполнения элементарных маршрутов, полурейсов и рейсов, данные технологических процессов о нормативном времени выполнения станционных операций и нормативных скоростях движения подвижных единиц (используются при первичном подключении, в последующем показатели уточняются алгоритмами самообучения, для более точных расчетов и оптимального расхода временных ресурсов).

Переменная информация включает в себя: сменно-суточный (или план на более короткий период) оперативный план прибытия и отправления поездов; иные исходные параметры, перечень которых зависит от управляемых технологических процессов; различные данные внешних источников интеграции данных, например, АСОУП, АСУ МР, ЭТРАН и т.п. Имитационная модель станционных процессов и источники интеграции данных детализирован автором в разделе 2.3.

Набор факторов, влияющих на формирование управляющих решений ДСП индивидуален, в тоже время можно выделить ряд ключевых параметров влияющих на управление конкретным технологическим процессом. Анализ ключевых параметров проведена автором в главе 3.

Принятие ОУР дежурным по станции должно обеспечивать достижение целевой функции АСУСТИ $F(x)$ в целом:

$$F(x) = f(E_{нз}, E_{пл}, E_{вр}^{ман}, E_{дсп}^{зон}) \longrightarrow \max, \quad (2.2)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$Z_{\text{п}}^{\text{приб}}$ – количественный показатель объема принятых поездов по прибытию; соблюдается режим устойчивого приема и отправления поездов с учетом значений 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 эксплуатирования 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».

Далее рассмотрим подробнее структуру модуля УИМ.

2.2 Структура модуля УИМ в архитектуре АСУСТИ

Структура УИМ укрупненно в виде блоков и подсистем представлена на рисунке 2.2, на котором информационные составляющие одинаковы с обозначениями на рисунке 2.1, а также:

$X_{т1(АРХ)}$ – 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 $X_{т1(АРХ)}$; (в разделе 2.4 рассмотрен предложенный алгоритм самообучения системы на примере актуализации продолжительности отдельно взятого полурейса элементарного маршрута).

Рассмотрим подробнее функции каждого блока подсистемы УИМ.

Подсистема мониторинга (B_1) УИМ взаимодействует с текущей моделью БД АСУСТИ с основной функцией - наблюдение за текущими показателями технологических процессов, местоположением и состоянием субъектов и объектов управления, инфраструктуры и других данных, необходимых для построения объектной модели для конкретного фронта работ ДСП.

Подсистема B_1 включает в себя следующие элементы:

– блок текущей переменной информации о состоянии объектов управления поступающей от устройств автоматики в режиме реального времени, в том числе данных оперативного мониторинга и диагностики состояния устройств автоматики и других объектов эксплуатационной инфраструктуры ($X_{т1}$);

– блок текущей переменной информация, поступающей от различных автоматизированных систем управления (внешних и внутренних) в режиме реального времени ($X_{т2}$);

– блок обработки возмущающих воздействий случайного характера, оказывающих влияние на процесс, объект или субъект слежения, а также на качество результата в том или ином виде (S_U). Это любые воздействия, не

предусмотренные ходом технологического процесса и ведущие к нарушению технологического режима. Например, изменение метеорологических условий, закрытие отдельных путей, нарушение технологии в работе систем, взаимодействующих железнодорожным транспортом систем, отражающихся в неравномерности входящих поездов и вагонопотоков.

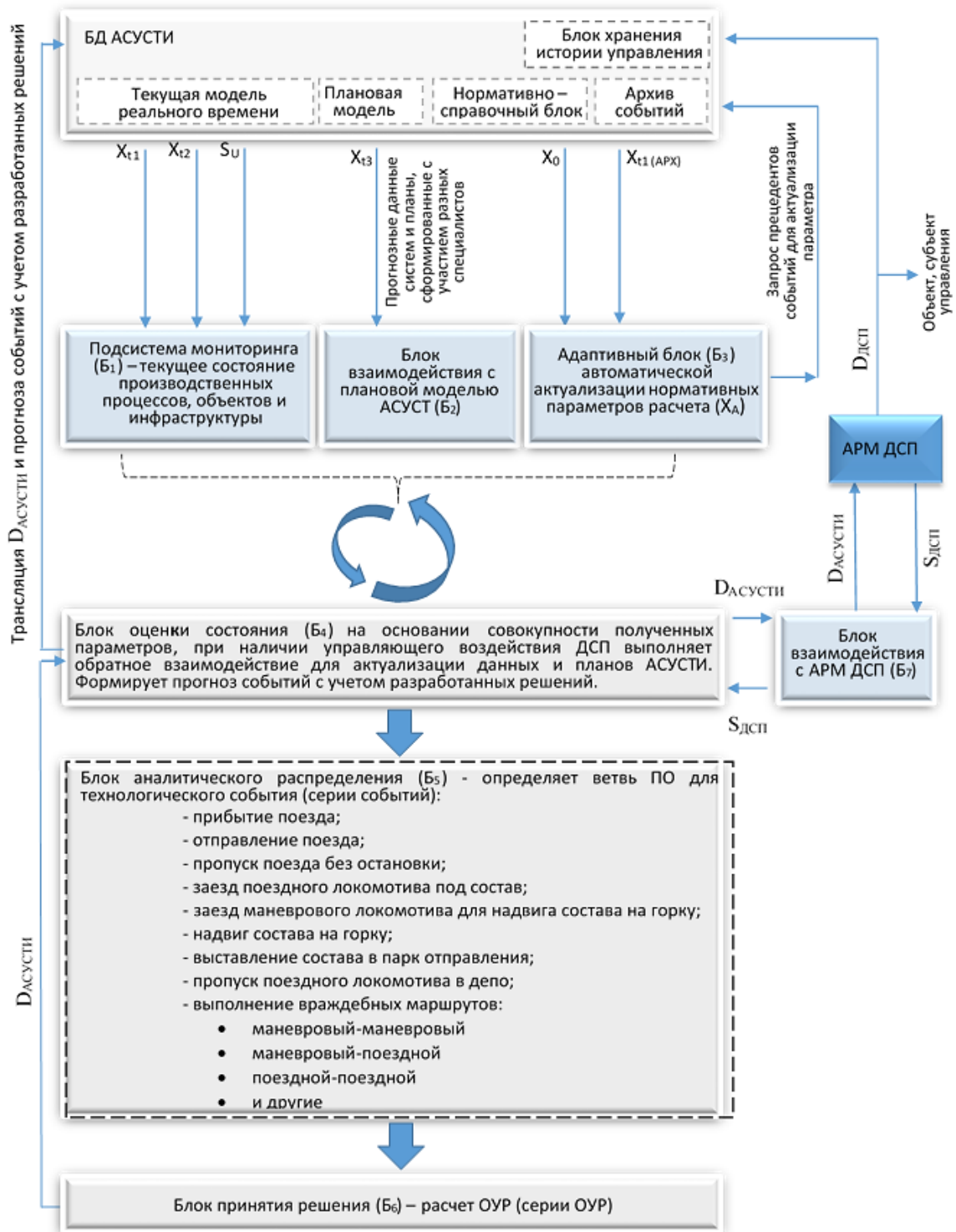


Рисунок 2.2 – Структура модуля УИМ

Адаптивный блок автоматической актуализации нормативных параметров (Б₃) оснащен алгоритмами самообучения, посредством которых происходит актуализация предустановленных значений нормативно-справочных показателей (X_0). Точность рассчитанного значения (X_A) в большей степени зависит от количества зафиксированных в БД АСУСТИ тождественных показателей ($X_{t1(APX)}$), используемых для анализа в качестве прецедентов.

Блок взаимодействия с плановой моделью (Б₂) АСУСТИ предназначен для получения требуемого объема плановой информации, необходимой и достаточной для определения очередных целей объектов (например маршрутов движения), субъектов слежения и формирования серии ОУР для ДСП. Зафиксированные в БД АСУСТИ планы формируются участвующими в управлении перевозочным процессом работниками, посредством взаимодействия с АРМ таких работников. Все виды планирования в АСУСТИ тесно взаимосвязаны и различаются по их признакам, например:

- по направленности на конкретный технологический процесс (совокупность процессов),
- по срокам, на которые составляются оперативные планы;
- по методам решения и способам представления результатов и др.

Данные от Б₁–Б₃ передаются для анализа в блок оценки состояния (Б₄). На основе поступающих данных от ДСП ($S_{ДСП}$) Б₄ выполняет обратное взаимодействие с описанными выше блоками взаимодействия с БД АСУСТИ для актуализации данных и планов.

При каждом изменении состояния данных Б₄ взаимодействует с блоком аналитического распределения (Б₅), 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. Осуществляется запрос из Б₅ требуемых для расчета ОУР данных в Б₄. После этого параметры передаются в блок расчета ОУР (Б₆) для выполнения результирующих расчетов ($D_{АСУСТИ}$).

Результат расчета B_6 в виде отдельно взятого ОУР или серии ОУР передается в B_4 , который транслирует решение $D_{АСУСТИ}$ в АРМ ДСП (при участии B_7), а также формирует прогноз событий с учетом разработанных решений $D_{АСУСТИ}$. Прогноз событий с учетом разработанных $D_{АСУСТИ}$ транслируется в АРМ ДСП (при участии B_7) и БД АСУСТИ.

ДСП, получив указанные выше данные, принимает решение о возможности применения, предложенного системой решения. Результат решения ДСП в виде $D_{ДСП}$ передается объектам и субъектам управления, а также дублируется для хранения и последующего анализа в блоки хранения истории управления БД АСУСТИ.

Полученный БД АСУСТИ прогноз событий с учетом разработанных $D_{АСУСТИ}$ запускает новый цикл актуализации и трансляции данных в блоки УИМ.

Далее рассмотрим подробнее вопрос использования базы АСУСТ для АСУСТИ.

2.3 Использование информационной базы АСУСТ для АСУСТИ

2.3.1 Структура комплекса АСУСТ

Рассмотрим структуру комплекса АСУСТ на примере архитектурной схемы АСУСТ-2018 компании «Циттранс М» (рисунок 2.3) применительно к ее использованию в АСУСТИ [41].

На рисунке 2.3 обозначено:

- автоматизированная система ведения и анализа графика исполненного движения (ГИД УРАЛ);
- автоматизированная система оперативного управления перевозками (АСОУП);
- автоматизированная система управления местной работой (АСУ МР);
- комплексная автоматизированная система учёта и анализа случаев технологических нарушений (КАСАТ);
- автоматизированная система подготовки и оформления перевозочных документов (ЭТРАН);
- мобильное рабочее место клиент (МРМ); – автоматизированная система управления тяговыми ресурсами (АСУ Т);
- автоматизированная система контроля инвентарных номеров вагонов (АСКИН);
- устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ);
- автоматизированное рабочее место пункта технического обслуживания (АРМ ПТО);
- электрическая централизация (ЭЦ);
- автоматизированное рабочее место приемосдатчика (АРМ ПС);
- автоматизированное рабочее место маневрового диспетчера (АРМ ДСЦ);
- автоматизированное рабочее место дежурного по станции (АРМ ДСП);
- автоматизированное рабочее место главного инженера станции (АРМ ДСГ);

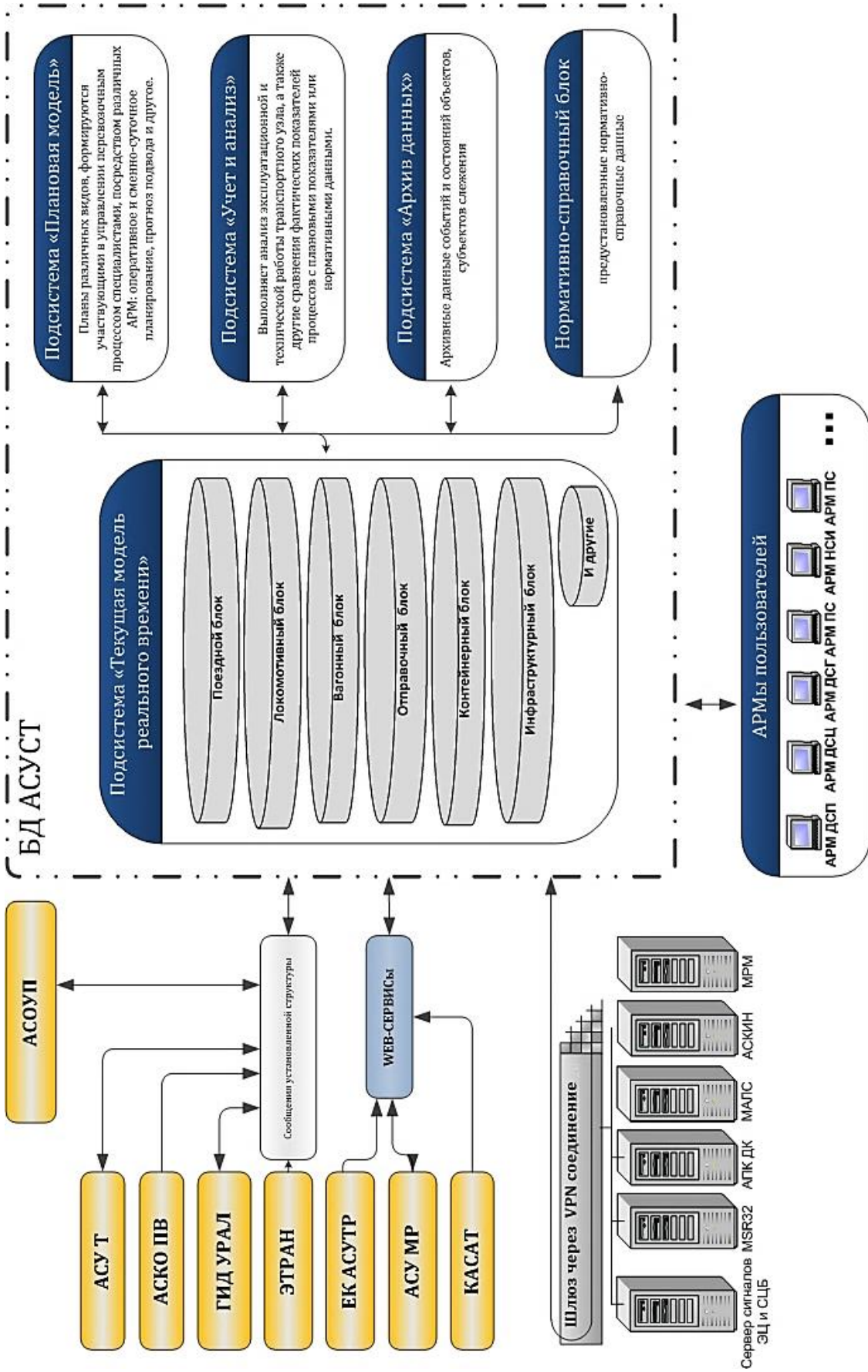


Рисунок 2.3 – Структурная схема комплекса АСУСТ 2018 (автоматизированная информационная система управления станциями, версия 2018 г.)

- автоматизированная система управления сортировочной станцией (MSR32);
- аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля (АПК ДК);
- маневровая автоматическая локомотивная сигнализация (МАЛС);
- автоматизированное рабочее место ведения нормативно-справочной информации (АРМ НСИ).

Логическую модель данных АСУСТ можно условно разделить на несколько функциональных подсистем:

1. Подсистема «Текущая модель реального времени» - обеспечивает ведение единой динамической модели станции и объектов в подходе к станции. В модели фиксируются изменения технического или технологического состояния объектов и субъектов управления на станции, выполняется актуализация данных, уточнение параметров или свойств. Основная часть поступающих в АСУСТ данных о динамических объектах формируется автоматически посредством поступающих данных внешних систем, в т.ч. на основе данных АПК ДК, спутниковой навигации, САИ ПС, MSR32, АСКИН и других средств автоматического съёма информации о дислокации и перемещении подвижных единиц, а также с другими информационными системами ОАО «РЖД».

Аккумуляция информации из различных источников в режиме реального времени является существенным элементом АСУСТИ. Примеры отдельных интеграций с описанием «полезной» информации, которая может быть использованы для разработки предиктивной модели сервиса принятия решений ДСП приведены в следующих подразделах текущей главы. Иерархическая схема влияния внешних источников на ОУР представлена на рисунке 2.4 [120].

2. Подсистема «Архив» - все зафиксированные события и состояния в режиме реального времени параллельно реплицируются для долгосрочного хранения в каталоги архивной модели.

3. Подсистема «Плановая модель» реализует прогноз и планирование различной глубины и технологической направленности, например:

- сменно-суточное (на 12 часов и более);

- текущее планирование работы на 3-6 часов;
- план подвода поездов и постановки судов под грузовые операции на 2-3 суток со всеми участниками логистической цепочки в транспортном узле;
- прогноз поступления грузов на основании оформленных транспортных железнодорожных накладных, с учетом нормативного срока доставки грузов и фактического размещения подвижного состава на сети железных дорог;
- и др.

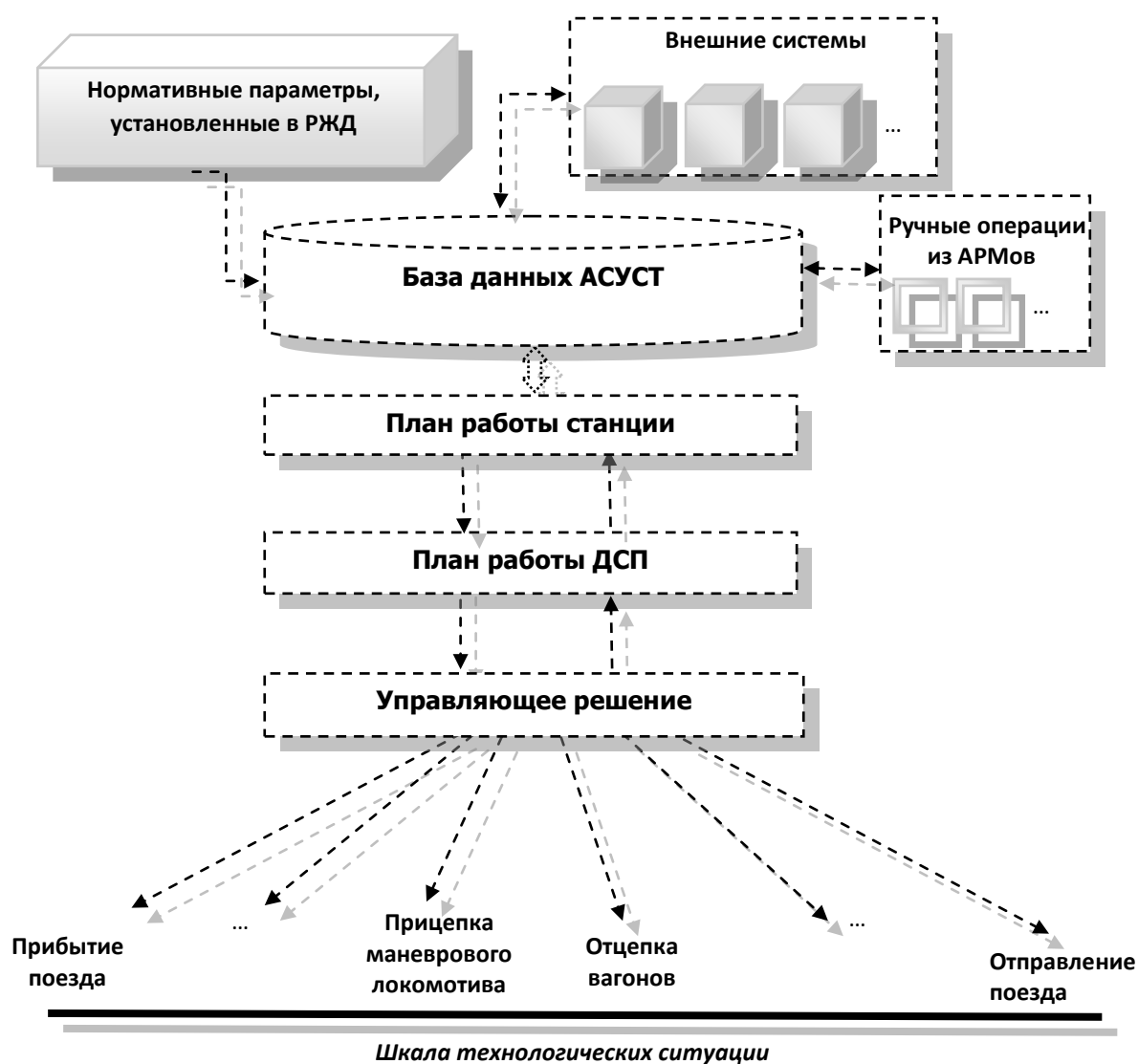


Рисунок 2.4 – Иерархическая схема влияния источников данных на ОУР, принимаемых в АСУСТИ

Плановая модель АСУСТИ в дополнение к АСУСТ предусматривает:

- передачу прогнозных данных систем и планов, сформированных с участием специалистов (различных АРМ) в УИМ;
- прием и обработку корректирующих воздействий от УИМ;
- прием и обработку прогноза событий от УИМ с учетом разработанных ДАСУСТИ;
- актуализацию всех планов и прогнозов модели АСУСТИ с учетом прогнозных событий от УИМ, трансляцию преобразованных планов в блоки УИМ;
- анализ фактических решений ДДСП, и связанная с этим актуализация планов и прогнозов модели АСУСТИ, трансляция преобразованных планов в блоки УИМ.

4. Подсистема «Учет и анализ» обеспечивает формирование итогов работы единых смен, включая рейтинговые оценки; ведение единой отчетности; проведение оперативного, периодического и целевого анализов эксплуатационной и технической работы транспортного узла и других аналитических сравнений фактических показателей процессов с плановыми и нормативными данными.

Для системы АСУСТИ этот логический элемент расширен данными истории управления в виде показателей: оперативных управляющих решений выработанных системой АСУСТИ ($D_{АСУСТИ}$) и управляющих решений ДСП ($D_{ДСП}$), а также сопутствующих им параметров.

5. Нормативно справочный блок содержит условно-постоянную нормативно-справочную информацию ОАО «РЖД». Включает в себя набор справочников, словарей, классификаторов, стандартов, регламентов, используемых при выработке ОУР для станционных работников, в т.ч. ДСП.

Для АСУСТИ нормативный блок АСУСТ должен быть расширен необходимыми данными для формирования различных составляющих алгоритма вычисления $D_{АСУСТИ}$, таких как:

- каталоги влияющих на ОУР параметров, соотношения таких параметров в соответствующих технологических процессах;
- формализованные описания элементарных маршрутов перемещения объектов для каждого вида подвижной единицы с учетом характеристик, влияющих на выбор маршрута перемещения (рекомендации по формализации элементарных маршрутов в модели АСУСТИ рассмотрены в разделе 2.3.2);
- и др.

2.3.2 Формализация элементарных маршрутов в имитационной модели станции

Формализация в модели элементарных поездных и маневровых маршрутов является одним из важных условий построения алгоритмов при выработке решений определения очередности проследования подвижных единиц. Под «подвижной единицей» понимается объект управления, способный к перемещению по формализуемым маршрутам. Такими объектами являются:

- единица тягового подвижного состава (например, локомотив), которая может передвигаться самостоятельно и занимать маршрут. Для уточнения возможного маршрута в АСУСТИ требуется дополнительная градация: «маневровый» и «поездной» локомотив с учетом их тяговых характеристик;
- самоходный специальный подвижной состав (например, мотовозы, дрезины, специальные автотрисы, железнодорожно-строительные машины и др.);
- поезд, в классическом его определении - сформированный и сцепленный состав, состоящий из группы вагонов, с одним или несколькими тяговыми подвижными единицами. Для уточнения возможного маршрута поезда определяющим параметром является категория поезда (грузовой, пассажирский, хозяйственный и т.п.), а также дополнительные характеристики, такие как: длина, вес, негабаритность, наличие грузов с особыми отметками, которые могут оказать влияние на скорость и маршрут.

– отдельной категорией управления представляются маневровые составы, т.к. правила их перемещения и маршруты могут быть отличны от условий выработки ОУР для указанных выше объектов управления. Дополнительно, в зависимости от условий работы станции вводятся градации: маневровый состав подачи, маневровый состав уборки, маневровый состав перемещения (из парка в парк внутри станции), а также их дополнительные характеристики, такие как: длина, вес, негабаритность, наличие грузов с особыми отметками, которые могут оказать влияние на скорость движения и маршрут передвижения.

Сведения, характеризующие подвижные единицы, известны на этапе построения маршрута по данным информационных систем и доступны для анализа в БД АСУСТИ (рисунок 2.1, 2.2, в виде X_0 , X_{t1} , X_{t2} или плановых данных X_{t3} , например, маневровый состав подачи или уборки).

Итоговый перечень возможных подвижных единиц, как и перечень элементарных маршрутов существенно зависит от технологических процессов и топологии станции. Общими для всех станций при формализация маршрутов параметрами являются:

– вид подвижной единицы; нумерация должна предусматривать в т.ч. подвиды подвижных единиц, например, 1 – маневровый локомотив, 2 – поездной локомотив и т.п.;

– характеристика подвижной единицы, влияющая на скорость или выбор возможного маршрута движения, например, 1 – негабаритность, 2 – с опасным грузом и т.п.;

– код технологического события: 1 – проследование поездного локомотива в депо; 2 – надвиг состава; 3 – перестановка состава из парка в парк; 4 –осаживание состава; 5 – заезд маневрового локомотива и т.п.;

– системный идентификатор элементарного маршрута, который имеет четкую взаимосвязь с топологией станции и объектами инфраструктуры: точка отправления «откуда», точка назначения «куда» и возможные соединительные элементы маршрута перемещения, а именно все "замкнутые" в нем секции

(изолирующие стыки секций - номера соединительных точек секции), парк, путь, номера стрелок, и светофоры.

Набор параметров является характеристикой маршрута подвижной единицы.

Если из точки А в точку Б можно проследовать по различным соединительным элементам, то маршруту должен быть присвоен новый системный идентификатор, устанавливающий, в свою очередь, взаимосвязь именно с этими элементами в массивах БД АСУСТИ. Пример взаимосвязей системного идентификатора маршрута с характеризующими параметрами в логической модели данных представлен на рисунке 2.5.

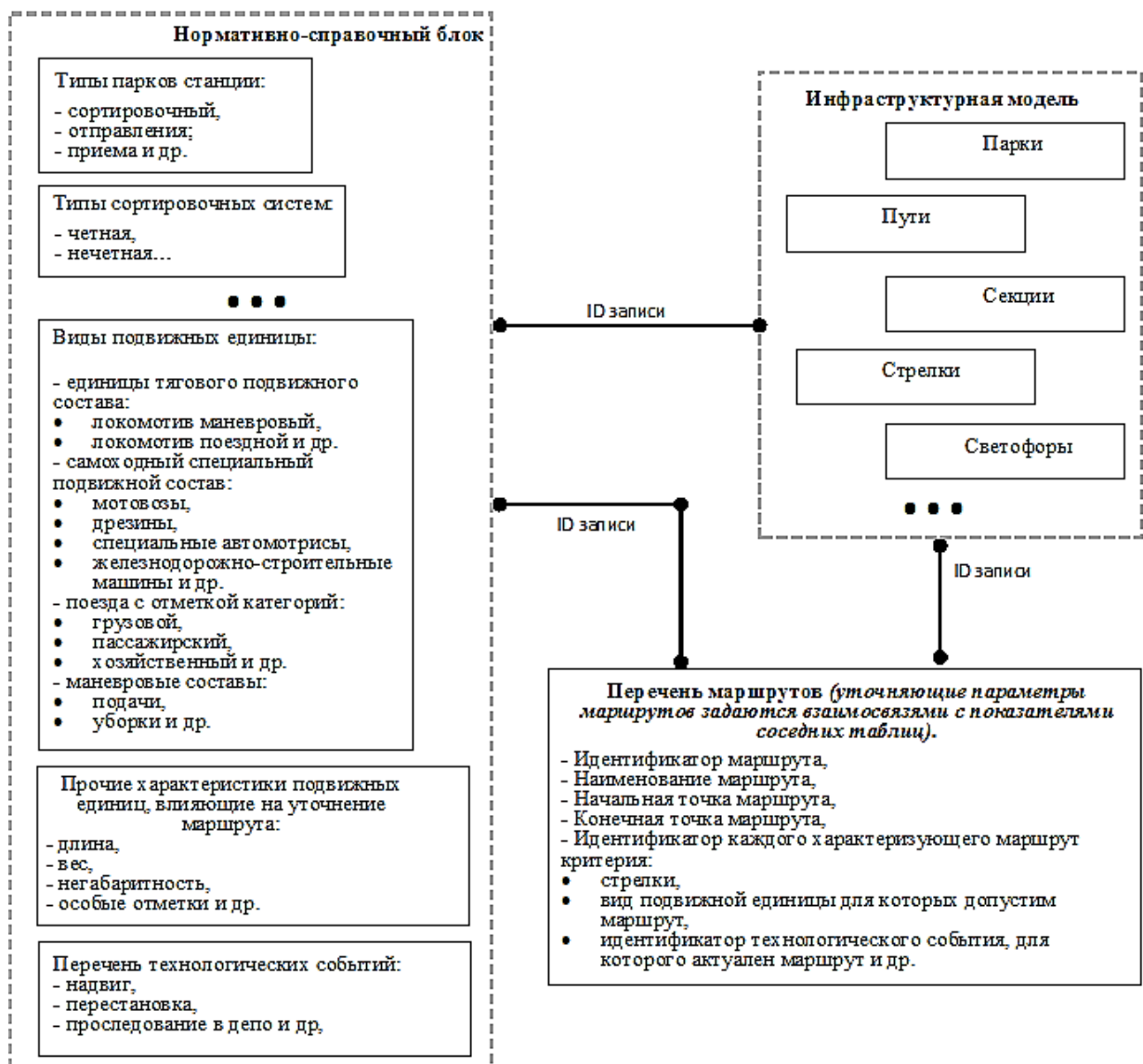


Рисунок 2.5 – Пример взаимосвязей системного идентификатора маршрута с характеризующими параметрами в логической модели данных

2.3.3 Поступление данных от системы горочной автоматизации

Большое количество маршрутов на сортировочной станции связано с обеспечением работы сортировочной горки. От уровня автоматизации сортировочной горки, способности систем автоматически, быстро и безошибочно распускать составы зависит точность спрогнозированных системой АСУСТИ событий, достоверность и оперативность сформированных управляющих решений.

Вне зависимости от типа систем горочной автоматизации, информационный обмен данными с АСУСТИ осуществляется по рассмотренным ниже стандартным принципам [41]. Элементы технологического обеспечения сортировочного горочного процесса можно разделить на следующие этапы, каждый из которых необходим при расчете ОУР в АСУСТИ [41]:

1. Формирование задания на роспуск. Задание на роспуск подготавливается в АСУСТ и, соответственно, в АСУСТИ (рисунок 2.6) в виде сообщения с полученными данными в объеме сортировочного листка (СЛ) передается в систему горочной автоматизации [41].

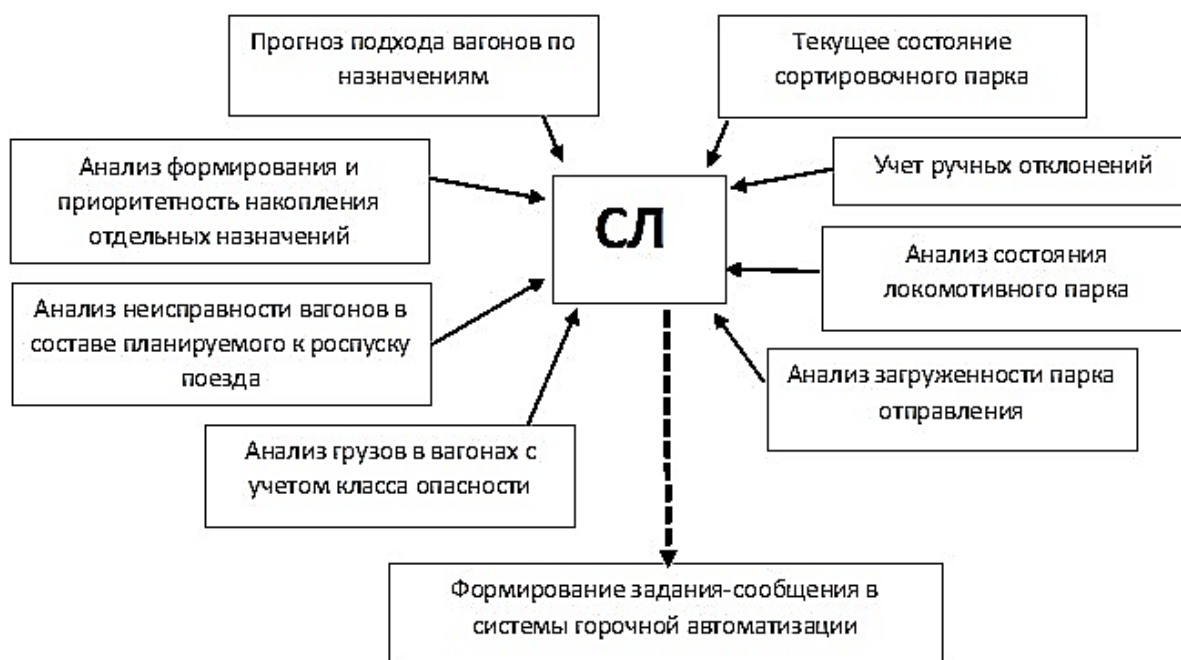


Рисунок 2.6 – Анализ данных в АСУСТ (АСУСТИ) при подготовке сортировочного листка

Сортировочный листок является прямым заданием для выполнения маневров на сортировочной горке и косвенным по подготовке маршрутов в парке приема, зоне формирования и отправления составов [41]. Учитывая ряд содержащихся в нем параметров ДСП (а также составители поездов), выстраивают свои планы по перемещению управляемых объектов (вагонов, групп вагонов, составов, локомотивов) по станции. Ниже при изложении этапов расчета ОУР рассмотрены несколько видов ОУР, при формировании которых информация, содержащаяся в сортировочном листке, может быть использована в АСУСТИ для разработки интеллектуальных подсказок передаваемых ДСП [41].

2. Очередность приема составов на станцию. Современные системы позволяют пользователю формировать план роспуска как на прибывшие поезда, так и на поезда в находящиеся на подходе к станции [41]. Плановый сортировочный листок позволяет системе АСУСТИ сформировать данные о предстоящей работе станции по накоплению, подготовке составов к отправлению, и, следовательно, подготовить план приема поездов с учетом этих данных. Конечно, это не единственный параметр, который используется системой при формировании интеллектуального решения об очередности принятия поездов на станцию. В число параметров включаются: актуальное состояние парка прибытия, текущие незавершенные или запланированные маневровые перемещения, времена выполнения планируемых маршрутов и др. [41].

3. Предъявление составов к техническому обслуживанию и коммерческому осмотру в парке приема выполняется с учетом порядка очередности расформирования составов на горке [41].

В свою очередь, факт технического обслуживания и коммерческого осмотра непосредственно влияет на подготовку сортировочного листка, в виде направления неисправных вагонов на отдельные пути и т.п. [41].

4. Формирование маневровых маршрутов для локомотивов (с вагонами и без вагонов) из одного маневрового района в другой, например, подача состава на сортировочную горку из парка приёма, подача локомотива под состав для выполнения надвига и т.п. [41].

5. Роспуск вагонов с горки. Учет отклонений. Учет отклонений от задания на роспуск (сортировочного листка) выполняется системами ГАЦ с трансляцией в АСУСТИ информации о движении каждого отцепа в режиме реального времени. По этим данным в АСУСТИ выполняется корректировка базы данных, актуализируется состояние сортировочного парка, пересчитывается план накопления и отправления поездов [41].

Фиксация в динамической станционной модели информации от ГАЦ о незапланированном изменении местоположения вагонов по результатам роспуска каждого отцепа способствует правильной организации маневровой работы ДСП при формировании поездов [41]. Это позволяет спрогнозировать требуемые маневровые передвижения с учетом возможной незапланированной ранее перестановки направленных на неспециализированный путь вагонов с выработкой соответствующих ОУР [41].

2.3.4 Поступление данных от автоматизированной системы коммерческого осмотра поездов и вагонов (АСКО ПВ)

Система АСКО ПВ обеспечивает выполнение задач по осмотру вагонов и контейнеров на предмет правильности загрузки и сохранности грузов, а также выявлению отдельных неисправностей вагонов [41].

Информация о неисправностях передаётся на АРМ оператора пункта коммерческого осмотра системы АСКО ПВ, который изучает и подтверждает факт состояния вагонов и грузов [41]. После этого сведения о наличии неисправностей и негабаритного расположения грузов в автоматическом режиме становятся доступными для анализа всем пользовательским АРМам АСУСТИ: АРМ ТК (оператор технической конторы), АРМ ДСЦ (маневровый диспетчер), АРМ ДСП (дежурный по станции или по парку) и т.п., в которых принимаются решения об отцепке вагонов, производится перерасчет планов оперативной работы станции [41].

С точки зрения развития интеллектуальных возможностей АРМ ДСП системы АСУСТИ, автоматически фиксируемый факт о коммерческих неисправностях вагонов является сигналом к необходимости внесения изменений в план предстоящей маневровой работы, с целью обеспечения правильной расстановки вагонов в составе и согласованных действий всех работников, участвующих в производстве маневров [41].

2.3.5 Поступление данных от автоматизированной системы контроля инвентарных номеров вагонов (АСКИН)

Система АСКИН выполняет распознавание инвентарных номеров вагонов в составе поезда или группы, видеоконтроль бортов вагонов, освещение бортов вагонов в темное время суток, информационный обмен между напольным оборудованием и АСУСТИ [41].

По результатам автоматического списывания номеров вагонов в интерфейсах АСУСТИ производится анализ расхождений данных телеграмм-натурных листов с данными фактически прибывших или сформированных составов, выполняется корректировка и трансляция изменений в АСОУП [41].

Изменения наличия вагонов в составах, зафиксированные АСКИН, приводят к изменению местоположений объектов в БД АСУСТИ и, как следствие, корректировке планов по накоплению, формированию и отправлению поездов [41].

В работе ДСП повагонная детализация необходима для планирования и выполнения ряда технологических функций, в том числе таких как [41]:

- установка маневровых маршрутов «отсева» для отцепов («чужаков», неисправных вагонов);
- организация перемещений вагонов в места их погрузки или выгрузки;
- формирование составов поездов к отправлению.

2.3.6 Поступление данных от спутниковых радионавигационных систем

Практическая значимость применения спутниковых технологий для информационных баз АСУСТИ заключается в том, что использование встроенных бортовых комплексов спутниковой навигации позволяет с высокой точностью определять местоположение и скорость объекта в железнодорожной системе координат без привлечения к этому операторов для фиксации событий [41].

В качестве технологических объектов железнодорожного транспорта на базе спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС/GPS выступают оснащенные специальным оборудованием маневровые и магистральные локомотивы, дрезины, самоходный подвижной состав хозяйства пути [41].

Техническая реализация использования спутниковой навигации выражается в создании объективной цифровой стационарной модели АСУСТИ, в которой информация со спутника об оснащенных локомотивах и других объектах слежения объединяется с данными о местоположении вагонов, получаемых в системе АСУСТИ по данным других источников. В результате формируется актуальная картина технологической ситуации на станции [41].

Корректировка динамических баз АСУСТИ на основе информации о расположении объектов слежения, создает дополнительный потенциал для дальнейшего развития системы АСУСТИ на основе использования уникальных по полноте и детализации данных динамических моделей АСУСТИ текущего расположения подвижных единиц на станциях [41].

В то же время существенным недостатком спутниковых технологий является их высокая стоимость [41]. Это делает невозможным, по крайней мере в современных условиях, повсеместное тиражирование этих систем на всей сети железных дорог и порождает необходимость поиска альтернативных решений, например, за счет применения аппаратуры определения дислокации объектов слежения (датчики СЦБ, преобразователи и др.) [41]. Исходя из этого в диссертации система АСУСТИ строится с учетом наличия в АСУСТ тех данных, которые могут быть сформированы в современных условиях [41].

При этом учитывается что развитие информационной платформы АСУСТИ посредством взаимодействия с комплексами спутниковой навигации позволят в перспективе повысить точность дислокации объектов управления на станции в каждый конкретный момент времени [41].

2.3.7 Поступление данных от мобильных рабочих мест исполнителей работ

Цифровизация бизнес-процессов станционной работы предусматривает формирование значительного количества мобильных рабочих мест (МРМ) работников станции, взаимодействующих с ДСП: линейных работников по приему груза к перевозке, формированию электронных документов с возможностью использования электронной подписи (на мобильных рабочих местах); составителей поездов с адресным получением нарядов на выполнение работ в парках станции; работников, выполняющих операции по закреплению составов и вагонов с автоматизированным формированием результатов в журнале учета тормозных башмаков; осмотрщиков ПТО в части получения нарядов на технический осмотр составов и групп вагонов и др.

Выполненный анализ практических разработок станционных мобильных устройств ОАО «РЖД», (в том числе МП ДВИЖ – мобильный терминал приемосдатчика разработки ЦИТТранс, МПР – модуль представления заданий составителю разработки Транссистемотехника, МРМ ЦДИ–В - мобильное рабочее место осмотрщика грузовых вагонов, МРМ ЕК АСУИ – мобильное рабочее место работника инфраструктуры) позволил выделить три основные - «полезные» для ОУР функции, которые непосредственным образом могут использоваться в АСУСТИ (рисунок 2.7):

– предоставление заданий и нарядов составителям поездов, осмотрщикам вагонов и другим работникам, взаимодействующих с ДСП по выполнению соответствующих работ [41];

– организация обратной связи о ходе исполнения заданий ДСП [41];

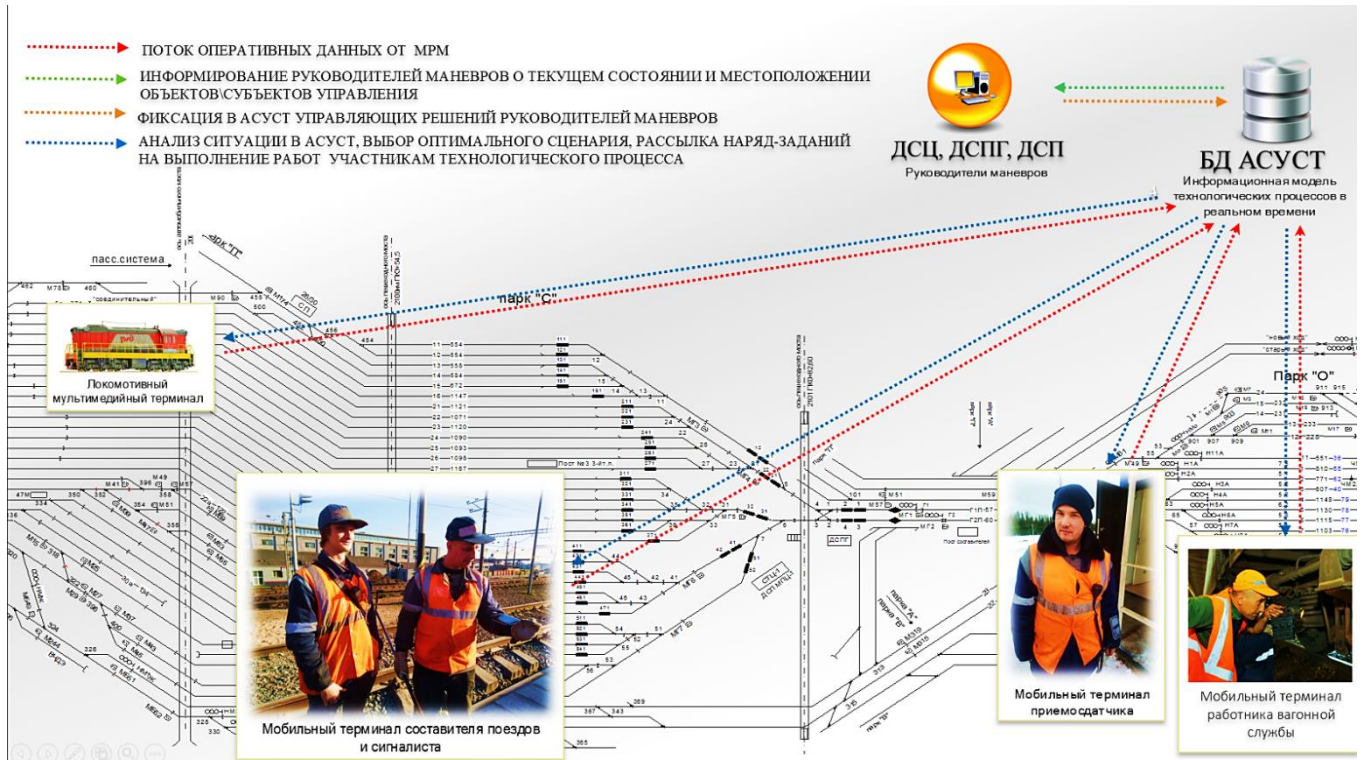


Рисунок 2.7 – Схема взаимодействия мобильных рабочих мест участников станционных технологических процессов



Рисунок 2.8 – Иллюстрация выполнения наряда и зон безопасности

– идентификация местоположения (геопозиционирование) работника, в ряде случаев для информирования [41]:

- 1) исполнителя о наличии в зоне безопасности (рисунок 2.8) движущихся объектов;
- 2) распорядителя работ о прибытии работника в зону выполнения наряд-задания.

2.4 Реализация функции самообучения в АСУСТИ

В основе принципа самообучения лежат методы автоматической классификации примеров ситуаций реальной практики (обучения на примерах) [40]. Примеры реальных ситуаций накапливаются за некоторый исторический период и составляют обучающую выборку. Эти примеры описываются множеством признаков, классификаций [40].

Элементы обучающей выборки описываются множеством классификационных признаков. Поиск решения осуществляется на основе аналогий прецедентов и включает следующие этапы [40]:

Шаг 1. Получение информации о текущей проблеме.

Шаг 2. Сопоставление полученной информации со значениями признаков прецедентов из базы знаний.

Шаг 3. Выбор прецедента из базы знаний (архивной базы событий), наиболее близкого к рассматриваемой проблеме.

Шаг 4. Адаптация выбранного прецедента к текущей проблеме.

В результате обучения системы автоматически строятся обобщенные правила или функции, определяющие принадлежность ситуаций классам, которыми обученная система пользуется при интерпретации новых возникающих ситуаций. Таким образом, автоматически формируется база знаний, используемая при решении задач классификации и прогнозирования. Эта база знаний автоматически корректируется по мере накопления опыта реальных ситуаций.

Базой знаний интеллектуального модуля является архив событий БД АСУСТИ (рисунок 2.1, 2.2), который с момента подключения стационарного объекта накапливает характеристики выполнения различных операций и комбинации параметров. Чем дольше эксплуатируется АСУСТИ, тем больше глубина архива и тем шире диапазон подключаемых к расчету ситуаций и, следовательно, точнее выполнен расчет параметра, показателя или ОУР. Рассмотрим использование принципа самообучения в АСУСТИ на примере

показателя продолжительности маневровых передвижений (T_M), который является одним из параметров, влияющих на формирование ОУР ДСП.

Время выполнения маневровой работы T_M можно представить в общем виде:

$$T_M = \sum_{i=1}^k T_{\text{ПР-}i} \cdot n_i + T_{\text{ПЗ}}, \quad (2.3)$$

где $T_{\text{ПР-}i}$ – 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, снятие и постановка 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.

При первичном подключении станционного объекта к серверу АСУСТИ продолжительность полурейсов $T_{\text{ПР}}$ принимается согласно норм ТРА (техническо-распорядительный акт станции) или посредством вычисления с использованием тяговых расчетов для маневровой работы. Метод хронометражных наблюдений (эмпирических коэффициентов) редко используется, т.к. этот способ нормирования маневров связан со значительными затратами средств и времени. Его целесообразно применять лишь в тех случаях, когда не удастся прямым расчетом или путем их моделирования определить продолжительность полурейса или элементарной операции.

Аналогичным образом в таблицах БД АСУСТИ описаны предустановочные временные характеристики подготовительно-заключительных операций $T_{\text{ПЗ}}$.

Но указанные выше предустановленные нормативные данные действующих технологических процессов и тяговые расчеты по среднестатистическим нормативам являются приближенными, часто сильно завышенными и для решения оперативных задач являются недостаточно оптимальными [40]. Известно, что в пиковые периоды при высокой загрузке стрелочных горловин дежурные по станции учитывают буквально секунды их занятия различными маршрутами [40].

Например, актуализацию продолжительность отдельно взятого полурейса (элементарного маршрута, см. раздел 2.3.2) можно представить в виде функционала:

$$T_A = P(T_{ПР1}(X_1... X_n), \dots, T_{ПРn}(X_1... X_n)), \quad (2.4)$$

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

$X_1...X_n$ – набор характеризующих перемещение параметров; 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.

Описанную выше последовательность актуализации T_A представим на рисунке 2.9.

Сначала (рисунок 2.9) устанавливается параметр, требующий актуализации на момент расчета ОУР (например, $T_{ПР}$). Периодичность актуализации зависит от актуализируемого параметра и может быть определена нормативно-справочной информацией, как в виде конкретного периода времени (пример, 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, 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 ($T_{ПР1}(X_1... X_n), \dots, T_{ПРН}(X_1... X_n)$).

Выполняется расчет T_A определенным для этого способом математического вычисления (P): 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 $T_{ПР}$.

Актуализированные значения T_A используются для определения ОУР (формула 1.5), в качестве одного из влияющих на решение параметров.

Требуемая точность определения параметров и способ их вычисления определяются с учетом сведений о процессах, поступающих от опытных экспертов (опытных ДСП).

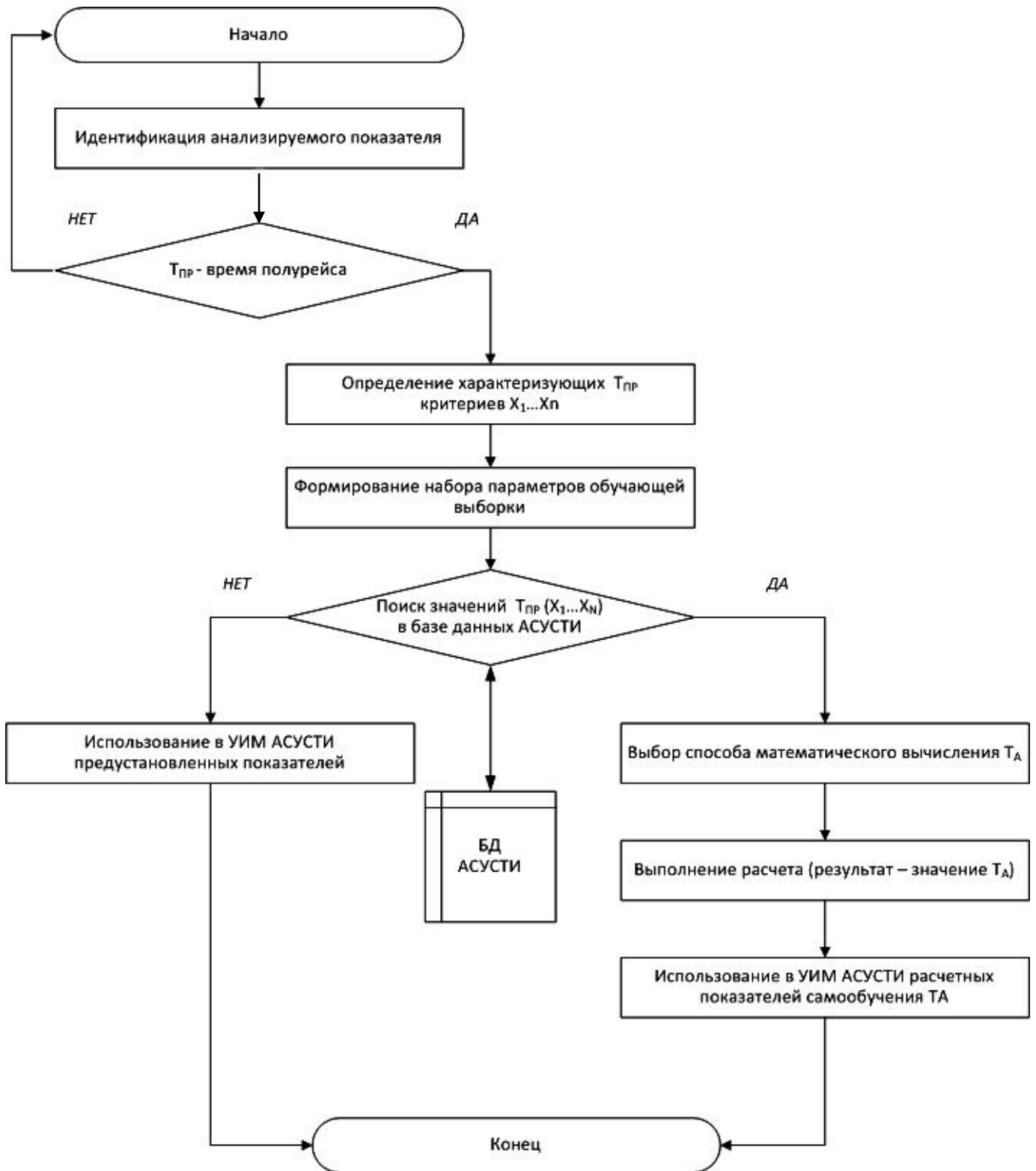


Рисунок 2.9 – Алгоритм актуализации продолжительности полурейса

2.5 Обратная связь с регулирующей реакцией

Обратная связь с регулирующей реакцией – это возможность воздействия ДСП или внешних возмущающих параметров на характер функционирования системы.

Управление сложными системами происходит, как правило, в условиях неполной информации, ограниченных знаний закономерностей функционирования и изменения внешних факторов. Поэтому процессы управления и принятия решений имеют итерационный характер. После принятия решения и начала применения управляющего воздействия необходимо оценивать состояние, в котором находится система, и решить вопрос о том требуется или не требуется корректировка принятого ОУР (рисунок 2.10).

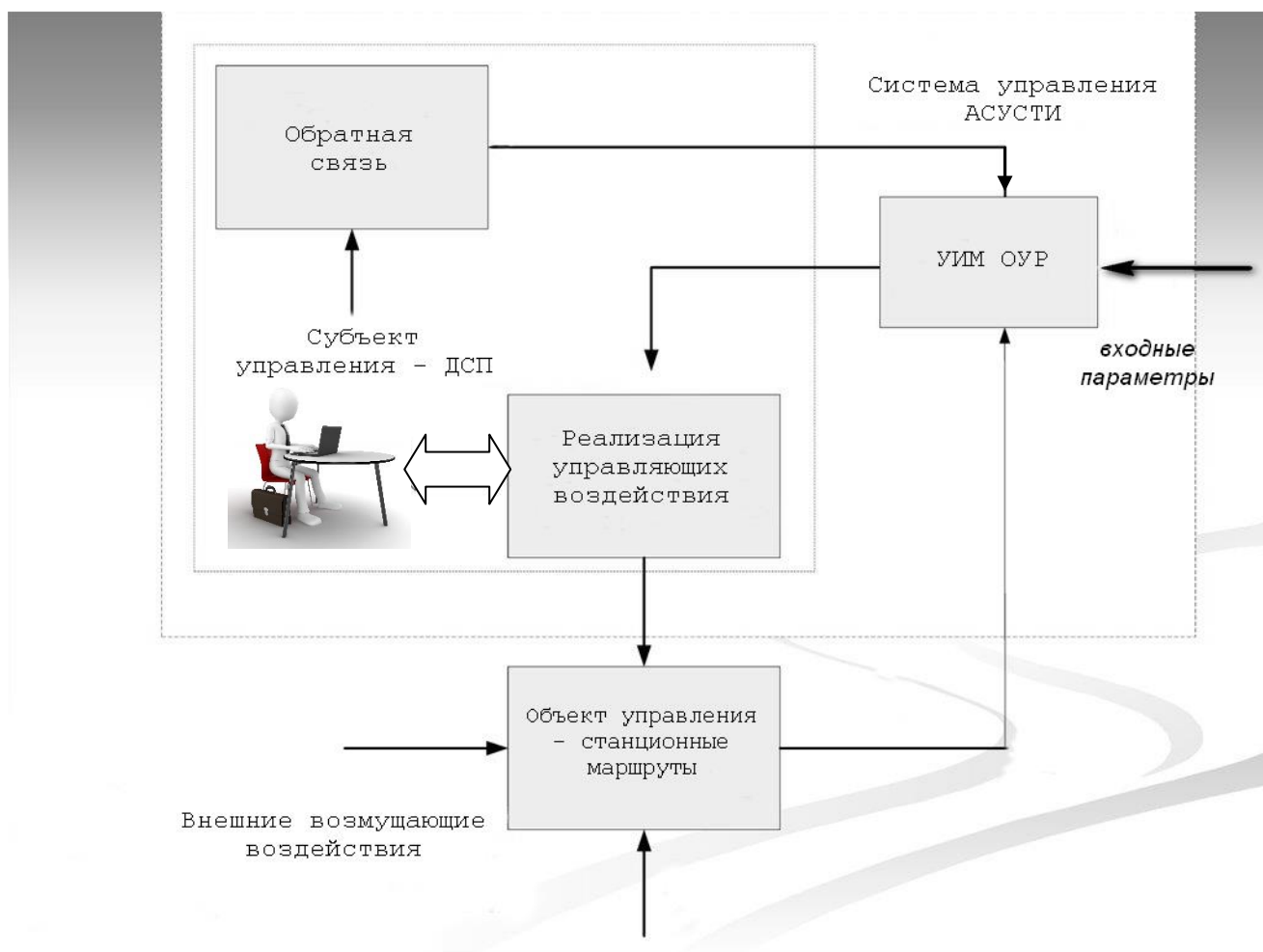


Рисунок 2.10 – Автоматизированное управление с обратной связью

В системе АСУСТИ на основе поступающих данных о ходе управляемого процесса ДСП принимает решение о необходимости изменения принятых управляющих решений, т.е. происходит коррекция хода процесса на основе обратной связи.

Оперативное реагирование УИМ на возможные отклонения от разработанного плана позволяет быстро внести корректировки в существующий план работы или конкретное управляющее решение, при необходимости разработать новые управляющие шаги.

Выводы по Главе 2

1. Разработана архитектура интеллектуальной системы для принятия ОУР дежурным по станции – АСУСТИ. Для ее построения используется накопленный опыт создания и информационная база АСУСТ с добавлением универсального интеллектуального модуля (УИМ), в котором выполняются логические и вычислительные процессы по подготовке ОУР для ДСП.

2. Структура модуля УИМ включает в себя специализированные блоки: Б1 – подсистема мониторинга текущего состояния системы; Б2 – взаимодействия с плановой моделью работы станции; Б3 – автоматической актуализации нормативных параметров расчета и другие блоки (Б4–Б6), обеспечивающие интеллектуализацию выработки ОУР.

3. Определены подсистемы АСУСТ, используемые в системе АСУСТИ: «текущая модель реального времени», «Архив», «Плановая модель», «Учет и анализ», «НСИ». Определено необходимое расширение их функций при включении в АСУСТИ.

4. Разработан порядок формализации 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.

5. Установлены условия использования для выработки ОУР в УИМ различных данных от автоматизированных станционных систем: горочной автоматизации (ГАЦ), коммерческого осмотра вагонов (АСКО ПВ), контроля инвентарных номеров вагонов (АСКИН), станционных мобильных рабочих мест исполнителей (составителей поездов и др.), а также перспективных спутниковых радионавигационных систем (СНС). При этом в диссертации рассмотрены условия функционирования АСУСТИ на основе реально поступающих исходных данных для формирования ОУР ДСП.

6. Определено, что функции самообучения и обратной связи являются составляющими элементами системы АСУСТИ. 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.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ, УЧИТЫВАЕМЫХ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ОПЕРАТИВНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ ДСП

3.1 Методические положения по определению параметров, учитываемых ДСП при выработке ОУР

Качество ОУР, рассчитываемых в АСУСТИ, зависит от выбора учитываемых параметров. Их выбор основывается на использовании экспертных знаний ДСП, которые берутся за основу при формализации исходных данных, алгоритмизации процессов, построении иерархической взаимосвязи событий.

Трудности формализации экспертных знаний ДСП обусловлены тем, что часть своего опыта эксперты из числа опытных ДСП выразить вербально не могут. Для этого требуется совместная работа эксперта-ДСП и разработчика интеллектуальной системы. Задача усложняется и тем, что выработка ОУР требуется не только в типичных, но и в редко встречающихся ситуациях, в которых ДСП нуждается в интеллектуальной поддержке принятия решений со стороны автоматизированной системы (рисунок 3.1). Эксперт чаще всего встречается с ситуациями, принадлежащими к точкам a_i в области A_1 , описываемыми «наиболее типичные условия» данного класса решений.

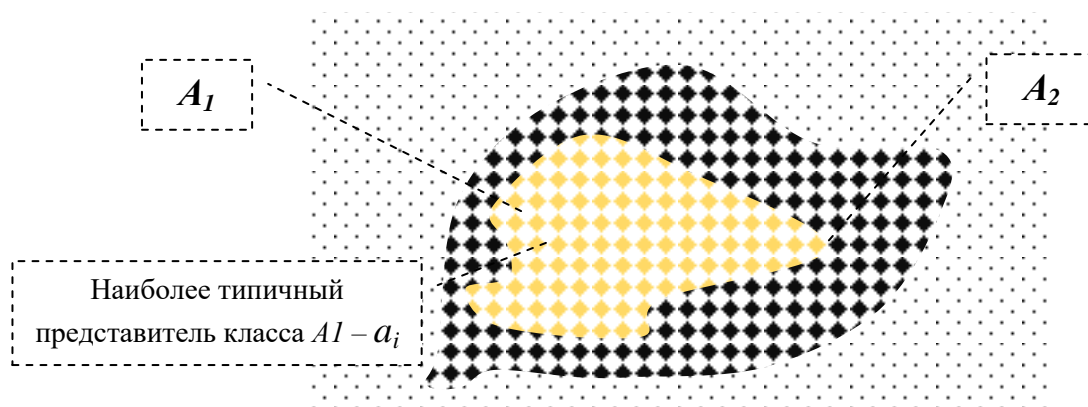


Рисунок 3.1 – Графическая иллюстрация зон знаний эксперта

Для области A_1 эксперты, как правило, могут уверенно с участием разработчика интеллектуальной системы, вербально объяснить правила классификации, которыми они пользуются. Встречаются реже ситуации, принадлежащие A_2 , поэтому эксперту сформулировать правила труднее. Возможные условия ее решения, как правило, требуют детального изучения нормативной документации и на этой основе определения условий ее решения.

Процесс выявления параметров, характеризующих технологические задачи является достаточно трудоемким и требует индивидуального подхода к каждой конкретной задаче (однотипной группе технологических событий).

Методический подход к определению основных параметров для АСУСТИ, учитываемых при принятии ОУР, ниже 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 (рисунок 3.2) Октябрьской железной дороги, обслуживающая морской порт Усть-Луга и представляющая собой единый железнодорожный узел по сортировке вагонов в зависимости от находящихся в них грузов с обслуживанием трех терминалов Лужская-Северная, Лужская-Южная и Лужская-Нефтяная.

2. Сортировочная станции Челябинск-Главный (рисунок 3.3) Южно-Уральской железной дороги, входящая в состав Челябинского железнодорожного узла, включающего ещё ряд сообщающихся между собой узловых станции и выполняющего в основном сортировочную работу в соответствии с сетевым планом формирования поездов.

В исследованиях по определению рассмотренных параметров участвовало по четыре эксперта - ДСП на каждой станции.

Для получения объективных результатов в исследовании выполнялось:

– наблюдение за экспертами-ДСП, решающими конкретные задачи на своем рабочем месте;

– обсуждение с экспертами-ДСП их цепочки рассуждений, с определением данных, утверждений, эвристических и иных правил, которые приводят к решению;

– 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. Для удобной визуализации и выполнения анализа результатов исследований параметрам присвоен сквозной условный код (таблица 3.1).

Параметры, представляющие собой уникальные коды объектов управления (например, номер, индекс поезда, номер локомотива) не включены в эти списки, т.к. используются ДСП только для идентификации объектов и распространения на них управляющего воздействия уже выработанного ОУР. Влияния на результат решения ДСП они не оказывают.

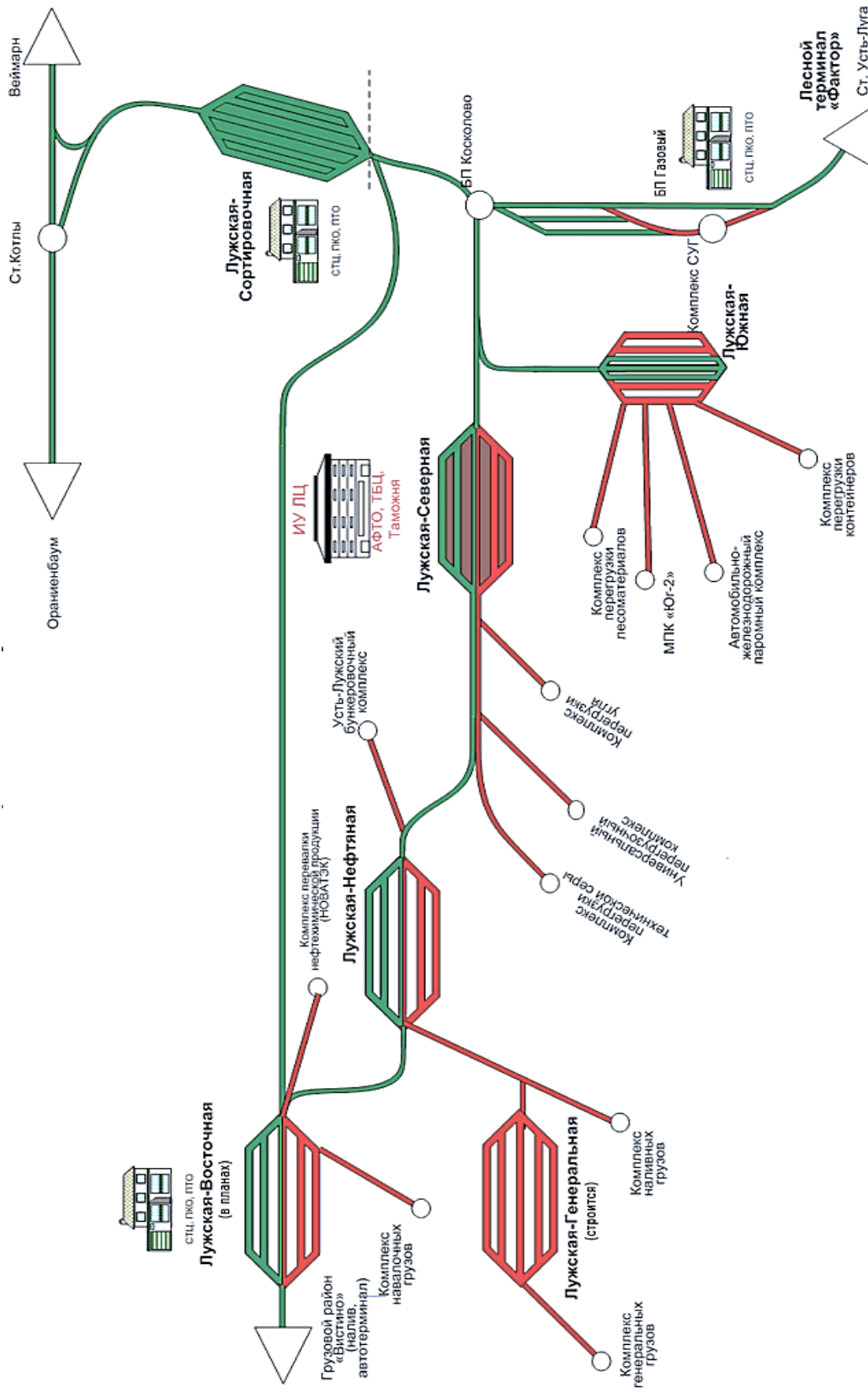


Рисунок 3.2 – Схема расположения парков станции Лужская

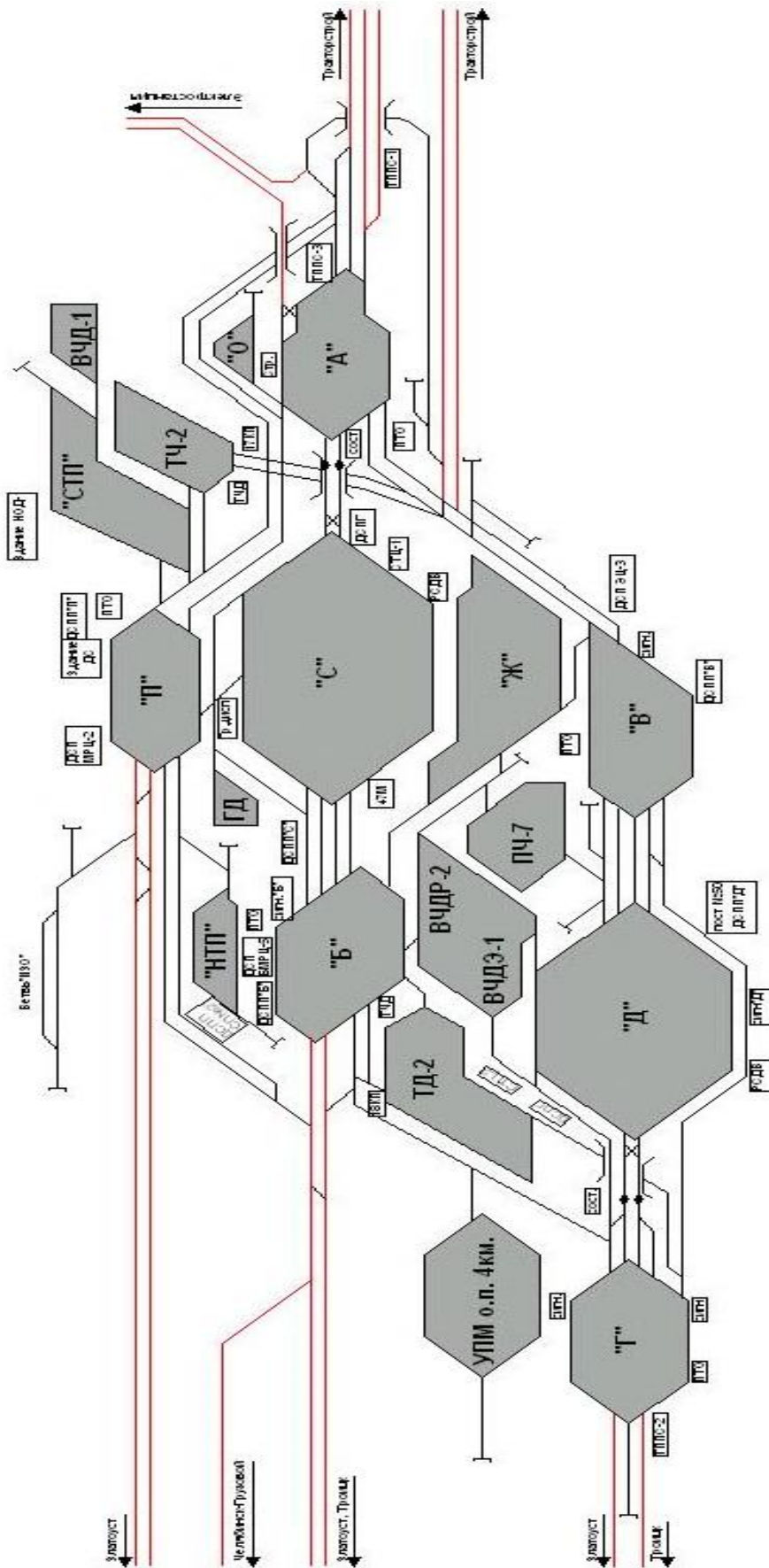


Рисунок 3.3 – Схема расположения парков станции Челябинск-Главный

В ходе исследования на станциях из общего списка по таблице 3.1 фиксировались однотипные события и характеризующие их параметры, используемые ДСП при выработке ОУР для конкретных типов технологических процессов. Дополнительно условия проведения наблюдений изложены в разделах 3.2, 3.3.

По итогам исследования определены коэффициенты использования параметров каждым экспертом-ДСП, а также суммарный коэффициент использования каждого параметра. Сделаны выводы об особенностях использования параметров на каждой исследуемой станции.

С учетом конфиденциальности персональных данных, информация о фамилиях экспертов представлена условными идентификаторами $D_1 - D_8$.

Таблица 3.1 – Сквозная нумерация параметров

Код параметра	Наименование параметра
<i>Характеристики прибывающего поезда</i>	
X_1	Направление, с которого прибывает поезд
X_2	Ожидаемое время прибытия поезда
X_3	Станция назначения поезда (для определения транзитности)
X_4	Тип грузового поезда (вывозной, сборный, участковый и др.)
X_5	Длина поезда в условных вагонах
X_6	Масса поезда (для специализаций с преобладанием легковесных, тяжеловесных и порожних составов)
X_7	Количество физических вагонов в поезде
X_8	Код груза и иные характеристики груза, например, марка, упаковка, штабель и др. (особые отметки вагонов вынесены отдельным параметром ниже)
X_9	Признак загрузки вагона: груженный, порожний
X_{10}	Назначение вагонов (с учетом дополнительной разметки в товарной конторе на станции назначения)

Продолжение таблицы 3.1

Код параметра	Наименование параметра
X_{11}	Особые отметки вагонов (негабаритный, опасный груз и др. в соответствии с распоряжением ОАО «РЖД» №588р от 6 марта 2013 г.)
X_{12}	Арендатор, собственник вагонов
X_{13}	Грузоотправитель
X_{14}	Грузополучатель
X_{15}	Срок доставки грузов
X_{16}	Наличие замыкающих групп вагонов в прибывающем поезде для накапливаемых в сортировочном парке составов
X_{17}	Конфликтные зоны с другими перемещениями

Характеристики маневрового локомотива и его перемещения

X_{18}	Серия локомотива (например, ВЛ-10, ЧМЭ-3)
X_{19}	Уровень квалификации и опыта машиниста локомотива (особенности выполнения маневровых передвижений различными машинистами)
X_{20}	Текущее местоположение локомотива (парк, путь)
X_{21}	Текущее состояние локомотива (свободен, в работе)
X_{22}	Стадия выполнения текущей маневровой работы (в т.ч. плановое время завершения текущей маневровой работы, если в работе)
X_{23}	Техническое состояние локомотива (в т.ч. потребность в плановых, текущих ремонтах, экипировке и др., требующих направления локомотива в депо)
X_{24}	Зона (участок) работы маневрового локомотива
X_{25}	Маршрут планового маневрового задания
X_{26}	Время, необходимое на проследование локомотивом участка враждебности
X_{27}	Цель выполнения маневрового маршрута

*Продолжение таблицы 3.1***Код параметра Наименование параметра**

X_{28}	Режим работы машиниста (порядок смены локомотивных бригад)
<i>Характеристики станции и технологических процессов</i>	
X_{29}	Код станции приема поезда (станция выполнения исследований)
X_{30}	Занятость путей и стрелочных участков зоны ответственности ДСП
X_{31}	Приоритетность маршрутов
X_{32}	Ограничения скорости по инфраструктуре
X_{33}	Погодные условия, влияющие на скорость выполнения передвижений (например в условиях тумана)
X_{34}	Выполнение текущих и плановых «окон» для обслуживания объектов инфраструктуры
X_{35}	Нарушения нормального хода работы
X_{36}	План приема поездов на станцию
X_{37}	Состояние сортировочного парка по накоплению вагонов
X_{38}	Специализация путей парка приема

Результаты статистического анализа по использованию различных параметров для двух ситуаций принятия ОУР представлены:

– по определению очередности выполнения маршрутов прибывающих поездов и враждебных им маневровых маршрутов одиночных локомотивов – в разделе 3.2;

– по определению очередности прибытия на станцию двух находящихся в ближнем подходе поездов – в разделе 3.3.

Все наименования параметров для каждой технологической задачи заносятся в НСИ АСУСТИ для использования при выработке конкретных ОУР (см. раздел 4.3).

3.2 Анализ параметров, учитываемых ДСП при определении очередности выполнения маршрутов прибывающих на станцию поездов и враждебных им маневровых маршрутов одиночных локомотивов

3.2.1 Условия и результаты исследования на станции Лужская

Определяются основные параметры, учитываемые экспертами – ДСП, при формировании ОУР по определению очередности выполнения враждебных маршрутов, прибывающих в парк приема поездов и враждебных им маневровых перемещений одиночных локомотивов.

Необходимость выбора очередности выполнения рассматриваемых маршрутов определяется следующими условиями. Прибывающий поезд в зависимости от ряда параметров может приниматься на разные пути парка прибытия. Это определяет возможность параллельного выполнения всего или части маневрового маршрута или их последовательного выполнения, т.к. поездной маршрут является, как правило, преимущественным по сравнению с маневровым. Возможны также ситуации, когда по условиям работы станции (например, из-за занятости путей в парке прибытия) маневровый маршрут становится преимущественным.

Натурные наблюдения выполнены по 50-ти событиям выполнения враждебных маршрутов при приеме поездов с направления Котлы 2 в четырех сменах экспертов-ДСП (общее количество – 200 событий). Объект наблюдения - схема путевого развития района станции Лужская, где выполняются рассматриваемые маршруты, представлена на рисунке 3.4.

Оценка интенсивности использования экспертами-ДСП отдельно взятых параметров проведена посредством расчета коэффициента их использования:

$$P_{Dn} = X_n/S_n, \quad (3.1)$$

где P_{Dn} – коэффициент использования параметра конкретным экспертом-ДСП;

X_n – количество событий, при которых эксперт-ДСП использовал конкретный параметр;

S_n – общее количество зафиксированных с каждым экспертом-ДСП событий (по условиям проводимых испытаний общее количество фиксируемых событий составляет 50).

Результаты расчета коэффициентов использования параметров каждым экспертом- ДСП представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Сводная таблица коэффициентов использования параметров, учитываемых ДСП при формировании ОУР по определению очередности выполнения маршрутов прибывающих на станцию поездов и враждебных им маневровых маршрутов одиночных локомотивов на станции Лужская.

<i>Код параметра</i>	<i>Эксперты в исследовании</i>			
	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>
X_1	1	1	1	1
X_2	1	1	1	1
X_3	0	0	0	0
X_4	0	0	0	0
X_5	1	1	1	1
X_6	1	1	1	1
X_7	0	0	0	0
X_8	0,46	0,28	0,7	0,62
X_9	0	0	0	0
X_{10}	0,57	0,42	0,78	0,5
X_{11}	1	1	1	1
X_{12}	0	0	0	0
X_{13}	0,08	0,34	0,2	0,52
X_{14}	0,5	0,96	0,72	0,48
X_{15}	0	0	0	0

Продолжение таблицы 3.2

<i>Код параметра</i>	Эксперты в исследовании			
	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>
<i>X₁₆</i>	0	0	0	0
<i>X₁₇</i>	1	1	1	1
<i>X₁₈</i>	0	0	0	0
<i>X₁₉</i>	0,12	0,16	0	0
<i>X₂₀</i>	1	1	1	1
<i>X₂₁</i>	1	1	1	1
<i>X₂₂</i>	1	1	1	1
<i>X₂₃</i>	1	1	1	1
<i>X₂₄</i>	1	1	1	1
<i>X₂₅</i>	1	1	1	1
<i>X₂₆</i>	1	1	1	1
<i>X₂₇</i>	1	1	1	1
<i>X₂₈</i>	1	1	1	1
<i>X₂₉</i>	0	0	0	0
<i>X₃₀</i>	1	1	1	1
<i>X₃₁</i>	0,46	0,36	0,56	0,72
<i>X₃₂</i>	1	1	1	1
<i>X₃₃</i>	0,04	0	0	0,1
<i>X₃₄</i>	1	1	1	1
<i>X₃₅</i>	1	1	1	1
<i>X₃₆</i>	1	1	1	1
<i>X₃₇</i>	0	0	0	0
<i>X₃₈</i>	1	1	1	1

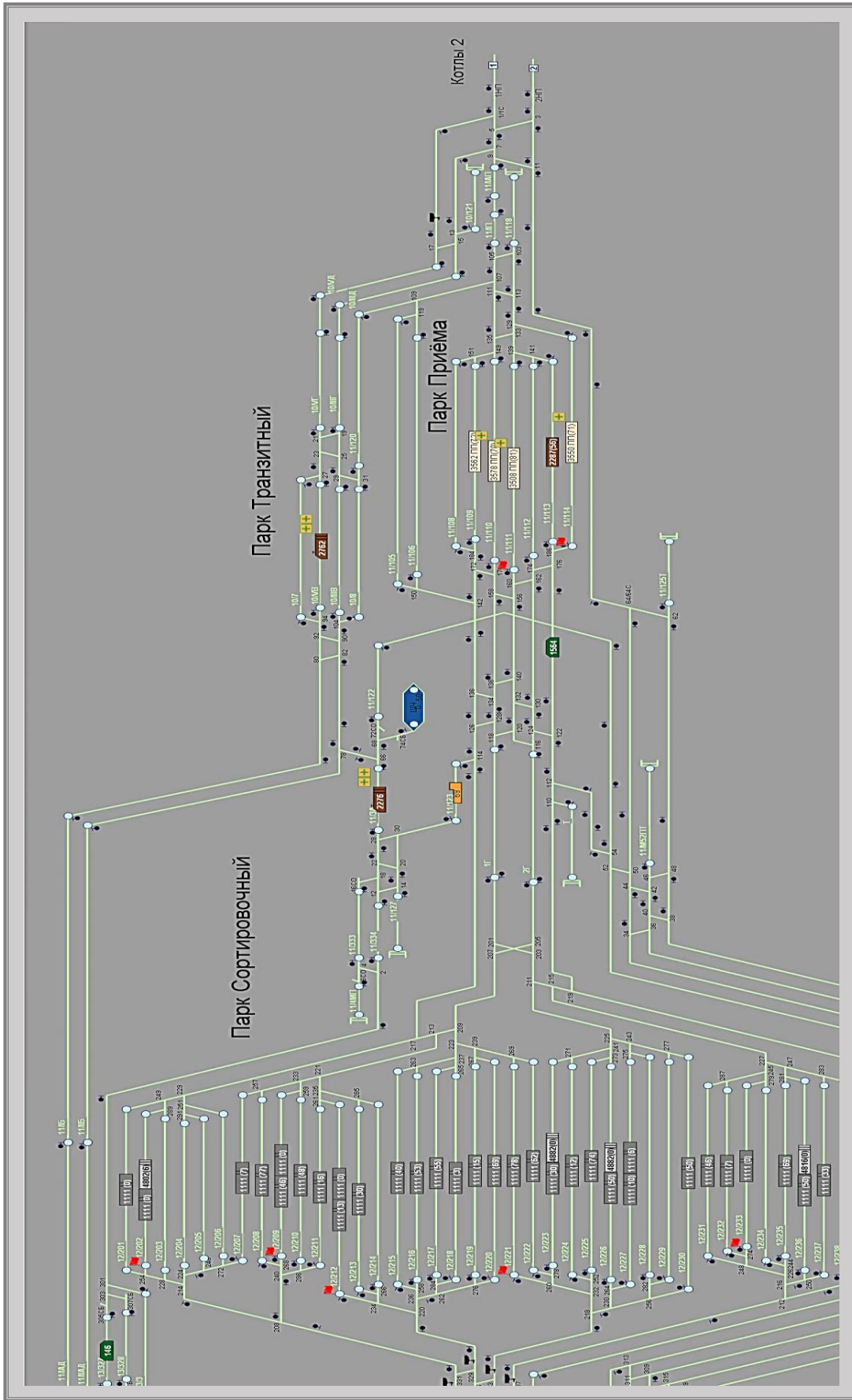


Рисунок 3.4. — Схема объекта наблюдения – путевого развития отдельных парков станции Лужская в интерфейсе

АРМ ДСП

В приложении А для наглядности представлены соответствующие диаграммы, отражающие использование параметров различными экспертами.

Выполнен расчет значений суммарного коэффициента использования каждого параметра группой экспертов-ДСП с использованием зависимости:

$$P_{\text{общ}} = X_n/S_n, \quad (3.2)$$

Где X_n – количество событий, при которых в период проведения испытаний использован конкретный параметр;

S_n – общее количество зафиксированных событий, равно 200.

Результаты расчета представлены на рисунке 3.5.

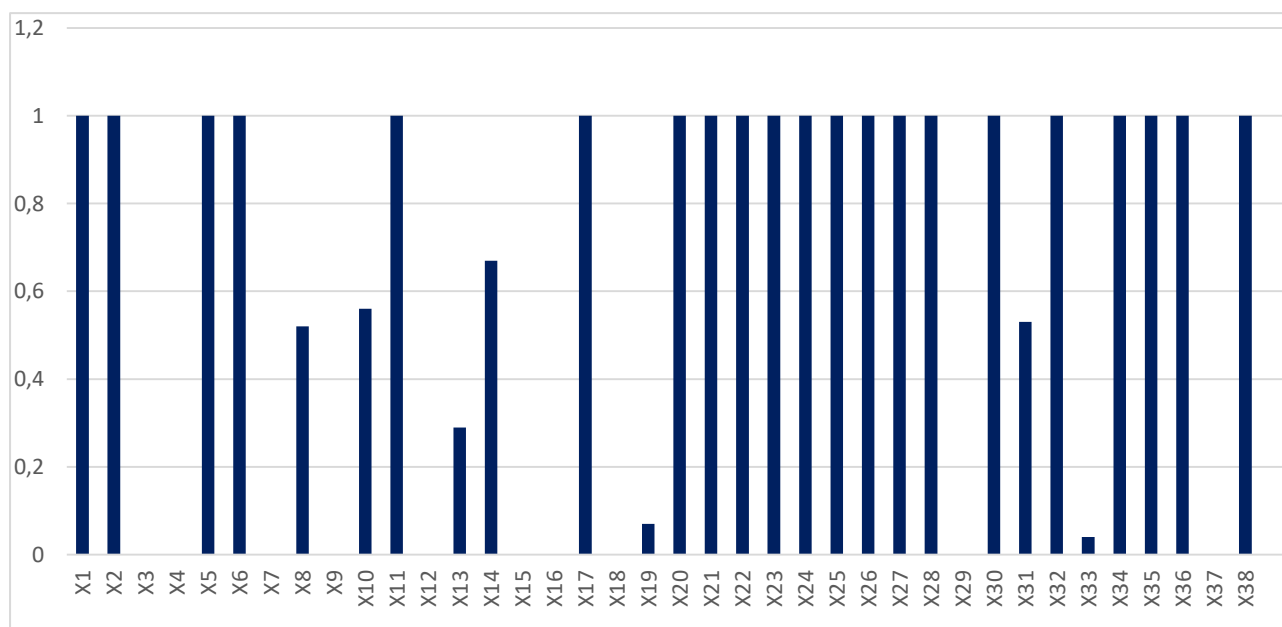


Рисунок 3.5 – Суммарные коэффициенты использования параметров при определении очередности выполнения маршрутов прибытия поезда и маневрового перемещения одиночного локомотива на станции Лужская

Из полученных диаграмм можно сделать выводы:

1. Ряд параметров (со значением коэффициента $P_{Dn}=1$) используется постоянно, т.е. они обязательны при определении ОУР. Выбор таких параметров жестко определен топологией станции (например, длина пути), а также обязательными требованиями к выполнению перевозочного процесса в ОАО

«РЖД» (соблюдение плана формирования, графика движения, учет особых отметок перевозимых грузов и др.).

2. Ряд параметров со значениями $0 < P_{Dn} < 1$ учитывается периодически, т.к. их использование регулируется договорными отношениями с клиентами, характером и спецификой перевозимых грузов (например код собственника, арендатор вагона, код грузополучателя или груза). Это те нормы, которые вводятся на определенный период времени, и фиксируются в обязательных для выполнения документах, (например, договоре с грузоотправителем, грузополучателем).

По истечении сроков исполнения обязательств такие параметры не требуют учета.

3. Параметры со значением $P_{Dn} = 0$ не требуется учитывать при выборе ОУР.

4. Т.к. станция Лужская ориентирована в своей работе на максимально быстрое и правильное распределение грузов по терминалам, то такие параметры, как арендатор вагона, грузополучатель и наименование груза являются возможными параметрами уже при построении маршрута приема поезда.

3.2.2 Условия и результаты исследования на станции Челябинск-Главный

Натурные наблюдения, также как и на станции Лужская, включают по 50 событий в четырех сменах экспертов-ДСП парка прибытия «Г» (общее количество – 200 событий). К подходящим по условиям поставленной задачи событиям также отнесена распространенная в парке «Г» враждебность прибывающих поездов перемещением горочного локомотива из специализированного по ТРА тупика (путь 22, парк «Г», рисунок 3.7).

Оценка интенсивности использования экспертами-ДСП различных параметров выполнена согласно условию (3.1).

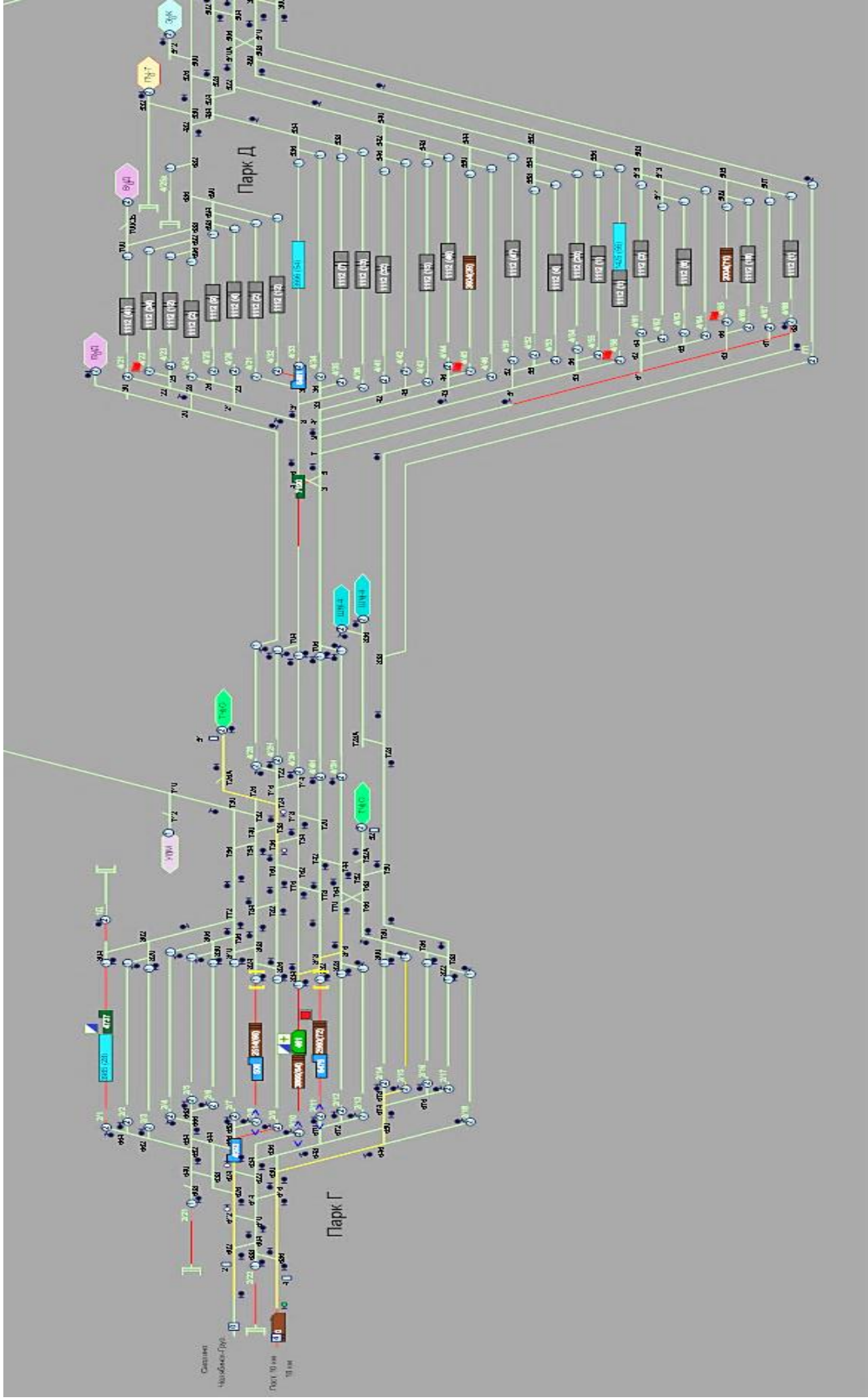


Рисунок 3.7 – Схема объекта наблюдения - путевого развития отдельных парков станции Челябинск-Главный в интерфейсе АРМ ДСП

Результаты расчета коэффициентов использования параметров каждым экспертом-ДСП представлены в таблице 3.3.

В приложении А для наглядности представлены диаграммы использования параметров различными экспертами.

Таблица 3.3 – Сводная таблица коэффициентов использования параметров, учитываемых ДСП при формировании ОУР по определению очередности выполнения маршрутов прибывающих на станцию поездов и враждебных им маневровых маршрутов одиночных локомотивов на станции Челябинск-Главный.

<i>Код параметра</i>	<i>Эксперты в исследовании</i>			
	<i>D₅</i>	<i>D₆</i>	<i>D₇</i>	<i>D₈</i>
<i>X₁</i>	1	1	1	1
<i>X₂</i>	1	1	1	1
<i>X₃</i>	1	1	1	1
<i>X₄</i>	0	0	0	0
<i>X₅</i>	1	1	1	1
<i>X₆</i>	0	0	0	0
<i>X₇</i>	0	0	0	0
<i>X₈</i>	0	0	0	0
<i>X₉</i>	0	0	0	0
<i>X₁₀</i>	0	0	0	0
<i>X₁₁</i>	1	1	1	1
<i>X₁₂</i>	0	0	0	0
<i>X₁₃</i>	0	0	0	0
<i>X₁₄</i>	0	0	0	0
<i>X₁₅</i>	0	0	0	0
<i>X₁₆</i>	0	0	0	0
<i>X₁₇</i>	1	1	1	1
<i>X₁₈</i>	1	1	1	1

Продолжение таблицы 3.3

<i>Код параметра</i>	<i>Эксперты в исследовании</i>			
	<i>D₅</i>	<i>D₆</i>	<i>D₇</i>	<i>D₈</i>
<i>X₁₉</i>	0,3	0,36	0	0
<i>X₂₀</i>	1	1	1	1
<i>X₂₁</i>	1	1	1	1
<i>X₂₂</i>	1	1	1	1
<i>X₂₃</i>	1	1	1	1
<i>X₂₄</i>	1	1	1	1
<i>X₂₅</i>	1	1	1	1
<i>X₂₆</i>	1	1	1	1
<i>X₂₇</i>	1	1	1	1
<i>X₂₈</i>	1	1	1	1
<i>X₂₉</i>	1	1	1	1
<i>X₃₀</i>	1	1	1	1
<i>X₃₁</i>	0,44	0,68	0,82	0,42
<i>X₃₂</i>	1	1	1	1
<i>X₃₃</i>	0,06	0	0	0
<i>X₃₄</i>	1	1	1	1
<i>X₃₅</i>	1	1	1	1
<i>X₃₆</i>	1	1	1	1
<i>X₃₇</i>	0	0	0	0
<i>X₃₈</i>	1	1	1	1

Расчет суммарного коэффициента использования каждого параметра группой экспертов-ДСП выполнен согласно зависимости (3.2). Результаты расчета представлены на рисунке 3.6.

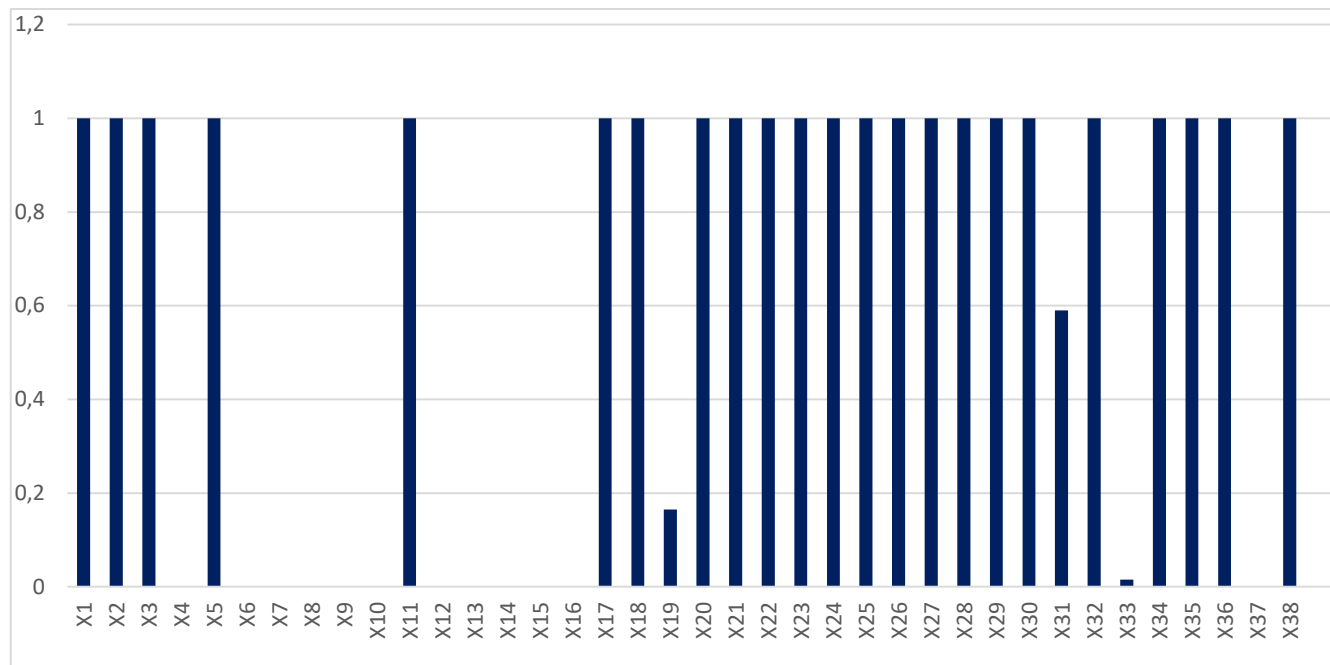


Рисунок 3.6 – Суммарные коэффициенты использования параметров при определении очередности выполнения маршрутов прибытия поезда и маневрового перемещения одиночного локомотива на станции Челябинск-Главный

Из сравнения данных рисунков 3.5 и 3.6 видно, что технологическая специфика работы станций влияет на выбор параметров, учитываемых экспертами-ДСП, при принятии ОУР в однотипных технологических ситуациях. На станции Челябинск-Главный количество параметров, имеющих значения коэффициента использования менее 1, значительно сократилось в сравнении с результатами по станции Лужская ввиду отсутствия необходимости учета при формировании плана приема поездов договорных обязательств и работы с грузовладельцами.

3.3 Анализ параметров, используемых ДСП при определении очередности прибытия на станцию двух находящихся в ближнем подходе поездов

3.3.1 Условия и результаты исследований на станции Лужская

Натурные наблюдения включают по 50 событий в четырех сменах экспертов-ДСП парка приема (общее количество - 200 событий). Схема путевого развития района станции Лужская представлена на рисунке 3.4.

Оценка интенсивности использования экспертами-ДСП отдельно взятых параметров выполнена с использованием зависимости (3.1). Результаты расчета коэффициентов использования параметров каждым экспертом-ДСП представлены в таблице 3.4.

В приложении А для наглядности представлены диаграммы использования параметров различными экспертами-ДСП.

Таблица 3.4 – Сводная таблица коэффициентов использования параметров, учитываемых экспертами-ДСП при формировании ОУР по определению очередности прибытия на станцию двух находящихся в ближнем подходе поездов на станции Лужская.

<i>Код параметра</i>	<i>Эксперты в исследовании</i>			
	<i>D₁</i>	<i>D₂</i>	<i>D₃</i>	<i>D₄</i>
<i>X₁</i>	1	1	1	1
<i>X₂</i>	1	1	1	1
<i>X₃</i>	0	0	0	0
<i>X₄</i>	0	0	0	0
<i>X₅</i>	1	1	1	1
<i>X₆</i>	0	0	0	0
<i>X₇</i>	0	0	0	0
<i>X₈</i>	0,48	0,72	0,26	0,22

Продолжение таблицы 3.4

<i>Код параметра</i>	<i>Эксперты в исследовании</i>			
	<i>D₁</i>	<i>D₂</i>	<i>D₃</i>	<i>D₄</i>
<i>X₉</i>	0	0	0	0
<i>X₁₀</i>	0,5	0,42	0,7	0,34
<i>X₁₁</i>	1	1	1	1
<i>X₁₂</i>	0	0	0	0
<i>X₁₃</i>	0,08	0,14	0,04	0,12
<i>X₁₄</i>	0,76	0,58	0,72	0,94
<i>X₁₅</i>	0	0	0	0
<i>X₁₆</i>	1	1	1	1
<i>X₁₇</i>	1	1	1	1
<i>X₁₈</i>	0	0	0	0
<i>X₁₉</i>	0	0	0	0
<i>X₂₀</i>	0	0	0	0
<i>X₂₁</i>	0	0	0	0
<i>X₂₂</i>	0	0	0	0
<i>X₂₃</i>	0	0	0	0
<i>X₂₄</i>	0	0	0	0
<i>X₂₅</i>	0	0	0	0
<i>X₂₆</i>	0	0	0	0
<i>X₂₇</i>	0	0	0	0
<i>X₂₈</i>	0	0	0	0
<i>X₂₉</i>	0	0	0	0
<i>X₃₀</i>	1	1	1	1
<i>X₃₁</i>	0	0	0	0
<i>X₃₂</i>	1	1	1	1
<i>X₃₃</i>	0	0	0,04	0

Продолжение таблицы 3.4

Код параметра	Эксперты в исследовании			
	D_1	D_2	D_3	D_4
X_{34}	1	1	1	1
X_{35}	1	1	1	1
X_{36}	1	1	1	1
X_{37}	1	1	1	1
X_{38}	1	1	1	1

Расчет суммарного коэффициента использования каждого параметра группой экспертов-ДСП выполнен с использованием зависимости (3.2). Результаты расчета представлены на рисунке 3.8.

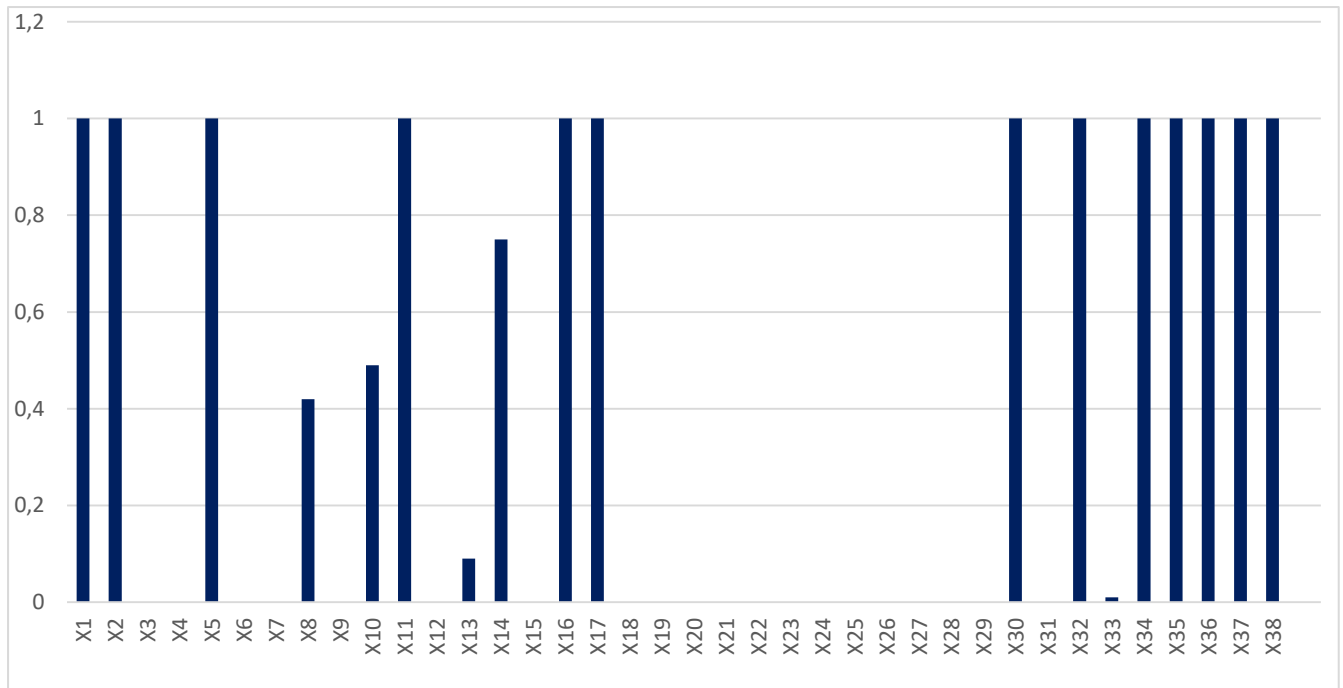


Рисунок 3.8 – Общие коэффициенты использования экспертами-ДСП на станции Лужская параметров при определении очередности прибытия на станцию двух находящихся в ближнем подходе поездов

Из результатов исследования видно, что перечень требуемых для анализа параметров значительно сократился, ввиду сокращения видов объектов, участвующих в исследовании (маневровый локомотив исключен, учитываются только характеристики поезда). Характерный для грузовой станции Лужская существенный фон присутствия параметров со значением коэффициента менее 1 и 0 сохранился.

При рассмотрении характеризующих прибывающий поезд и станционные технологические процессы параметры, видно, что при выборе ОУР используются два новых в сравнении с предыдущим событием параметра - X_{16} и X_{37} .

3.3.2 Условия и результаты исследований на станции Челябинск-Главный

Натурные наблюдения включают по 50 событий в четырех сменах ДСП парка приема (общее количество – 200 событий). Схема путевого развития района станции Челябинск-Главный представлена на рисунке 3.7.

Результаты расчета коэффициентов использования параметров каждым экспертом-ДСП представлены в таблице 3.5.

В приложении А для наглядности представлены диаграммы использования параметров различными экспертами.

Таблица 3.5. – Сводная таблица коэффициентов использования параметров, учитываемых экспертами-ДСП при формировании ОУР по определению очередности прибытия на станцию двух находящихся в ближнем подходе поездов на станции Челябинск-Главный.

<i>Код параметра</i>	<i>Эксперты в исследовании</i>			
	D_5	D_6	D_7	D_8
X_1	1	1	1	1
X_2	1	1	1	1
X_3	1	1	1	1
X_4	0	0	0	0

Продолжение таблицы 3.4

<i>Код параметра</i>	<i>Эксперты в исследовании</i>			
	<i>D₅</i>	<i>D₆</i>	<i>D₇</i>	<i>D₈</i>
<i>X₅</i>	1	1	1	1
<i>X₆</i>	0	0	0	0
<i>X₇</i>	0	0	0	0
<i>X₈</i>	0	0	0	0
<i>X₉</i>	0	0	0	0
<i>X₁₀</i>	0	0	0	0
<i>X₁₁</i>	1	1	1	1
<i>X₁₂</i>	0	0	0	0
<i>X₁₃</i>	0	0	0	0
<i>X₁₄</i>	0	0	0	0
<i>X₁₅</i>	0	0	0	0
<i>X₁₆</i>	1	1	1	1
<i>X₁₇</i>	1	1	1	1
<i>X₁₈</i>	0	0	0	0
<i>X₁₉</i>	0	0	0	0
<i>X₂₀</i>	0	0	0	0
<i>X₂₁</i>	0	0	0	0
<i>X₂₂</i>	0	0	0	0
<i>X₂₃</i>	0	0	0	0
<i>X₂₄</i>	0	0	0	0
<i>X₂₅</i>	0	0	0	0
<i>X₂₆</i>	0	0	0	0
<i>X₂₇</i>	0	0	0	0
<i>X₂₈</i>	0	0	0	0
<i>X₂₉</i>	1	1	1	1

Продолжение таблицы 3.4

Код параметра	Эксперты в исследовании			
	D_5	D_6	D_7	D_8
X_{30}	1	1	1	1
X_{31}	0	0	0	0
X_{32}	1	1	1	1
X_{33}	0,06	0	0	0
X_{34}	1	1	1	1
X_{35}	1	1	1	1
X_{36}	1	1	1	1
X_{37}	1	1	1	1
X_{38}	1	1	1	1

Результаты определения суммарных коэффициентов использования параметров представлены на рисунке 3.9.

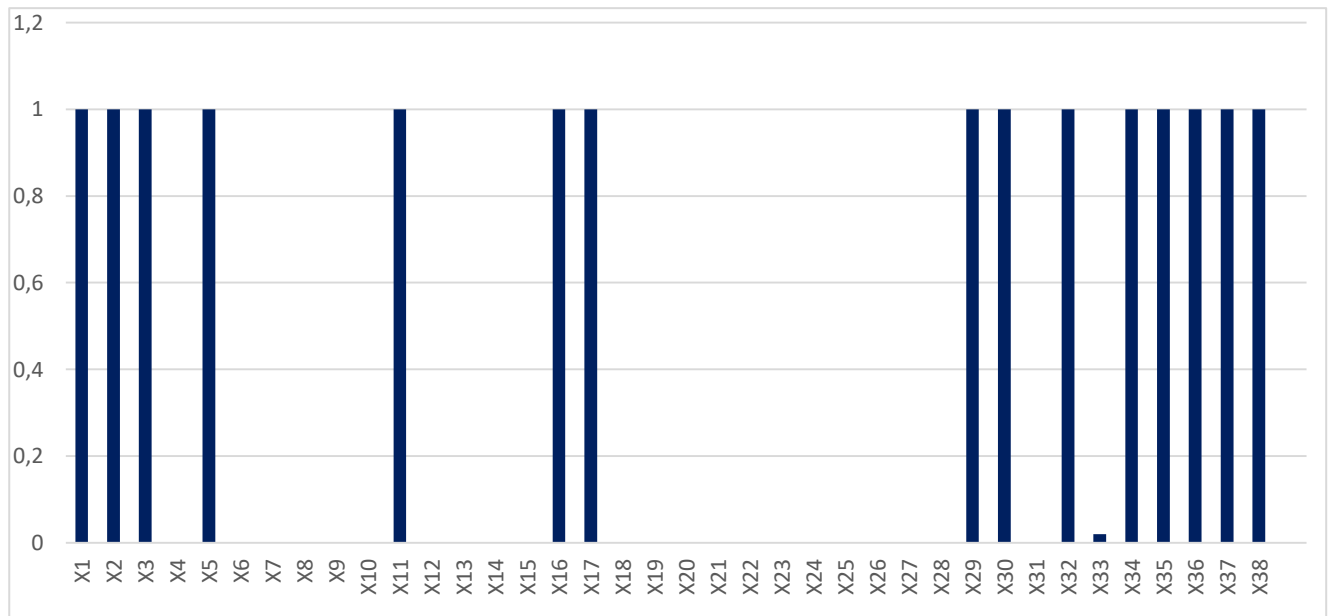


Рисунок 3.9 – Суммарные коэффициенты использования параметров при определении очередности прибытия двух находящихся в ближнем подходе поездов на станции Челябинск-

Главный

Аналогично станции Лужская число параметров значительно сократилось, ввиду сокращения видов объектов, участвующих в исследовании (исключение маневровых локомотивов, анализ только поездов). Характерный для сортировочной станции Челябинск-Главный существенный фон присутствия постоянных параметров сохранился.

Появилось два новых параметра X_{16} и X_{37} аналогичные дополнительным параметрам на станции Лужская, которые также присутствуют и на рисунке 3.8 в результатах исследования по станции Лужская.

3.4 Определение параметров, учитываемых ДСП для редко встречающихся ситуациях

Способы определения перечня параметров для редко встречающихся ситуаций (область A_2 на рисунке 3.1) можно распределить в группы: экспертный и документальный.

Экспертный способ предполагает извлечение и структурирование знаний из памяти эксперта-ДСП с количественным описанием результатов путем обработки данных, полученных в результате направленного опроса экспертов-ДСП.

Качество получаемых результатов зависит от различных условий:

- уровня профессиональной подготовки экспертов-ДСП;
- опыта работы на конкретном объекте управления по выполнению должностных обязанностей в соответствии с должностными инструкциями и топологией станции;
- частоты эпизодически имеющих место отдельных специфических условий приема и обработки поездов, выполнения маневровых передвижений, определяемых, в том числе условиями взаимодействия с конкретными клиентами и действующими в течение короткого промежутка времени в соответствии с условиями взаимодействия станций и клиентуры по конкретному договору перевозки;
- и др.

Документальный способ основан на изучении нормативных документов, технологического процесса работы станции, распорядительных станционных документов (ТРА).

Анализ эксплуатационной работы рассматриваемых станций и опыт взаимодействия с экспертами-ДСП показал, что для редко встречающихся ситуаций набор параметров наиболее целесообразно определять с использованием документального способа с учетом обсуждения данных с экспертами-ДСП.

В результате анализа станционных документов в таблицу 3.1 был добавлен параметр X_{12} – арендатор/собственник вагонов прибывающего поезда. С учетом

этого параметра в определенные периоды выполняется выбор путей приема поездов на станции Лужская, что позволяет оптимизировать условия формирования подач прибывающих вагонов клиенту с учетом условий договора клиент - станция.

Выводы по Главе 3

1. Качество ОУР, рассчитываемых в АСУСТИ, зависит от выбора учитываемых параметров. Предварительная разработка перечня параметров, необходимых для принятия управляющих решений ОУР, проводится для однотипных групп технологических задач, позволяющих рассматривать их как комплекс с общими параметрами. Чем меньше градация на этапе выявления параметров, тем точнее можно сформировать в последующем однотипный класс событий и перечень параметров, что позволит сократить возможные ошибки.

2. Для определения набора параметров и формализации экспертных знаний требуется совместная работа опытных экспертов-ДСП и разработчиков интеллектуальной системы, которые предварительно изучают нормативные документы, регулирующие оперативную работу станций.

Учитывается наличие постоянно встречающихся ситуаций выработки ОУР, для которых эксперт-ДСП может уверенно определить набор параметров, и редко встречающиеся ситуации, для которых эксперту-ДСП сформулировать набор параметров труднее. В этом случае параметры могут определяться разработчиками интеллектуальной системы на основе изучения нормативной документации с учетом знаний экспертов-ДСП.

3. Выполняется предварительный выбор параметров, которые затем уточняются на основе натуральных наблюдений. Проведены обширные натурные исследования на крупных станциях Лужская и Челябинск-Главный, направленные на определение параметров, используемых ДСП при установлении очередности:

- маршрутов прибывающих на станцию поездов и враждебных им маневровых маршрутов одиночных локомотивов;
- маршрутов прибытия на станцию двух находящихся в ближнем подходе поездов.

Выделен перечень параметров для каждой группы указанных выше технологических событий.

4. Анализ исследуемых событий показал, что все параметры, учитываемые ДСП при выработке ОУР, можно разделить на два типа: учитываемые постоянно и учитываемые периодически. Постоянные параметры определяют характеристики станций, объектов управления, жестко определенные нормативно-распорядительными документами и топологией станции. Параметры, учитываемые периодически, актуальны в определенные периоды выполнения станционных операций.

5. 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.

6. Выполненные натурные наблюдения подтверждают реальную возможность определения перечня параметров, необходимых для выработки ОУР для ДСП в системе АСУСТИ.

4 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ВЫРАБОТКИ ОУР ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЕЗДНЫХ И МАНЕВРОВЫХ ПЕРЕДВИЖЕНИЙ НА СТАНЦИЯХ

4.1 Процессная модель формирования ОУР при осуществлении поездных и маневровых операций

Согласно рисунка 1.4 (а, б) возможны два варианта системы управления оперативной работой станции:

1. С одним ДСП (рисунок 1.4 а).
2. С несколькими ДСП (рисунок 1.4 б).

В первом варианте ДСП управляет всей поездной и маневровой работой самостоятельно с учетом внешних оперативных управляющих решений, принимаемых поездным (ДНЦ) и локомотивным (ТНЦ) диспетчерами.

Во втором варианте ДНЦ и ТНЦ передают принятые ими ОУР ($R_{\text{ДНЦ}}$, $R_{\text{ТНЦ}}$) станционному диспетчеру (ДСЦС), который эти и свои ОУР передает соответствующему дежурному по станции: по парку отправления – ДСПО, парку прибытия – ДСПП. Если на станции имеется маневровый диспетчер (ДСЦ), то он также передает свои ОУР дежурному по станции: об очередности расформирования прибывающих поездов – ДСПП, об условиях формирования расформирования поездов – дежурному по горке (ДСПГ) и др.

Процесс управления оперативной работой сортировочной станции, в целом, для более общего случая, с типом управления согласно рисунка 1.4 б, можно представить в виде модели процессов формирования управляющих воздействий при осуществлении операций с поездами, поездными и маневровыми локомотивами, а также маневровыми составами. Такая процессная модель для более общего случая – второго варианта системы управления оперативной работой станции, представлена на рисунке 4.1.

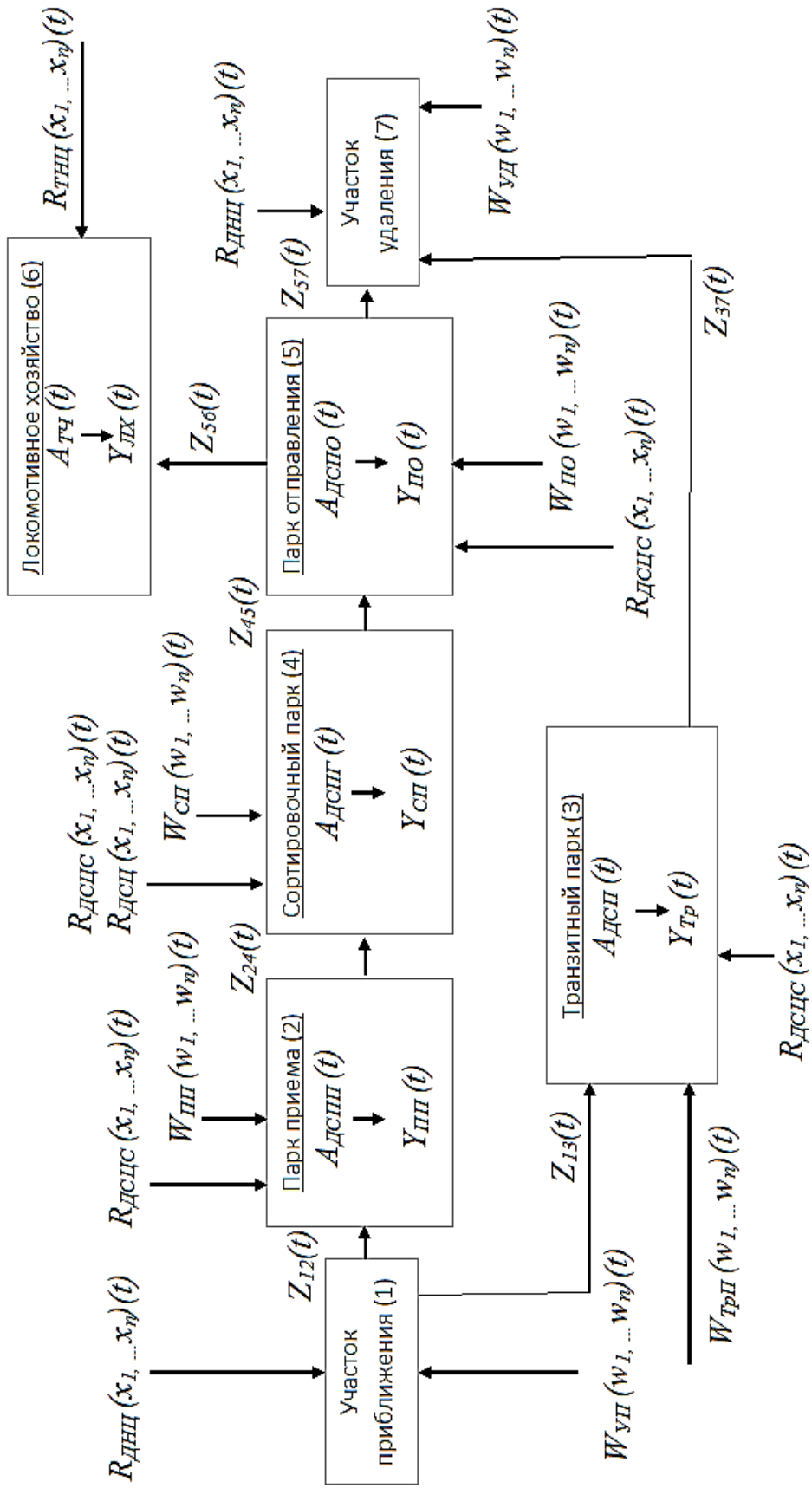


Рисунок 4.1 – Процессная модель формирования управляющих воздействий системы управления оперативной работой сортировочной станции

Внутренними ОУР являются: $A_{ДСПП}$, $A_{ДСПГ}$, $A_{ДСП}$, $A_{ТЧ}$, которые относятся к станционным паркам, маневровым районам и расположенному на станции локомотивному депо. Их реализация производится на основе плановых показателей работы ($x_{П1}, \dots, x_{Пn}$) для различных районов станции.

Внешними по отношению к отдельным районам станции, управляемым ДСП, являются ОУР: $R_{ДССЦ}$, $R_{ДСЦ}$, $R_{ТНЦ}$, $R_{ДНЦ}$ – соответственно, станционного, маневрового, локомотивного диспетчеров и поездного диспетчеров, Эти решения принимаются на основе плановых показателей с учетом фактической ситуации (x_1, \dots, x_n). Возмущающие воздействия на рисунке 4.1 представлены в виде $W(w_1, \dots, w_n)(t)$ для каждого района (парка станции).

Задания по перемещению объектов управления в парках приема, транзитном, сортировочном и отправления, а также в локомотивном хозяйстве и на прилегающих к станции участках представлены в виде параметров Z .

Таким образом, управляющие решения R уровня можно представить функционалом:

$$R(x_1, \dots, x_n)(t) = F((x_{П1} \vee x_{Ф1}, \dots, x_{Пn} \vee x_{Фn}), (a_1, \dots, a_n), (w_1, \dots, w_n), Y(y_1, \dots, y_n))(t), \quad (4.1)$$

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 диспетчерского 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 - нарушения технологии в работе взаимодействующих со станциями систем, отражающиеся в 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 объектов управления на сортировочной станции.

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:

$$Z_{37} + Z_{57} = F(Z_{12} + Z_{13}), \quad (4.2)$$

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 рисунка 4.1.

Эксплуатационная надежность работы сортировочной станции и выполнение ее основных показателей зависит от уровня соблюдения указанного равенства.

Управляющие решения уровня А в цепи последовательных технологических линий системы переработки вагонопотока на этапе планирования t вырабатываются на основе функционала:

$$A(x_1, \dots, x_n)(t) = F((x_{П1}, \dots, x_{Пn}), (a_1, \dots, a_n), (w_1, \dots, w_n), Y(y_1, \dots, y_n), R(x_1, \dots, x_n))(t) \quad (4.3)$$

где $A(x_1, \dots, x_n)(t)$ – управляющие решения по выполнению плановых параметров технологического процесса, реализуемые на различных технологических линиях сортировочной станции;

(w_1, \dots, w_n) – возмущающие воздействия, влияющие на выполнение ОУР;

$(x_{П1}, \dots, x_{Пn})$ – плановые задания, которые должны быть выполнены на отдельных технологических линиях;

$Y(y_1, \dots, y_n)$ – многомерное состояние оперативной системы перевозочного процесса;

(a_1, \dots, a_n) – параметры, характеризующие техническое и технологическое состояния объектов сортировочной станции;

$R(x_1, \dots, x_n)$ – управляющие решения R уровня.

Взаимодействия рассмотренные в процессной модели формирования ОУР учитываются при разработке алгоритмов принятия решений.

4.2 Формализация стационарных технологических процессов

Информация о состоянии перевозочного процесса станции характеризуется многообразием переменных данных об объектах управления. Представим стационарный технологический процесс ($C_{\text{ТП}}$) в виде совокупности технологических задач ($S_1 - S_n$), характеризующихся различными технологическими параметрами ($x_1 \dots x_n$):

$$C_{\text{ТП}} = S_1(x_1 \dots x_n)(t) + S_2(x_1 \dots x_n)(t) + \dots + S_n(x_1 \dots x_n)(t), \quad (4.4)$$

Где $(S_1 \dots S_n)(t)$ – множество технологических задач, планируемых или возникающих в момент времени t с конкретным объектом управления, например:

- прибытие поезда на станцию (S_1);
- отправление поезда (S_4);
- пропуск и частичная переработка транзитных составов (S_5);
- расформирование состава прибывшего поезда или группы вагонов, поступивших с грузовых фронтов (S_2);
- маневровые перемещения и пропуск по районам станции различных подвижных единиц (S_7);
- формирование состава (S_3);
- сбор вагонов с мест выполнения грузовых операций (S_6);
- ремонтные, хозяйственные, снегоуборочные и другие работы (S_n);

$(x_1 \dots x_n)(t)$ – совокупность технологических параметров, характеризующих ситуацию в заданный момент времени t (см. рисунок 4.2).

Учитывая, что железнодорожные станции существенно различаются характером выполняемых на них технологических процессов, (например, порядком и последовательностью обработки поездов и вагонов), топологией, оснащенностью и использованием технических средств, штатом станции и др., технологические параметры ($x_1 \dots x_n$) при выполнении одних и тех же технологических задач могут отличаться, как на различных станциях, так и в

пределах одной станции. Следовательно, управляющие решения (а в ряде случаев и алгоритмы вычислений ОУР) для одних и тех же технологических задач могут быть различны. Методические положения по определению конкретных параметров, учитываемых при выработке конкретных ОУР, в определенных примерах технологических ситуациях представлены в главе 3.

Пример взаимосвязи последовательно протекающих событий с технологическими параметрами для каждого события приведен на рисунке 4.2.

Здесь под событием понимается технологическая задача - многократно повторяющаяся операция прибытия поездов на станцию.

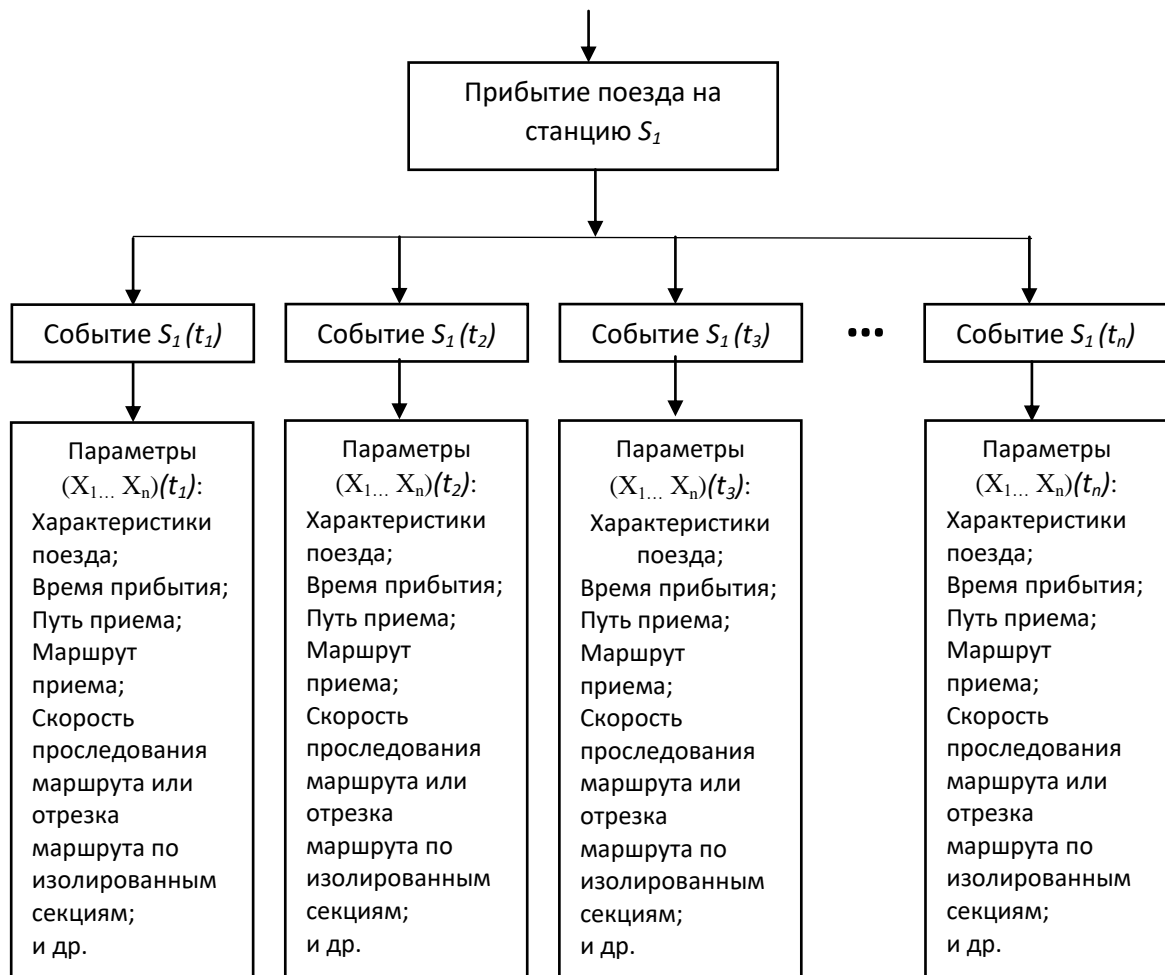


Рисунок 4.2 – Пример взаимосвязи последовательно протекающих событий с технологическими параметрами для каждого события

4.3 Общая схема процесса выработки ОУР в АСУСТИ

В АСУСТИ оперативные управляющие решения ДСП могут приниматься с использованием следующих способов:

1. Прецедентного – когда в базе АСУСТИ находится аналог.
2. Алгоритмического – когда в базе АСУСТИ не находится прецедента для данного технологического события.
3. ОУР, вырабатываемого ДСП.

Общая схема процесса выработки ОУР в АСУСТИ для различных технологических задач формализована на рисунке 4.3.

Рассмотрим подробнее рисунок 4.3.

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

Шаг 1. Выявление потребности в выработке ОУР на основе анализа плановой и текущей стационарной работы.

Шаг 2. Определение параметров события требующего выработки ОУР. Каждое событие характеризуется множеством параметров. Несмотря на различность технологических событий перечень их параметров можно установить на основе использования знаний экспертов-ДСП и опытных специалистов (см. глава 3).

Формализация параметров требует индивидуального подхода к каждому конкретному технологическому событию. Результаты анализа параметров, влияющих на оперативные управляющие решения ДСП для одной из технологических задач, изложены в разделе 4.4. Установленный перечень параметров, характеризующих технологические задачи в формализованном виде концентрируется в базе данных АСУСТИ в виде таблиц НСИ в нормативно-справочном блоке АСУСТИ (см. рисунок 2.2).

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 по методике рассмотрена в главе 2.

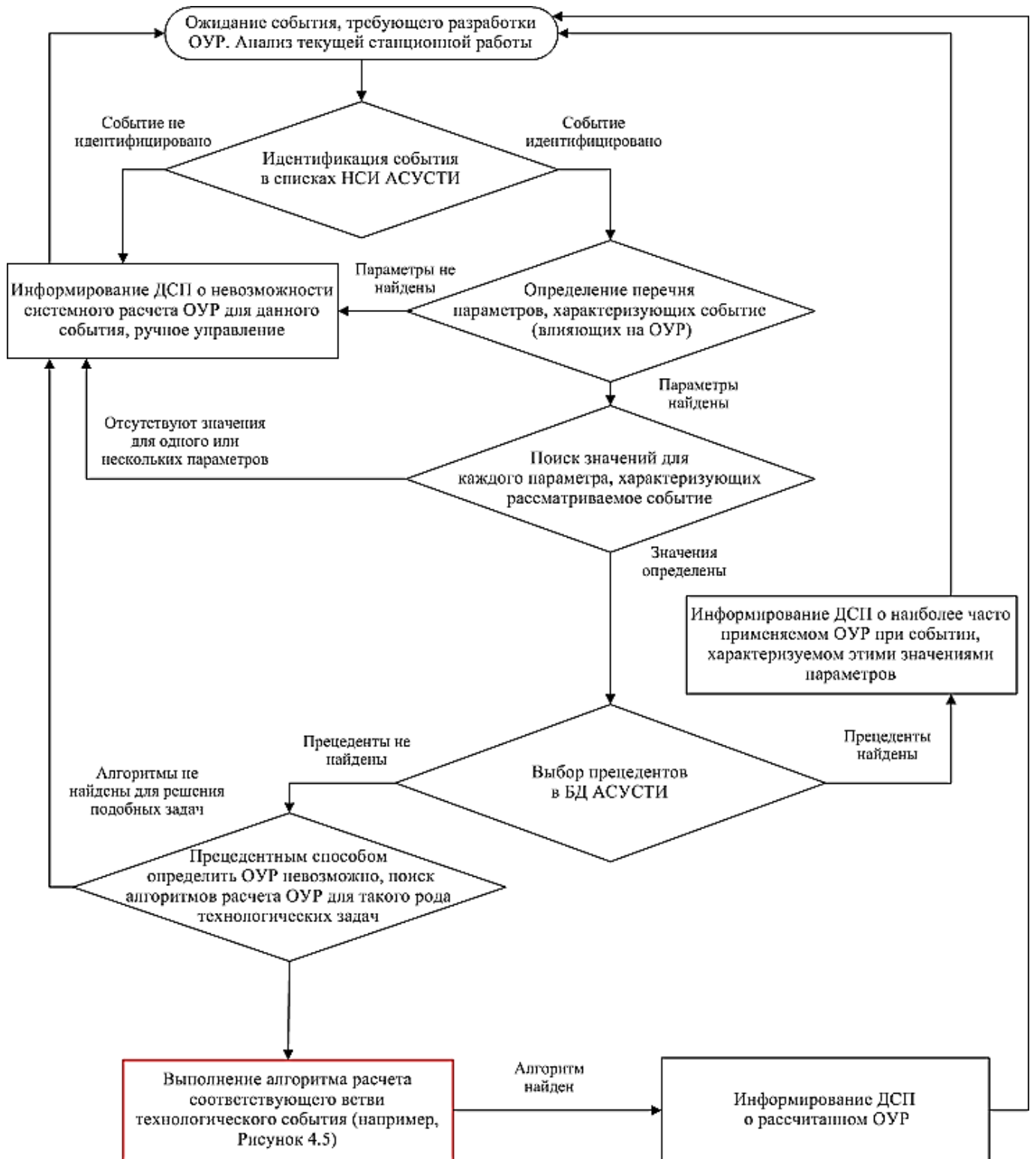


Рисунок 4.3 – Общая схема процесса выработки ОУР в АСУСТИ для различных технологических задач

Шаг 3. Использование прецедентного способа выработки ОУР на основании установленного списка параметров, характеризующих текущее технологическое событие (разделе 1.5, рисунок 1.7). Основой этого является то, что каждый параметр для выполнявшихся ранее технологических событий сохраняется в БД АСУСТИ.

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 на объекте и выполняется фиксация в БД параметров технологических событий, тем больше вероятность фиксации идентичных сценариев и, соответственно, использования прецедентного способа выработки ОУР.

Однако прецедентный способ может быть использован только при наличии в БД АСУСТИ данных о параметрах идентичных технологических задач. Поэтому для функционально сложных технологических задач, характеризующихся большим количеством параметров его использование затруднительно.

При многократном повторении на станции функционально сложных технологических событий с точным соответствием множества требуемых параметров принципиально можно зафиксировать основные параметры для систематически повторяемых технологических задач. Но большое количество возмущающих факторов и их трудная предсказуемость существенно сокращает возможность применения ранее зафиксированного принятого ОУР для нового события.

Для функционально сложных многофакторных технологических задач прецедентный способ поиска решений целесообразней применять для актуализации отдельно взятых характеристик параметров, а расчет ОУР выполнять посредством алгоритмического способа, учитывающего

технологические особенности каждой задачи, а также порядок действий, используемых экспертами-ДСП с объектами управления.

Прецедентный способ актуализации значений параметров использован для функций самообучения в АСУСТИ, что рассмотрено в разделе 2.4 на примере параметра продолжительности маневровых передвижений.

Шаг 4. Переход к выработке ОУР с использованием алгоритмического способа (при невозможности использования прецедентного способа). На рисунке 4.3 красным цветом отмечен процесс расчета ОУР посредством использования алгоритмов, позволяющих для однотипных задач выполнять поиск решения по заранее определенным правилам, учитывающим технологическую специфику, инструкции, знания и опыт экспертов-ДСП при управлении подобными процессами. Алгоритм предполагает наличие данных о начальных условиях, поэтому корректная идентификация события имеет важное значение для правильного выбора необходимого алгоритма из возможного их набора в системе (рисунок 2.2, блок Б₅).

В качестве примера разработки алгоритма рассмотрим ниже рассмотрена последовательность вычислительных шагов при построении маршрута прибывающего поезда с учетом возможных враждебности поездного и маневрового передвижений с оптимизацией порядка их выполнения (раздел 4.4, рисунок 4.4.).

Шаг 5. (заключительный) Предоставление ОУР, выработанного АСУСТИ, на клиентское место ДСП для принятия окончательного решения с корректировкой или без корректировки ОУР выработанного АСУСТИ.

По мере увеличения продолжительности работы АСУСТИ будут вырабатываться все более точные ОУР и все меньше количество из них будут требовать корректировки со стороны ДСП. Поэтому целесообразно периодически выполнять анализ выработанных ОУР системой АСУСТИ в части их корректировок со стороны ДСП. На основании этого могут приниматься решения

о прямом использовании части ОУР, вырабатываемых АСУСТИ, без предварительного их рассмотрения ДСП.

На рисунке 4.3 также указаны ветви схемы, на которых при отсутствии необходимых данных для системного расчета возникает необходимость подключения ДСП к формированию ОУР (при невозможности использования прецедентного и алгоритмического способов).

Шаг 1. Согласно рисунка 4.5 сначала получаем исходные данные по прибывающему поезду, т.е. его характеристики (номер, индекс, тип поезда, направление прибытия, масса, длина, код груза, особые отметки, назначение вагонов, код дополнительного назначения (при наличии), и др. (X_{t1} – от устройств автоматики, X_{t2} – от различных автоматизированных систем управления, раздел 2.1, 2.2). Из плановых систем или расчётом определяем ожидаемое время прибытия поезда (X_{t3} , рисунок 2.2).

Для определения наличия в парке прибытия свободных путей выполняется оценка текущего состояния и занятости объектов инфраструктуры - X_{t1} , X_{t2} , S_U на рисунке 2.2. В данном примере из рисунка 4.4 следует, что в парке прибытия свободны пути 11/108 и 11/112. Далее выполняется выбор пути на который может быть принят поезд «А» с установленными характеристиками. Возможны два варианта такого выбора:

– Посредством использования нормативных положений технико-распорядительного акта станции (ТРА) и иных инструктивных документов, определяющих возможное использование конкретного пути для поезда с заданными характеристиками. Специализация путей в парке прибытия зафиксирована в НСИ АСУСТИ (X_{t0} , рисунок 2.2) и предусматривает возможные ОУР и при отсутствии свободных путей для поездов с заданными характеристиками на основе использования скользящей специализации путей.

– Прецедентным способом, например, изложенным на рисунке 1.7 порядком, запросив из БД АСУСТИ все архивные прибытия поездов с тождественными параметрами ($X_{t1(АРХ)}$, рисунок 2.2), при этом по архивным событиям определяются пути приема таких поездов и выполняется выбор подходящего пути с учетом занятости и возможного освобождения до ожидаемого времени прибытия поезда.

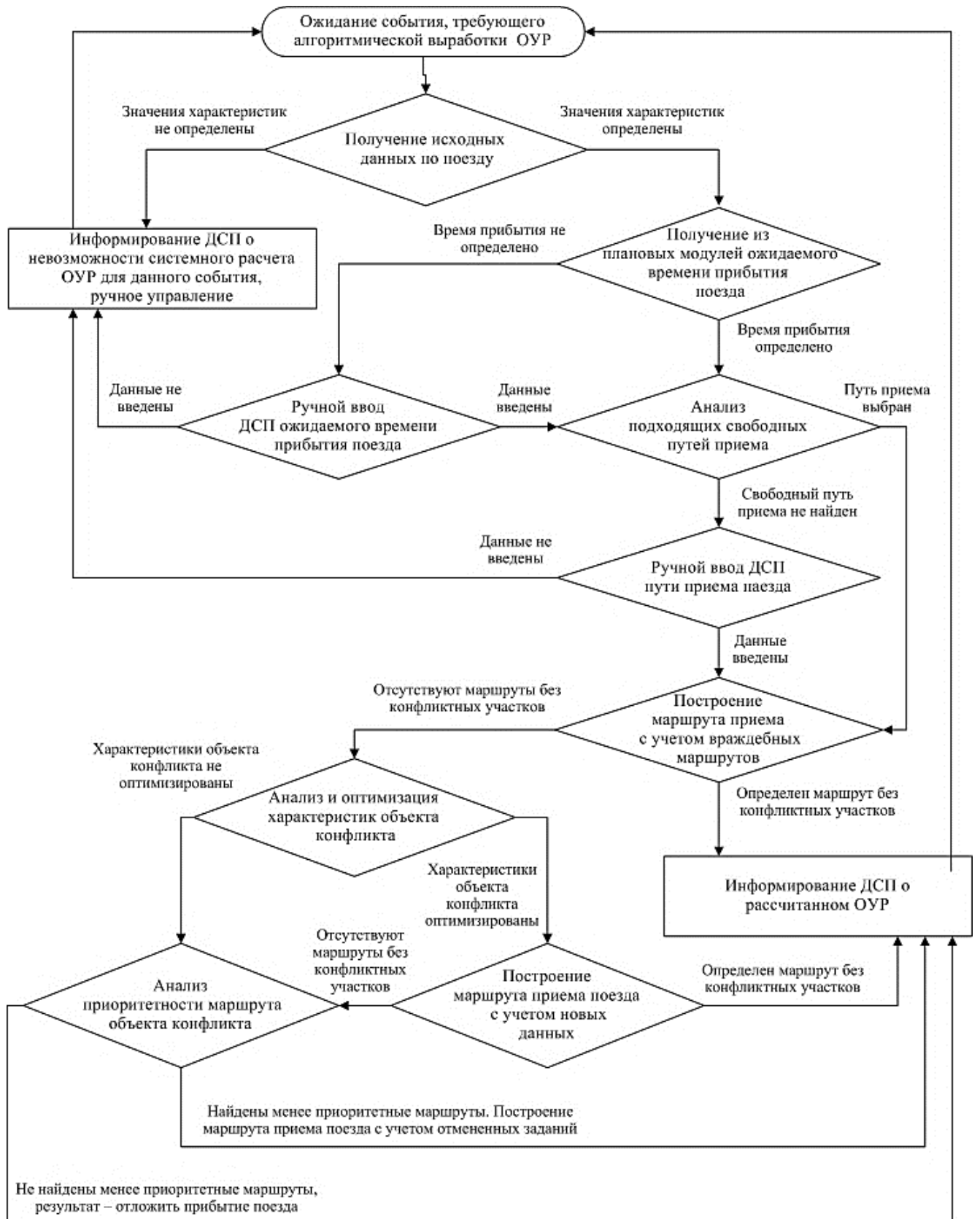


Рисунок 4.5 – Схема алгоритмического построения маршрута прибывающего поезда с учетом возможных враждебных маршрутов и с оптимизацией порядка их выполнения

Предположим в примере, что оба свободных пути 11/108 и 11/112 допускают прием поезда с заданными характеристиками, тогда посредством анализа архивных данных устанавливается, чаще используемый путь; пусть в примере это путь 11/108.

Шаг 2. Построение оптимального маршрута приема поезда. Анализ наличия отрезков станционных путей в стрелочной горловине с враждебными маршрутами (конфликтные участки) выполняется именно на этом шаге после построения одного или нескольких возможных маршрутов для приема поезда на заданный путь и маневрового маршрута следования локомотива в транзитный парк. Пусть в примере установлено, что прибытие поезда совпадает по времени со следованием локомотива по маневровому маршруту в транзитный парк (рисунок 3.4), т.е. маршруты враждебны. При этом важным условием построения алгоритмов является обеспечение максимальной параллельности выполнения маршрутов в станционных стрелочных горловинах.

Шаг 3. Выполнение идентификации управляемых объектов, участвующих в выполнении враждебных маршрутов, запрос в БД АСУСТИ параметров, характеризующих управляемые объекты. Предположим, что в примере установленные с использованием НСИ ходовые характеристики локомотива не позволяют локомотиву «Б» освободить враждебный участок маршрута к заданному времени, до прибытия поезда «А». Тогда, учитывая приоритетность поездного маршрута в АСУСТИ вырабатывается ОУР, с задержкой маневрового маршрута.

В АСУСТИ используется возможность самообучения для актуализации исходных данных о времени следования локомотива маршруту (рисунок 2.9) посредством применения методик, основанных на прецедентах.

Шаг 4. Оценка возможности освобождения конфликтного участка враждебных маршрутов к установленному времени на основе актуализированных данных на шаге 3.

Шаг 5. Фиксация результата в виде ОУР с передачей его ДСП на специализированный интерфейс взаимодействия (например, АРМ ДСП).

Учет в алгоритмическом методе методик самообучения позволяет сократить время ожидания выполнения маршрута, что особенно актуально для «пиковых» периодов работы станции.

Подобным образом строятся алгоритмы для стационарных технологических процессов, которые могут быть описаны общими правилами (S_1 - S_n , раздел 4.2).

4.5 Оценка эффективности выработки ОУР ДСП в АСУСТИ

Оценка эффективности интеллектуальных систем (ИС) управления представляет собой сложную задачу, поскольку в общих результатах функционирования объекта, на котором внедрены ИС, трудно выделить часть эффекта, полученного только в следствии использования такой системы.

Применительно к управлению работой железнодорожными станциями такая оценка на основе использования в ИС спутниковой навигации выполнена в исследовании В. И. Уманского [26]. Рассмотрено влияние внедрения ИС на работу крупных станций, к которым отнесены сортировочные, участковые, припортовые и грузовые, всего 1156 станций. Предложено учитывать – сокращение текущих (эксплуатационных) расходов, рост пропускной и перерабатывающей способности станции и целых направлений. При этом указывается, что при определении затрат на внедрение ИС, базирующиеся на технической базе МАЛС, требуется учитывать только расходы на разработку дополнительного программного обеспечения.

Основные положения по оценке эффективности ИС, принятые в работе [26], используются для оценки внедрения АСУСТИ, реализуемой на базе системы АСУСТ. В этом случае также возможно в расходной части учитывать только затраты, связанные с разработкой дополнительного программного обеспечения. В выполненной оценке не учитывается влияние АСУСТИ на изменение пропускной и перерабатывающей способности станций и направлений, поскольку трудно обеспечить приемлемую точность полученных результатов. В то же время расширено количество составляющих общего эффекта и расчеты более детализированы применительно к сортировочным станциям на которых предполагается первоочередное внедрение АСУСТИ.

Внедрение АСУСТИ позволяет достигнуть экономии расходов на станциях по следующим составляющим:

- снижение количества поездов, временно задерживаемых на подходах к станции по неприему;

- снижение времени ожидания выполнения операций с поездными локомотивами по прибытию на станцию и отправлению со станции;
- снижение времени ожидания выполнения операций с маневровыми локомотивами и составами;
- укрупнение зон обслуживания ДСП.

Рассмотрим последовательно определение эффекта по этим составляющими.

4.5.1 Снижение количества поездов, временно задерживаемых на подходах к станции по неприему

При внедрении АСУСТИ необоснованные (по вине ДСП) временные задержки поездов на подходах к станции исключаются, поскольку во всех случаях при наличии свободных станционных путей приоритетными являются поездные маршруты. Возможны лишь случаи задержек по неприему при необходимости одновременного выполнения двух и более (по числу подходов к станции) враждебных поездных маршрутов или при отсутствии свободных станционных путей для приема поездов. Но такие случаи можно отнести к обоснованным задержкам по неприему поездов.

Необоснованные задержки поездов на подходах при отсутствии АСУСТИ могут иметь место по трем причинам:

- неправильный интуитивный расчет ДСП определения очередности выполнения враждебных поездных и маневровых маршрутов, когда ДСП ошибочно (на основе интуитивной оценки) считает, что маневровый маршрут может быть выполнен до начала выполнения поездного маршрута;
- сознательные действия ДСП по выполнению враждебного маневрового маршрута первым по сравнению с поездным маршрутом с целью ускорения выполнения маневровой работы на станции;
- нерасчетливые действия ДСП по обеспечению свободности хотя бы одного станционного пути ко времени прибытия очередного поезда.

Снижение расходов за год от исключения необоснованных временных задержек поездов по неприему при внедрении АСУСТИ может быть определено по формуле:

$$E_{\text{нз}} = N_{\text{пр}} P_3 (t_3 e_{\text{пч}} + e_{\text{ост}}) 365, \text{ руб/год}, \quad (4.5)$$

Где $N_{\text{пр}}$ – количество поездов, прибывающих на станцию в четном и нечетном направлениях движения в среднем за сутки в течении года, поездов/сутки;

P_3 – вероятность необоснованных задержек поездов по неприему;

t_3 – средняя продолжительность одной необоснованной задержки поездов по неприему, ч.;

$e_{\text{пч}}$ – укрупненная расходная ставка на один час простоя грузового поезда, руб.;

$e_{\text{ост}}$ – укрупненная расходная ставка на одну остановку грузового поезда без учета времени стоянки, руб.;

Натурные наблюдения показывают, что примерное значение $P_3 = 0,05$.

Тогда, например, при $N_{\text{пр}}=116$ поездов/сутки с переработкой и без переработки, $t_3=0,12$ ч, $e_{\text{пч}}=10000$ руб. (электротяга), $e_{\text{ост}}=1700$ руб.:

$$E_{\text{нз}} = 116 * 0,05 (0,12 * 10000 + 1700) * 365 = 7832,9 \text{ тыс. руб. в год на станцию.}$$

4.5.2 Снижение времени ожидания выполнения операций с поездными локомотивами по прибытию на станцию и отправлению со станции

Эффект оценивается для случаев смены поездных локомотивов у поездов – транзитных с переработкой и транзитных без переработки.

Для транзитных поездов с переработкой поездные локомотивы по прибытию отцепляются от составов в парке прибытия и следуют в локомотивное депо, а по отправлению – следуют из локомотивного депо к ожидающему их составу в парке отправления. При этом могут возникать враждебные маршруты:

1. по прибытию – при одновременном выполнении других маневровых маршрутов, таких как надвиг состава на сортировочную горку, заезд горочного локомотива под состав для надвига на сортировочную горку, следование в локомотивное депо другого поездного локомотива;

2. по отправлению – при одновременном выполнении таких маршрутов как отправление поезда со станции, возвращение маневрового локомотива в сортировочный парк после выставления состава, следование поездного локомотива от прибывшего состава в депо.

Дополнительно враждебность может возникнуть при выполнении передвижений, связанных с: отцепками и прицепками вагонов от составов в парке прибытия и отправления; следованием различного рода маневровых составов по путям; выполнением маневровой работы при производстве путевых работ и др.

Транзитные поезда, следующие без переработки, как правило, принимаются в транзитные парки, расположенные в районе парка отправления, с враждебностью маршрутов по прибытию и отправлению.

Эффект от снижения времени ожидания выполнения маневровых операций с поездными локомотивами, т.е. сокращения времени их нахождения на станции ($E_{пл}$) оценивается согласно следующей зависимости:

$$E_{пл} = M_{тр} P_3^{пл} t_3^{пл} e_{лч} 365, \text{ руб./год}, \quad (4.6)$$

где $M_{тр}$ – количество поездных локомотивов, прибывающих на станцию за сутки четном и нечетном направлениях движения с транзитными поездами, следующими с переработкой и без переработки;

$P_3^{пл}$ – вероятность задержки поездного локомотива при выполнении маневровых маршрутов;

$t_3^{пл}$ – снижение времени выполнения маневровых операций на станциях внедрения АСУСТИ, ч;

$e_{лч}$ – укрупненная расходная ставка на 1 час простоя поездного локомотива, руб.

Значение $P_3^{пл}$ для сортировочной станции можно оценить величиной $P_3^{пл}=0,15$. Тогда, для рассмотренного выше примера сортировочной станции, выполняющей операции по смене локомотивов, т.е. при $M_{тр}=N_{пр}=116$ поездов/сутки, $t_3^{пл}=0,1$ ч., $e_{лч}=200$ руб. (электротяга):

$$E_{пл} = 116 * 0,15 * 0,1 * 2000 * 365 = 1270,2 \text{ тыс.руб./год}$$

4.5.3 Снижение времени ожидания выполнения операций с маневровыми локомотивами и составами

Враждебности при выполнении маневровых маршрутов с маневровыми локомотивами и маневровыми составами на сортировочных станциях возникают достаточно часто. В сортировочной системе двухсторонней сортировочной станции: с последовательным расположением парков имеются 4 основных зоны возможного образования таких враждебных маршрутов (рисунок 4.6).

Если, например, в такую сортировочную систему поступает 52 транзитных поезда с переработкой, то в общем случае суммарное количество поездных и маневровых перемещений за сутки, для которых возможно образование враждебных маршрутов для маневровых локомотивов, составит не менее:

– в зоне 1зв.: 104 (52 – прибывающих поездов, 52 – заезд маневровых локомотивов за составами);

– в зоне 2зв.: 156 (52 – пропуск поездных локомотивов в депо, 52 – заезд маневровых локомотивов за составами, 52 – надвиг составов на сортировочную горку);

– в зоне 3зв.: 156 (52 – выставление составов в парк отправления, 52 – возвращение маневровых локомотивов в сортировочный парк, 52 – окончание формирования составов);

– в зоне 4зв.: 156 (52 – отправления поездов, 52 – возвращение маневровых локомотивов в сортировочный парк, 52 – следование поездных локомотивов к составам отправляемых поездов).

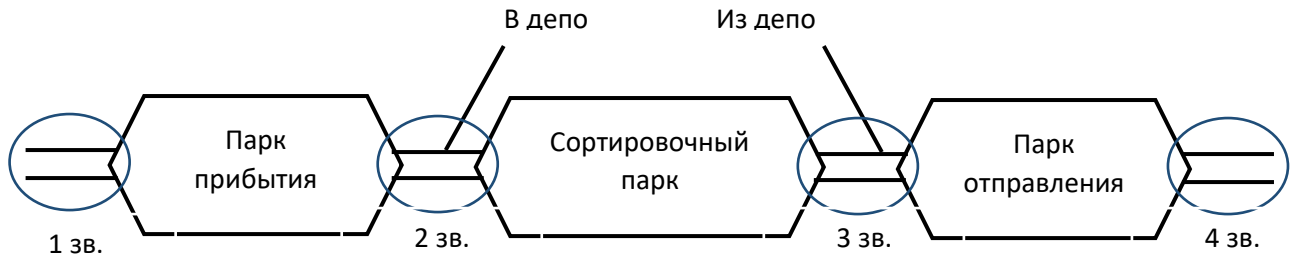


Рисунок 4.6 - Сортировочная система (четная двусторонней сортировочной станции с последовательным расположением парков: 1 зв.-4 зв.: зоны возможного образования враждебных маршрутов)

То есть всего за сутки в такой сортировочной системе для транзитных поездов с переработкой выполняется 572 маневровых маршрута, у которых возможно образование враждебности для одного поезда: $572/52 = 11$ маршрутов/поезд. Для транзитных поездов без переработки, поступающих в транзитный парк или парк отправления, количество таких маршрутов составляет 4 маршрута на поезд.

Конечно, это примерные значения, т.к. не учитываются особенности путевой инфраструктуры станций различных типов и характер выполняемой на станции эксплуатационной работы. Но такая оценка отражает существо вопроса, заключающееся в значимости учета враждебности выполнения поездных и маневровых маршрутов.

В целом эффект от снижения потерь времени ожидания выполнения враждебных маршрутов при выполнении поездных и маневровых операций - $E_{вр}^{ман}$ оценивается из зависимости:

$$E_{вр}^{ман} = N_{вр}^{ман} \alpha_{вр} t_{вр} \beta_{вр} \varphi_{вр} e_{ман} 365, \text{ руб./год}, \quad (4.7)$$

где $N_{вр}^{ман}$ – общее количество маршрутов маневровых локомотивов и маневровых составов, для которых могут возникнуть враждебности передвижения;

$\alpha_{вр}$ – доля маршрутов, для которых возникают враждебные передвижения;

$t_{вр}$ – время задержки маневровых составов при возникновении враждебности;

$\beta_{вр}$ – доля снижения количества маршрутов, выполняемых с ожиданием при внедрении АСУСТИ;

$\varphi_{вр}$ – коэффициент снижения продолжительности ожидания выполнения маршрутов при внедрении АСУСТИ;

$e_{ман}$ – укрупненная расходная ставка на 1 локомотиво/час простоя маневрового тепловоза в маневровом движении на путях ОАО «РЖД».

Оценим численное значение величины $E_{вр}^{ман}$ применительно к ранее рассмотренному примеру для общего прибытия поездов.

Всего на сортировочную станцию прибывает 116 поездов в сутки, в т.ч. с переработкой (при доле транзитного поездопотока без переработки 0,2; соответственно с переработкой – 0,8) – $116 * 0,8 = 93$ поезда в сутки; Без переработки: $116-93=23$ поезда в сутки. Общее количество маршрутов с маневровыми локомотивами и составами, для которых могут возникать враждебности, $N_{вр}^{ман}=93*11+23*4=1115$ маршрутов в сутки. Однако, враждебность маршрутов возникает не во всех случаях. С учетом натуральных наблюдений принимаем $\alpha_{вр} = 0,3$. Также примем экспертные значения: $t_{вр} = 0,1$ часа, $\beta_{вр}=0,2$, $\varphi_{вр} = 0,8$. Значение $e_{ман} = 1830$ руб. Согласно зависимости (4.7):

$$E_{вр}^{ман} = 1115 * 0,3 * 0,1 * 0,2 * 0,8 * 1830 * 365 = 3574,9 \text{ тыс. руб./год}$$

4.5.4 Укрупнение зон обслуживания дежурными по станциям

Внедрение АСУСТИ снижает загрузку дежурных по станции, что является основой увеличения зон обслуживания ДСП.

Загрузка ДСП определяется количеством принимаемых решений за время его непрерывной работы (продолжительность дежурства 12 ч.) и сложностью ситуаций. При этом качество решений не является одинаковым. Оно снижается с ростом усталости ДСП по мере продолжения работы и особенно в периоды

«пиковых» нагрузок, когда уменьшается лимит времени, которое можно использовать для выработки решения. В исследовании [26] установлено, что внедрение интеллектуальных систем, применительно к принятию управляющих решений ДСП, позволяет на крупных станциях расширять зоны обслуживания на 20-25 % с соответствующим сокращением текущих расходов. В расчетах для АСУСТИ это значение принято на уровне 20%.

Снижение расходов за счет укрупнения зон обслуживания ДСП определяется из зависимости:

$$E_{\text{дсп}}^{\text{зон}} = \beta_{\text{дсп}} E_{\text{дсп}}^{\text{ст}}, \text{ руб}, \quad (4.8)$$

где $\beta_{\text{дсп}}$ – коэффициент снижения фонда заработной платы ДСП на крупной станции при внедрении АСУСТИ;

$E_{\text{дсп}}^{\text{ст}}$ – годовой фонд заработной платы всех ДСП на крупной станции с учетом начислений, руб/год.

При $\beta_{\text{дсп}} = 0,2$ и годовом фонде заработной платы ДСП с учетом начислений порядка 20000 тыс.руб/год:

$$E_{\text{дсп}}^{\text{зон}} = 0,2 * 20000 = 4000 \text{ тыс.руб./год}$$

Общий эффект сокращения текущих расходов при внедрении АСУСТИ получается при суммировании составляющих зависимостей (4.5 – 4.8):

$$E_{\text{АСУСТИ}} = E_{\text{нз}} + E_{\text{пл}} + E_{\text{вр}}^{\text{ман}} + E_{\text{дсп}}^{\text{зон}}, \text{ руб./год}, \quad (4.9)$$

Применительно к рассмотренному примеру для одной двухсторонней сортировочной станции:

$$E_{\text{АСУСТИ}} = 7832,9 + 1270,2 + 3574,9 + 4000 = 16678,0 \text{ тыс.руб./год}$$

Данный результат хорошо коррелирует с данными, полученными в исследовании [26], в котором сокращение текущих расходов на крупной станции при внедрении интеллектуальной системы выработки ОУР для ДСП оценивается величиной 15 – 17 млн. руб./год.

Принимая, что система АСУСТИ, в первую очередь, будет внедряться на важнейших сортировочных станциях (всего принимаем к расчету 50 станций), годовой эффект по сети составляет $16678 \cdot 50 = 833,9$ млн. руб. что обеспечивает финансирование разработки программного обеспечения АСУСТИ.

Для информации, затраты на развитие АСУСТ (без учета тиражирования) за последние несколько лет составили:

– в 2019 \approx 130 млн. руб.;

– в 2020 \approx 150 млн. руб.

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 ДСЦ 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 лишь контролирует этот процесс. По существу это будет означат переход к системе автоДСП подобно системам автодиспетчер и автомашинист.

Выводы по главе 4

1. Разработана процессная модель формирования ОУР 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.

2. ОУР для ДСП в АСУСТИ могут приниматься с использованием следующих способов:

- прецедентного – когда в базе АСУСТИ находится аналог;
- алгоритмического – когда в базе АСУСТИ не находится прецедента для данного технологического события;
- ОУР, вырабатываемого ДСП.

3. Установлено, что для сложных технологических задач, что определяется наличием большого количества характеризующих события параметров, требуется использовать алгоритмический способ выработки ОУР.

4. На примере определения очередности выполнения двух враждебных (поездного и маневрового) маршрутов представлен порядок использования алгоритмического способа выработки ОУР. Подобным образом строятся алгоритмы для станционных технологических процессов, которые могут быть описаны общими правилами.

5. Оценка эффективности АСУСТИ основывается на получении экономического эффекта за счет сокращения текущих расходов станции по следующим составляющим:

- снижение количества поездов, временно задерживаемых на подходах к станции по неприему;

- снижение времени ожидания выполнения операций с поездными локомотивами по прибытию на станцию и отправлению со станции;
- снижение времени ожидания выполнения операций с маневровыми локомотивами и составами;
- укрупнение зон обслуживания дежурных по станциям.

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./год, что обеспечивает финансирование разработки программного обеспечения АСУСТИ и эффективности системы в целом.

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 работы станции и скорости принятия решений определяют необходимость перехода от информационных к информационно-интеллектуальным стационарным 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 станций, объектов управления, жестко определенные нормативно-распорядительными документами и топологией станции. Параметры, учитываемые периодически, актуальны в определенные периоды выполнения стационарных 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 станционных 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 составит 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 ДСЦ 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 лишь контролировать этот процесс.

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.

Список литературы

1. Гапанович, В.А. Система адаптивного управления техническим содержанием инфраструктуры железнодорожного транспорта (проект УРРАН) / В.А. Гапанович, И.Б. Шубинский, Е.Н. Розенберг, А.М. Замышляев // Надежность. – 2015. – № 2. С.4-13.

2. Шаров, В.А. Интегрированная технология управления движением грузовых поездов по расписанию / В.А. Шаров, А.Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 8. – С. 11-22.

3. Гапанович, В.А. Математическое и информационное обеспечение системы УРРАН / В.А. Гапанович, И.Б. Шубинский, А.М. Замышляев // Надежность. – 2013. – № 5. С.3-11.

4. Гапанович, В.А. Система УРРАН. Универсальный инструмент поддержки принятия решений / В.А. Гапанович, // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 10. С.16-22.

5. Поплавский, А.А. Автоматизированная система оперативного управления перевозками ОАО «РЖД». Моделирование эксплуатационной работы / А.А. Поплавский // Железнодорожный транспорт. – 2007. – №7. – С. 37-40.

6. Розенберг, Е.Н. Многоуровневая система управления и обеспечения безопасности движения поездов / Е.Н. Розенберг, В.И. Талалаев // Автоматика, связь, информатика. – 2004. - № 6. – С.4-8.

7. Кокурин, И.М. Метод расчета загруженности оперативно-диспетчерского персонала технических станций, основанный на алгоритмическом описании содержания труда / И.М. Кокурин, К.Е. Ковалев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – №3(36). – С.18-23.

8. Шубинский, И.Б. Функциональная надежность информационных систем // М.: Надежность, – 2012. – 296 с.

9. Шубинский, И.Б. Структурная надежность информационных систем // М.: Надежность, – 2012. – 216 с.

10. Шенфельд, К.П. Методы повышения пропускной и провозной способностей высокозагруженных двухпутных линий / К.П. Шенфельд, Е. А. Сотников, П.С. Холодняк // Железнодорожный транспорт. – 2020. – №10. – С. 15-18.

11. Мехедов, М.И. Повышение провозной способности Транссибирской магистрали на основе организации движения соединенных поездов / М.И. Мехедов, Е.А. Сотников, П.С. Холодняк, Д.А. Курсин, Н.В. Корниенко // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 3. – С. 28 – 33.

12. Сотников, Е.А. Интенсификация работы загруженных направлений сети железных дорог / Е.А. Сотников, М.И. Мехедов, П.С. Холодняк // Железнодорожный транспорт. – 2020. – № 3. – С. 11 – 14.

13. Шенфельд, К.П. Повышение эффективности работы полигонов / К.П. Шенфельд, Е. А. Сотников, П.С. Холодняк // Железнодорожный транспорт. – 2019. – №3. – С. 17 – 22.

14. Шапкин, И.Н. Научное обеспечение инновационного управления работой железнодорожных направлений в условиях применения твердого графика движения поездов [Текст] / И.Н. Шапкин, Е.М. Кожанов // Транспорт: наука, техника, управление. – 2011. – № 10 – С. 4 – 11.

15. Уманский, В.И. Основные принципы построения автоматизированной системы управления маневровой работой на основе данных о навигационном позиционировании локомотивов. / В.И. Уманский // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2009. – № 4 (36). – С. 112 – 121.

16. Сотников, Е.А. Интеллектуальные АРМы помогут управлять процессом перевозок [Текст] / Е.А. Сотников // ГУДОК. – 2015. – №64. – С.5

17. Котенко, А.Г. Основы реализации имитационного компонента в экспертной системе // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом. Сборник научных трудов. / Под ред. Ю.И. Ефименко, А.Т. Осьминина. СПб: ПГУПС. – 2004. – №4. – С.26-30.

18. Котенко, А.Г. Динамические модели управления работой станций в рамках концепции киберфизических систем / А.Г. Котенко, О.В. Котенко // Автоматика на транспорте. – 2021. – №2. – С.165-183.

19. Котенко, А.Г. Методологические основы построения модели управления защищенностью информации // Сборник трудов IX международной открытой научной конференции «Современные проблемы информатизации в технике и технологиях (СПИТТ–2004)». – Воронеж, 2004. – №9. – С.226-237.

20. Котенко, А.Г. Моделирование сложных процессов в рамках интегрированной экспертной системы / Котенко А.Г., Немцов Л.Б. // Системы управления и информационные технологии. – 2004. – № 4(16). – С.29-31.

21. Шапкин, И.Н. О переходе к технологии организации движения поездов по расписанию. [Текст] / И.Н. Шапкин, И.М. Самойлова // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 3. – С. 14-17.

22. Котенко, А.Г. Бизнес моделирование работы участковой станции при пропуске транзитных поездов / Котенко А.Г., Журавлева Н.А., Карчик В.Г., Юрченко В.С. // Железнодорожный транспорт. – 2013. – №4. – С.29-32.

23. Котенко, А.Г. Разработка алгоритма поддержки принятия решений поездного диспетчера при организации движения поездов / А.Г. Котенко, А.Б. Васильев, В.В. Прокофьева // Вестник транспорта Приволжья. – 2014. – №1(43). – С.46-51.

24. Шабельников, А.Н. Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте / А.Н. Шабельников // Монография. — Ростов н/Д: РГУПС, ЮРНЦ РАН, 2004.

25. Уманский, В.И. Общие принципы интеллектуализации станционных систем / В.И. Уманский, С.И. Долганюк // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2012. – №6. – С.8-12.

26. Уманский, В.И. Автоматизация управления технологическими процессами железнодорожного транспорта на базе интеграции методов высокочастотного спутникового позиционирования и интегральной навигации

[Текст]: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук 05.13.06, 05.22.08 / Уманский Владимир Ильич. – Москва. – 2012. – 340 с.

27. Зобнин, В.Л. Технологический процесс работы центра управления перевозками восточного полигона (ЦУП ВП) / В.Л. Зобнин, А.Т. Осьминин, Е.А. Сотников, М.А. Осьминин // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2017. – №4. – С.146-152.

28. Уманский, В.И. Имитационное моделирование поездных и маневровых передвижений в интеллектуальных станционных системах оперативного управления / В.И. Уманский, С.И. Долганюк, С.В. Калинин // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2013. – №2. – С. 7-14.

29. Уманский, В.И. Механизмы качества планирования маршрутов / В.И. Уманский, С.И. Долганюк // Мир транспорта. – 2012. – №6. – С.94 -100.

30. Уманский, В.И. Цифровые модели путевого развития станций / В.И. Уманский, С.И. Долганюк // Мир транспорта. – 2014. – №1. – С.126 -131.

31. Артемьев, И.С. Метод блочного оптического распознавания инвентарных номеров железнодорожных подвижных единиц на основе комитетной нейроиммунной модели классификации / И.С. Артемьев, А.И. Лебедев, А.И. Долгий, А.Е. Хатламаджиян, Меерович В.Д. // Вестник Дона – 2014. – №1. – С.14 -21.

32. Шаров, В.А. Технология эксплуатационной деятельности производственного блока ОАО «РЖД», связанного с управлением перевозками / В.А. Шаров // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – №1. – С.126 -131.

33. Гапанович, В.А. Автоматизация управления высокоскоростным движением поездов [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.13.06 / Гапанович Валентин Александрович. – Москва. – 2012. – 159с.

34. Розенберг, Е.Н. Многоуровневая система управления и обеспечения безопасности движения поездов [Текст]: диссертация на соискание ученой

степени доктора технических наук 05.13.06 / Розенберг Ефим Наумович. – Москва. – 2004. – 317с.

35. Распоряжение ОАО «РЖД» от 14 сентября 2005 года №1508р. Об утверждении Положения о диспетчерском управлении движением поездов в ОАО РЖД.

36. Соколов, Н.Н. Принятие и исполнение управленческих и государственных решений. Курс лекций: учебно-методическое пособие. – Москва 2016, [Электронный ресурс], – Режим доступа: http://www.iguip.narod.ru/sokolov/Posobie_Upravl_i_gosudarstv_resheniya.pdf.

37. Замышляев, А.М. Совершенствование системы управления содержанием эксплуатационной инфраструктуры с применением современных информационных технологий [Текст] / А.М. Замышляев, Г.Б. Прошин // Надежность. – 2009. – № 4 (31). – С. 14-22

38. Сотников, Е.А. Перспективный прогноз состояния железнодорожного транспорта / Е.А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 2017. – №5. – С. 74–77.

39. Сотников, Е.А. Стратегическое прогнозирование состояния сложной производственной системы – железнодорожный транспорт / Е.А. Сотников, К.П. Шенфельд // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2017. – №5. – С.255-265.

40. Хомякова, М.А. Интеллектуализация управленческих функций дежурного по станции / М.А. Хомякова // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2017. – № 2. – С. 123 – 128.

41. 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.

42. Хижняк, М.А. Автоматизированные системы управления железнодорожными станциями (АСУСТ) / М.А. Хижняк // Автоматизация в промышленности, – 2018. – №4. – С. 6 – 9.

43. Лила, В.Б. Алгоритм и программная реализация адаптивного метода обучения искусственных нейронных сетей / В.Б. Лила // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 1. – С 55 – 59.

44. Лила, В.Б. Развитие методов принятия решений в автоматизированных системах мониторинга и диагностики объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.13.06 / Лила Владимир Борисович. – Ростовский государственный университет путей сообщения. Ростов-на-Дону. – 2013. – 163с.

45. Громов, И.Д. Алгоритм поддержки управленческих решений в сетях с разделенными интересами / И.Д. Громов // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2013. – №5. – С. 69 – 73.

46. Сотников, Е.А. Интеллектуализация оперативного управления перевозочным процессом на уровне региональной дирекции управления движением / Е.А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 2014. – №11. – С. 36 – 42.

47. Шенфельд, К.П. Ренессанс железных дорог / Лapidус Б.М., Фортов В.Е., Колесников В.И., Гапанович В.А., Морозов В.Н., Лёвин Б.А., Корчагин А.Д., Соловьев В.П., Анисин А.В., Давыдов И.А., Надежин С.С., Певзнер В.О., Железнов М.М., Третьяков В.В., Третьяков И.В., Верескун В.Д., Явна В.А., Кругликов А.А., Титов Е.Ю., Розенберг И.Н. и др. фундаментальные научные исследования и прорывные инновации. Объединенный ученый совет ОАО "РЖД". – Ногинск. – 2015. – С. 199 – 206.

48. Шенфельд, К.П. Развитие методов управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте в современных условиях / К.П. Шенфельд, Е.А. Сотников // Труды ОАО «ВНИИЖТ». – Москва. – 2015. – 200 с.

49. Сотников, Е.А. Определение рационального числа управляемых структур при оперативном управлении перевозочным процессом / Е.А. Сотников,

К.П. Шенфельд, В.А. Ивницкий // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2013. – № 3. – С. 10 – 16.

50. Сотников, Е.А. В ожидании инновационных решений / Е.А. Сотников // Мир транспорта. – 2013. – №3 (47). – С. 212 – 214.

51. Бородин, А.Ф. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учетом увеличения доли частных вагонов / А.Ф. Бородин, Е.А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 2011. – №3. – С. 8 – 19.

52. Ковалев, К.Е. Метод распределения функций и зон управления между оперативным персоналом крупных участковых станций [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.08 / Ковалев Константин Евгеньевич. – Санкт-Петербург. – 2015. – 193с.

53. Кокурин, И.М. Влияние экономического развития центрального федерального округа на работу железнодорожного транспорта в регионе / И.М. Кокурин, К.Е. Ковалев // Современная экономика: проблемы, тенденции, перспективы. – 2011. – №5. – С.18.

54. Кокурин, И.М. Метод расчета загруженности оперативно-диспетчерского персонала технических станций, основанный на алгоритмическом описании содержания труда. / И.М. Кокурин, К.Е. Ковалев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – №2 (35). – С. 18 – 23.

55. Ковалев, К.Е. Влияние нестандартных ситуаций на загруженность дежурных по станции / К.Е. Ковалев // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – № 1 (49). – С. 58 – 64.

56. Кокурин, И.М. Метод и алгоритмы распределения функций и зон управления между оперативным персоналом железнодорожных технических станций / И.М. Кокурин, К.Е. Ковалев // В сборнике: Транспорт России: проблемы и перспективы - 2014. Материалы международной научно-практической конференции. – 2014. – С. 179-184.

57. Обухов, А.Д. Актуальные вопросы развития информационно-управляющих систем на линейном уровне / А.Д. Обухов, К.Е. Ковалев // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – №10. – С 15 – 18.

58. Обухов, А.Д. Информационно-управляющая интегрированная модель поездной и грузовой работы [Текст] / А.Д. Обухов // Труды научно-практической конференции Неделя науки. – «Наука МИИТа – транспорту». – 2013. – С.IV-21.

59. Шапкин, И.Н. Научное обеспечение инновационного управления работой железнодорожных направлений в условиях применения твердого графика движения поездов [Текст] / И.Н. Шапкин, Е.М. Кожанов // Транспорт: наука, техника, управление. – 2011. – № 10 – С. 4-11.

60. Шапкин, И.Н. О переходе к технологии организации движения поездов по расписанию. [Текст] / И.Н. Шапкин, И.М. Самойлова // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 3. – С. 14-17.

61. Бородин, А.Ф. Комплексная система организации эксплуатационной работы железнодорожных направлений [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.08 / Бородин Андрей Федорович. – Москва. – 2000. – 491с.

62. Шаров, В.А. Интегрированная технология управления движением грузовых поездов по расписанию / В.А. Шаров, А.Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 8. – С. 11-22.

63. Осьминин, А.Т. О новом подходе к нормированию перевозок [Текст] / А.Т. Осьминин, Р.В. Баскин, Л.А. Осьминин // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 8 – С. 44-48.

64. Осьминин, А.Т. Развитие теории и методов расчета плана формирования поездов / А.Т. Осьминин // Железнодорожный транспорт. – 2012. – №11. – С.57 –61.

65. Бадах, В.И. Управление эксплуатационной работой / Бадах, В.И., Котенко А.Г., Кудрявцев В.А., Осьминин А.Т., Попков В.М. // В сборнике: Научные школы Петербургского государственного университета путей сообщения, 1809-2009. к 200-летию со дня основания Университета. – Санкт-Петербург. – 2009. – С. 473-494.

66. Осьминин, А.Т. Проблемы и пути их научного решения в вопросах эксплуатации железных дорог / А.Т. Осьминин // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО РЖД. – 2015. – № 4. – С. 41-54.

67. Зобнин, В.Л. Единый технологический процесс управления перевозками. Восточный полигон / В.Л. Зобнин, А.Т. Осьминин, Е.А. Сотников, М.А. Осьминин // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 9. – С. 24-31.

68. Акулиничев, В.М. Математические методы в эксплуатации железных дорог [Текст]: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, А.Н. Корешков. М.: Транспорт. 1981. – 223 с.

69. Сиразетдинова, А.Д. Методика управления вагонопотоками на путях необщего пользования, учитывающая оперативную загруженность станций [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.08 / Сиразетдинова Альфия Данисовна. – Магнитогорск. – 2009. – 129с.

70. Сиразетдинова, А.Д. Исследование оперативного управления вагонопотоками на пути необщего пользования в условиях изменения интенсивности и структуры вагонопотоков / А.Д. Сиразетдинова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2010. – № 1 (41). – С. 221-224.

71. Осьминин, А.Т. Научные подходы к расчету границ полигонов управления перевозочным процессом и реализации полигонных технологий / А.Т. Осьминин // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО РЖД. – 2017. – № 2. – С. 42-56.

72. Сиразетдинова, А.Д. Корректировка методики определения участковой скорости движения поездов при неблагоприятных погодных условиях / монография / А. Д. Сиразетдинова. – Магнитогорск. – 2012. – 89с.

73. Шаров, В.А. Управление перевозками грузов железнодорожным транспортом в смешанном сообщении через порты / В.А. Шаров, В.Б. Положишников // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2007. – № 8. – С. 46-48.

74. Тулупов, Л.П. Управление перевозками на участках и направлениях [Текст] / Л.П. Тулупов // Железнодорожный транспорт. – 2003. – № 4. – С. 50 – 54.

75. Вун, Т.Т. Совершенствование местной работы с учетом возможности своевременной выгрузки [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.08 / Вун Тан Тун. – Москва. – 2013. – 127с.

76. Васильев, А.Б. Метод повышения точности прогнозирования пропуска поездов по участку [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.08 / Васильев Алексей Борисович. – Санкт-Петербург. – 2015. – 183с

77. Васильев, А.Б. Влияние систем интервального регулирования движения поездов на межпоездной и станционный интервалы / А.Б. Васильев // Вестник транспорта Поволжья. – 2014. – № 4 (46).– С. 86 – 96.

78. Бадецкий, А.П., Васильев А.Б. Формирование набора критериев оценки положения поезда при его вводе в график после «окна» / А.П. Бадецкий, А.Б. Васильев // В сборнике: Интеллектуальные системы на транспорте. Материалы IV международной научно-практической конференции. – 2014.– С. 550-553.

79. Васильев, А.Б. Метод алгоритмизации принятия решений поездным диспетчером по управлению движением поездов / А.Б.Васильев // В сборнике: Транспорт России: проблемы и перспективы – 2014. Материалы международной научно-практической конференции. – 2014. – С. 195-200.

80. Мехедов, М.И. Методика оценки факторов, определяющих стабильность пропуска грузовых поездопотоков на грузонапряженных направлениях [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.08 / Михедов Михаил Иванович – Москва. – 2016. – 143с.

81. Мугинштейн, Л.А. Методические подходы к выявлению факторов, влияющих на стабильность пропуска поездопотоков / Л.А. Мугинштейн, М.И. Мехедов // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2014. – № 2. – С. 24-33.

82. Мехедов, М.И. Методические подходы к выявлению лимитирующих элементов железнодорожных элементов сети на основе оценки изменений

участковых скоростей движения грузовых поездов / М.И. Мехедов // В сборнике: 115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье: образование – наука – производство. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2017. – С. 311 – 316.

83. Сивицкий, Д.А. Совершенствование методов расчета параметров сортировочных устройств для многогруппной подборки вагонов [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.08 / Сивицкий Дмитрий Андреевич. – Новосибирск, 2018. – 188с.

84. Сивицкий, Д.А. Комплекс предварительной сортировки вагонов для повышения эффективности параллельного роспуска на основной сортировочной станции / Д.А. Сивицкий // В сборнике: ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЦЕССЫ. Сборник научных статей Международной молодежной научно-практической конференции: в 2-х томах. – 2014. – С. 182 – 187.

85. Сивицкий, Д.А. Анализ отечественного и зарубежного опыта разработки и использования моделей технологии многогруппной сортировки вагонов / Д.А. Сивицкий // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – № 4. – С. 21-24.

86. Сивицкий, Д.А. разработка программного модуля распределения вагонов по сортировочным путям в процессе многогруппной сортировки / Д.А. Сивицкий // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 3 (38). – С. 13 – 18.

87. Шипулин, А.В. Автоматизированное построение прогнозируемого графика движения поездов [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.08 / Шипулин Александр Владимирович. – Екатеринбург. – 2014. – 155с.

88. Тимухина, Е.Н. Учет станционных и межпоездных интервалов при построении графика движения в имитационной системе Истра / Е.Н. Тимухина, А.В. Шипулин // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2012. – № 5. – С. 37 – 41.

89. Сурин, А.В. Анализ составления оперативного плана поездной работы дороги / А.В. Сурин, А.В. Шипулин // В сборнике: Прогрессивные технологии в транспортных системах. Десятая Международная научно-практическая конференция. – 2011. – С. 298 – 303.

90. Шипулин, А.В. Использование результатов прогноза движения поездов в системе поездообразования / А.В. Шипулин, А.В. Сурин // В сборнике: Прогрессивные технологии в транспортных системах. Десятая Международная научно-практическая конференция. – 2011. – С. 395 – 398.

91. Бородин, А.Ф. Единые технологические процессы: поиск новых подходов / А.Ф. Бородин, В.В. Панин // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 8. – С. 36 – 41.

92. Батурич, А.П. Организация вагонопотоков в однопутные поезда / А.П. Батурич, А.Ф. Бородин, В.В. Панин // Мир транспорта. – 2010. – № 5(33). – С. 72-77.

93. Панин, В.В. Маршрутизация перевозок грузов на сети железных дорог ОАО «РЖД» / В.В. Панин, Е.С. Колесникова // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 2. – С. 34 – 39.

94. Левин, Д.Ю. Моделирование процессов перевозки / Д.Ю. Левин // Мир транспорта. – 2010. – № 5 (33). – С. 48 – 55.

95. Левин, Д.Ю. Инновационные информационные технологии в управлении перевозочным процессом / Д.Ю. Левин, А.М. Аветикян // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 10. – С. 36 – 38.

96. Левин, Д.Ю. Оптимизация местной работы / Д.Ю. Левин, Т.Т. Вунна // Мир транспорта. – 2012. – № 6 (44). – С. 110 – 117.

97. Левин, Д.Ю. Автоматизация работы дежурного по станции / Д.Ю. Левин, С.Н. Толмачёв // Железнодорожный транспорт. – 2013. – № 3. – С. 56-59.

98. Левин, Д.Ю. Организация местной работы / Д.Ю. Левин // монография. – Москва. – 2013. – 612с.

99. Левин, Д.Ю. Пути совершенствования работы сортировочных станций / Д.Ю. Левин // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 8. – С. 26 – 33.

100. Левин, Д.Ю. Оптимизация местной работы / Д.Ю. Левин, И.Н. Шапкин, Е.О. Дмитриев // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 9. – С. 38-44.
101. Левин, Д.Ю. Адаптация организации местной работы к современным условиям / Д.Ю. Левин // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2018. – № 1. – С. 18 – 26.
102. Левин, Д.Ю. Диспетчерское управление вагонопотоками / Д.Ю. Левин // В сборнике: Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019). Труды Восьмой научно-технической конференции. – 2019. – С. 51 – 58.
103. Левин, Д.Ю. Обеспечение ниток графика движения поездами / Д.Ю. Левин // Железнодорожный транспорт. - 2020. – № 9. – С. 14-17.
104. Козлов, П.А. Оптимальное управление вагонов разных собственников / П.А. Козлов, И.П. Владимирская, Н.А. Тушин // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2010. – № 4. – С. 7 – 10.
105. Тушин, Н.А. Построение систем «Автодиспетчер» для управления подводом массовых грузов крупным потребителям [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.08 / Тушин Николай Андреевич. – Екатеринбург. – 2004. – 177 с.
106. Козлов, П.А. Построение интеллектуальной информационной среды на железнодорожном транспорте / П.А. Козлов, О.В. Осокин, Н.А. Тушин // Инновационный транспорт. – 2011. – № 1 (1). – С. 6 – 9.
107. Козлов, П.А. Организационные подходы и модели оптимизации / П.А. Козлов, О.В. Осокин, Н.А. Тушин // Мир транспорта. – 2011. – № 5 (38). – С. 18-23.
108. Каменский, В.В. Методы интеллектуальной поддержки принятия решений в системах управления движением поездов [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.13.06 / Каменский Владимир Викторович. – Ростов-на-Дону. – 2006. – 174с.

109. Поплавский, А.А. Автоматизированная система управления перевозочным процессом железнодорожного транспорта в оперативном режиме [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.08, 05.13.06 / Поплавский Андрей Адольфович. – Москва. – 2008. – 334с.

110. Поплавский, А.А. Принципы выбора исходных данных для организации оперативного управления перевозочным процессом ОАО «РЖД» / А.А. Поплавский // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2006. – № 5. – С. 41 – 43.

111. Поплавский, А.А. Оперативное управление перевозками: новый этап автоматизации / А.А. Поплавский // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 11. – С. 40 - 42.

112. Осокин, О.В. Интеллектуальное сопровождение производственных процессов на железнодорожном транспорте [Текст]: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук 05.22.08, 05.13.06 / Осокин Олег Викторович. – Екатеринбург, 2014. – 355 с.

113. Гапанович, В.А. Автоматизация управления высокоскоростным движением поездов [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.13.06 / Гапанович Валентин Александрович. – Москва. – 2012. – 159с.

114. Обухов, А.Д. Разработка комплекса нейросетевых моделей управления оперативной работой сортировочной станции [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.22.08. – Санкт-Петербург. – 2016. – 146с.

115. Цуриков, А.Н. Принципы построения интеллектуальной советующей системы управления и оповещения при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте / А.Н. Цуриков, Н.К. Домницкий, А.Н. Гуда, О.И. Веревкина // Технологии гражданской безопасности. – 2013. – № 3 (37). – С. 74 – 78.

116. Гуда, А.Н. Специализированный нейросетевой комплекс программ для автоматизации рабочих мест персонала дистанции электроснабжения ОАО

«РЖД» / А.Н. Гуда, В.Б. Лида, А.В. Чернов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2013. – № 4 (52). – С. 121 – 127.

117. Лященко, А.М. Интеллектуальные модели слабоформализованных динамических процессов в системах горочной автоматизации [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.13.06 / Лященко Алексей Михайлович. – Санкт-Петербург. – 2014. – 152с.

118. Криволапов, С.В. Автоматизация управления движением поездов на основе интеллектуальных моделей процессов принятия решений поездным диспетчером [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.13.06 / Криволапов Сергей Владимирович. – Санкт-Петербург. – 2013. – 153с.

119. Рогов, С.А. Интеллектуализация методов и алгоритмов управления технологическими процессами на сортировочных горках [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.13.06 / Рогов Станислав Александрович. – Ростов-на-Дону. – 2019. – 156с.

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

121. Орлов, А.О. Автоматизация процессов повышения достоверности обработки информации и принятия решений в контуре систем диспетчерского управления [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.13.06 / Орлов Александр Орестович. – Москва. – 2013. – 187с.

122. Брновицкий, С.С. Автоматизация процессов мониторинга, идентификации и интеллектуальная поддержка принятия решений на сортировочных станциях [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.13.06 / Брновицкий Сергей Сергеевич. – Ростов-на-Дону. – 2008. – 197с.

123. Броницкий, С.С. Интегрированная система информатизации сортировочных станций с интеллектуальной поддержкой принятия решений / С.С. Броницкий // Труды V-ой Международной научно-практической конференции «TRANS-MECH-ART-CHEM». МИИТ. – Москва. – 2008.

124. Иванченко, В.Н. Новый подход к построению интеллектуальных информационно-управляющих систем на железнодорожном транспорте / В.Н. Иванченко, А.Н. Шабельников // Известия СКНЦ ВШ. Технические науки. — 2004. – Приложение № 2.

125. Сморгков, А.В. Технологические аспекты оптимизации управления организацией на основе интеллектуализации / А.В. Сморгков // Экономические исследования. – 2011. – № 2. – С. 2.

126. Селезкина, А.Э. Оценка эффективности процесса поиска и принятия управленческих решений / А.Э. Селезкина // Калужский экономический вестник. – 2019. – №4. – С. 81 – 86.

127. Вешняков, Я.Д. Обеспечение эффективности управленческих решений в условиях критических ситуаций / Я.Д. Вешняков, К. Л. Матевосова // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. –2006. – № 5. – С. 3 – 11.

128. Орлов, А.И. Методы принятия управленческих решений / А.И. Орлов // М.: КноРус. – 2018. – 286 с.

129. Орлов, А.И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений / А.И. Орлов // М. : КноРус. – 2011. — 568 с.

130. Хрусталева, С.А. Математические методы оценки эффективности управленческих решений / С.А. Хрусталева, А.И. Орлов, В.Д. Шаров // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2013. – №11. – С. 67 – 72.

131. Митюков, В.В. Управленческие решения: виды и методы разработки / В.В. Митюков, Е.А. Карпова // В сборнике: Наука и образование в современном обществе: вектор развития. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: В 7 частях. ООО "Ар-Консалт". – 2014. – С. 69 – 70.

132. Юсупова, Т.А. Управленческие решения: понятие, виды и особенности их принятия / Т.А. Юсупова // Science Time. – 2016. – № 11 (35). – С. 582 – 586.

133. Ерошенко, И.А. Управленческие решения: понятие, виды и методы обоснований / И.А. Ерошенко // В сборнике: Новый путь Российской экономики: импортозамещение, инновационность, экономическая безопасность. Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 37 – 39.

134. Морозова, И.А. Основные виды управленческих решений и особенности процесса их принятия / И.А. Морозова, М.В. Глазова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 6-4 (96). – С. 88-92.

135. Воронин, В.С. Интеллектуальные транспортные системы управления [Текст] /В.С. Воронин // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 3. – С. 40 – 42.

Приложение А (справочное)

Результаты натурного обследования

1. Диаграммы, отражающие коэффициенты использования параметров ДСП станции Лужская при определении очередности выполнения маршрутов прибывающих на станцию поездов и враждебных им маневровых маршрутов одиночных локомотивов

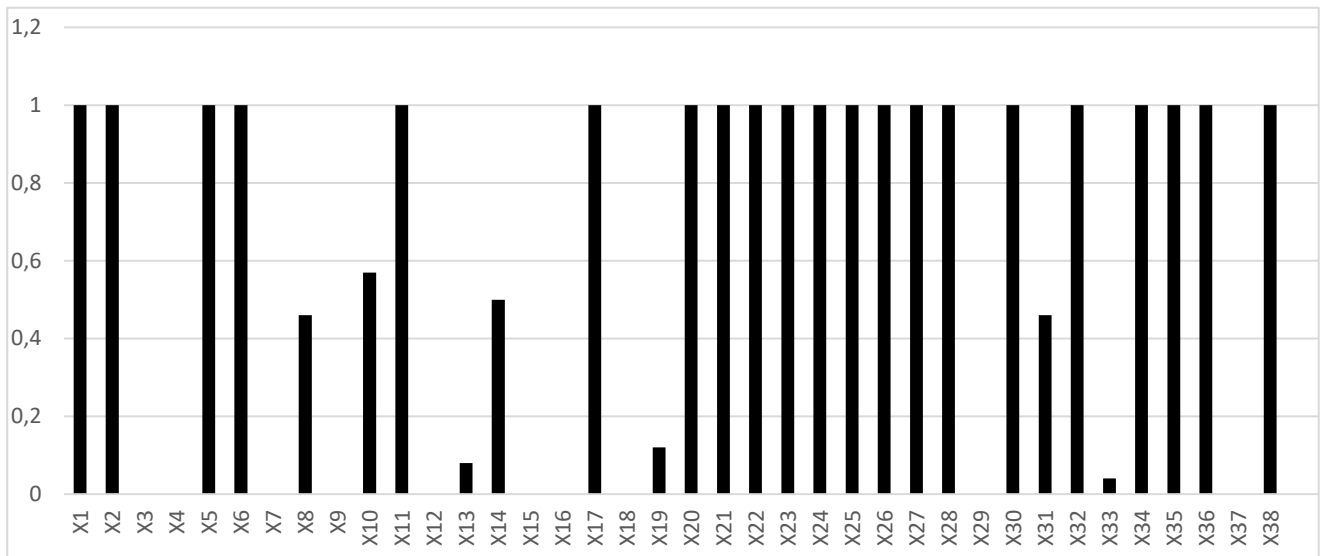


Рисунок А.1 – Коэффициенты использования параметров D_1

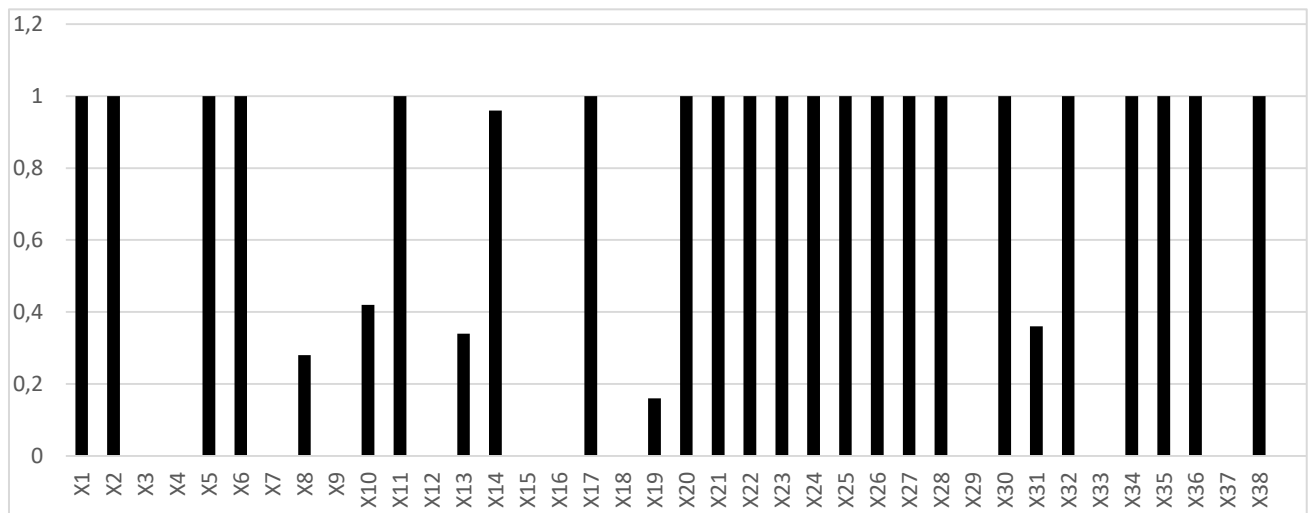
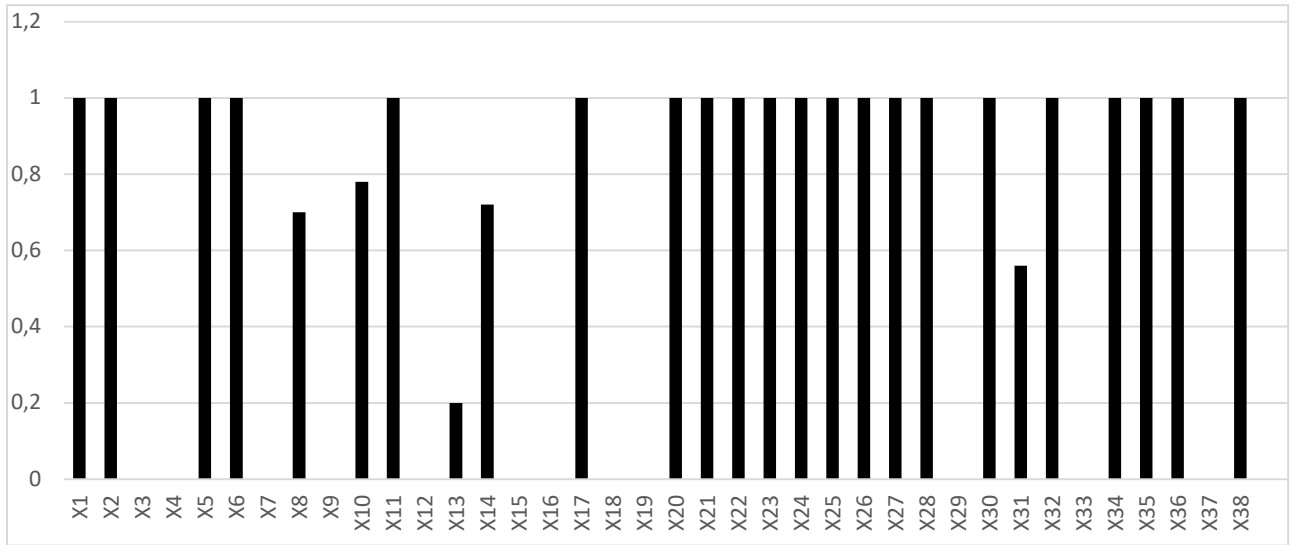
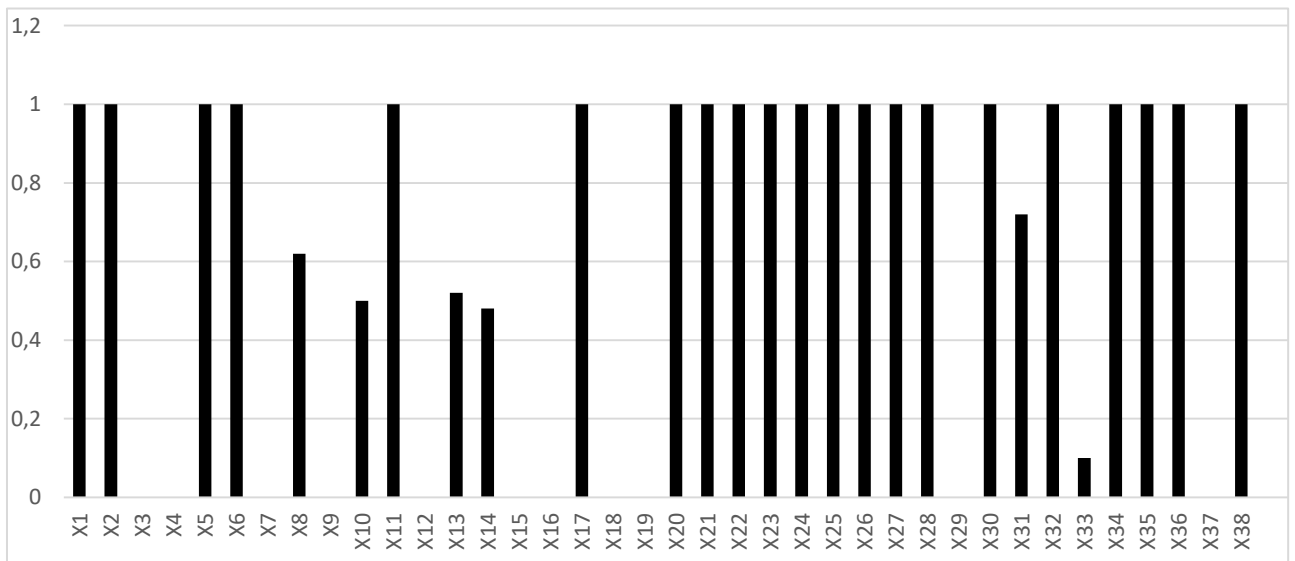


Рисунок А.2 – Коэффициенты использования параметров D_2

Рисунок А.3 – Коэффициенты использования параметров D_3 Рисунок А.4 – Коэффициенты использования параметров D_4

2. Диаграммы, отражающие коэффициенты использования параметров ДСП станции Челябинск-Главный при определении очередности выполнения маршрутов прибывающих на станцию поездов и враждебных им маневровых маршрутов одиночных локомотивов

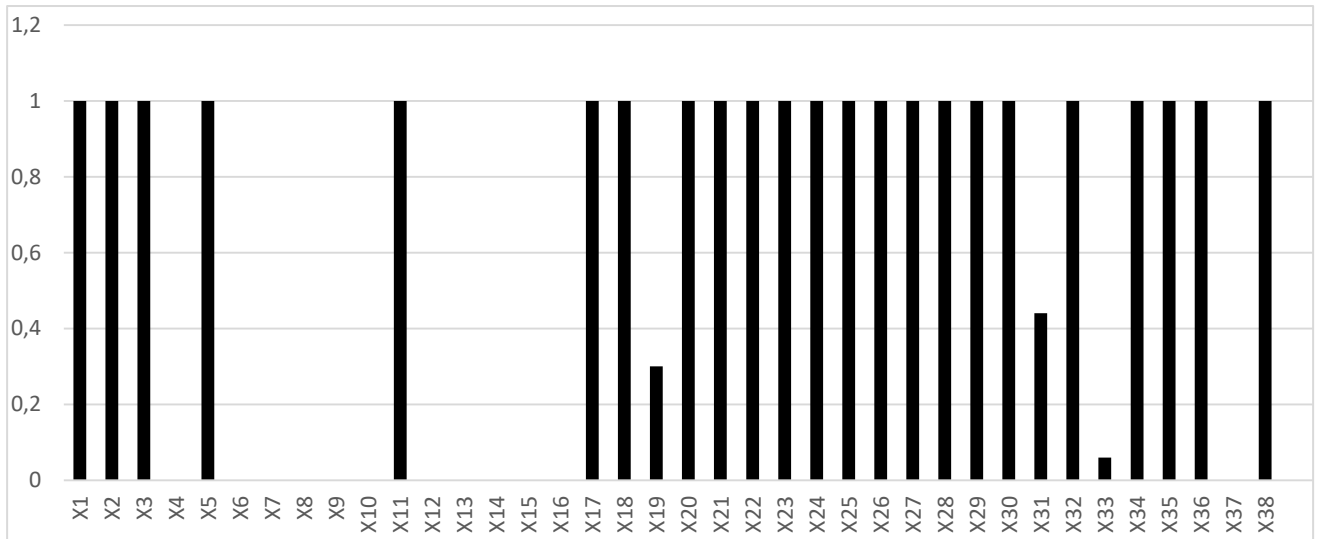


Рисунок А.5 – Коэффициенты использования параметров D_5

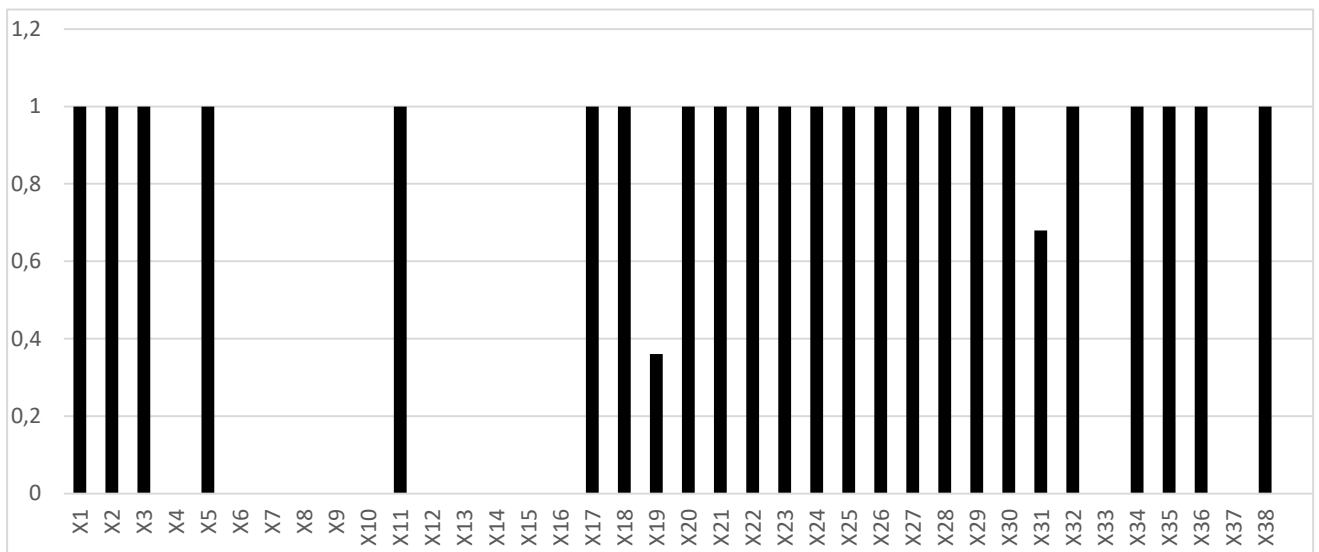
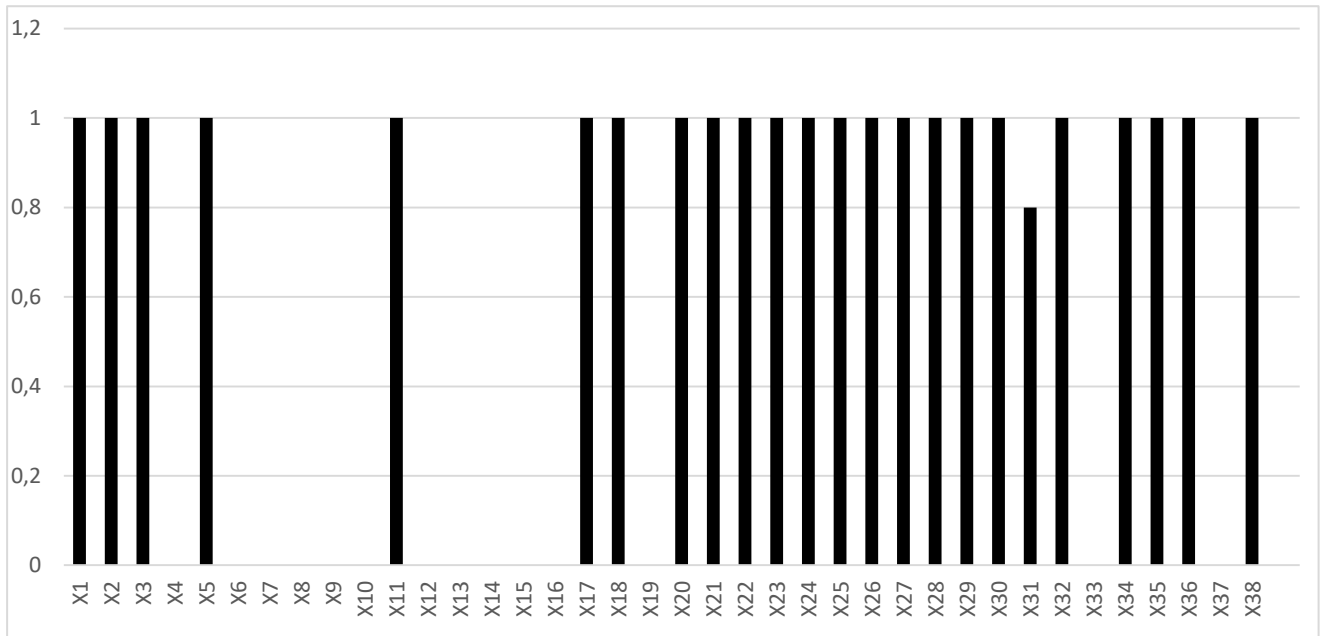
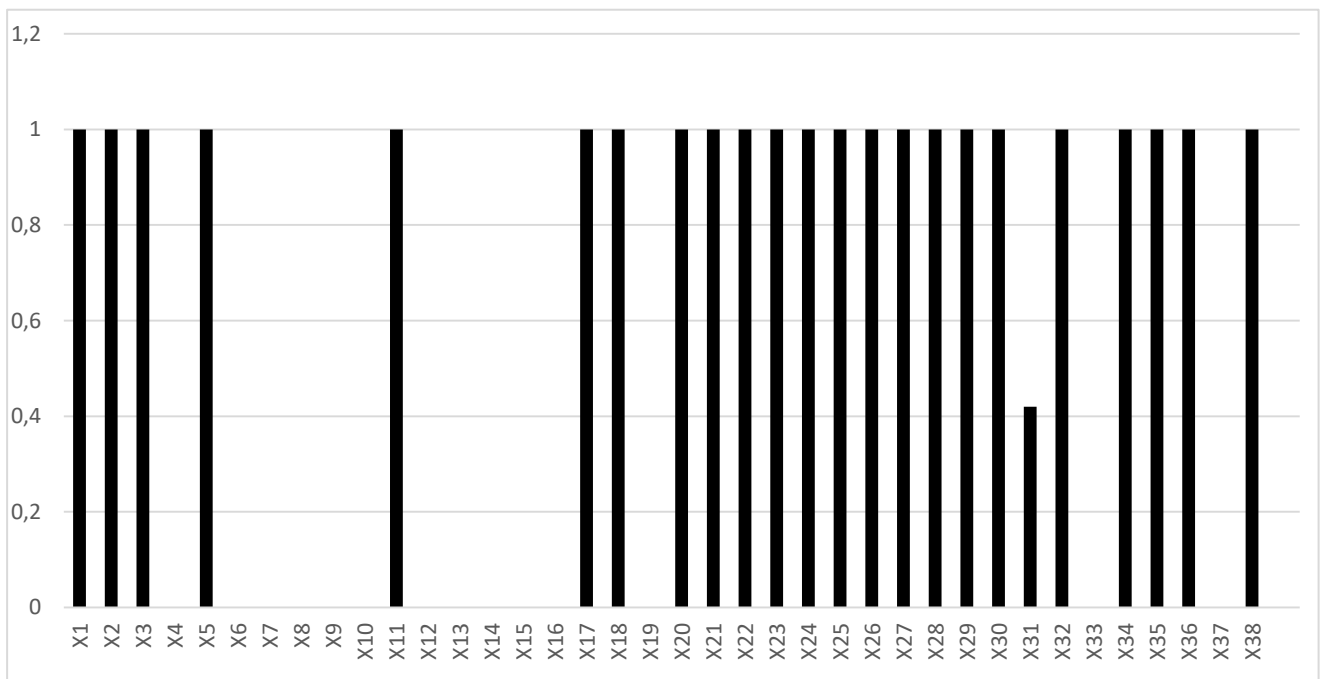


Рисунок А.6 – Коэффициенты использования параметров D_6

Рисунок А.7 – Коэффициенты использования параметров D_7 Рисунок А.8 – Коэффициенты использования параметров D_8

3. Диаграммы, отражающие коэффициенты использования параметров ДСП станции Лужская при определении очередности прибытия на станцию двух находящихся в ближнем подходе поездов

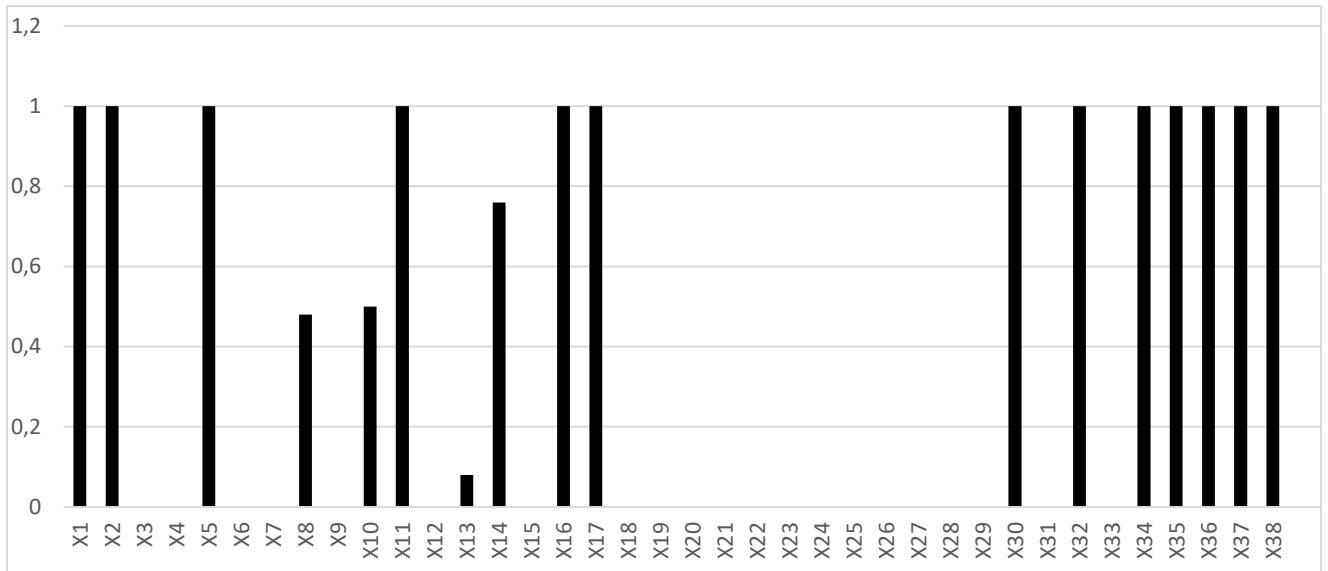


Рисунок А.9 – Коэффициенты использования параметров D_1

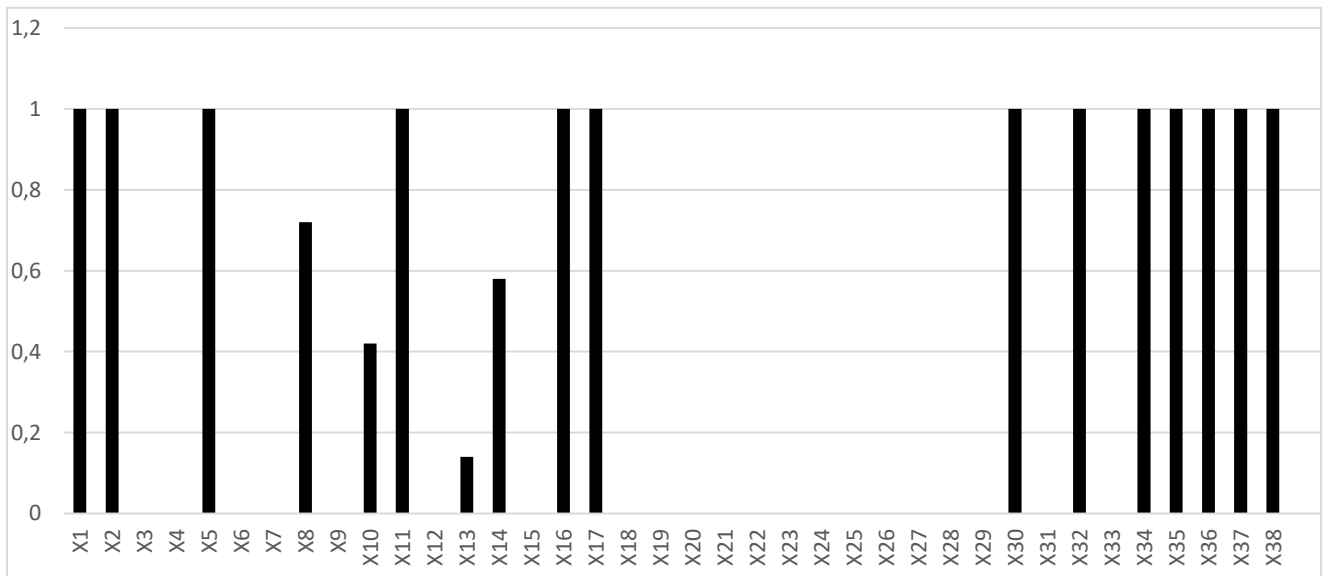


Рисунок А.10 – Коэффициенты использования параметров D_2

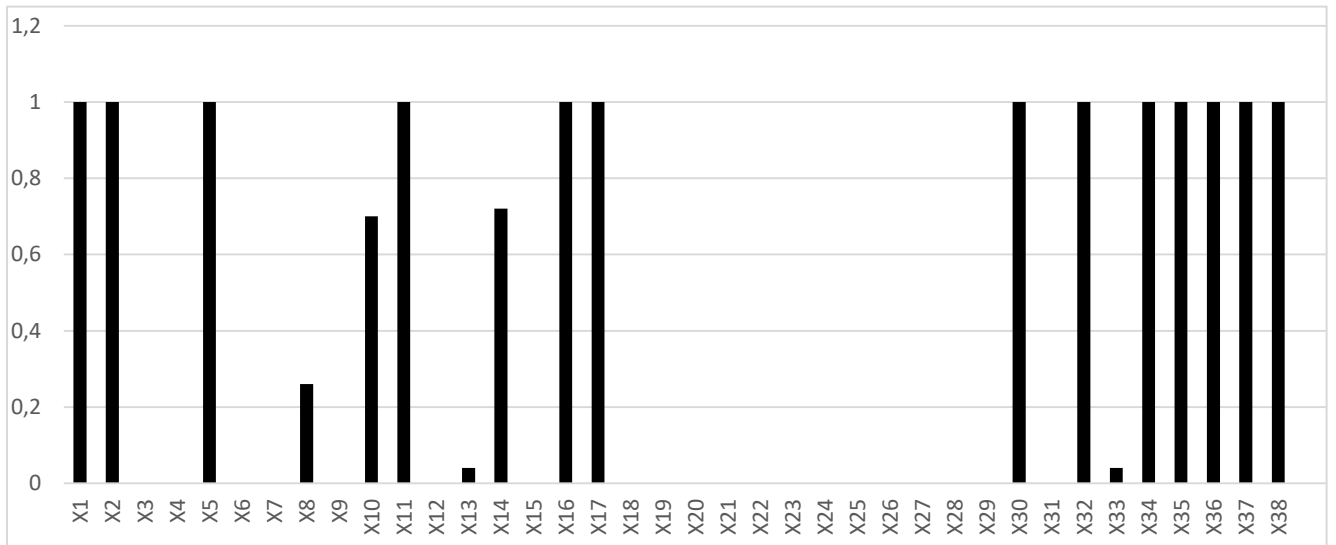


Рисунок А.11 – Коэффициенты использования параметров D_3

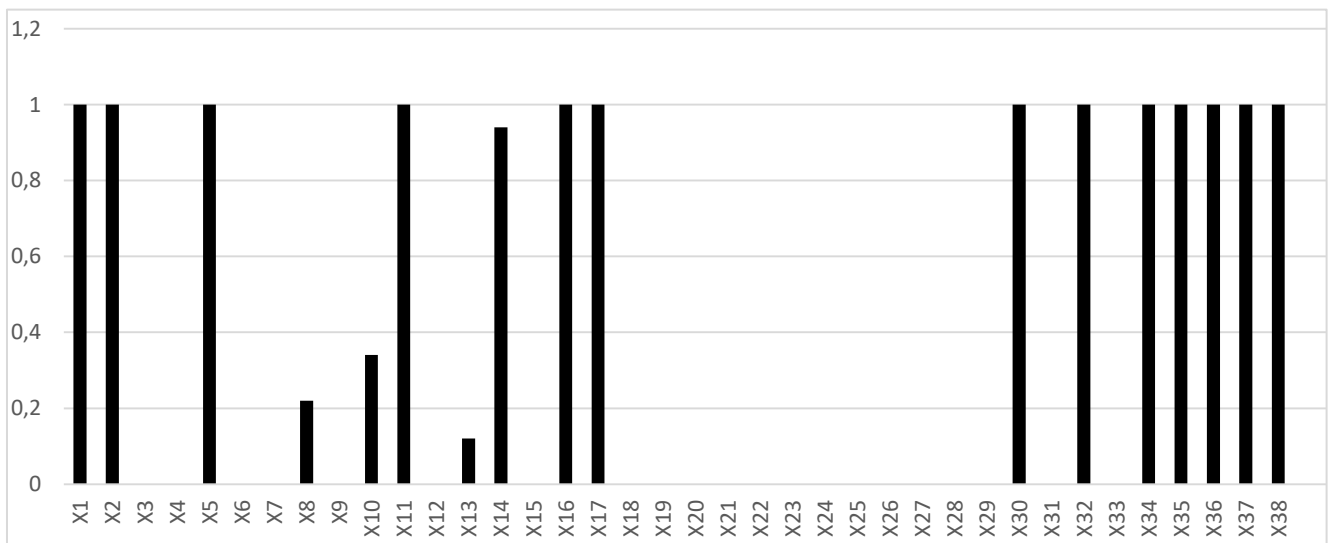


Рисунок А.12 – Коэффициенты использования параметров D_4

4. Диаграммы, отражающие коэффициенты использования параметров ДСП станции Челябинск-Главный при определении очередности прибытия на станцию двух находящихся в ближнем подходе поездов

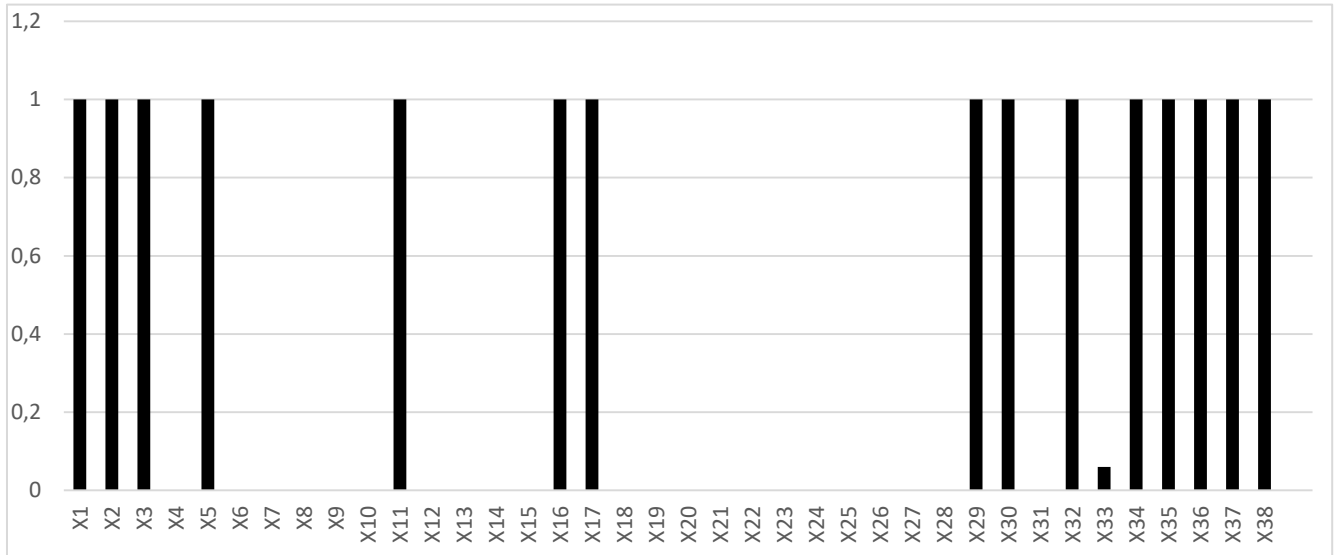


Рисунок А.13 – Коэффициенты использования параметров D_5

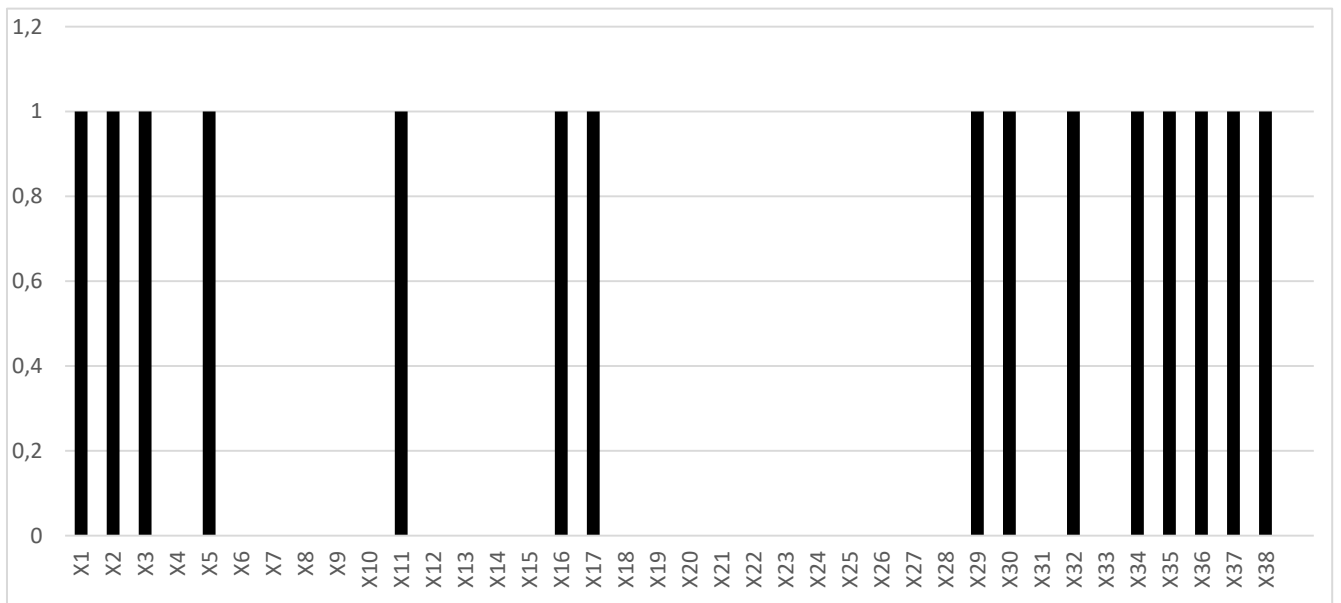
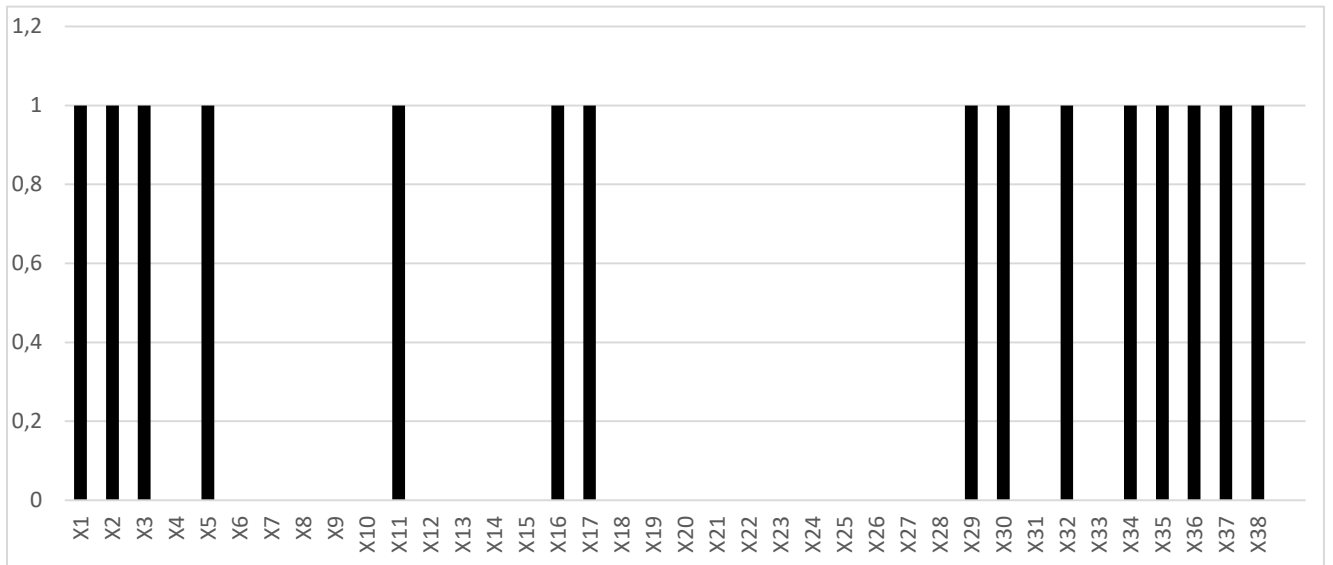
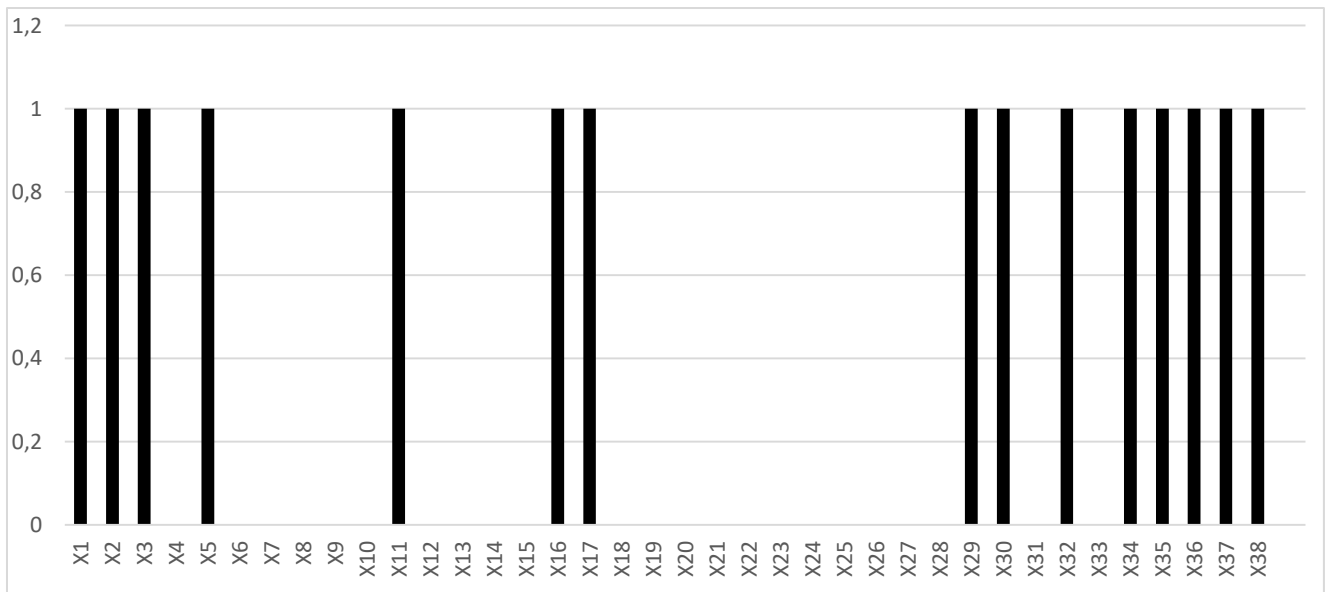


Рисунок А.14 – Коэффициенты использования параметров D_6

Рисунок А.15 – Коэффициенты использования параметров D_7 Рисунок А.16 – Коэффициенты использования параметров D_8

Приложение Б (справочное)

Копия акта о внедрении результатов диссертационного исследования




 <p>ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТРАНСПОРТЕ М</p> <p>ООО «ЦИТРАНС М» ИНН/КПП 7709290076/770101001 ОКПО 52569005 ОКВЭД 72.20 ЕФРН 1057759057190 105082, г. МОСКВА, ПЕРЕВЕДЕНОВСКИЙ ПЕР., Д. 4 СТР. 3 Тел. (495)664-89-43, (495)664-89-44 ж.д. 2-25-03, 2-64-98, 7-88-86</p> <p>№ Г-352/18 от 21.11.2018г.</p>	<p style="text-align: center;">АКТ О ВНЕДРЕНИИ результатов диссертационного исследования Хижняк Марины Александровны на тему «Интеллектуализация управленческих функций дежурного по станции (ДСП)»</p> <p>Материалы диссертационного исследования Хижняк Марины Александровны на тему «Интеллектуализация управленческих функций дежурного по станции (ДСП)» одобрены и приняты к использованию в работе ООО «Центр Информационных Технологий на Транспорте М».</p> <p>Разработанная Хижняк М.А. методика учета факторов при построении алгоритмов управляющих решений для дежурного по станции ДСП представляет концептуальную новизну и нашла свое применение при построении системы управления сортировочными станциями АСУСТ 2018.</p> <p>Развитие методов оперативного управления работой сортировочных станций является важной составляющей частью при интеграции инновационных технических средств и технологий в работе автоматизированной системы управления сортировочной станции.</p> <p>Эволюция АСУСТ в сторону выработки целевых управляющих решений на каждом технологическом этапе, ориентированных на выполнение конкретного действия (группы действий) ответственными за принятие оперативных решений позволяет получать быстрые, точные и согласованные между собой управляющие решения.</p> <p style="text-align: right;">Заместитель генерального директора ООО «ЦИТРАНС М»</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  <p>Гольшев В.С.</p> </div> </div>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Рисунок Б.1 – Копия акта о внедрении результатов диссертационного
исследования

Приложение В (справочное)

Копия свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ



Рисунок В.1 – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (страница 1)

Авторы: *Соснов Дмитрий Алексеевич (RU), Кулешова Наталия Евгеньевна (RU), Тихонов Леонид Викторович (RU), Хижняк Марина Александровна (RU), Назаров Дмитрий Анатольевич (RU), Резниченко Игорь Анатольевич (RU), Ярнов Павел Евгеньевич (RU), Резниченко Тамара Николаевна (RU), Удалов Андрей Михайлович (RU), Грудкин Олег Игоревич (RU), Валуев Сергей Владимирович (RU), Крупялко Павел Владимирович (RU)*

Рисунок В.2 – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (страница 2)