

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

На правах рукописи

Безусов Данил Сергеевич

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ
ИНФРАСТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В РЕГИОНАЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПРИПОРТОВОЙ
ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

Специальность 2.9.1 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Числов Олег Николаевич

Ростов-на-Дону

2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список условных обозначений и сокращений	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК (НА ПРИМЕРЕ ЮГА РОССИИ)	15
1.1 Экономико-географические, социальные, производственно- транспортные предпосылки формирования региональных припортовых грузовых накопительно-распределительных систем	15
1.2 Техничко-технологические параметры региональной припортовой транспортной системы	21
1.3 Классификационные признаки припортовых железнодорожных станций на этапах развития региональной транспортной системы	29
1.4 Перспективы транспортно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт»	37
1.5 Выводы по главе	41
2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИПОРТОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СИСТЕМ	44
2.1 Отечественные и зарубежные научные разработки в области рациональной организации транспортно-технологических процессов припортовых железнодорожных систем	44
2.2 Параметризация технологических связей в системе «железнодорожная станция – порт»	54
2.3 Анализ существующих нормативных документов обоснования выбора решений при организации транспортно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт»	61

2.4 Формирование и оценка транспортно-технологических моделей припортовых железнодорожных станций	68
2.5 Выводы по главе	72
3 РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИНФРАСТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РЕГИОНАЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПРИПОРТОВОЙ СИСТЕМЕ НА ПРИНЦИПАХ НЕЧЕТКОГО АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	74
3.1 Рефлексия закономерностей и факторов, определяющих уровень инфраструктурно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт»	74
3.2 Аксиоматика железнодорожного транспортного обслуживания в местах концентрации и распределения припортовых грузопотоков ...	77
3.3 Разработка аналитической модели работы припортовой железнодорожной станции на основе вероятностно-статистического подхода и нечетких функциональных зависимостей	100
3.4 Адаптация методов теории нечетких множеств на этапах инфраструктурно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт»	109
3.5 Комплексные динамические параметры оценки эффективности транспортных процессов в системе «железнодорожная станция – порт»	115
3.6 Выводы по главе	116
4 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИПОРТОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ НА ПРИНЦИПАХ НЕЧЕТКОГО АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	118
4.1 Алгоритм и программный комплекс обоснования вариантов инфраструктурно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт»	118
4.2 Оценка временных рядов параметров аксиомат транспортных процессов .	128

4.3 Вариативность управляющих воздействий в выборе рациональных параметров транспортных процессов	142
4.4 Оценка выбора рациональной технологии транспортного производства припортовых железнодорожных станций на основе интегрального критерия эффективности	150
4.5 Выводы по главе	163
Заключение.....	165
Список литературы	169
Приложение А. Схемы припортовых станций АЧБ	191
Приложение Б. Пример моделирования станционной работы	197
Приложение В. Аксиоматика станционных транспортно-технологических процессов	206
Приложение Г. Программный расчет времен транспортных процессов припортовых станций АЧБ по вариантам логических групп АСТТП (ЛГ АСТТП)	249
Приложение Д. Акты внедрения	411

Список условных обозначений и сокращений

Аксиомата – устойчивая последовательность транспортного процесса, в которой заложена логическая последовательность исполняемых событий;

АС ППСС – автоматизированная система расчета пропускной и перерабатывающей способности станций;

АСТТП – аксиоматика станционных транспортно-технологических процессов;

АЧБ – Азово-Черноморский бассейн;

ГС – грузовая станция;

ГЧП – государственно-частное партнерство;

Ж.-д. – железнодорожный;

ЖРС – железорудное сырье;

ЛГ – логическая группа;

ЛПР – лицо, принимающее решения;

МР – маневровая работа;

МСС – модельная схема станции;

ПВФ – погрузочно-выгрузочный фронт;

ПрС – припортовая станция;

РП – районный парк;

СКЭР – Северо-Кавказский экономический регион;

СУГ – сжиженные углеводородные газы;

ТНМ – теория нечетких множеств;

ТРА – техническо-распорядительный акт;

ТТС – транспортно-технологическая система;

УС – узловая станция;

УСС – узловая сортировочная станция;

ЦА – ценологический анализ;

ЮФО – Южный федеральный округ;

ЭТП ГП – электронная торговая площадка грузовых перевозок.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Транспорт России и его железнодорожный комплекс играют важную системообразующую роль в социально-экономической жизни страны, интеграции национальной экономики в мировую, достижении оборонных и внешнеполитических целей.

Исторически развитие транспорта во многом предопределило экономическое и пространственное развитие России, способствовало укреплению ее целостности и международного влияния. Создание российского флота и морских портов, трассы Северного морского пути, строительство Транссибирской, Байкало-Амурской железнодорожных магистралей, системы водных путей европейской части России, создание развитой национальной сети воздушных сообщений стали значимыми вехами развития транспортной системы как части экономики страны.

В XXI веке значительно возросла системообразующая роль транспорта и взаимосвязь задач его развития и приоритетов социально-экономических преобразований. Транспорт в целом удовлетворяет растущий спрос на перевозки грузов и пассажиров, обеспечивает снижение грузоемкости экономики и роста подвижности населения. Начиная с 2000 г., в докризисный период, рост транспортных услуг в среднем в год составлял для пассажирских перевозок 6,7 %, для грузовых – 3,8 %, при ежегодном экономическом росте в среднем около 6,1 % [111, 112].

Железнодорожный транспорт общего пользования остается ведущей подсистемой транспортной системы России. В долгосрочной перспективе железнодорожные перевозки останутся самым экономически эффективным способом транспортировки значительных по объемам потоков массовых грузов, доставляемых на средние и дальние расстояния. Российские железные дороги имеют потенциал для обеспечения значительного прироста перевозок мультимодальных экспортно-импортных и транзитных грузов. Железнодорожные перевозки, несмотря на экономический кризис и неблагоприятные прогнозы, не

снижают объем перевозок, который предъявляется для перевозок на общую сеть железных дорог, имеет тенденцию к постоянному росту, что требует соответствующего развития транспортной инфраструктуры и технологий [108]. На долю железнодорожного транспорта за 2020 год пришлось 5,36 % перевезенных пассажиров (1025 млн чел), или 22,76 % пассажирооборота (120,6 млрд пас-км); 17,53 % перевезенных грузов (1329 млн т), или 45,27 % грузооборота (2306 млрд т-км) от общего объема транспортной работы всех видов транспорта Российской Федерации.

Динамика развития и прогноз перевозок по номенклатурам грузов, перевозимых на полигоне Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД), до 2025 года представлены в таблице [108, 176].

Прогноз развития перевозок грузов на полигоне СКЖД до 2025 г.

Номенклатурные группы грузов	Прогноз объемов перевозок (млн т в год)				
	2017	2018	2019	2020	2025
Каменный уголь	11,4	11,3	11,5	11,5	12,5
Нефть и нефтепродукты	20,6	21,0	21,0	22,0	24,0
Черные металлы	2,0	2,7	2,0	2,0	2,3
Минерально-строительные грузы	22,0	23,5	26,5	26,8	26,9
Минеральные удобрения	2,3	2,5	2,6	2,7	2,7
Хлебные грузы	7,3	7,4	6,8	6,5	6,8
Прочие	5,5	5,5	5,8	5,9	7,3
Итого	71,1	73,9	76,2	78,7	82,5

На полигоне СКЖД имеются более 400 станций, в том числе три сортировочных (Батайск, Краснодар-Сортировочный, Лихая), из которых для выполнения грузовых операций открыта 281 станция [176].

Имеются следующие припортовые станции: Азов, Новороссийск, Кизитеринка, Заречная, Таганрог, Темрюк, Туапсе, Кавказ, Усть-Донецкая, Вышестеблиевская, Ейск, Махачкала, Грушевая.

Более пяти тысяч предприятий малого и среднего бизнеса, а также предприятия-гиганты (ООО «Афипский нефтеперерабатывающий завод», АО «Невинномысский Азот», ОАО «Новоросцемент», ООО «Гленкор Агро Ростов», ООО «Руда-экспресс», ООО «ЮжТранс» и др.) пользуются услугами

припортовых станций Северо-Кавказской железной дороги. Завершилось строительство моста через Керченский пролив для прямого железнодорожного сообщения с портами Крымского полуострова, что повысило требования к выбору эффективных форм организации региональных транспортных процессов железнодорожного транспорта в целом и ж.-д. станций в частности, особенно работающих во взаимодействии с южными глубоководными портами.

В соответствии с паспортом федерального проекта «Морские порты России» за период 2018–2024 гг. прирост производственных мощностей морских портов может составить не менее 336,65 млн т. В настоящее время проводятся мероприятия по развитию портовой инфраструктуры, железнодорожных и автодорожных подходов к морским портам.

Несмотря на то что железнодорожный транспорт РФ обладает достаточно сильными позициями на отечественном рынке перевозок, тем не менее он испытывает ряд острых, требующих решения инфраструктурных проблем. Протяженность «узких мест» железнодорожной сети составляет свыше 6 тыс. км, что превышает 7 % эксплуатационной длины сети железных дорог [108, 111].

В настоящее время увеличивается количество направлений перевозок грузов, но резервы пропускных способностей, особенно на подходах к припортовым транспортно-технологическим системам (ТТС), практически исчерпаны, что при росте объемов экспорта является серьезным сдерживающим фактором его освоения.

Очевидно, что решение задачи повышения конкурентоспособности железнодорожной транспортной системы и реализации транзитного потенциала России требует сбалансированного развития припортовой инфраструктуры, обеспечивающей ускоренное товародвижение и снижение транспортных издержек, а также повышения эффективности транспортного производства в системе «железнодорожная станция – порт», взаимодействия всех участников транспортного бизнеса на принципах мультиагентности.

Как известно, более 46 % грузов (по прибытии) доставляется в порты железнодорожным транспортом [41, 106]. В связи с этим скоординированная

работа портовиков и железнодорожников, а также возможности инфраструктуры являются основополагающими факторами интеграции этих видов транспорта.

Современный этап развития железнодорожных транспортно-технологических систем, разработка и внедрение эффективных методов организации управления перевозочным процессом требуют создания новых и корректировки существующих методов транспортного взаимодействия в системах распределения припортовых грузо- и вагонопотоков.

Необходимость обоснования выбора вариантов эффективной технологии транспортного производства припортовых станций в условиях ограниченности инвестиционных ресурсов и пропускных способностей ж.-д. инфраструктуры, возможной неравномерности грузоперевозок определяет цель, задачи и актуальность выбранной темы диссертационного исследования.

Степень разработанности темы исследования. Большой вклад в разработку теории и практики эксплуатации железнодорожных и транспортных узлов, развития и оптимизации параметров станционных транспортно-технологических процессов внесли такие выдающиеся ученые, как В. Н. Образцов, С. П. Бузанов, А. С. Герасимов, С. Е. Гибшман, П. Ф. Дубинский, С. В. Земблинов, И. И. Костин, В. Д. Никитин, К. Ю. Скалов, Н. С. Усков, Ф. И. Шаульский и др. Исследования в направлениях повышения эффективности работы региональных транспортных систем и форм взаимодействия видов транспорта продолжены в трудах известных российских ученых: В. М. Акулиничева, В. И. Апатцева, В. В. Багиновой, А. С. Балалаева, А. П. Батурина, В. Д. Верескуна, В. Н. Дегтяренко, А. Т. Дерибаса, И. А. Елового, Ю. И. Ефименко, В. Н. Зубкова, П. А. Козлова, П. В. Куренкова, А. Ф. Котляренко, В. П. Клепикова, М. В. Колесникова, Б. А. Лёвина, Н. Н. Лябаха, Э. А. Мамаева, Б. Л. Миротина, В. Я. Негрея, В. М. Николашина, А. Т. Осьминина, Ю. О. Пазойского, В. А. Персианова, Н. В. Правдина, Ф. С. Пехтерева, А. Н. Рахмангулова, П. Б. Романовой, С. М. Резера, П. К. Рыбина, А. А. Смехова, О. Н. Числова, В. А. Шарова, М. И. Шмулевича и др.

Вопросы управления вагонными парками и обеспечения деятельности предприятий железнодорожного транспорта представлены в научных трудах Д. В. Железнова, В. В. Доенина, А. Ф. Бородина, С. Ю. Елисеева, А. Т. Осьминина, Ф. И. Хусаинова, А. С. Гершвальда и др.

Используются результаты исследований зарубежных ученых в областях экономико-математического моделирования, теории вероятности и математической статистики, теории массового обслуживания, теории систем, теории графов, теории надежности, теории нечетких множеств, нейросетевого и информационного планирования: Х. Э. Крыньского, Ф. Харари, Х. А. Таха, Г. Поттхофа (G. Potthof), Р. Н. Зиммера (R. N. Zimmer), Ф. Хейта, С. Ванга (X. Wang), Б. Лалонда (B. LaLonde), А. Кофмана (A. Kaufmann), Т. Б. Гулея (T. B. Gooley), А. Е. Робинсона (A. E. Robinson) и др.

Вместе с тем современные особенности транспортного взаимодействия при реализации мультимодальных перевозок требуют создания новых динамических моделей и методов обоснования выбора эффективных транспортных процессов в системе «железнодорожная станция – порт» на принципах нечеткого аналитического моделирования с применением нейросетевых моделей управления в соответствии с перспективами цифровой трансформации железнодорожной отрасли.

Целью диссертационной работы является развитие методов выбора и обоснования рациональных параметров организации транспортного производства на этапах развития инфраструктурно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт».

Для достижения цели работы поставлены следующие **задачи**:

1. Выполнить анализ отечественного и зарубежного опыта обоснования организации и эффективности управления транспортными процессами в припортовых железнодорожных транспортно-технологических системах.
2. Исследовать зависимость транспортно-технологических схем припортовых станций и показателей надежности, разработать критерии оценки

уровней организации транспортных процессов в системе «железнодорожная станция – порт».

3. Сформировать аксиоматику транспортных процессов припортовых железнодорожных станций по видам инфраструктурных схем, условиям организации работы на принципах адаптации теории нечетких множеств к управленческим воздействиям в системе «железнодорожная станция – порт».

4. Разработать концепцию инфраструктурно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт», аналитическую модель и программный комплекс оценки параметров организации транспортных процессов припортовых железнодорожных станций на основе теории нечетких множеств.

5. Исследовать варианты технологии распределения вагонопотоков в системе «железнодорожная станция – порт» и выполнить их оценки эффективности на основе авторских параметров организации транспортных процессов.

Объектом исследования являются региональные припортовые транспортно-технологические системы, технология организации транспортных процессов в системе «железнодорожная станция – порт» с учетом многовариантности управленческих решений.

Предмет исследования – теоретико-методологические подходы к параметризации технологии транспортного производства в системе «железнодорожная станция – порт», транспортно-технологические модели припортовых станций, управление транспортным производством и перевозками.

Диссертационная работа выполнена в следующих областях исследований, указанных в паспорте научной специальности 2.9.1 «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте»: п. 1 «Транспортные системы и сети страны, их структура, комплексное развитие»; п. 8 «Организация и технологии транспортного производства. Цифровизация на транспорте»; п. 9 «Управление

транспортным производством и перевозками в организационно-технических системах».

Теоретико-методологической основой исследования явились научные работы ученых в области организации и управления транспортно-технологическими процессами в системах организации железнодорожных мультимодальных перевозок грузов, методы экономико-математического моделирования, теории вероятностей и математической статистики, теории графов, теории надежности, теории нечетких множеств, а также законодательные, нормативные и программные документы РФ по вопросам государственной транспортной политики, отчетные и статистические данные Минтранса России, ОАО «РЖД», Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», исследования ученых и специалистов железнодорожного транспорта.

Положения, выносимые на защиту:

1. Метод моделирования транспортных процессов системы «железнодорожная станция – порт» на основе аналитического и вероятностно-статистического подхода с применением теории нечетких множеств.
2. Принципы блочно-модульной формализации инфраструктурно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт».
3. Метод аксиоматики станционных транспортно-технологических процессов с учетом логических условий управления и видов схем.
4. Расширенная система показателей организации транспортной работы в системе «железнодорожная станция – порт».

Научная новизна диссертационной работы:

1. Предложена методика моделирования инфраструктурно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт» на основе модельных схем станций и аксиоматики транспортных процессов.
2. Развита методика оценки уровней организации транспортных процессов в системе «железнодорожная станция – порт».
3. Сформирована модель организации транспортного производства припортовых железнодорожных станций на основе аналитического и

вероятностно-статистического подходов с применением теории нечетких множеств в управлении взаимодействием системных элементов.

4. Разработана методика интегральной оценки качества организации транспортно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт».

Теоретическая и практическая ценность научных результатов состоит в разработке аналитической модели, методов и алгоритмов оценки параметров организации транспортных процессов в системе «железнодорожная станция – порт» на основе аксиоматики и положений теории нечетких множеств, учитывающих вариативность управленческих решений. Разработанный в диссертации метод оценки транспортных процессов, учитывающий модельные схемы объектов и модифицированные показатели их оценки, может быть адаптирован для ГТС других видов транспорта.

Апробация работы. Основные положения диссертационного исследования докладывались на международных научно-практических конференциях: «Транспорт-2013», «Транспорт-2014», «Транспорт-2015», «Транспорт-2016», «Транспорт-2017», «Транспорт-2018», «Транспорт-2019», «Транспорт-2020», «Транспорт-2021», «Транспорт-2022», (Ростов-на-Дону, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 гг.); «Современные аспекты транспортной логистики» (Хабаровск, 2014 г.); «Перспективы развития и эффективность функционирования транспортного комплекса юга России» (Ростов-на-Дону, 2014 г.); «Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах» (Санкт-Петербург, 2015, 2017, 2019, 2021 гг.); «Наука и образование транспорту» (Самара, 2016 г.); «Транспортная инфраструктура Сибирского региона» (Иркутск, 2016 г.); «Современные тенденции развития науки и технологии» (Белгород, 2017 г.); «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России» (Ростов-на-Дону, 2019 г.), а также на научно-практической конференции «В. Н. Образцов – основоположник транспортной науки», секция 1.1 «Тенденции развития железнодорожных станций и транспортных узлов. Взаимодействие видов транспорта» (ФГАОУ ВО «РУТ»

(МИИТ), г. Москва, 2021 г.), заседаниях кафедр «Станции и грузовая работа», «Управление эксплуатационной работой» и «Логистика и управление транспортными системами» ФГБОУ ВО РГУПС (г. Ростов-на-Дону), «Железнодорожные станции и узлы» ФГБОУ ВО ПГУПС Императора Александра I (г. Санкт-Петербург).

Внедрение результатов работы. Результаты диссертационного исследования используются в работе Северо-Кавказской дирекции управления движением – структурного подразделения Центральной дирекции управления движением – филиала ОАО «РЖД», ООО «Ростовская стивидорная компания»; в учебном процессе при разработке практических заданий для студентов по дисциплинам «Пути сообщения», «Инновационные технологии в грузовой и коммерческой работе»; в научно-исследовательской работе ФГБОУ ВО РГУПС. Имеются акты внедрения результатов исследования.

Публикации. Основное содержание диссертации и результаты исследования опубликованы в 27 научных работах общим объемом 32,81 п.л. (авторских – 17,9 п.л.), из которых 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, 2 статьи в наукометрических базах Scopus и WoS, 2 монографии и 3 учебно-методических пособия в соавторстве.

Структура и объем работы определены целью и задачами, поставленными и решенными в ходе исследования. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 176 наименований и 5 приложений. Работа изложена на 190 страницах основного текста, содержит 25 рисунков, 37 таблиц.

1 ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК (НА ПРИМЕРЕ ЮГА РОССИИ)

1.1 Экономико-географические, социальные, производственно-транспортные предпосылки формирования региональных припортовых грузовых накопительно-распределительных систем

Российская Федерация, благодаря своему выгодному географическому местоположению, находится на направлениях основных мировых транспортных коридоров. В международной транспортной системе Россия является транзитной страной. По ее территории пролегают важные международные маршруты обеспечивающие транзитный грузопоток, соединяющие страны Западной Европы со странами Восточной Азии, а также страны Северной Европы со странами Юго-Западной и Южной Азии. В международной транспортной специализации РФ выполняет следующую последовательность транспортно-технологического процесса: импорт – перевозка по внутренней части страны – экспорт (таблица 1.1) [101, 111].

Таблица 1.1 – Железнодорожные участки международных транспортных коридоров на полигоне Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД)

Наименование транспортного коридора	Направление	Стыковой пункт
<i>TSR4</i>	Волгоград – Лихая – Гуково	Морозовская
<i>TSR6</i>	Сызрань – Саратов – Волгоград – Тихорецкая – Краснодар – Новороссийск	Котельниково
<i>NSR4</i>	Мичуринск – Лиски – Лихая – Ростов – Краснодар – Новороссийск/Туапсе – Сочи – Веселое – Адлер	Чертково
<i>NSR6</i>	Успенская – Марцево – Таганрог – Ростов-на-Дону – Тихорецкая – Кавказская	Успенская
<i>NSR8</i>	Краснодар – Кавказская – Армавир – Минеральные Воды – Прохладная – Беслан/ Червленая – Махачкала	-

Северо-Кавказский экономический регион (СКЭР) РФ является административно-территориальным образованием. Основные отрасли промышленности здесь – нефтяная, газовая, каменноугольная промышленность, цветная металлургия, машиностроение, цементная и пищевая промышленность. Большой удельный вес регион занимает по производству зерна, сахарной свеклы, семян подсолнечника, овощей, плодов, винограда и продуктов животноводства. Регион также является рекреационным районом России, выполняющим рекреационные функции общероссийского значения [47, 101, 107]. СКЭР включает 12 субъектов РФ: это республики Адыгея, Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкарская, Карачаево-Черкесская республики, Краснодарский край, Ростовская область, Республика Северная Осетия – Алания, Ставропольский край, Чеченская Республика, Республика Крым, город федерального значения Севастополь. Хотя район занимает всего 3 % площади страны (355,1 тыс. км²), здесь проживает более 19 млн человек (13,6 % от общего количества). СКЭР имеет выход к Азовскому, Черному и Каспийскому морям с глубоководными незамерзающими портами (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Региональные субъекты СКЭР с обслуживаемыми портами

Регион	Порт обслуживания
Краснодарский край	ПАО «Новороссийский морской торговый порт»
	АО «Туапсинский морской торговый порт»
	ЗАО «Морской порт Тамань»
	Кавказский филиал ФГБУ «АМП Азовского моря»
	Темрюкский филиал ФГБУ «АМП Азовского моря»
	АО «Ейский морской порт»
Ростовская область	АО «Таганрогский морской торговый порт»
	АО «Ростовский порт»
	ООО «Ростовский морской мультимодальный порт»
	ООО «Азовский морской порт»
	АО «Усть-Донецкий порт»
Республика Дагестан	АО «Махачкалинский морской торговый порт»

Например, индекс промышленного производства Южного федерального округа (ЮФО) по видам экономической деятельности «Добыча полезных

ископаемых», «Обрабатывающие производства», «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» в I полугодии 2021 г. составил 105,4 % [107, 112] к I полугодию 2020 г. Внешнеторговый оборот в I квартале 2021 г. характеризовался положительным торговым сальдо – 2,6 млрд долларов США, и составил 4,6 % общероссийского внешнеторгового оборота.

Согласно отчетным данным через морские порты перевозится около 60 % грузов внешней торговли РФ, поэтому взаимодействие с железными дорогами и транспортной инфраструктурой страны играет определяющую роль. Погрузка экспортных грузов в направлении морских портов Азово-Черноморского бассейна (АЧБ) в 2021 г. составила около 92 млн т, увеличившись по сравнению с аналогичным периодом прошлого года почти на 17 %. Грузооборот портов Азово-Черноморского бассейна вырос на 1,9 % до 256,75 млн т. Рост перевалки сухих грузов составил 2,4 % [41, 106, 112].

Так в 2021 г., в адрес припортовой станции Новороссийск в прошедшем году отправлено 33 млн т экспортных грузов (–1 %), Вышестеблиевская (порт Тамань) – 27,2 млн т (почти в два раза больше), Туапсе – 14,5 млн т (–8,1 %), Грушевая – 6,4 млн т (+12 %).

В структуре экспортного грузопотока на Северо-Кавказской железной дороге доля угля составила 32,5 %, нефти – 30,5 %, черных металлов – 12,8 %, зерна – 8,8 %, удобрений – 4,3 %, железной руды – 4,2 %.

Структура грузопотока в портах Азово-Черноморского бассейна за 2020 год представлена на рисунке 1.1.

В соответствии с указом Президента РФ, к 2025 г. порты Азово-Черноморского бассейна должны обеспечить переработку 125 млн т грузов. На фоне этого по-прежнему остро стоит проблема сбалансированного развития инфраструктуры железнодорожных припортовых грузовых станций и морских портов [41, 106, 107, 108].

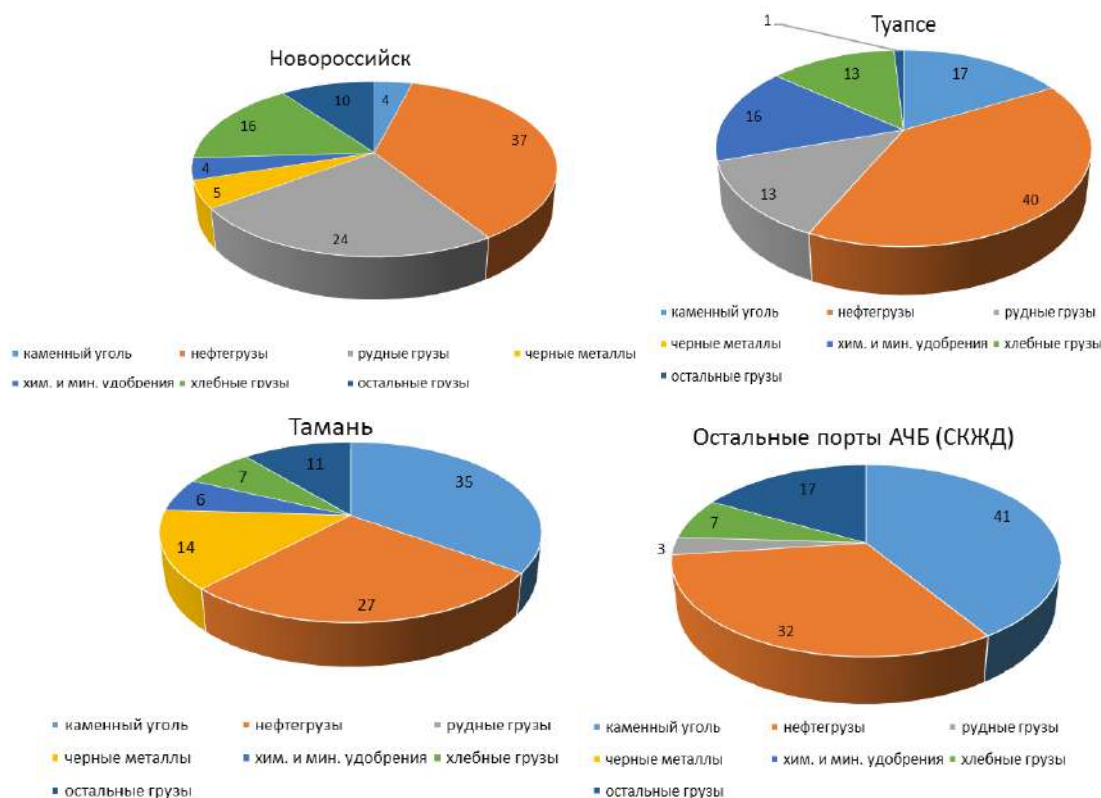


Рисунок 1.1 – Погрузка грузов в портах АЧБ за 2020 год, ваг./сут.

В соответствии с [108, 111] реализован ряд крупных инвестиционных проектов развития региональной припортовой железнодорожной инфраструктуры: завершено строительство второго Новороссийского тоннеля (протяженностью 1,6 км), что позволило увеличить пропускную способность подхода к Новороссийскому морскому торговому порту; построена накопительная станция 9 км; предусмотрено развитие станции Новоросийск (строительство парка «Б» на 15 приемоотправочных и восемь сортировочно-отправочных путей, строительство соединительного пути парка «Б» со станцией Гайдук, строительство соединительного пути между парками «Б» и «С», строительство ПТОЛ; строительство соединительного пути между блок-постом Кирилловский и парком «Нижний»); закончено строительство обхода Краснодарского узла, вторых путей на Таманском ходе и Крымского мостового перехода. Как отмечается в стратегических планах компании ОАО «РЖД», в перспективе возможен рост грузопотоков через Новоросийский узел до 60 млн т. Перспектива развития Новоросийского морского торгового порта связана со

строительством юго-восточного грузового района мощностью перевалки до 6 млн т в год сухих грузов, развитием контейнерного терминала, зерноперегрузочного комплекса, реконструкцией территории лесного порта, увеличением перерабатывающей способности терминала ООО «ИПП».

Помимо решения инфраструктурных проблем, необходимы технологические решения по повышению доли маршрутизации в адрес Новороссийского морского торгового порта, более «глубокой» подборке вагонов на ближайших сортировочных станциях для сокращения времени на формирование групп вагонов на припортовой станции назначения.

Стратегические перспективы увеличения объемов перевозок грузов (таблица 1.3) через порты Южного региона России связаны с вводом в эксплуатацию новых терминалов на Таманском полуострове в рамках строительства морского порта Тамань для перевалки сырой нефти, мазута и сжиженных углеводородных газов, угля, руды и серы, по перегрузке удобрений, зерна и генеральных грузов. Реализуется проект создания сухогрузного района порта Тамань с общей проектной перевалочной мощностью 93,8 млн т.

Таблица 1.3 – Потребный объем выгрузки на припортовых станциях за сутки, 2020 г.

Наименование станций	Количество поездов	Количество вагонов
Новороссийск	31	1900
Вышестеблиевская (Тамань)	15	900
Туапсе	15	900
Грушевая	8	450
Заречная	3	160
Темрюк	3	150
Кавказ	2	130
Азов	2	120
Ейск	2	100
Таганрог	1,5	100
Махачкала	1	60
Кизитеринка	0,5	30
Всего	84	5000

Модернизация транспортной системы СКЭР предполагает также поиск оптимальных форм взаимодействия видов транспорта на стыке мультимодальных перевозок. Особую значимость приобретает государственно-частное

партнерство (ГЧП) [111, 176] – соглашение между правительственными органами и частным партнером, направленное на создание общественно значимых объектов или предоставление услуг с большей эффективностью и с меньшими издержками, чем это мог бы сделать каждый из участников соглашения, действуя самостоятельно. Примерами ГЧП в развитии припортовой инфраструктуры на полигоне СКЖД являются строительство порта Тамань, проект строительства станции Универсальная в Левобережной промзоне г. Ростова-на-Дону для переработки до 10 млн т грузов в год (нефтепродукты, зерновые грузы, контейнеры).

Однако следует отметить, что имеет место снижение объемов перевозок грузов и пассажиров на фоне обострения экономико-политических отношений вследствие санкционных воздействий, ограничений, обусловленных пандемией коронавирусной инфекции. Хотя, с другой стороны, переориентация экспортного грузопотока на порты юга России, активизация работы международных транспортных коридоров (МТК) «Север – Юг» и «Транссиб» позволили увеличить объемы перевозок на южном припортовом направлении.

Например, погрузка на сети ОАО «Российские железные дороги» за 2021 г. составила 1 млрд 282,9 млн т, что на 3,2 % больше, чем за 2020 г., грузооборот с учетом пробега вагонов в порожнем состоянии за это же время увеличился на 3,1 % и составил 3319,6 млрд т-км [176].

По-прежнему существуют проблемы ограничения пропускных способностей железнодорожных линий в адрес портов АЧБ при специализации направлений дороги на пассажирское и грузовое движение. Необходимо совершенствование дорожного плана формирования поездов и подбора судовых партий; требуется повышение уровня маршрутизации, производительности портового подъемно-транспортного оборудования, эффективности использования путей припортовых станций при снижении простоя местных вагонов [62,63,83]. Поэтому, несомненно, актуальной является задача поиска эффективных решений в управлении инфраструктурно-технологическим взаимодействием в системе «железнодорожная станция – порт».

1.2 Техничко-технологические параметры региональной припортовой транспортной системы

Южнороссийская припортовая транспортная система как единый комплекс в соответствии с техническими и географическими особенностями ее материальных объектов включает:

– **железнодорожный транспорт**, основу инфраструктуры которого составляют объекты Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД». В составе 401 станция, три из которых сортировочные, для выполнения грузовых операций открыты 280 станций, из них 13 станций являются припортовыми [176]. Доминирующую роль играют такие припортовые станции (ПрС), как Новороссийск, Туапсе, Грушевая, Вышестеблиевская, обеспечивающие 76 % перевозок экспортно-импортных грузов;

– **водный транспорт**: по данным Ассоциации морских торговых портов, доставка грузов в морские порты железнодорожным транспортом в 2020 г. по сравнению с 2019 г. увеличилась на 6,6 % до 289,4 млн т. Также вырос объем грузов, поставляемых в порты трубопроводным – до 241,8 млн т (+11,2 %), автомобильным – до 54,2 млн т (+12,3 %) и морским транспортом – до 12,8 млн т (+1,0 %). Грузооборот морских портов АЧБ и Каспийского бассейнов в 2020 г. составил 260,1 млн т, перегрузка сухогрузов составила 115 млн т, наливных грузов – 145,1 млн т [41, 106, 111] (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Динамика грузооборота портов АЧБ и Каспийского бассейна

Порт	Грузооборот, млн т/год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Новороссийск	117,1	116,1	117,4	119,1	125,6	127,6	131,4	143,5	140,2	142,5	141,8
Туапсе	18,6	19,4	17,8	16,9	18,9	25,19	25,8	26,6	24,3	25,1	24,8
Ростов	7,7	10,4	11,1	11,6	12	13,62	15,3	16,9	17,5	17,8	17,3
Таганрог	2,9	3,5	3,4	2,8	2,8	2,93	2,36	1,59	1,24	1,1	2,9
Азов	4,3	4,8	5,1	7,7	7,9	8,05	7,2	10,1	12,9	10,1	10,8
Кавказ	10,1	8,3	9,4	10,1	12,3	13,7	15,4	20,4	23,3	20,9	21,9
Темрюк	1,9	2,4	2,3	3,7	4,5	4,7	5,1	5,9	5,4	5,2	5,5
Ейск	3,6	4	3,6	3,3	4,1	3,92	4,3	4,6	4,2	3,8	4,2
Махачкала	5,1	5,5	6	4,7	4,5	3,8	3,3	3,9	4,8	4,7	5

Из таблицы 1.4 следует, что в 2020 г. практически все порты юга России увеличили грузооборот, который продолжил расти и в 2021 г. Например, очередной рекорд по выгрузке экспортных грузов в морских портах юга России, обслуживаемых СКЖД, был установлен 22 октября 2021 г. В этот день было выгружено 5207 вагонов. Кроме того, припортовая станция Вышестеблиевская выгрузила 18 января 2022 г. 1900 вагонов.

Речной транспорт юга России, используется в основном для массовых перевозок недорогих грузов (доля перевозок гравия, песка, нерудных строительных материалов составляет более 80 %; нефти и каменного угля – 11 %). Наиболее крупные реки – Волга (3630 км), Дон (1950 км). Главнейший судоходный канал – Волго-Донской. Период навигации – 240 суток. Речные порты обслуживают припортовые станции Кизитеринка и Заречная;

– **автомобильный транспорт**, представлен крупнейшими автопредприятиями на территории СКФО и ЮФО: транспортными компаниями «ПЭК», «Деловые линии» и т. д. Основные федеральные автомобильные дороги: E115 (M4) «Москва – Новороссийск»; E50 (M29) «Кавказ»; E97 (M25) «Новороссийск – Керченский пролив»; автомагистраль E97 (M27) «Джубга – граница с Абхазией»; а также A146, A148, R253. Протяженность автодорог Южного федерального округа составляет: общего пользования – 35 543,5 км, в том числе с твердым покрытием 33 502,4 км [47, 101, 107, 111];

– **воздушный транспорт**, представлен крупнейшими аэропортами на территории СКЭР по пассажиропотоку за 2020 г.: Сочи – 6,5 млн чел., Пашковский (Краснодар) – 3,076 млн чел., Платов (Ростов-на-Дону) – 2,086 млн чел., Витязево (Анапа) – 1,813 млн чел., Минеральные Воды – 1,798 млн чел., Махачкала – 1,399 млн чел.;

– **трубопроводный транспорт**, основную (магистральную) сеть которого составляют нефтепроводы, продуктопроводы и газопроводы, а также соответствующие перекачивающие станции и хранилища. Примерами могут служить новая трубопроводная нитка «Голубой поток» для поставок российского

природного газа в Турцию протяженностью 1213 км, газопровод «Джубга – Лазаревское – Сочи» протяженностью 171,6 км.

Оценку технико-технологических параметров и условий эксплуатации южнороссийских транспортных узлов, включающих порты, рассмотрим на примере *SWOT*-анализа. Экспертные значения *S* (сильные стороны, знак «+»), *W* (слабые стороны, знак «-»), *O* (возможности развития, знак «+») и *T* (угрозы, знак «-») принимаются по шкале от 0 до 100 единиц. Интегральная оценка (таблица 1.5) [27, 29, 103] определяется по формуле:

$$INT(SWOT) = 0,25 \cdot S + 0,25 \cdot O - (0,25 \cdot W + 0,25 \cdot T).$$

Сводная диаграмма расчетов $INT(SWOT)$ транспортных узлов с припортовыми грузовыми станциями представлена на рисунке 1.2.

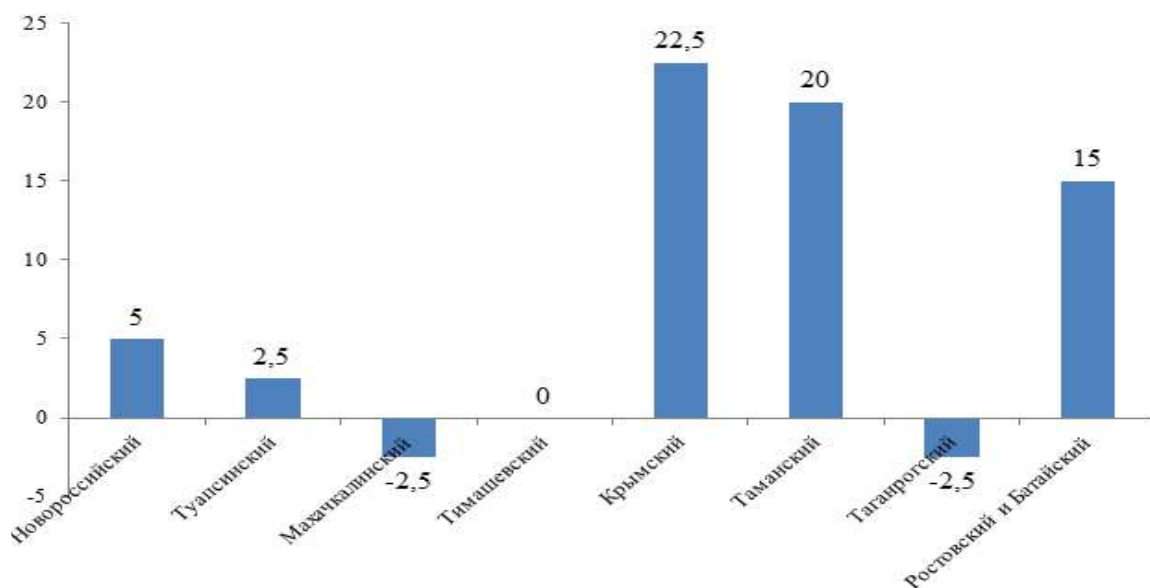


Рисунок 1.2 – Диаграмма показателей интегрального *SWOT*-анализа технико-технологических параметров транспортных узлов

Из рисунка 1.2 следует, что у транспортных узлов с возможностями развития обобщенный показатель находится в положительной зоне, а узлы, имеющие значения 0 и ниже, требуют бюджетной поддержки.

Таблица 1.5 – Показатели SWOT-анализа технико-технологических параметров транспортных узлов с припортовыми станциями

Пропускная способность железнодорожных подходов и лимитирующие факторы	Пропускная способность автомобильных подходов и лимитирующие факторы	Пропускная способность магистральных трубопроводов
1	2	3
Новороссийский узел		
Станция Новороссийск – до 30 млн т. Лимитируется отсутствием в городе свободных площадей для развития станционного хозяйства. Станции Грушевая – до 8 млн т	Составляет до 7 млн т. Лимитируется пропускной способностью улично-дорожной сети города	Каспийский трубопроводный консорциум – 34 млн т; Тихорецк – Новороссийск – 45 млн т
Показатели SWOT-анализа: S = 80; W = 40; O = 20; T = 40; INT(SWOT) = 5		
Туапсинский узел		
Станция Туапсе – до 13 млн т. Лимитируется пропускной способностью станции. Необходимо развитие предпортовой станции Кривенковская для обеспечения накопления и подготовки составов	Составляет до 1 млн т. Лимитируется: пропускной способностью улично-дорожной сети города Туапсе; пропускной способностью ФАД «Джугба – Сочи» (ограничения на проезд длинномерного транспорта длиной более 11 м); пропускной способностью АД «Майкоп – Туапсе» (необходимо завершение строительства тоннеля под Шаумянским перевалом и доведение параметров автодороги до 3-й категории)	Практически отсутствуют. Существует необходимость реконструкции нефтепровода диаметром 500 мм
Показатели SWOT-анализа: S = 60; W = 50; O = 50; T = 50; INT(SWOT) = 2,5		
Махачкалинский узел		
Практически не ограничена. Фактическая пропускная способность ж.-д. станции Махачкала более чем в два раза превышает сегодняшний грузооборот	Проезд автотранспорта в порт возможен для легковых автомобилей только по туннелю под железной дорогой с односторонним движением, для грузовых – через переезд магистральных ж.-д. путей	Пропускная способность магистральных трубопроводов превышает сегодняшние объемы работы. Имеется нефтебаза емкостью 500 тыс. м ³ , которая соединена с магистральным нефтепроводом Баку – Новороссийск пропускной способностью 5 млн т в год

Показатели SWOT-анализа: S = 50; W = 60; O = 60; T = 60; INT(SWOT) = -2,5

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3
Тимашевский узел		
Станция Ейск – до 2 млн т. Лимитируется отсутствием свободных площадей для развития станционной инфраструктуры	Лимитируется пропускной способностью улично-дорожной сети города. Имеется автодорога регионального значения Краснодар – Ейск	Имеется местный нефтепровод
Показатели SWOT-анализа: S = 30; W = 40; O = 40; T = 30; INT(SWOT) = 0		
Крымский узел		
Станция Кавказ – до 3,8 млн т. Развитие лимитируется однопутными участками. В настоящее время идет реконструкция по строительству двухпутных участков Крымская – Вышестеблиевская, необходимо развитие станции Крымская и станции 9 км	Имеется резерв пропускной способности к выходу федеральной автомобильной дороги А146 «Краснодар – Верхнебаканский» и автодорог Е115	Трубопроводы местного значения
Показатели SWOT-анализа: S = 70; W = 30; O = 80; T = 30; INT(SWOT) = 22,5		
Таманский узел		
Строительство и примыкание ж.-д. терминалов порта с объемом работы до 32 млн т. Планируется обеспечение порта железнодорожными подходами и развязками в полном объеме за счет развития станций Вышестеблиевская, Тамань-Пассажирская	Ограничена в пиковые периоды. Основная масса грузов доставляется по железной дороге, планируется строительство автомобильной дороги протяженностью 35 км	Практически отсутствуют. Имеется магистральный газопровод
Показатели SWOT-анализа: S = 50; W = 30; O = 90; T = 30; INT(SWOT) = 20		
Таганрогский узел		
Станция Таганрог – до 3 млн т. Незначительные свободные площади для развития станционной инфраструктуры, враждебные одноуровневые пересечения маршрутов подач и уборок вагонов	Лимитируется пропускной способностью улично-дорожной сети города	Магистральный газопровод Аксай – Таганрог
Показатели SWOT-анализа: S = 30; W = 50; O = 40; T = 30; INT(SWOT) = -2,5		
Ростовский и Батайский узел		
Станция Азов – до 2,5 млн т. Станции Заречная, Кизитеринка и Усть-Донецкая – до 1,9 млн т. Развитие станций ограничено местными условиями	Федеральная автомобильная дорога М4 «Дон», Р-217 «Кавказ». Лимитирующие факторы – реконструкция отдельных участков автодорог	Проходят магистральные газопроводы
Показатели SWOT-анализа: S = 80; W = 50; O = 60; T = 30; INT(SWOT) = 15		

Важнейшей экономико-географической особенностью транспортных узлов СКЭР является концентрированное расположение незамерзающих глубоководных и малых портов АЧБ. Рассмотрим технико-технологические параметры основных портовых комплексов:

– порт Новороссийск (ПАО «Новороссийский морской торговый порт») оказывает услуги по перевалке генеральных, навалочных, контейнерных, продовольственных грузов, лесоматериалов, сырой нефти и нефтепродуктов (рисунок А.1, приложение А). Общая протяженность причального фронта 14 836 м, в том числе, на внутренней гавани – 9822 м (58 причалов), на остальной акватории порта – 5014 м (28 причалов). В границах морского порта осуществляют свою деятельность более 80 стивидорных, агентирующих, бункеровочных, сюрвейерских компаний. Предусмотрено развитие порта: строительство причала № 38 в составе Юго-Восточного грузового района на 210 тыс. контейнеров TEU в год; строительство специализированного контейнерного терминала мощностью в 500 тыс. TEU в год; увеличение мощности порта по перевалке зерна на 2 млн т; строительство терминала по перевалке железорудного сырья (ЖРС) мощностью до 12 млн т; техническое перевооружение перевалочного оборудования Восточного района и АО «Новороссийский судоремонтный завод»;

– порт Туапсе (АО «Туапсинский морской торговый порт») специализируется на перевалке навалочных грузов (каменного угля, руды, зерновых культур, сахара-сырца), генеральных грузов (черные металлы), нефтеналивных грузов (сырая нефть и нефтепродукты) и других экспортно-импортных грузов (рисунок А.2, приложение А). Порт осуществляет грузовые операции на 17 грузовых причалах с общей протяженностью причального фронта 3,1 км;

– порт Кавказ (Кавказский филиал ФГБУ «АМП Азовского моря») (рисунок А.3, приложение А) – это развивающийся морской порт и паромная переправа. В порту функционируют пять международных паромных линий между морским портом Кавказ и портом Крым (Россия), Поти (Грузия), Зонгулдак (Турция),

Самсун (Турция), Варна (Болгария). Дальнейшее развитие порта обусловлено реализацией инвестиционных проектов с учетом ввода в эксплуатацию Крымского ж.-д. мостового перехода: строительство Северо-Восточного грузового района порта для приема и обработки судов с системой горизонтальной накатки и выкатки грузов на автомобильном шасси (Ро-Ро терминала); строительство универсального перегрузочного терминала для приема и обработки универсальных сухогрузных судов и судов-контейнеровозов с генеральными грузами;

– порт Тамань (ЗАО «Морской порт Тамань») (рисунок А.4, приложение А) начал развиваться с момента открытия терминалов по перегрузке масложирового сырья (ООО «Пищевые ингредиенты») и зерна (ООО «Зерновой терминальный комплекс Тамань»). В 2012 г. запущены перегрузочные комплексы нефтепродуктов и сжиженного углеводородного газа (СУГ) ЗАО «Таманьнефтегаз». Имеющаяся инфраструктура комплексов позволит достичь грузооборота 10,5 млн т в год. В морском порту Тамань ведется проектирование сухогрузного района с расчетным грузооборотом до 93,8 млн т в год;

– порт Темрюк (Темрюкский филиал ФГБУ «АМП Азовского моря») (рисунок А.5, приложение А) – это развивающийся морской порт. Погрузочно-разгрузочную деятельность в порту осуществляют: ООО «Мактрэн-Нафта» – комплекс по перевалке СУГ с грузооборотом 154 тыс. т в год; ООО «Порт Мечел-Темрюк» – комплекс по перевалке генеральных и навалочных грузов с грузооборотом 1,1 млн т в год; ООО «КГС-порт» – комплекс по перевалке генеральных и навалочных грузов с грузооборотом 147 тыс. т в год; ООО «Темрюкмортранс» и ЗАО «Морской порт Тамань» по перевалке генеральных, навалочных и наливных грузов;

– порт Махачкала (АО «Махачкалинский морской торговый порт») (рисунок А.6, приложение А) – незамерзающий глубоководный порт на северо-западном побережье Каспийского моря, Республика Дагестан. В настоящее время мощности порта позволяют перерабатывать до 7 млн т в год нефтепродуктов, до 2,0 млн т в год генеральных, навалочных и зерновых грузов. Порт имеет два

грузовых района (сухогрузная гавань и наливная гавань), а также осуществляется перевалка на внешнем рейде. Сухогрузный район включает шесть грузовых причалов общей длиной 913 м. Порт имеет единственную на Каспии железнодорожную паромную переправу, производительность которой более 20 тыс. ваг. в год;

– порт Ейск (АО «Ейский морской порт») (рисунок А.7, приложение А) расположен в юго-восточной части Таганрогского залива Азовского моря. Порт предоставляет услуги по перегрузке экспортно-импортных грузов, складских операций и экспедированию грузов. На территории порта имеются открытые, крытые склады и комплекс по перевалке нефтеналивных грузов;

– порт Таганрог (АО «Таганрогский морской торговый порт») (рисунок А.8, приложение А) является одним из ключевых морских грузовых операторов Азовского бассейна. Через порт проходят маршруты из Центральной России, Сибири, Урала и Центральной Азии в страны Средиземноморья, Каспийского бассейна, в том числе водным транспортом через Волго-Донскую систему внутренних водных путей России. Порт позволяет круглогодично осуществлять перевалку большинства экспортно-импортных, генеральных, нефтеналивных, насыпных и навалочных грузов, а также грузов в 20- и 40-футовых контейнерах общим объемом до 2,2 млн т в год. Порт в состоянии обрабатывать суда грузоподъемностью до 10 тыс. т на семи причалах общей протяженностью причальной линии 143 м и осадкой до 5 м;

– порт Азов (ООО «Азовский морской порт») (рисунок А.9, приложение А) расположен на линии 9-го интермодального коридора, а также работает с грузопотоками Балкано-Дунайского и Средиземноморского направлений. Перегрузочный комплекс порта включает 11 причалов, специализированных на перегрузке металлопродукции, лесных, зерновых грузов, руды, удобрений, угля, минерально-строительных и тарно-штучных грузов. В последнее время освоены новые грузопотоки, в частности глинозем и цемент. Отведен участок под строительство терминала СУГ. Благодаря собственным подъездным путям порт имеет вместимость фронтов до 200 ваг.;

– порт Заречная (ООО «Ростовский морской мультимодальный порт») (рисунок А.10, приложение А) обеспечивает прямой выход в Азовское и Черное моря. Номенклатура грузов представлена контейнерами, углем, зерном, минеральными удобрениями, металлами, цементом, полевым шпатом, серой и другими грузами. Порт располагает семью современными причальными комплексами с протяженностью причальной стенки 1150 м;

– порт Кизитеринка (АО «Ростовский порт») (рисунок А.11, приложение А) расположен в черте г. Ростов-на-Дону. Порт имеет статус международного порта, осуществляет погрузку, перевалку и экспедирование внешнеторговых грузов на четырех районах. Одновременно на причалах может обрабатываться 16 судов грузоподъемностью до 5 тыс. т.

1.3 Классификационные признаки припортовых железнодорожных станций на этапах развития региональной транспортной системы

С момента ввода в действие в 1875 г. Владикавказской железной дороги, родоначальницы нынешней Северо-Кавказской магистрали, положено начало строительства южнороссийских припортовых станций. Например, 23 декабря 1869 г. было открыто движение на станции Таганрог и введен в эксплуатацию первоклассный вокзал [9, 21, 36, 49].

В 1871 г. введена в эксплуатацию станция Кизитеринка, а уже в 1909 г. тремя железными дорогами было завезено в Ростов 70 млн пудов зерна. Большая часть груза подавалась на станцию Кизитеринка и на подъездные пути Ростовского порта для перегрузки в суда и отправки за рубеж.

В 1876 г. был основан портовый город Новороссийск, в котором было размещено управление образованного тогда Черноморского округа. В 1888 г. с вводом в эксплуатацию железной дороги Екатеринодар – Новороссийск, порт приобретает большое значение в торговле. С конца XIX – начала XX века Новороссийск становится крупным промышленным и портовым центром юга России.

Единственный незамерзающий и самый глубоководный порт России на Каспии – Махачкалинский морской торговый порт – ведет свое летоисчисление с 1870 г., тогда в городе Петровске (ныне Махачкала) произошло официальное открытие нового порта. 24 мая 1891 г. было начато строительство железнодорожной ветки от станции Беслан, через Грозный до Петровска (Махачкалы). 1 января 1894 г. была построена припортовая грузовая станция Петровск (Махачкала).

17 июля 1908 г. учреждается общество Ейской железной дороги для строительства и эксплуатации линии от станции Сосыка Владикавказской дороги через станцию Староминскую до Ейска, с железнодорожным подходом в порт. В 1911 г. станция Ейск была принята в эксплуатацию, что значительно увеличило грузооборот порта.

В 1908 г. было создано общество Армавир-Туапсинской железной дороги для постройки линии от станции Армавир до станции Туапсе, с устройством пристаней и оградительных сооружений в Туапсинском порту. Новый порт разместился на морском берегу в устье реки Туапсинки, в 1915 г. весь участок от Армавира до Туапсе с ответвлениями на Майкоп и Лабинскую был построен.

В целях обеспечения конкурентоспособности транспортной системы Российской Федерации, роста экспортного потенциала страны целесообразно повысить эффективность взаимодействия видов транспорта при перевозках грузов в смешанном сообщении. Из общего объема перевозок грузов в сообщении с морскими портами более 20 % зарождаются и погашаются в пределах СКЖД; 50 % – в регионах, обслуживаемых Приволжской, Куйбышевской, Юго-Восточной железными дорогами, Уралом и Сибирью. Южнороссийские припортовые железнодорожные станции – это современные отдельные пункты, инфраструктурные показатели которых сведены в таблицу 1.6.

Припортовые станции АЧБ большей частью отвечают современным требованиям, хотя и имеют ряд недостатков (рисунок 1.3) объективного (продолжительный исторический период работы, экономические и санкционные воздействия, негативные погодные условия и т. п.) и субъективного характера

(технологические и инфраструктурные проблемы, отсутствие свободных складских емкостей и несвоевременный подвод флота и т. п.).

Таблица 1.6 – Инфраструктурные показатели южнороссийских припортовых станций [176]

Раздельный пункт	Тип	Класс	Количество путей				Количество, обслуживаемых подъездных путей
			Приемо-отправочные	Сортировочные	Погрузочно-выгрузочные	Прочие пути	
Ейск	ГС	2	2	3	11	4	13
Туапсе	ГС	внекл.	19	8	15	18	16
Вышестеблиевская	УС	2	6	0	4	2	2
Грушевая	ГС	1	4	5	1	4	1
Кавказ	ГС	2	6	3	2	6	6
Темрюк	ГС	4	5	3	2	2	10
Новороссийск	ГС	внекл.	18	44	26	95	50
Махачкала (парк)	ГС	2	29	29	24	47	10
Таганрог	ГС	1	5	10	18	26	14
Азов	ГС	1	4	3	11	11	33
Заречная	ГС	1	6	0	2	7	17
Кизитеринка	ГС	2	9	10	8	14	18
Усть-Донецкая*	ГС	4	5	5	18	14	7

Примечание: * – до закрытия на консервацию.

Транспортно-технологические показатели припортовых станций приведены в таблице 1.7. Схемы припортовых станций приведены на рисунках А.1–А.11, зависимости количества путей станций от величины перерабатываемых поездопотоков приведены на рисунках А.12–А.13, факторы ограничения пропускной и перерабатывающей способности припортовых станций приведены на рисунке А.14, приложение А.

Таблица 1.7 – Транспортно-технологические показатели припортовых станций

Припортовая станция СКЖД	Порт примыкания	Расстояние от ПЗ до ближайшего причала, км	Емкость путевого развития парков, ваг.		Время обработки грузового поезда, мин	Количество стрелочных переводов, шт.	Теоретическая пропускная способность станции	
			ПО	СП			Поезд/сут.	Ваг./сут.
Новороссийск	ПАО «Новороссийский морской торговый порт»	1,12	1950	3675	35	412	96	5000
Туапсе	АО «Туапсинский морской торговый порт»	1,03	825	1125	55	207	52	2912
Ейск	АО «Ейский морской порт»	1,19	179	267	60	44	30	1260
Таганрог	АО «Таганрогский морской торговый порт»	3,57	910	547	71	37	37	2072
Кавказ	Кавказский филиал ФГБУ «АМП Азовского моря»	0,19	525	-	90	49	21	1176
Махачкала	АО «Махачкалинский морской торговый порт»	0,41	358	89	95	43	23	1265
Кизитеринка	АО «Ростовский порт»	4,34	375	750	94	38	50	3200
Заречная	ООО «Ростовский морской мультимодальный порт»	1,09	450	-	67	31	45	2520
Азов	ООО «Азовский морской порт»	2,16	358	267	77	33	49	2940
Усть-Донецкая	АО «Усть-Донецкий порт»	2,24	303	358	71	42	26	1456
Темрюк	Темрюкский филиал ФГБУ «АМП Азовского моря»	2,61	268	-	65	28	16	1008
Вышестеблиевская	ЗАО «Морской порт Тамань»	29,8	179	-	45	28	67	3484
Грушевая	ПАО «Новороссийский морской торговый порт»	19,6	225	447	99	42	30	1650



Рисунок 1.3 – Анализ дестабилизирующих факторов в работе припортовых станций

Известно, что в планах благоприятного экономического развития РФ объем российских транзитных перевозок через территорию Южного федерального округа (ЮФО) к 2030 г. может увеличиться в 3,5 раза, что обеспечит дополнительную нагрузку на морские порты, автомобильные и железные дороги [57, 62, 108, 111]. Дефицит портовых мощностей ЮФО к 2030 г. может составить около 40 млн т. В настоящее время основной объем перевозок СКЖД экспортных грузов приходится на глубоководные порты Новороссийска и Туапсе, с перспективой развития порта Тамань.

В разделе разработана классификация припортовых транспортно-технологических систем (таблица 1.8), используемая для дальнейших исследований особенностей их эксплуатации.

Таблица 1.8 – Классификационные признаки припортовых транспортно-технологических систем

Наименование показателя	Значение показателя	Уровень транспортно-технологического взаимодействия*
1	2	3
1. По значимости	1.1 Федерального значения	Ф
	1.2 Регионального значения	Р
	1.3 Местного значения	М
2. По транспортному составу	2.1 Железнодорожно-водные 2.1.1 Железнодорожный транспорт – морской (речной) транспорт	Ф
	2.2 Железнодорожно-водно-автодорожные 2.2.1 Железнодорожный транспорт – морской (речной) транспорт – автомобильный транспорт	
	2.3 Водно-автодорожные 2.3.1 Морской (речной) транспорт – автомобильный транспорт	
	2.4 Трубопроводно-водные 2.4.1 Насосные станции, трубопроводный транспорт – морской (речной) танкерный флот	
	2.5 Специализированные с водным транспортом 2.5.1 Конвейерный, пневмо- (гидро-) транспорт – морской (речной) транспорт	Р
	3. По географическому признаку порта	3.1 «Сухой» порт	Ф
3.2. Расположенные на берегах морей (на берегу бухты, на открытом берегу, на части суши, выдающейся в море)		
3.3 Расположенные на берегах судоходных рек (на открытом берегу, в устье, в «ковше»)		
3.4 Расположенные на озерах и искусственных водоемах		
4. По размеру населенного пункта	4.1 С малыми и средними городами с населением до 100 тыс. чел.	М
	4.2. С большими городами с населением 100–250 тыс. чел. (4-й класс)	Р
	4.3 С большими городами с населением 250–500 тыс. чел. (3-й класс)	Р
	4.4 С крупными городами с населением 500–1000 тыс. чел. (2-й класс)	Ф
	4.5 Со сверхкрупными городами с населением более 1 млн чел. (1-й класс)	
5. По виду смешанных перевозок в припортовой транспортной системе	5.1 Мультимодальные	Р
	5.2. Амодальные	
	5.3 Интермодальные, комбинированные	
	5.4 Бимодальные	
	5.5 Синхромодальная транспортировка	
	5.6 Сегментированные перевозки	
	5.7 Тримодальный центр грузораспределения	

Продолжение таблицы 1.8

1	2	3
6. По степени концентрации транспортных устройств	6.1 Однокомплектные 6.1.1 Объединенное расположение устройств взаимодействующих видов транспорта 6.1.2 Раздельное расположение устройств видов транспорта и взаимодействие посредством специальных видов транспорта	Р
	6.2 Многокомплектные 6.2.1 Объединенное расположение устройств взаимодействующих видов транспорта 6.2.2 Раздельное расположение устройств видов транспорта и взаимодействие посредством специальных видов транспорта 6.2.3 Комбинированное сочетание устройств и видов взаимодействующего транспорта	
7. По роду перерабатываемого груза	7.1 Специализированные 7.2 Универсальные	М
8. По геометрической конфигурации железнодорожных линий общего пользования	8.1 Тупиковые 8.2 Радиально-полукольцевые 8.3 Комбинированные 8.4 С последовательным размещением станций 8.5 Радиальные	Р
9. По объему транспортной работы	9.1 Крупнейшие 9.2 Крупные 9.3 Средние 9.4 Малые	Ф
10. По режиму работу	10.1 Круглогодичные	Ф
	10.2 Периодические (по навигации)	Р
	10.3 Графиковые	
11. По схеме железнодорожного транспортного взаимодействия	11.1 Узловая сортировочная (участковая) станция – припортовая станция – районные парки – причалы порта 11.2 Узловая сортировочная (участковая) станция – припортовая станция – причалы порта 11.3 Узловая сортировочная (участковая) станция – причалы порта 11.4 Припортовая станция – районные парки – причалы порта 11.5 Узловая сортировочная (участковая) станция – районные парки – причалы порта 11.6 Припортовая станция – причалы порта	Р
12. По степени переработки грузопотока	12.1 С преобладающим транзитным грузопотоком (прямой вариант) 12.2 С преобладающим складским грузопотоком (накопление судовых партий)	Р
13. По виду транспорта, обслуживающего припортовые перевозки	13.1 Обслуживание внешних и внутренних перевозок одним видом транспорта общего пользования 13.2 Обслуживание внешних и внутренних перевозок несколькими видами транспорта общего и необщего пользования, в том числе специальными	Ф

Продолжение таблицы 1.8

1	2	3
14. По степени интеграции логистических услуг	14.1 1PL (First Party Logistics) – автономная логистика, все операции выполняет грузовладелец 14.2 2PL (Second Party Logistics) – оказание стандартных логистических услуг по транспортировке груза и управлению складскими площадями порта; логистические центры видов транспорта 14.3 3PL (Third Party Logistics) – управление грузопотоками в мультимодальных цепях поставок груза на основе информационного обеспечения взаимодействия; транспортно-логистические центры на базе портов 14.4 4PL (Fourth Party Logistics) – логистическая интеграция всех участников цепей поставок на основе комплексных информационных систем управления; единые информационно-логистические диспетчерские центры 14.5 5PL (Fifth Party Logistics) – «виртуальный логистический сервисный провайдер» на основе использования инновационных технологий в менеджменте логистического сервиса	Ф
15. По размеру грузового потока	15.1 Массовый 15.2 Крупный 15.3 Средний 15.4 Мелкий	Р

Примечание: * – Ф – федеральный, Р – региональный, М – местный.

Однако в силу различных причин система «железнодорожная станция – порт» не всегда справляется с заявленными грузоотправителями объемами, в связи с чем возникает ситуация отставления от движения поездов на дороге и, как следствие, загруженность инфраструктуры, что, в свою очередь, негативно влияет на эффективность работы транспортного комплекса Южного региона. Характерными примерами могут служить сезонные всплески подачи заявок для продовольственных грузов и неравномерная заадресовка порожнего подвижного состава.

Следовательно, необходимы новые принципы управления подводом вагонов и подходом судов в системе «припортовая железнодорожная станция – порт» на основе нейросетевых моделей, нечетких множеств, морфологического анализа и др., определяющих эффективность взаимодействия диспетчерского аппарата, компаний – операторов подвижного состава и грузовладельцев.

1.4 Перспективы транспортно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт»

Взаимодействие припортовых станций, портов, таможенных структур, компаний – операторов подвижного состава, отправителей и получателей грузов осуществляется на основе положений уставов, правил, кодексов, единых технологических процессов [44, 45], договоров и инструкций, которые составляются отдельно между сторонами перевозки груза. Припортовые железнодорожные станции являются как конечными станциями железнодорожной перевозки, так и стыковыми пунктами взаимодействующих видов транспорта в части организации транспортного процесса, но уже с другими параметрами инфраструктурно-технологического взаимодействия.

Для параметризации транспортно-технологических процессов на грузовых припортовых станциях и оценки степени эффективности организации транспортного производства необходим анализ внешних и внутренних факторов, влияющих на объем перерабатываемых грузов.

К внешним факторам относятся транзитно-транспортный потенциал, структура и объем грузопотока, условия перевозки, погрузки-выгрузки и т. п.

К внутренним факторам относятся существующая технология перевалки грузов и связанных с этой деятельностью производственных операций, взаимосвязи и «узкие» места станционной инфраструктуры на уровне системы, подсистем и их элементов.

Повышение эффективности работы всей припортовой транспортной системы должно основываться на развитии взаимодействия как между элементами внутри системы, которыми являются отдельные виды транспорта, так и между системой и внешней средой, создаваемой грузоотправителями, грузополучателями, экспедиторами, органами государственного контроля, и другими факторами, оказывающими прямое или косвенное воздействие на перевозочный процесс.

В настоящее время продолжают работы по специализации главных железнодорожных направлений в адрес припортовых станций АЧБ с разделением пассажирского и грузового движения. При этом объемы перевозок могут составить для пассажирского направления более 50 поездов/сут, а для грузового направления – 130 млн т/год. Инфраструктурно-технологические решения предусматривают строительство вторых путей и двухпутных вставок на лимитирующих направлениях, приведение участковых скоростей движения грузовых поездов к проектным значениям, удлинение плеч обслуживания локомотивных бригад грузового движения, оптимизация участков деповского обслуживания локомотивов и размещения пунктов коммерческого осмотра поездов и вагонов.

С учетом факторов ограничения пропускной способности (Приложение А) предлагается совершенствование сетевого плана формирования путем оптимизации потребного количества сетевых назначений для устойчивой работы портов: в адрес станции Новороссийск – восемь назначений, для станций Таманского полуострова – шесть назначений, для станции Туапсе – три назначения. Для повышения показателей работы железнодорожной составляющей припортовых ТТС АЧБ разрабатывается план подвода с учетом потребности в грузе в разрезе ассортимента на планируемый период, позволяющий формировать прогноз прибытия поездов с востребованным грузом на двое суток, который включает:

- план подвода поездов на припортовые станции;
- задания станциям погрузки с указанием времени готовности поездов к отправлению;
- задания сортировочным станциям на реформирование потока;
- задания диспетчерскому аппарату на продвижение поездов;
- задания припортовым станциям на выгрузку.

Также к мероприятиям по повышению эффективности взаимодействия железной дороги с портами относятся отгрузка груза по графику с учетом пропускных, перерабатывающих способностей железнодорожных линий, станций

и терминалов, а также работ по содержанию инфраструктуры, создание единой информационной платформы в системе «железнодорожная станция – порт», развитие транспортно-логистического сервиса.

На дальнейшем этапе предполагается развитие информационно-логистической дорожной системы ДИЛС на основе:

- интеграции информационных систем АСУМР, ДИЛС и АСУТ в части подвода поездов на припортовые станции;
- контроля согласования заявок на перевозку грузов свыше перерабатывающей способности получателей на припортовых станциях, а также контроля согласования дополнительных объемов перевозок внешнеторговых грузов без согласия дороги назначения;
- формирования рекомендаций по подъему отставленных от движения поездов при возникновении технологической возможности на станции назначения по их приему;
- подготовки рекомендаций станциям полигона по формированию логистических пакетов в направлении припортовых станций дороги посредством интеграции подсистемы ДИЛС с системами АС РПФП и АСУ СТ.

Одним из важнейших направлений развития является «Стратегия цифровой трансформации ОАО «Российские железные дороги», которая определяет концептуальные основы и принципы деятельности компании в условиях цифровой экономики, а также основные элементы управления этим процессом. В области мультимодальных перевозок реализуются следующие цифровые платформы: платформа мультимодальных пассажирских перевозок – платформа «сухие ноги»; платформа мультимодальных грузовых перевозок; платформа транспортно-логистических узлов; платформа оператора линейной инфраструктуры; платформа логистического оператора электронной коммерции; платформа управления перевозочным процессом.

Предлагается реализовать цифровые сервисы по следующим направлениям: система управления взаимоотношениями с клиентами (CRM), смарт-контракты, безлюдные технологии, электронная торговая площадка грузовых перевозок (ЭТП

ГП). Для повышения эффективности перевозочного процесса СКЖД предлагает клиентам услугу «Грузовой экспресс» в местном сообщении (развоз груженных вагонов с погрузочных станций и далее на нитки графика сформированным составом до станции назначения), пониженные ставки на перевалку грузов в малых портах при их близком расположении относительно мест производства продуктов питания и зерновых грузов [176].

Известно, что процесс перевалки экспортно-импортных грузов через портовые системы состоит из ряда операций: формирование судовой партии, погрузочно-выгрузочные операции на складе отправителя, доставка до порта отправления, внутриворотные операции, транспортировка в порт назначения. Последовательность выполнения этих операций может быть различной и зависеть от принятой схемы транспортировки. Каждый из этапов состоит из более мелких процессов обработки груза, выполнение которых осуществляется на отдельных элементах транспортной системы.

Транспортно-логистическая цепь, обеспечивающая доставку грузов от производителя к потребителю с участием порта, представлена на рисунке 1.4.

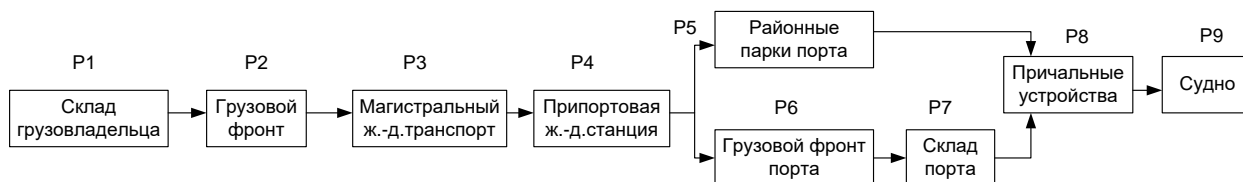


Рисунок 1.4 – Транспортно-логистическая цепь доставки груза

Как правило, перевалка груза с железнодорожного подвижного состава на судно происходит значительно интенсивнее, чем способен произвести и погрузить грузоотправитель. Поэтому судовую партию необходимо накапливать заранее. Кроме того, отправленные поезда, для обеспечения пропускной и маневровой способности на подходах к портам, необходимо подводить к припортовой станции равномерно в зависимости от востребованности. То есть железнодорожным припортовым станциям необходимо работать по особой управленческой технологии, ориентируясь не только на срок доставки, но и на

поездное положение на подходах к порту и темп работы порта, увеличивая или замедляя скорость станционных транспортных операций по продвижению вагонов в порт.

Таким образом, для освоения будущих объемов грузопотоков необходимы новые подходы и научные исследования в части обоснования выбора эффективных параметров технологии транспортных процессов в системе «железнодорожная станция – порт». Требуется:

- выполнить исследования схем и классификационных признаков припортовых ж.-д. станций на этапах развития транспортной системы;
- проанализировать отечественные и зарубежные научные разработки в области выбора рациональных параметров транспортно-технологических процессов припортовых железнодорожных станций;
- разработать транспортно-технологические модели припортовых железнодорожных станций;
- сформировать метод параметризации технологии транспортного производства припортовой железнодорожной станции на основе аксиоматики процессов концентрации и распределения грузопотоков;
- разработать многофакторную модель выбора рациональных технико-технологических параметров транспортного производства в системе «железнодорожная станция – порт» на принципах аналитического моделирования и теории нечетких множеств;
- разработать новые критерии оценки уровня управления транспортным производством припортовой железнодорожной системы.

1.5 Выводы по главе

Проведенный анализ транспортной системы Северо-Кавказского экономического региона, экспортно-импортных грузопотоков с участием припортовых станций на полигоне СКЖД показал рост грузооборота припортовых станций и портов за последние 10 лет (припортовые станции – на

53 %, крупные порты – на 55,5 % и малые порты – на 12,4 %), увеличение грузонапряженности на основных направлениях мультимодальных перевозок в рамках МТК «Север – Юг» (*NS*) и «Транссиб» (*TS*) с выходом на южные припортовые станции и порты.

Для устойчивого обеспечения перевозочной деятельности и продвижения грузо- и вагонопотоков в порты необходимо развитие методов организации и управления технологией транспортного производства припортовых грузовых станций на новых принципах структурирования и оценки в рамках цифровизации и алгоритмизации транспортно-технологических процессов.

Рассмотрены инфраструктурно-технологические особенности работы системы «железнодорожная станция – порт», представлены классификационные признаки припортовых транспортно-технологических систем, проведен анализ показателей работы припортовых грузовых станций и портов, а также перспектив их развития. Сформированы направления транспортно-технологических решений по повышению эффективности работы припортовых станций.

Определены проблемные вопросы в работе припортовых станций, что подтверждает необходимость повышения эффективности управления их транспортными процессами на новых принципах. Выполнена постановка целей и задач для дальнейшего исследования (рисунок 1.5).

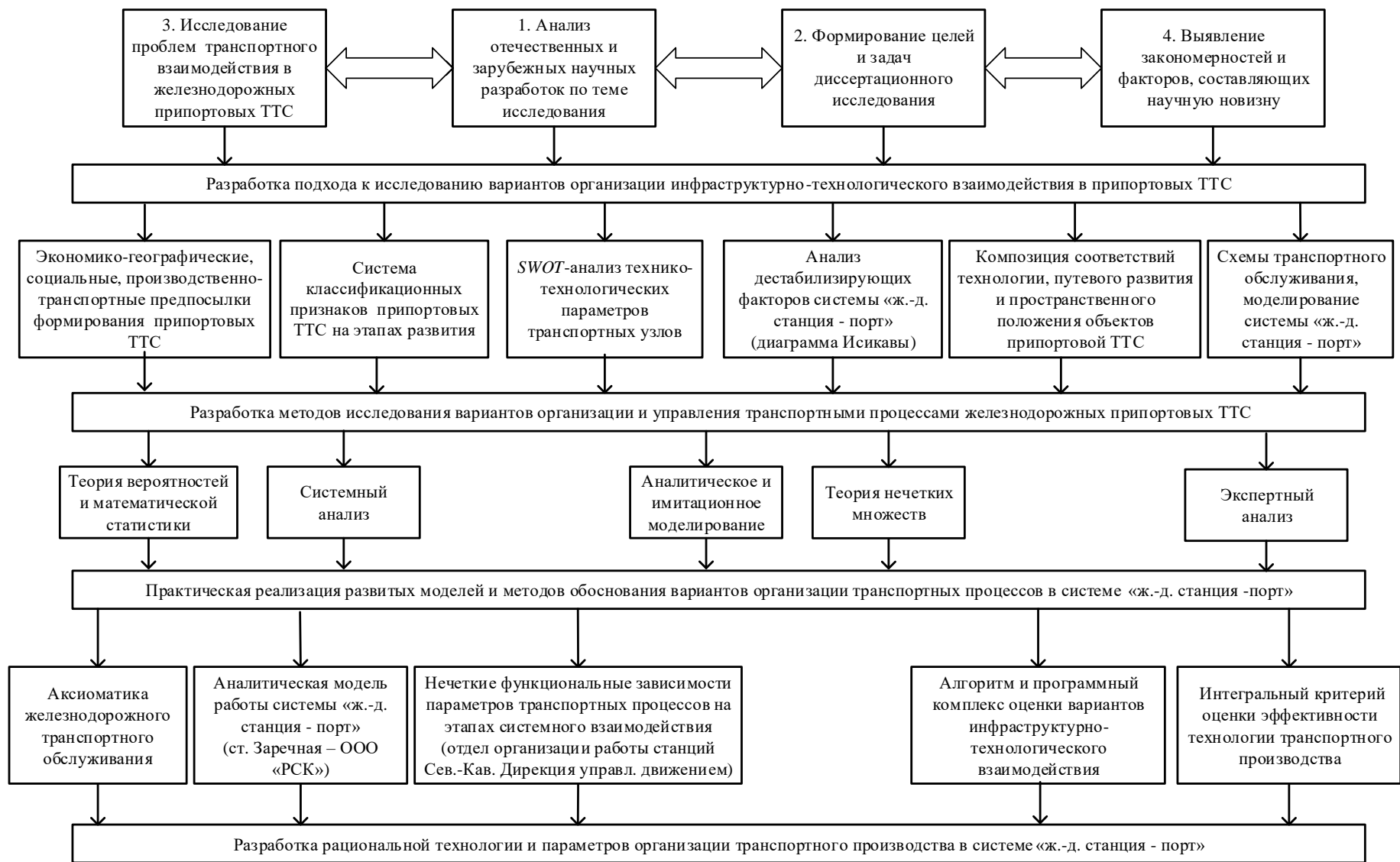


Рисунок 1.5 – Методология и структура диссертационного исследования

2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИПОРТОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СИСТЕМ

2.1 Отечественные и зарубежные научные разработки в области рациональной организации транспортно-технологических процессов припортовых железнодорожных систем

В управлении транспортными объектами и грузопотоками традиционно используются научные методы, основанные на линейном и динамическом программировании, теории массового обслуживания, теории надежности, теории графов, теории вероятностей, имитационном моделировании; применяются программно-целевой и балансовый метод в экономико-математических моделях, а также новые интуитивные и логистические методы на основе нейросетевого подхода и нечеткой логики. Их использование обосновано значительной сложностью исследуемых транспортных систем, частой невозможностью учета совместного влияния противоречивых внешних и внутренних факторов.

Основы научного подхода к расчету и проектированию ж.-д. станций и узлов (в т. ч. припортовых) [3, 9, 38, 52, 86] были заложены в конце XIX – начале XX в. трудами выдающихся ученых-транспортников – Ф. А. Галицкого, С. Д. Карейши, А. Н. Фролова, А. В. Верховского, Б. Д. Воскресенского, В. Н. Образцова, Е. А. Гибшмана, В. Д. Никитина, С. В. Земблинова, С. Г. Писарева, М. В. Сеньковского, Ф. И. Шаульского и др.

Методологическим аспектам этапного развития станций отведена большая часть научных работ П. В. Бартенева, М. С. Гликмана и М. Р. Суликова, Г. А. Литвиновского и др. С 1960-х годов в трудах передовых русских ученых и инженеров – И. Ф. Рерберга, А. Н. Горчакова, И. И. Рихтера, В. И. Троицкого, Г. И. Черномордика и др. – были впервые сформулированы важнейшие принципы проектирования ж.-д. станций. Теория оптимизации мощности станционных

устройств разработана в трудах Н. И. Федотова, Н. Н. Шабалина, В. М. Акулиничева и др. Развитие научных подходов на основе надежности работы ж.-д. станций обосновано И. Г. Тихомировым, П. С. Грунтовым и И. Б. Сотниковым.

Существенный вклад в теорию оптимизации схем и технологических процессов работы узловых сортировочных станций внесли исследования кафедры «Станции, узлы и грузовая работа» УО «БелГУТ» (БелИИЖТ) под руководством проф. Н. В. Правдина [175].

В области обоснования параметров путевого развития участковых, сортировочных, пограничных передаточных станций, пассажирских технических станций, этапности изменения технического состояния станций и узлов особую важность представляют теоретические исследования Петербургской школы ученых-станционников под руководством проф. Ю. И. Ефименко [109].

Под руководством проф. П. А. Козлова обоснованы теоретические подходы к оптимизации техпроцессов ж.-д. транспортных систем с применением аппарата имитационного моделирования, которые на много лет вперед определили принципы построения и оценки моделей ж.-д. станций.

Исследования в направлении системного железнодорожного транспортного моделирования были развиты в работах профессоров В. М. Акулиничева, А. М. Макаровича, В. А. Персианова, К. Ю. Скалова, И. Б. Сотникова, А. К. Угрюмова, Н. С. Ускова, Н. И. Федотова, Н. Н. Шабалина, доцентов В. М. Мирошниченко, В. Н. Дегтяренко, А. С. Писанко, В. А. Покавкина, А. Я. Локтева и др.

Весомый вклад в развитие современной теории проектирования железнодорожных транспортных систем и выбора параметров их технологических процессов внесли ученые: П. С. Грунтов, Ю. В. Дьяков, И. Т. Козлов, Н. Е. Нагорный, В. Я. Негрей, Н. К. Сологуб, Е. А. Сотников, А. А. Смехов, В. А. Шаров, В. Г. Шубко, В. М. Николашин, Ю. О. Пазойский, Б. Б. Жардемюв, С. С. Мацкель, А. Т. Осьминин, А. К. Головнич, У. Т. Туляганов, Е. В. Архангельский, И. Д. Булавченко, В. А. Бураков, К. М. Добросельский, К. К. Таль, А. Н. Корешков, А. М. Корнаков, С. И. Логинов, Ю. П. Наяшков, Е. И. Сычев,

В. Н. Чернов, О. Н. Числов, Е. Г. Лазарев, В. М. Астафьев, И. А. Иванов-Толмачев, П. Б. Романова, М. В. Четчуев, Р. Г. Король и др.

Исследования практического применения методов оптимизационного проектирования и имитационного моделирования ведутся во многих проектных транспортных институтах и вузах России: АО «ВНИИЖТ», ИПТ РАН, АО «НИИАС», АО «ИЭРТ», АО «Ленгипротранс», АО «Мосгипротранс», АО «Росжелдорпроект», ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), ФГБОУ ВО ПГУПС, ФГБОУ ВО СГУПС, ФГБОУ ВО РГУПС, ФГБОУ ВО УрГУПС и других транспортных вузах.

К 70-м годам прошлого века в рамках третьей индустриальной революции на базе информационных технологий были заложены основы цифровой теории проектирования и оценки эффективности параметров транспортных систем.

В настоящее время, с началом четвертой индустриальной революции, основанной на принципах цифровизации и интеллектуализации производственно-транспортных процессов, теория моделирования сложных ТТС переживает новый этап развития.

Для исследования эксплуатационной надежности транспортно-технологических процессов по типу транспортных связей используются теория графов [81, 118] и теория вероятностей [35, 94] в последовательных и параллельных схемах соединения базовых объектов системы. Например, В. М. Мирошниченко одним из первых отечественных ученых в работе [68] применил теорию графов для моделирования путевого развития станций и транспортных районов.

При исследовании технологии транспортных процессов работы железнодорожной припортовой системы (станции) необходимо использовать метод, который учитывает инфраструктуру (схему путевого развития), технологию работы с учетом влияния внешних воздействий и управляющих параметров в системе, параметры взаимодействующих видов транспорта. В настоящее время существуют четыре основных подхода, которые используются для анализа пропускной способности железнодорожной ТТС: аналитический

детерминированный; аналитический вероятностный; графоаналитический; имитационное моделирование [54, 55, 88, 173].

Имитационное моделирование – метод, позволяющий строить модели, описывающие транспортные процессы. Развитию имитационного моделирования на железнодорожном транспорте посвящены труды В. А. Персианова, Н. С. Ускова, К. Ю. Скалова [86], В. М. Акулиничева, А. М. Жидкова, П. А. Козлова, Е. А. Сотникова и др. Например, в работах [54, 55, 173] под руководством д.т.н., профессора П. А. Козлова выполнены важные научные разработки моделей технологических процессов в транспортных узлах с применением аппарата имитационного моделирования, микро- и макро моделирования.

Проблемы организации мультимодальных грузо- и вагонопотоков с участием припортовых ж.-д. станций исследовались в работах П. В. Куренкова, А. С. Балалаева, В. Н. Зубкова, Э. А. Мамаева, О. Н. Числова, К. Р. Рахимова, П. К. Рыбина, С. Ю. Елисеева, А. Ф. Котляренко и др. [11, 16, 17, 26–28, 43, 63–65, 73, 75, 109, 124–126].

Значительный вклад в теорию комплексного применения экономико-математических методов, теории вероятности и математической статистики в решении транспортно-технологических задач внесли работы К. Ю. Скалова, В. А. Персианова, А. А. Смехова, Н. В. Правдина, В. Я. Негрея, В. М. Николашина, С. В. Трофимова, М. Б. Петрова, В. В. Зырянова, Э. А. Мамаева, В. А. Макеева, В. В. Багиновой [5, 71, 73, 86, 93, 96], А. Г. Котенко, П. Б. Романовой [100, 174] и др.

В трудах [11, 13, 40, 61] авторами предложены мероприятия, позволяющие улучшить качество взаимодействия железнодорожного и морского транспорта при мультимодальных перевозках в направлении создания системы логистического управления перевозками на основе согласованного плана подвода грузов.

В работе [64, 71, 83, 124] рассмотрена возможность использования методов экономического прогнозирования для корректировки объемов вагонопотоков, поступающих в адрес морского порта, в условиях неустойчивой экономической

ситуации. На основе этого уточняется прогноз объемов работы предпортовых железнодорожных станций в определенный временной период.

Перспективными направлениями исследования структур и технологии работы транспортных систем являются методы теории катастроф (Б. Б. Жардемев [47]), теории системного анализа (Н. К. Сологуб и А. Т. Осьминин [14, 83], М. Б. Петров [89] и др.).

Для определения образов и классов элементов ТТС используются методы теории распознавания [8, 113], основанные на разделах кибернетики и информатики, теории нейронных сетей (Н. Н. Лябах [70, 165], М. В. Колесников [58, 59] и др.) и нечетких функциональных представлений (А. Кофман) [167], Big Date, цифровые двойники транспортных объектов.

Оценивать уровень организации производственно-транспортных процессов ТТС по уровню энтропии системы предлагают авторы работы [129].

Методологию адаптации разработанных алгоритмов к автоматизированному проектированию элементов ТТС на ЭВМ предлагают К. К. Таль [87], П. А. Козлов [54], В. П. Клепиков, С. С. Мацкель, А. С. Писанко, В. Н. Чернов и др.

В исследовании процессов доставки грузов авторы работ [3, 6, 14, 143] отмечают, что наибольшее значение в оценке эффективности имеют продолжительность цикла перевозки и своевременность доставки.

В работе [42, 147] в качестве критериев оценки качества перевозок предлагается учитывать время выполнения цикла заказа и его стабильность.

В ряду наиболее важных показателей мультимодальной перевозки авторами [34, 48, 53, 152] приводятся среднее время транспортировки, вероятность выполнения доставки, время доставки с заданной вероятностью, оборот вагона.

На основе анализа работ [2, 5, 11, 31, 37, 39, 43, 46, 61, 62, 64, 73, 104, 132, 137, 142], посвященных исследованию вопросов эффективности перевозок, можно сделать вывод о том, что в современных условиях все участники перевозочного процесса в той или иной степени заинтересованы в выполнении срока доставки,

снижении оборота подвижного состава, обеспечении ритмичности перевозок при взаимодействии нескольких видов транспорта.

Повышение качества работы транспортных систем за счет оптимального распределения грузопотоков, их оптимизации рассмотрено в научных трудах Д. Дрю [42], В. Г. Галабурды [38-39], А. Т. Осьминина [14, 83], Б. И. Алибекова [4], И. П. Гордона, М. И. Денисова, О. В. Москвичева [77] и др.

Таким образом, перспективными методами при выборе рациональных форм транспортно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт» являются:

- методы экономико-математического программирования для поиска оптимальных моделей распределения ресурсов [3, 4, 7, 46, 48, 84] на основе алгоритмов линейного и нелинейного программирования. Достоинством линейного программирования является возможность получения строго оптимального решения. К недостаткам, как отмечается в работах [29, 52, 75, 96, 125], следует отнести статичность исследуемых схем потоков и независимость удельных расходов от объемов перевозок, что является спорным моментом для грузевого и порожнего движения;

- методы теории системного анализа, позволяющие выявить возможные направления исследований сложных транспортно-технологических систем железнодорожного транспорта и их связи с внешними макросистемами;

- методы теории вероятности, используемые при анализе событий из технологии транспортной работы железнодорожной станции и проведении экспериментов с конечным числом взаимоисключающих возможных исходов;

- методы математической статистики и прогнозирования (пример для припортовых станций АЧБ приведен в Приложении А) применяются при моделировании сложных процессов, где присутствует много взаимодействующих случайных параметров. Задачи, решаемые методами математической статистики и прогнозирования, рассмотрены в научных работах [14, 19, 30, 32, 37, 67];

- аналитические методы моделирования, позволяющие сочетать пространственное расположение объекта с математическими параметрами при

достаточной точности расчетов. На первом этапе аналитического моделирования формулируются математические закономерности, связывающие объекты транспортной системы в виде некоторых функциональных зависимостей. На втором этапе решаются сформулированные уравнения и получаются аналитические результаты. На конечном этапе сопоставляются теоретические результаты и фактические параметры системы. Однако при увеличении сложности ТТС возникают трудности при исследовании их аналитическими методами. Поэтому приходится упрощать транспортную модель, чтобы изучить общие свойства системы, что иногда отрицательно сказывается на результате решения;

– методы теории массового обслуживания [3, 85, 91, 102, 119], позволяющие формализовать сложные транспортные процессы как каналы обслуживания, характеризующиеся интенсивностью прохождения заявок (составы, локомотивы, вагоны, документация и т. п.), интенсивностью обслуживания, временем обслуживания, временем нахождения в очереди, длиной очереди;

– новые системы управления инфраструктурно-технологическим взаимодействием в припортовых транспортных системах, основанные на применении искусственного интеллекта, теории нечетких множеств, нейронных сетей, морфологического анализа и техноценозов. Данные системы производят мониторинг всех составляющих транспортного процесса, параллельно осуществляя решение дополнительных задач по оценке переменных параметров транспортного потока в условиях динамичной ситуации (А. Кофман (A. Kaufmann), Н. Н. Лябах, М. В. Колесников). Внедрение нейросетевой архитектуры в систему принятия управляющего решения позволяет создать систему прогнозирования, построенную на постоянном пополнении банка данных модели. Обновленная информация корректирует внутрисистемные (межнейронные) связи в модели объекта, позволяя построить новую модель поведения (технологии), просчитав возможные варианты и отклонения.

Особым направлением в развитии систем управления на транспорте являются системы нечеткой логики [4, 8, 10, 60, 70, 72, 82, 104, 120, 122, 136, 139, 144, 160, 171], которые могут оперировать с неточной информацией и объяснять принятые решения. Данные системы в кооперации с нейронными сетями применимы для контроля параметров транспортно-технологических процессов в системе «железнодорожная станция – порт». При этом нейронные сети используются для настройки функций принадлежности нечетких систем принятия решений.

Однако в применении нейронных сетей для решения транспортных задач имеет место ряд проблем: первоначально не известны мера сложности и размер сети для достаточно точной реализации отображения транспортного взаимодействия; при недостаточности количества параметров невозможно обучить нейронную сеть, и система не будет корректно работать; исходные данные должны быть непротиворечивы; имеется множество способов представления входных данных для нейронной сети, начиная от простого линейного преобразования и заканчивая многомерным анализом параметров.

Дальнейшее развитие научных подходов в моделировании отечественных железнодорожных транспортно-технологических систем связано с формированием Интеллектуальной мультимодальной транспортной системы (ИМТС) страны на основе процессов конвергенции (взаимного слияния) современных технологий построения транспортных систем и информационно-телекоммуникационных технологий. Эти процессы приведут к формированию Единой транспортной системы страны на новых принципах высокоэффективного, мультимодального и мультиагентного взаимодействия.

Например, выполняются исследования организации мультимодальных систем транспортировки грузов [34, 37, 48, 66, 77, 80, 90], разрабатываются сети массового обслуживания в системе организации железнодорожных грузовых перевозок с недетерминированными параметрами [4], формируются комбинированные модели транспортировки груза и логистические цепи доставки [11, 16, 105], модели поддержки принятия решений, исследуются кластерный

подход к функционированию морских портов [77, 135], ценологический анализ и морфологическое моделирование процессов управления [58, 59].

Таким образом, представленный обзор отечественных научных работ в данном направлении свидетельствует не только о важности проблем, но и о необходимости продолжения исследований по рациональной параметризации транспортно-технологических процессов припортовых ТТС в соответствии с современными требованиями.

Мировые лидеры в сфере транспорта – США, Япония, Германия, Франция, страны ЕС, Китай и др. – также известны своими технологическими решениями в области эффективной работы припортовых ТТС, управления грузо- и пассажиропотоками, маршрутизации транспортных средств. Значительный научный вклад в развитие технологии работы транспортных систем внесли немецкие ученые У. Кауэр (W. Cauer), Г. Поттхоф (G. Potthof), У. Мюллер (W. Muller). Дальнейшие разработки реализованы в работах Ф. Хейта, Г. Корацца (G. Corazza), Т. Гулей (T. Gooley) [145], Г. Ричардсона (H. Richardson) [154], А. Робинсона (A. Robinson) [155] и др.

В настоящее время в ведущих транспортных державах (США, Китай, Япония, страны ЕС) создаются интеллектуальные системы управления продвижением мультимодальных грузопотоков в адрес припортовых станций [79, 137-139, 144, 158, 160].

Значителен опыт США в организации мультимодальных перевозок грузов, взаимодействии автомобильного и железнодорожного транспорта на грузонапряженных припортовых маршрутах [145, 148, 161]. Важной вехой в эффективном управлении работой припортовых ТТС с 1990-х гг. является использование США (первыми в мире) внутренних, или «сухих», портов (*inland port*), которые являются частью интермодальной системы и выполняют логистическое обслуживание грузопотоков, поступающих через припортовые системы. Вопросами выбора оптимального места расположения внутренних портов и распределения припортовых грузопотоков занимались американские ученые-

транспортники, такие как Т. Гулей (Т. Gooley) [145], Г. Ричардсон (Н. Richardson) [154], А. Робинсон (А. Robinson) [155] и др.

В Германии проф. У. Кауэр (W. Cauer) в начале XX века предложил топологические процедуры применительно к разработке рациональных схем ж.-д. станций. В конце 50-х – начале 60-х годов прошлого века была заложена основа зарубежной теории управления транспортными потоками работами американских ученых Я. Келла, М. Нотари, Ф. Хейта [119] и др. Например, французский ученый М. Жиро (M. Girauet) впервые в то же время обосновал предположение о том, что прибытие судов в портовые транспортные системы хорошо согласуется с распределением Пуассона.

Г. Поттгофф (Германия) переложил на язык теории вероятностей и надежности целый ряд транспортных задач [91] в области управления транспортными потоками. В современных немецких транспортных научных изданиях впервые появился и был обоснован термин «тримодальный центр грузораспределения», выполняющий функции стыкования водного (морского или речного), железнодорожного и автомобильного транспорта, а также обеспечивающий оказание всех сопутствующих логистических услуг, связанных с его деятельностью [64, 164, 165].

На основе теории запасов, нейронных сетей и интеллектуальных информационных технологий разрабатываются зарубежные модели сетевой передачи грузопотока (NTM) и макроскопические схемы транспортных сетей (NFD) [48] и т. п.

Таким образом, зарубежная теория и практика выбора и обоснования степени эффективности транспортно-технологических процессов припортовых систем имеет успешные решения для крупных узловых комплексов, но общесистемный подход к проблеме параметризации ТТС из-за многовариантности и сложности по-прежнему находится в разработке.

Исследуемые методы выбора и обоснования параметров транспортных процессов в системе «железнодорожная станция – порт» представлены на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Методы выбора и обоснования параметров транспортных процессов в системе «железнодорожная станция – порт»

2.2 Параметризация технологических связей в системе «железнодорожная станция – порт»

Эффективность организации производственно-транспортных процессов припортовых ТТС зависит от мощности взаимодействующих устройств, их пространственного положения и технологических параметров обработки грузопотока. В зависимости от уровня транспортно-технологической составляющей железнодорожные припортовые транспортные системы можно разделить на три класса [175]: 1 – простые объекты (α -класс), включающие в себя пути, причалы, парки станций; 2 – объекты с варьируемым техническим оснащением (β -класс), включающие обменные и районные парки, грузовые районы порта, погрузочно-выгрузочные устройства; данная группа технологически связывает простые и сложные объекты; 3 – сложные объекты (γ -класс), представляющие собой композиционную форму с разноплановым внутренним наполнением (припортовые станции, порты). Технологические линии обслуживания грузо- и поездопотоков (T_i) в припортовой ТТС могут быть совмещены с соответствующим уровнем технического оснащения станционных структур (P_j) и пространственным расположением объектов ТТС (S_k), рисунок 2.2.

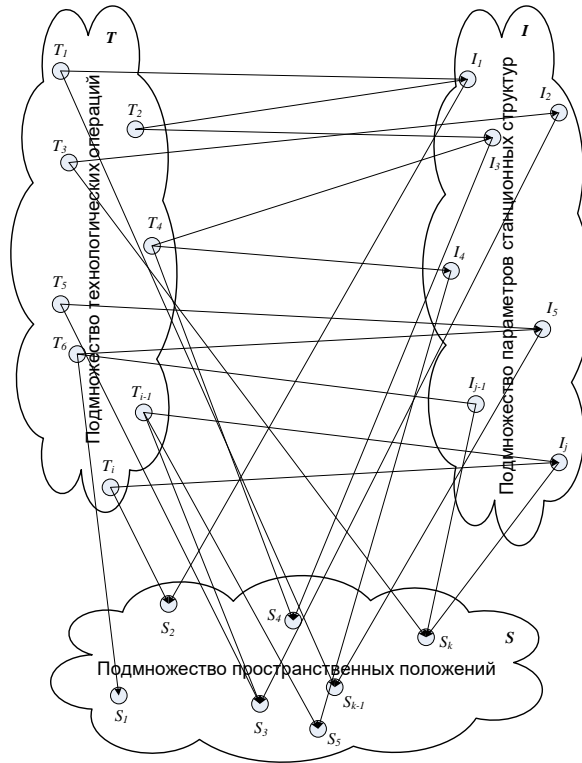


Рисунок 2.2 – Отношения между подмножествами технологических операций, вариантов инфраструктур и пространственных положений системных элементов припортовых ТТС

Таким образом, можно определить ряд отношений между множествами (композиций соответствий), сводящих технологические операции, мощность путевого развития и пространственное положение системных объектов припортовой ТТС к видам объединений:

$$\left. \begin{aligned} q &= (\{T_1, T_2, \dots, T_i, \}, \{I_1, I_2, \dots, I_j, \}, Q), Q \subseteq T \times I \\ r &= (\{I_1, I_2, \dots, I_j, \}, \{S_1, S_2, \dots, S_k, \}, R), R \subseteq I \times S \\ z &= (\{T_1, T_2, \dots, T_i, \}, \{S_1, S_2, \dots, S_k, \}, Z), Z \subseteq T \times S \end{aligned} \right\}$$

где $\{T_1, T_2, \dots, T_i, \}$ – подмножество технологических операций; $\{I_1, I_2, \dots, I_j, \}$ – подмножество параметров станционных структур (объектов порта); $\{S_1, S_2, \dots, S_k, \}$ – подмножество пространственных положений системных элементов припортовой ТТС; Q, R, Z – композиции соответствий подмножеств.

Ограничивающим критерием является пересечение области значений первого соответствия с областями определений второго и третьего соответствия: $\text{Пр}_2 Q = \text{Пр}_1 R$, $\text{Пр}_1 Z = \text{Пр}_3 Q$, $\text{Пр}_2 Z = \text{Пр}_3 R$.

Композиция соответствий подмножеств $q = \{\text{технологические операции, вариант станционной структуры}\}$ и $r = \{\text{вариант станционной структуры, пространственное положение}\}$ запишется в виде $q(r) = (T, S, Q \circ R)$. Аналогично определяются другие композиции соответствий по вариантам подмножеств, характеризующих состояние объектов и их положение в припортовой ГТС.

Важной особенностью зависимости технологии работы и путевого развития подсистемы припортовой ГТС является определение вероятности наличия связи P_{ij} , которая регламентирует наличие постоянной связи ($P_{ij} = 1$), допускает связи с определенной вероятностью ($0 < P_{ij} < 1$) или констатирует отсутствие связи ($P_{ij} = 0$) между технологическими операциями и объектами станционной инфраструктуры припортовой станции (порта) при выполнении данной операции.

Значения основных P_{ij} определенные на основании исследования схем, ТРА и техпроцессов припортовых станций АЧБ, сведены в таблицу 2.1.

На первом этапе будем считать P_{ij} , находящееся в пределе $0 < P_{ij} < 1$, равным 0,5.

Например, вероятность использования $P_{ij}^{cp} > 0,8$ имеют инфраструктурные элементы для технологических операций по прибытии-отправлении пассажирского (пригородного) поезда, посадке-высадке пассажиров, расформированию (формированию) состава (группы вагонов), погрузке (выгрузке) вагонов, заезду (выезду) маневрового (поездного) локомотива, прицепке (отцепке) маневрового (поездного) локомотива, экипировке маневровых (поездных) локомотивов, что свидетельствует или о жесткой специализации инфраструктурного объекта, или о важности выполняемой операции для всей станции.

На основе данных таблицы 2.1 можно определить вероятности последовательностей связей технологических операций и инфраструктурных элементов по передаче подвижного состава в системе «железнодорожная станция – порт».

Таблица 2.1 – Матрица вероятностей взаимодействий основных технологических операций и станционных инфраструктурных элементов

Наименование технологической операции		Станционные инфраструктурные элементы																						
		I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}	I_{16}	I_{17}	I_{18}	I_{19}	I_{20}	I_{21}	I_{22}	
		Главный путь	Парк приема-отправления пассажирских (пригородных) поездов	Парк приема-отправления грузовых поездов	Сортировочный парк	Сортировочно-отправочный парк	Выставочный (обменный) парк	Районный парк	Грузовой фронт мест общего пользования	Грузовой фронт мест необщего пользования	Грузовой фронт (причал) порта	Сортировочное устройство	Пути (парки) обмена (отстоя) грузовых (пассажирских) составов	Парк подготовки вагонов (цистерн)	Вагонные весы	Вагонопрокидыватель	Локомотивное хозяйство	Вагонное хозяйство	Эксплуатационное устройство	Аппарель паромной переправы	Багажное отделение	Грузовые фронты слива-налива	Соединительный (ходовой) путь	Вероятность технологической операции
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Прибытие-отправление пассажирского (пригородного) поезда	T_1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,0
Прибытие-отправление сборного грузового поезда	T_2	1	0	1	$P_{2,5}$	$P_{2,6}$	$P_{2,7}$	$P_{2,8}$	0	0	0	0	$P_{2,13}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,69
Прибытие-отправление маршрутного грузового поезда	T_3	1	0	1	$P_{3,5}$	$P_{3,6}$	$P_{3,7}$	$P_{3,8}$	0	0	0	0	$P_{3,13}$	$P_{3,14}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,67
Посадка-высадка пассажиров	T_4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Прием (выдача) багажа	T_5	0	$P_{5,2}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,75	
Прицепка-отцепка грузовых (пасс.) вагонов (группы вагонов)	T_6	0	$P_{6,2}$	1	1	1	1	1	$P_{6,8}$	$P_{6,9}$	$P_{6,10}$	0	$P_{6,12}$	$P_{6,13}$	$P_{6,14}$	$P_{6,15}$	0	$P_{6,17}$	0	$P_{6,19}$	$P_{6,20}$	$P_{6,21}$	1	0,67
Заезд (выезд) маневрового (поездного) локомотива	T_7	$P_{14,1}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	P_{144}	0	1	1	1	1	1	1	1	0,90
Прицепка (отцепка) маневрового (поездного) локомотива	T_8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	$P_{15,9}$	1	1	1	0,93
Подача-уборка (перестановка) группы вагонов (состава)	T_9	$P_{7,1}$	1	1	1	1	$P_{7,6}$	1	1	$P_{7,9}$	1	$P_{7,11}$	$P_{7,12}$	1	$P_{7,14}$	$P_{7,15}$	1	1	1	$P_{7,19}$	$P_{7,20}$	1	1	0,78
Технический осмотр состава (группы вагонов)	T_{10}	0	1	1	0	P_{105}	0	1	1	P_{109}	P_{100}	P_{101}	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,78
Коммерческий осмотр состава (группы вагонов)	T_{11}	0	0	1	0	P_{115}	0	1	1	P_{119}	1	P_{111}	P_{112}	0	0	0	P_{116}	P_{117}	P_{118}	0	0	1	0	0,68
Расформирование (формирование) состава (группы вагонов)	T_{12}	0	0	$P_{8,3}$	1	1	1	1	0	0	$P_{8,10}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,85
Прием (сдача) состава (группы) вагонов	T_{13}	0	0	$P_{9,3}$	0	$V_{9,5}$	0	$P_{9,7}$	$P_{9,8}$	0	1	$P_{9,11}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,58
Погрузка-выгрузка (слив-налив) вагонов	T_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	$P_{13,9}$	$P_{13,20}$	1	0	0,86	
Расстановка (сборка) вагонов	T_{15}	0	0	0	$P_{12,4}$	P_{125}	0	P_{127}	0	P_{129}	0	P_{121}	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0,75
Накопление вагонов в ожидании операций (отправления)	T_{16}	0	1	1	$P_{16,4}$	1	0	1	1	1	1	P_{1612}	0	0	0	P_{1616}	P_{1617}	P_{1618}	0	P_{1620}	0	0	0	0,78
Экипировка маневровых (поездных) локомотивов	T_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1,0

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Ремонт (устранение технических / коммерческих неисправностей) вагонов	T_{18}	0	0	0	0	0	0	0	0	P_{189}	0	$P_{18,11}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,67
Подача (уборка) вагонов на аппарат паромной переправы	T_{19}	0	0	$P_{19,3}$	$P_{19,4}$	$P_{19,5}$	0	$P_{19,7}$	$P_{19,8}$	0	$P_{19,10}$	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,63
Экипировка (подготовка) вагонов (под погрузку)	T_{20}	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	$P_{20,11}$	0	0	0	0	$P_{20,16}$	$P_{20,17}$	$P_{20,18}$	0	$P_{20,20}$	0	0	0,58
Заклочительные операции по погрузке-выгрузке вагонов	T_{21}	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	$P_{21,11}$	0	0	0	0	$P_{21,16}$	$P_{21,17}$	$P_{21,18}$	0	$P_{21,20}$	$P_{21,21}$	0	0,58
Подача (уборка) вагонов на вагоноопрокидыватель	T_{22}	0	0	$P_{22,3}$	$P_{22,4}$	$P_{22,5}$	0	$P_{22,7}$	$P_{22,8}$	0	$P_{22,10}$	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,63
Взвешивание грузовых вагонов	T_{23}	0	0	$P_{23,3}$	$P_{23,4}$	$P_{23,5}$	0	$P_{23,7}$	$P_{23,8}$	0	$P_{23,10}$	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,63
Вероятность технологической операции для инфраструктурного объекта	V	0,80	0,89	0,82	0,75	0,70	0,87	0,77	0,77	0,68	0,75	0,62	0,78	0,90	0,75	0,75	0,78	0,78	0,78	0,67	0,72	0,76	1,0	

Для обеспечения правильности оценки работы припортовых железнодорожных станций как сложных транспортных систем, структура которых предполагает наличие большого количества зависимостей и взаимодействия разнородных элементов (причалы, районные парки, подвижной состав и др.), аппарат моделирования на принципах нечеткой логики может быть наиболее подходящим средством.

Для характеристики пространственных положений системных элементов припортовой ТТС или меры их «транспортного тяготения» в зависимости от расстояний между ними можно использовать интерпретированную гравитационную модель [127] $W_{ij} = p_{ij} \frac{\sum_1^i Q_i \cdot \sum_1^j Q_j}{D_{ij}^2}$, где W_{ij} – величина транспортного тяготения между объектами припортовой ТТС; p_{ij} – коэффициент пропорциональности, равный отношению величины грузопотока объекта к общему грузопотоку припортовой ТТС, $\sum_1^i Q_i, \sum_1^j Q_j$ – годовой грузооборот i -го и j -го системного элемента припортовой ТТС, т; D_{ij} – фактическое расстояние между объектами припортовой ТТС, определенное согласно Тарифным руководствам.

Коэффициент пропорциональности определяется как $p' = Q_i / Q_{\text{общ}}$, при известной величине грузооборота i -го объекта ТТС (станции, районного парка и т. п.) и общего годового грузооборота порта $Q_{\text{общ}}$.

Также применима теория надежности для оценки работы транспортных подсистем как энтропии двух случаев: вероятность занятости p и вероятность свободы $q = 1 - p$. Тогда относительная свобода системы (мера несогласованности [125, 121, 129]) равна $H = -(p \cdot \log_a p + q \cdot \log_a q)$.

Например, для припортовой станции «ТГ» относительная свобода системы равна

$$H = -(0,8 \cdot \log_2 0,8 + 0,2 \cdot \log_2 0,2) = 0,722;$$

$$H = -(0,94 \cdot \log_2 0,94 + 0,06 \cdot \log_2 0,06) = 0,327.$$

Максимальная свобода системы равна $H_{\max} = \log_2 n$; n – общее количество технологических операций,

$$H_{\max} = \log_2 5 = 2,32; H_{\max} = \log_2 9 = 3,17$$

$$R = 1 - \frac{H}{H_{\max}} = 1 - \frac{0,722}{2,32} = 0,69; R = 1 - \frac{0,327}{3,17} = 0,9$$

$$H = -(0,75 \cdot \log_2 0,75 + 0,25 \cdot \log_2 0,25) = 0,811$$

$$H_{\max} = \log_2 8 = 3,0; R = 1 - \frac{H}{H_{\max}} = 1 - \frac{0,811}{3,0} = 0,73.$$

Выполнение основных стационарных транспортных и технологических операций может быть представлено в виде последовательности событий.

Таким образом, эффективность выполнения стационарных транспортно-технологических процессов зависит от взаимодействия элементов системы. С учетом этого технологические линии обслуживания грузо- и поездопотоков на припортовой железнодорожной станции могут быть совмещены с соответствующим уровнем технического оснащения стационарной инфраструктуры и их пространственным расположением.

2.3 Анализ существующих нормативных документов обоснования выбора решений при организации транспортно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт»

В соответствии с Правилами [92] обслуживание морских (речных) портов при перевалке грузов с железной дороги на водный транспорт и обратно предусматривается с припортовых сортировочных (грузовых) станций общей сети железных дорог, специально создаваемых портовых станций или районных парков порта.

Для предварительного выбора схемы обслуживания порта с числом причалов менее четырех рекомендуется система обслуживания порта непосредственно с припортовой станции. При числе причалов четыре и более могут быть применены следующие схемы обслуживания порта:

– при расстоянии между портом и припортовой сортировочной станцией до 7–8 км и размерах грузооборота до 10 млн т в год, а также при расстоянии 12–13 км и грузообороте 5 млн т в год – обслуживание порта из районных парков;

– при расстоянии 13 км и более и грузообороте 15 млн т в год и более – с портовой станции.

Районные парки порта имеют основное назначение – приблизить к причалам и складам железнодорожные вагоны, подготовленные для подачи к местам погрузки-выгрузки. В районных парках, как правило, осуществляются также полная или частичная сортировка и группировка вагонов по причалам и судам. В зависимости от объема работы районные парки могут иметь приемоотправочные и сортировочные пути. Районные парки могут обслуживать 5–6 причалов порта. Наиболее эффективным является размещение районных парков не далее 400–500 м от обслуживаемых причалов.

Схемы портовых станций и районных парков отличаются взаимным расположением путей и при проектировании подразделяются на станции (районные парки) с последовательным расположением парков приемных и сортировочных путей, комбинированным и параллельным расположением парков.

Размещение припортовой станции и подъездных путей к порту по геометрическому признаку выполняется по четырем разработанным схемам (рисунок 2.3): перпендикулярно причалам порта, под углом к причалам порта, параллельно причалам порта, последовательно к причалам порта.

При тупиковой схеме припортовой станции лучшим вариантом является расположение ПрС и территории порта на одной линии (последовательное размещение под углом, близким к 0°), как на большинстве станций АЧБ, при угловом размещении – лучший вариант под углом, близким к $18\text{--}25^\circ$. В этом случае территория, отводимая под соединительный путь и горловину железнодорожной зоны примыкания причалов, занимает минимальное значение.

При перпендикулярном размещении ПрС и портового подъездного пути потери территории под укладку круговых кривых и горловины железнодорожных путей причалов имеют наибольшее значение. Применение такой схемы

примыкания целесообразно при наличии свободной территории или в исторически сложившихся условиях.

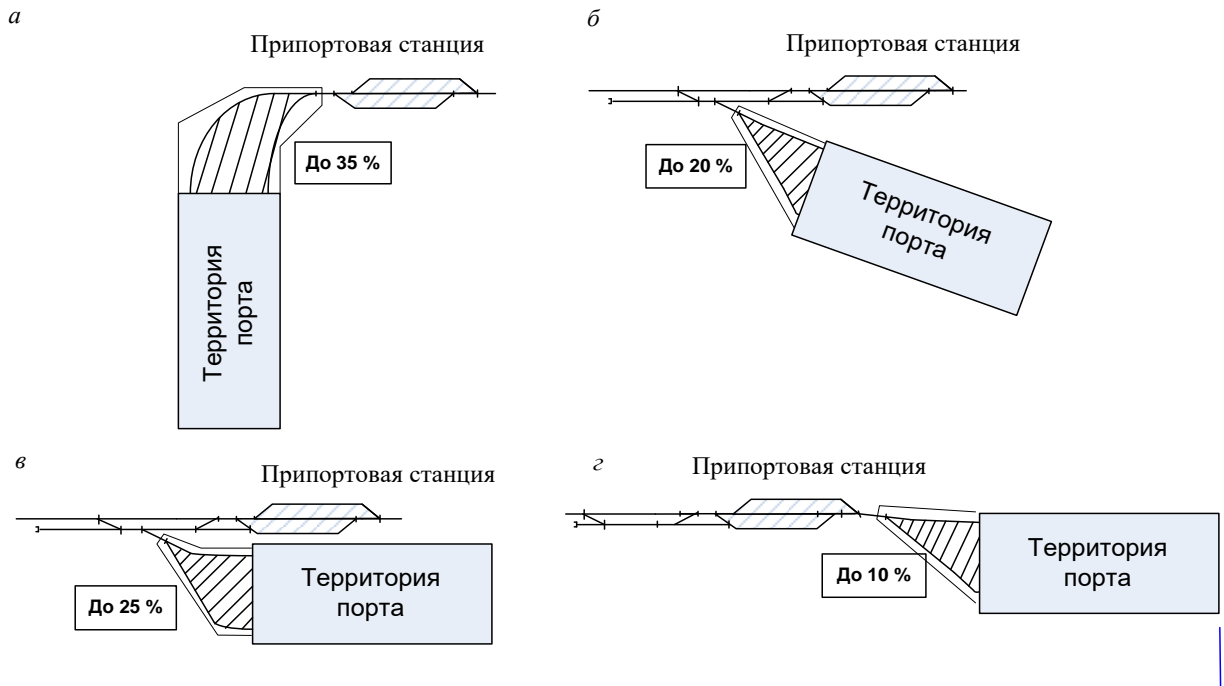


Рисунок 2.3 – Схемы взаимного размещения припортовой станции и территории порта:

а – под углом 90° ; *б* – под углом $18-25^\circ$;

в – параллельное размещение; *г* – последовательное размещение

Параллельное размещение припортовой станции и причалов порта не нарушает общей компоновки ТТС, но имеет недостаток, связанный с угловыми заездами и потерями времени на смену направления движения. Потери территории при этом составляют до 25 %. Параллельное размещение припортовой станции и береговой линии порта с кольцевой схемой движения практически не применяется (рисунок 2.4), но может иметь перспективное значение для наиболее крупных портов. Потери территории, идущей на укладку железнодорожных путей, составляют при этом до 40 %, но они могут компенсироваться поточностью распределения вагонопотоков с минимальными непроизводительными простоями.

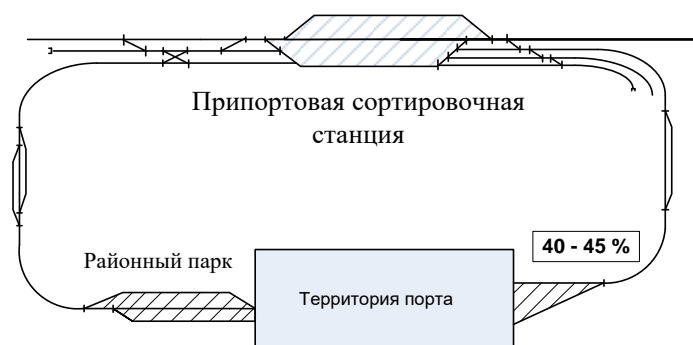


Рисунок 2.4 – Схема возможного размещения припортовой сортировочной станции и береговой линии порта с кольцевой схемой движения

Для обслуживания морских паромных переправ сооружается комплекс устройств, включающий предпаромную станцию, выставочный парк и переходный подъем (аппарель) на надвигной мост. Схема предпаромной станции, как правило, предусматривается двухпарковая. Примыкание выставочного парка и переходного подъема (аппарели) на надвигной мост производится последовательно (Кавказ) или под минимальным углом (Махачкала).

Схемы железнодорожного транспортного обслуживания южнороссийских припортовых ТТС в зависимости от их инфраструктурных показателей ПрС и в соответствии с [22, 23, 92] представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Схемы транспортного обслуживания припортовых станций АЧБ

Станция примыкания (условное обозначение)	Расстояние от оси станции до причала порта, км	Схема железнодорожного транспортного обслуживания причалов порта
Новороссийск (Н) Вышестеблиевская (В)	1,1 26,0	⇔ УСС ⇔ ПрС ⇔ РП ⇔ ПВФ
Туапсе (ТС) Махачкала (М)	1,1 0,4	⇔ УСС ⇔ РП ⇔ ПВФ
Кавказ (КВ) Таганрог (ТГ) Кизитеринка (КЗ) Заречная (З)	0,2 3,6 4,3 1,1	⇔ ПрС ⇔ РП ⇔ ПВФ
Азов (А) Ейск (Е)	2,2 1,2	
Темрюк (ТМ) Усть-Донецкая (У)	2,6 2,2	⇔ ПрС ⇔ ПВФ

Примечание: ПрС – припортовая станция; ПВФ – погрузочно-выгрузочный фронт порта; РП – районный парк; УСС – узловая сортировочная станция

Транспортно-технологические системы южнороссийских припортовых грузовых станций отличаются расположением парков и типом. Количество вариантов тупиковых схем из рассматриваемых станций составляет 60 %, сквозных – 40 %. Станций с последовательным расположением парков, – 20 %, с комбинированным расположением парков – 15 %, параллельного типа – 65 %.

Известно, что количество специализированных приемоотправочных путей припортовой грузовой станции определяют по формуле [51, 92]:

$$m_{\text{по}} = \frac{(N_{\text{п}} t_{\text{п}} + N_0 t_0)(1 + \beta)}{24 - \sum T_{\text{пост}}}, \quad (2.1)$$

где $N_{\text{п}}$, N_0 – расчетное число прибывающих и отправляемых поездов; $t_{\text{п}}$, t_0 – время занятия приемоотправочного пути поездом по прибытии и отправлении, ч; $\beta = 0,01$ – коэффициент, учитывающий отказы устройств; $\sum T_{\text{пост}} = 2$ ч – время занятия пути постоянными операциями, не зависящими от размеров движения.

Время занятия приемоотправочного пути прибывшим поездом определяют по формуле

$$t_{\text{п}} = t_{\text{то}}^{\text{п}} + t_{\text{ож}}^{\text{п}} + t_{\text{пер}}, \quad (2.2)$$

где $t_{\text{то}}^{\text{п}}$ – продолжительность технологических операций по обработке грузового поезда в приемоотправочном парке, для средних условий 0,5...1,0 ч; $t_{\text{ож}}^{\text{п}}$ – среднее время ожидания расформирования передаточного поезда, ч; $t_{\text{пер}}$ – продолжительность занятия пути при перестановке передаточного поезда на вытяжной путь, равное 0,07 ч.

Рассмотрим зависимость (2.1) с точки зрения «чувствительности» к изменению величин поездопотоков, прибывающих и отправляющихся с ПрС.

Если $N_{\text{п}} = N_0$, то $N_{\text{п}} = N_0 = N_{\text{гс}}$, тогда

$$m_{\text{по}} = \frac{N_{\text{гс}}(t_{\text{п}} + t_0)(1 + \beta_{\text{п}})}{24 - \sum T_{\text{пост}}}. \quad (2.3)$$

При $\beta = 0,01$, $\sum T_{\text{пост}} = 2$ ч следует, что

$$m_{\text{по}} = \frac{N_{\text{гс}}(t_{\text{п}} + t_0) \cdot 1,01}{22}. \quad (2.4)$$

Если увеличивается количество грузовых поездов:

$$m_{\text{по}} + \Delta m_{\text{по}} = \frac{(N_{\text{гс}}+1)(t_{\text{зп}}+t_{\text{зо}}) \cdot 1,01}{22}, \quad (2.5)$$

то при расчетном коэффициенте, равном $k = \frac{1,01}{22} = 0,046$, получим

$$\begin{aligned} \Delta m_{\text{по}} &= (N_{\text{гс}} + 1) \cdot (t_{\text{п}} + t_{\text{о}}) \cdot 0,046 - N_{\text{гс}} \cdot (t_{\text{п}} + t_{\text{о}}) \cdot 0,046 = \\ &= (N_{\text{гс}} \cdot t_{\text{п}} + N_{\text{гс}} \cdot t_{\text{о}} + t_{\text{п}} + t_{\text{о}}) \cdot k - (N_{\text{гс}} \cdot t_{\text{п}} + N_{\text{гс}} \cdot t_{\text{о}}) \cdot k = \\ &= k \cdot (N_{\text{гс}} \cdot t_{\text{п}} + N_{\text{гс}} \cdot t_{\text{о}} + t_{\text{п}} + t_{\text{о}} - N_{\text{гс}} \cdot t_{\text{п}} - N_{\text{гс}} \cdot t_{\text{о}}) = k \cdot (t_{\text{п}} + t_{\text{о}}). \end{aligned}$$

Диаграмма зависимости значений $\Delta m_{\text{по}}$ от времени занятия приемоотправочного пути поездом по прибытии и отправлении с учетом коэффициента устройств для припортовых станций АЧБ приведена на рисунке 2.5. Из диаграммы следует, что для крупных припортовых станций значения имеют минимальную величину, а для малых (малодеятельных) ПрС – максимальную величину.

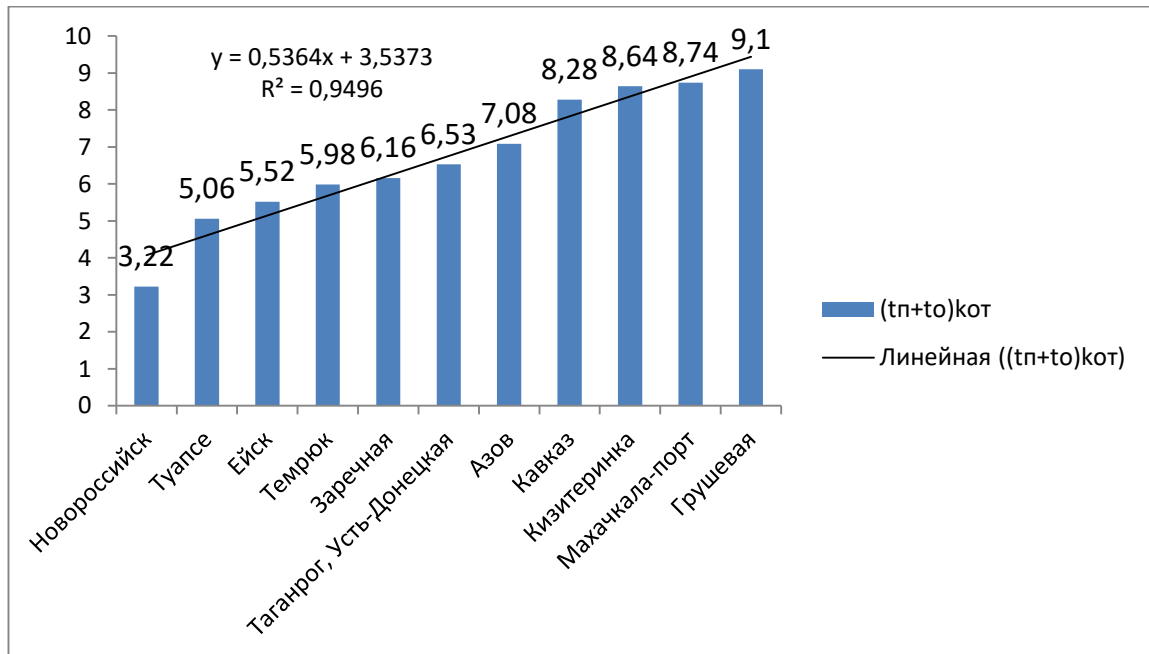


Рисунок 2.5 – Диаграмма зависимости $\Delta m_{\text{по}}$ от времени занятия приемоотправочного пути

Рассмотрим формулу расчета пропускной способности приемоотправочных путей [51, 92] припортовой грузовой станции и ее зависимость от изменения параметров поездопотоков:

$$N_{\text{по}} = \frac{1440 \cdot \alpha_n \cdot \beta \cdot m - \sum T_{\text{пост}}}{t_{\text{зан}}^{\text{по}}(1+\rho)} \quad (2.6)$$

При известных $\alpha_n = 0,75 \dots 0,9$; $\beta = 1,03$; $\sum T_{\text{пост}} = 120$ мин; $\rho_{(1\text{пут})} = 0,3$; $\rho_{(2-x)} = 0,2$ следует, что:

$$N_{\text{по}} = \frac{1440 \cdot 0,85 \cdot 1,03 \cdot m - 120}{t_{\text{зан}}^{\text{по}}(1+0,3)} = \frac{1260 \cdot m - 120}{t_{\text{зан}}^{\text{по}} \cdot 1,3} \quad (2.7)$$

Определим, на какую величину ΔN изменится пропускная способность ПрС при строительстве дополнительного приемоотправочного пути

$$\begin{aligned} N_{\text{по}} + \Delta N &= \frac{1260 \cdot (m+1) - 120}{t_{\text{зан}}^{\text{по}} \cdot 1,3}, \\ \Delta N &= \frac{1260 \cdot (m+1) - 120}{t_{\text{зан}}^{\text{по}} \cdot 1,3} - \frac{1260 \cdot m - 120}{t_{\text{зан}}^{\text{по}} \cdot 1,3} = \\ &= \frac{1260 \cdot m + 1260 - 120 - 1260 \cdot m + 120}{1,3 \cdot t_{\text{зан}}^{\text{по}}} = \\ &= \frac{1260}{1,3 \cdot t_{\text{зан}}^{\text{по}}} = 970 \cdot (t_{\text{зан}}^{\text{по}})^{-1}. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Диаграмма зависимости ΔN от времени занятия приемоотправочного пути $t_{\text{зан}}^{\text{по}}$ грузовым поездом по прибытии и отправлении для припортовых станций АЧБ приведена на рисунке 2.6.

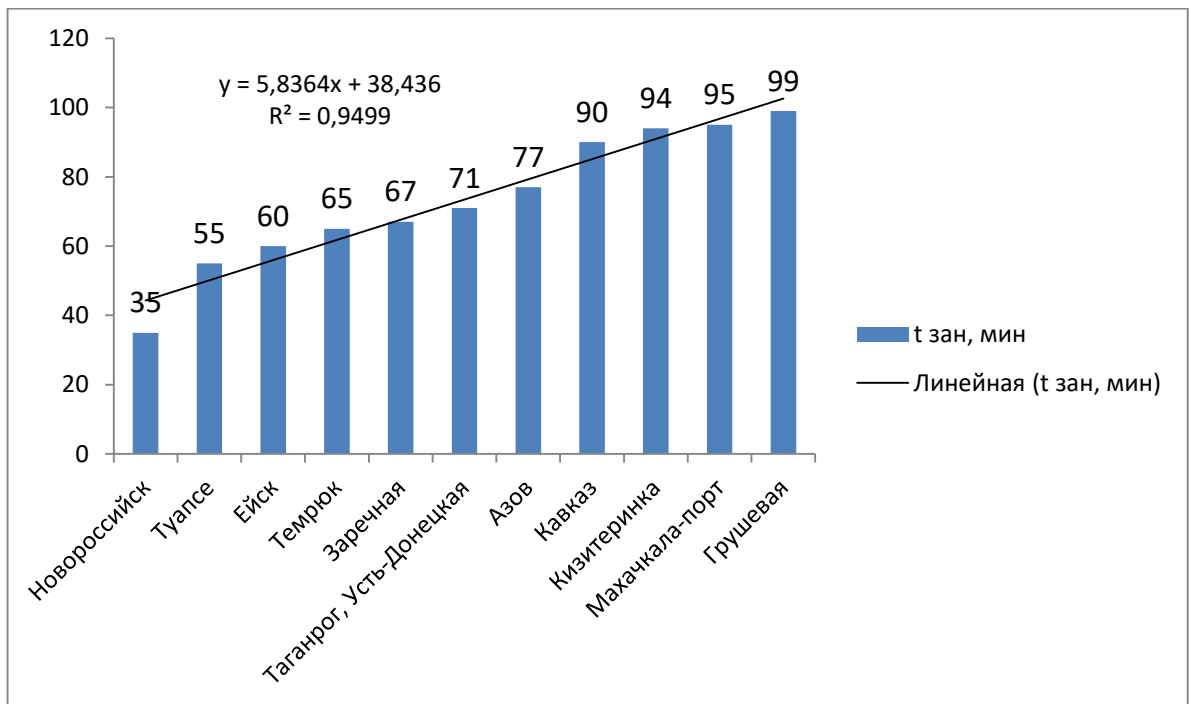


Рисунок 2.6 – Диаграмма зависимости ΔN от времени занятия приемоотправочного пути

Процесс железнодорожной транспортировки припортового грузопотока в любом случае связан с последовательным выполнением технологических операций. На каждом этапе продвижения груза решается задача выбора наиболее рационального из возможных вариантов с учетом перспективы предстоящих транспортных событий.

2.4 Формирование и оценка транспортно-технологических моделей припортовых железнодорожных станций

Известно, что система «железнодорожная станция – порт» – это сложная транспортно-технологическая система (ТТС), состоящая из комплекса взаимосвязанных подсистем, обеспечивающих перевозочный процесс грузов и пассажиров. Они являются аккумулялирующими, управляющими и распределяющими центрами [2, 3, 11]. На припортовых станциях концентрируется поездная, маневровая, сортировочная, грузовая и коммерческая работа с вагонопотоками назначением на грузовые фронты порта и пути необщего пользования предприятий данного региона. При этом методы моделирования транспортных процессов должны в достаточной мере отображать схему путевого развития и технологию.

Рассмотрим моделирование транспортно-технологических процессов припортовых железнодорожных станций на основе комбинированных методов теории вероятностей, имитационного моделирования, теории надежности и многофакторного анализа. ТТС станции можно представить в виде блоков – объектов управления (парков, устройств), имеющих свои параметры надежности при последовательно-параллельных связях (парки, соединительные, ходовые ж.-д. пути). В соответствии с [35, 75, 110, 129] при последовательном соединении объектов управления ТТС надежности p_1, p_2, \dots, p_n блоков приводят к надежности P системы: $P = p_1 \cdot p_2 \dots p_n$. В случае параллельного соединения – к надежности P' системы: $P' = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2) \dots (1 - p_n)$.

Для характеристики степени надежности системы примем вероятности распределения продолжительности интервалов времени между поступлением заявок (прибытием транспортных единиц) припортовой станции на обслуживание и время безотказной работы всей системы, которые подчиняются закону Пуассона и имеют экспоненциальное распределение. Иными словами, последовательное или параллельное соединение нескольких «экспоненциальных» блоков формирует «экспоненциальное» устройство, время безотказной работы которого распределено по экспоненциальному закону распределения вероятностей. Так как блоки системы отказывают независимо друг от друга, время безотказной работы r -го блока, при $r = 1, 2, \dots, n$, имеет экспоненциальное распределение $E(\lambda_r)$ с заданным параметром λ_r . Функция времени безотказной работы $R(t)$ как некоторой случайной величины ξ – времени безотказной работы технического устройства в целом – равна $R(t) = P(\xi > t)$ при $t \geq 0$.

Если принять $\xi \sim E(\lambda_r)$, то $R(t) = e^{-\lambda t}$. Так как $\xi = \min\{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n\}$ и для всякого $t > 0$, $P(\xi > t) = P(\xi_1 > t) \cdot P(\xi_2 > t) \dots P(\xi_n > t)$, то с учетом вышесказанного вероятность разрывов между поступлениями заявок для последовательно соединенных объектов будет равна $R(t) = P(\xi > t) = e^{-\lambda_1 t} \cdot e^{-\lambda_2 t} \dots e^{-\lambda_n t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t}$, где λt – среднее прибытие заявок за время t .

Для параллельно соединенных объектов в транспортной системе узла

$$\begin{aligned} R'(t) &= P'(\xi > t) = 1 - P(\xi < t) = 1 - P(\xi_1 < t, \xi_2 < t, \dots, \xi_n < t) = \\ &= 1 - (1 - e^{-\lambda t})^n. \end{aligned}$$

Время безотказной работы такой системы равно

$$T = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n} = \frac{1}{1/T_1 + 1/T_2 + \dots + 1/T_n},$$

где T_1, T_2, \dots, T_n – средние сроки безотказной работы 1-го, 2-го, ..., n -го блоков (объекта ГТС припортовой станции).

Из данной зависимости следует, что увеличение количества параллельно работающих блоков может оказаться неоправданным. Поэтому вопрос насыщения путевого развития припортовой станции параллельными транспортными связями

должен решаться комплексно на основе технико-экономического обоснования. Также неоправдан рост количества пунктов обработки подвижного состава, расположенных между станцией и портом, так как при этом возрастает величина средней задержки поставки груза по причине уменьшения надежности, что вызывает рост приведенных затрат [86].

Выполнение основных стационарных транспортных и технологических операций может быть представлено отдельными циклическими подсистемами. Подсистема транспортных циклов состоит из движущихся операций: прием поездов в расформирование, следование поездного локомотива на экипировку в депо, заезд маневрового локомотива под состав, надвиг состава на горку, расформирование вагонов, перестановка вагонов в приемоотправочный парк, подача и уборка вагонов на грузовые фронты мест общего и необщего пользования, грузовые фронты порта и т. п. Подсистема технологических циклов включает технические операции: коммерческий и технический осмотр составов, определение технических параметров вагонов (вес, скорость роспуска), сортировку груженых вагонов при расформировании, накопление вагонов и формирование составов, экипировка и ремонт локомотивов, ремонт вагонов, погрузка и выгрузка грузов, прицепка-отцепка локомотивов, проба автотормозов и т. п. Транспортная система станции представляет совокупность фаз обслуживания заявок, каждая из которых начинается и заканчивается базисным элементом (парки, грузовые фронты и т. п.). Между базисными элементами могут быть несколько промежуточных элементов. В соответствии с [86] на рисунке 2.7 приведена укрупненная схема взаимодействия фаз обслуживания заявок технологическими линиями станции, где $\alpha_1, \alpha_2 \dots, \alpha_n$ – начальные базисные элементы входа, $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ – конечные элементы выхода, $\beta_1, \beta_2 \dots, \beta_n; \gamma_1, \gamma_2 \dots, \gamma_n$ – промежуточные элементы.

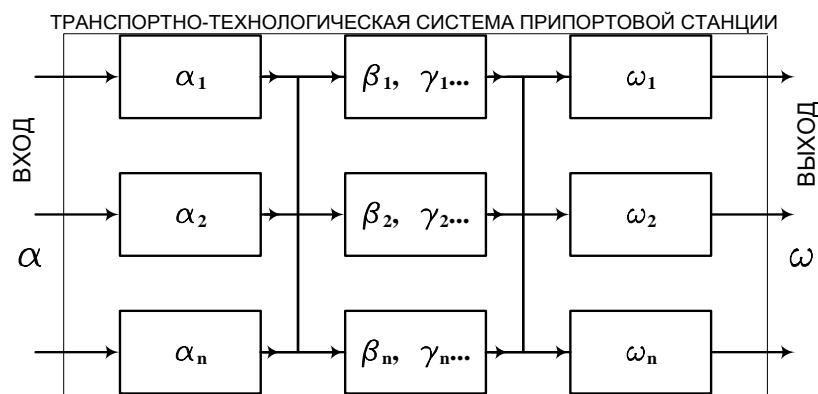
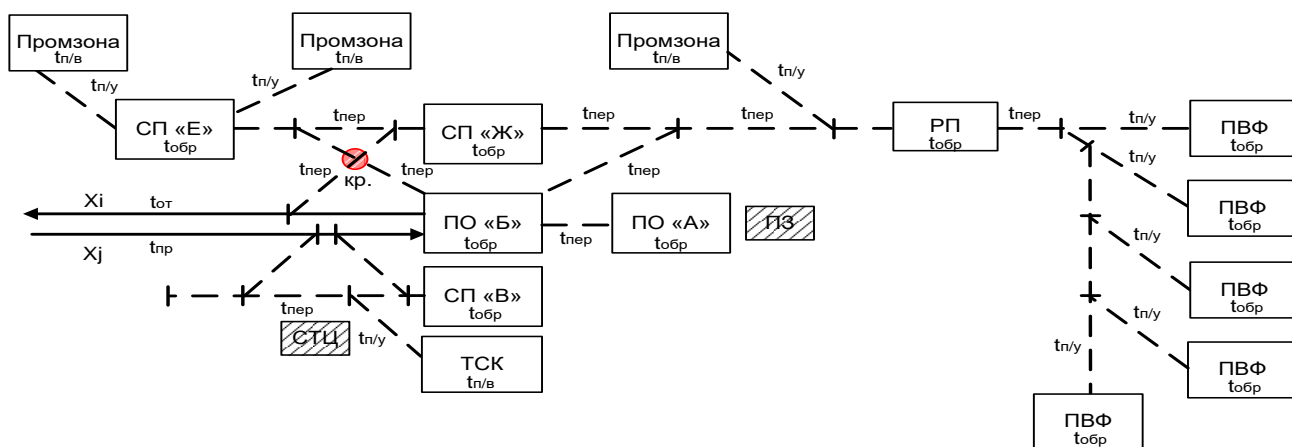


Рисунок 2.7 – Схема взаимодействия фаз обслуживания припортовой грузовой станции

Разработанные транспортно-технологические модели южнороссийских припортовых железнодорожных станций приведены на рисунке 2.8 и в Приложении Б. По каждому варианту ТТС представлены формулы определения показателей надежности станционной инфраструктуры.



Надежность ТТС станции «ТГ»: $P_{ТГ} = p_{п01} \cdot p_{п02} \cdot [1 - (1 - p_{сп2})] \cdot [1 - (1 - p_{сп1})(1 - p_{тск})] \cdot p_{сп3} \times$
 $\times [1 - (1 - p_{п1})(1 - p_{п2})] \cdot p_{рп} \cdot [1 - (1 - p_{п3})] \cdot p_{пвф1} \cdot [1 - (1 - p_{пвф2})(1 - p_{пвф3})(1 - p_{пвф4})(1 - p_{пвф5})] \cdot P_{кр},$
 где $P_{кр} = [1 - (1 - p_{п01} \cdot p_{сп3} \cdot p_{п2})(1 - p_{п1})] \cdot [1 - (1 - p_{сп2})].$

Рисунок 2.8 – ТТС припортовой станции «ТГ» согласно схеме станции (рисунок А.6, Приложение А)

Известно, что организация транспортных процессов, связанных с передачей подвижного состава по устройствам обслуживания железнодорожной станции

(порта) имеет жесткую регламентацию, определенную технологическими процессами, инструкциями, правилами и т. п. Но одна и та же модель сложного транспортного объекта при различных параметрах эксплуатации может интерпретироваться и восприниматься по-разному, давая иногда противоречивые результаты. В транспортной системе при взаимодействии лица, принимающего решения (ЛПР), и материальных, информационных, цифровых объектов часто имеет место вариативность управленческих решений, с необходимостью выполнения логически обоснованных действий, которые являются по сути нечеткими, учитывающими возможные сопутствующие события как параллельного действия, так и противоположного. Это позволяет говорить о развитии методов аналитического моделирования транспортно-технологических процессов припортовых станций на принципах нечетких функциональных зависимостей.

2.5 Выводы по главе

Во второй главе проведен анализ теорий и методов отечественного и зарубежного опыта расчета и обоснования рациональных параметров производственно-транспортных процессов в системе «припортовая станция – порт». Определены проблемы во взаимодействии ПрС и портов АЧБ.

Установлено, что в управлении транспортными объектами и грузопотоками традиционно используются научные методы, основанные на линейном и динамическом программировании, теории массового обслуживания, теории надежности, теории графов, теории вероятностей, имитационном моделировании; применяются программно-целевой и балансовый метод в экономико-математических моделях, а также новые интуитивные и логистические методы на основе нейросетевого подхода и нечеткой логики. Их использование обосновано значительной сложностью исследуемых транспортных систем, частой невозможностью учета совместного влияния противоречивых внешних и внутренних факторов.

Анализ отечественных и зарубежных научных работ свидетельствует о необходимости дальнейших исследований по поиску эффективных форм транспортного взаимодействия на основе новой парадигмы – цифровизации логических решений в управлении. При формировании транспортных моделей часто возникают многовариантные решения по последовательности организации цепи доставки груза, которые могут быть подкреплены соответствующими нейронечеткими алгоритмами. В связи с этим возрастает научный интерес к применению положений теории размытых (нечетких) множеств в решении транспортных задач, использующих принципы нечеткой логики. Развитие методов теории нечетких множеств (ТНМ) может послужить одной из основ цифровизации инфраструктурно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт». Рассмотрению этих методов посвящена третья глава настоящего исследования.

3 РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИНФРАСТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РЕГИОНАЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПРИПОРТОВОЙ СИСТЕМЕ НА ПРИНЦИПАХ НЕЧЕТКОГО АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

3.1 Рефлексия закономерностей и факторов, определяющих уровень инфраструктурно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт»

Моделирование транспортных процессов таких сложных систем, как «железнодорожная станция – порт», должно удовлетворять следующим принципам отображения:

- отображать схему транспортной инфраструктуры, поскольку схема является качественной характеристикой, существенно влияющей на её количественные показатели;
- отображать технологию работы;
- отображать случайные процессы;
- отображать степень управления в системе, поскольку выбор управляющего воздействия на систему зависит от реального её состояния в данный момент времени.

Согласно общей классификации [60, 70] транспортно-технологические процессы бывают медленно протекающие, средней скорости и быстро протекающие. К медленно протекающим процессам относятся стратегические прогнозы развития транспортно-технологических систем узлов на 20–30 лет, которые имеют самую высокую степень неопределенности и зависимости от социально-экономических и геополитических факторов. Процессы средней скорости включают прогнозы развития железнодорожной транспортно-технологической системы на год, квартал, месяц. Быстро протекающие процессы связаны с переходом подвижного состава по станционным элементам

обслуживания (блокам), циклам погрузки-выгрузки, маневровым процессам по подаче-уборке вагонов и т. п.

Научные исследования в данной области транспортной науки выполняются, но однозначных рекомендаций по-прежнему нет. Например, в исследованиях [175] по определению влияния скорости транспортного обслуживания подвижного состава на скорость наращивания мощности стационарной структуры предлагается использовать зависимость $V_S \cong a \cdot V_T \cdot e^{-nb}$, где V_S, V_T – соответственно скорость наращивания мощности стационарной структуры и скорость выполнения технологических операций; n – количество операций в единицу времени; a, b – эмпирические коэффициенты, зависящие от вида раздельного пункта. Но следует отметить достаточную сложность определения и неоднозначность выбора эмпирических коэффициентов (a, b).

Для формирования модели связанного перехода подвижного состава по транспортным блокам системы «железнодорожная станция – порт» необходимо определить параметры технологических процессов: пропускную способность транспортной инфраструктуры, количество и вместимость ж.-д. путей, количество и тип маневровых средств, техническое оснащение мест погрузки-выгрузки, возможные варианты управления транспортным обслуживанием, продолжительность нахождения подвижного состава и др.

Для описания стационарных транспортных процессов в разрабатываемой методике приняты следующие параметры:

- количество взаимодействующих видов транспортных подсистем;
- количество технологических цепочек, выполняемых отдельными подсистемами по обслуживанию пассажиро- и грузопотоков;
- количество циклов обслуживания, последовательность или параллельность работы подсистем станции;
- количество связей между инфраструктурными элементами;
- количественные и качественные параметры работы инфраструктурных элементов.

Поскольку железнодорожная припортовая станция обслуживает многопараметрические, многономенклатурные и неоднородные грузопотоки, то на скорость обслуживания влияют временная неравномерность (внутрисуточные, внутринедельные, сезонные колебания), пространственная неравномерность размещения грузовых фронтов, график движения поездов, план формирования и т. п.

Одним из критериев оценки скорости транспортных процессов является временная характеристика использования элементов транспортных подсистем по времени и длительность их занятия. Если станционная система имеет резервы пропускной и перерабатывающей способности, то непроизводительные простои подвижного состава и механизмов сведены к минимуму. Если же ТТС станции имеет нерациональные связи, недостаточную мощность станционных и производственных устройств, то продолжительность нахождения местного вагона значительно возрастает с увеличением очереди и темпа прибытия и уменьшением скорости обслуживания.

В соответствии с существующей методикой [51], на основе данных об инфраструктурных параметрах станций, сведений о подходах и выходах, парках, стрелочных горловинах, сортировочных горках и вытяжных путях, сведений о поездопотоках за 2020 г., проходящих, формируемых или расформировываемых на припортовых станциях АЧБ, определены показатели пропускной и перерабатывающей способности (таблицы В.1, В.2, Приложение В) в автоматизированной системе АС ТРА. Из таблиц следует, что для некоторых ПрС коэффициент использования пропускной (перерабатывающей) способности парков и горловин превышает значение 0,7. Например, для Новороссийска он составляет 0,789, для Туапсе – 0,880, Ейска – 0,799, Заречной – 0,976, для парков: Заречная – 0,857, Кизитеринка – 0,985. Но автоматизированная система расчета пропускной и перерабатывающей способности станций (АС ППСС) не дает рекомендаций по оптимизации путевого развития и технологии работы, что еще раз подтверждает необходимость исследований в области оптимизации транспортных процессов ПрС.

3.2 Аксиоматика железнодорожного транспортного обслуживания в местах концентрации и распределения припортовых грузопотоков

Разрабатываемая в диссертации аксиоматика станционных транспортно-технологических процессов (АСТТП) представляет собой логическую спецификацию транспортных процессов и структур в исполнимом логическом языке в исчислении предикатов первого порядка с равенством. Исполнение этой спецификации дает логическую модель (прототип) процесса или структуры станции. Модель предназначена для анализа состоятельности проектных решений, оценки последствий предпринимаемых действий, может быть использована для диагностики аварийных режимов и ситуаций.

В работе принят подход [60, 70, 72, 120, 125, 159, 170], основанный на языке логики в исчислении предикатов первого порядка с равенством. Язык обладает вычислимой семантикой, основу которой составляют модели из констант, кодирующих объекты предметной области. Исполнение (интерпретация) аксиоматической спецификации в этом языке дает возможность быстрого получения логической модели объекта, демонстрирующей все логически связанные элементы и взаимодействия.

На первом этапе составляется описание исследуемого объекта в данном логическом языке. Описание включает в себя перечень элементов, их атрибутов, отношений между ними, правила (аксиомы), индуктивно определяющие эти объекты и задающие ограничения на их структуру или поведение. Таким образом, они описывают условия функционирования моделируемой системы, аварийные положения и т. п. Второй этап предполагает использование интерпретаторов спецификаций, целью которых является построение логической модели (прототипа) станционного объекта. В процессе интерпретации диагностируются логические ошибки и наличие недопустимых или нежелательных свойств и ситуаций, также описанных аксиомами.

В спецификациях используются аксиомы разных типов. Определение логической структуры систем и процессов задается формулами вида

$\forall \bar{x}(\varphi(\bar{x}) \rightarrow \psi(\bar{x}))$, где \bar{x} – вектор переменных, $\varphi(\bar{x})$ – конъюнкция отношений (предикатов), равенств термов или их отрицаний, $\psi(\bar{x})$ – конъюнкция предикатов и термов, рассматриваемых как определение отношения или функции в логической модели. Особое подмножество определений – исходные факты – задаются атомарными формулами, в которых вместо переменных используются константы, кодирующие объекты предметной области. Ограничения на полученную логическую структуру задаются произвольными формулами исчисления предикатов, возможно, с ограниченными кванторами.

Интерпретатор реализует прямой логический вывод по аксиомам-определениям, используя исходное множество фактов. По определениям интерпретатором строится логическая модель (прототип), на которой затем проверяются ограничения.

Для спецификаций определено понятие корректности, включающее свойства полноты определения функций, непротиворечивости относительно аксиом равенства и непротиворечивости относительно использования отрицаний. Доказано, что интерпретатор не заикливается, строит модель, если она существует, и диагностирует ошибки в противном случае.

Для представления динамических аспектов в логические формулы включаются переменные времени. Переменные пробегают конечные отрезки дискретного набора точек, каждая из которых может задаваться либо конкретным временем (на железнодорожной станции – часы, минуты в пределах суток), либо событием (именем). Для приводимых ниже фрагментов аксиоматического описания задание временных констант и интервалов ориентировано на динамику процессов припортовой грузовой станции «ТГ».

Ниже приведен фрагмент описания прототипа структуры ПрС. Для описания данной логической модели используются следующие сокращения: ПП – пассажирский поезд; МГП – маршрутный грузовой поезд; СГП – сборный грузовой поезд; ПЛ – поездной локомотив; МЛ – маневровый локомотив; ГВ – группа вагонов; С – состав; ПСЖ – пассажиры; ПБ – почта и багаж; В – вагоны.

В описания помимо аксиом включается сигнатура: перечень доменов (сортов) – областей определения предикатов и функций и областей значений для функций; перечень отношений с заданием типов их аргументов; перечень функций с заданием типов их аргументов и типов значений; перечень констант, используемых в аксиомах, с указанием их типов.

Пример описания аксиом ТП ПрС:

Sorts:

ОБЪЕКТЫ = ПАРКИ \cup ПУТИ \cup УСТРОЙСТВА \cup Д_ОБЪЕКТ \cup С_ОБЪЕКТ.

Relations:

прием-отправление (чего, куда-откуда, время): Д_ОБЪЕКТ \times (ПАРКИ \cup ПУТИ) \times ВРЕМЯ;

закрепление-ограждение (чего, где, время): Д_ОБЪЕКТ \times (ПАРКИ \cup ПУТИ) \times ВРЕМЯ;

прицепка-отцепка (чего, к чему, где, время): Д_ОБЪЕКТ \times С_ОБЪЕКТ \times (ПАРКИ \cup ПУТИ) \times ВРЕМЯ;

заезд-выезд (чего, куда, время): Д_ОБЪЕКТ \times (ПАРКИ \cup ПУТИ) \times ВРЕМЯ.

Functions:

тип(чего): ПАРКИ \cup ПУТИ \cup УСТРОЙСТВА \cup Д_ОБЪЕКТ \cup С_ОБЪЕКТ \rightarrow ПАРКИ \cup ПУТИ \cup УСТРОЙСТВА \cup Д_ОБЪЕКТ \cup С_ОБЪЕКТ;

v (чего, где, когда): (Д_ОБЪЕКТ \cup С_ОБЪЕКТ) \times (ПАРКИ \cup ПУТИ \cup УСТРОЙСТВА) \times ВРЕМЯ \rightarrow ЧИСЛО – вероятность выполнения технологической операции в парковом элементе в заданное время.

Constants:

‘P₁’, ‘P₂’, ‘P₈’: \rightarrow ПАРКИ;

‘P₃’, ‘P₅’, ‘P₆’, ‘P₇’, ‘P₉’ \rightarrow ПУТИ;

‘P₄’, ‘P₁₀’ \rightarrow УСТРОЙСТВА;

‘ПП’, ‘МПП’, ‘СГП’, ‘ПЛ’, ‘МЛ’, ‘С’ \rightarrow Д_ОБЪЕКТ;

‘ПСЖ’, ‘ПБ’, ‘ТВ’, ‘В’ \rightarrow С_ОБЪЕКТ.

Данные таблицы 2.1 (см. главу 2) имеют аксиоматический аналог: приведенные в ней зависимости можно представить в виде аксиом-определений.

Например, по строке T_2 («прием (отправление) сборного грузового поезда»):

Definition:

$\forall x, y, t$ (прием-отправление (x, y, t) & тип(x) = 'СГП' & тип(y) = 'P₂' $\rightarrow v(x, y, t) = 1$);

$\forall x, y, t$ (прием-отправление (x, y, t) & тип(x) = 'СГП' & (тип(y) = 'P₆' \vee тип(y) = 'P₇') $\rightarrow v(x, y, t) = 0,67$).

По строке T_{10} («закрепление, ограждение состава» перед операцией «технический осмотр состава (группы вагонов)»):

$\forall x, y, t$ (закрепление-ограждение (x, y, t) & тип(x) = 'С' & (тип(y) = 'P₁' \vee тип(y) = 'P₂' \vee тип(y) = 'P₆' \vee тип(y) = 'P₇') $\rightarrow v(x, y, t) = 0,75$).

$\forall x, y, t$ (закрепление-ограждение (x, y, t) & тип(x) = 'С' & (тип(y) = 'P₃' \vee тип(y) = 'P₄' \vee тип(y) = 'P₅' \vee тип(y) = 'P₈' \vee тип(y) = 'P₉' \vee тип(y) = 'P₁₀') $\rightarrow v(x, y, t) = 0$).

По строке T_7 («заезд (выезд) поездного (маневрового) локомотива»):

$\forall x, y, t$ (заезд-выезд (x, y, t) & (тип(x) = 'ПЛ' \vee тип(x) = 'МЛ') & (тип(y) = 'P₁' \vee тип(y) = 'P₂' \vee тип(y) = 'P₆' \vee тип(y) = 'P₇' \vee тип(y) = 'P₁₀') $\rightarrow v(x, y, t) = 1$).

$\forall x, y, t$ (заезд-выезд (x, y, t) & (тип(x) = 'ПЛ' \vee тип(x) = 'МЛ') & (тип(y) = 'P₃' \vee тип(y) = 'P₅' \vee тип(y) = 'P₈' \vee тип(y) = 'P₉') $\rightarrow v(x, y, t) = 0,67$).

$\forall x, y, t$ (заезд-выезд (x, y, t) & (тип(x) = 'ПЛ' \vee тип(x) = 'МЛ') & тип(y) = 'P₄' $\rightarrow v(x, y, t) = 0$).

По строке T_8 («прицепка (отцепка) маневрового (поездного) локомотива»):

$\forall x, z, y, t$ (прицепка-отцепка (x, z, y, t) & тип(x) = 'МЛ' & (тип(y) = 'P₁' \vee тип(y) = 'P₂' \vee тип(y) = 'P₆' \vee тип(y) = 'P₇' \vee тип(y) = 'P₉') $\rightarrow v(x, y, t) = 1$);

$\forall x, z, y, t$ (прицепка-отцепка (x, z, y, t) & тип(x) = 'МЛ' & (тип(y) = 'P₃' \vee тип(y) = 'P₄' \vee тип(y) = 'P₈') $\rightarrow v(x, y, t) = 0,81$).

$\forall x, z, y, t$ (прицепка-отцепка (x, z, y, t) & тип(x) = 'МЛ' & (тип(y) = 'P₅' \vee тип(y) = 'P₁₀') $\rightarrow v(x, y, t) = 0$).

Эти аксиомы задают (индуктивно определяют и доопределяют) функции и отношения между объектами модели станции. В приведенных примерах задается функция v вероятности осуществления конкретных операций для объектов транспортной структуры. Пример определения отношений «занят, находится, свободен» (фрагмент описания для станции) [120, 159]:

$$\forall x, t (\text{идет_в}(x, \text{'Seaport'}, t) \ \& \ \text{свободен}(\text{'Seaport'}, t + i_4) \rightarrow \text{находится}(x, \text{'SeaPort'}, t + i_4) \ \& \ \text{занят}(\text{'Seaport'}, t + i_4));$$

$$\forall x, y, t, t_1 (\text{идет_в}(x, y, t) \ \& \ t_1 = t + c \rightarrow \text{находится}(x, y, t_1));$$

$$\forall x, t, t_1 (\text{находится}(x, \text{'SeaPort'}, t) \ \& \ t_1 = t + i_5 \ \& \ \neg \text{ждет_накопления}(x, t_1) \rightarrow \text{идет_в}(x, \text{'B'}, t_1) \ \& \ \text{свободен}(\text{'SeaPort'}, t_1)).$$

Интерпретация аксиом-определений реализует построение логической модели – прототипа моделируемой станционной системы. В ходе интерпретации анализируются логические ошибки – неполнота задания модели (неопределенные функции) и противоречия АСТП. Но этих аксиом может быть недостаточно для анализа работы станции или ее структуры.

Модель может быть правильна с математической точки зрения, но не состоятельна практически. Для анализа аварийных и неприемлемых ситуаций задаются аксиомы-ограничения. Они могут быть представлены произвольными логическими формулами в принятом языке, с ограниченными кванторами. Эти аксиомы не задают модель, а только проверяются (проверяется их истинность) на построенной по определениям модели.

Например, невозможность одновременного выполнения операций T_2 и T_6 можно представить одним из способов:

Restrictions:

1) $\forall x_1, x_2, y, t_1, t_2$ (прием-отправление (x_1, y, t_1) $\&$ тип $(x_1) = \text{'СГП'}$ $\&$ прицепка-отцепка (x_2, x_1, y, t_2) $\&$ тип $(x_2) = \text{'МЛ'}$ $\&$ $t_1 \neq t_2$);

2) $\neg \exists t_1, t_2$ (прием-отправление (x_1, y, t_1) $\&$ тип $(x_1) = \text{'СГП'}$ $\&$ прицепка-отцепка (x_2, x_1, y, t_2) $\&$ тип $(x_2) = \text{'МЛ'}$ $\&$ $t_1 = t_2$);

3) $\neg \exists t$ (прием-отправление (x_1, y, t) & тип $(x_1) = \text{'СГП'}$ & прицепка-отцепка (x_2, x_1, y, t) & тип $(x_2) = \text{'МЛ'}$);

4) с включением вероятностей:

$\forall x_1, x_2, y, t$ (прием-отправление (x_1, y, t) & тип $(x_1) = \text{'СГП'}$ & прицепка-отцепка (x_2, x_1, y, t) & тип $(x_2) = \text{'МЛ'}$ & $(v(x_1, y, t) = 0 \vee v(x_2, y, t) = 0)$).

Другой пример ограничений – допустимые последовательности операций. Например, ограничение: операция T_8 должна выполняться после $T_{10(11)}$, а операция T_9 – после T_8 , можно записать следующим образом:

1) $\forall x_1, x_2, y, t_1, t_2, t_3$ (закрепление-ограждение (x_1, y, t_1) & тип $(x_1) = \text{'С'}$ & заезд-выезд (x_2, y, t_2) & (тип $(x) = \text{'МЛ'}$ & прицепка-отцепка $(x_2, x_1, y, t_3) \rightarrow t_1 < t_2$ & $t_2 < t_3$);

2) с анализом вероятности:

$\forall x_1, x_2, y, t_1, t_2, t_3$ (закрепление-ограждение (x_1, y, t_1) & тип $(x_1) = \text{'С'}$ & заезд-выезд (x_2, y, t_2) & (тип $(x) = \text{'МЛ'}$ & прицепка-отцепка $(x_2, x_1, y, t_3) \rightarrow t_1 < t_2$ & $t_2 < t_3$ & $v(x_2, y, t_3) = v(x_1, y, t_1) \cdot v(x_2, y, t_2)$).

Временной разрыв между окончанием предыдущей операции и началом следующей может быть выражен временными константами, принятыми для конкретной станции или процесса. На основании определенных вероятностных параметров АСТП определяется их совместное воздействие с учетом последовательности или параллельности выполнения.

АСТП с последующим построением и анализом логической модели позволяют выявить «узкие» места путевого развития станции и технологии, которые являются причиной появления задержек в системе «станция – порт». В результате работы интерпретаторов АСТП можно получить сведения о простое вагонов на станции и причалах порта, о степени загрузки элементов и устройств, о требуемом количестве подвижного состава и маневровых средств. Выбранные логические средства хорошо показали себя как инструмент быстрого прототипирования.

Спецификации легко модифицируются, тестируются, пополняются и интегрируются, образуя библиотеки аксиом. Эффективность интерпретатора зависит только от вида формул. Поэтому детализация описаний существенно не влияет на ресурсоемкость построения прототипов. По результатам параметров АСТТП можно делать вывод о степени насыщения путевого развития ПрС параллельными и последовательными транспортными связями, их надежности и величине затрат на пропуск мультимодального грузопотока.

Алгоритм формирования АСТТП рассмотрим на примере тупиковой припортовой станции «ТГ». Схема станции включает в себя пять парков: парк «А» – пассажирский, парк «Б» – приемоотправочный, парк «Г» – грузовой двор, парки «Е» и «Ж» – сортировочные. К станции примыкают 14 подъездных путей, девять из которых обслуживаются локомотивами железной дороги, а пять имеют собственные локомотивы, в том числе АО «Морской торговый порт». На его территории находятся пять грузовых и два пассажирских причала. Грузовые причалы являются универсальными, здесь применяется крановая система механизации. Мощность перегрузочного комплекса порта составляет до 2,0 млн т в год. Основными грузами являются руда, черные и цветные металлы, уголь, контейнеры, оборудование, фрукты.

Первоначально интерпретируем исходную таблицу 2.1 (см. главу 2) в обобщенную форму, содержащую вероятностные значения взаимосвязей технологических операций и станционных модулей путевого развития (таблица 3.1), разработанных по авторской методике логического взаимодействия.

Таблица 3.1 – Сводная вероятностная матрица связи основных технологических операций и станционных модулей путевого развития

Сводная вероятностная матрица связи основных технологических операций и станционных модулей путевого развития																										
Технологические операции	Мод.	GL	PP	PG	PS	PSO	PV	PR	GFO	GFN	GFP	SU	PO	PPV	VV	VO	LH	VH	EU	AP	BO	FS	FN	Si	KR	
1) Прием (отправл) пасс. (пригород.) поезд	T1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
2) Прием (отправл.) грузового поезда	T2	1	0	1	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3) Прием (отправл) грузового маршрута	T3	1	0	1	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
4) Посадка (высадка) пассажиров	T4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5) Прием (выдача) багажа	T5	0	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6) Прицепка (отцепка) грузовых (пасс.) ваг	T6	0	1/2	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	0	1/2	1/2	1/2	1/2	0	1/2	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1	0	
7) Заезд (выезд) ман. (поездн.) локомотива	T7	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1	0	
8) Прицепка (отцепка) ман. (поездн.) локомотива	T8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1	0	
9) Подача-уборка (перестановка) состава (группы) вагонов	T9	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	1	1/2	1/2	1/2	1	0	
10) Технический осмотр состава (группы) вагонов	T10	0	1	1	1/2	1	1	1/2	0	0	0	0	1/2	1/2	0	0	0	1	0	0	0	1/2	1/2	0	0	
11) Коммерческий осмотр состава (группы) вагонов	T11	0	0	1	1/2	1	1	1	1/2	1/2	1/2	0	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	1/2	1/2	1/2	0	0	
12) Расформиров. (формирование) состава	T12	0	0	1/2	1	1	0	1/2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
13) Прием(сдача) состава (группы) вагонов	T13	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/2	1/2	1/2	0	0	
14) Погрузка-выгрузка (слив-налив) вагонов	T14	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1/2	1/2	1/2	0	1	1	1	0	0	
15) Расстановка (сборка) вагонов	T15	0	0	0	1/2	1/2	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1/2	1/2	0	1	1	1	1	0	
16) Накопление вагонов (ожидание отправки)	T16	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1/2	0	0	0	0	0	0	1/2	0	0	0	0	
17) Экипировка ман. (поездн.) локомотива	T17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/2	0	1	0	0	0	0	0	0	
18) Ремонт вагонов	T18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
19) Подача (уборка) ваг. на аппарат паром	T19	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	1/2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
20) Экипировка, подготовка под погр. ваг	T20	0	0	0	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
21) Заключит. операции по погр.-выгр. ваг	T21	0	0	0	0	0	1/2	1/2	1	1	1	0	0	1/2	0	0	1/2	1/2	1/2	0	1/2	1	1	0	0	
22) Подача (уборка) вагонов на вагоноопро	T22	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	1/2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
23) Взвешивание вагонов на ваг. весах	T23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Сумма количества используемых операций	ΣN	5	9	13	14	14	14	15	10	10	10	4	9	13	5	6	6	9	5	5	11	11	11	12	По	
Вероятность использования модуля	Pм	0,217	0,391	0,565	0,608	0,608	0,608	0,652	0,435	0,435	0,435	0,174	0,391	0,565	0,217	0,261	0,261	0,391	0,217	0,217	0,478	0,478	0,478	0,521	варианту	
Рм=(Σкол-во опер.)/23																									схемы	
Вероятность загрузки при использовании (Σвер./Σоп.	Pз. ^Ф	0,8	0,89	0,85	0,71	0,78	0,75	0,73	0,8	0,8	0,8	0,88	0,67	0,62	0,7	0,67	0,58	0,72	0,7	0,7	0,64	0,68	0,68	1	станции	
Резерв параллельности	Rп	25%	12%	18%	41%	28%	33%	37%	25%	25%	25%	14%	49%	61%	43%	49%	72%	39%	43%	43%	56%	47%	47%	0%		
Rп= (1-Pз)/Pз																										

Последовательность процедуры формирования аксиомат АСТТП:

1 – сбор и обработка исходной информации (схема припортовой станции, ТРА, технологический процесс, показатели работы и т. п.) (рисунок 3.1);

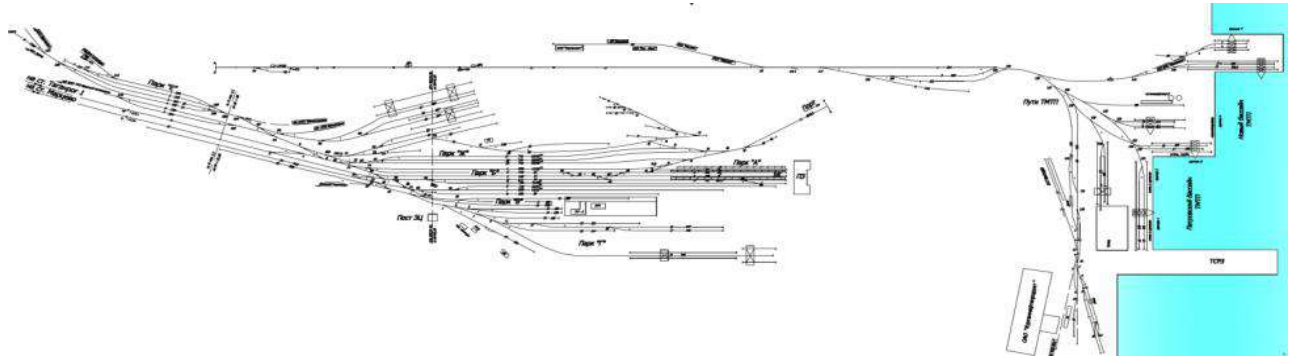


Рисунок 3.1 – Схема припортовой станции «ТГ»

2 – формирование транспортно-технологической схемы станции по авторской методике (см. рисунок 2.8);

3 – формирование матрицы связей технологических операций и парковых элементов припортовой станции (таблица 3.2), а также вероятностной матрицы связи станционных процессов и модулей путевого развития (таблица 3.3) на основе выборки из сводной матрицы (см. таблицу 3.1);

4 – формирование модельной схемы станции (МСС) и проведение экспериментов по установленным АСТТП (таблицы 3.4, 3.5, рисунок 3.2);

5 – определение важнейших транспортных процессов и их продолжительности (таблица 3.6);

6 – формирование аксиомат транспортных процессов припортовой станции;

7 – расчет и анализ полученных результатов (вероятность использования модуля и его загрузка, резерв свободности модуля, время занятия модуля, энтропия модуля и его относительная организация, выявление критических пересечений по условиям эксплуатации, установление инфраструктурных зависимостей по технологии работы).

Таблица 3.2 – Матрица связей технологических операций и парковых элементов припортовой станции

	GL	S1	RG	S2	PP	S3	SU	S4	PS1	S5	S6	GF0	S7	S8	PS2	S9	PS3	S10	GFN1	S11	GFN2	S12	S13	PR	S14	GFN3	S15	GFP1	S16	GFP2	S17	GSP3	S18	GFP4	S19	GFP5	KP 1		
	0,05	0,04	2,8	0,04	4,4	0,06	0,7	0,07	7,25	0,07	0,07	9,45	0,07	0,07	2,9	0,07	0,5	0,1	11,83	0,08	8,45	0,25	0,25	4,87	0,04	5,5	0,06	0,73	0,06	0,7	0,05	0,8	0,05	4	0,06	0,7			
GL	0,05	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
S1	0,04	1	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
RG	2,8	0	1	X	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S2	0,04	0	0	1	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PP	4,4	0	0	0	1	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S3	0,06	0	0	1	0	0	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SU	0,7	0	0	0	0	0	1	X	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S4	0,07	0	0	1	0	0	0	0	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PS1	7,25	0	0	0	0	0	0	1	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S5	0,07	0	0	0	0	0	1	0	1	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S6	0,07	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
GF0	9,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S7	0,07	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S8	0,07	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PS2	2,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S9	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PS3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	X	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S10	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
GFN1	11,83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S11	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
GFN2	8,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S12	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	X	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S13	0,25	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PR	4,87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	X	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0		
S14	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
GFN3	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S15	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
GFP1	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S16	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
GFP2	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S17	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	X	1	0	0	0	0	0	0	
GSP3	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	0	0	0	0	0	0	
S18	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	X	1	0	0	0	0	
GFP4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	0	0	0	0	0	
S19	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	1	0	0	0	
GFP5	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	0	0	
KP 1																																					X		

Таблица 3.3 – Вероятностная матрица связи станционных процессов и модулей путевого развития станции «ТГ»

(Таганрог) Вероятностная матрица связи основных технологических операций и станционных модулей путевого развития																			
Технологические операции	Мод.	GL	PP	PG	PS1	PS2	PS3	PR	SU	GF0	GFN1	GFN2	GFN3	GFP1	GFP2	GFP3	GFP4	GFP5	Si
1) Прибытие-отправление пассажирского (пригородного) поезда	T1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2) Посадка-высадка пассажиров	T2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3) Прибытие-отправление маршрутного грузового поезда	T3	1	0	1	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4) Прибытие-отправление сборного грузового поезда	T4	1	0	1	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5) Прием (выдача) багажа	T5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6) Прицепка-отцепка группы вагонов	T6	0	1/2	1	1	1	1	1	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1
7) Перестановка группы вагонов (состава)	T7	1/2	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1
8) Расформирование (формирование) состава (группы вагонов)	T8	0	0	1/2	1	1	1	1/2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9) Прием (сдача) состава (группы) вагонов	T9	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0
10) Технический осмотр состава (группы вагонов)	T10	0	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0
11) Коммерческий осмотр состава (группы вагонов)	T11	0	0	1	1/2	1/2	1/2	1	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0
12) Расстановка (сборка) вагонов	T12	0	0	0	1/2	1/2	1/2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13) Погрузка (выгрузка) вагонов	T13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
14) Заезд (выезд) маневрового (поездного) локомотива	T14	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15) Прицепка (отцепка) маневрового (поездного) локомотива	T15	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16) Накопление вагонов в ожидании операций (отправления)	T16	0	1	1	1	1	1	1	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0
Сумма технологических операций	Σ=16	5	9	11	12	12	12	11	4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9
Вероятность использования модуля	Pм	0,31	0,56	0,69	0,75	0,75	0,75	0,69	0,25	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,56
Вероятность загрузки модуля	Pз.ср.	0,8	0,94	0,91	0,75	0,75	0,75	0,82	0,88	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1
Резерв свободности модуля	Rп	20%	6%	9%	25%	25%	25%	18%	12%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	0%
Время занятия модуля	tзан.час	0,05	4,4	2,8	7,25	2,9	5,5	2,9	0,7	9,45	11,83	8,45	5,5	0,79	0,7	0,8	4	0,7	0,05
Энтропия модуля	H	0,17	0,05	0,08	0,21	0,21	0,21	0,16	0,11	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0
Относительная организация модуля	R	0,83	0,95	0,92	0,79	0,79	0,21	0,84	0,89	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	1

Рассмотрим подробно процесс формирования модельной схемы припортовой станции (МСС) по данным разработанных таблиц 3.4, 3.5, 3.6.

Таблица 3.4 – Модульные элементы схемы припортовой станции

Блок ТТС	Модуль МСС	Обозначение парка
1	2	3
ПО _{пас}	PP	Пассажирские приемоотправочные парки (пути)
ПО _{Груз}	PG	Грузовые приемоотправочные парки (пути)
СП	PS	Сортировочные парки (пути)
РП	PR	Районные парки
ГФ	GFO	Грузовые фронты мест общего пользования
Промзона	GFN	Грузовые фронты мест необщего пользования
СО	PSO	Сортировочно-отправочные парки (пути)
ПВФП	GFP	Погрузочно-выгрузочные пути (фронты, причалы) порта
ВВ	VV	Вагонные весы
ВО	VO	Вагоноопрокидыватели
ЛХ/ВХ/ЭУ	LH/VH/EU	Локомотивное /вагонное /хозяйство/экипировочные устройства
ВП	PV	Выставочные (обменные) парки (пути)

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3
АПП	AP	Аппарель паромной переправы
БО	BO	Багажное отделение станции
ФС | ФН	FS/FN	Фронты слива/налива нефтепродуктов (химических грузов)
СУ	SU	Сортировочные устройства (горки, полугорки, вытяжные пути)
ПОПС	PO	Пути (парки) отстоя пассажирских составов
ППВ	PPV	Парк подготовки вагонов (цистерн)
КР	KR	Критические одноуровневые пересечения железнодорожных путей
ГП	GL	Главные пути на подходах к станции
СХП	Si	Станционные (ходовые) соединительные пути

Таблица 3.5 – Параметры модульных элементов станции

Блок ТТС	Параметры
1	2
ПО _{пасс} (груз)	<p>= {количество путей, полная длина, количество стрелочных переводов, полезная длина, среднее междупутье, время обработки поезда, ёмкость путевого развития, пропускная способность, направление работы (в одну сторону – 1, в два направления – 2), кол-во вагонов в поезде, вес поезда}</p> <p>= {$m, L_{полн.}, L_{полезн.}, n_{стр.}, e_{ср.}, t_{ср. вэв.}, t_{ср. вэв. обр.}, N_{ваг.}, N_{поездов}, 1 (2), n_{ваг.}, Q_{бр}$}</p>
РП	
СО	
ПОПС	
ВП	

Продолжение таблицы 3.5

1	2
СХП	= {время подачи (уборки), протяженность, скорость маневровых работ, количество маневровых локомотивов} = { $T_{\text{подачи(уборки)}}$, $L_{\text{СХП}}$, $U_{\text{ман.}}$, $N_{\text{ман}}$ }
ГП	= {количество путей, пропускная способность, время хода на блок-участке, участковая скорость, вес поезда, количество вагонов в поезде, категория поезда (коэффициент съема грузовых, пассажирских, сборных, маршрутных)} = { $m_{\text{гл.}}$, $N_{\text{проп.}}$, $t_{\text{хода}}$, $U_{\text{уч.}}$, $Q_{\text{бр.}}$, $m_{\text{поезда}}$ 1,1 (1,3) (1,5)}
СП	= { m , $L_{\text{полн.}}$, $L_{\text{полезн.}}$, $n_{\text{стр.}}$, $l_{\text{ср.}}$, $t_{\text{накопл.}}$, $N_{\text{ваг.}}^{\text{емк.}}$, $N_{\text{поездов}}^{\text{проп.}}$, $N_{\text{пф}}$, 1(2)}
ГФ/ВО	= {полная длина, полезная длина, количество ПРМ, время погрузки/выгрузки, производительность ПРМ, время работы в сутки, род груза} = { $L_{\text{полн.}}$, $L_{\text{полезн.}}$, $Z_{\text{мех}}$, $t_{\text{погр/выгр}}$, $t_{\text{доп.}}$, $\Pi_{\text{т/ч}}$, $T_{\text{общ}}$, род груза}
ПВФП	= { $L_{\text{полн.}}$, $L_{\text{полезн.}}$, $Z_{\text{мех}}$, $t_{\text{погр/выгр}}$, $t_{\text{доп.}}$, $\Pi_{\text{т/ч}}$, $T_{\text{общ}}$, $T_{\text{шварт}}$, пропускная способность, род груза}
Промзона	= { $L_{\text{полн.}}$, $L_{\text{полезн.}}$, $Z_{\text{мех}}$, $t_{\text{погр/выгр}}$, $t_{\text{доп.}}$, $\Pi_{\text{т/ч}}$, $T_{\text{общ}}$, пропускная способность, род груза}
ВВ	= { $t_{\text{оп.}}$, $m_{\text{ваг.}}$, $L_{\text{полн.}}$, $L_{\text{полезн.}}$, $t_{\text{доп.}}$ }
АПП	= {время надвига, количество групп вагонов, количество вагонов в группе, скорость надвига, род груза, дополнительное время} = { $t_{\text{над.}}$, $L_{\text{над.}}$, $N_{\text{групп}}$, $m_{\text{групп}}$, $U_{\text{над.}}$, R , $t_{\text{доп.}}$ }
СУ	= { $t_{\text{расф.}}$, $t_{\text{форм.}}$, $m_{\text{пер.}}$, $L_{\text{надвиг.}}$, $L_{\text{поезда}}$, $N_{\text{перераб.}}$, $U_{\text{росп.}}$, $n_{\text{росп.}}$ (1 путь/2 пути), 1(2)}
ЛХ/ВХ/ЭУ	= {количество путей, количество мест экипировки, виды ремонтов, вместимость, количество ремонтных стойл, полезная длина, среднее междупутье, время экипировки (ремонта), количество локомотивов, технология работы (основное депо – 1, оборотное депо – 2), время выгрузки, емкость складов топлива (песка, запчастей, смазочных материалов), продолжительность простоя по обороту}
БО	= {полная длина, полезная длина, количество ПРМ, время погрузки/выгрузки, производительность ПРМ, время работы в сутки, род багажа (груза)} = { $L_{\text{полн.}}$, $L_{\text{полезн.}}$, $Z_{\text{мех}}$, $t_{\text{погр/выгр}}$, $t_{\text{доп.}}$, $\Pi_{\text{т/ч}}$, $T_{\text{общ}}$, род багажа (груза)}
ППВ	= {количество путей, полная длина, количество стрелочных переводов, полезная длина, среднее междупутье, время обработки, ёмкость путевого развития, пропускная способность, направление работы (в одну сторону – 1, в два направления – 2), кол-во вагонов в подаче} = { m , $L_{\text{полн.}}$, $L_{\text{полезн.}}$, $n_{\text{стр.}}$, $e_{\text{ср.}}$, $t_{\text{обр.}}^{\text{ср. взв.}}$, $t_{\text{обр.}}^{\text{ср. взв.}}$, $N_{\text{ваг.}}^{\text{емк.}}$, $N_{\text{поездов}}^{\text{проп.}}$, 1 (2), $n_{\text{ваг}}$ }
ФН	= { $L_{\text{полн.}}$, $L_{\text{полезн.}}$, $Z_{\text{мех}}$, $t_{\text{налив}}$, $t_{\text{доп.}}$, $\Pi_{\text{т/ч}}$, $T_{\text{общ}}$, пропускная способность, род груза}
ФС	= { $L_{\text{полн.}}$, $L_{\text{полезн.}}$, $Z_{\text{мех}}$, $t_{\text{слив}}$, $t_{\text{доп.}}$, $\Pi_{\text{т/ч}}$, $T_{\text{общ}}$, пропускная способность, род груза}
КРР	= {количество пересекающихся маршрутов, количество путей на пересечениях, время занятия, категории маршрутов (равноправн., неравноправн.), (1 – да, 0 – нет)} = { N_1 ; N_2 ; m_1 ; m_2 ; $t_{\text{зан1}}$, $t_{\text{зан2}}$, 1(0)}

Таблица 3.6 – Ведомость параметров модулей МСС станции «ТГ»

Наименование устройства (блока)	Обозначение устройства	Пропускная способность, ваг./ч	Время занятия, ч	Вероятность использования устройства	Вероятность занятости устройства	Вероятность свободы устройства
Один подход главных путей, GL	g	135	0,05	0,31	0,8	0,25
Два приемоотправочных парка, PP-1, PG-2	p_1	13	4,4	0,56	0,94	0,06
	p_2	104	2,8	0,69	0,91	0,1
Три сортировочных парка, PS – 1, ..., 3	s_1	15	7,25	0,75	0,75	0,33
	s_2	32	2,9	0,75	0,75	0,33
	s_3	74	0,5	0,75	0,75	0,33
Один районный парк, PR	r	11	4,87	0,69	0,82	0,22
Одно сортировочное устройство, SU	u	60	0,7	0,25	0,88	0,14
Один грузовой фронт м.о.п., GFO	o	6	9,45	0,5	0,75	0,33
Три грузовых фронта м.н.п., GFN – 1, 2, 3	n_1	5	11,83	0,5	0,75	0,33
	n_2	6	8,45	0,5	0,75	0,33
	n_3	9	5,5	0,5	0,75	0,33
Пять грузовых фронтов порта, GFP – 1, ..., 5	f_1	6–7	0,73	0,5	0,75	0,33
	f_2	5–7	0,7	0,5	0,75	0,33
	f_3	10–12	0,8	0,5	0,75	0,33
	f_4	10–12	4	0,5	0,75	0,33
	f_5	19	0,7	0,5	0,75	0,33
Соединительные пути, Si	si	150	0,06	0,56	1	0

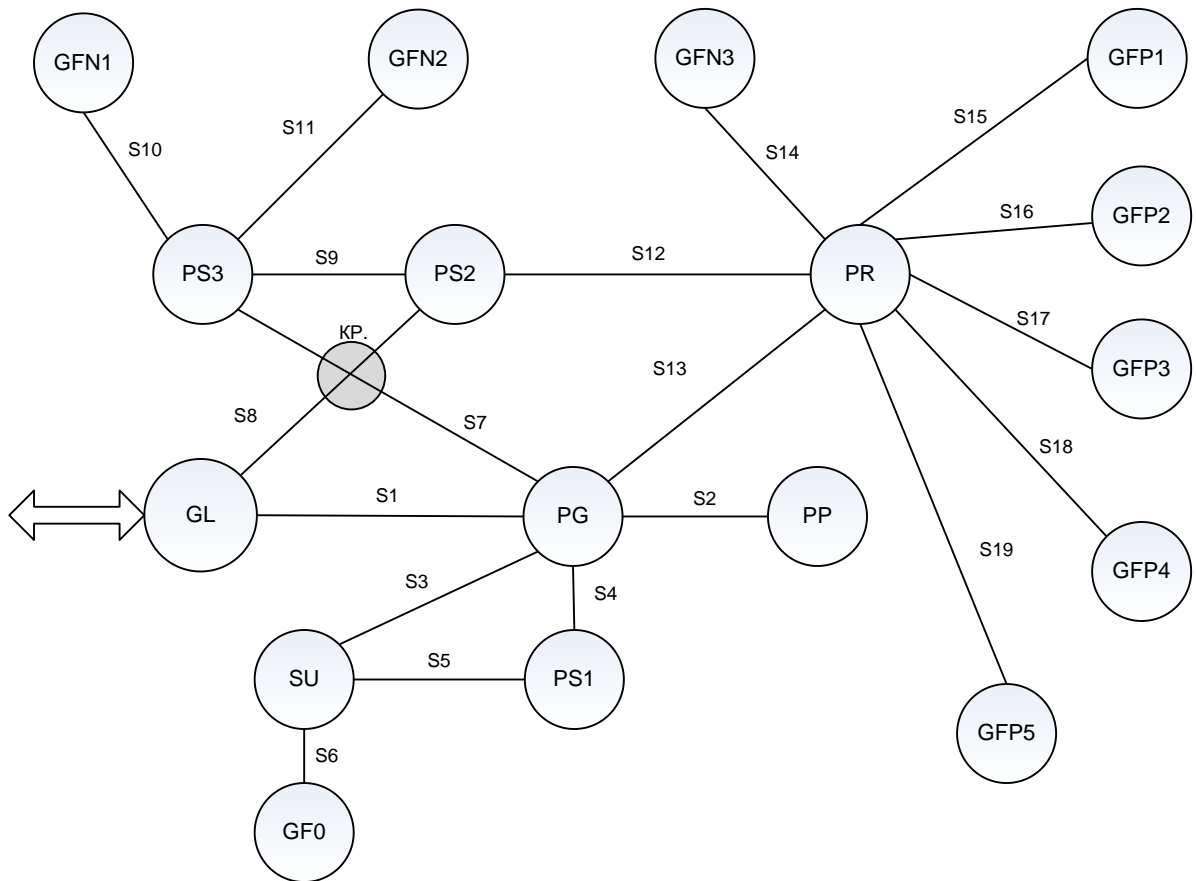


Рисунок 3.2 – Модельная схема припортовой станции «ТГ»

На модельной схеме станции показаны: один подход главных путей GL, два приемоотправочных парка (PP – пассажирский, PG – грузовой), три сортировочных парка (PS), один районный парк порта (PR), одно сортировочное устройство (SU), один грузовой фронт мест общего пользования (GF0) станции, три грузовых фронта мест необщего пользования (GFN) предприятий, пять грузовых фронтов порта (GFP), KP – критическое одноуровневое пересечение маршрутов (учитывается при совместном выполнении нескольких станционных процессов в дальнейших расчетах).

Из модельной схемы станции (МСС) выбирают АСТТП.

Например, $МАРШРУТ1 = \{главный\ путь, соединительный\ ход, парк\ грузовой, соединительный\ ход, сортировочное\ устройство, соединительный\ ход, сортировочный\ парк\ 1-й, соединительный\ ход, парк\ грузовой, соединительный\ ход, парк\ районный\ порта, соединительный\ ход, грузовой\ фронт\ порта\}$.
 Модельная схема маршрута (МСМ): $GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow SU \leftrightarrow PS1 \leftrightarrow PG \leftrightarrow PR \leftrightarrow (GFP)_i$.

Краткое описание данного транспортного процесса: грузовые вагоны в составе поездов по m (например, 50) вагонов прибывают с перегона GL и по соединительным путям горловины станции принимаются в парк приема PG – грузовой. В парке PG поезд обрабатывают, поездной локомотив отцепляют, прицепляют маневровый локомотив и переставляют по двум частям (половина состава – $\frac{1}{2} \cdot m$ (25) вагонов) на сортировочное устройство SU для расформирования с вероятностью $Ver(x_{ij})$ (с 50 % вероятностью состав может делиться на две группы на путях парка PG и подаваться на пути парка припортового PR по $\frac{1}{2} \cdot m$ (25) вагонов, минуя операции сортировки SU и первый сортировочный парк – PS1).

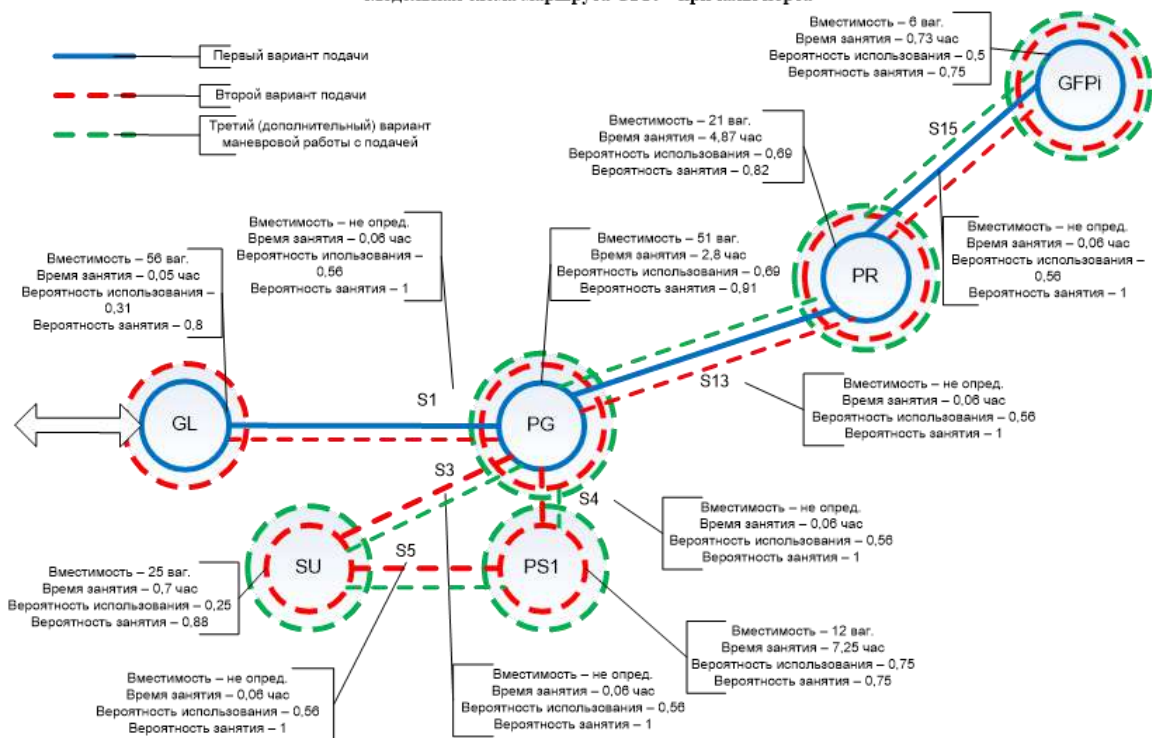
С сортировочного устройства SU вагоны в количестве $\frac{1}{2} \cdot m$ (25) переставляются на пути сортировочного парка 1-го – PS1 (затем вторая половина – $\frac{1}{2} \cdot m$ (25) вагонов). С путей парка PS1 через соединительные пути и парк PG (в нем уже операции не выполняются) вагоны подаются в количестве от 6 до 25 вагонов на пути припортового парка PR. Известно, что вместимость грузовых фронтов порта от 6 до 13 вагонов. Таким образом, если подача осуществляется в количестве 6–13 вагонов, то они могут сразу с 50 % вероятностью подаваться на грузовые фронты порта GFP, минуя припортовый парк PR. Или с 50 % вероятностью подаваться на пути припортового парка PR. Если подача имеет количество 25 вагонов (половина состава поезда), то вагоны со 100 % вероятностью подаются на пути парка припортового PR, а потом по группам 6–13 вагонов подаются на грузовые фронты порта GFP, где находятся в течение заданного времени выгрузки/погрузки. Затем все повторяется в обратном порядке.

Варианты АСТТП МСС представлены на рисунке 3.3, а–д.

Рассмотрим варианты организации АСТТП по уровням управления и сложности. **1-й вариант управления** и сложности (технологически самый простой и наименее емкий по времени): маршрут из 50 вагонов делится на две группы, каждая по 25 вагонов, которые последовательно проходят блок PG (с обработкой в нем) в блок PR и не заходят при этом из блока PG в «петлю» для дополнительной сортировки.

а

Модельная схема маршрута GFPi – причалы порта



б

Модельная схема маршрута PP - пассажирский парк



в

Модельная схема маршрута GF0 - грузовой двор

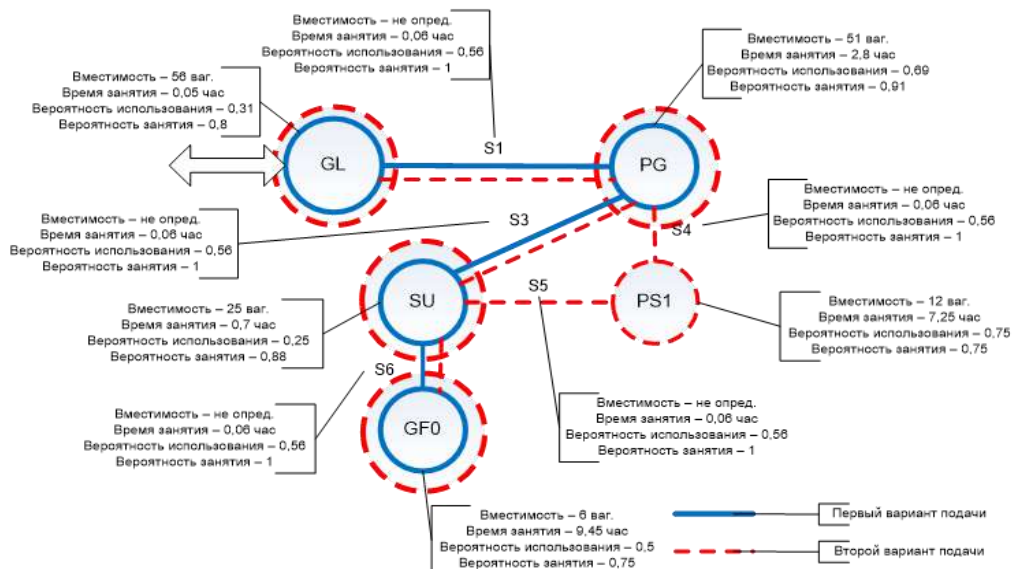
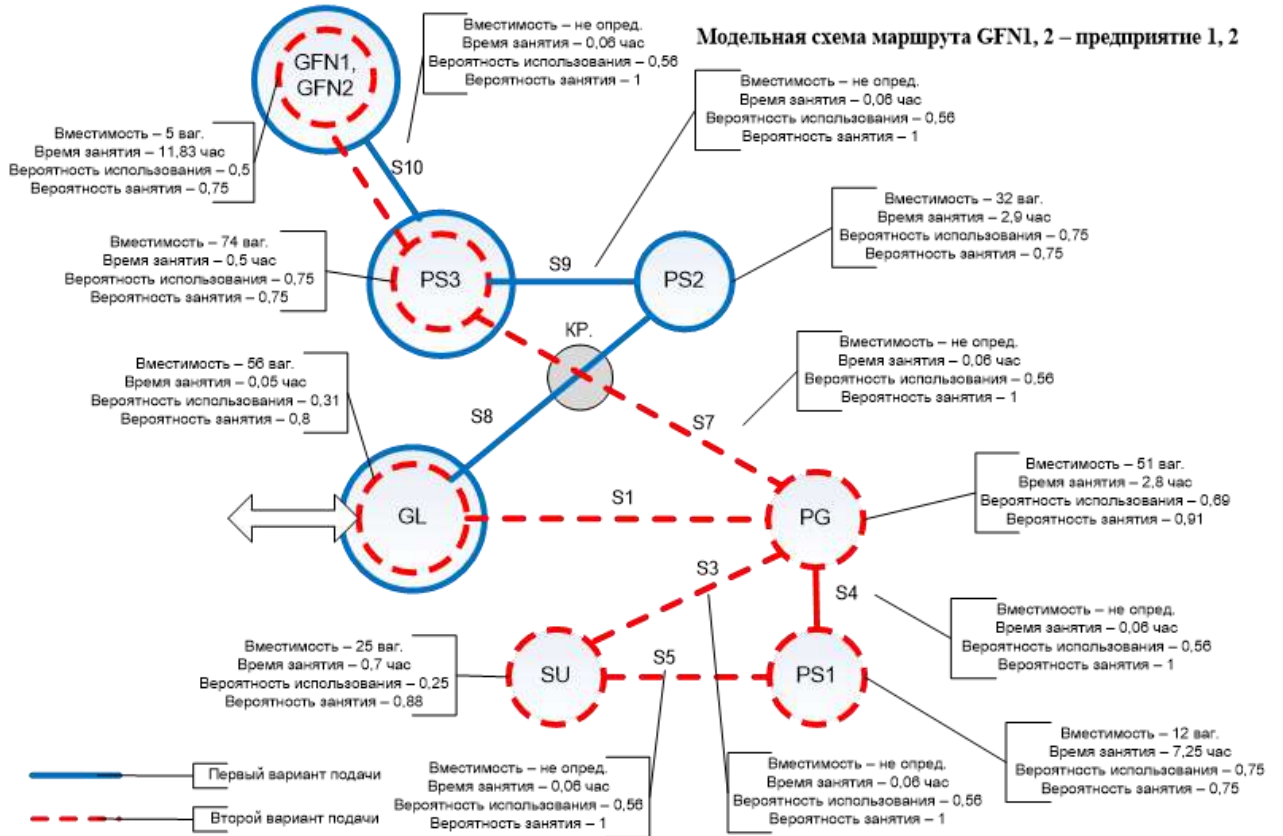


Рисунок 3.3 – Примеры аксиомат станционных транспортных процессов (начало)

2



д

Модельная схема маршрута GFPi – причалы порта (вариант)

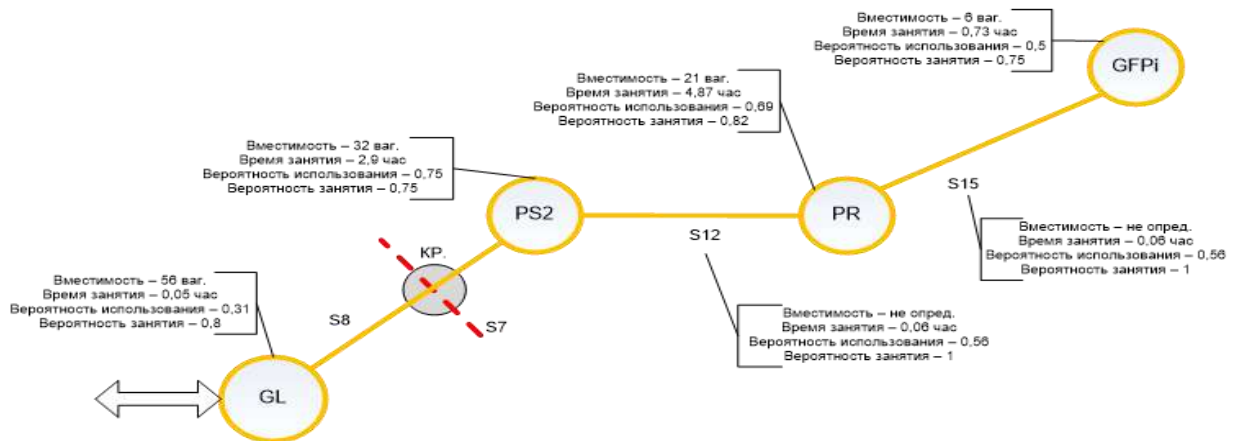


Рисунок 3.3 – Примеры аксиомат станционных транспортных процессов (окончание)

2-й вариант управления и сложности (технологически самый сложный и наиболее емкий по времени): обе группы (каждая по 25 вагонов) последовательно после обработки в блоке PG, прежде чем быть переданными в блок PR, из блока PG последовательно заходят в сортировочную «петлю» для дополнительного переформирования по назначениям причалов порта.

3-й вариант управления и сложности (в технологическом и временном отношении промежуточный между 1-м и 2-м вариантами): одна из группы маршрута в составе 25 вагонов после обработки в блоке PG, прежде чем быть переданной в блок PR, заходит в сортировочную «петлю» для дополнительной переработки. При этом группа из 25 вагонов после обработки в блоке PG сразу передается в блок PR.

Следует отметить, что большинство вариантов организации АСТТП можно отнести к типовым, количество оригинальных транспортных процессов, характерных только для данного типа станции, составляет 20–30 %.

В 4-м варианте управления рассмотрим подачу вагонов на грузовой двор (ГД) GF0 станции:

- вагоны назначением на грузовой двор GF0 прибывают в составе ранее заданных двух поездов (100 вагонов) в количестве от 0 до 6 вагонов с равной вероятностью;

- если прибытие вагонов назначением на грузовой двор GF0 отлично от нуля, то на это количество вагонов уменьшается размер подачи вагонов на грузовой фронт порта GFP (снижается грузовое давление на причалы порта).

1-й вариант подачи (см. рисунок 3.3, синий цвет, сплошная линия): в этом варианте грузовой поезд (50 вагонов) следует через пункт GL (0,05 ч) в пункт PG (с обработкой в нём – 2,8 ч). В пункте PG вагоны отцепляются и в количестве от 1 до 6 вагонов через пункт SU (без обработки в нём) подаются в GF0 (время $0,06 + 0,06 + 0,06 = 0,18$ ч). В пункте GF0 вагоны обрабатываются 9,45 ч, а затем вагоны возвращаются в пункт PG, т. е. операции выполняются в обратной последовательности. В пункте PG вагоны с грузового двора объединяются с вагонами, вернувшимися с причалов порта, до состава 50 вагонов, и поезд отправляется со станции через пункт GL (0,05 ч).

2-й вариант подачи (см. рисунок 3.3, красный цвет, штриховая линия): в этом варианте грузовой поезд (50 вагонов) следует через пункт GL (0,05 ч) в пункт PG (с обработкой в нём – 2,8 ч). Затем состав делится на две группы (каждая по 25 вагонов, в составе которых в сумме от 0 до 6 вагонов назначением

на грузовой двор с равной вероятностью). Группы одна за другой заходят в «сортировочную петлю» для дополнительной обработки. При этом группа из 25 вагонов, в которой нет назначений на грузовой двор, после обработки в пункте PS1 прямо следует в пункт PR. Группа из 25 вагонов, в составе которой есть вагоны на ГД в количестве от 0 до 6, разбивается на две части (подгруппы) – одна на пункт PR в количестве $25 - (0 - 6) = 25 - 6 = 19$ ваг, вторая – на пункт GF0 в количестве 0–6 ваг. Время обработки в SU – 0,8 ч. Подгруппы обрабатываются в пункте PS1, из которого одна подается на пункт PR, а вторая – на пункт GF0. В пункте GF0 вагоны ГД обрабатываются 9,45 ч, а затем вагоны возвращаются в пункт PS1 (продолжительность $0,06 + 0,06 + 0,06 = 0,18$ ч), где ожидают возвращения подачи с причалов порта. Подгруппа с причалов порта выставляется на пункт PG, затем к ней добавляется подгруппа с пункта GF0 (из пункта PS1), затем на пункт PG добавляется первая группа с причалов порта из 25 вагонов до длины состава 50 вагонов, и поезд отправляется со станции через пункт GL (0,05 ч). Таким образом, формируется в общем виде сводная ведомость аксиомат станционных процессов МСС (таблица 3.7).

Рассмотрим исследовательский подход к верификации временных рядов транспортных процессов припортовых железнодорожных станций.

Известно, что последовательность транспортных процессов припортовой железнодорожной станции состоит из ряда операций: приема информации о прибытии поезда на станцию, закрепления и ограждения состава, отцепки поездного локомотива, технического и коммерческого осмотра подвижного состава, прицепки маневрового локомотива, расформирования и формирования состава, перестановки группы вагонов в парк станции, приема и сдачи группы вагонов на путях станции, расстановки и сборки вагонов на погрузочно-выгрузочных фронтах (ПВФ) порта, погрузки и выгрузки вагонов на ПВФ порта, ожидания технологической операции и др. [125].

Таблица 3.7 – Фрагмент ведомости параметров аксиомат станционных процессов МСС

№ п/п	Варианты станционных передвижений	Показатели блоков модельной схемы станционного передвижения											
		Блок МСС				Блок МСС				Блок МСС			
		Вместимость, ваг.	Время занятия, ч	Вероятность использования в ТТС ПГС	Вероятность занятия передвижением в МСС	Вместимость, ваг.	Время занятия, ч	Вероятность использования в ТТС ПГС	Вероятность занятия передвижением в МСС	Вместимость, ваг.	Время занятия, ч	Вероятность использования в ТТС ПГС	Вероятность занятия передвижением в МСС
Последовательность		GL				PG				SU			
1	GL ↔ PG ↔ SU ↔ PS1 ↔ PG ↔ PR ↔ (GFP) _i	56	0,05	0,31	0,8	51	2,8	0,69	0,91	25	0,7	0,26	0,88
Последовательность		-				↔ ходовой путь				PP			
2	GL ↔ PG ↔ PP	-	-	-	-	-	0,06	0,56	1	13	4,4	0,69	0,91
Последовательность		-				PS1				GF0			
3	GL ↔ PG ↔ SU ↔ PS1 ↔ GF0	-	-	-	-	15	7,25	0,75	0,75	6	9,45	0,5	0,75
Последовательность		-				PS3				GFN1			
4	GL ↔ PG ↔ SU ↔ PS1 ↔ PG ↔ PS3 ↔ GFN1	-	-	-	-	74	0,5	0,75	0,75	5	11,83	0,5	0,75
...				
Последовательность		S _k				S _{k-1}				S _{k-2}			
...	Z _{ij} √ S _k	N _{ваг k}	t _{зан k}	P _{ТТС k}	P _{МСС k}	N _{ваг k-1}	t _{зан k-1}	P _{ТТС k-1}	P _{МСС k-1}	N _{ваг k-2}	t _{зан k-2}	P _{ТТС k-2}	P _{МСС k-2}

При обслуживании грузопотоков в припортовой транспортно-технологической системе могут возникать нарушения, связанные с «узкими местами» станционной и портовой инфраструктуры, приводящие к образованию очередей и сверхнормативному простоя подвижного состава. Следовательно, для пропуска припортового вагонопотока необходимо выбирать такие последовательности станционных элементов путевого развития, перерабатывающая и пропускная способность которых обеспечивает рациональную транспортную работу без задержек и перегрузок.

Для повышения точности моделирования АСТТП в среде *Maple* разработаны программные модули расчета продолжительности времени.

Так как показатели АСТТП, сводимые к комплексному оценочному критерию, имеют разные размерности, то их необходимо свести к безразмерному виду. Для этого предлагается использовать вариативный показатель $k(t)$ с диапазоном значений от 0 до 1:

$$k(t)_i = \frac{t_i - t_{\min}}{t_{\max} - t_{\min}},$$

где t_i – значение i -го показателя времени в выборке; t_{\max} , t_{\min} – максимальное и минимальное значения выборки времени транспортных процессов ПрС.

Для проверки достаточности количества исследуемых временных параметров транспортно-технологических процессов припортовых железнодорожных станций рассмотрим среднее квадратичное отклонение равномерного распределения по формуле [6]: $s = 0,194 \cdot R$, где R – ширина интервала, в котором содержится 99 % значений исследуемого признака.

Тогда среднее квадратичное отклонение s равномерного распределения при $R \approx 4,0$ ч равно $s = 0,194 \cdot 4,0 \approx 0,8$ ч.

Объем выборки n внутри каждого вида ТТП припортовой станции при заданной ошибке $s_{\bar{x}} = 1-2$ % определяется по формуле [55]: $n = \frac{s^2}{s_{\bar{x}}^2 + \frac{s^2}{N}}$, где N –

общий объем совокупности выборки. Тогда значение выборки внутри ТТП при

$$s_{\bar{x}} = 2 \text{ \% равно } n = \frac{0,8^2}{0,02^2 + \frac{0,8^2}{60}} \approx 58.$$

Это подтверждает необходимость применения автоматизированных аналитических методов расчета и обработки больших массивов данных продолжительности АСТТЦ, что позволит выявлять причины задержек вагонов и принимать своевременные и качественные управленческие решения.

3.3 Разработка аналитической модели работы припортовой железнодорожной станции на основе вероятностно-статистического подхода и нечетких функциональных зависимостей

В настоящее время существуют четыре основных подхода, которые используются для анализа пропускной способности железнодорожной транспортной системы: аналитический детерминированный, аналитический вероятностный, графоаналитический, имитационное моделирование [2].

Рассмотрим аналитический подход к моделированию АСТТЦ, основанный на аппарате компьютерной алгебры и общих закономерностях станционных транспортных процессов, рациональных с точки зрения конкретных условий эксплуатации [28, 29, 32, 48, 123, 124, 125].

Постановка задачи: в региональной транспортно-технологической системе «железнодорожная станция – порт» при известных величинах грузо- и поездопотоков, пространственно-географических, производственно-складских параметрах станционной и портовой инфраструктуры необходимо таким образом организовать технологическое взаимодействие, чтобы параметры транспортных процессов были наиболее рациональными.

В качестве критериев рациональности транспортных процессов приняты: 1 – минимальное время простоя подвижного состава в транспортной системе «железнодорожная станция – порт»; 2 – минимальное количество транспортных процессов при выполнении максимальных объемов работы; 3 – максимальная скорость транспортных процессов при значениях рациональной загрузки инфраструктурных объектов транспортной системы. Для решения используется математический аппарат среды аналитического компьютерного моделирования

Maple в рамках открытой задачи о назначениях по минимуму суммарных затрат времени на выполнение всех транспортных операций. Рассмотрим подходы к решению данной транспортной задачи в открытом (I) и закрытом (II) виде.

I – весь прибывающий вагонопоток может быть переработан на станции без появления отставленных от движения поездов. Формируется конечное множество вариантов взаимодействия $Z(S)$ технологических блоков МСС станции s_k , обеспечивающих рациональный вариант организации транспортных процессов (т. е. распределение местных вагонов по фронтам погрузки-выгрузки в системе «железнодорожная станция – порт») $z_{ij}: Z(S) \cup (z_{ij} \forall s_k)$ при минимуме времени простоя местного вагона t_{ij} . Тогда целевая функция имеет вид

$$Z(S) = \min_{i,j,k} \{t_{ij}, z_{ij}, sgn s_k\},$$

где $sgn s_k$ принимает значения (0,1). Таким образом, запланированный к передаче в порт вагонопоток, находящийся на припортовой станции в количестве $\sum_{i=1}^m a_i$ поездов (передач), может быть переработан причалами порта, т. е. выполняется равенство $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$.

II – если не предусмотрено выполнение условия баланса, то

$$\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j \text{ или } \sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j.$$

Неравенство означает, что суммарные возможности приема вагонов с грузами на припортовую станцию превышают перерабатывающую способность всех грузовых фронтов или наоборот.

Пусть x_{ij} – это количество грузовых поездов (маршрутов, передач вагонов) по варианту организации АСТП (с ограничением $x_{ij} \geq 0$), которые могут быть направлены с i -го модуля МСС станции на j -й модуль грузового фронта (причала) в множестве A допустимых вариантов АСТП (x_{ij}). Условия организации АСТП:

1) все запланированные к подаче в порт поезда (передачи) должны быть организованы и выполнены;

2) суммарное количество поездов (передач), передаваемых со станции в порт, не должно превосходить количества поездов (передач), которое может быть принято портом: $\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i$, $\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq b_j$.

Введем технологические ограничения, отражающие интересы участников транспортировки грузов в системе «железнодорожная станция – порт»:

- приоритет вагонов при подаче на грузовой фронт (причал) определяется согласованным решением перевозчика и грузополучателя (порта);
- интересы грузополучателей (клиентов) не влияют на последовательность операций в аксиомате АСТТП;
- приоритет аксиомат АСТТП может быть изменен путем экономического регулирования ставок сборов за выполняемую транспортную работу в рамках договорных отношений, что отражает экономические выгоды сторон-участников транспортировки грузов.

Первая целевая функция времени простоя вагона имеет вид

$$T_1 = \max_{i,j} \{t_{ij} \operatorname{sgn} x_{ij}\}.$$

Значения x_{ij} представляют собой количество поездов (передач вагонов), направляемых с какого-либо модуля МСС станции на модуль грузового фронта (причал порта).

T_1 – время последней максимальной по времени аксиоматы АСТТП для всего объема работы с поездами (передачами) в рассматриваемом плане перевозок (x_{ij}). Величина T_1 определяет время реализации всего плана транспортной работы системы «железнодорожная станция – порт», т. е. общее время простоя местного вагона в системе организации перевозок.

Вторая целевая функция времени занятия модулей и количества модулей МСС по вариантам аксиомат АСТТП транспортных процессов при выполнении максимальных объемов работы имеет вид

$$T_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^v t_{ij} s_k \rightarrow \min.$$

Для каждой МСС (s_k) величина T_2 представляет собой суммарное время занятия всех модулей МСС по конкретному варианту реализации плана

поступления вагонов на причалы порта (грузовые фронты предприятий). Рациональным является вариант организации транспортной работы $\forall (x_{ij} \cup s_k) \in A$, при котором суммарное время занятия всех модулей МСС по вариантам аксиомат АСТТП, посредством которых реализуется конкретный план транспортной работы, не превышает времени всех возможных вариантов аксиомат АСТТП, посредством которых реализуется данная работа.

В таблице 3.8 представлена в общем виде форма записи возможных вариантов АСТТП по вероятностным признакам занятости модулей МСС для однокритериальной оптимизации.

Таблица 3.8 – Ведомость допустимых вариантов организации транспортной работы с набором аксиомат АСТТП в однокритериальной модели

№ варианта АСТТП	Вероятности $P(x_{ij})$ и времена t_{ij} занятия модулей МСС для аксиоматы транспортного процесса в системе «станция – порт»	T_1 , ч
АСТТП1	$\{P(x_{11})^1 \cdot t_{11}^1 + P(x_{1j})^1 \cdot t_{1j}^1 + P(x_{21})^1 \cdot t_{21}^1 + P(x_{22})^1 \cdot t_{22}^1 + \dots + P(x_{ij})^1 \cdot t_{ij}^1\}$	T_1^1
АСТТП 2	$\{P(x_{11})^2 \cdot t_{11}^2 + P(x_{1j})^2 \cdot t_{1j}^2 + P(x_{21})^2 \cdot t_{21}^2 + P(x_{22})^2 \cdot t_{22}^2 + \dots + P(x_{ij})^2 \cdot t_{ij}^2\}$	T_1^2
....
АСТТПk	$\{P(x_{11})^k \cdot t_{11}^k + P(x_{1j})^k \cdot t_{1j}^k + P(x_{21})^k \cdot t_{21}^k + P(x_{22})^k \cdot t_{22}^k + \dots + P(x_{ij})^k \cdot t_{ij}^k\}$	T_1^k

При двухкритериальной оптимизации по T_1 и T_2 каждому варианту организации транспортной работы с набором аксиомат АСТТП $(x_{ij}) \in A$ поставим в соответствие вектор полезностей МСС – $\{T_1, T_2\}$. Оптимальным является вариант организации транспортной работы с набором аксиомат АСТТП $(X_{ij}) \in A$ с вектором полезности $\{T_1^*, T_2^*\}$, для которого не существует другого варианта организации транспортной работы с набором аксиомат АСТТП $(x_{ij}) \in A$, у которого координаты вектора полезностей $\{T_1, T_2\}$ удовлетворяют условиям

$$\begin{cases} T_1 < T_1^* \\ T_2 \leq T_2^* \end{cases} \vee \begin{cases} T_1 \leq T_1^* \\ T_2 < T_2^* \end{cases}$$

В таблице 3.9 представлена форма записи допустимых вариантов организации транспортной работы с набором аксиомат АСТТП при двухкритериальной оптимизации.

Таблица 3.9 – Ведомость допустимых вариантов организации транспортной работы с набором взаимодействующих аксиомат АСТТП для двухкритериальной модели

№ вариантов взаимодействия АСТТП	Вероятности $P(x_{ij})$ и времена t_{ij} занятия модулей МСС для аксиомат транспортных процессов по вариантам взаимодействия в системе «станция – порт»	T_1 , ч	T_2 , ч
АСТТП1 Λ АСТТП2	$\{P(x_{11})^1 \cdot t_{11}^1 + P(x_{1j})^1 \cdot t_{1j}^1 + P(x_{21})^1 \cdot t_{21}^1 + P(x_{22})^1 \cdot t_{22}^1 + \dots + P(x_{ij})^1 \cdot t_{ij}^1\} \wedge \{P(x_{11})^2 \cdot t_{11}^2 + P(x_{1j})^2 \cdot t_{1j}^2 + P(x_{21})^2 \cdot t_{21}^2 + P(x_{22})^2 \cdot t_{22}^2 + \dots + P(x_{ij})^2 \cdot t_{ij}^2\}$	T_1^1	T_2^2
АСТТП2 Λ АСТТП3	$\{P(x_{11})^2 \cdot t_{11}^2 + P(x_{1j})^2 \cdot t_{1j}^2 + P(x_{21})^2 \cdot t_{21}^2 + P(x_{22})^2 \cdot t_{22}^2 + \dots + P(x_{ij})^2 \cdot t_{ij}^2\} \wedge \{P(x_{11})^3 \cdot t_{11}^3 + P(x_{1j})^3 \cdot t_{1j}^3 + P(x_{21})^3 \cdot t_{21}^3 + P(x_{22})^3 \cdot t_{22}^3 + \dots + P(x_{ij})^3 \cdot t_{ij}^3\}$	T_1^2	T_2^3
...
АСТТП($k-1$) Λ АСТТП(k)	$\{P(x_{11})^{k-1} \cdot t_{11}^{k-1} + P(x_{1j})^{k-1} \cdot t_{1j}^{k-1} + P(x_{21})^{k-1} \cdot t_{21}^{k-1} + P(x_{22})^{k-1} \cdot t_{22}^{k-1} + \dots + P(x_{ij})^{k-1} \cdot t_{ij}^{k-1}\} \wedge \{P(x_{11})^k \cdot t_{11}^k + P(x_{1j})^k \cdot t_{1j}^k + P(x_{21})^k \cdot t_{21}^k + P(x_{22})^k \cdot t_{22}^k + \dots + P(x_{ij})^k \cdot t_{ij}^k\}$	T_1^{k-1}	T_2^k

Таким образом, процесс выбора рациональных вариантов организации транспортных процессов в системе «железнодорожная станция – порт» будет реализован посредством логических операторов управления – в виде логических цепей АСТТП. В результате формируется модель организации транспортной работы припортовой станции с набором взаимодействующих аксиомат АСТТП, которая представляет собой многокритериальную задачу целочисленного линейного программирования. В разработанной математической модели могут также использоваться экономические критерии оценки качества взаимодействия станции и порта (стоимость простоя местного вагона, стоимость подачи-уборки вагонов и т. п.).

Следует отметить, что выбор той или иной аксиоматы часто зависит от логических условий выполнения конкретного транспортного процесса. То есть имеет место нечеткое множество разнородных параметров управления.

Нечеткое множество [70, 72, 167] означает, что некий исследуемый элемент принадлежит подмножеству, но только несколько неопределенным образом, решаемым введением понятия взвешенной принадлежности. Например, инфраструктурный элемент путевого развития или последовательность времени наступления транспортных событий для определенных условий эксплуатации может принадлежать подмножеству транспортных процессов в большей или меньшей степени, и, следовательно, возможно применение понятия нечеткого подмножества. Таким образом, подходы теории нечетких множеств (ТНМ) позволяют структурировать транспортные события, разделенные не очень точными логическими границами, имеющими определенную вероятность появления, энтропию организации и вариативность последовательности выполнения.

Рассмотрим исходные данные постановки задачи распределения припортовых вагонопотоков с позиций нечеткой временной параметризации [125]: s_k – количество технологических блоков МСС транспортного объекта ($k = 1, 2, \dots, v$); h_r – количество технологических операций по варианту обслуживания ($r = 1, 2, \dots, z$); $\tilde{A}_{kr} = \{(t_{kr} | \mu_{\tilde{A}}(t_{kr}))\}$ – технология работы блоков объекта и его продолжительность (аксиомата \tilde{A}_{kr} в нечетком функциональном представлении, $\mu_{\tilde{A}}(t_{kr})$ – степень (доля) принадлежности t_{kr} в \tilde{A}_{kr}); a_i – количество транспортных средств (грузовых поездов, передач вагонов, автомобилей, судов), прибывающих в транспортную систему за расчетный период времени ($i = 1, 2, \dots, n$), b_j – количество транспортных средств, которые могут быть переработаны припортовой системой ($j = 1, 2, \dots, m$), при условии максимального обеспечения всех грузовых фронтов и минимального времени простоя подвижного состава.

Тогда для (I) – конечное множество вариантов взаимодействия $\tilde{A}(\tilde{S})$ технологических блоков \tilde{s}_k МСС транспортного объекта (железнодорожной

станции, порта), обеспечивающих рациональный вариант организации транспортных процессов, примет вид

$$\tilde{A}_{1r}(\tilde{S}) = \{(t_{1r}|0,2), (t_{2r}|0), (t_{3r}|0,5), (t_{4r}|1), \dots, (t_{kr}|\theta_{kr})\} \rightarrow \min,$$

включает набор последовательности блоков МСС для варианта организации АСТТП и времени их занятия с учетом логического решения по использованию при общем минимуме времени простоя транспортного средства в системе. Тогда целевая функция имеет вид $\tilde{A}(\tilde{S}) = \min_{i,j,k,r} \{t_{ij}, \tilde{A}_{kr} \mid \mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k)\}$, где $\mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k)$ – доля использования технологического блока \tilde{s}_k МСС в последовательности блоков управления АСТТП нечеткого подмножества \tilde{A}_{ij} , принимает значения от 0 до 1. При расчете времени обработки транспортных единиц учтено, что выполняется равенство $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$.

Для варианта (II) x_{ij} – это количество транспортных средств (поездов, судов, автомобилей) по варианту организации транспортных процессов (с ограничением $x_{ij} \geq 0$), которые могут быть направлены с модуля объекта (станции, порта) на модуль грузового фронта (причал порта) в множестве $\tilde{A}(\tilde{S})$ допустимых вариантов организации АСТТП транспортных процессов (x_{ij}).

Технологические ограничения, отражающие интересы участников транспортировки грузов в припортовой системе в нечеткой формулировке:

- приоритет вагонов (автомобилей) при подаче под погрузку-выгрузку на грузовой фронт (причал) порта может определяться согласованным решением перевозчика и грузополучателя (порта);

- интересы грузополучателей (клиентов) могут влиять на конечную последовательность операций (грузовые фронты, причалы порта) в аксиоматах транспортных процессов;

- приоритет аксиомат транспортных процессов может быть изменен в рамках договорных отношений сторон – участниц транспортировки грузов.

Целевые функции времени простоя имеют вид:

1 – для транспортной единицы $T_1 = \max_{i,j} \{t_{ij} \mid \mu_{\tilde{A}}(\tilde{x}_{ij})\}$. Значения x_{ij} представляют собой количество транспортных единиц, направляемых в систему «железнодорожная станция – порт». T_1 – время последней максимальной по времени аксиоматы транспортного процесса для всего объема работы с транспортными единицами в рассматриваемом варианте управления перевозками (x_{ij}) , т. е. общее время простоя подвижной единицы в системе организации перевозок;

2 – для варианта аксиоматы транспортных процессов АСТТП время занятия модуля, логическое количество модулей МСС и технологических операций, формализуемые нечеткими функциональными представлениями при выполнении максимальных объемов работы, имеют вид

$$T_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^v \sum_{r=1}^z \{t_{ij}, \tilde{A}_{kr} \mid \mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k)\} \rightarrow \min$$

или

$$T_2 = \sum_{k=1}^v \sum_{r=1}^z \{\tilde{A}_{kr} \mid \mu_{\tilde{A}}(t_{kr}), \tilde{A}_{kr} \mid \mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k), \tilde{A}_{kr} \mid \mu_{\tilde{A}}(\tilde{h}_r)\} \rightarrow \min,$$

где s_k – количество технологических блоков модельной схемы транспортного объекта системы «железнодорожная станция – порт» ($k = 1, 2, \dots, v$); h_r – количество технологических операций по варианту обслуживания ($r = 1, 2, \dots, z$); $\tilde{A}_{kr} = \{(t_{kr} \mid \mu_{\tilde{A}}(t_{kr}))\}$ – технология работы блоков объекта и его продолжительность (аксиомата \tilde{A}_{kr} в нечетком функциональном представлении, $\mu_{\tilde{A}}(t_{kr})$ – степень (доля) принадлежности t_{kr} в \tilde{A}_{kr} ; $\mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k)$ – степень (доля) принадлежности блока модельной схемы транспортного объекта к аксиомате \tilde{A}_{kr}).

Величина T_2 представляет собой суммарное время занятия всех модулей транспортной системы по логическим вариантам реализации плана поступления вагонов на причалы порта.

Для отражения логических ситуаций в управлении взаимодействием станции и порта, необходимо систематизировать (нормировать) параметры АСТТП и разработать способ отображения ситуации. Параметризация модели методами ТНМ может являться средством логического обоснования для расчета продолжительности АСТТП по вариантам обслуживания в системе, что позволяет

выявлять причины задержек вагонов и повышать эффективность работы припортовой системы.

Рассмотрим упорядоченные наборы времен АСТТП из k по r значений:

$$\begin{aligned} \text{АСТТП}_1 &= (t_1^1, t_2^1, t_3^1, \dots, t_k^1) \wedge \text{АСТТП}_2 = (t_1^2, t_2^2, t_3^2, \dots, t_k^2) \wedge \\ &\wedge \text{АСТТП}_3 = (t_1^3, t_2^3, t_3^3, \dots, t_k^3) \wedge \dots \wedge \text{АСТТП}_r = (t_1^r, t_2^r, t_3^r, \dots, t_k^r). \end{aligned}$$

С данными множествами выполнимы операции включения, равенства, дополнения, пересечения, объединения, позволяющие выбирать рациональные параметры АСТТП. Для оценки нечеткости составляющих компонентов АСТТП применима энтропия системы относительно значений вероятностей использования модулей (p_1, p_2, \dots, p_r) . Известны условия выполнения транспортных процессов и вероятности загрузки модулей АСТТП, тогда энтропия технологических операций для инфраструктурного элемента равна

$$H(p_1, p_2, \dots, p_r) = - \sum_{r=1}^z p_r \cdot \ln p_r.$$

Степень беспорядка компонентов АСТТП находится между $H = 0$ (минимально) и $H = 1$ (максимально).

Для оценки энтропии по нечеткости подмножества модулей МСС станции, или составляющих времен АСТТП, используется формула [167]:

$$H(\mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_1), \mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_2), \dots, \mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k)) = - \frac{1}{\ln k} \sum_{k=1}^v \mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k) \cdot \ln \mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k)$$

или по нечеткости времен транспортных процессов

$$H(\mu_{\tilde{A}}(\tilde{t}_1), \mu_{\tilde{A}}(\tilde{t}_2), \dots, \mu_{\tilde{A}}(\tilde{t}_r)) = - \frac{1}{\ln z} \sum_{r=1}^z \mu_{\tilde{A}}(\tilde{t}_r) \cdot \ln \mu_{\tilde{A}}(\tilde{t}_r).$$

Из-за значительного объема расчетов перебор значений вероятностей использования блоков МСС с шагом 0,1 при логической постановке последовательности АСТТП и расчетом времен производится в авторской программе системы аналитического компьютерного вычисления *Maple*. Для конечного множества n -значений времен (вероятностей) транспортных процессов можно определить также относительное расстояние Хемминга $\delta(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{k1}) == (1/n)d(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{k1})$. Откуда следует, что $0 \leq \delta(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{k1}) \leq 1$. Посредством обобщенного расстояния Хемминга затем определяется линейный индекс нечеткости подмножеств составляющих величин АСТТП, обозначаемый как $\nu(\tilde{A}) =$

$= 2/n \cdot d(\tilde{A}, \bar{A})$. Лучшим является вариант, при котором суммарное время занятия всех модулей транспортной системы по варианту аксиомат транспортной работы, посредством которых реализуется вариант организации перевозок, не превышает времени всех возможных вариантов аксиомат транспортных процессов, выраженных нечеткими функциональными зависимостями.

3.4 Адаптация методов теории нечетких множеств на этапах инфраструктурно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт»

В соответствии с разработанной авторской методикой [18, 121, 125] формируются транспортно-технологическая и модельная схемы припортовой станции. На основе анализа ТРА, технологических процессов работы тринадцати припортовых станций АЧБ сформирована обобщенная матрица связей инфраструктурных объектов (k -х модулей МСС) и r -х технологических операций с вероятностями их использования P_{kr} , которые регламентируют ($P_{kr} = 1$), допускают ($0 < P_{kr} < 1$) или исключают ($P_{kr} = 0$) связи технологических операций и путевого развития припортовой станции (порта) при выполнении конкретной операции. В таблице 2.1 (см. главу 2) представлена вероятностная матрица взаимодействий основных технологических операций (всего 23) и станционных инфраструктурных элементов.

На первом этапе расчетов принято, что P_{kr} , находящееся в пределе $0 < P_{kr} < 1$, принято равным 0,5 ($1/2$). В последнем столбце таблицы определена средняя вероятность использования объекта инфраструктуры среди всех занятых или его важность в специализации для той или иной операции по формуле $P_{kr}^{cp} = \frac{\sum_k \sum_r P_{kr}}{s_k}$, где s_k – количество используемых инфраструктурных элементов (модулей) при выполнении данной операции.

В дальнейшем значения вероятностей использования модулей МСС при организации вариантов АСТТП определяются логическим формированием управленческих структур для конкретных станций и условий эксплуатации.

Принимаются все возможные значения P_{kr} в интервале от 0 до 1 с шагом 0,1. Для оценки разнородных вариантов АСТТП, их структур и логических последовательностей предлагается использовать методы нечетких функциональных представлений, рассмотренные на примере припортовой станции «ТГ».

В результате разработанной методики формируется ведомость АСТТП для примера припортовой станции «ТГ» (таблица 3.10, ручной вариант расчета, маршруты «туда + выгрузка/погрузка + обратно»).

Таблица 3.10 – Ведомость аксиомат АСТТП припортовой станции «ТГ»

Аксиомата АСТТП	Модельная схема АСТТП	Общее время АСТТП, ч	
		min	max
АСТТП1	{GL ↔ PG ↔ PS1 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU) ↔ GFO}	30,07	31,47
АСТТП2	{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PS1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU) ↔ GFO}	15,75	24,40
АСТТП3	{GL ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) ↔ PP ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (BO)}	4,57	5,38
АСТТП4	{GL $\overleftarrow{\text{кр.}}$ PS2 ↔ PS3 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN) _k }	25,71	29,09
АСТТП5	{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU) ↔ PS1 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ PS3 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN) _k }	24,41	31,29
АСТТП6	{GL ↔ PG ↔ PR ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP) _k }	12,56	15,86
АСТТП7	{GL ↔ PG ↔ SU ↔ PS1 ↔ PG ↔ PR ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP) _k }	34,30	37,90
АСТТП8	{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PS1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PR) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP) _k }	7,12	24,10
АСТТП9	{GL $\overleftarrow{\text{кр.}}$ PS2 ↔ PR ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP) _k }	12,76	16,06
АСТТП10	{ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN) _k ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PS3) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PS2) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PR) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP) _k }	0,24	27,40
АСТТП11	{ $\mu_{\bar{A}}$ (GFO) _k ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PS1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PR) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP) _k }	0,30	27,40
АСТТП12	{ $\mu_{\bar{A}}$ (GFO) _k ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PS1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ PS3 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN) _k }	0,30	37,83
АСТТП13	{ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PS1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ PS3 ↔ PS2 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PR) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG)}	0,42	28,08

Примечание: кр. – ограничивающее пропускную способность пересечение путей

Например, модельная схема транспортного процесса для АСТТП8 имеет вид:

$$\tilde{A}_{kr} = \{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP)_k\},$$

где $\mu_{\bar{A}}(SU)$, $\mu_{\bar{A}}(PS1)$ и т. д. – обозначение модулей, степень и продолжительность использования которых определена логическими условиями организации транспортного процесса. Для 12 припортовых станций АЧБ разработаны вероятностные матрицы связей, последовательности АСТТП, которые приведены в Приложении В (В.1). Результаты ручных расчетов времен АСТТП припортовых станций сведены в таблицы 3.11, 3.12.

Таблица 3.11 – Ведомость значений времен АСТТП припортовых станций АЧБ («туда + выгрузка/погрузка»)

Аксиомата АСТТП	«А», ч		«Г», ч		«Е», ч		«З», ч		«КВ», ч		«КЗ», ч		«М», ч		«Н» _{сущ} , ч		«Н» _{проект} , ч		«ТМ», ч	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	6	17	18	19	20	21
АСТТП1	4,76	11,77	4,11	4,11	2,67	2,67	0,16	1,05	6,1	7,47	2,98	3,98	0,16	1,82	0,67	1,89	0,67	1,89	5,87	8,73
АСТТП2	3,4	9,4	6,78	7,54	2,41	2,41	0,16	1,05	4,1	5,47	2,21	3,71	1,71	1,71	7,53	8,61	7,53	8,61	4,87	4,87
АСТТП3	2,1	5,2	5,02	5,78	3,07	3,07	3,8	3,8	3,1	4,47	4,52	4,52	10,37	11,89	4,47	10,29	4,47	10,29	4,87	7,43
АСТТП4	14,08	15,69	9,82	10,58	2,57	2,57	3,8	3,8	8,3	9,67	4,52	8,18	8,77	11,95	14,44	17,23	14,44	17,23	4,87	7,43
АСТТП5	12,72	13,83	–	–	3,47	3,47	0,94	2,2	8,36	9,73	6,73	7,88	5,27	6,03	15,76	19,24	15,76	19,24	2,94	6,67
АСТТП6	3,85	3,85	–	–	1,31	8,18	0,94	2,2	8,36	9,73	8,95	12,26	5,27	6,03	12,64	14,15	12,64	14,15	5,97	5,97
АСТТП7	5,36	9,12	–	–	1,31	2,37	0,94	5	6,37	10,43	11,09	12,3	5,63	7,15	14,75	19,66	14,75	19,66	6,43	9,23
АСТТП8	8,6	9,98	–	–	3,57	5,88	0,94	5	8,3	12,36	10,9	12,45	8,63	10,15	18,28	20,03	18,28	20,03	5,37	7,93
АСТТП9	12,59	13,6	–	–	3,57	3,57	0,83	4,95	8,3	12,36	8,74	10,29	8,77	9,53	16,31	19,12	16,31	19,12	5,37	7,93
АСТТП10	10,79	13,03	–	–	5,33	6,73	0,94	6,36	6,1	6,1	11,81	12,7	8,77	9,53	9,15	9,15	9,15	9,15	3,44	7,17
АСТТП11	3,87	6,97	–	–	4,52	4,52	0,94	3,36	5,55	9,61	9,89	10,48	6,17	6,93	8,57	12,35	8,57	12,35	4,42	4,42
АСТТП12	7,12	10,95	–	–	5,71	6,71	0,94	6,36	8,69	8,69	12,15	13,04	6,17	6,93	11,55	14,06	11,55	14,06	3,11	16,87
АСТТП13	15,85	17,46	–	–	–	–	0,94	3,35	8,69	8,69	13,16	14,65	3,97	4,73	9,67	14,53	9,67	14,53	–	–
АСТТП14	14,46	15,6	–	–	–	–	5,5	5,5	8,69	8,69	6,98	9,08	6,97	7,73	14,7	17,8	14,7	17,8	–	–
АСТТП15	–	–	–	–	–	–	5,5	5,5	11,93	12,8	6,13	8,83	3,97	4,73	17,9	19,75	17,9	19,75	–	–
АСТТП16	–	–	–	–	–	–	2,8	4,1	4,43	6,37	–	–	6,97	7,73	10,07	13,04	10,07	13,04	–	–
АСТТП17	–	–	–	–	–	–	2,8	4,1	–	–	–	–	10,42	13,74	11,52	13,8	11,52	13,8	–	–
АСТТП18	–	–	–	–	–	–	2,7	9,82	–	–	–	–	10,46	11,22	17,9	19,65	17,9	19,65	–	–
АСТТП19	–	–	–	–	–	–	2,95	10,07	–	–	–	–	10,48	12	14,27	14,27	14,27	14,27	–	–
АСТТП20	–	–	–	–	–	–	7,44	11,44	–	–	–	–	–	–	8,69	11,93	8,69	11,93	–	–
АСТТП21	–	–	–	–	–	–	9,82	10,12	–	–	–	–	–	–	18,89	19,71	18,89	19,71	–	–
АСТТП22	–	–	–	–	–	–	9,82	9,82	–	–	–	–	–	–	16,35	18,08	16,35	18,08	–	–
АСТТП23	–	–	–	–	–	–	9,11	9,11	–	–	–	–	–	–	8,05	13,59	8,05	13,59	–	–
АСТТП24	–	–	–	–	–	–	7,51	7,51	–	–	–	–	–	–	12,3	12,3	12,3	12,3	–	–
АСТТП25	–	–	–	–	–	–	10,81	10,81	–	–	–	–	–	–	7,89	12,54	7,89	12,54	–	–
АСТТП26	–	–	–	–	–	–	8,11	9,41	–	–	–	–	–	–	12,33	14,33	12,33	14,33	–	–
АСТТП27	–	–	–	–	–	–	7,25	8,55	–	–	–	–	–	–	11,44	12,06	11,44	12,06	–	–
АСТТП28	–	–	–	–	–	–	6,65	8,25	–	–	–	–	–	–	16,35	18,35	16,35	18,35	–	–
АСТТП29	–	–	–	–	–	–	3,95	6,85	–	–	–	–	–	–	4,65	4,65	4,65	4,65	–	–
АСТТП30	–	–	–	–	–	–	10,97	12,93	–	–	–	–	–	–	7,32	9,32	7,32	9,32	–	–
АСТТП31	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10,53	11,53	10,53	11,53	–	–

Продолжение таблицы 3.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	6	17	18	19	20	21
АСТП32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,95	14,1	12,95	14,1	-	-
АСТП33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,29	15,29	10,29	15,29	-	-
АСТП34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,46	15,46	13,46	15,46	-	-
АСТП35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,44	6,44	4,44	6,44	-	-
АСТП36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,88	17,88	17,88	17,88	-	-
АСТП37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,23	16,99	10,23	16,99	-	-
АСТП38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,01	10,63	8,01	10,63	-	-
АСТП39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,53	15,81	-	-
АСТП40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,21	18,33	-	-
АСТП41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,99	12,01	-	-
АСТП42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,65	8,45	-	-
АСТП43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,62	10,80	-	-
АСТП44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,75	19,77	-	-
АСТП45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,42	14,55	-	-

Продолжение таблицы 3.11

Аксиомата АСТП	«ТС», ч		«ТГ», ч		«У», ч	
	min	max	min	max	min	max
АСТП1	2,56	2,67	18,79	19,67	4,87	5,18
АСТП2	0,62	3,94	9,84	15,25	4,87	4,87
АСТП3	3,27	4,42	2,85	3,36	4,87	7,6
АСТП4	2,11	6,14	16,07	18,18	4,87	5,63
АСТП5	5,17	7,23	7,97	10,04	4,02	4,02
АСТП6	1,31	8,95	12,56	15,86	4,02	4,78
АСТП7	5,11	5,63	7,85	9,91	3,41	3,72
АСТП8	8,28	9,43	21,44	23,68	4,47	8,1
АСТП9	4,17	9,29	4,45	15,06	4,43	9,29
АСТП10	2,11	9,27	0,24	15,22	-	-
АСТП11	4,43	5,89	0,30	16,12	-	-
АСТП12	8,59	11,55	0,30	21,02	-	-
АСТП13	11,04	11,04	0,42	16,52	-	-
АСТП14	2,11	5,59	-	-	-	-
АСТП15	6,85	7,31	-	-	-	-
АСТП16	2,37	3,99	-	-	-	-
АСТП17	6,8	10,1	-	-	-	-
АСТП18	7,98	9,59	-	-	-	-
АСТП19	4,73	5,68	-	-	-	-
АСТП20	2,33	4,08	-	-	-	-

Таблица 3.12 – Ведомость значений времен АСТТП припортовых станций АЧБ («туда + выгрузка/погрузка + обратно»)

Аксиомата АСТТП	«А», ч		«Г», ч		«Е», ч		«З», ч		«КВ», ч		«КЗ», ч		«М», ч		«Н» _{сущ.} , ч		«Н» _{проект.} , ч		«ТМ», ч	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
АСТТП1	8,22	21,29	4,22	4,22	4,04	4,04	0,27	1,05	10,9	12,4	5,98	5,98	0,31	2,27	1,67	3,58	1,67	3,58	10,56	15,71
АСТТП2	5,5	16,55	9,56	11,08	3,72	3,72	0,27	1,05	7,2	9,84	3,97	3,97	1,07	2,07	11,29	15,49	11,29	15,49	8,76	8,76
АСТТП3	3,7	6,8	6,04	11,56	4,44	4,44	4,8	4,8	8,6	8,04	8,13	8,13	16,66	18,40	8,04	12,52	8,04	12,52	8,76	13,3
АСТТП4	26,86	29,13	15,64	17,16	3,94	3,94	4,8	4,8	14,9	17,4	8,13	14,72	15,78	18,51	15,99	21,01	15,99	21,01	8,76	13,37
АСТТП5	14,14	23,83	–	–	4,84	4,84	1,7	3,2	14,99	17,5	12,1	14,18	7,48	9,85	23,3	31,63	23,3	31,63	5,29	10,01
АСТТП6	7,2	7,37	–	–	2,31	11,1	1,7	3,2	15,04	17,5	16,11	19,06	7,48	9,85	15,75	19,75	15,75	19,75	8,74	10,74
АСТТП7	10,22	14,64	–	–	1,62	3,74	1,65	6	11,4	18,77	14,96	17,14	10,13	12,87	22,55	31,63	22,55	30,63	11,57	16,61
АСТТП8	16,7	17,2	–	–	4,89	9,51	1,65	6	14,94	22,2	17,6	19,41	14,5	16,27	32,9	35,04	32,9	35,04	9,66	14,27
АСТТП9	22,58	24,95	–	–	4,94	4,94	1,44	7,1	14,94	22,2	11,9	14,4	13,77	15,15	29,35	34,4	29,35	34,4	9,66	14,23
АСТТП10	13,28	17,81	–	–	9,36	10,36	1,7	10,92	8,98	10,98	15,89	19,86	13,77	15,15	16,47	24,47	16,47	24,47	6,19	10,9
АСТТП11	4,04	7,14	–	–	6,84	6,84	1,7	4,92	9,99	17,29	12,8	15,86	11,10	12,03	15,42	22,23	15,42	22,23	7,95	7,95
АСТТП12	13,74	14,3	–	–	9,42	11,7	1,7	10,92	15,64	15,64	17,87	19,47	11,10	12,03	20,78	26,3	20,78	26,3	4,97	21,3
АСТТП13	30,4	32,66	–	–	–	–	1,7	4,9	15,64	15,64	18,68	21,37	8,43	10,6	15,4	18,15	15,4	18,15	–	–
АСТТП14	27,62	29,01	–	–	–	–	9,5	9,5	15,64	15,64	8,5	11,3	11,15	13,91	18,46	22,04	18,46	22,04	–	–
АСТТП15	–	–	–	–	–	–	9,5	9,5	21,4	23,04	7,03	10,89	9,5	10,31	32,2	35,55	32,2	35,55	–	–
АСТТП16	–	–	–	–	–	–	3,8	6,4	7,97	10,46	–	–	11,15	13,91	14,08	17,04	14,08	17,04	–	–
АСТТП17	–	–	–	–	–	–	3,8	6,4	–	–	–	–	18,75	21,73	12,52	15,64	12,52	15,64	–	–
АСТТП18	–	–	–	–	–	–	6,7	14,73	–	–	–	–	18,8	19,19	22,22	25,37	22,22	25,37	–	–
АСТТП19	–	–	–	–	–	–	5,31	15,12	–	–	–	–	18,86	20,6	25,68	25,68	25,68	25,68	–	–
АСТТП20	–	–	–	–	–	–	12,73	14,4	–	–	–	–	–	–	9,64	14,08	9,64	14,08	–	–
АСТТП21	–	–	–	–	–	–	14,6	16,2	–	–	–	–	–	–	33,02	34,47	33,02	34,47	–	–
АСТТП22	–	–	–	–	–	–	14,73	16,67	–	–	–	–	–	–	29,43	32,5	29,43	32,5	–	–
АСТТП23	–	–	–	–	–	–	13,66	16,1	–	–	–	–	–	–	14,49	24,46	14,49	24,46	–	–
АСТТП24	–	–	–	–	–	–	11,2	13,51	–	–	–	–	–	–	22,14	22,14	22,14	22,14	–	–
АСТТП25	–	–	–	–	–	–	15,9	19,3	–	–	–	–	–	–	14,2	25,5	14,2	25,5	–	–
АСТТП26	–	–	–	–	–	–	12,11	16,9	–	–	–	–	–	–	17,5	19,5	17,5	19,5	–	–
АСТТП27	–	–	–	–	–	–	13,05	15,39	–	–	–	–	–	–	21,05	23,03	21,05	23,03	–	–
АСТТП28	–	–	–	–	–	–	11,92	14,8	–	–	–	–	–	–	23,7	25,7	23,7	25,7	–	–
АСТТП29	–	–	–	–	–	–	7,11	11,93	–	–	–	–	–	–	13,3	13,3	13,3	13,3	–	–
АСТТП30	–	–	–	–	–	–	14,5	18,2	–	–	–	–	–	–	16,1	20,1	16,1	20,1	–	–
АСТТП31	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	15,7	18,53	15,7	18,53	–	–

Продолжение таблицы 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
АСТП32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,31	27,45	23,31	27,45	-	-
АСТП33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,5	29,5	18,5	29,5	-	-
АСТП34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,16	29,16	27,16	29,16	-	-
АСТП35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,19	8,19	7,19	8,19	-	-
АСТП36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,6	28,6	28,6	28,6	-	-
АСТП37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,23	30,98	18,23	30,98	-	-
АСТП38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,01	12,8	9,01	12,8	-	-
АСТП39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,35	16,05	-	-
АСТП40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,89	34,82	-	-
АСТП41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,99	24,01	-	-
АСТП42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,65	11,45	-	-
АСТП43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,71	12,40	-	-
АСТП44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,75	35,58	-	-
АСТП45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,42	26,55	-	-

Продолжение таблицы 3.12

Аксиомата АСТП	«ТС», ч		«ТГ», ч		«У», ч	
	min	max	min	max	min	max
АСТП1	2,6	2,8	30,07	31,47	8,76	8,9
АСТП2	1,2	3,9	15,75	24,40	8,76	8,76
АСТП3	5,87	7,9	4,57	5,38	8,76	11,68
АСТП4	4,11	12,3	25,71	29,09	8,76	10,13
АСТП5	10,17	13,23	24,41	31,29	7,01	7,52
АСТП6	2,35	14,11	12,56	15,86	7,01	8,6
АСТП7	9,19	9,63	34,30	37,90	6,73	5,95
АСТП8	16,28	17,01	7,12	24,10	7,15	12,96
АСТП9	7,5	11,29	12,76	16,06	7,97	11,7
АСТП10	5,2	13,24	0,24	27,40	-	-
АСТП11	7,97	8,42	0,30	27,40	-	-
АСТП12	14,46	17,79	0,30	37,83	-	-
АСТП13	14,87	14,87	0,42	28,08	-	-
АСТП14	4,23	10,06	-	-	-	-
АСТП15	14,33	13,15	-	-	-	-
АСТП16	4,26	7,18	-	-	-	-
АСТП17	12,24	18,18	-	-	-	-
АСТП18	14,3	17,2	-	-	-	-
АСТП19	8,13	10,68	-	-	-	-
АСТП20	5,33	7,15	-	-	-	-

Соответственно чем крупнее припортовая станция, тем большее количество вариантов организации АСТТП. В среде *Maple* разработаны авторские программные модули расчета продолжительности времен АСТТП припортовых станций АЧБ. Исследование рядов времен и их прогнозирование с учетом авторских решений выполнено в программе *STATISTICA (data analysis software system)* и представлено в главе 4 диссертации.

3.5 Комплексные динамические параметры оценки эффективности транспортных процессов в системе «железнодорожная станция – порт»

Показатели работы системы «железнодорожная станция – порт» зачастую относительноны и зависят от целей управления и сложившейся оперативной обстановки. Например, понятие «простой местного вагона» зависит от размеров поступления вагонопотока в систему и перерабатывающей способности объектов (модулей) системы. Если на предшествующем модуле накопился неотправленный вагонопоток, то перерабатывающая способность последующего модуля занижена и требуется увеличение «скорости» выполнения операций, т. е. требуется корректировка работы элементов. Возникает итерационный процесс, который развивается в двух направлениях: во времени и в пространстве (от звена к звену).

В соответствии с [3, 25, 28, 86, 95] в процессе определения рациональных вариантов организации работы ПрС, на всех этапах осуществляется контроль соответствия объемов работ (грузо- и вагонопотоков) перерабатывающей способности станции посредством расчета параметров и показателей стационарных технико-технологических элементов. Анализируются значения показателей работы: грузо- и вагонопотоки (транзитные с переработкой, транзитные без переработки, местные); простои грузовых вагонов по категориям с разложением по элементам; рабочий парк вагонов; загрузка маневровых локомотивов; средняя масса и длина отправленных составов по назначениям плана формирования поездов; оборот поездных локомотивов на путях станции и др. показатели (при необходимости – состояние безопасности движения поездов и

охраны труда, динамика производительности труда и заработной плате, анализ эксплуатационных расходов) (таблица В.3, Приложение В). Однако, в связи с уникальностью каждого станционного объекта и особенностей местных условий эксплуатации, общий подход к оценке эффективности работы ПрС часто проблематичен. Следовательно, нужны новые оценочные критерии параметров станционных транспортных процессов, развивающие систему традиционных показателей работы железнодорожных станций (приложение В):

– средняя скорость транспортных процессов $W_{\text{МСС}} = \frac{n_{\text{ТП}} \cdot R \cdot m_{\text{мест}}}{24 \cdot n_{\text{МСС}}}$, вагоно-оп./ч;

– размер транспортного действия на протяжении станционной инфраструктуры $R(L) = \frac{m_{\text{мест}} \cdot L}{24}, \frac{\text{ваг} \cdot \text{км}}{\text{ч}}$;

– размер транспортного действия по времени $R(t) = \frac{m_{\text{мест}} \cdot L}{W_{\text{МСС}}}, \frac{\text{ваг} \cdot \text{км}}{\text{ч}}$;

– плотность местного вагонопотока $P(L) = \frac{m_{\text{мест}}}{L}, \frac{\text{ваг}}{\text{км}}$;

– грузовое давление на железнодорожную инфраструктуру

$$P(Q) = \frac{Q_{\text{пр}} + Q_{\text{от}}}{L}, \text{т/км};$$

– количество модулей МСС, приходящихся на один переработанный местный вагон с учетом совмещения транспортно-технологических операций ($k_{\text{совм}} = 0,85 - 0,95$)

$$n_{\text{МСС}}^{1\text{ваг}} = \frac{N_{\text{МСС}}}{m_{\text{мест}} \cdot k_{\text{совм}}}.$$

Результат расчетов параметров станционных транспортных процессов припортовых станций представлен в главе 4.

3.6 Выводы по главе

В третьей главе выполнено развитие методов инфраструктурно-технологического взаимодействия в региональной железнодорожной припортовой системе на принципах нечеткого аналитического моделирования. Разработана и оценена взаимосвязь закономерностей и факторов, определяющих уровень инфраструктурно-технологического взаимодействия в системе «железнодорожная

станция – порт». Предложен новый подход к формализации стационарных транспортно-технологических процессов за счет аксиоматики (АСТТП) – логической спецификации транспортных процессов и структур.

Исполнение этой спецификации дает логическую модель (прототип) процесса или структуры станции, что предназначено для анализа состоятельности проектных решений, оценки последствий предпринимаемых действий. Разработана последовательность формирования аксиомат АСТТП по вариантам модельных схем припортовых станций в авторской интерпретации.

Сформирована аналитическая модель работы припортовой железнодорожной станции на основе вероятностно-статистического подхода и нечетких функциональных зависимостей при известных величинах грузо- и поездопотоков, пространственно-географических, производственно-транспортно-складских и технико-технологических параметрах стационарной и портовой инфраструктуры. Лучшим принят вариант, при котором суммарное время занятия всех модулей транспортной системы по варианту аксиомат транспортной работы, посредством которых реализуется вариант организации перевозок, не превышает времени всех возможных вариантов аксиомат транспортных процессов, выраженных нечеткими функциональными зависимостями. Внутри одной аксиоматы АСТТП распределение времени выполнения носит линейный характер, что подтверждает однородность выполняемых процессов. Установлен размер объема выборки параметров времен АСТТП для каждого вида припортовой станции.

Предложены комплексные динамические параметры оценки эффективности транспортных процессов в системе «железнодорожная станция – порт»: средняя скорость транспортных процессов, размер транспортного действия на протяжении припортовой стационарной инфраструктуры, размер транспортного действия по времени, плотность вагонопотока, грузовое давление на железнодорожную инфраструктуру, количество модулей модельной схемы станции, приходящихся на один переработанный местный вагон.

4 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИПОРТОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ НА ПРИНЦИПАХ НЕЧЕТКОГО АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

4.1 Алгоритм и программный комплекс обоснования вариантов инфраструктурно-технологического взаимодействия в системе «припортовая станция – порт»

При управлении транспортно-технологическим взаимодействием ЛПР оперирует большей частью качественными понятиями эффективности: «нормальный режим работы», «оптимальная интенсивность», «повышение производительности», «сокращение простоя» и т. д. Эти понятия можно группировать логическими блоками с учетом нечеткого моделирования. Рассмотрим алгоритм логики выбора и обоснования вариантов *инфраструктурно-технологического взаимодействия* в системе «железнодорожная станция – порт», а также нечеткий процесс управления транспортным процессом на припортовой станции (рисунок 4.1).

Для этого предположим эмпирическое правило: «если припортовая станция перегружена, то следует или снизить поступление вагонопотока, или перераспределить транспортную работу с учетом занятия станционных устройств с большей производительностью».

Для целей отражения управляющих воздействий в системе применимы нейронные сети прямого распространения. Особым направлением в развитии систем управления являются системы нечеткой логики [59, 70, 72, 98, 125, 165, 171], которые могут оперировать с неточной информацией и объяснять принятые решения. Данные системы в кооперации с нейронными сетями применимы для контроля параметров АСТТП в системе «железнодорожная станция – порт».

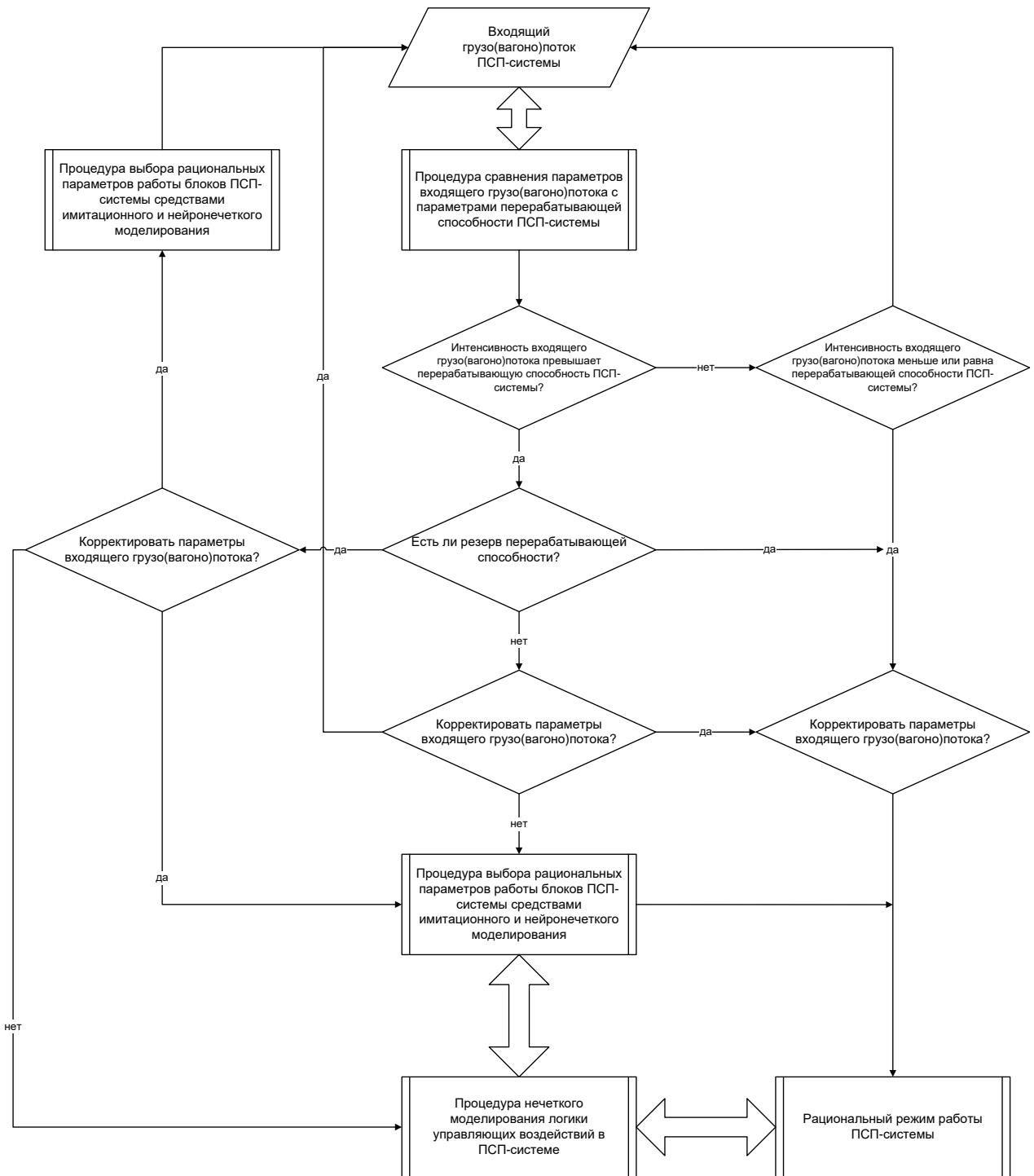


Рисунок 4.1 – Укрупненная блок-схема логики вариантов управления транспортными процессами системы «железнодорожная станция – порт»

Однако имеет место ряд проблем в применении нейронных сетей для решения управленческих задач: первоначально не известны мера сложности и размер сети для достаточно точной реализации отображения транспортного взаимодействия; при недостаточности количества параметров невозможно обучить нейронную сеть, и система не будет корректно работать; исходные

данные должны быть непротиворечивы; имеется множество способов представления входных и выходных данных для нейронной сети, начиная от простого линейного преобразования и заканчивая многомерным анализом параметров.

Например, известным способом представления выходных данных нейронной сети транспортного взаимодействия является вектор, компоненты которого соответствуют различным номерам классов. Например, если в сети (транспортной модели) с четырьмя выходами имеем вектор выходных значений $(0.1, 0.1, 0.1, 0.7)$ – вероятность распределения подвижного состава по грузовым фронтам, то видим, что максимальное значение имеет четвертая компонента вектора, значит класс, к которому относится этот пример – 4-й. Также для рассмотренного примера можно определить уверенность сети в том, что пример относится к четвертому классу: $0,7 - 0,3 = 0,4$. Применяются также способы записи выходных векторов в двоичной форме и в форме разбиения задачи с k -классами на $k \cdot (k - 1)/2$ подзадач с двумя классами (2×2 кодирование) каждая. Для транспортной модели [12] с последовательно-параллельными соединениями блоков (см. рисунок 1.8, глава 1) с девятью классами мы имеем 36 выходов (подзадач) $A_{kn} = \frac{k(k-1)}{2}$.

Для управления процессом обучения в нейронных нечетких системах используется метод обратного распространения ошибки. При этом оцениваются изменения отдельных межнейронных связей.

Основная задача работы системы «железнодорожная станция – порт» – обеспечение оптимального режима обработки подвижного состава, в том числе сокращение сроков пребывания подвижного состава в системе. Для этого могут использоваться три способа организации подвода подвижного состава: по специальным взаимосогласованным расписаниям, по периодам суток, без согласования времени прибытия. В первом и втором случаях предусматривается приоритетная возможность вести перевалку груза по прямому варианту. В третьем случае, как правило, чередуют прямой и складской варианты.

Наиболее сложными моментами в организации прямого варианта перевалки грузов является несоответствие тоннажа судна и грузоподъемности прибывающего подвижного состава, а также несоответствие поступления судов и вагонов в порт. Принятая форма организации взаимодействия порта и железнодорожной станции предусматривает подачу-уборку вагонов через определённые интервалы времени. В случаях перевалки грузов по прямому варианту может использоваться принцип подач вагонов без интервалов, по мере их поступления и обработки на припортовой станции с учетом интенсивного подвода поездов. Этот вариант связан с организационными и управленческими трудностями и требует инвестиций в развитие обменного парка вагонов, строительство районных парков и выставочных путей.

Например, в исследуемом отрезке времени возникает ряд вопросов: рациональное количество подач-уборок вагонов в системе «железнодорожная станция – порт», $N_{\text{под}} = N_{\text{уб}}$; рациональные времена подач-уборок вагонов в системе «железнодорожная станция – порт», $t_{\text{под}} = t_{\text{уб}}$; рациональное количество вагонов в подачах-уборках и их распределение по причалам порта, $n_{\text{под}}^{\text{фр}}$, $n_{\text{уб}}^{\text{фр}}$; рациональное управление обслуживанием подвижного состава и грузовых фронтов в системе «железнодорожная станция – порт».

Для целей отражения управляющих воздействий в системе применимы нейронные сети прямого распространения (сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки) и системы нечеткой логики [70, 125, 171], которые могут оперировать с неточной информацией и объяснять принятые решения.

В соответствии с авторской методикой разработана аксиоматика станционных транспортно-технологических процессов (АСТТП) припортовых станций – логическая спецификация транспортных процессов и структур в исполнимом логическом языке. В качестве входных переменных нейросетевой модели «железнодорожная станция – порт» приняты: размеры грузо- и вагонопотока в системе ($R_{\text{тр}}$); параметры блоков модельной схемы транспортного объекта (станции, порта) ($R_{\text{мсс}}$); последовательности вариантов организации

транспортной работы – аксиоматы стационарных транспортно-технологических процессов (АСТТП) ($R_{\text{АСТТП}}$); временные параметры АСТТП по вариантам распределения местных вагонов в системе (R_t). В общем виде модель имеет вид:

$$R^* = \{R_{\text{тр}}, R_{\text{мсс}}, R_{\text{АСТТП}}, R_t, \dots\} \rightarrow \text{opt.}$$

Вектор параметров входных времен АСТТП может содержать 700–900 значений и более. Для этого в среде *Maple* разработаны авторские программные модули расчета продолжительности времен АСТТП припортовых станций АЧБ на основе вероятностно-статистического подхода.

По транспортному объекту (системе «железнодорожная станция – порт») из разработанных наборов АСТТП, формируются логические группы (ЛГ) согласно последовательности:

1 – группировка аксиомат АСТТП, идентичных в модельных блоках на 85 % и более, с проверкой параметров блоков, параметров времен, параметров последовательности событий;

2 – параметризация значений времен АСТТП по вариантам распределения местных вагонов с формированием графиков средних значений с ошибками (доверительный интервал 95 %), построением гистограмм нормального распределения, анализ временных рядов и их пригодности (распределение Пуассона) по степени интенсивности процессов, прогнозирование на основе экспоненциального сглаживания;

3 – проверка сочетаемости событий ЛГ с учетом наличия критических пересечений в последовательности транспортной работы.

На рисунке 4.2 представлена структура нейронной сети для прогнозирования группирования аксиомат АСТТП в логические группы.

Нейросетевое моделирование взаимодействия АСТТП внутри конкретной ЛГ (нейрон 1) может быть представлено в виде схемы (рисунок 4.3).

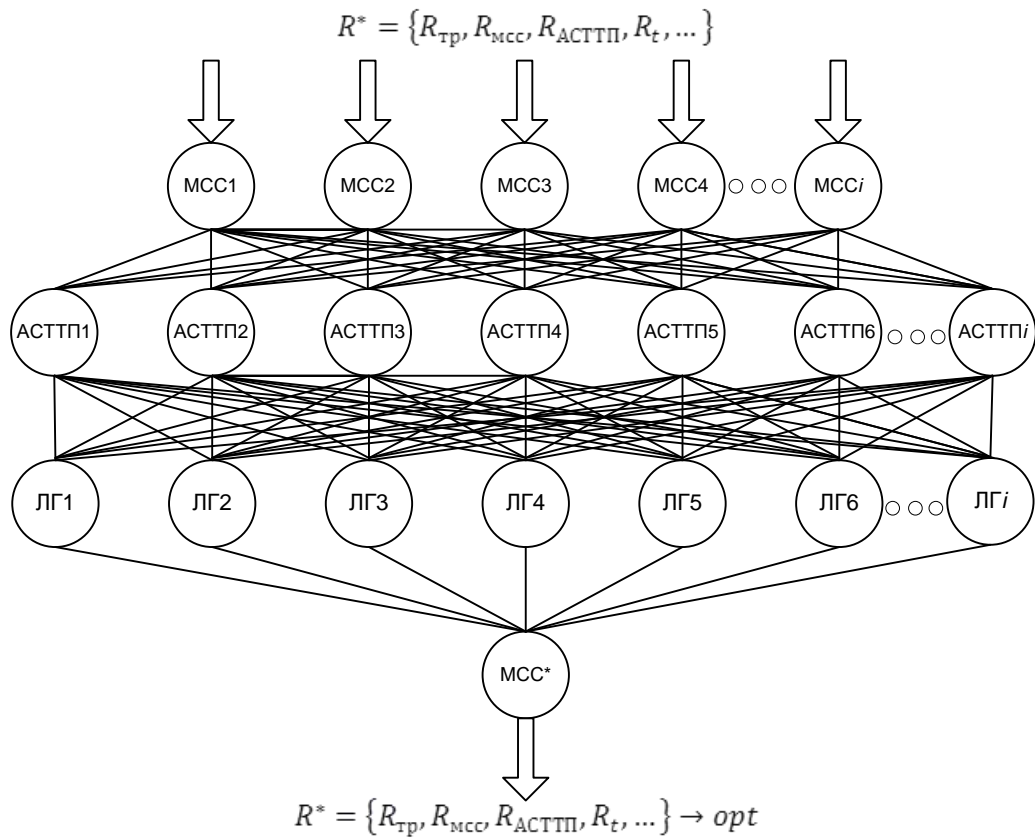


Рисунок 4.2 – Структура нейронной сети для прогнозирования группирования аксиомат (АСТТП) в логические группы (ЛГ) согласно модельным схемам припортовых станций (МСС)

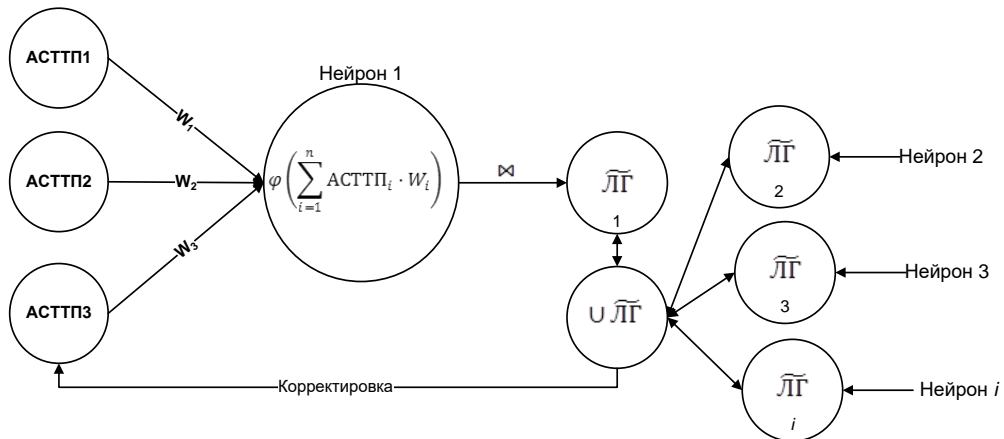


Рисунок 4.3 – Нейросетевое моделирование взаимодействия АСТТП внутри ЛГ

Для определения эффективности формируемой нейронной сети может использоваться среднеквадратичная ошибка, усредненная по количеству выходных значений времен ЛГ и рассчитываемая на основе прогнозируемых и реальных значений выборки временных параметров АСТТП, из которых формируются ЛГ, по формуле $\varepsilon = 1/(nk) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (\bar{ЛГ}_{ij}^{сущ} - \bar{ЛГ}_{ij}^{проект})^2$, где

$\widetilde{ЛГ}_{ij}^{сущ}$ – значение i -го параметра времени ЛГ нейронной сети для j -го обучающего или тестового примера; $\widetilde{ЛГ}_{ij}^{проект}$ – прогнозируемое значение i -го выходного параметра времени ЛГ для j -го обучающего или тестового примера; n – количество АСТТП в обучающей или тестовой выборке; k – количество выходных временных параметров ЛГ нейронной сети.

Применение средств ЭВМ и стандартных программных пакетов аналитического моделирования позволяет повысить качество расчетов и сократить временные рамки экспериментов. Этот подход, рассматриваемый в диссертации, доказывает правомерность применения аналитических выражений и адекватность формируемой модели исследуемой стационарной системы. Рассмотрим авторский программный расчет в среде *Maple* временных параметров АСТТП по логическим условиям объединения в ЛГ для многовариантного разложения подвижного состава по грузовым пунктам и условиям подач-уборок на места общего и необщего пользования на примере станции «ТГ». На первом этапе моделирования транспортной работы принято группирование АСТТП согласно результатам экспертного анализа и параметрам техпроцессов припортовых станций. По каждой ЛГ объединения АСТТП выполнены расчеты для 100 вариантов испытаний (количество испытаний ограничено лишь счетными возможностями ЭВМ), результаты которых приведены в п. 4.2 настоящего исследования. В дальнейшем возможен перебор вариантов объединенных ЛГ с шагом вероятности 10 %.

Программные модули расчета продолжительности АСТТП, сгруппированных в ЛГ для остальных припортовых станций, представлены в Приложении Г.

Далее на основе времен ЛГ1 АСТТП по вариантам распределения местных вагонов построены графики средних значений с ошибками (доверительный интервал 95 %), гистограммы нормального распределения, анализ временных рядов и их пригодности (распределение Пуассона) по степени интенсивности процессов, а также выполнено прогнозирование времен на основе экспоненциального сглаживания (рисунки 4.4–4.7).

Программный модуль (Группа 1)

```

tgl := 0.05 : tpg := 2.8 : tps1 := 7.25 : tsu := 0.7 : tgfo := 9.45 :
ts1 := 0.06 : ts4 := 0.06 : ts5 := 0.06 : ts6 := 0.06 : ts3 := 0.06 :

Vag := 56 :
Vgfo := ceil(Vag*0.2) :

N := 100 :
for i from 1 to N do
V := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..100), method = uniform) :
if V ≤ 50 then
print() ;
print() ;
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП1, см. Тазаироз);
R1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
if R1 ≤ 7 then
print(От поезда, прибывшего на PS1 через GL и PG, отцепляют, Vgfo,
вагонов для обработки в GFO, сортируя в SU);
t1a := tgl + ts1 + tpg :
t2a := ts4 + tps1 + ts5 + tsu :
t3a := ts6 + tgfo + ts6 + tsu :
t4a := ts5 + tps1 + ts4 :
t5a := tpg + ts1 + tgl :
elif R1 ≥ 8 then
print(От поезда, прибывшего на PS1 через GL и PG, отцепляют, Vgfo,
вагонов для обработки в GFO, не сортируя в SU);
t1a := tgl + ts1 + tpg :
t2a := ts4 + tps1 + ts5 :
t3a := ts6 + tgfo + ts6 :
t4a := ts5 + tps1 + ts4 :
t5a := tpg + ts1 + tgl :
end if:
T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТПП1, T1, ч);
elif V > 50 then
print() ;
print() ;
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП2, см. Тазаироз);
R2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
if R2 ≤ 7 then
print(От поезда, прибывшего на PG через GL, отцепляют, Vgfo,
вагонов для обработки в GFO, сортируя в SU, PS1 петлями);
t1a := tgl + ts1 + tpg :
t2a := ts3 + tsu + ts5 + tps1 :
t3a := ts5 + tsu + ts6 + tgfo :
t4a := ts6 + tsu + ts5 + tps1 :
t5a := ts5 + tsu + ts3 :
t6a := tpg + ts1 + tgl :
elif R2 ≥ 8 and R2 ≤ 9 then
print(От поезда, прибывшего на PG через GL, отцепляют, Vgfo,
вагонов для обработки в GFO, сортируя в SU, PS1 без петель);
t1a := tgl + ts1 + tpg :
t2a := ts4 + tps1 :
t3a := ts5 + tsu + ts6 + tgfo :
t4a := ts6 + tsu + ts5 + tps1 :
t5a := ts4 :
t6a := tpg + ts1 + tgl :
elif R2 = 10 then
print(От поезда, прибывшего на PG через GL, отцепляют, Vgfo,
вагонов для обработки в GFO);
t1a := tgl + ts1 + tpg :
t2a := ts4 :
t3a := ts5 + ts6 + tgfo :
t4a := ts6 + ts5 :
t5a := ts4 :
t6a := tpg + ts1 + tgl :
end if:
T2 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТПП2, T2, ч);
end if:
end do:

```

Таблица 4.1 – Ведомость значений времен АСТТП для первой логической группы станции «ТГ»

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 1 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП1, Вероятность выбора – 50 %		АСТТП2, Вероятность выбора – 50 %	
{GL ↔ PG ↔ PS1 ↔ $\mu_A(SU)$ ↔ GFO}		{GL ↔ PG ↔ $\mu_A(SU)$ ↔ $\mu_A(PS1)$ ↔ $\mu_A(SU)$ ↔ GFO}	
31,53	31,53	30,14	30,14
31,53	31,53	30,14	30,14
31,53	31,53	30,14	30,14
31,53	30,13	30,14	30,14
30,13	31,53	30,14	30,14
30,13	31,53	30,14	30,14
30,13	31,53	30,14	30,14
31,53	30,13	30,14	30,14
30,13	30,13	30,14	30,14
31,53	31,53	30,14	30,14
30,13	30,13	28,62	30,14
31,53	30,13	30,14	30,14
31,53		30,14	28,62
31,53		12,72	30,14
31,53		30,14	30,14
30,13		30,14	28,62
31,53		28,62	28,62
31,53		28,62	28,62
31,53		30,14	30,14
31,53		28,62	30,14
30,13		30,14	30,14
31,53		30,14	28,62
30,13		28,62	30,14
31,53		30,14	30,14
31,53		30,14	30,14
31,53		30,14	30,14
30,13		30,14	30,14
30,13		30,14	30,14
31,53		30,14	30,14
31,53		30,14	30,14

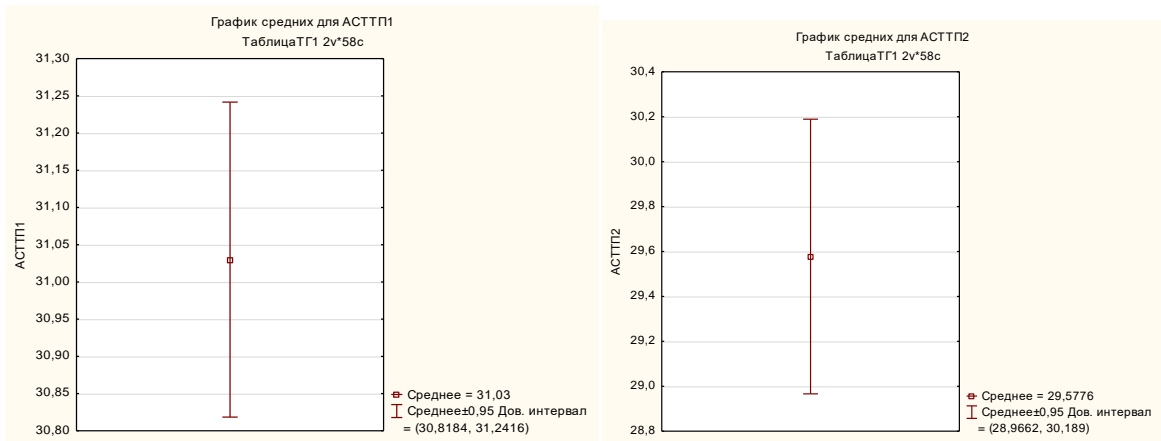


Рисунок 4.4 – Графики средних значений времен АСТТП

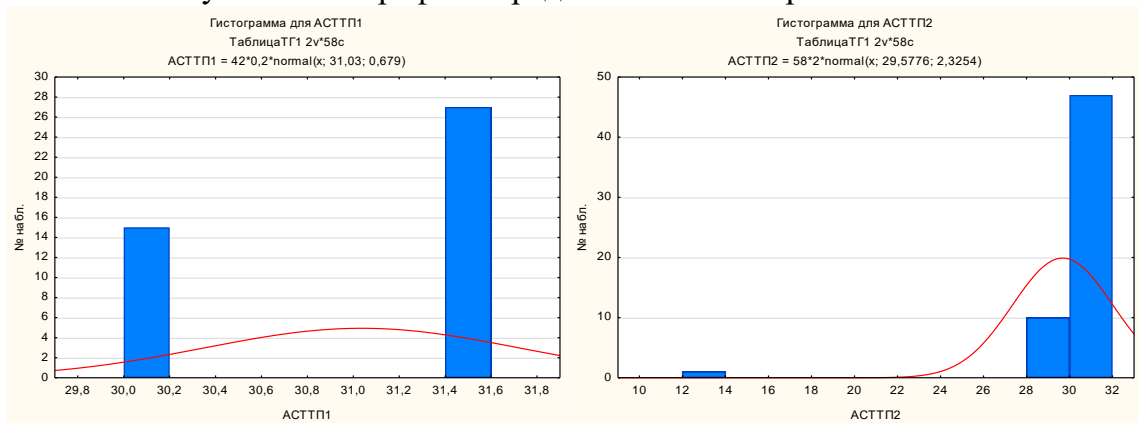


Рисунок 4.5 – Гистограммы нормального распределения интенсивности времен АСТТП

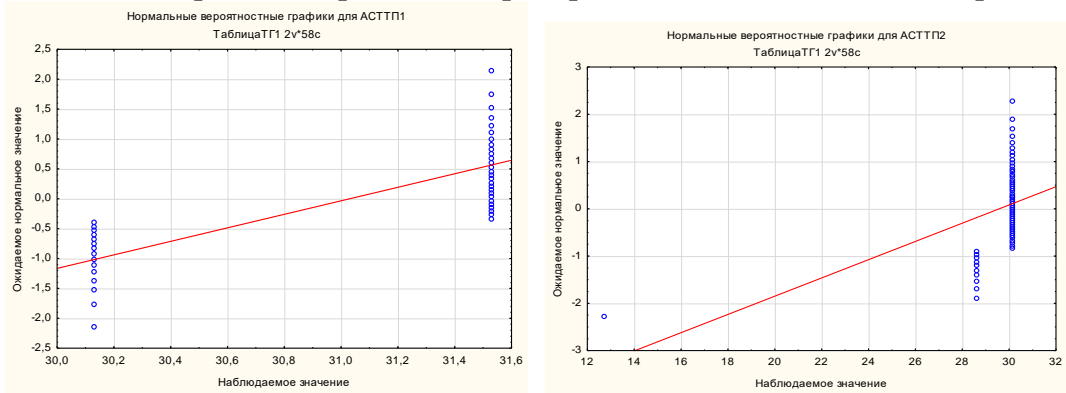


Рисунок 4.6 – Нормальные вероятностные графики интенсивности временных рядов АСТТП

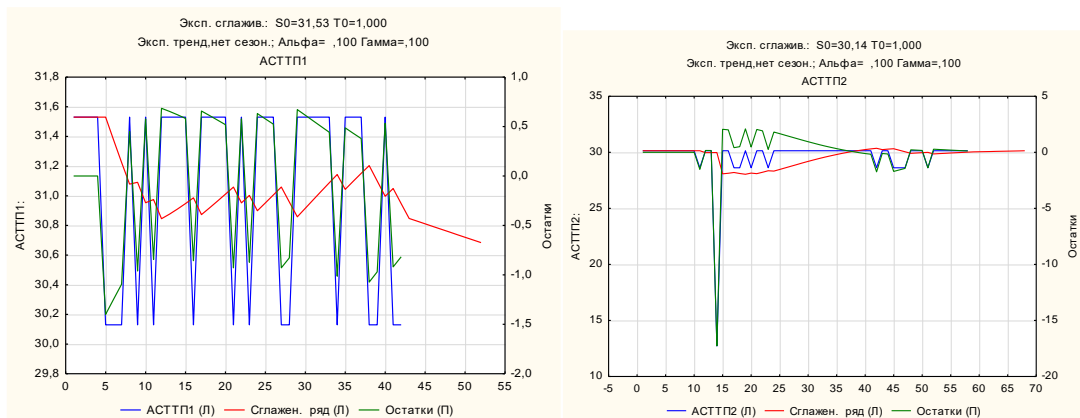


Рисунок 4.7 – Прогнозирование времен АСТТП на основе экспоненциального сглаживания

Далее моделируется транспортная работа по варианту ЛГ2. Определены значения времен АСТТП для 100 вариантов, учитывающих возможные управляющие воздействия и разложение количества подвижного состава под погрузку-выгрузку на местах общего и необщего пользования. В таблице Г.2 Приложения Г сведены значения времен, на рисунках Г.8–Г.9 представлены графики и гистограммы оценки временных рядов АСТТП.

Если в результате программного моделирования транспортной работы (изменения вариантов разложения количества местных вагонов по грузовым фронтам), значения времен остаются неизменными (Приложение Г, таблица Г.3 для ЛГ3), то графики не строятся и прогнозирование не выполняется по известным причинам.

Программные модули рассчитывают временные параметры вероятностных вариантов организации транспортной работы для аксиомат АСТТП по вариантам подачи-уборки вагонов на причалы порта («туда» и «обратно» с «петлями» – возможными сопутствующими технологическими операциями). Возможен вариант в направлении «туда», когда часть вагонов в подаче не обрабатывается в модуле (парке) схемы станции.

В приложении Г приведены программные модули и результаты расчетов временных параметров АСТТП, объединенные в логические группы (ЛГ) управления, для всех припортовых станций АЧБ.

4.2 Оценка временных рядов параметров аксиомат транспортных процессов

Для отражения логических ситуаций в управлении взаимодействием станции и порта, необходимо систематизировать (нормировать) параметры АСТТП и разработать способ отображения ситуации. Прогнозирование значений времен транспортных процессов может являться средством логического обоснования для выбора управленческих решений по вариантам обслуживания в системе «железнодорожная станция – порт», что позволяет выявлять причины

задержек вагонов и повышать эффективность работы. По каждой ЛГ объединения АСТТП припортовых станций выполнено не менее 100 испытаний согласно возможным вариантам распределения местных вагонопотоков. В результате получено более 25 000 значений времен АСТТП, оценку которых предлагается производить на основе подходов теории нечетких множеств.

Рассмотрим значения времен транспортных процессов ЛГ АСТТП для всех припортовых станций, рассчитанные вручную согласно данным технологических процессов и определенные программным способом согласно возможных вариантов моделирования управления транспортной работой. Результаты расчетов приведены в Приложении Г (таблицы Г.7–Г.18).

Получено для припортовых станций:

– **ПрС «А»** (таблица Г.7) – среднее отклонение максимального значения АСТТП от фактического расчетного: 1 – находится в интервале от –42 до +7 % при определении, что 100 % результатов правильные; 2 – находится в интервале от –12 до +7 % при определении, что не менее 85 % результатов правильные. Так как целью моделирования является поиск вариантов снижения простоя местных вагонов («–») в системе «железнодорожная станция – порт», то отклонение максимальных программных значений АСТТП от фактических в большую сторону («+» – до 1,5 ч для системы в целом) удовлетворяет расчету. АСТТП с отклонениями значений 15 % и более требуют увеличенного количества исследований за счет изменения вероятностного соотношения степени логического участия и количества используемых в транспортном процессе местных вагонов;

– **ПрС «Г»** (таблица Г.8) – среднее отклонение максимального программного значения АСТТП простоя местного вагона от фактического расчетного находится в интервале от – 4 (0,5 ч) до 0 % при определении, что 100 % результатов правильные;

– **ПрС «Е»** (таблица Г.9) – среднее отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического расчетного: 1 – находится в интервале от –26 до +8 % при определении, что 100 % результатов правильные;

2 – находится в интервале от 0 до +8 % при определении, что не менее 95 % результатов правильные («+» – до 1,0 ч для системы в целом) удовлетворяет расчету. АСТТП с отклонениями значений 15 % и более требуют увеличенного количества исследований за счет изменения вероятностного соотношения степени логического участия и количества используемых в транспортном процессе местных вагонов;

– **ПрС «З»** (таблица Г.10) – среднее отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического расчетного: 1 – находится в интервале от –21 до +3 % при определении, что 100 % результатов правильные; 2 – находится в интервале от –12 до +3 % при определении, что не менее 85 % результатов правильные («→» – до 2,5 ч для системы в целом) удовлетворяет расчету. АСТТП с отклонениями значений 17–21 % требуют увеличенного количества исследований за счет изменения вероятностного соотношения степени логического участия и количества используемых в транспортном процессе местных вагонов;

– **ПрС «КВ»** (таблица Г.11) – среднее отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического расчетного: 1 – находится в интервале от –20 до +6 % при определении, что 100 % результатов правильные; 2 – находится в интервале от –11 до +6 % при определении, что не менее 85 % результатов правильные («+» – до 1,3 ч для системы в целом) удовлетворяет расчету. АСТТП с отклонениями значений 15 % и более требуют увеличенного количества исследований за счет изменения вероятностного соотношения степени логического участия и количества используемых в транспортном процессе местных вагонов;

– **ПрС «КЗ»** (таблица Г.12) – среднее отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического расчетного: 1 – находится в интервале от –14 до +1 % при определении, что 100 % результатов правильные; 2 – находится в интервале от –10 до + 1 % при определении, что не менее 85 % результатов правильные («→» – до 1,9 ч для системы в целом) удовлетворяет расчету. АСТТП с отклонениями значений 11 % и более требуют увеличенного

количества исследований за счет изменения вероятностного соотношения степени логического участия и количества используемых в транспортном процессе местных вагонов;

– **ПрС «М»** (таблица Г.13) – среднее отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического расчетного: 1 – находится в интервале от -35 до $+8$ % при определении, что 100 % результатов правильные; 2 – находится в интервале от -11 до $+8$ % при определении, что не менее 85 % результатов правильные (« \rightarrow » – до 1,5 ч для системы в целом) удовлетворяет расчету. АСТТП с отклонениями значений 13 % и более требуют увеличенного количества исследований за счет изменения вероятностного соотношения степени логического участия и количества используемых в транспортном процессе местных вагонов;

– **ПрС «ТГ»** (таблица Г.14, таблица 4.2) – среднее отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического расчетного: 1 – находится в интервале от -35 до $+15$ % при определении, что 100 % результатов правильные; 2 – находится в интервале от -14 до $+7$ % при определении, что не менее 85 % результатов правильные (« $+$ » – до 0,5 ч для системы в целом) удовлетворяет расчету. АСТТП с отклонениями значений 15 % и более требуют увеличенного количества исследований за счет изменения вероятностного соотношения степени логического участия и количества используемых в транспортном процессе местных вагонов;

– **ПрС «ТМ»** (таблица Г.15) – среднее отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического расчетного: 1 – находится в интервале от -10 до 0 % при определении, что 100 % результатов правильные; 2 – находится в интервале от -8 до 0 % при определении, что не менее 85 % результатов правильные (« \rightarrow » – до 1,7 ч для системы в целом) удовлетворяет расчету. АСТТП с отклонениями значений 9 % и более требуют увеличенного количества исследований за счет изменения вероятностного соотношения степени логического участия и количества используемых в транспортном процессе местных вагонов;

– ПрС «У» (таблица Г.16) – среднее отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического расчетного: 1 – находится в интервале от –17 до +11 % при определении, что 100 % результатов правильные; 2 – находится в интервале от –13 до +11 % при определении, что не менее 85 % результатов правильные («±» – до 1,5 ч для системы в целом) удовлетворяет расчету. АСТТП с отклонениями значений 14 % и более требуют увеличенного количества исследований за счет изменения вероятностного соотношения степени логического участия и количества используемых в транспортном процессе местных вагонов, следует также учесть то, что в настоящее время основное количество путей станции «У» законсервировано и не находится в эксплуатации;

– ПрС «ТС» (таблица Г.17) – среднее отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического расчетного: 1 – находится в интервале от –16 до +11 % при определении, что 100 % результатов правильные; 2 – находится в интервале от –10 до +9 % при определении, что не менее 85 % результатов правильные («±» – до 1,1 ч для системы в целом) удовлетворяет расчету. АСТТП с отклонениями значений 11 % и более требуют увеличенного количества исследований за счет изменения вероятностного соотношения степени логического участия и количества используемых в транспортном процессе местных вагонов;

– ПрС «Н» (существующий вариант) и ПрС «Н» (проектный вариант) (таблица Г.18) – среднее отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического расчетного: 1 – находится в интервале от –12 до +13 % при определении, что 100 % результатов правильные; 2 – находится в интервале от –10 до +9 % при определении, что не менее 90 % результатов правильные («±» – до 2,5 ч для системы в целом) удовлетворяет расчету. АСТТП с отклонениями значений 10 % и более требуют увеличенного количества исследований за счет изменения вероятностного соотношения степени логического участия и количества используемых в транспортном процессе местных вагонов.

В соответствии с построенными нормальными вероятностными графиками изменения значений времен ЛГ АСТТП (приложение Г) в таблице 4.3 приведен

пример значений расчетных коэффициентов линейных зависимостей времен на примере припортовой станции «ТГ». Коэффициент a в формуле линейной функции является угловым коэффициентом и отвечает за наклон графика линейной функции к положительной полуоси OX . Другими словами, это «скорость» выполнения транспортного процесса. Коэффициент b отвечает за перемещение графика линейной функции вдоль оси OY , в нашем случае – это время АСТТП.

Из графиков расчетных коэффициентов a и b линейных зависимостей времен АСТТП следует ряд трудностей для исследования: слабая сходимость коэффициентов из условий регрессионного анализа; слабая взаимная зависимость уравнений. Это видно на примере линий трендов и степеней достоверности, что требует разработки и применения специальных процедур исследования. Также сложно установить четкую зависимость между показателями перерабатывающей способности припортовой станции и управляющими воздействиями при организации транспортных процессов.

Для целей исследования принадлежности набора времен вариантов примера АСТТП(1–13) для станции «ТГ» рассмотрим их диаграмму (согласно ТНМ [167], по Вьенну – Эйлеру, глава 3, по данным таблицы 3.12), где заштрихованы нечеткие подмножества \tilde{A}_{kr} . По оси ординат откладываются значения долей отклонения времен или вероятностей выполнения транспортного процесса $\mu_{\tilde{A}}(t)$, а на оси абсцисс располагаются значения соответствующих времен АСТТП $r - t_k^r$. На рисунке 4.8 представлена диаграмма принадлежности набора времен вариантов АСТТП(1–13) для станции «ТГ» и заштрихованы нечеткие подмножества \tilde{A}_{kr} . Графики имеют линейную зависимость, так как продолжительность АСТТП определяется по сумме времен использования модулей в логическом сочетании по условиям эксплуатации.

Таблица 4.2 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «ТГ» в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ч		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
ЛГ 1	АСТТП1	18,79	19,67	30,07	31,47	30,13	31,53	31,03	29,368	32,762	+0,2
	АСТТП2	9,84	15,25	15,75	24,40	12,72	30,14	29,58	28,194	31,011	+15*
ЛГ 2	АСТТП3	2,85	3,36	4,57	5,38	4,74	5,94	5,29	4,851	5,763	+7
ЛГ 3	АСТТП4	16,07	18,18	25,71	29,09	29,03	29,03	29,03	27,526	30,595	-0,2
	АСТТП9	7,97	10,04	12,76	16,06	12,79	12,79	12,79	11,836	13,800	-14
ЛГ 4	АСТТП5	12,56	15,86	24,41	31,29	32,94	36,44	35,28	34,130	36,469	+9
ЛГ 5	АСТТП6	7,85	9,91	12,56	15,86	12,56	12,56	12,56	11,055	14,213	-10
	АСТТП7	21,44	23,68	34,30	37,90	34,42	34,42	34,42	32,242	36,706	-3
	АСТТП8	4,45	15,06	7,12	24,10	12,56	34,42	25,53	24,195	26,936	+0,4
ЛГ 6	АСТТП10	0,24	15,22	0,24	27,40	12,39	17,89	15,59	13,907	17,420	-35*
	АСТТП11	0,30	16,12	0,30	27,40	16,89	24,20	21,89	20,057	23,844	-12
	АСТТП12	0,30	21,02	0,30	37,83	23,64	37,14	32,99	31,026	35,037	-2
	АСТТП13	0,42	16,52	0,42	28,08	17,14	28,07	25,34	23,363	27,434	0

Примечание: * – отмечены АСТТП, требующие дополнительного исследования по вариантам управления распределением местных вагонов.

Таблица 4.3 – Ведомость коэффициентов линейных зависимостей времен АСТП

<i>a</i>	1.2345679	График зависимости a
	0.7142857	
	0.3030303	
	0.3030303	
	0.3030303	
	0.2958580	
	0.1453488	
	0.1156069	
	0.0952128	
	0.0589971	
	0.0369004	
	0.0368596	
	0.0361533	
	0.0266454	
<i>b</i>	21.4785714	График зависимости b
	10.3939394	
	7.6065089	
	5.6419753	
	3.8666667	
	3.8060606	
	3.5479651	
	2.6069964	
	1.8208092	
	0.4200590	
	0.0151844	
	0.0110701	
	0.0088463	
	0.0079936	

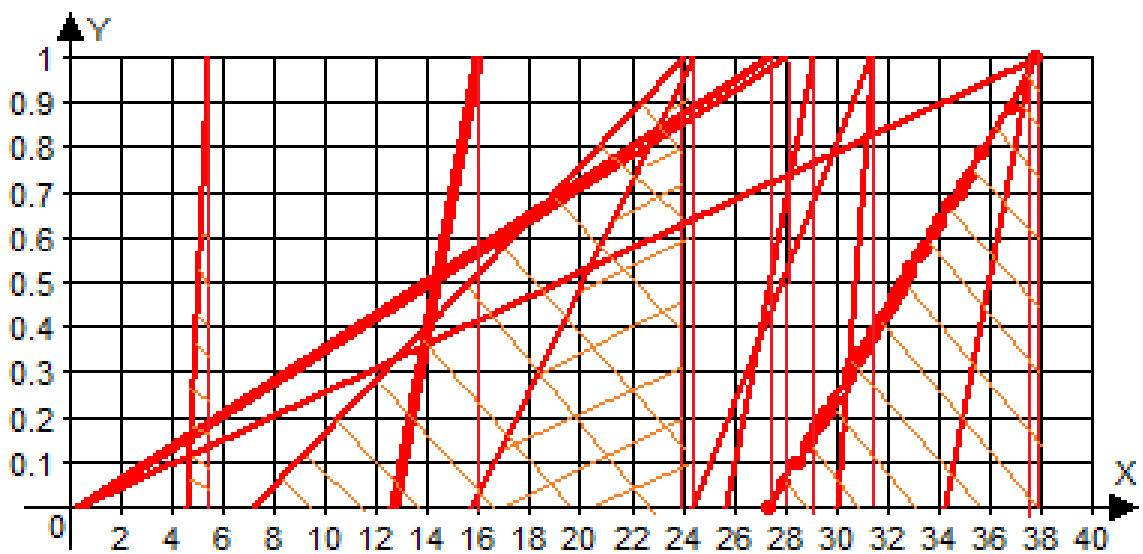


Рисунок 4.8 – Диаграмма принадлежности набора времен АСТП нечетким подмножествам \tilde{A}_{kr}

В дальнейших исследованиях для оценки нечетких подмножеств величин использования модулей (отклонений времен АСТТП) рассмотрено понятие линейного расстояния (обобщенное расстояние Хемминга [167]), определяемого по формуле $d(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{k1}) = \sum_{k=1}^v |\mu_{\tilde{A}_{11}}(\tilde{t}_1) - \mu_{\tilde{A}_{k1}}(\tilde{t}_k)|$, транспортных процессов можно определить также относительное расстояние Хемминга, линейный индекс нечеткости подмножеств времен АСТТП.

Пример расчета

Например, простой местного вагона станции «ТГ» для цикла операций АСТТП (7–10) (таблица 4.4) от прибытия до подачи на причалы порта и обратно до отправления составляет $y_{\max} = 37,9$ ч, нормативное значение простоя – $y_{\min} = 27,4$ ч. Нужно найти соответствующую стратегию комплексной рациональной организации АСТТП. Для данной аксиоматы зависимость времен имеет вид $y(x) = 0,095 \cdot x - 2,607$.

Таблица 4.4 – Нормирование времен АСТТП на примере станции «ТГ»

Время АСТТП, ч	$\Theta_{\text{норм}}$	Время АСТТП, ч	$\Theta_{\text{норм}}$
30.58467000	0.305	33.48279000	0.581
32.35606000	0.474	28.92049000	0.148
33.88902000	0.619	30.73488000	0.320
29.26736000	0.180	27.96264000	0.057
31.11678000	0.356	30.50545000	0.298
28.44252000	0.102	32.16892000	0.456
31.20072000	0.364	33.43265000	0.576
32.31099000	0.469	29.47090000	0.200
34.54466000	0.681	31.21703000	0.366
29.98994000	0.249	28.43635000	0.102
31.44532000	0.387	31.47347000	0.390
29.02235000	0.157	33.28823000	0.562
31.70720000	0.412	34.45386000	0.673
32.95643000	0.531	30.96218000	0.341
34.80377000	0.706	32.51211000	0.488
30.51590000	0.299	29.92311000	0.243
32.18389000	0.457	29.60675000	0.213
29.42910000	0.196	31.11206000	0.356
32.87884000	0.523	32.43444000	0.481
34.07485000	0.118	28.51995000	0.109

Продолжение таблицы 4.4

Время АСТТП, ч	$\Theta_{\text{норм}}$		Время АСТТП, ч	$\Theta_{\text{норм}}$
35.22300000	0.746		29.66421000	0.218
31.97061000	0.437		27.36000000	0
32.66814000	0.503			
30.89223000	0.335			
32.92273000	0.527			
34.53037000	0.680			
35.75729000	0.796			
32.17391000	0.456			
32.99704000	0.534			
31.21468000	0.365			
34.42851000	0.670			
36.80880000	0.896			
37.89723000	1			
34.02219000	0.632			
35.02344000	0.727			
32.53800000	0.491			
29.90350000	0.241			
31.83523000	0.424			

По формуле $\Theta_{\text{норм}} = \frac{t_{kr} - t_{kr}^{\min}}{t_{kr}^{\max} - t_{kr}^{\min}}$ определяются отклонения значений времен от крайних результатов.

Получено, что в первоначальном варианте для выполнения нормативного времени простоя, нужно снизить размер прибывающего вагонопотока на 25,8 %. Но этот подход не всегда приемлем. Следовательно, необходимо найти такое логическое сочетание управляющих воздействий при организации транспортной работы, чтобы значение времени простоя имело наиболее рациональное значение для данных условий эксплуатации.

Методами теории нечетких множеств определяются отклонения всех времен АСТТП внутри логических групп от крайних значений на основе понятия линейного расстояния (обобщенное расстояние Хемминга).

Для первой логической группы имеются два подмножества времен АСТТП1 \subset ЛГ1, АСТТП2 \subset ЛГ1. Тогда:

АСТТП1 =	Время, ч	t1 = 31,53	t2 = 30,13	t3 = 0
	Вероятность	0,64	0,36	0
	Степень принадлежности	1	0	0

АСТТП2 =	Время, ч	t1 = 30,14	t2 = 28,62	t3 = 12,72
	Вероятность	0,81	0,17	0,02
	Степень принадлежности	1	0	0

Линейное расстояние (расстояние Хемминга) равно

$$d(\text{АСТТП1}, \text{АСТТП2}) = |0,64 - 0,81| + |0,36 - 0,17| + |0 - 0,02| = 0,38.$$

Обобщенное относительное расстояние

$$\delta(\text{АСТТП1}, \text{АСТТП2}) = \frac{d(\text{АСТТП1}, \text{АСТТП2})}{n} = \frac{0,38}{3} = 0,126.$$

Линейный индекс нечеткости подмножеств величин АСТТП1

$$\nu(\text{АСТТП1}) = \frac{2}{3} \cdot (|0,64 - 1| + |0,36 - 0| + |0 - 0|) = 0,48.$$

Линейный индекс нечеткости подмножеств величин АСТТП2

$$\nu(\text{АСТТП2}) = \frac{2}{3} \cdot (|0,81 - 1| + |0,17 - 0| + |0,02 - 0|) = 0,25.$$

Для второй логической группы имеется одно подмножество времен АСТТП3 \subset ЛГ2. Тогда:

АСТТП3 =	Время, ч	t1 = 4,71	t2 = 5,94
	Вероятность	0,55	0,45
	Степень принадлежности	1	0

Линейный индекс нечеткости подмножеств величин АСТТП3

$$\nu(\text{АСТТП1}) = \frac{2}{2} \cdot (|0,55 - 1| + |0,45 - 0|) = 0,9.$$

Для третьей логической группы имеются два подмножества времен АСТТП4 \subset ЛГ3, АСТТП9 \subset ЛГ3. Тогда:

АСТТП4 =	Время, ч	t1 = 29,03
	Вероятность	1
	Степень принадлежности	1

АСТТП9 =	Время, ч	t1 = 12,79
	Вероятность	1
	Степень принадлежности	1

Линейное расстояние (расстояние Хемминга) равно

$$d(\text{АСТТП4}, \text{АСТТП9}) = |1 - 1| = 0.$$

Линейный индекс нечеткости подмножеств величин АСТТП1

$$\nu(\text{АСТТП4}, \text{АСТТП9}) = \frac{2}{1} \cdot (|1 - 1|) = 0.$$

Для четвертой логической группы имеются четыре подмножества времен АСТТП5 \subset ЛГ4. Тогда:

АСТТП5 =	Время, ч	t1 = 36,44	t2 = 35,74	t3 = 33,64	t4 = 32,94
	Вероятность	0,5	0,15	0,19	0,16
	Степень принадлежности	1	0	0	0

Линейный индекс нечеткости подмножеств величин АСТТП5

$$\nu(\text{АСТТП5}) = \frac{2}{4} \cdot (|0,5 - 1| + |0,15 - 0| + |0,19 - 0| + |0,16 - 0|) = 0,5.$$

Для пятой логической группы имеются три подмножества времен АСТТП6 \subset ЛГ5, АСТТП7 \subset ЛГ5, АСТТП8 \subset ЛГ5. Тогда с учетом совпадения значений времен АСТТП6 и АСТТП7:

АСТТП6 =	Время, ч	$t_1 = 12,56$
	Вероятность	0,43
	Степень принадлежности	0
АСТТП7 =	Время, ч	$t_1 = 34,42$
	Вероятность	0,57
	Степень принадлежности	1

АСТТП8 =	Время, ч	$t_1 = 12,56$	$t_2 = 34,42$	$t_3 = 15,47$
	Вероятность	0,23	0,57	0,20
	Степень принадлежности	0	1	0

Линейное расстояние (расстояние Хемминга) равно (учитывая повтор значений времен)

$$d(\text{АСТТП6}\wedge\text{7}, \text{АСТТП8}) = |0,43 - 0,23| + |0,57 - 0,57| + |0 - 0,2| = 0,4.$$

Обобщенное относительное расстояние

$$\delta(\text{АСТТП6}\wedge\text{7}, \text{АСТТП8}) = \frac{d(\text{АСТТП6.7}, \text{АСТТП8})}{n} = \frac{0,4}{3} = 0,133.$$

Линейный индекс нечеткости подмножеств величин АСТТП8

$$\nu(\text{АСТТП1}) = \frac{2}{3} \cdot (|0,23 - 0| + |0,57 - 1| + |0,2 - 0|) = 0,57.$$

Для шестой логической группы имеются четыре подмножества времен
 $\text{АСТТП10} \subset \text{ЛГ6}$, $\text{АСТТП11} \subset \text{ЛГ6}$, $\text{АСТТП12} \subset \text{ЛГ6}$, $\text{АСТТП13} \subset \text{ЛГ6}$.

АСТТП10 =	Время, ч	$t_1 = 12,39$	$t_2 = 17,89$	$t_3 = 15,29$
	Вероятность	0,30	0,50	0,20
	Степень принадлежности	0	1	0

АСТТП11 =	Время, ч	t1 = 24,20	t2 = 16,89	t3 = 21,30
	Вероятность	0,54	0,25	0,21
	Степень принадлежности	1	0	0

АСТТП12 =	t1 = 34,45	t2 = 31,65	t3 = 27,14	t2 = 23,64	t3 = 37,14
	0,64	0,20	0,10	0,03	0,03
	1	0	0	0	0

АСТТП13 =	Время, ч	t1 = 17,14	t2 = 28,07	t3 = 0
	Вероятность	0,25	0,75	0
	Степень принадлежности	0	1	0

Линейное расстояние (расстояние Хемминга) равно

$$d(\text{АСТТП10}, \text{АСТТП11}) = |0,3 - 0,54| + |0,5 - 0,25| + |0,2 - 0,21| = 0,5.$$

Обобщенное относительное расстояние

$$\delta(\text{АСТТП10}, \text{АСТТП11}) = \frac{d(\text{АСТТП10}, \text{АСТТП11})}{n} = \frac{0,5}{3} = 0,167.$$

Линейное расстояние (расстояние Хемминга) равно

$$d(\text{АСТТП10}, \text{АСТТП13}) = |0,3 - 0,25| + |0,5 - 0,75| + |0,2 - 0| = 0,5.$$

Обобщенное относительное расстояние

$$\delta(\text{АСТТП10}, \text{АСТТП13}) = \frac{d(\text{АСТТП10}, \text{АСТТП13})}{n} = \frac{0,5}{3} = 0,167.$$

Линейное расстояние (расстояние Хемминга) равно

$$d(\text{АСТТП11}, \text{АСТТП13}) = |0,25 - 0,54| + |0,75 - 0,25| + |0,21 - 0| = 1.$$

Обобщенное относительное расстояние

$$\delta(\text{АСТТП11}, \text{АСТТП13}) = \frac{d(\text{АСТТП11}, \text{АСТТП13})}{n} = \frac{1,0}{3} = 0,33.$$

Линейный индекс нечеткости подмножеств величин АСТТП10

$$\nu(\text{АСТТП10}) = 2/3 \cdot (|0,3 - 0| + |0,5 - 1| + |0,2 - 0|) = 1,33.$$

Линейный индекс нечеткости подмножеств величин АСТТП11

$$\nu(\text{АСТТП11}) = 2/3 \cdot (|0,54 - 1| + |0,25 - 0| + |0,21 - 0|) = 0,61.$$

Линейный индекс нечеткости подмножеств величин АСТТП12

$$\nu(\text{АСТТП12}) = 2/5 \cdot (|0,64 - 1| + |0,2 - 0| + |0,1 - 0| + |0,03 - 0| + |0,03 - 0|) = 0,29.$$

Линейный индекс нечеткости подмножеств величин АСТТП13

$$\nu(\text{АСТТП13}) = 2/3 \cdot (|0,25 - 0| + |0,75 - 1| + |0 - 0|) = 0,67.$$

Таким образом, линейный индекс нечеткости подмножеств величин времен АСТТП выше у тех вариантов, которые имеют два-три мало отличающихся значения времени по варианту транспортной работы. Если вариантов значений времен по АСТТП более трех, то линейный индекс нечеткости снижается. Если есть только одно значение временного параметра АСТТП, то нечеткость отсутствует.

В итоге лучшим является вариант, при котором суммарное время занятия всех модулей транспортной системы по варианту аксиомат транспортной работы, посредством которых реализуется вариант организации перевозок, не превышает времени всех возможных вариантов аксиомат транспортных процессов.

4.3 Вариативность управляющих воздействий в выборе рациональных параметров транспортных процессов

Рассматривая вариативность управляющих воздействий в выборе рациональных параметров транспортных процессов системы «железнодорожная станция – порт», следует учитывать сочетание комбинированных методов аналитического, имитационного моделирования с вероятностно-статистическим, нейросетевым, морфологическим и ценологическим анализом (ЦА) транспортных процессов [57-59, 70].

Например, в соответствии с [58, 59] сущность ЦА состоит в том, что все сложные системы под воздействием универсальных природных законов стремятся к формированию устойчивых состояний. Пребывание системы в таком состоянии называется ценозом. В соответствии с [59] техноценоз – это искусственная система, ограниченная в пространстве и времени, со слабыми связями и едиными целями, выделяемое для целей проектирования или строительства.

Применительно к объекту исследования, структуру ЦА можно адаптировать следующими распределениями:

1 – видовое распределение – зависимость количества блоков модельной структуры станции от количества транспортно-технологических процессов (аксиомат АСТТП),

2 – ранговидовое распределение (ранг – номер по порядку) при расположении аксиомат АСТТП в порядке уменьшения их составляющих элементов и частоты выполнения (важности),

3 – ранговое распределение по параметру времени выполнения (скорости процесса) при расположении аксиомат АСТТП в порядке уменьшения времени.

Применительно к АСТТП припортовых станций техноценоз может выполняться следующим образом:

1. Выбирается параметр исследования – это параметры схемы станции и аксиомат АСТТП.

2. Формируется база статистических данных, характеризующая аксиоматы АСТТП (показатели схемы станции, количество АСТТП, количество блоков модельной схемы станции, время простоя вагона в системе, скорость транспортных процессов и т. п.).

3. По этим статистическим данным строятся гистограммы распределения исследуемых параметров.

4. Гистограммы аппроксимируются кривыми степенной функции.

5. Оценивается ошибка аппроксимации.

6. Процедуры 1–4 повторяются для различных условий эксплуатации (моментов времени $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i$), Получается семейство кривых и ряды параметров A_i и G_i .

Применительно к транспортным процессам в системе «железнодорожная станция – порт» модель ЦА объясняет ряд показателей:

– существующие диспропорции в количестве блоков модельной схемы станции, количестве аксиомат АСТТП и времени их выполнения с общим временем простоя подвижного состава вагона в системе, которые оцениваются по значению ошибки аппроксимации. Чем ошибка меньше, тем в большей степени модельная схема станции является техноценозом, так как точки гистограммы в этом случае «точнее» лежат на аппроксимируемой кривой;

– степень развитости модельной схемы станции как системы (по изменению коэффициентов зависимости A и G). Оптимальным случаем является значение $G = 1$. Если значение G отличается от 1, то техноценоз отсутствует.

По изменению параметра ЦА G оценивается его динамика:

- а) если $G = 1$ – техноценоз является оптимальным [16];
- б) если $G < 1$ и $G \rightarrow 1$ или $G > 1$ и $G \rightarrow 1$, то происходит позитивное развитие техноценоза;
- в) если динамика параметра G противоречит динамике, описанной в б), то техноценоз разрушается.

Применение методов ЦА позволит дополнительно оценивать степень устойчивости схемы станции, перспективы развития, тенденции изменения аксиомат АСТТП по времени и корректировать их при изменении условий эксплуатации.

Например, ЦА вариантов времен выполнения аксиоматы АСТТП8 припортовой железнодорожной станции «ТГ» по варианту обслуживания причалов порта в интервале от 37,89 до 27,36 ч представлен на рисунке 4.9 и в таблице 4.5.

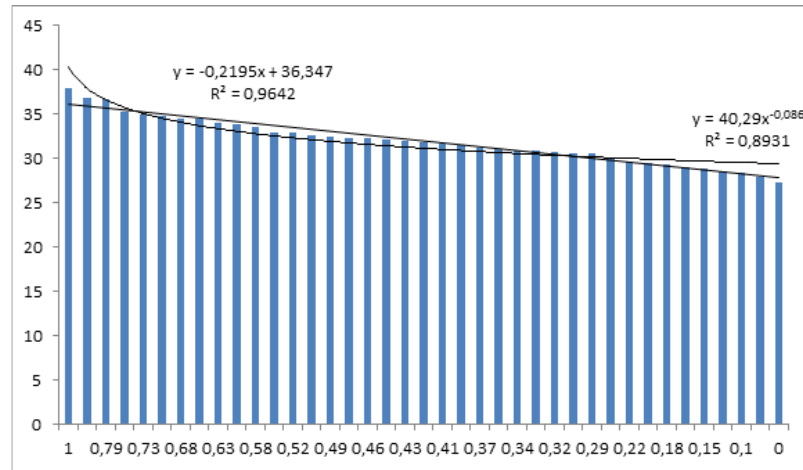


Рисунок 4.9 – Аппроксимация степенной и линейной функцией зависимости изменения времени аксиоматы АСТТІ по вариантам транспортного обслуживания

Таблица 4.5 – Техноценозы системы «железнодорожная станция – порт»

№ п/п	Особи техноценоза	Виды техноценоза
1	2	3
1	Припортовые железнодорожные станции	Классность: внеклассные, 1, 2, 3, 4, 5 класс
		Тип: сортировочная, участковая, грузовая
		Схема путевого развития: тупиковая, сквозная
		Размещение парков: параллельное, последовательное, комбинированное
		Вид грузовой операции: погрузка, выгрузка, погрузка-выгрузка, перегрузка
		Количество путей в парках: приемоотправочных, сортировочных, погрузочно-выгрузочных
		Количество обслуживаемых предприятий: 1, 2, 3, 4 и т.д.
		Показатели работы: грузооборот, вагонооборот, емкость путевого развития, время обработки, время простоя подвижного состава, пропускная способность и др.
2	Порт	Схема порта и причалов: причалы, пирсы, ковши
		Схемы взаимного размещения припортовой станции и территории порта: под углом, последовательное, параллельное
		Схема транспортного обслуживания: с районными парками, без районных парков
		Вид грузовой операции: погрузка, выгрузка, погрузка-выгрузка, перегрузка
		Показатели работы: грузооборот, вагонооборот, емкость путевого развития, время обработки, время простоя подвижного состава, пропускная способность и др.
3	Модельная схема припортовой транспортной системы	Транспортно-технологическая модель: количество блоков, надежность связей, схема взаимодействия фаз обслуживания
		Графики транспортных процессов: последовательность, вероятность выполнения, продолжительность, вариативность

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3
		Параметры модулей путевого развития: количество путей, полная длина, количество стрелочных переводов, полезная длина, время обработки, ёмкость путевого развития, пропускная способность, направление работы, время подачи-уборки, протяженность, скорость маневровых работ, количество маневровых локомотивов и др.
4	Аксиоматы АСТП	Варианты станционных передвижений АСТП: последовательность-1, последовательность-2, последовательность-3, ..., последовательность- <i>n</i> Параметры АСТП: вместимость, время занятия, время использования, вероятность занятия, количество модулей и др. Модифицированные динамические показатели АСТП: средняя скорость транспортных процессов, размер транспортного действия на протяжении станционной инфраструктуры, размер транспортного действия по времени, плотность вагонопотока, грузовое давление на транспортную инфраструктуру, количество модулей путевого развития, приходящихся на один переработанный местный вагон
5	Подвижной состав	Магистральные грузовые локомотивы: ВЛ-80, 2ЭС4К, ТЭП70, 2ТЭ116 и др. Маневровые локомотивы: ЧМЭ-3, ТЭМ-7А, ТЭМ-14 и др. Вагоны грузового парка: крытые, полувагоны, платформы, хопперы, контейнеровозы и др. Суда: лихтеровозы, сухогрузы, ролкеры и др. Автотранспорт: контейнеровозы, автомобили-платформы, автопоезда и др.
6	Грузы	Род груза: тарно-штучные, навалочные, сыпучие и т.п. Размер грузовой партии: маршрут, отправка и др. Сроки хранения: краткосрочное, долгосрочное Условия хранения: крытый, открытый и др. Способ переработки и вид перегрузочного оборудования

В качестве метода формирования множества альтернатив управленческих решений часто применяется морфологический анализ [58, 165], согласно которому каждый вариант представляется в виде составляющих его элементов. Такими элементами выступают измеряемые параметры транспортных процессов. Достоинство морфологического анализа – в возможности формирования исчерпывающего множества альтернативных решений по управлению транспортным взаимодействием в рассматриваемой припортовой системе. Однако имеют место и недостатки морфологического анализа, связанные со значительной размерностью параметров альтернативных вариантов. Морфологический анализ причисляется к методам, называемым эвристическими. В результате, несмотря на

то что в поставленной задаче говорилось об одной конкретной системе, мы получим решение общего вопроса, исходя из получения всех имеющихся частных ответов.

Морфологическая модель транспортного процесса представляется в виде комбинации множеств: структурных элементов, связей между структурными элементами (блоками) варианта управленческого решения, системы ограничений и системы критериев, подлежащих оптимизации. Например, оценка одного варианта АСТТП включает элементы A_1^i : A_1^1 – количество задействованных блоков модельной схемы станции для варианта АСТТП; A_1^2 – возможные варианты устойчивых связей блоков; A_1^3 – параметры технологического использования блоков; A_1^4 – вероятности использования блоков по видам транспортных операций; A_1^5 – стратегия дальнейшего развития структуры АСТТП при изменении параметров вагонопотоков в системе; A_1^6 – параметры управления транспортной работой и др.

Морфологическую модель транспортного процесса системы «железнодорожная станция – порт» как методику структурно-параметрического синтеза можно определить последовательностью:

1 – определение проблемы: необходимо для заданных условий передачи грузопотока в системе «железнодорожная станция – порт» и принятых условий эксплуатации выбрать такую аксиомату стационарных транспортно-технологических процессов (АСТТП), которая будет соответствовать параметрам минимального времени простоя подвижного состава в транспортной системе, минимального количества транспортных процессов при выполнении максимальных объемов работы и максимальной скорости транспортных процессов при рациональной загрузке используемых инфраструктурных объектов транспортной системы;

2 – определение классификационных признаков АСТТП, как конечного множества элементов A_n : 2.1 – род груза; 2.2 – род подвижного состава; 2.3 – вид отправки; 2.4 – количество блоков модельной схемы станции (МСС) для данного варианта АСТТП; 2.5 – надежность и устойчивость связей блоков варианта

АСТТП; 2.6 – технологические параметры использования блоков АСТТП (время занятия / действие / бездействие, емкость путевого развития, последовательность / параллельность работы, вероятность использования, пропускная способность); 2.7 – принятая система управления продвижением припортового грузо-, вагонопотока; 2.8 – устойчивость к внешним деструктивным факторам (конвенционные запреты, форс-мажорные ситуации); 2.9 – возможность дальнейшего развития структуры АСТТП при изменении параметров грузо- и вагонопотоков; 2.10 – продолжительность использования АСТТП по сроку эксплуатации системы «железнодорожная станция – порт»;

3 – задание принятым параметрам A_n значений. В виде матрицы формируется набор параметров, который содержит искомый результат.

Таким образом, параметры, определяющие свойства системы «железнодорожная станция – порт», можно формировать в виде матрицы

$$\begin{bmatrix} A_1^1 & A_1^2 & \dots & A_1^{k1} \\ A_2^1 & A_2^2 & \dots & A_2^{k2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_n^1 & A_n^2 & \dots & A_n^{kn} \end{bmatrix}.$$

Морфологическая модель организации транспортной работы станции представлена следующим образом:

$$M = \{A_i, S_k, M_i, T, J\},$$

где $A_i = \{A_i^j\}$ – множество АСТТП, определяется индексом j и выражено A_i^j ; $S_k = \{S_i^j\}_k$ – множество пространственных положений объектов (блоков) АСТТП – связей между j -ми элементами i -х блоков k -й модельной схемы станции; $M_i = \{M_i^j\}$ – подмножество уровней технического оснащения модельной схемы станции; T – система ограничений; J – система критериев, подлежащих оптимизации.

Рассмотрим морфологический ящик – декартово произведение множества значений параметров A и M на множество альтернатив R их реализации вида $\{A * M, R\}$ (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Морфологический ящик решений для выбора вариантов АСТТП

Род груза	Род подвижного состава	Вид отправки	Количество блоков АСТТП	Надежность и устойчивость связей блоков варианта АСТТП	Технологические параметры блоков АСТТП (вероятность использования)	Система управления	Устойчивость к внешним деструктивным факторам	Возможность дальнейшего развития АСТТП при изменении параметров грузо- и вагонопотоков	Продолжительность использования по времени эксплуатации всей системы
Уголь	Пв.	Контейн.	3	0,7–0,8	0	Децентр.	Слабая	Экстенсивная	Разовое
Нефть	Цс.	Повагон.	4	0,81–0,9	0,25	Объединенная	Удовл.	Интенсивная	Периодическое
Мин. удобр.	Хоп.	Групповая	5	0,91–0,98	0,50	2PL	Хорошая	...	Постоянное
Металл	Пл.	Маршрут	6	...	0,75	3PL	Отличная	...	...
Зерно	Кр.	...	...	...	1,0	4PL	...	...	...
Конт.	Спец.	...	...	...	...	5PL	...	...	...
Руда	...	...	...	...	...	...	...	...	...
.....
n	i	j	k	h	V	R	H	P	T
$\alpha_1 = 0,2$	$\alpha_2 = 0,1$	$\alpha_3 = 0,2$	$\alpha_4 = 0,1$	$\alpha_5 = 0,1$	$\alpha_6 = 0,1$	$\alpha_7 = 0,05$	$\alpha_8 = 0,05$	$\alpha_9 = 0,05$	$\alpha_{10} = 0,05$

Имея возможность комбинировать матричные элементы, мы получаем разнообразные варианты АСТТП по передаваемым в порт видам грузов. Количество вариантов равно произведению числа строк в каждом столбце в виде $n \times i \times j \times k \times h \times V \times R \times H \times P \times T$, т. е. $7 \times 6 \times 4 \times 4 \times 3 \times 5 \times 6 \times 4 \times 2 \times 3 = 1\,451\,520$ вариантов (при этом не учтены дополнительные параметры грузопотоков и временные ограничения, форс-мажорные обстоятельства, особенности эксплуатации грузовых фронтов по периодам года и др.). Для разработки морфологической матрицы необходим стохастический анализ рассматриваемых параметров. В матрицу также могут включаться особые

внешние или внутренние факторы, влияющие на выбор варианта управленческого решения.

Выполнить анализ такого значительного количества возможных реализаций и выбрать из них лучший вариант вручную достаточно сложно. В связи с этим необходимо сократить их общее количество за счет построения множества Парето или применения интегральной свертки в виде взвешенной суммы произведений весовых коэффициентов α_i и нормированных значений критериев y_i вида $W = \sum_i \alpha_i \cdot y_i$. Причем весовые коэффициенты α_i , пример значений которых приведен в последней строке таблицы 4.6, могут принимать положительные и отрицательные значения в зависимости от значимости для общего результата.

4.4 Оценка выбора рациональной технологии транспортного производства припортовых железнодорожных станций на основе интегрального критерия эффективности

Основными показателями эффективности организации перевозок в системе «железнодорожная станция – порт» являются простой местного вагона, а также оборот вагона. Повышение в целом эффективности работы всей припортовой ТТС выражается в ускорении оборота подвижного состава. Это позволит ускорить использование оборотных средств, которое определяется по формуле $\Delta\theta_{гр} = \Delta\theta_{гр}(U_n + U_{пр}^{гр}) P_{ст} \cdot \text{Ц}_{гр}$, где $\Delta\theta_{гр}$ – достигнутое ускорение груженой части оборота вагона, $U_n + U_{пр}^{гр}$ – работа вагонного парка, $P_{ст}$ – статическая нагрузка, $\text{Ц}_{гр}$ – стоимость 1 т груза.

Качество транспортного производства влияет на конкурентоспособность и эффективность системы «железнодорожная станция – порт», так что это не только техническая, но и экономическая категория. При оценке транспортных процессов на основе общепринятой системы показателей работы транспорта возникает ряд противоречий: например, снижение порожнего пробега противоречит специализации подвижного состава, а соответственно, снижает уровень

сохранности; в результате повышения веса поезда повышается простой под накоплением и т. п.

Для целей исследования оценки простоя местных вагонов может использоваться коэффициент задержки обслуживания [127], равный

$$k_3 = \prod_{i=1}^n \frac{t_{\text{общ}}^i}{t_{\text{тех}}^i},$$

где $i = \overline{1, n}$ – количество транспортных процессов по передаче вагонопотока; $t_{\text{общ}}^i$ – общее время нахождения вагонопотока в i -м транспортном процессе с учетом времени ожидания обслуживания; $t_{\text{тех}}^i$ – время непосредственной обработки вагонопотока в i -м транспортном процессе.

$$t_{\text{общ}}^i = t_{\text{тех}}^i + t_{\text{ож}}^i,$$

где $t_{\text{ож}}^i$ – продолжительность ожидания технологических операций.

Тогда $t_{\text{общ}}^i = t_{\text{пр}}^i + t_{\text{ож расф}}^i + t_{\text{расф}}^i + t_{\text{подоб}}^i + t_{\text{ож под}}^i + t_{\text{под}}^i + t_{\text{гр оп}}^i + t_{\text{ож уб}}^i + t_{\text{уб}}^i + t_{\text{нак}}^i + t_{\text{форм}}^i + t_{\text{ок форм}}^i + t_{\text{доп}}^i + t_{\text{ож отп}}^i + t_{\text{отпр}}^i$.

Важнейшей составляющей является показатель организации местной транспортной (маневровой) работы (МР) припортовой станции [44, 45, 127]. Причем процесс МР достаточно сложен, отличается многообразием связей между элементами (АСТТП), зависимостью состояния процесса от условий взаимодействия с общесетевым железнодорожным транспортом и производственным процессом портовой инфраструктуры.

1 Продолжительность межоперационных интервалов. При прохождении вагонопотоком отдельных фаз технологической обработки неизбежно возникают временные задержки. Они появляются при расформировании, формировании, подаче, уборке, перестановке и др. Для повышения уровня организации подсистем МР и скорости обслуживания необходимо свести к минимуму эти простои. Коэффициент, характеризующий долю межоперационных интервалов в общем времени нахождения вагонов в подсистеме МР, равен

$$\omega = \frac{\sum_{i=1}^n B\tau_i}{N_{\text{ср}} \cdot t_{\text{ср}}},$$

где $Vч_i$ – среднее количество вагоно-часов ожидания операций в i -й фазе (аксиомате) за сутки; n – число фаз обслуживания (аксиомат) в подсистеме; t_{cp} – среднее время нахождения вагонов в подсистеме за сутки; N_{cp} – среднее число вагонов, перерабатываемое подсистемой за сутки.

2 *Продолжительность технологических операций.* Этот параметр зависит от принятого варианта организации работы (АСТТП), технических характеристик и количества элементов в подсистеме (МСС). Следовательно, подсистему МР характеризует суммарное время выполнения технологических операций во всех фазах (аксиоматах), приходящихся на один вагон, переработанный подсистемой:

$$t_{\text{тех}}^{1 \text{ вар}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij}}{N_{cp}}, \text{ ч},$$

где t_{ij} – время выполнения в i -й фазе (аксиомате) подсистем МР j -й технологической операции; m – количество технологических операций (аксиомат).

3 *Удельные приведенные расходы по подсистеме.* Данный параметр оценивает уровень использования основных фондов и оборотных средств в подсистеме МР. Показатель равен

$$C^{1 \text{ вар}} = \frac{\sum_{k=1}^z \sum_{i=1}^n (\mathcal{E}_{ki} + E_n \cdot K_{ki})}{N_{cp}}, \text{ руб.},$$

где \mathcal{E}_{ki} – эксплуатационные расхода по k -элементу i -й фазы АСТТП; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; K_{ki} – капитальные затраты на k -й элемент i -й фазы АСТТП; z – количество элементов в i -й фазе.

Для перехода к интегрированному показателю оценки вводятся безразмерные значения параметров по формулам:

$$\omega' = \frac{\omega}{\omega_{\text{opt}}}; \quad t' = \frac{t_{\text{тех}}^{1 \text{ вар}}}{t_{\text{тех opt}}^{1 \text{ вар}}}; \quad C' = \frac{C^{1 \text{ вар}}}{C_{\text{opt}}^{1 \text{ вар}}}.$$

В числителе принимаются параметры анализируемого варианта подсистемы, в знаменателе – эталонные значения параметров, определенные, например, методом экспертных значений. Неодинаковая значимость параметров учитывается введением весовых коэффициентов, показывающих вес данного параметра в общей сумме.

В таблице 4.7 приведены весовые коэффициенты рациональных параметров подсистемы МР.

Таблица 4.7 – Рациональные параметры уровня организации подсистемы МР

Параметры	Рациональное значение	Весовые коэффициенты
ω	0,08	0,1
$t_{\text{тех}}^{1 \text{ вар}}$	12,75	0,4
$C^{1 \text{ вар}}$	310	0,5

При использовании значений весовых коэффициентов, интегральный показатель уровня организации транспортного обслуживания в подсистеме равен $INT_{\text{МР}} = 0,1 \cdot \omega' + 0,4 \cdot t' + 0,5 \cdot C' \rightarrow \min$.

Подставив в выражение эталонные величины параметров, функцию приведем к окончательному виду

$$INT_{\text{МР}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot \omega' + 0,03 \cdot t' + 0,002 \cdot C' \rightarrow \min.$$

Результаты расчетов показателя МР для припортовых станций сведены в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Интегральный показатель уровня организации транспортного обслуживания

Припортовая станция	Параметры уровня организации МР (ч; ч; руб.)	Расчетная формула
1	2	3
Станция «Н» (сущ.)	0,4; 37,3; 508	$INT_{\text{МР}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 5 + 0,03 \cdot 2,94 + 0,002 \cdot 1,6 = 6,34$
Станция «Н» (проект)	0,3; 28,0; 480	$INT_{\text{МР}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 3,75 + 0,03 \cdot 2,2 + 0,002 \cdot 1,5 = 4,76$
Станция «ТС»	0,5; 17,8; 442	$INT_{\text{МР}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 6,25 + 0,03 \cdot 1,4 + 0,002 \cdot 1,4 = 7,86$
Станция «М»	0,7; 16,2; 520	$INT_{\text{МР}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 8,75 + 0,03 \cdot 1,3 + 0,002 \cdot 1,7 = 10,9$
Станция «КВ»	0,6; 25,2; 276	$INT_{\text{МР}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 7,5 + 0,03 \cdot 1,9 + 0,002 \cdot 0,9 = 9,43$
Станция «ТГ»	0,5; 27,4; 374	$INT_{\text{МР}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 6,25 + 0,03 \cdot 2,1 + 0,002 \cdot 1,2 = 7,88$

Продолжение таблицы 4.8

1	2	3
Станция «КЗ»	0,6; 28,5; 403	$INT_{\text{мр}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 7,5 + 0,03 \cdot 2,2 + 0,002 \cdot 1,3 = 9,44$
Станция «З»	0,6; 37,6; 632	$INT_{\text{мр}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 7,5 + 0,03 \cdot 2,9 + 0,002 \cdot 2,0 = 9,47$
Станция «А»	0,7; 34,7; 460	$INT_{\text{мр}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 8,75 + 0,03 \cdot 2,7 + 0,002 \cdot 1,5 = 11,0$
Станция «Е»	0,6; 25,8; 370	$INT_{\text{мр}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 7,5 + 0,03 \cdot 2,0 + 0,002 \cdot 1,2 = 9,43$
Станция «ГМ»	0,7; 29,1; 542	$INT_{\text{мр}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 8,75 + 0,03 \cdot 2,3 + 0,002 \cdot 1,7 = 11,0$
Станция «У»	0,8; 30,2; 630	$INT_{\text{мр}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 10 + 0,03 \cdot 2,4 + 0,002 \cdot 2,0 = 12,6$
Станция «Г»	0,3; 23,4; 292	$INT_{\text{мр}}^{\text{ПрС}} = 1,25 \cdot 3,75 + 0,03 \cdot 1,8 + 0,002 \cdot 0,9 = 4,75$

Таким образом, из таблицы 4.8 следует, что припортовая станция, имеющая наименьшее значение целевой функции $INT_{\text{мр}}^{\text{ПрС}} \rightarrow \min$, будет наиболее эффективной при рациональной величине скорости стационарного транспортного обслуживания. В таблице 4.9 представлен расчет значений параметров стационарных транспортных процессов припортовых станций.

Известно, что экспертные оценки являются методом анализа сложных, часто неформализуемых проблем. Сущность метода экспертных оценок заключается в качественном анализе проблемы или полученного результата с количественной оценкой мнений и обработкой их результатов.

Согласно [114] комплексную оценку качества производят по следующим показателям: скорость или срок доставки, сохранность груза, полнота или удовлетворенность спроса, регулярность/ритмичность, комплексность, транспортная обеспеченность, транспортная доступность, безопасность, экологичность.

В качестве исследуемых в данной работе натуральных показателей качества реализации транспортной работы системы «железнодорожная станция – порт» использована часть показателей [114], которые отражают качество распределения грузопотоков, а также показатели, включенные автором на основании исследований: скорость транспортных процессов, плотность вагонопотока, количество системных модулей, приходящихся на один переработанный местный вагон, уровень цифровизации транспортной работы, логичность управленческих решений, клиентоориентированность.

Таблица 4.9 – Ведомость параметров стационарных транспортных процессов припортовых станций

Наименование припортовой станции	Количество операций	Количество АСТТП	Количество блоков МСС	Энтропия, H	Относительная организация модуля средняя, R	$n_{\text{МСС}}^{\text{1вар}}$	$R(L)$	$R(t)$	$P(Q)$	$W_{\text{МСС}}$ максимальная
«А»	17	14	14	0,151	0,849	0,068	7,843	356,2	439	5,155
«Г»	13	4	7	0,164	0,836	0,009	52,941	131,4	3280	29,111
«Е»	20	12	14	0,178	0,822	0,082	10,683	191,0	638	4,893
«З»	16	30	17	0,155	0,845	0,063	23,529	205,3	1224	5,302
«КВ»	20	16	12	0,189	0,811	0,054	13,904	166,1	862	7,321
«КЗ»	15	15	15	0,141	0,859	0,294	1,307	625,9	76	1,074
«М»	17	19	10	0,161	0,839	0,098	0,861	1161,7	50	3,566
«Н» (сущ.)	21	38	41	0,174	0,826	0,012	25,401	4242,4	1473	33,493
«Н» (пр.)	21	45	43	0,177	0,823	0,013	23,283	4872,4	1350	31,819
«ТГ»	16	13	17	0,197	0,803	0,100	3,565	890,5	214	3,149
«ТМ»	17	12	14	0,182	0,818	0,055	17,647	205,6	953	6,208
«ТС»	20	20	20	0,189	0,811	0,013	25,210	1056,6	1462	30,413
«У»	19	9	12	0,228	0,772	0,353	2,632	76	126,3	0,509

Таким образом, для экспертов сформирован следующий список натуральных показателей: продолжительность транспортного процесса / скорость транспортного процесса, количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, регулярность / ритмичность транспортных процессов, линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, экологичность транспортной работы, логичность / обоснованность управленческих решений, клиентоориентированность транспортной работы, уровень цифровизации транспортной работы, производительность местного вагона в системе.

Согласно таблице 4.10 рассчитаем доли обеспечения качества перевозочного процесса каждым участником:

$$\text{Если } \sum K = 11 = 100 \%, \text{ то } p_{\text{уч}} = \frac{\sum K_{\text{отв}}}{\sum K} \cdot 100 \%,$$

где $\sum K$ – общее число показателей качества;

$\sum K_{\text{отв}}$ – число показателей качества, за выполнение которых несет ответственность определенный участник транспортировки.

Доли ответственности в обеспечении качества организации транспортной работы в системе «железнодорожная станция – порт», исходя из таблицы 4.10 и с учетом предлагаемой системы показателей для оценки, распределяются следующим образом: перевозчик – 100 %; владелец инфраструктуры – 63,6 %; владелец подвижного состава – 72,7 %, грузополучатель (порт) – 81,8 %.

Применение метода экспертных оценок предполагает участие в экспертной группе определенного минимального количества экспертов, которое рассчитывается по формуле [114]:

$$m_{\min} = 2,5 + \frac{1,5}{\varepsilon}, \quad (4.1)$$

где ε – допустимая ошибка результатов экспертизы.

Таким образом, исходя из допустимых 6 % ошибки результатов экспертизы:

$$m_{\min} = 2,5 + \frac{1,5}{0,06} = 27,5 \approx 28 \text{ экспертов.}$$

Таблица 4.10 – Влияние участников транспортных процессов

№ п/п	Наименование показателя	Перевозчик	Владелец инфраструктуры	Владелец подвижного состава	Грузополучатель (порт)
1	Продолжительность транспортного процесса АСТП	+	-	+	+
2	Стоимость простоя местного вагона	+	+	+	-
3	Скорость транспортного процесса	+	+	+	+
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один местный вагон	+	+	-	-
5	Регулярность/ритмичность транспортных процессов	+	+	+	+
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру	+	+	-	+
7	Экологичность транспортной работы	+	+	+	+
8	Логичность/эффективность управленческих решений	+	-	+	+
9	Клиентоориентированность транспортной работы	+	-	+	+
10	Уровень цифровизации транспортной работы	+	-	-	+
11	Производительность местного вагона в системе	+	+	+	+

Для количественной оценки согласованности мнений экспертов воспользуемся величиной коэффициента конкордации по Кендаллу [48, 131], который рассчитаем по формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2(k^3 - k)}, \quad (4.2)$$

где S – суммы квадратов отклонений; k – число факторов; m – число экспертов.

Суммы квадратов отклонений определим по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^k (\sum_{j=1}^m r_{ij} - \bar{r})^2, \quad (4.3)$$

где r_{ij} – ранг, присвоенный j -м экспертом i -му фактору;

\bar{r} – средняя величина суммы рангов, $1848 / 11 = 168$.

В таблице 4.11 представлены результаты анкетирования членов экспертной группы, каждый из которых является представителем компаний – участниц

перевозочного процесса. Также в таблице произведены промежуточные расчеты для вычисления коэффициента конкордации.

Таблица 4.11 – Ранжирование факторов предпочтения вариантов организации транспортной работы в системе «железнодорожная станция – порт»

Фактор		Продолжительность транспортного процесса АСТП	Стоимость простоя местного вагона	Скорость транспортного процесса	Количество модулей управления системы, приходящихся на один местный вагон	Регулярность / ритмичность транспортных процессов	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление	Экологичность транспортной работы	Логичность / эффективность управленческих решений	Клиентоориентированность транспортной работы	Уровень цифровизации транспортной работы	Производительность местного вагона в системе	Сумма значений рангов
Эксперты	1	5	6	7	3	1	2	4	9	10	10	11	66
	2	1	2	3	4	5	7	6	8	9	10	11	66
	3	2	4	6	3	9	1	5	7	8	10	11	66
	4	4	6	5	7	1	2	9	8	11	3	10	66
	5	2	3	4	6	1	7	8	5	11	9	10	66
	6	3	4	5	2	1	6	8	7	9	11	10	66
	7	2	6	4	5	1	3	9	8	10	7	11	66
	8	2	3	5	4	1	6	8	7	11	9	10	66
	9	3	5	6	4	1	2	7	8	9	10	11	66
	10	3	4	6	5	2	1	8	7	11	9	10	66
	11	2	3	5	4	1	6	9	7	8	10	11	66
	12	2	3	4	1	5	7	8	6	10	9	11	66
	13	2	4	5	3	1	6	8	7	9	10	11	66
	14	3	6	4	2	5	1	7	8	11	5	10	66
	15	3	4	5	2	1	7	8	6	10	9	11	66
	16	3	4	6	1	2	5	8	7	11	9	10	66
	17	2	3	5	4	1	6	7	10	11	8	9	66
	18	3	4	6	5	2	1	9	7	11	10	8	66
	19	2	4	5	3	1	6	9	10	7	11	8	66
	20	3	4	6	5	2	1	8	9	10	7	11	66
	21	2	5	7	4	3	1	8	6	11	10	9	66
	22	3	4	5	2	1	7	8	6	9	10	11	66
	23	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	11	66
	24	3	5	6	4	2	1	9	7	11	8	10	66
	25	3	4	5	6	2	1	9	8	7	10	11	66
	26	3	5	6	4	1	2	8	10	7	11	9	66
	27	3	6	5	2	1	7	4	9	10	8	11	66
	28	1	2	4	3	6	5	7	8	10	9	11	66
Сумма рангов		117	116	144	103	65	104	214	214	272	243	288	1848
Отклонения		-51	-52	-24	-65	-103	-64	46	46	104	75	120	-
Квадраты отклонений		2601	2704	576	4225	10 609	4096	2116	2116	10 816	5625	14 400	57 768

В результате получен коэффициент конкордации по Кендаллу:

$$W = \frac{12 \cdot 57768}{28^2(11^3 - 11)} = 0,669.$$

Полученное значение коэффициента конкордации больше 0,5 [65, 74, 114], что указывает на высокую степень согласованности мнений экспертов. Значимость коэффициента конкордации определим с помощью критерия согласования Пирсона:

$$\chi^2 = m(k - 1)W. \quad (4.4)$$

Таким образом, $\chi^2 = 28 \cdot (11 - 1) \cdot 0,669 = 187,32$.

Сравним полученное значение критерия согласования Пирсона с табличным $\chi^2_{\text{табл}} = 30,5$, для степеней свободы $n = k - 1 = 11 - 1 = 10$ и при уровне значимости $\alpha = 0,05$ (максимальная вероятность неправильного результата работы экспертов). Так как полученное значение $\chi^2 = 187,32$ намного превышает табличное $\chi^2_{\text{табл}} = 30,5$, то согласно [114] мнения экспертов признаются окончательно согласованными и полученное значение коэффициента конкордации является статистически значимым.

Для оценки эффективности реализации различных планов распределения был использован интегральный критерий эффективности. Группой экспертов была выполнена оценка каждого из натуральных показателей. Коэффициент влияния для каждого i -го показателя k_B^i , установлен экспертным путем. Результаты оценки приведены в таблице 4.12 и 4.13.

Натуральные показатели вариантов организации транспортной работы сложны в оценке, поэтому использован интегральный критерий эффективности, который определяется по формуле:

$$E_j = \sum_{i=1}^k M_{nij}, \%, \quad (4.5)$$

где M_{nij} – доля влияния i -го показателя на эффективность j -го плана распределения на интегральный критерий эффективности, которая определяется по формуле:

$$M_{nij} = k_B^i P_{kij}, \%, \quad (4.6)$$

где P_{kij} – степень соответствия фактического i -го показателя оптимальной величине.

Степень несоответствия i -го показателя оптимальному значению:

$$P_{hij} = \frac{\Delta F_{ij}}{F_{\text{опт}}}, \text{ доля ед.}, \quad (4.7)$$

где $F_{\text{опт}}$ – оптимальная величина для каждого i -го показателя,

ΔF_{ij} – величина отклонения фактических значений каждого i -го показателя j -го плана распределения от наилучших его из числа имеющегося набора значений:

$$\Delta F_{ij} = F_{\text{опт}} - F_{\phi ij}, \text{ балл или тыс. руб.}, \quad (4.8)$$

где $F_{\phi ij}$ – фактическое значение для каждого i -го показателя.

Тогда степень соответствия фактического i -го показателя оптимальной величине:

$$P_{kij} = 1 - \frac{\Delta F_{ij}}{F_{\text{опт}}}, \text{ доля ед.} \quad (4.9)$$

Результаты расчета интегрального показателя для различных вариантов организации транспортной работы станции «ТГ» представлены в таблицах 4.12–4.13, для остальных припортовых станций – в таблицах Г.100–Г.125, Приложение Г.

Определены показатели эффективности для существующего и проектного (с учетом АСТП) вариантов организации транспортной работы припортовых станций, которые представлены в таблице 4.14.

Таким образом, реализация вариантов организации транспортной работы припортовой станции при логической аксиоматике транспортных процессов обеспечивает наиболее эффективное использование инфраструктурных элементов путевого развития и подвижного состава в системе за счет рационализации маршрутов подач-уборок, расстояний пробегов, вариантов очередности обслуживания грузовых фронтов и вариантов распределения подвижного состава по назначениям фронтов погрузки-выгрузки. Это позволяет резервировать запас времени для обеспечения ритмичности транспортной работы, сокращать финансовые расходы и поддерживать показатели качества транспортного обслуживания в системе «железнодорожная станция – порт» на соответствующем уровне.

Таблица 4.12 – Результаты оценки параметризации
транспортных процессов станции «ТГ»

№ п/п	Наименование показателя	АСТП ^{max} сущ. расчет	АСТП ^{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, $k_{\text{в}}^i$, %
1	Продолжительность АСТП, ч	37,90	34,42	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	1417,5	1287,3	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	2,86	3,15	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,110	0,100	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	72	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, т/км	214	214	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	75	75	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	77	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	80	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	70	75	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	80	88	15
Итого				100

Таблица 4.13 – Оценка аксиоматики организации
транспортной работы в системе
«Железнодорожная станция «ТГ» - порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	$F_{\text{фij}}$, балл или ед. изм.	$F_{\text{опт}}$, балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{hij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТП, ч	37,90	34,42	3,48	0,101	0,899	13,48
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	1,42	1,29	0,13	0,100	0,900	13,50
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	2,86	3,15	0,29	0,092	0,908	9,08
Количество модулей управления системы на один местный вагон, ед.	0,110	0,100	0,010	0,100	0,900	4,5
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	72	7	0,097	0,903	4,51
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление, т/км	214	214	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	75	75	0	0	1	5
Логичность управленческих решений, балл	70	77	7	0,091	0,909	9,09
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	80	5	0,063	0,937	9,37
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	70	75	5	0,067	0,933	4,66
Производительность местного вагона, балл	80	88	8	0,091	0,909	13,64
Интегральный показатель эффективности транспортной работы, E_j						91,83

Таблица 4.14 – Сводная ведомость сравнения результатов вариантов организации транспортной работы припортовых станций

Показатели	Станция «А»	Станция «Г»	Станция «Е»	Станция «З»	Станция «КВ»	Станция «КЗ»	Станция «М»	Станция «ТГ»	Станция «ТМ»	Станция «ТС»	Станция «У»	Станция «Н» _{сущ.}	Станция «Н» _{проект}
	$E_j, \%$	83,01	97,94	94,71	92,95	91,17	93,25	93,37	91,83	92,55	96,34	88,61	90,51	91,38
Разница (Δ) между фактическим вариантом организации транспортной работы припортовой станции и проектным вариантом при логической аксиоматике транспортных процессов АСТТП													
Продолжительность АСТТП, ч	0,94	0,48	-0,96*	1,94	2,63	1,75	1,75	3,48	1,76	0,72	1,5	3,69	3,38
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	0,074	0,063	0,04	0,19	0,95	0,02	0,05	0,13	0,14	0,29	0,009	3,5	3,0
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	0,25	0,79	0,4	0,53	0,84	0,09	0,29	0,29	0,51	1,29	0,07	3,48	3,02
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,004	0	0	0,006	0,007	0,026	0,008	0,010	0,005	0	0,052	0,001	0,001

Примечание: * – при освоении планируемого вагонопотока необходимо совершенствование путевого развития станции

4.5 Выводы по главе

В четвертой главе представлены авторские методы и алгоритмы по совершенствованию инфраструктурно-технологического взаимодействия в региональной железнодорожной припортовой системе на принципах нечеткого аналитического моделирования транспортно-технологических процессов в системе «железнодорожная станция – порт».

Разработаны транспортно-технологические схемы, модельные схемы и вероятностные матрицы связей парковых элементов и видов операций припортовых железнодорожных станций, позволяющие аналитически моделировать организацию транспортного производства и управленческие решения в системе «железнодорожная станция – порт». Разработаны транспортно-технологические модели припортовых станций, позволяющие реализовать аналитический подход к моделированию транспортных процессов с выделением аксиомат технологических операций. Выполнено нормирование временных параметров операций с учетом динамического изменения параметров вагонопотоков.

Сформирована аналитическая модель рациональной формы АСТТП с учетом их логического сочетания, учитывающая параметры инфраструктуры и вероятности распределения местного вагонопотока.

Предложен авторский подход к процессу формирования модельной схемы припортовой станции (МСС) и сформированы аксиоматы станционных транспортно-технологических процессов (АСТТП), которые представляют собой логическую спецификацию транспортных процессов и станционных структур в исполнимом логическом языке в исчислении предикатов первого порядка с равенством. Исполнение этой спецификации дает логическую модель процесса и структуры станции. Сформированы возможные АСТТП согласно техпроцессам припортовых станций АЧБ. По вариантам транспортной работы выполнено объединение АСТТП в логические группы (ЛГ) управления для всех припортовых станций и определены продолжительности ЛГ АСТТП. Составлены авторские

программные модули аналитического моделирования и расчета продолжительности времен всех транспортных процессов и определены их значения «глубиной» до 100 вариантов по каждой ЛГ (всего более 25 тыс. значений времен). Для оценки временных параметров АСТТП выполнена постановка задачи распределения припортовых вагонопотоков с позиций нечеткой временной параметризации, диаграмм принадлежности набора времен вариантов АСТТП – диаграммы Вьенна – Эйлера.

Для оценки степени эффективности транспортной работы в системе «железнодорожная станция – порт» в условиях нечеткости параметров и многовариантности управления предложено использовать модифицированные показатели: среднюю скорость транспортных процессов, размер транспортного действия по времени, плотность местного вагонопотока, грузовое давление на железнодорожную инфраструктуру, количество модулей МСС, приходящихся на один переработанный местный вагон.

В результате многовариантного аналитического моделирования получено сокращение продолжительности АСТТП по наиболее продолжительным логическим схемам управления на 3–5 % (от 0,5 до 2,6 ч), повышена скорость транспортных процессов на 2,6–3,5 вагоно-оп./ч. Рассчитан интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы припортовых станций, который составил от 83,01 до 97,94 % (причем для припортовой станции «Н» до реконструкции – 90,51 %, а после реконструкции – 91,38 %, что подтверждает целесообразность проекта).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований получены научно обоснованные предложения по совершенствованию инфраструктурно-технологического взаимодействия в региональной железнодорожной припортовой системе на принципах нечеткого аналитического моделирования транспортно-технологических процессов в системе «железнодорожная станция – порт»:

1. Исследованы экономико-географические, социальные, производственно-транспортные предпосылки формирования региональных припортовых грузовых накопительно-распределительных систем Азово-Черноморского бассейна (АЧБ) и выполнена их классификация. Выполнен анализ дестабилизирующих факторов в работе припортовых железнодорожных станций и представлены мероприятия по повышению эффективности взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт».

2. Исследован отечественный и зарубежный научный опыт в области рациональной организации транспортно-технологических процессов припортовых железнодорожных систем и уровней управления в них. Установлено, что существующая отечественная методология управления транспортной работой в системе «железнодорожная станция – порт» требует развития на основе новых интуитивных и логистических методов нечеткого аналитического моделирования и перспективного нейросетевого подхода. Их использование обосновано значительной сложностью данных транспортных систем, необходимостью учета совместного влияния противоречивых внешних и внутренних факторов.

3. Выполнена параметризация технологических связей в системе «припортовая железнодорожная станция – порт», при которой технологические линии обслуживания грузо- и поездопотоков в припортовой ТТС могут быть совмещены с соответствующим уровнем технического оснащения станционных структур и пространственным расположением объектов ТТС. Разработана вероятностная матрица связи технологических операций и объектов станционной инфраструктуры припортовой станции (порта) при выполнении конкретных

операций по передаче подвижного состава в системе «железнодорожная станция–порт», в соответствии с которой наибольшая плотность вероятностей приходится на количество парковых элементов станций от 4 до 5 при значении вероятности использования от 0,75 до 0,9. Рассчитаны энтропии случаев занятия и свободности элементов инфраструктуры припортовой станции.

4. Исследованы зависимости количества специализированных приемоотправочных путей припортовой грузовой станции от изменения величин прибывающих и отправляющихся поездопотоков. Определены коэффициенты использования пропускной (перерабатывающей) способности парков и горловин основных припортовых станций, которые превышают значение 0,7 (например, для «Н» – 0,79, «ТС» – 0,88, «Е» – 0,8, «З» – 0,98, «КЗ» – 0,985), что отражает необходимость применения новых управленческих подходов к выполнению транспортной работы.

5. Разработаны транспортно-технологические схемы, модельные схемы и вероятностные матрицы связей парковых элементов и видов операций припортовых железнодорожных станций, позволяющие аналитически моделировать технологию транспортного производства и управленческие решения в системе «железнодорожная станция – порт». Разработан авторский метод формирования модельной схемы припортовой станции (МСС) и аксиомат станционных транспортно-технологических процессов (АСТТП), которые представляют собой логическую спецификацию транспортных процессов и станционных структур в исполнимом логическом языке в исчислении предикатов первого порядка с равенством. Исполнение этой спецификации дает логическую модель транспортного процесса и структуры железнодорожной станции.

6. Сформированы варианты объединения АСТТП в логические группы (ЛГ) управления для всех припортовых станций и аналитически определены продолжительности ЛГ АСТТП. Составлены авторские программные модули аналитического моделирования и расчета продолжительности времен всех транспортных процессов и определены их прогнозируемые значения (не менее 100 вариантов по каждой ЛГ, всего более 25 тыс. значений времен АСТТП).

7. Выполнена постановка задачи распределения припортовых вагонопотоков с позиций нечеткой временной параметризации, построены графики средних значений времен транспортного обслуживания с доверительным интервалом 95 %, гистограммы нормального распределения, выполнены анализ временных рядов и их пригодности (распределение Пуассона) по степени интенсивности процессов, а также прогнозирование времен на основе экспоненциального сглаживания.

8. Для оценки степени эффективности транспортной работы в системе «железнодорожная станция – порт» в условиях нечеткости временных параметров и многовариантности управления предложено использовать модифицированные показатели: среднюю скорость транспортных процессов (получены значения от 33,49 до 29,11 вагоно-оп./ч для крупных припортовых станций; от 3,15 до 7,32 вагоно-оп./ч для малых припортовых станций), размер транспортного действия по времени ($1057-4242 \frac{\text{ваг}\cdot\text{км}}{\text{час}}$ для крупных припортовых станций; $191-890 \frac{\text{ваг}\cdot\text{км}}{\text{час}}$ для малых припортовых станций), плотность местного вагонопотока ($25,4-52,9 \frac{\text{ваг}}{\text{км}}$ для крупных припортовых станций; $1,3-17,6 \frac{\text{ваг}}{\text{км}}$ для малых припортовых станций), количество модулей МСС, приходящихся на один переработанный местный вагон ($0,012-0,294$ в зависимости от схемы станции).

9. Получено сокращение продолжительности АСТП по наиболее продолжительным логическим схемам управления на 3–5 % (от 0,5 до 2,6 ч), повышена скорость транспортных процессов на 2,6–3,5 вагоно-оп./ч. Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы припортовых станций составил от 83,01 до 97,94 % (причем для припортовой станции «Н» до реконструкции – 90,51 %, а после реконструкции – 91,38 %, что подтверждает целесообразность проекта).

В качестве рекомендаций по результатам выполненного исследования следует указать:

1. При разработке вариантов управленческих решений в системе «железнодорожная станция – порт» необходимо учитывать новые интуитивные и

логистические методы нечеткого аналитического моделирования и перспективного нейросетевого подхода из-за учета совместного влияния противоречивых внешних и внутренних факторов.

2. Для характеристики качества транспортной работы целесообразно использовать логическое моделирование посредством АСТП и их сочетания в группы для дальнейшего формирования нейросетевой модели управления транспортной работой.

3. Методы выбора управленческих решений в системе «железнодорожная станция – порт» требуют исследования и оценки очень большого объема данных. Для этого следует рассмотреть возможность формирования корпоративной унифицированной электронной базы параметров данных припортовых станций.

4. Разработанный в диссертации метод аналитического моделирования транспортной работы и оценки временных параметров с позиций нечеткой формализации имеет динамический характер и может быть адаптирован к процессам транспортного производства других видов транспорта.

Перспективы дальнейшей разработки темы диссертационной работы связаны с развитием новой парадигмы – цифровизации логических решений в управлении транспортными процессами. При формировании транспортных моделей часто возникают многовариантные решения по последовательности организации цепи доставки груза, которые могут быть подкреплены соответствующими нейронечеткими алгоритмами. В связи с этим увеличивается научный интерес к применению положений теории размытых (нечетких) множеств в решении транспортных задач, использующих принципы нечеткой логики. Развитие методов теории нечетких множеств может послужить одной из основ цифровизации инфраструктурно-технологического взаимодействия в транспортных системах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ассоциация морских портов России [сайт]. – URL: <http://www.morport.com/rus> (дата обращения: 05.06.2022).
- 2 Железнодорожный транспорт : на пути к интеллектуальному управлению : монография / С. Е. Ададунов, В. А. Гапанович, Н. Н. Лябах, А. Н. Шабельников. – Ростов-на-Дону : ЮНЦ РАН, 2010. – 322 с. – ISBN 978-5-7509-0471-7.
- 3 Акулиничев, В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог : учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. П. Корешков. – Москва : Транспорт, 1981. – 223 с.
- 4 Алибеков, Б. И. Модели размещения и развития объектов региональной транспортной системы и приближенный метод их решения / Б. И. Алибеков, Э. А. Мамаев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2012. – № 4. – С. 96–106. – ISSN 0201-727X.
- 5 Багинова, В. В. Методика оценки организационной структуры оперативного управления вагонопотоками на путях необщего пользования / В. В. Багинова, А. Н. Рахмангулов, П. Н. Мишкурин // Транспорт: наука, техника, управление. – 2012. – № 2. – С. 19–22. – ISSN 0236-1914.
- 6 Регулирование грузовых перевозок на железных дорогах / В. И. Балч, И. Г. Казовский, В. А. Кудрявцев, В. Ф. Гречанюк ; под редакцией В. А. Кудрявцева. – Москва : Транспорт, 1984. – 248 с.
- 7 Белов, И. В. Моделирование экономических процессов на железнодорожном транспорте / И. В. Белов, А. Б. Каплан, А. М. Макаровичин ; под редакцией И. В. Белова, А. М. Макаровичина. – Москва : Транспорт. 1977. – 246 с.
- 8 Барский, А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений / А. Б. Барский. – Москва : Финансы и статистика, 2004. – 176 с. – ISBN 5-279-02757-X.
- 9 Большая энциклопедия транспорта. В 8 т. Т. 4 : Железнодорожный транспорт / под редакцией Н. С. Конарева. – Москва, 2003. – 1039 с. – ISBN 5-85270-231-5 (в пер.).

10 Интрилигатор, М. Математические методы оптимизации и экономическая теория / М. Интрилигатор ; перевод с английского Г. И. Жуковой, Ф. Я. Кельмана. – Москва : Айрис-пресс, 2002. – 576 с.

11 Балалаев, А. С. Методология транспортно-логистического взаимодействия при мультимодальных перевозках : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Балалаев Александр Сергеевич. – Хабаровск, 2010. – 48 с.

12 Баленко, В. В. Разработка методики определения этапности освоения растущего объема перевозок грузов / В. В. Баленко, Т. Н. Каликина // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2018. – Т. 1. – С. 73–79.

13 Батулин, А. П. Теория выбора оптимального развития технического оснащения сети железных дорог : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Батулин Александр Павлович. – Москва : МИИТ, 2000. – 336 с.

14 Баушев, А. Н. Математическая модель многофазных железнодорожных грузоперевозок / А. Н. Баушев, А. Т. Осьминин, Л. А. Осьминин // Математическое моделирование. – 2013. – Т. 25, № 10. – С. 108–122. – ISSN 0234-0879.

15 Бауэрсокс, Д. Д. Логистика: интегрированная цепь поставок / Д. Дж. Бауэрсокс, Д. Дж. Клосс ; перевод с английского Н. Н. Барышниковой, Б. С. Пинскера. – 2-е изд. – Москва : Олимп-Бизнес, 2006. – 639 с. – ISBN 5-901028-84-8.

16 Числов, О. Н. Логистические методы распределения мультимодальных грузопотоков с участием припортовых грузовых станций / О. Н. Числов, Д. С. Безусов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 5. – С. 54–57. – ISSN 1818-5509.

17 Числов, О. Н. Вариант оценки этапности развития припортовых станций на направлениях южно-российских транспортных коридоров / О. Н. Числов, С. Г. Заяц, Д. С. Безусов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 2. – С. 153–163. – ISSN 1818-5509.

18 Безусов, Д. С. Транспортно-технологическое моделирование инфраструктуры и организации работы припортовых грузовых станций России / Д. С. Безусов // Труды Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию кафедры «Технология транспортных процессов и логистика». – Хабаровск : ДВГУПС, 2014. – С. 104–109.

19 Безусов, Д. С. Исследование динамики производственных показателей работы припортовых грузовых станций / Д. С. Безусов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – С. 13–21. – ISSN 1818-5509.

20 Безусов, Д. С. Системы организации переработки вагонопотоков припортовых грузовых станций при различных схемах инфраструктурного развития / Д. С. Безусов // Труды Международной научно-практической конференции «Перспективы развития и эффективность функционирования транспортного комплекса юга России», посвященной 85-летию РГУПС. Ч. 3 : Гуманитарные, экономические и юридические науки. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2015. – С. 27–29.

21 Безусов, Д. С. Исторические аспекты в развитии инфраструктуры припортовых грузовых станций юга России / Д. С. Безусов // Труды Международной научно-практической конференции «Транспорт-2015». Ч. 1 : Экономические и технические науки. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2015. – С. 24–26.

22 Безусов, Д. С. Припортовая грузовая станция в системе мультимодальных грузоперевозок / Д. С. Безусов // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах» (РИЛТТРАНС-2015). – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2015. – С. 211–223.

23 Безусов, Д. С. Организация современной работы южно-российских припортовых грузовых станций / Д. С. Безусов // Сборник трудов Седьмой Международной научно-практической конференции «Транспортная инфраструктура Сибирского региона». – Иркутск : ИрГУПС, 2016. – С. 50–54.

24 Числов, О. Н. Актуальные вопросы государственно-частного партнерства в развитии припортовых транспортно-технологических систем / О. Н. Числов, Д. С. Безусов // XI Международная научно-практическая конференция «Наука и образование транспорту». – Самара : СамГУПС, 2016. – С. 90–91.

25 Безусов, Д. С. Исследование пропускной и перерабатывающей способности южно-российских припортовых грузовых станций / Д. С. Безусов // Труды Международной научно-практической конференции «Транспорт-2016». Ч. 1 : Экономические и технические науки. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2016. – С. 43–47.

26 Числов, О. Н. Новороссийский железнодорожный узел – ключевой фактор обеспечения стабильности грузоперевозок в адрес морских портов региона / О. Н. Числов, Д. С. Безусов // II Международная научно-практическая конференция «Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах» (РИЛТТРАНС-2017). – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2017. – С. 138–148.

27 Числов, О. Н. Развитие Новороссийского железнодорожного узла / О. Н. Числов, Д. С. Безусов // Труды Международной научно-практической конференции «Наука-2017». Секция «Эксплуатация железных дорог и транспортная логистика». – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2017. – С. 210–213.

28 Числов, О. Н. Методы выбора рациональных технико-технологических параметров региональной железнодорожной припортовой транспортной системы / О. Н. Числов, Д. С. Безусов // Труды Международной научно-практической конференции «Транспорт-2017». Ч. 1 : Экономические и технические науки. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2017. – С. 68–71. – ISBN 978-5-88814-530-2.

29 Безусов, Д. С. Оценка эффективности работы припортовых транспортных систем / Д. С. Безусов // Труды Всероссийской национальной научно-практической конференции «Современное развитие науки и техники» («Наука-2020»). – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2020. – С. 43–47. – ISBN 978-5-907295-28-5.

30 Безусов, Д. С. О постановке задачи формальной верификации временных рядов транспортных процессов припортовых железнодорожных станций / Д. С. Безусов, О. Н. Числов // Труды Международной научно-практической конференции «Транспорт-2020». Ч. 1 : Экономические и технические науки. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2020. – С. 38–42. – ISBN 978-5-907295-14-8.

31 Беккер, Р. В. Мультимодальные перевозки и экономическая целесообразность их использования / Р. В. Беккер // Web of Scholar. – 2016. – № 3(3). – С. 25–26. – ISSN 2518-167X.

32 Богачев, В. А. Системы аналитических вычислений при изучении рынков сбыта в условиях олигополии / В. А. Богачев, Т. В. Богачев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 2. – С. 112–116. – ISSN 0201-727X.

33 Бородин, А. Ф. Информационно-управляющие системы в едином сетевом технологическом процессе железнодорожных грузовых перевозок / А. Ф. Бородин // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2012. – № 4. С. 8–15.

34 Брагина, А. Н. Мультимодальные перевозки – инструмент повышения конкурентоспособности предприятий / А. Н. Брагина, А. М. Индиева // Инновационный транспорт-2016: специализация железных дорог : материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию основания УрГУПС. – Екатеринбург : УрГУПС, 2017. – С. 806–811.

35 Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – 2-е изд., стер. – Москва : Наука, 1967. – 366 с.

36 Вульф, А. Б. История железных дорог Российской империи / А. Б. Вульф. – Москва : РИПОЛ классик, 2016. – 744 с. – ISBN 978-5-386-08589-6.

37 Гайнанов, Д. Н. Моделирование грузовых железнодорожных перевозок методами теории графов и комбинаторной оптимизации / Д. Н. Гайнанов, А. В. Коньгин, В. А. Рассказова // Автоматика и телемеханика. – 2016. – № 11. – С. 60–79. – ISSN 0005-2310.

38 Галабурда, В. Г. Оптимальное планирование грузоперевозок / В. Г. Галабурда. – Москва : Транспорт, 1985. – 256 с.

39 Галабурда, В. Г. Внетранспортный эффект работы железных дорог / В. Г. Галабурда, А. П. Абрамов // Железнодорожный транспорт. – 2002. – № 3. – С. 58–62. – ISSN 0044-4448.

40 Долгоруков, Д. С. Формирование системы прогнозирования подвода грузов к портам / Д. С. Долгоруков, Т. Н. Каликина // Вестник транспорта Поволжья. – 2012. – № 2(32). – С. 39–43. – ISSN 1997-0722.

41 Доставка грузов (для отправления морем) в морские порты России в 2018 г. различными видами транспорта // Ассоциация морских торговых портов [сайт]. – URL: <http://www.morport.com> (дата обращения: 15.02.2021).

42 Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю. – Москва : Транспорт, 1972. – 424 с.

43 Елисеев, С.Ю. Управление грузопотоками на основе информационно-управляющих и аналитических технологий / С. Ю. Елисеев // Железнодорожный транспорт. – 2005. – № 3. – С. 17. – ISSN 0044-4448.

44 Единый сетевой технологический процесс железнодорожных грузовых перевозок : утвержден Распоряжением ОАО «РЖД» от 28.12.2012 № 2786р «О Едином сетевом технологическом процессе железнодорожных грузовых перевозок» в редакции Распоряжения ОАО «РЖД» от 09.01.2020 № 4/р. – Москва : ОАО «РЖД», 2012. – 128 с.

45 Единый комплексный технологический процесс работы транспортного узла Новороссийск и портов Таманского полуострова / А. А. Краснощёк, А. В. Кузнецов, В. В. Кузин [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 9. – С. 8–15. – ISSN 0044-4448.

46 Железнов, Д. В. Методология усиления провозной способности железных дорог России в условиях реформы отрасли : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Железнов Дмитрий Валерианович. – Москва : МИИТ, 2014. – 324 с.

47 Жардемов, Б. Б. Теоретические основы развития железнодорожных станций и узлов : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Жардемов Болат Баделович. – Москва : Москва, 1999. – 48 с.

48 Задорожний, В. М. Развитие методов распределения порожних вагонопотоков припортовой транспортно-технологической системы в конкурентных условиях : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Задорожний Вячеслав Михайлович. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2018. – 229 с.

49 История железнодорожного транспорта России. Т. 1. 1836–1917 / под редакцией Е. Я. Красковского, М. М. Уздина. – Санкт-Петербург, 1994. – 336 с. – ISBN 5-85952-005-0.

50 Информационное обеспечение грузовых перевозок : учебное пособие / О. Н. Числов, Д. С. Безусов, Н. Н. Чаленко, И. С. Олейникова ; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов-на-Дону, 2017. – 75 с. – ISBN 978-5-88814-631-6.

51 Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог : утв. ОАО «РЖД» 10.11.2010 / Открытое АО «Российские железные дороги». – Москва : Техинформ, 2011. – 289 с.

52 Канторович, Л. В. Применение математических методов в вопросах анализа грузопотоков / Л. В. Канторович, М. К. Гавурин // Проблемы повышения эффективности работы транспорта : сборник научных статей. – Москва : Изд-во АН СССР, 1949. – С. 110–138.

53 Капорцев, Б. В. Влияние стратегии развития транспортной инфраструктуры на распределение грузопотоков / Б. В. Капорцев // Экономика железных дорог. – 2013. – № 2. – С. 71–77. – ISSN 1727-6500.

54 Козлов, П. А. Организационные подходы и модели оптимизации работы транспорта в современных условиях / П. А. Козлов, О. В. Осокин, Н. А. Тушин // Мир транспорта. – 2011. – № 5. – С. 18–23. – ISSN 1992-3252.

55 Козлов, П. А. Совместное использование аналитических методов и имитационных моделей / П. А. Козлов, В. С. Колокольников, В. И. Сорокин // Транспорт Урала. – 2016. – № 3. – С. 3–8. – DOI 10.20291/1815-9400-2016-3-3-8.

56 Казовский, И. Г. Рационализация перевозок грузов на железных дорогах / И. Г. Казовский. – Москва : Транспорт, 1977. – 280 с.

57 Колесников, В. И. Модернизация транспортной системы России и перспективы развития железнодорожного транспорта / В. И. Колесников, В. Д. Верескун, В. С. Воробьев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2008. – № 2. – С. 76–84. – ISSN 0201-727X.

58 Колесников, М. В. Методика разработки морфологической идентификации параметров управления предприятием / М. В. Колесников // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2005. – № 1. – С. 81–83. – ISSN 0201-727X.

59 Колесников, М. В. Формирование эффективной и конкурентоспособной деятельности транспортных систем / М. В. Колесников, М. В. Бакалов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 5. – С. 37–39. – ISSN 1818-5509.

60 Коршунов, Ю. М. Математические основы кибернетики : учебное пособие для вузов / Ю. М. Коршунов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – 496 с.

61 Кравец, А. С. Проблемы и перспективы транспортировки насыпных грузов в адрес южных глубоководных и малых портов / А. С. Кравец // Труды Международной научно-практической конференции «Транспорт-2013». – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2013. – С. 292–293.

62 Краснощек, А. А. Мировые тенденции развития морских портов, припортовых железнодорожных узлов и подходов к ним / А. А. Краснощек, А. Ю. Панычев, П. К. Рыбин // РИЛТТРАНС-2017 : сборник трудов Второй Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2018. – С. 3–11.

63 Куренков, П. В. Экономическая оценка потерь ОАО «РЖД» в результате «бросания» и неприема поездов портами / П. В. Куренков, И. В. Серяпова // Бюллетень транспортной информации. – 2016. – № 4. – С. 16–21. – ISSN 2072-8115.

64 Куренков, П. В. Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении. Экономика. Логистика. Управление / П. В. Куренков, А. Ф. Котляренко. – Самара : СамГАПС, 2002. – 634 с. – ISBN 5-901267-36-2.

65 Мишин, В. М. Управление качеством : учеб. для вузов // В. М. Мишин. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 463 с.

66 Ларин, О. Н. Развитие транзитного потенциала транспортной системы как фактор повышения предпринимательской активности в регионе / О. Н. Ларин, В. В. Вязовский // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2011. – № 41 (258). – С. 53–56. – ISSN 1997-0129.

67 Левицкая, Л. П. Распределение грузов на транспорте на основе стратегического прогнозирования грузопотоков / Л. П. Левицкая, А. А. Замковой, М. М. Строков // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 1(172). – С. 74–81. – ISSN 0868-6351.

68 Мирошниченко, В. М. Некоторые вопросы автоматизации проектирования железнодорожных станций с помощью ЭЦВМ : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Мирошниченко Виктор Михайлович. – Киев, 1969. – 25 с.

69 Лёвин, Б. А. Цифровая железная дорога: принципы и технологии / Б. А. Лёвин, В. Я. Цветков // Мир транспорта. – 2018. – Т. 16, № 3. – С. 50–61. – ISSN 1992-3252.

70 Лябах, Н. Н. Техническая кибернетика на железнодорожном транспорте : учебник для вузов / Н. Н. Лябах, А. Н. Шабельников. – Ростов-на-Дону : СКНЦ ВШ, 2002. – 283 с. – ISBN 588-8-14129-1.

71 Макеев, В. А. Резервы повышения доходности железной дороги в современных условиях развития рынка производства и потребителя / В. А. Макеев, Э. А. Мамаев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2004. – № 4 (16). – С. 76–79. – ISSN 0201-727X.

72 Малышев, И. А. Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия экономических решений на основе методов теорий нечетких множеств :

автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Малышев Илья Александрович. – Волгоград : ВГТУ, 2006. – 23 с.

73 Мамаев, Э. А. Экономические и технологические основы роста скоростей движения / Э. А. Мамаев // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 5. – С. 34–35. – ISSN 0044-4448.

74 Маркова, Е. В. Экспертные системы, ориентированные на статистические методы / Е. В. Маркова // Вопросы применения экспертных систем. – Минск : НПО «Центрсистем», 1988. – С. 145–151.

75 Методы управления параметрами грузо- и вагонопотоков припортовых транспортно-технологических систем: модели и алгоритмы : монография / О. Н. Числов, В. М. Задорожний, А. С. Кравец, Д. С. Безусов ; под редакцией О. Н. Числова ; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов-на-Дону, 2020. – 250 с. – ISBN 978-5-907295-27-8.

76 Себестоимость железнодорожных перевозок : учебник для вузов железнодорожного транспорта / Н. Г. Смехова, А. И. Купоров, Ю. Н. Кожевников [и др.] ; под редакцией Н. Г. Смеховой и А. И. Купорова. – Москва : Маршрут, 2003. – 494 с.

77 Москвичев, О. В. Терминальная инфраструктура и контейнерные поезда: кластеризация объектов / О. В. Москвичев // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15, № 5 (72). – С. 158–173. – ISSN 1992-3252.

78 Морозова, Т. Г. Региональная экономика : учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / Т. Г. Морозова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. – 527 с. – ISBN 978-5-238-01300-8.

79 Мулен, Э. Кооперативное принятие решений: Аксиомы и модели / Э. Мулен ; перевод с английского О. Р. Меньшиковой. – Москва : Мир, 1991. – 463 с. – ISBN 5-03-002131-0 (в пер.).

80 Нестерова, Н. С. Мультиmodalная транспортная сеть как элемент единой транспортной системы страны и ее регионов / Н. С. Нестерова, С. М.

Гончарук // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 1(55). – С. 66–73. – ISSN 1997-0722.

81 Носов, В. А. Комбинаторика и теория графов : учебное пособие для вузов / В. А. Носов. – Москва : Мир, 1989. – 112 с.

82 Осинцев, Н. А. Оценка резервов пропускной и перерабатывающей способности технологических железнодорожных станций с использованием теории нечетких множеств / Н. А. Осинцев, А. Н. Рахмангулов // Вестник транспорта Поволжья. – 2011. – № 1 (25). – С. 45–49. – ISSN 1997-0722.

83 Осьминин, А. Т. Оценка эффективности маршрутизации с мест погрузки / А. Т. Осьминин, В. М. Грошев, О. А. Никифорова // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 1. – С. 62–65. – ISSN 0044-4448.

84 Орлова, Н. В. Экономико-математическое моделирование: практическое пособие по решению задач : учебник для вузов / Н. В. Орлова. – Москва, 2004. – 144 с.

85 Падня, В. А. Применение теории массового обслуживания на транспорте (железнодорожном, автомобильном, водном и воздушном) / В. А. Падня. – Москва : Транспорт, 1968. – 207 с.

86 Персианов, В. А. Моделирование транспортных систем / В. А. Персианов, К. Ю. Скалов, Н. Ю. Усков. – Москва : Транспорт, 1972. – 208 с.

87 Таль, К. К. Основные вопросы применения методов моделирования при проектировании станций и узлов / Сб. науч. Тр. ЦНИИС, вып. 47, 1971. – С. 56–96.

88 Персианов, В. А. Сущность системного подхода и его применение на транспорте / В. А. Персианов, Т. Н. Сакульева // Вестник университета. – Москва : ГУУ, 2014. – № 12. – С. 64–66. – ISSN 1816-4277.

89 Петров, М. Б. Методология организации региональной транспортной системы : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Петров Михаил Борисович. – Москва : МИИТ, 2004. – 48 с.

90 Пехтерев, Ф. С. О формировании научных задач по созданию интегральной евроазиатской транспортной системы в контексте развития

международных транспортных коридоров / Ф. С. Пехтерев, А. А. Замковой // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2018. – № 1. – С. 28–36.

91 Поттгофф, Г. Теория транспортных потоков / Г. Поттгофф. – Берлин, 1962. – 343 с.

92 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – Москва : Техинформ, 2001. – 256 с.

93 Правдин, Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта (примеры и расчеты) / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В.А. Подкопаев ; под редакцией Н. В. Правдина. – Москва : Транспорт, 1989. – 208 с.

94 Попов, А. М. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для бакалавров / А. М. Попов, В. Н. Сотников ; под редакцией профессора А. М. Попова. – Москва : Юрайт, 2011. – 440 с. – ISBN 978-5-9916-1290-6 (в пер.).

95 Проектирование грузовых станций : учебное пособие / О. Н. Числов, Д. С. Безусов, В. М. Задорожний, В. В. Хан ; ФГБОУ ВПО РГУПС. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Ростов-на-Дону, 2014. – 68 с.

96 Рахмангулов, А. Н. Управление транспортными системами. Теоретические основы : учебное пособие / А. Н. Рахмангулов, С. В. Трофимов, С. Н. Корнилов. – Магнитогорск : МГТУ им. Носова, 2001. – 191 с. – ISBN 5-89514-208-7.

97 Рахмангулов, А. Н. Железнодорожные транспортно-технологические системы: организация функционирования : монография / А. Н. Рахмангулов, О. А. Копылова, П. Н. Мишкурин. – Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2014. – 300 с. – ISBN 978-5-9967-0459-0.

98 Розенберг, Е. Н. Цифровая экономика и цифровая железная дорога / Е. Н. Розенберг, В. И. Уманский, Ю. В. Дзюба // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 5(72). – С. 45–49.

99 Розенберг, Е. Н. О стратегии развития цифровой железной дороги / Е. Н. Розенберг, В. В. Батраев // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2018. – № 1. – С. 9–27.

100 Романова, П. Б. Установление целесообразных вариантов организации вагонопотоков / П. Б. Романова, С. А. Цыганов // Наука и образование транспорту. – Самара, 2017. – № 1. – С. 115–118.

101 Россия в цифрах. 2018 : Краткий статистический сборник / Росстат. – Москва, 2018 – 522 с.

102 Саати, Т. Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения / Т. Л. Саати. – Москва : Советское радио, 1965. – 510 с.

103 Сай, В. М. Интегральная оценка предприятий / В. М. Сай, С. В. Сизый, В. К. Фомин // Экономика железных дорог. – 2010. – № 1. – С. 18–27. – ISSN 1727-6500.

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

105 Сток, Дж. Р. Стратегическое управление логистикой / Дж. Р. Сток, Д. М. Ламберт. – Москва : Инфра-М, 2005. – 797 с. – ISBN 5-16-002007-1 (в пер.).

106 Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России на период до 2030 г. : [одобрена на совещании членов Морской коллегии при Правительстве Российской Федерации 28 сентября 2012 г.]. – Текст : электронный. – Москва, 2013. – URL: <https://www.rosmorport.ru/media/File/strategy.pdf> (дата обращения: 16.12.2021).

107 Стратегия экономического развития ЮФО до 2025 года. – Текст : электронный // Министерство экономического развития Российской Федерации : официальный сайт. – URL: <https://www.economy.gov.ru> (дата обращения: 18.03.2021).

108 Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года : [утверждена Распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877-р]. – Текст : электронный // Министерство транспорта Российской Федерации : официальный сайт – URL: <https://www.mintrans.ru/documents/1/1010> (дата обращения: 24.03.2021).

109 Обоснование этапности развития железнодорожных станций и узлов : монография / Ю. И. Ефименко, П. К. Рыбин, Л. А. Олейникова, М. В. Четчуев [и др.]. – Санкт-Петербург : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2018. – 243 с. – ISBN 978-5-7641-1137-7.

110 Таха, Х. А. Введение в исследование операций / Х. А. Таха ; перевод с английского А. А. Минько. – 7-е изд. – Москва : Изд. дом «Вильямс», 2005. – 901 с. – ISBN 5-8459-0740-3 (в пер.).

111 Транспорт России: Всероссийская транспортная еженедельная информационно-аналитическая газета [сайт]. – URL: [http://www. transportrussia.ru](http://www.transportrussia.ru) (дата обращения: 21.03.2021).

112 Транспорт и связь в России : статистический сборник // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). – URL : http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/3e4fc4004e3423529616fe18bf0023dd (дата обращения 18.09.2021).

113 Ту, Дж. Принципы распознавания образов / Дж. Ту, Р. Гонсалес. – Москва : Мир, 1978. – 411 с.

114 Соколов, Ю.И. Методы экономической оценки и инструменты повышения качества обслуживания грузовладельцев при взаимодействии транспортных компаний: монография / Ю.И. Соколов, Е.В. Рогов, И.М. Лавров // М.: МИИТ, 2018. – 250 с.

115 Усков, Н. С. Организация управления территориальными производственно-транспортными комплексами : учебник для вузов / Н. С. Усков. – Москва : ГУУ, 1999. – 320 с. – ISBN 5-215-00658-X

116 Форд, Л. Потоки в сетях / Л. Форд, Д. Фалкерсон. – Москва : Мир, 1966. – 276 с.

117 Хан, В. В. Развитие методов определения рациональных структур и организации транспортно-технологических процессов железнодорожных узлов : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Хан Владимир Васильевич ; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов-на-Дону, 2017. – 23 с.

118 Харари, Ф. Теория графов / Ф. Харари ; перевод с английского В. П. Козырева ; под ред. Г. П. Гаврилова. – 2-е изд. – Москва : УРСС, 2003. – 296 с. ISBN 5-354-00301-6 : 2000.

119 Хейт, Ф. Математическая теория транспортных средств / Ф. Хейт. – Москва : Мир, 1966. – 286 с

120 Числов, О. Н. Аксиоматика транспортных процессов припортовых грузовых станций / О. Н. Числов, В. В. Ильичева, Д. С. Безусов // Вестник транспорта Поволжья. – 2017. – № 4. – С. 68–76. – ISSN 1997-0722.

121 Числов, О. Н. Транспортно-технологические модели припортовых железнодорожных станций / О. Н. Числов, Д. С. Безусов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 4. – С. 101–110. – ISSN 0201-727X.

122 Числов, О. Н. Принципы теории нечетких множеств в формализации инфраструктурно-технологического взаимодействия припортовой железнодорожной транспортной системы / О. Н. Числов, Д. С. Безусов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 578–590. – DOI 10.20295/1815-588X-2021-4-578-590.

123 Числов, О. Н. Направления повышения эффективности транспортных процессов припортовых железнодорожных станций на принципах аналитического моделирования // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : международный сборник научных статей. Вып. 2 / О. Н. Числов, Д. С. Безусов ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, УО «БелГУТ». – Гомель, 2020. – С. 185–194. – ISSN 2664-5025.

124 Числов, О. Н. Аналитический подход к моделированию транспортно-технологических процессов припортовых грузовых станций / О. Н. Числов, Д. С. Безусов // Труды Третьей Международной научно-практической конференции «Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах» (Санкт-Петербург, 23–25 октября 2019 г.) : сборник трудов : в 2 ч. Ч. 1 : Развитие транспортной инфраструктуры и управление перевозками / под

редакцией А. А. Краснощека, П. К. Рыбина. – Санкт-Петербург : ФГБОУ ВО РГУПС, 2020. – С. 138–147.

125 Методы цифровизации и интеллектуализации параметров логистического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт» в условиях мультиагентности транспортно-технологических процессов : монография / О. Н. Числов, М. В. Колесников, В. М. Задорожний, М. В. Бакалов, Д. С. Безусов ; ФГБОУ ВО РГУПС ; АНО ВО НТУ «Сириус». – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022. – 396 с. – ISBN 978-5-907295-74-2.

126 Временная параметризация в распределении грузопотоков транспортно-технологических систем / О. Н. Числов, В. А. Богачев, А. С. Кравец, Т. В. Богачев // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 3 (50). – С. 14–22. – ISSN 1815-9265.

127 Числов, О.Н. Комплексные методы рационального размещения элементов транспортно-технологических систем в железнодорожных узлах : моногр. / О.Н. Числов ; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2009. – 294 с..

128 Шагин, В. Л. Теория игр : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Л. Шагин. – Москва : Юрайт, 2015. – 223 с. – ISBN 978-5-9916-4696-3.

129 Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон ; перевод с английского под редакцией Р. Л. Добрушина и О. Б. Лупанова. – Москва : Иностр. лит., 1963. – 832 с.

130 Шоховец, А. О. Международные транспортные коридоры как инновационное средство развития экономики / А. О. Шоховец // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – Т. 3, № 13. – С. 969–971.

131 Шварц, Г. Выборочный метод. Руководство по применению статистических методов оценивания / Г. Шварц : перевод с немецкого Я. Ш. Паппэ ; под редакцией И. Г. Венецкого и В. М. Ивановой. – Москва : Статистика, 1978. – 213 с.

132 Эрлих, А. В. Оптимизация величины и структуры вагонного парка транспортной компании : диссертация на соискание ученой степени кандидата

технических наук / Эрлих Антон Владимирович. – Москва : РГОТУПС, 2006. – 159 с.

133 Программный научный комплекс управления припортовыми вагонопотоками / В. М. Задорожний, Т. В. Богачев, Ю. В. Давыдов, Г. Д. Дагдиян // Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей : сборник научных трудов – Ростов-на-Дону : ФГБОУ ВО РГУПС, 2018. – С. 259–261.

134 Прейскурант № 10-01 «Тарифы на перевозки грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые российскими железными дорогами». – Текст : электронный. – URL: http://doc.rzd.ru/doc/public/ru%3Fid%3D6188%26layerid%3D5104%26STRUCTURE_ID (дата обращения: 24.06.2021).

135 Clustering Methods and Time Parameterization in the Management of Port Cargo Flows / O. Chislov, N. Magomedova, A. Kravets, D. Bezusov, V. Zadorozhnyi // In: Technological Advancements in Construction. Lecture Notes in Civil Engineering / A. Mottaeva (eds). – Springer, Cham., 2021. – Vol. 180. – P. 265–278. – DOI 10.1007/978-3-030-83917-8_25.

136 Fuzzy modelling of the transportation logistics processes / O. Chislov, N. Lyabakh, M. Kolesnikov, M. Bakalov and D. Bezusov // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 2131. – P. 032007. – DOI 10.1088/1742-6596/2131/3/032007.

137 Balster, A. H. Friedrich Dynamic freight flow modelling for risk evaluation in food supply / A. H. Balster // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. – 2019. – Vol. 121. – P. 4–22. – DOI 10.1016/j.tre.2018.03.002.

138 The freight train routing problem for congested railway networks with mixed traffic / R. Borndörfer, T. Klug, T. Schlechte, A. Fügenschuh, T. Schang, H. Schülldorf // Transportation science. – 2016. – Vol. 50. – No. 2. – P. 408–423. – DOI 10.1287/trsc.2015.0656.

139 Chiao, J. Y. Neural basis of social status hierarchy across species / J. Y. Chiao // Current Opinion in Neurobiology. – 2010, Dec. – Vol. 20(6). – P. 803–809. – DOI 10.1016/j.conb.2010.08.006.

140 Chislov, O. Economic-geographical method delimiting wagon flows in the region considered: model and algorithm / O. Chislov, V. Bogachev, V. Zadorozhniy, T. Bogachev // *Transport problems*. – 2018. – Vol. 13. – No. 2. – P. 39–48. – DOI 10.20858/tp.2018.13.2.4.

141 Modelling of the rail freight traffic by the method of economic-geographical delimitation in the region of the South-Easter Coast of the Baltic Sea / O. N. Chislov, V. A. Bogachev, V. M. Zadorozhniy [et al.] // *Transport problems*. – 2019. – No. 14 (2). – P. 77–89. – DOI 10.20858/tp.2019.14.2.7.

142 Time parameters optimization of the export grain traffic in the port railway transport technology system / O. N. Chislov, V. M. Zadorozhniy, T. V. Bogachev, A. S. Kravets, I. N. Egorova, V. A. Bogachev // *Smart and Green Solutions for Transport Systems*. – 2020. – P. 126–137. – DOI 10.1007/978-3-030-35543-2_11.

143 Crainic, T. A tactical planning model for rail freight transportation / T. Crainic, J. Ferland, J. Rousseau // *Transportation Science*. – 2011. – Vol. 45(2). – P. 163–174. – DOI 10.1287/trsc.1100.0339.

144 Combes, F. Inventory theory, mode choice and network structure in freight transport / F. Combes, L. Tavasszy // *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. – 2016. – No. 16(1). – P. 38–52. – DOI 10.18757/ejtir.2016.16.1.3112.

145 Gooley, T. B. *The Geography of Logistics* / T. B. Gooley // *Logistics Management and Distribution Report*. – 1998 (Jan.). – P. 63–65.

146 Global Reach Consulting, PotashCorp. // *The World Fertilizer Trends and Outlook to 2018*. – Rome : Food and agriculture organization of the united nations, 2015. – ISBN 978-92-5-108682-6.

147 Gholami, O. Job-shop problems with objectives appropriate to train scheduling in a single-track railway / O. Ghokami, Y. N. Sotskov, F. Werner // *SIMULTECH 2012 : Proceedings of the 2nd International Conference on Simulation and Modelling, Technologies and Applications*. – 2012. – P. 425–430.

148 Harrison, R. *International Trade, Transportation Corridors, and Inland Ports: Opportunities for Canada* / R. Harrison. – Text : electronic. – URL:

http://www.gatewaycorridor.com/roundconfpapers/documents/Harrison_RobertWinnipeg.pdf (date of request: 08.12.2021).

149 Hyland, M. F. Analytical models of rail transportation service in the grain supply chain: Deconstruction the operational and economic advantages of shuttle train service / M. F. Hyland, H. S. Mahmassani, L. B. Mjahed // *Transportation Research. Part E. Logistics and Transportation Review*. – 2016. – Vol. 93. – P. 294–315. – DOI 10.1016/j.tre.2016.06.008.

150 Maiyar, L. M. A combined tactical and operational deterministic food grain transportation model: particle swarm based optimization approach / L. M. Maiyar, J. J. Thakkar // *Computers & Industrial Engineering*. – 2017. – Vol. 110. – P. 30–42. – DOI 10.1016/j.cie.2017.05.023.

151 Mindur, L. The concept of organizing transport and logistics processes, taking into account the economic, social and environmental aspects / L. Mindur, M. Hajdul // *Transport problems*. – 2013. – Vol. 8, No. 4. – P. 121–128.

152 Murali, P. Modeling strategies for effectively routing freight trains through complex networks / P. Murali, F. Ordonez, M. Dessouky // *Transportation Research Part. C. Emerging Technologies*. – 2016. – Vol. 70. – P. 197–213. – DOI 10.1016/J.TRC.2015.08.022.

153 Eco-labeling and sustainable urban freight transport: how much are people willing to pay for green logistics? / P. Polinori, E. Marcucci, V. Gatta, S. Bigerna, C. Bollino, S. Micheli // *International Journal of Transport Economics*. – 2018. – № 4. – P. 605–629. – DOI 10.19272/201806704006.

154 Richardson, H. L. Select the Best Port for Your Needs / H. L. Richardson. – *Transportation & Distribution*. – 1991. – Vol. 32(10). – P. 79–81.

155 Robinson, A.E. Inland Ports and Supply Chain Management International Business Association's / A. E. Robinson // *Eighth Annual Conference: On Global Perspectives*. – Cancun, Mexico, 1999.

156 Rude, J. Explaining grain and oilseed price volatility: the role of export restrictions / J. Rude, H. An // *Food Policy*. – 2015. – Vol. 57. – P. 83–92. – DOI 10.1016/j.foodpol.2015.09.002.

157 Tanksale, A. Solving multi-region multi-facility inventory allocation and transportation problem– a case of Indian public distribution system / A. Tanksale, J. Jha. // *Computers & Industrial Engineering*. – 2017. – Vol. 110. – P. 175–190. – DOI 10.1016/j.cie.2017.05.037.

158 Wang, X. Delimiting port hinterlands based on intermodal network flows: Model and algorithm / X. Wang, Q. Meng, L. Miao // *Transportation Research. Part E: Logistics and Transportation Review*. – 2016. – Vol. 88. – P. 32–51. – DOI 10.1016/j.tre.2016.02.004.

159 Guda, A. N. Executable Logic Prototypes of Systems Engineering Complexes and Processes on Railway Transport / A. N. Guda, V. V. Ilicheva, O. N. Chislov // *IITI 2017 : Proceedings of the Second International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI'17)*. – Vol. 2. – P. 161–170. – DOI 10.1007/978-3-319-68324-9_18.

160 Tian, W. A generalized interval fuzzy mixed integer programming model for a multimodal transportation problem under uncertainty / W. Tian, C. Cao // *Engineering Optimization*. – 2017. – Vol. 49, Iss. 3. – P. 1–18. – DOI 10.1080/0305215X.2016.1190351.

161 Ports, peripherality and concentration – deconcentration factors : a review / B. Wiradanti, S. Pettit, A. Potter & W. Abouarghoub // *Maritime Business Review*. – 2018. – DOI 10.1108/MABR-09-2018-0040.

162 Prachi, A. Multi-choice stochastic transportation problem involving logistic distribution // A. Prachi & G. Talari // *Advances and Applications in Mathematical Sciences*. – 2018. – Vol. 18, Iss. 1. – P. 45–58.

163 Development of the pattern recognition theory for solving the tasks of object classification and yard processes / N. Lyabakh, A. Saryan, I. Dergacheva, A. Nebaba, T. Lindenbaum and V. Panasov // In book: *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2020. – P. 59–68. – DOI 10.1007/978-3-030-51974-2_6.

164 Incentive mechanisms for multi-agent organizational systems // *New frontiers in information and production systems modeling and analysis – Incentive mechanisms, competence management, knowledge-based production*. Series “Intelligent

Systems Reference Library” / edited by P. Rozewsky, D. Novikov, O. Zaikin, N. Bakhtadze. – Berlin : Springer, 2016. – 268 p. – P. 35–57.

165 Efficient and secure logistics transportation system / M. V. Kolesnikov, N. N. Lyabakh, E. A. Mamaev, M. V. Bakalov // VIII International Scientific Conference Transport of Siberia – 2020. – 2020. – Vol. 918, No. 012031. – DOI 10.1088/1757-899X/918/1/012031.

166 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. – ISSN 0044-4448.

167 Кофман, А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман ; перевод с французского В. Б. Кузьмина ; редактор С. И. Травкин. – Москва : Радио и связь, 1982. – 432 с.

168 Саймон, Д. Алгоритмы эволюционной оптимизации / Д. Саймон. – Москва : ДМК Пресс, 2020. – 940 с. – ISBN 978-5-97060-812-8.

169 Безусов, Д. С. Развитие методов управления транспортно-логистическими процессами припортовых железнодорожных станций на принципах нечеткого аналитического моделирования / Д. С. Безусов // Труды Международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию университета «Академик Владимир Николаевич Образцов – основоположник транспортной науки». – Москва : РУТ (МИИТ), 2021. – С. 71–80. – ISBN 978-5-907586-31-4.

170 Безусов, Д. С. Параметризация транспортных процессов припортовых грузовых станций / Д. С. Безусов // Международная научно-практическая конференция «Транспорт-2018». Ч. 1 : Экономические и технические науки. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2018. – С. 16–19. – ISBN 978-5-88814-810-5.

171 О применении искусственных нейронных сетей на железнодорожном транспорте / В. Б. Положишников, В. А. Акманов, С. Н. Томащенко, Т. В. Шипунов // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 3. – С. 33–36. – ISSN 0044-4448.

172 Ivaldi, M. Subadditivity Tests for Network Separation with an Application to US Railroads / M. Ivaldi, G. McCullough. – CEPR, 2004. – URL: <https://ssrn.com/abstract=528542> (date of access: 12.06.2022).

173 Козлов, П. А. Автоматизированное построение имитационных моделей крупных транспортных объектов / П. А. Козлов, В. Ю. Пермикин, В. С. Колокольников // Транспорт Урала. – 2013. – № 2. – С. 3–5. – ISSN 1815-9400.

174 Романова, П. Б. Влияние емкости станционных путей на простои вагона с переработкой / П. Б. Романова, Н. А. Муковнина, С. А. Цыганов // Вестник транспорта Поволжья. – 2014. – № 5(47). – С. 78–82. – ISSN 1997-0722.

175 Головнич, А. К. Научные основы формирования интегрированной системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Головнич Александр Константинович. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 42 с.

176 Официальный сайт Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» [сайт]. – URL: <http://skzd.rzd.ru/> (дата обращения: 03.03.2021).

СХЕМЫ ПРИПОРТОВЫХ СТАНЦИЙ АЧБ

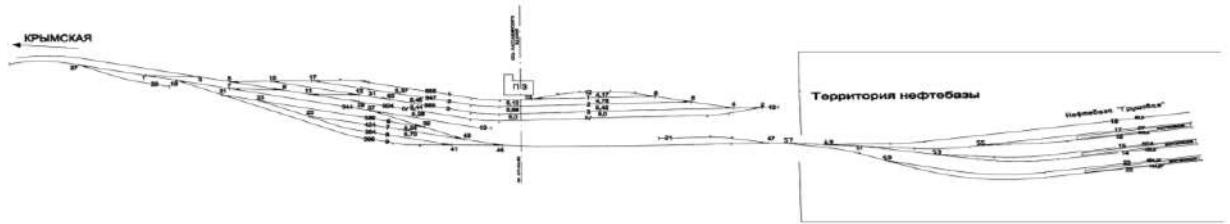


Рисунок А.1 – Схема припортовой грузовой станции «Г»

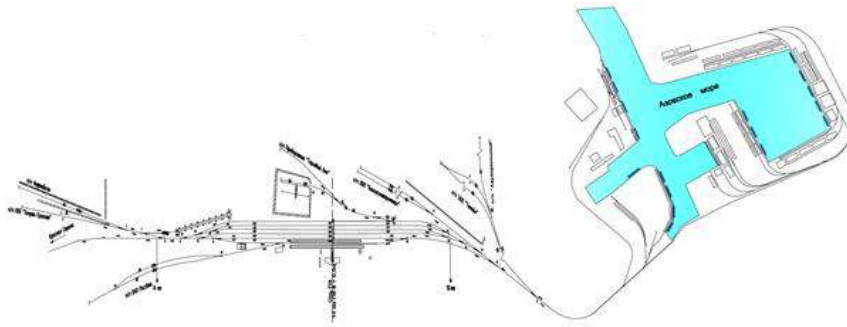


Рисунок А.2 – Схема припортовой грузовой станции «ТМ»

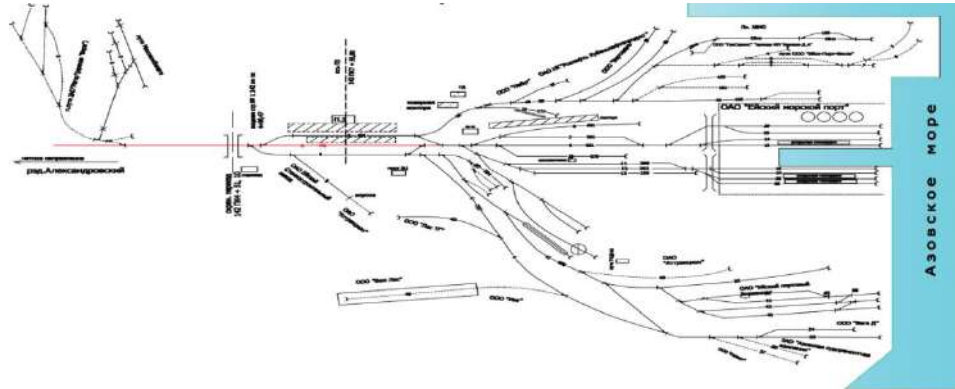


Рисунок А.3 – Схема припортовой грузовой станции «Е»

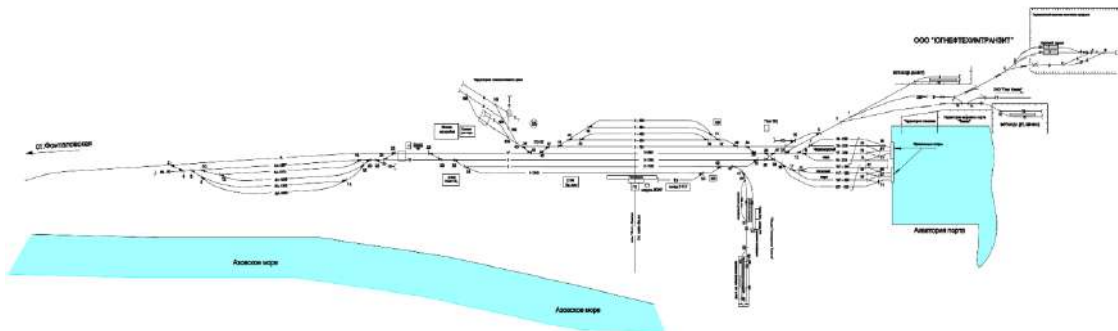


Рисунок А.4 – Схема припортовой грузовой станции «КВ»

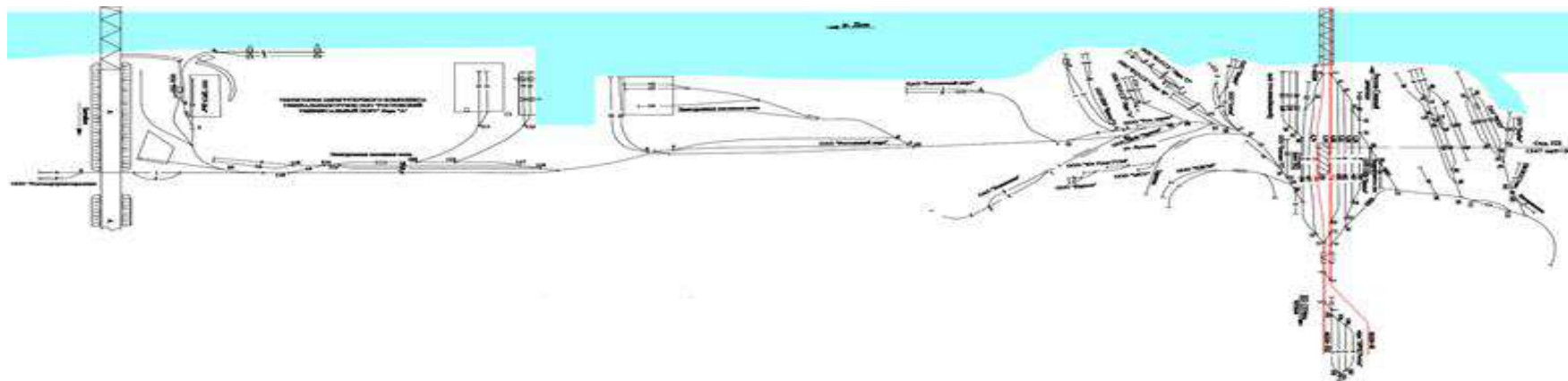


Рисунок А.9 – Схема припортовой станции «З»

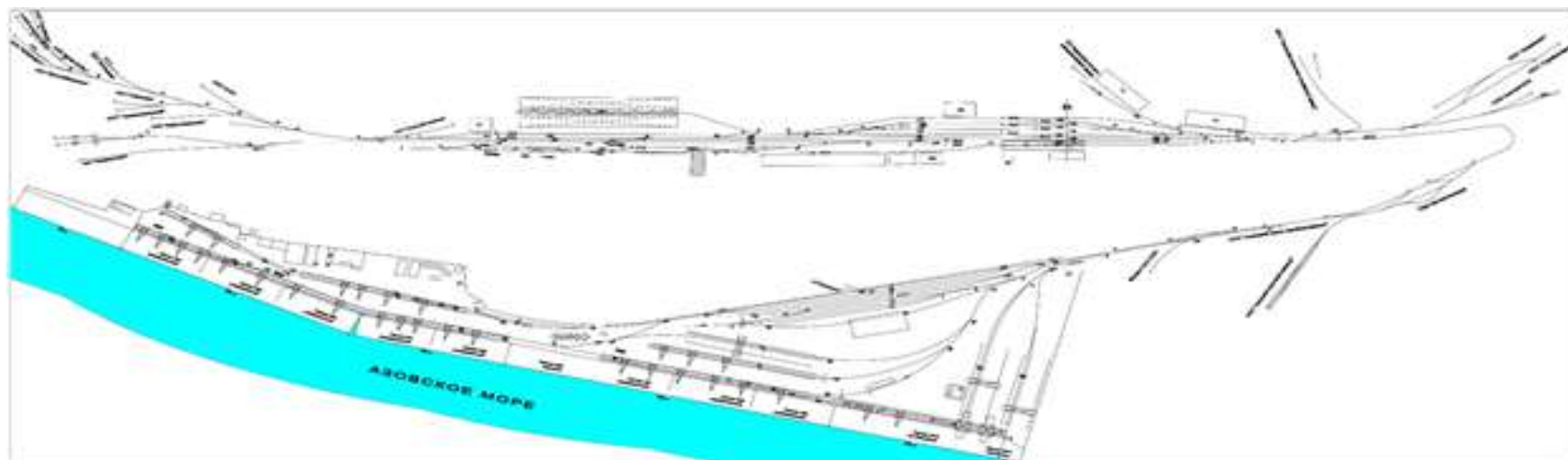


Рисунок А.10 – Схема припортовой станции «А»



Рисунок А.11 – Схема парка припортовой станции «М»

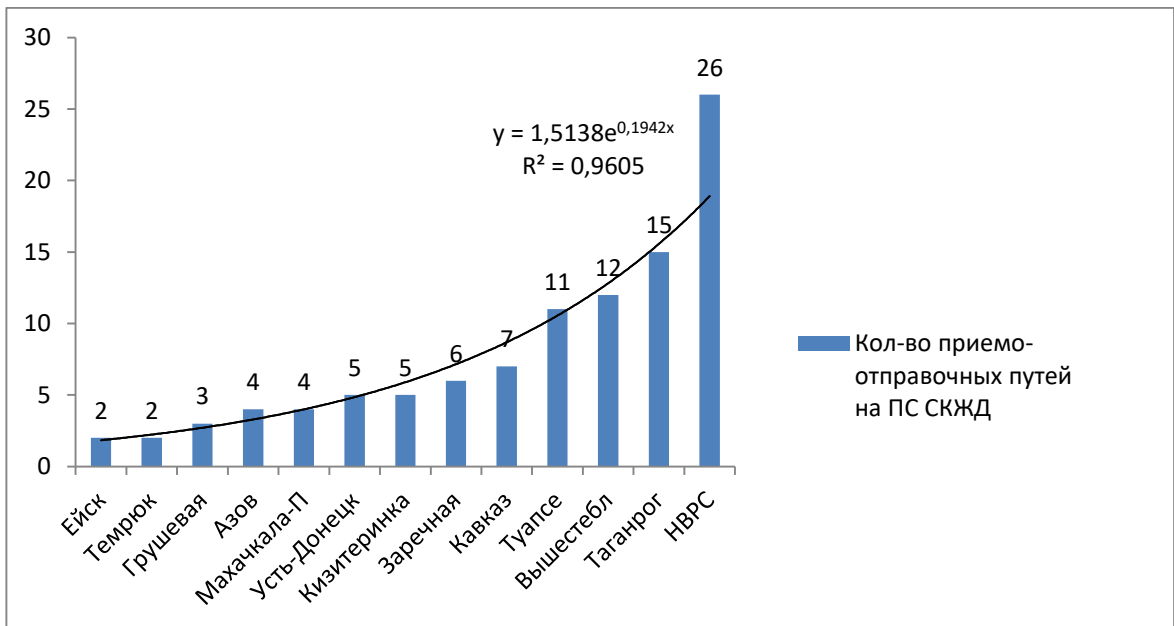


Рисунок А.12 – Диаграмма зависимости количества приемоотправочных путей припортовых станций

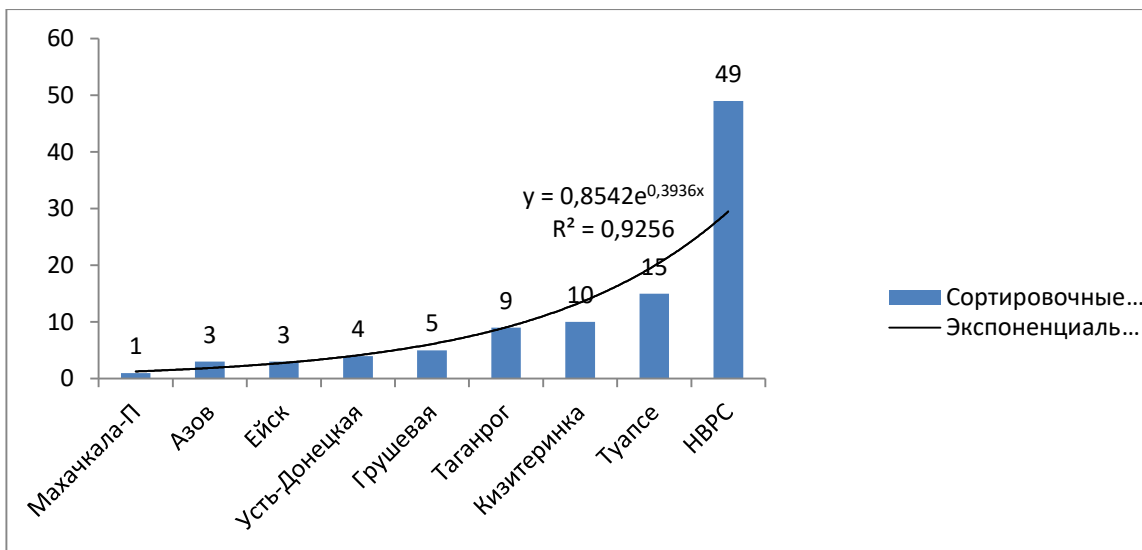


Рисунок А.13 – Диаграмма зависимости количества сортировочных путей припортовых станций

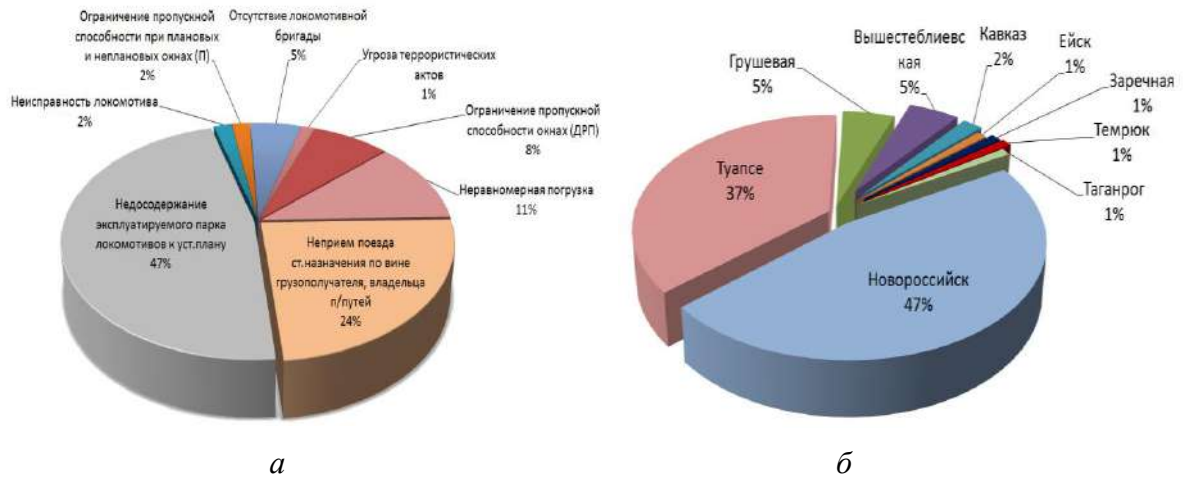


Рисунок А.14 – Факторы ограничения пропускной и перерабатывающей способности припортовых станций:

а – причины отставления от движения поездов назначением на припортовые грузовые станции; *б* – станции дислокации отставленных от движения поездов

ПРИМЕР МОДЕЛИРОВАНИЯ СТАНЦИОННОЙ РАБОТЫ

Б.1. Пример моделирования станционной работы (согласно [78])

В табличные формы (рисунок Б.1) сводятся элементы управления (пути, стрелочные переводы, маневровые локомотивы, горловины станции), занятые при выполнении той или иной категории передвижений. Зная среднюю длину пригородного и грузового поезда, скорости их движения, а также располагая данными по количеству вагонов в подаче на подъездные пути и грузовой двор, специалисты составляют графики подач-уборок вагонов на соответствующие направления.

Категории передвижений	Количество операций	Количество вагонов	Категории передвижений	Количество операций	Количество вагонов
01	2	-	08	5	75
02	2	-	09	1	22
03	2	-	10	1	22
04	2	-	11	1	5
05	4	35	12	1	5
06	4	35	13	2	36
07	5	75	14	2	36

Рисунок Б.1 – Ведомость количества операций по категориям передвижений за расчетный период

Загрузка элементов станции при максимальных размерах перерабатываемого вагонопотока, рассчитанная на основе представленных графиков (рисунок Б.2), для принятых исходных условий представлена в таблице Б.3.

Имитационное моделирование технологических процессов работы припортовой станции «А» представлено на рисунке Б.3.

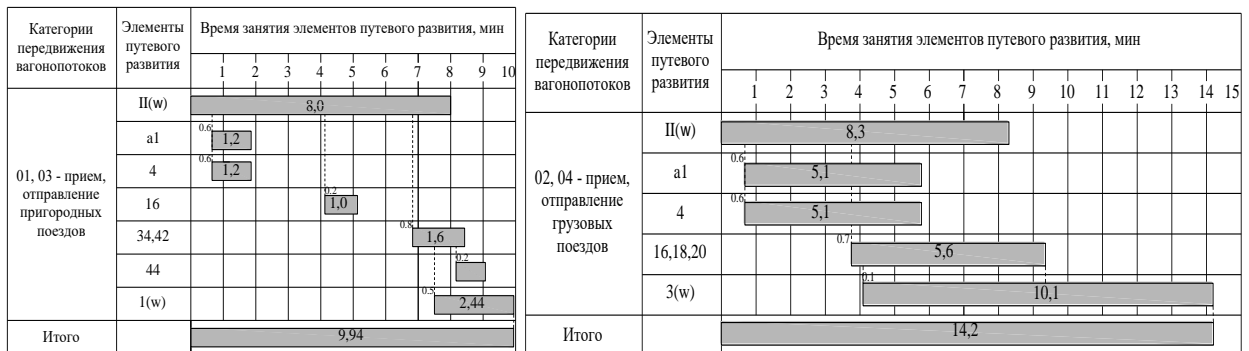


Рисунок Б.2 – Пример графиков приема, отправления пригородных и грузовых поездов

Таблица Б.1 – Загрузка элементов станции в состоянии максимального заполнения ее пропускной и перерабатывающей способности

Наименование элементов	Загрузка по времени		Наименование элементов	Загрузка по времени	
	мин.	%		мин.	%
Перегоны:			16, 18, 20	62,4	17,3
α_1	44,4	12,3	4	35,6	9,9
α_2	24,2	6,72	2, 6, 8	19,2	5,3
Приемо-отправочные пути:			46	15,2	4,2
1	9,76	2,71	68, 51	28,8	8,0
II	93,2	25,9	48, 50, 52, 64, 58, 60	21,6	6,0
3	109,4	30,4	15, 11, 9	26,4	7,3
4	74,6	20,7	23, 21, 19, 13	37,6	10,4
Выставочные:			7, 5, 3	33,0	9,2
5	69,7	19,4	17	2,4	0,7
6	54,4	15,1	1	11	3,1
7	54,4	15,1	200	16,6	4,6
Маневровые локомотивы:			2*, 10*	9,6	2,7
M ₁	114,7	31,9	9*, 1*	9,6	2,7
M ₂	217,2	60,3	45, 47, 49	10,4	2,9
Стрелочные переводы:			101a	6,4	1,8
40, 36, 32, 28	20	5,6	55	5,6	1,6
34, 42	6,4	1,8	57	5,6	1,6
44	7,0	1,9	61, 111	6,0	1,7
26, 22	18,4	5,1	115, 113	11,2	3,2

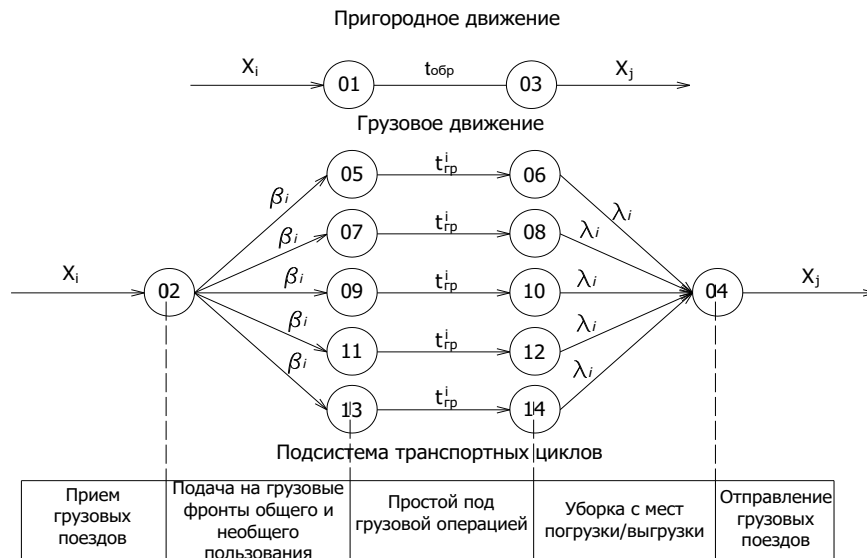
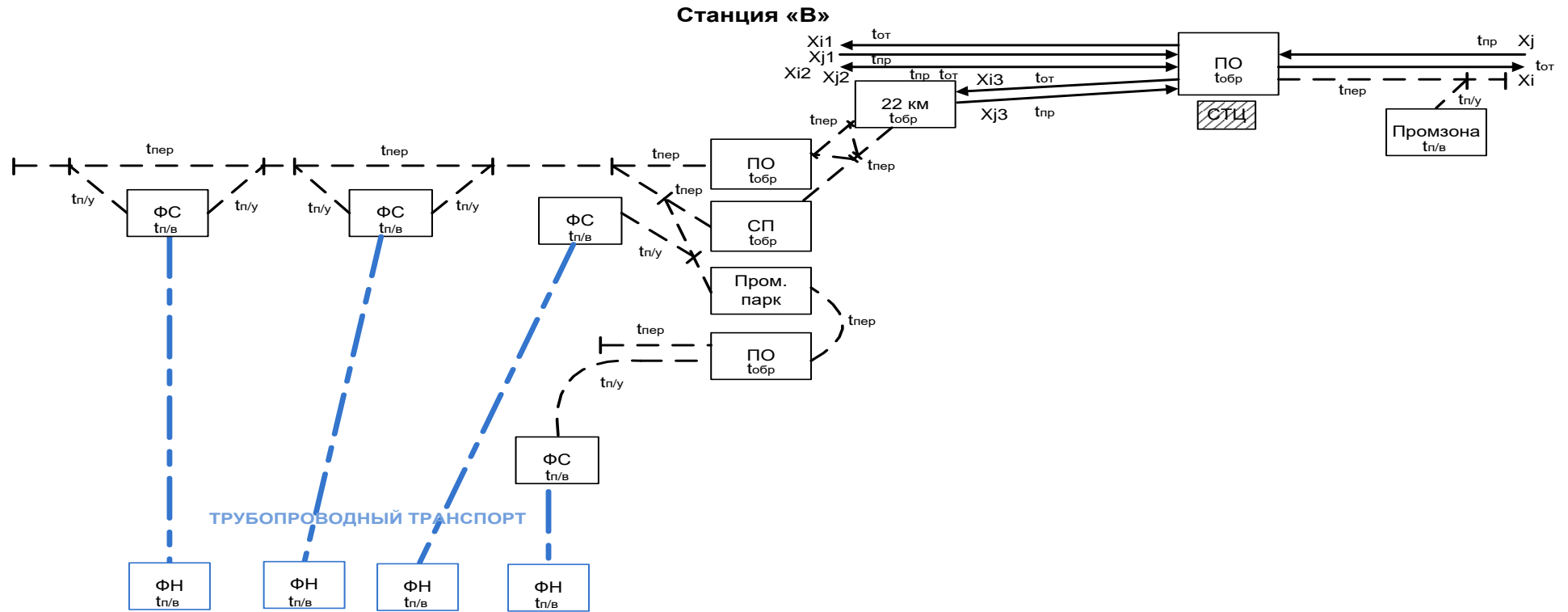


Рисунок Б.3 – Имитационное моделирование технологических процессов работы припортовой станции «А»

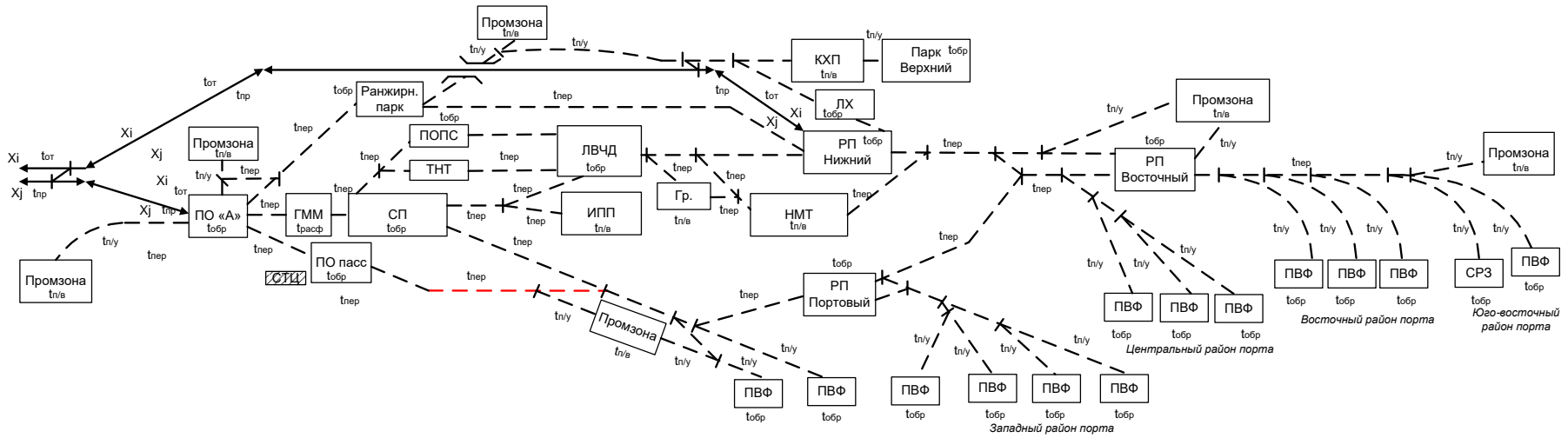
Б.2. Транспортно-технологические схемы (ТТС) припортовых станций



ФС/ФН – грузовые фонтаны слива-налива жидких грузов и нефтепродуктов.

Надежность ТТС станции «В»: $P_B = P_{пo1} \cdot P_{22км} \cdot [1 - (1 - p_{пo2})(1 - p_{сп})] \cdot p_{пром} \cdot p_{пo3} \cdot p_{фc1} \cdot p_{фc2} \cdot [1 - (1 - p_{фc3})(1 - p_{фc4})]$

Рисунок Б4 – ТТС припортовой станции «В»



Надежность ТТС станции «Н»: $R_H = r_{\text{бп}} \cdot [1 - (1 - r_{\text{по1}} \cdot r_{\text{по3}})(1 - r_{\text{по2}})] \cdot r_{\text{гмм}} \cdot r_{\text{сп}} \cdot [1 - (1 - r_{\text{п1}})] \cdot [1 - (1 - r_{\text{ранш}})] \cdot r_{\text{п2}} \cdot r_{\text{п3}} \cdot [1 - (1 - r_{\text{попс}})(1 - r_{\text{пв}})] \cdot r_{\text{врз}} \cdot [1 - (1 - r_{\text{ипп}})] \cdot r_{\text{рп"н"}} \cdot [1 - (1 - r_{\text{лх}})] \cdot [1 - (1 - r_{\text{гр}} \cdot r_{\text{нмт}})] \cdot r_{\text{рп"в"}} \cdot [1 - (1 - r_{\text{п4}})] \cdot r_{\text{п5}} \cdot [1 - (1 - r_{\text{пвф10}})(1 - r_{\text{пвф11}})(1 - r_{\text{пвф12}})] \cdot [1 - (1 - r_{\text{срз}})(1 - r_{\text{пвф13}})] \cdot [1 - (1 - r_{\text{п6}})] \cdot [1 - (1 - r_{\text{пвф1}})(1 - r_{\text{пвф2}})] \cdot [1 - (1 - r_{\text{рп"п"}})] \cdot [1 - (1 - r_{\text{пвф3}})(1 - r_{\text{пвф4}})(1 - r_{\text{пвф5}})(1 - r_{\text{пвф6}})]$

Рисунок Б.5 – ТТС припортовой станции «Н» (существующий вариант)

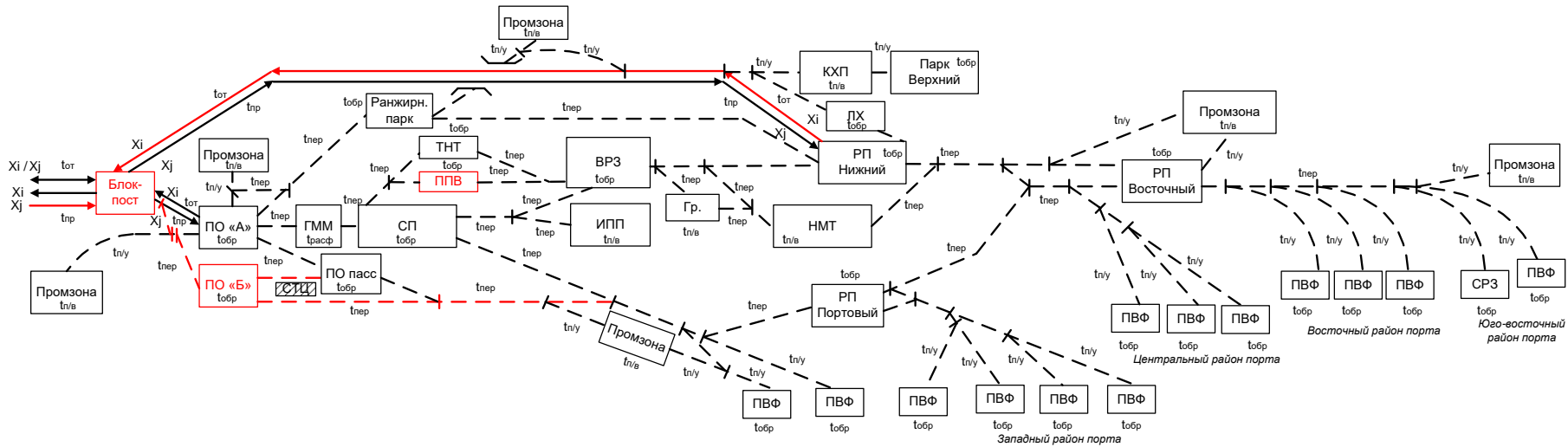
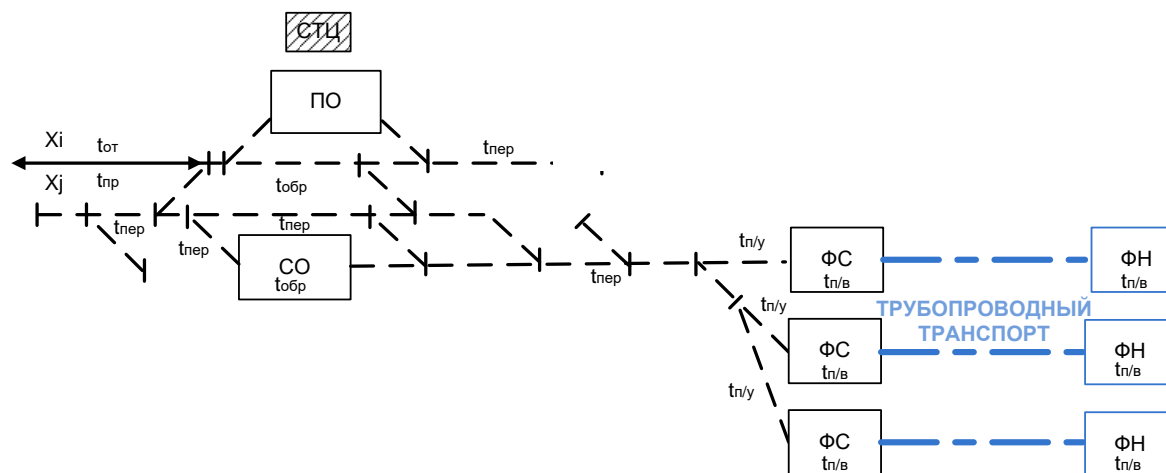
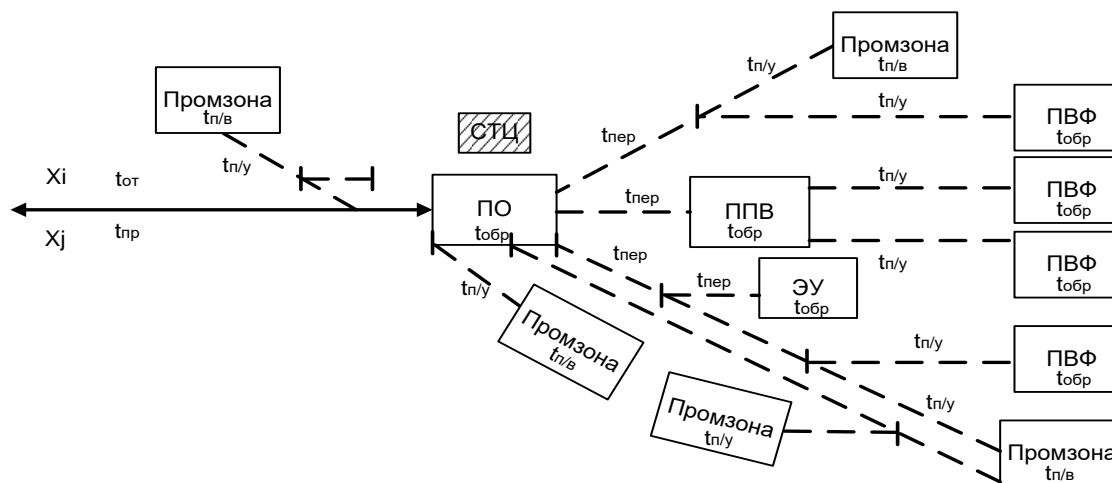


Рисунок Б.6 – ТТС припортовой станции «Н» (проектный вариант)



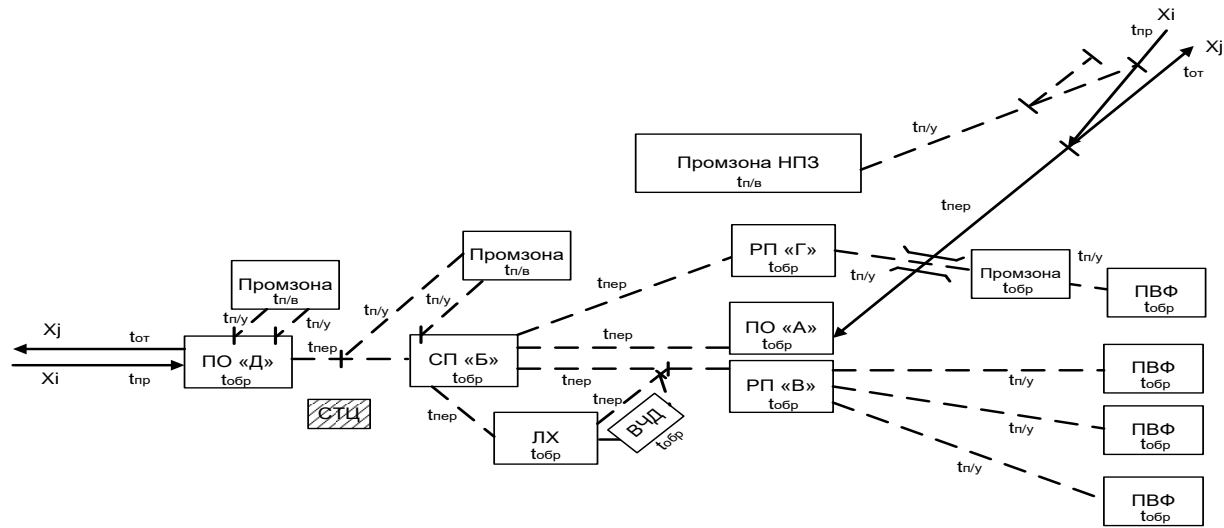
Надежность ТТС станции «Г»: $R_G = [1 - (1 - p_{по})(1 - p_{со})] \cdot p_{фс1} \cdot [1 - (1 - p_{фс2})(1 - p_{фс3})]$

Рисунок Б.7 – ТТС припортовой станции «Г»



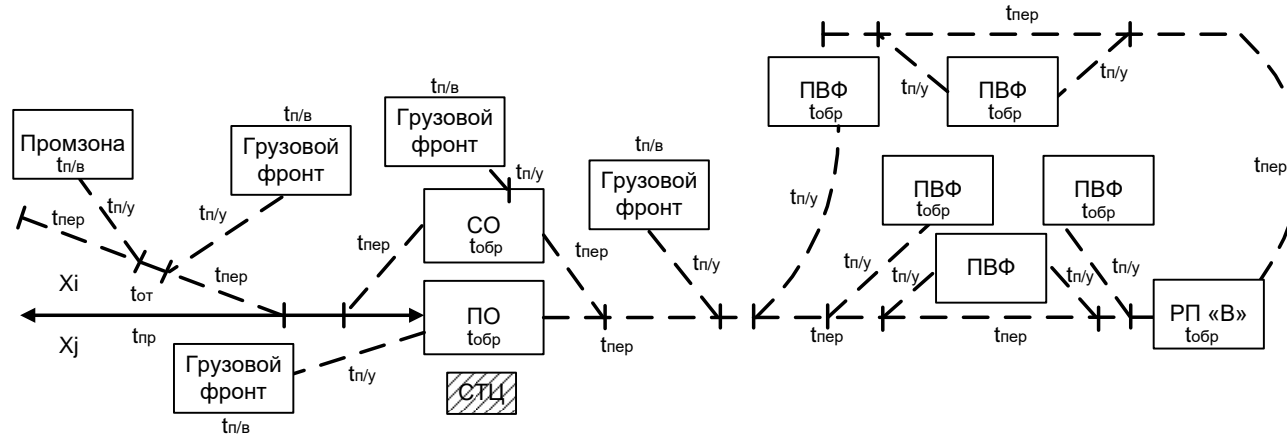
Надежность ТТС станции «Е»: $R_E = p_{по} \cdot p_{пр1} \cdot [1 - (1 - p_{п1})] \cdot [1 - (1 - p_{пвф2})(1 - p_{пвф3})] \cdot [1 - (1 - p_{з1})] \cdot [1 - (1 - p_{п2})] \cdot [1 - (1 - p_{пвф4})(1 - p_{п4})] \cdot [1 - (1 - p_{п3})(1 - p_{пвф1})]$

Рисунок Б.8 – ТТС припортовой станции «Е»



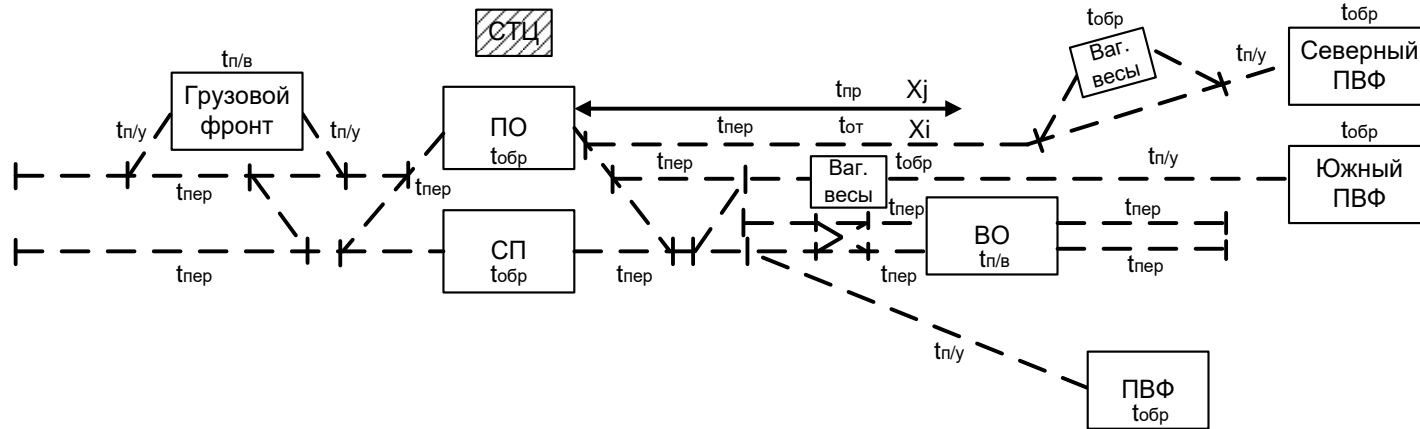
Надежность ТТС станции «ТС»: $R_{ТС} = p_{но} \cdot p_{сп} \cdot [1 - (1 - p_{п1})] \cdot [1 - (1 - p_{п2})] \cdot [1 - (1 - p_{лх} \cdot p_{вчд})] \cdot [1 - (1 - p_{рп1})(1 - p_{рп2})] \cdot [1 - (1 - p_{рп3})] \cdot [1 - (1 - p_{пвф2})(1 - p_{пвф3})(1 - p_{пвф4})] \cdot [1 - (1 - p_{рп1} \cdot p_{пвф1})(1 - p_{рп2} \cdot p_{пвф3})] \cdot [1 - (1 - p_{пвф1})] \cdot [1 - (1 - p_{п3})]$

Рисунок Б.9 – ТТС припортовой станции «ТС»



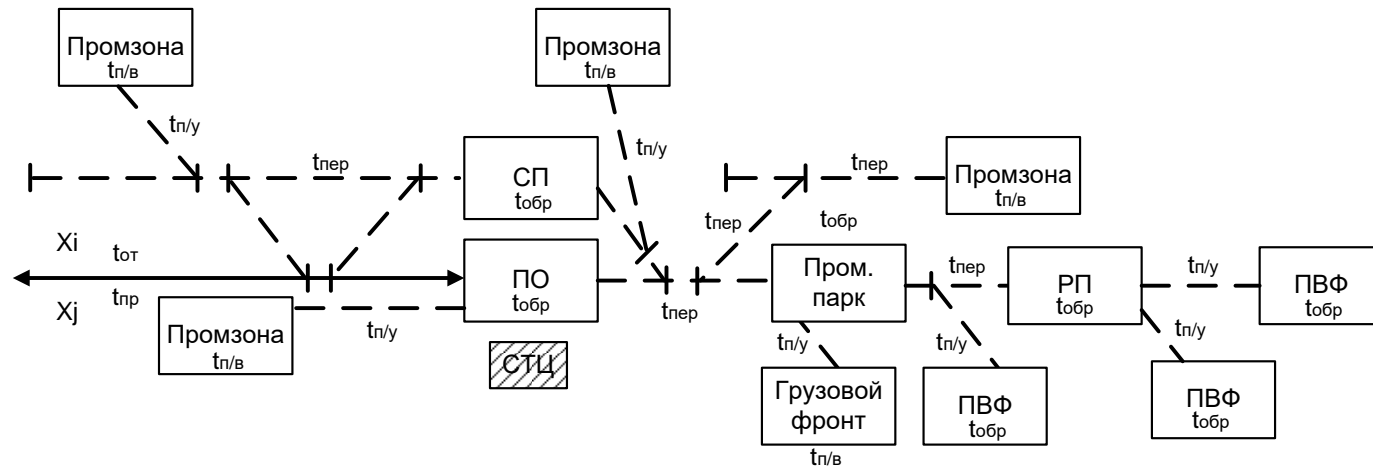
Надежность ТТС станции «ТМ»: $R_{ТМ} = [1 - (1 - p_{но})(1 - p_{но})(1 - p_{со})] \cdot [1 - (1 - p_{гф3})] \cdot [1 - (1 - p_{гф1})] \cdot [1 - (1 - p_{гф2})] \cdot [1 - (1 - p_{п1})] \cdot [1 - (1 - p_{гф4})] \cdot [1 - (1 - p_{пвф1})] \cdot [1 - (1 - p_{пвф2})] \cdot [1 - (1 - p_{пвф3})] \cdot p_{пвф4} \cdot [1 - (1 - p_{пвф5})]$

Рисунок Б.10 – ТТС припортовой станции «ТМ»



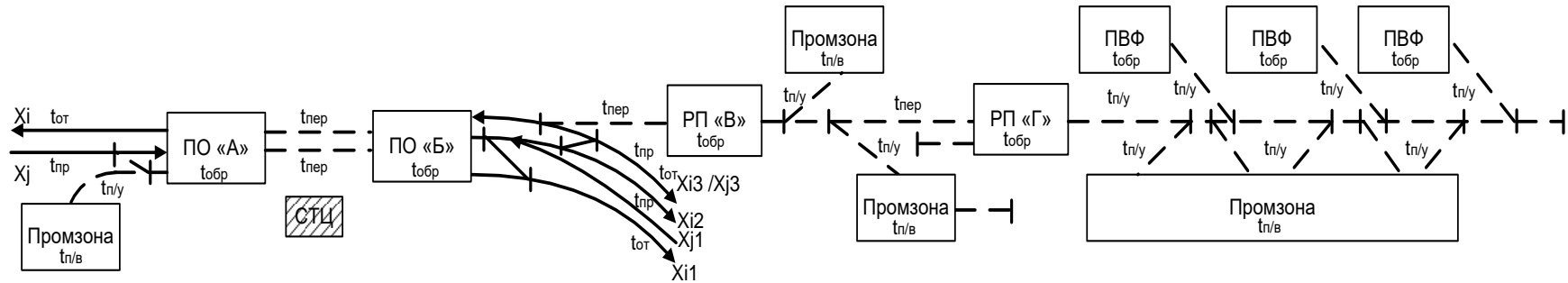
Надежность ТТС станции «У»: $P_Y = [1 - (1 - p_{по})(1 - p_{сп})] \cdot [1 - (1 - p_{гф})] [1 - (1 - p_{вв1})] \cdot p_{пвф1} \cdot p_{вв2} \cdot p_{пвф2} \cdot [1 - (1 - p_{во1})(1 - p_{во2})] \cdot [1 - (1 - p_{пвф3})]$

Рисунок Б.11 – ТТС припортовой станции «У»



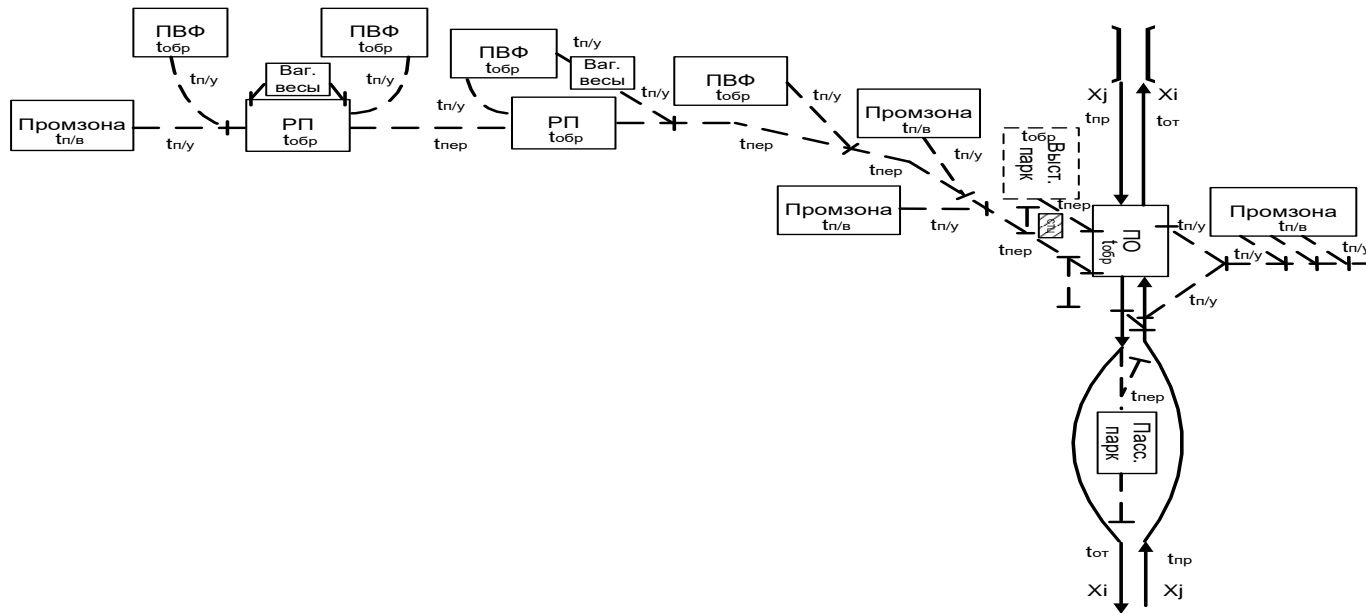
Надежность ТТС станции «А»: $P_A = [1 - (1 - p_{по})(1 - p_{сп})] \cdot [1 - (1 - p_{п1})] \cdot [1 - (1 - p_{п2})] [1 - (1 - p_{п3})] \cdot p_{пром} \cdot p_{рп} \cdot p_{пвф1} \cdot [1 - (1 - p_{гф1})] \cdot [1 - (1 - p_{пвф2})]$

Рисунок Б.12 – ТТС припортовой станции «А»



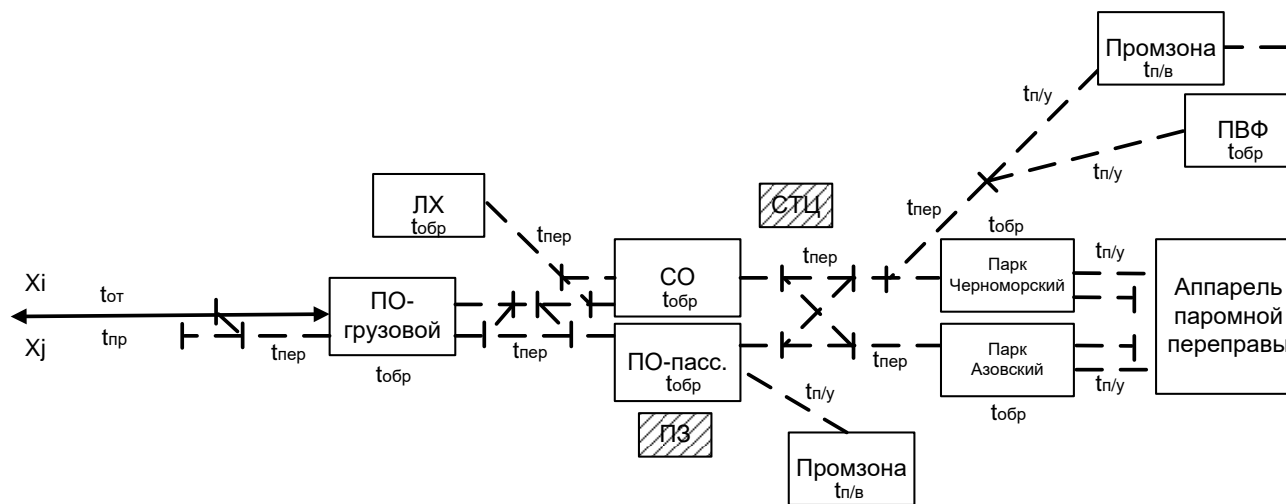
Надежность ТТС станции «КЗ»: $R_{кз} = p_{по1} \cdot p_{по2} \cdot [1 - (1 - p_{п4})] \cdot p_{рп1} \cdot [1 - (1 - p_{п2})] \cdot [1 - (1 - p_{п1})] \cdot p_{рп2} \cdot [1 - (1 - p_{пвф1})(1 - p_{пвф2})(1 - p_{пвф3})] \cdot [1 - (1 - p_{п3})]$

Рисунок Б.13 – ТТС припортовой станции «КЗ»



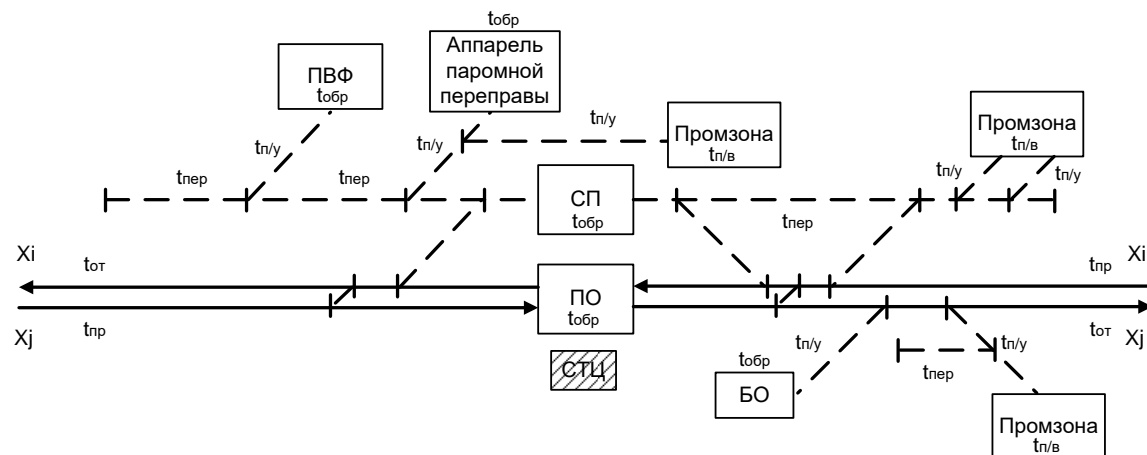
Надежность ТТС станции «3»: $P_3 = [1 - (1 - p_{по})(1 - p_{п1})] \cdot [1 - (1 - p_{п2})(1 - p_{п3})(1 - p_{пвф1})] \cdot [1 - (1 - p_{рп1})(1 - p_{пвф2} \cdot p_{вв})] \cdot [1 - (1 - p_{рп2} \cdot p_{вв})(1 - p_{пвф3})(1 - p_{пвф4})] \cdot p_{п4}$

Рисунок Б.14 – ТТС припортовой станции «3»



Надежность ТТС станции «КВ»: $R_{KB} = p_{по1} \cdot [1 - (1 - p_{по2} \cdot p_{п1})(1 - p_{со} \cdot p_{лх})] \cdot [1 - (1 - p_{чп} \cdot p_{апп})(1 - p_{ап} \cdot p_{апп})] \cdot [1 - (1 - p_{пвф})(1 - p_{п2})]$

Рисунок Б.15 – ТТС припортовой станции «КВ»



Надежность ТТС станции «М»: $R_M = [1 - (1 - p_{по})(1 - p_{сп})] \cdot p_{апп} \cdot p_{п1} \cdot p_{пвф} \cdot p_{п2} \cdot p_{п3}$

Рисунок Б.16 – ТТС припортовой станции «М»

ПРИЛОЖЕНИЕ В

АКСИОМАТИКА СТАНЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В.1. Показатели пропускной и перерабатывающей способности припортовых станций (на примере АЧБ)

Таблица В.1 – Показатели пропускной и перерабатывающей способности крупных припортовых станций АЧБ

Название станции	Пропускная способность						Коэффициент использования пропускной (перерабатывающей) способности			Номера горловин и наиболее загруженных стрелок
	Путей парка	Горловин		Результативная			Путей парка	Горловин		
		№ 2 нечетная	№ 1 четная	Путей	Горловин	Станции (системы)		№ нечетная	№ четная	
Новороссийск Прием расформировываемых поездов Отправление поездов своего формирования	111	38/31		57+0П	38	38+0П	0,280	0,789	0,645	нечетная 1, 3, 11, 13, 17, 41, 45, 51, 117, 129, 139, 159, 165, 197
	46			117+20П	31	31+0П					42	42+20П
Туапсе Прием расформировываемых поездов Прием и отправление транзитных поездов Отправление поездов своего формирования	161	3	63	183+51П	24	24+51П	0,152	0,880	0,703	1, 46, 69, 70, 78, 84, 108
	0+51П	3	63	0+56П	2	2+0П				
	0+56П			19	3	0+56П				
	154			176+51П	23	23+51П				
			0+56П	2	0+56П					

Таблица В.2 – Показатели пропускной и перерабатывающей способности малых припортовых станций АЧБ

Название станции и вид операции	Пропускная способность						Коэффициент использования пропускной (перерабатывающей) способности			Номера горловин и наиболее загруженных стрелок
	Путей парка	Горловин		Результативная			Путей парка	Горловин		
		№ 2 нечетная	№ 1 четная	Путей	Горлови н	Станции (системы)		№ нечетная	№ четная	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Азов Прием расформиро- вываемых поездов Отправление поездов своего формирования	11+3П		9	11+3П	9	9+3П	0,251	0,069	0,342	четная 4, 16, 34, 42
	11+3П		9	11+3П	9	9+3П				
Грушевая Прием расформировываемых поездов Отправление поездов своего формирования	17		14	17+0П	14	14+0П	0,700	0,179	0,833	1–1, 3
	15		13	15+0П	13	13+0П				
Вышестеблиевская Прием расформиро- вываемых поездов Прием и отправление транзитных поездов Отправление поездов своего формирования	35	12	23	35+0П	23	23+0П	0,171	0,415	0,257	четная 2, 4, 6 нечетная 11, 5, 3, 13
	29		19	29	12	12				
	29/35	12	23/19	29/35+0П	12/23	23+0П				
Ейск Прием расформиро- вываемых поездов Отправление поездов своего формирования	4+5П		7	4+5П	7	4+5П	0,482	0,285	0,799	нечетная 1, 3
	4+5П		7	4+5П	7	4+5П				
Заречная Прием расформиро- вываемых поездов Отправление поездов своего формирования	8+86П	7	19	8+86П	7	7+86П	0,857	0,976	0,363	четная 2, 6, 8 нечетная 3, 7, 11, 13, 15
	8+85П	7	19	8+85П	19	8+85П				
	8+85П		19	8+85П	7	7+85П				
				8+86П	19	8+86П				

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кизитеринка Прием расформировываемых поездов Прием и отправление транзитных поездов Отправление поездов своего формирования	5+74П 6 0+77П 34/13/34/10 0+74П 0+77П	43/16/ 48/13	41/16/41/ 12/4/2	18+74П 5+0П 16+77П	41/16/41/ 12	34/13/34/ 10	0,985	0,792	0,835	четная 6, 14, 20 нечетная 35, 29, 27
Махачкала Прием расформировываемых поездов Прием и отправление транзитных поездов Отправление поездов своего формирования	10+11П 5+11П 10 15+12П 13+10П	9 17 22	13 13 22	10+11П 5+11П 10 15+12П 13+10П	13 9 13/10 19/22	10+11П 5+11П 10/7 15+12П 13+10П	0,381	0,230	0,311	четная 10, 16, 18, 20, 24, 26, 28, 30, 32 нечетная 25, 27, 29, 31
Таганрог Прием расформировываемых поездов Отправление поездов своего формирования	14+12П 14+5П 9+12П 19+5П		5 5 3 6	14+12П 14+5П 9+12П 19+5П	5 5 3 6	5+12П 5+5П 3+12П 6+5П	0,206		0,638	четная 4, 8, 10, 14, 24, 26
Темрюк Прием расформировываемых поездов Отправление поездов своего формирования	7 7		8 8	7+0П 7+0П	8 8	7+0П 7+0П	0,282	0,251	0,265	четная 8, 12, 14, 6
Кавказ Прием расформировываемых поездов Отправление поездов своего формирования	6 10	8	25 25	6+0П 10+0П	8 25	6+0П 10+0П	0,457	0,380	0,195	четная 4, 6, 8, 12 нечетная 14, 16, 18, 20, 22, 24

Таблица В.3 – Традиционные показатели работы припортовых станций

№ п/п	Вид	Наименование показателя	Расчетная формула
1	Количественные	Погрузка, ваг.	$U_{\Pi} = U_{\Pi 1} + U_{\Pi 2} + \dots + U_{\Pi i}$, где $U_{\Pi 1}, \dots, U_{\Pi i}$ – количество погруженных вагонов станцией, ваг.
2		Выгрузка, ваг.	$U_{В} = U_{В 1} + U_{В 2} + \dots + U_{В i}$, где $U_{В 1}, \dots, U_{В i}$ – количество выгруженных вагонов станцией, ваг.
3		Грузооборот	$\Gamma = n_{\text{погр}} + n_{\text{выгр}}$, $\Gamma = Q_{\text{погр}} + Q_{\text{выгр}}$,
4		Вагонооборот	$B = n_{\text{пр}} + n_{\text{от}}$,
5	Качественные	Оборот местного вагона, сут.	$\theta_{\text{в}} = \frac{1}{24} \left(\frac{l}{v_{\text{уч}}} + \frac{l}{L_{\text{техн}}} \cdot t_{\text{техн}} + k_{\text{м}} \cdot t_{\text{гр}} \right)$
6		Норма рабочего парка, ваг.	$n_{\text{раб}} = \frac{\sum n_{\text{м}} \cdot t}{24}$,
7		Норма нахождения на станции местного вагона, ч	$t_{\text{м}} = \frac{\sum n_{\text{м}} \cdot t}{n_{\text{м}}}$,
8		Коэффициент сдвоенных операций	$K_{\text{сдв}} = \frac{n_{\text{от}}^{\text{гр}} + n_{\text{пр}}^{\text{гр}}}{n_{\text{м}}}$,
9		Время простоя под грузовыми операциями, ч	$t_{\text{гр}} = \frac{\sum n_{\text{м}} t_{\text{м}}}{U_{\Pi} + U_{В}}$,
10		Норма времени простоя местного вагона под одной грузовой операцией, ч	$t_{\text{гр}} = \frac{t_{\text{м}}}{K_{\text{сдв}}}$,
11		Средняя статическая нагрузка вагона для отправляемых со станции грузов, т/ваг	$P_{\text{ст}} = \frac{Q_{\text{погр}}}{n_{\text{от}}}$,
12		Коэффициент использования маневровых локомотивов	$K_{\text{ман}} = \frac{\sum M_{\text{лок}} \cdot t}{1440 M_{\text{лок}}}$,
13		Потребность в маневровых локомотивах	$M_{\text{лок}} = \frac{\sum M_{\text{лок}} \cdot t}{1440 - \sum t_{\text{э}}}$,

В.2. Аксиоматика станционных транспортно-технологических процессов

В.2.1. Станция «А»

Модельная схема станции «А»

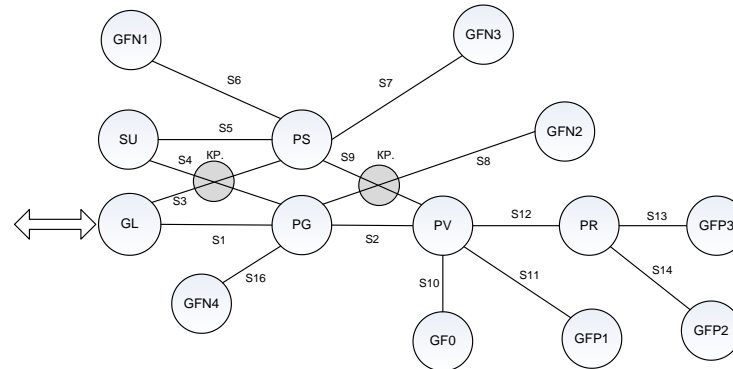


Рисунок В.1 – Модельная схема станции «А»

Таблица В.4 – Вероятностная матрица связи основных технологических операций и станционных модулей путевого развития станции «А»

Технологические операции	Мод.	GL	PG	PS	SU	PV	PR	GF0	GFN1	GFN2	GFN3	GFN4	GFP1	GFP2	GFP3	Si
1) Прием (отправл.) пасс. (пригород.) поезда	T1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2) Прием (отправл.) грузового поезда	T2	1	1	1/2	0	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3) Прием (отправл.) грузового маршрута	T3	1	1	1/2	0	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4) Посадка (высадка) пассажиров	T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5) Прием (выдача) багажа	T5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6) Прицепка (отцепка) грузовых (пасс.) вагонов	T6	0	1	1	0	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1
7) Заезд (выезд) ман. (поездн.) локомотива	T7	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8) Прицепка (отцепка) ман. (поездн.) локомотива	T8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9) Подача-сборка (перестановка) состава (групп) вагонов	T9	1/2	1	1	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10) Технический осмотр состава (группы) вагонов	T10	0	1	1/2	0	1	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11) Коммерческий осмотр состава (группы) вагонов	T11	0	1	1/2	0	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0
12) Расформиров. (формирование) состава (группы)	T12	0	1/2	1	1	0	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13) Прием (сдача) состава (группы) вагонов	T13	0	1/2	1/2	0	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0
14) Погрузка-выгрузка (слив-налив) вагонов	T14	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
15) Расстановка (сборка) вагонов	T15	0	0	1/2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16) Накопление вагонов (ожидание отправл.)	T16	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21) Заключит. операции по погр.-выгр. вагонов	T21	0	0	0	0	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Сумма технологических операций	Σ=17	5	11	12	4	11	12	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Вероятность использования модуля	P _и	0.294	0.647	0.705	0.235	0.647	0.705	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529
Вероятность загрузки модуля	P _{з.гр.}	0.8	0.9	0.75	0.87	0.81	0.79	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	1
Резерв свободности модуля	K _п	25%	11%	33%	14%	23%	26%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	0%
Время занятия модуля	ван.чл.	0.05	1.43	3.2	0.6	6.0	1.8	1.8	2.0	2.25	0.5	3.6	2.25	1.3	1.3	0.06
Энтропия модуля	H	0.18	0.09	0.22	0.13	0.12	0.18	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0
Относительная организация модуля	R	0.82	0.91	0.78	0.87	0.88	0.82	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	1

Таблица В.5 – Ведомость аксиомат АСТТП припортовой станции «А»

Аксиомата АСТТП	Модельная схема АСТТП	Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка»)		Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка + обратно»)	
		min	max	min	max
АСТТП1	$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP)_k\}$	4,76	11,77	8,22	21,29
АСТТП2	$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFO \vee (GFP)_k)\}$	3,4	9,4	5,5	16,55
АСТТП3	$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN)_k\}$	2,1	5,2	3,7	6,8
АСТТП4	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP)_k\}$	14,08	15,69	26,86	29,13
АСТТП5	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFO \vee (GFP)_k)\}$	12,72	13,83	14,14	23,83
АСТТП6	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{\text{кр.}} GFN2\}$	3,85	3,85	7,2	7,37
АСТТП7	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN)_k\}$	5,36	9,12	10,22	14,64
АСТТП8	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PG) \overleftarrow{\text{кр.}} GFN2\}$	8,6	9,98	16,7	17,2
АСТТП9	$\{GL \overleftarrow{\text{кр.}} PS \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP)_k\}$	12,59	13,6	22,58	24,95
АСТТП10	$\{GL \overleftarrow{\text{кр.}} PS \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFO \vee (GFP)_k)\}$	10,79	13,03	13,28	17,81
АСТТП11	$\{GL \overleftarrow{\text{кр.}} PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN)_k\}$	3,87	6,97	4,04	7,14
АСТТП12	$\{GL \overleftarrow{\text{кр.}} PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN)_k\}$	7,12	10,95	13,74	14,3
АСТТП13	$\{GL \overleftarrow{\text{кр.}} PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP)_k\}$	15,85	17,46	30,4	32,66
АСТТП14	$\{GL \overleftarrow{\text{кр.}} PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFO \vee (GFP)_k)\}$	14,46	15,6	27,62	29,01

В.2.2. Станция «Г»

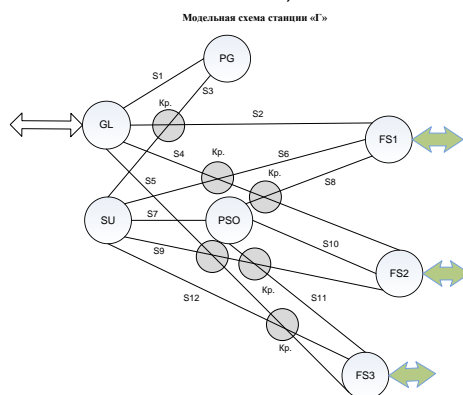
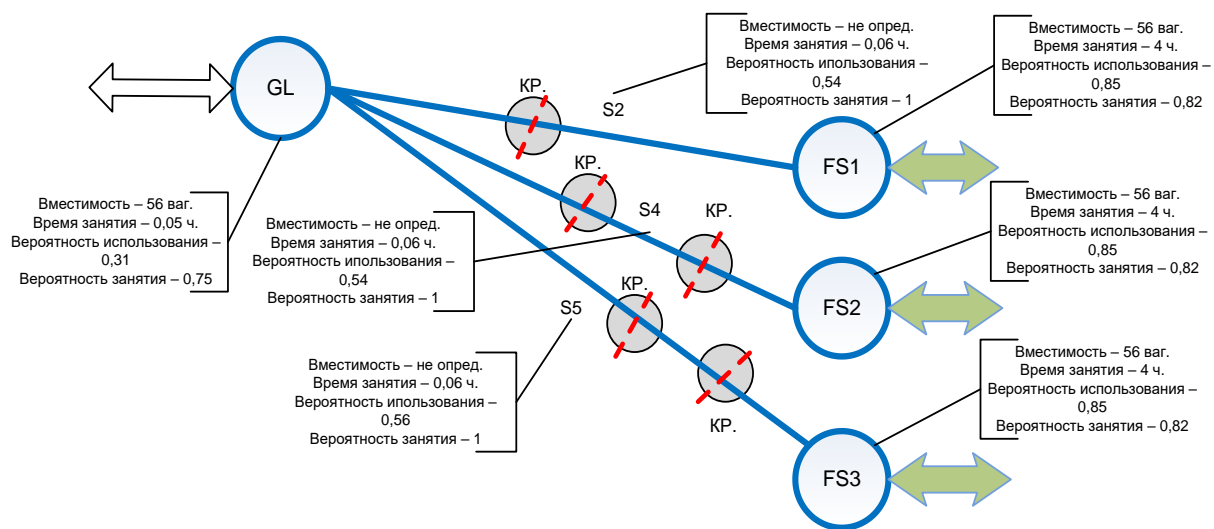


Рисунок В.3 – Модельная схема станции «Г»

Таблица В.6 – Вероятностная матрица связи технологических операций и станционных модулей «Г»

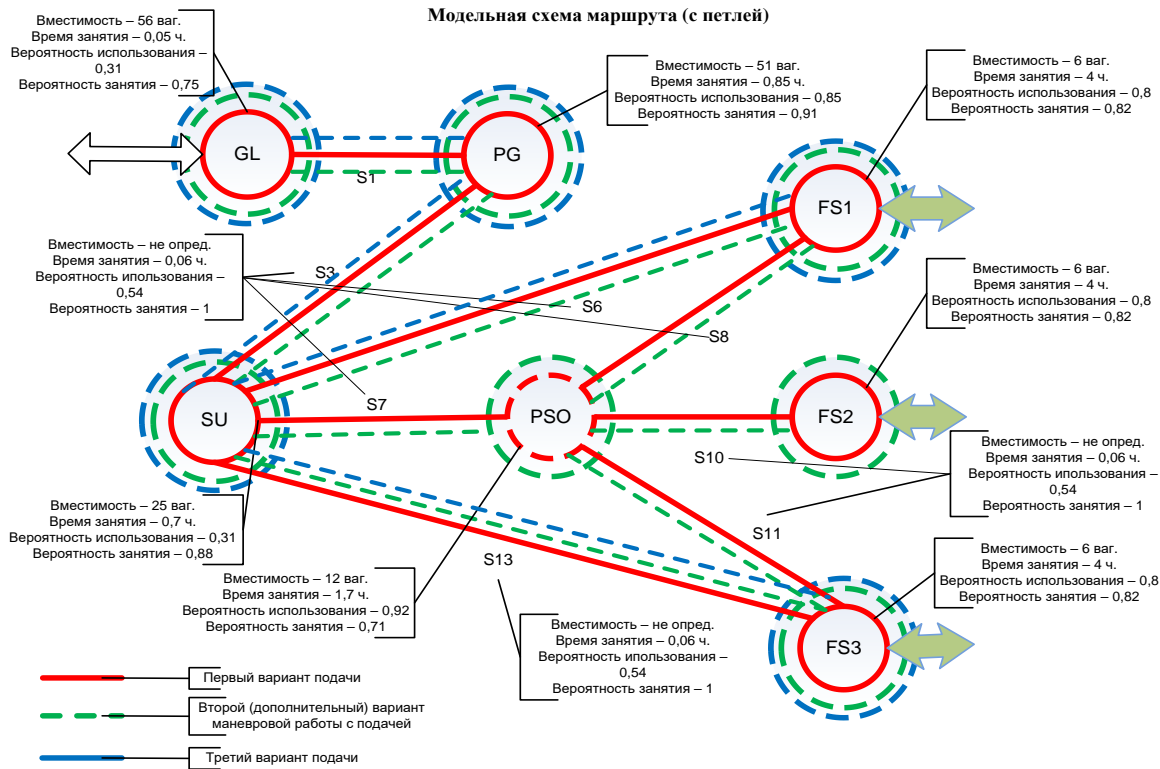
Технологические операции	Мод.	GL	PG	PSO	SU	FS1	FS2	FS3	Si
3) Прибытие-отправление маршрутного грузового поезда	T3	1	1	1/2	0	0	0	0	1
4) Прибытие-отправление сборного грузового поезда	T4	1	1	1/2	0	1/2	1/2	1/2	1
6) Прицепка-отцепка группы вагонов	T6	0	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1
7) Перестановка группы вагонов (состава)	T7	1/2	1	1	1	1	1	1	1
8) Расформирование (формирование) состава (группы вагонов)	T8	0	1/2	1/2	1	0	0	0	1
9) Прием (сдача) состава (группы) вагонов	T9	0	0	1/2	0	1	1	1	0
10) Технический осмотр состава (группы) вагонов	T10	0	1	1/2	0	1/2	1/2	1/2	0
11) Коммерческий осмотр состава (группы) вагонов	T11	0	1	1/2	0	1	1	1	0
12) Расстановка (сборка) вагонов	T12	0	1/2	1/2	0	1	1	1	1
13) Погрузка (выгрузка) вагонов	T13	0	0	0	0	1	1	1	0
14) Заезд (выезд) маневрового (поездного) локомотива	T14	1/2	1	1	1	1	1	1	1
15) Прицепка (отцепка) маневрового (поездного) локомотива	T15	0	1	1	0	1	1	1	0
16) Накопление вагонов в ожидании операций (отправления)	T16	0	1	1	0	1/2	1/2	1/2	0
Сумма технологических операций	Σ=13	4	11	12	4	11	11	11	7
Вероятность использования модуля	Pм	0,31	0,85	0,92	0,31	0,85	0,85	0,85	0,54
Вероятность загрузки модуля	Pз.ср.	0,75	0,91	0,71	0,88	0,82	0,82	0,82	1
Резерв свободности модуля	Rп	25%	9%	29%	12%	18%	18%	18%	0%
Время занятия модуля	tзан.час	0,05	0,85	1,7	0,7	4	4	4	0,06
Энтропия модуля	H	0,216	0,086	0,243	0,112	0,163	0,163	0,163	0
Относительная организация модуля	R	0,784	0,914	0,757	0,888	0,867	0,837	0,837	1

Модельная схема маршрута FS_i



a

Модельная схема маршрута (с петлей)



б

Рисунок В.4 – Модельные схемы маршрутов:
a – модельная схема маршрутов № 1; *б* – модельная схема маршрутов № 2

Таблица В.7 – Ведомость аксиомат АСТТП припортовой станции «Г»

Аксиомата АСТТП	Модельная схема АСТТП	Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка»)		Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка + обратно»)	
		min	max	min	max
АСТТП1	$\{GL \overleftarrow{\text{кр.}^2} \mu_{\bar{A}}(FS)_k\}$	4,11	4,11	4,22	4,22
АСТТП2	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PSO) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(FS)_k\}$	6,78	7,54	9,56	11,08
АСТТП3	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(SU) \overleftarrow{\text{кр.}^2} \mu_{\bar{A}}(FS1 \vee FS2)\}$	5,02	5,78	6,04	11,56
АСТТП4	$\{\mu_{\bar{A}}(FS)_k \overleftarrow{\text{кр.}^2} \mu_{\bar{A}}(PSO) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \overleftarrow{\text{кр.}^2} \mu_{\bar{A}}(FS1 \vee FS2 \vee FS3)\}$	9,82	10,58	15,64	17,16

В.2.3. Станция «Е»

Модельная схема станции «Е»

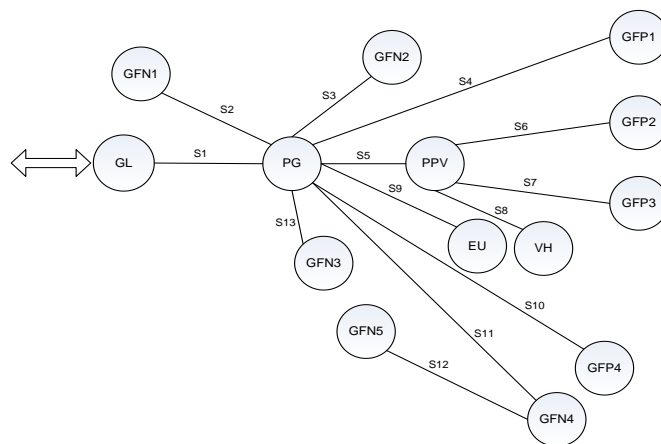
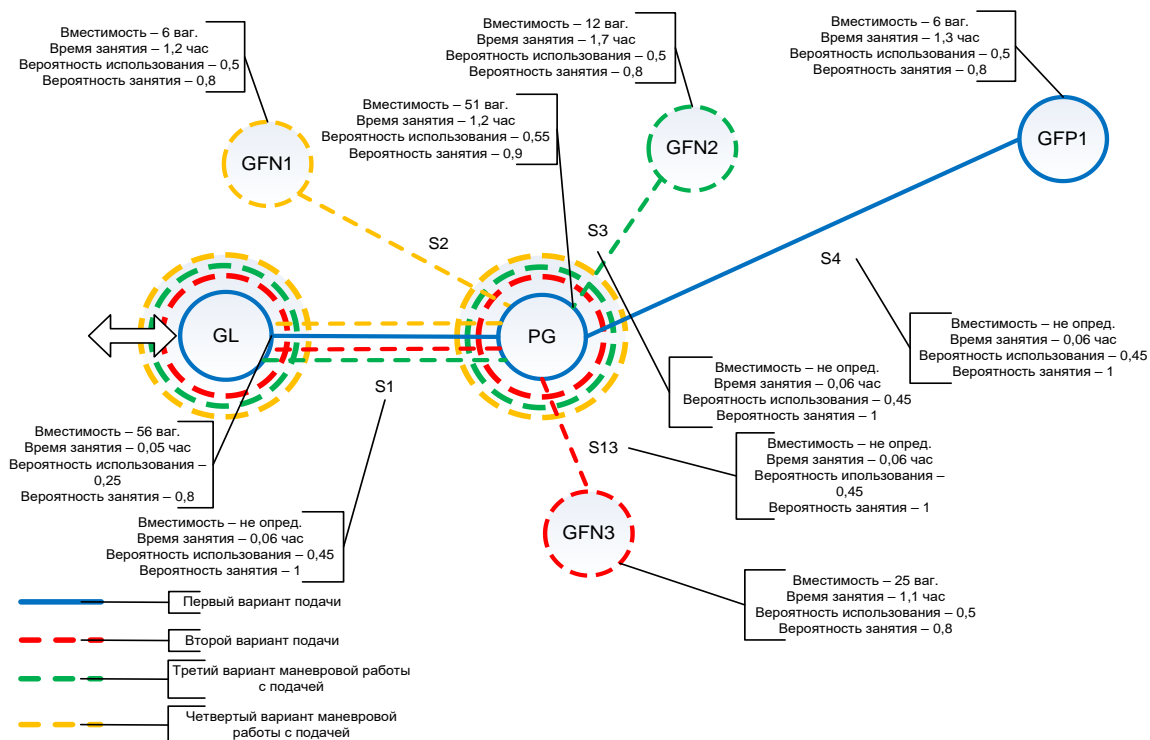


Рисунок В.5 – Модельная схема станции «Е»

Таблица В.8 – Вероятностная матрица связи основных технологических операций и станционных модулей путевого развития станции «Е»

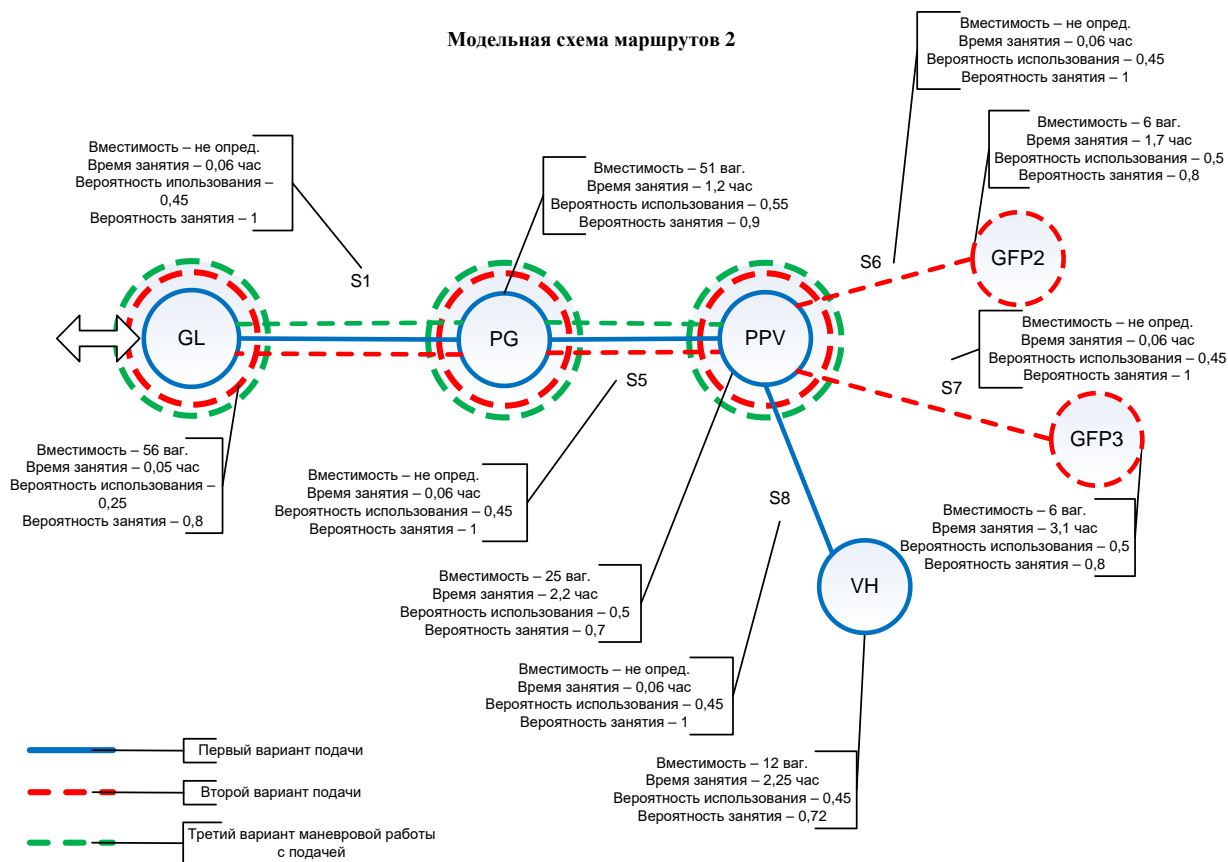
Технологические операции	Мод.	GL	PG	PPV	GFN1	GFN2	GFN3	GFN4	GFN5	GFP1	GFP2	GFP3	GFP4	VH	EU	Si
1) Прием (отправл.) пасс. (пригород.) поезда	T1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2) Прием (отправл.) грузового поезда	T2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3) Прием (отправл.) грузового маршрута	T3	1	1	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4) Посадка (высадка) пассажиров	T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5) Прием (выдача) багажа	T5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6) Прицепка (отцепка) грузовых (пасс.) вагонов	T6	0	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	1
7) Заезд (выезд) ман. (повздн.) локомотива	T7	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8) Прицепка (отцепка) ман. (повздн.) локомотива	T8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
9) Подача-сборка (парастановка) состава (группы) вагонов	T9	1/2	1	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	0	1
10) Технический осмотр состава (группы вагонов)	T10	0	1	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
11) Коммерческий осмотр состава (группы вагонов)	T11	0	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0
12) Расформиров. (формирование) состава (группы)	T12	0	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13) Прием(сдача) состава (группы) вагонов	T13	0	1/2	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0
14) Погрузка-выгрузка (слив-налив) вагонов	T14	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	0
15) Расстановка (сборка) вагонов	T15	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1
16) Накопление вагонов (ожидание отправл.)	T16	0	1	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17) Экипировка ман. (повздн.) локомотивов	T17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
18) Ремонт вагонов	T18	0	0	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
20) Экипировка, подготовка под погр. вагонов	T20	0	0	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0
21) Заключит. операции по погр.-ягр. вагонов	T21	0	0	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	0
Сумма технологических операций	Σ=20	5	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	5	9
Вероятность использования модуля	Pм	0,25	0,55	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45	0,25	0,45
Вероятность загрузки модуля	Pз.ср.	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,72	0,7	1
Резерв свободности модуля	Rп	25%	11%	42%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	39%	43%	0%
Время занятия модуля	ван.ча	0,05	1,2	2,2	1,2	1,7	1,1	2,25	4,5	1,3	1,7	3,1	2,1	2,25	1	0,06
Энтропия модуля	H	0,17	0,09	0,24	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,23	0,23	0
Относительная организация модуля	R	0,83	0,91	0,76	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,77	0,77	1

Модельная схема маршрутов 1



a

Модельная схема маршрутов 2



b

Рисунок В.6 – Модельные схемы маршрутов:
 a – модельная схема маршрутов № 1; б – модельная схема маршрутов № 2

Таблица В.9 – Ведомость аксиомат АСТТП припортовой станции «Е»

Аксиомата АСТТП	Модельная схема АСТТП	Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка»)		Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка + обратно»)	
		min	max	min	max
АСТТП1	{GL ↔ PG ↔ GFP1}	2,67	2,67	4,04	4,04
АСТТП2	{GL ↔ PG ↔ GFN3}	2,41	2,41	3,72	3,72
АСТТП3	{GL ↔ PG ↔ GFN2}	3,07	3,07	4,44	4,44
АСТТП4	{GL ↔ PG ↔ GFN1}	2,57	2,57	3,94	3,94
АСТТП5	{GL ↔ PG ↔ GFP4}	3,47	3,47	4,84	4,84
АСТТП6	{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN4) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN5)}	1,31	8,18	2,31	11,1
АСТТП7	{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (EU)}	1,31	2,37	1,62	3,74
АСТТП8	{GL ↔ PG ↔ PPV ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (VH)}	3,57	5,88	4,89	9,51
АСТТП9	{GL ↔ PG ↔ PPV}	3,57	3,57	4,94	4,94
АСТТП10	{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PPV) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP2 V GFP3)}	5,33	6,73	9,36	10,36
АСТТП11	{EU ↔ PG ↔ PPV}	4,52	4,52	6,84	6,84
АСТТП12	{VH ↔ PPV ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (EU)}	5,71	6,71	9,42	11,7

В.2.4 Станция «З»

Модельная схема станции «З»

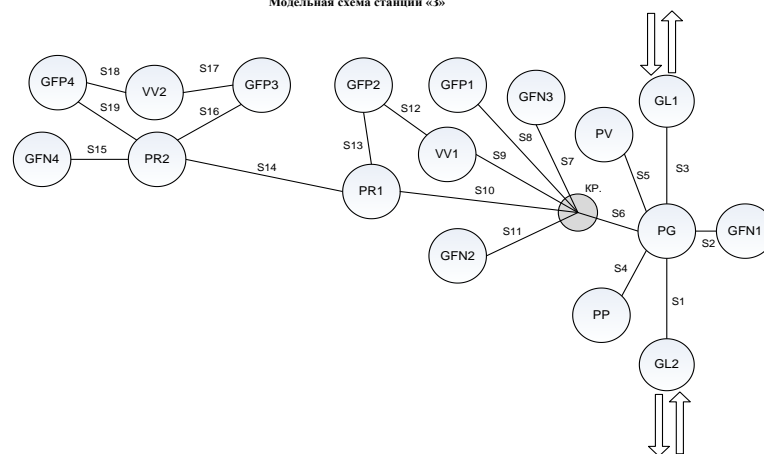


Рисунок В.7 – Модельная схема станции «З»

Таблица В.10 – Вероятностная матрица связи технологических операций и станционных модулей путевого развития станции «З»

Технологические операции	Мод.	GL1	GL2	PP	PG	PV	PR1	PR2	GFN1	GFN2	GFN3	GFN4	GFP1	GFP2	GFP3	GFP4	VV1	VV2	Si
1) Прием (отправл.) пасс. (пригород.) поезда	T1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2) Прием (отправл.) грузового поезда	T2	1	1	0	1	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3) Прием (отправл.) грузового маршрута	T3	1	1	0	1	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4) Посадка (высадка) пассажиров	T4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6) Прицепка (отцепка) грузовых (пасс.) вагонов	T6	0	0	1/2	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1
7) Заезд (выезд) ман. (поездн.) локомотива	T7	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8) Прицепка (отцепка) ман. (поездн.) локомотива	T8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1
9) Поддача-уборка (перестановка) состава (групп) вагонов	T9	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1
10) Технический осмотр состава (группы вагонов)	T10	0	0	1	1	1	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11) Коммерческий осмотр состава (группы вагонов)	T11	0	0	0	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0
13) Прием (сдача) состава (группы) вагонов	T13	0	0	0	1/2	1/2	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0
14) Погрузка-выгрузка (слип-налив) вагонов	T14	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
15) Расстановка (сборка) вагонов	T15	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
16) Наполнение вагонов (ожиания отправл.)	T16	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21) Заключит. операции по погр.-выгр. вагонов	T21	0	0	0	0	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
23) Вывешивание вагонов на ваг. весах	T23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Сумма технологических операций	Σ=16	5	5	8	10	11	11	11	9	9	9	9	9	9	9	9	5	5	9
Вероятность использования модуля	Pм	0.312	0.312	0.5	0.625	0.687	0.687	0.687	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.312	0.312	0.56
Вероятность загрузки модуля	Pз.ср.	0.8	0.8	0.93	0.95	0.81	0.81	0.81	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.7	0.7	1
Резерв свободности модуля	Rп	25%	25%	7%	3%	23%	23%	23%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	43%	43%	0%
Время занятия модуля	ван.час	0.05	0.05	4	0.83	1.2	3.5	3.5	2.8	1.8	3.1	1.7	4.5	1.8	2	1.7	0.5	0.5	0.06
Энтропия модуля	H	0.17	0.17	0.06	0.04	0.17	0.17	0.17	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.24	0.24	0
Относительная организация модуля	R	0.83	0.83	0.94	0.96	0.83	0.83	0.83	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.76	0.76	1

Таблица В.11 – Ведомость аксиомат АСТТП припортовой станции «З»

Аксиомата АСТТП	Модельная схема АСТТП	Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка»)		Общее время АСТТП, ч («туда+выгр./погр.+обратно»)	
		min	max	min	max
АСТТП1	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow GL2\}$	0,16	1,05	0,27	1,05
АСТТП2	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG)\}$	0,16	1,05	0,27	1,05
АСТТП3	$\{GL1 \leftrightarrow PG \leftrightarrow GFN1\}$	3,8	3,8	4,8	4,8
АСТТП4	$\{GL2 \leftrightarrow PG \leftrightarrow GFN1\}$	3,8	3,8	4,8	4,8
АСТТП5	$\{GL1 \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV)\}$	0,94	2,2	1,7	3,2
АСТТП6	$\{GL2 \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV)\}$	0,94	2,2	1,7	3,2
АСТТП7	$\{GL1 \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PP)\}$	0,94	5	1,65	6
АСТТП8	$\{GL2 \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PP)\}$	0,94	5	1,65	6
АСТТП9	$\{\mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN1)\}$	0,83	4,95	1,44	7,1
АСТТП10	$\{GL2 \leftrightarrow PG \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP2)\}$	0,94	6,36	1,7	10,92
АСТТП11	$\{GL2 \leftrightarrow PG \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(VV1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP2)\}$	0,94	3,36	1,7	4,92
АСТТП12	$\{GL1 \leftrightarrow PG \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP2)\}$	0,94	6,36	1,7	10,92
АСТТП13	$\{GL1 \leftrightarrow PG \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(VV1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP2)\}$	0,94	3,35	1,7	4,9
АСТТП14	$\{GL2 \leftrightarrow PG \overleftarrow{kp} GFP1\}$	5,5	5,5	9,5	9,5
АСТТП15	$\{GL1 \leftrightarrow PG \overleftarrow{kp} GFP1\}$	5,5	5,5	9,5	9,5
АСТТП16	$\{GL2 \leftrightarrow PG \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(GFN2 \vee GFN3)\}$	2,8	4,1	3,8	6,4
АСТТП17	$\{GL1 \leftrightarrow PG \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(GFN2 \vee GFN3)\}$	2,8	4,1	3,8	6,4
АСТТП18	$\{GL2 \leftrightarrow PG \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow GFP4\}$	2,7	9,82	6,7	14,73
АСТТП19	$\{GL2 \leftrightarrow PG \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow GFP3\}$	2,95	10,07	5,31	15,12
АСТТП20	$\{\mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP4) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VV2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2)\}$	7,44	11,44	12,73	14,4
АСТТП21	$\{GL1 \leftrightarrow PG \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP4 \vee GFP3)\}$	9,82	10,12	14,6	16,2
АСТТП22	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2) \leftrightarrow PG \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow GFN4\}$	9,82	9,82	14,73	16,67
АСТТП23	$\{\mu_{\bar{A}}(GFP2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN1)\}$	9,11	9,11	13,66	16,1
АСТТП24	$\{\mu_{\bar{A}}(GFP2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV)\}$	7,51	7,51	11,2	13,51
АСТТП25	$\{\mu_{\bar{A}}(GFP2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PG) \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(GFP1)\}$	10,81	10,81	15,9	19,3
АСТТП26	$\{\mu_{\bar{A}}(GFP2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PG) \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(GFN2 \vee GFN3)\}$	8,11	9,41	12,11	16,9
АСТТП27	$\{\mu_{\bar{A}}(GFP1) \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PG) \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(GFN2 \vee GFN3)\}$	7,25	8,55	13,05	15,39
АСТТП28	$\{\mu_{\bar{A}}(GFP1) \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PG) \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PV \vee GFN1)\}$	6,65	8,25	11,92	14,8
АСТТП29	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN2 \vee GFN3) \overleftarrow{kp} \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV \vee GFN1)\}$	3,95	6,85	7,11	11,93
АСТТП30	$\{\mu_{\bar{A}}(GFP3 \vee GFP4 \vee GFN4) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{kp} PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV \vee GFN1)\}$	10,97	12,93	14,5	18,2

В.2.5 Станция «КВ»

Модельная схема станции «КВ»

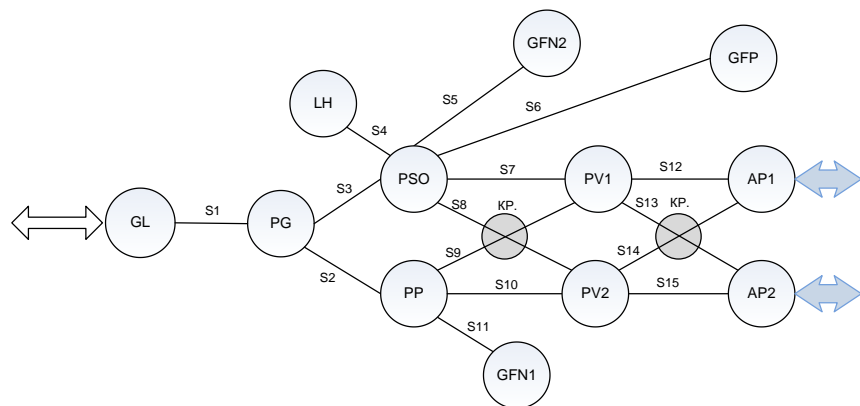


Рисунок В.9 – Модельная схема станции «КВ»

Таблица В.12 – Вероятностная матрица связи технологических операций и станционных модулей
путевого развития станции «КВ»

Технологические операции	Мод.	GL	PP	PG	PSO	PV1	PV2	GFN1	GFN2	GFP	LH	AP1	AP2	Si
1) Прием (отправл.) пасс. (пригород.) поезда	T1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2) Прием (отправл.) грузового поезда	T2	1	0	1	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	1
3) Прием (отправл.) грузового маршрута	T3	1	0	1	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	1
4) Посадка (высадка) пассажиров	T4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5) Прием (выдача) багажа	T5	0	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6) Прицепка (отцепка) грузовых (пасс.) вагонов	T6	0	1/2	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	0	1/2	1/2	1
7) Заезд (выезд) ман. (поездн.) локомотива	T7	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1
8) Прицепка (отцепка) ман. (поездн.) локомотива	T8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1
9) Подача-уборка (перестановка) состава (групп) вагонов	T9	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1
10) Технический осмотр состава (группы вагонов)	T10	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
11) Коммерческий осмотр состава (группы вагонов)	T11	0	0	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0
12) Расформиров. (формирование) состава (группы)	T12	0	0	1/2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13) Прием (сдача) состава (группы) вагонов	T13	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0
14) Погрузка-выгрузка (слив-налив) вагонов	T14	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1/2	0	0	0
15) Расстановка (сборка) вагонов	T15	0	0	0	1/2	0	0	1	1	1	0	0	0	1
16) Накопление вагонов (ожидание отправл.)	T16	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
17) Экипировка ман. (поездн.) локомотивов	T17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/2	0	0	0
19) Подача (уборка) ваг. на аппарат паромы	T19	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	1	1	1
20) Экипировка, подготовка под погр. вагонов	T20	0	0	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0
21) Заключит. операции по погр.-выгр. вагонов	T21	0	0	0	0	1/2	1/2	1	1	1	1/2	0	0	0
Сумма технологических операций	$\Sigma=20$	5	9	12	13	13	13	10	10	10	6	5	5	10
Вероятность использования модуля	Rм	0.25	0.45	0.6	0.65	0.65	0.65	0.5	0.5	0.5	0.3	0.25	0.25	0.5
Вероятность загрузки модуля	Rз.ср.	0.8	0.88	0.87	0.8	0.76	0.76	0.8	0.8	0.8	0.58	0.7	0.7	1
Резерв свободности модуля	Rп	25%	14%	15%	25%	31%	31%	25%	25%	25%	72%	43%	43%	0%
Время занятия модуля	зан.час	0.05	4	1.93	1.31	4.9	4.9	3.45	2	4	1	1.3	1.3	0.06
Энтропия модуля	H	0.17	0.11	0.12	0.17	0.2	0.2	0.17	0.17	0.17	0.31	0.24	0.24	0
Относительная организация модуля	R	0.83	0.89	0.88	0.83	0.8	0.8	0.83	0.83	0.83	0.69	0.76	0.76	1

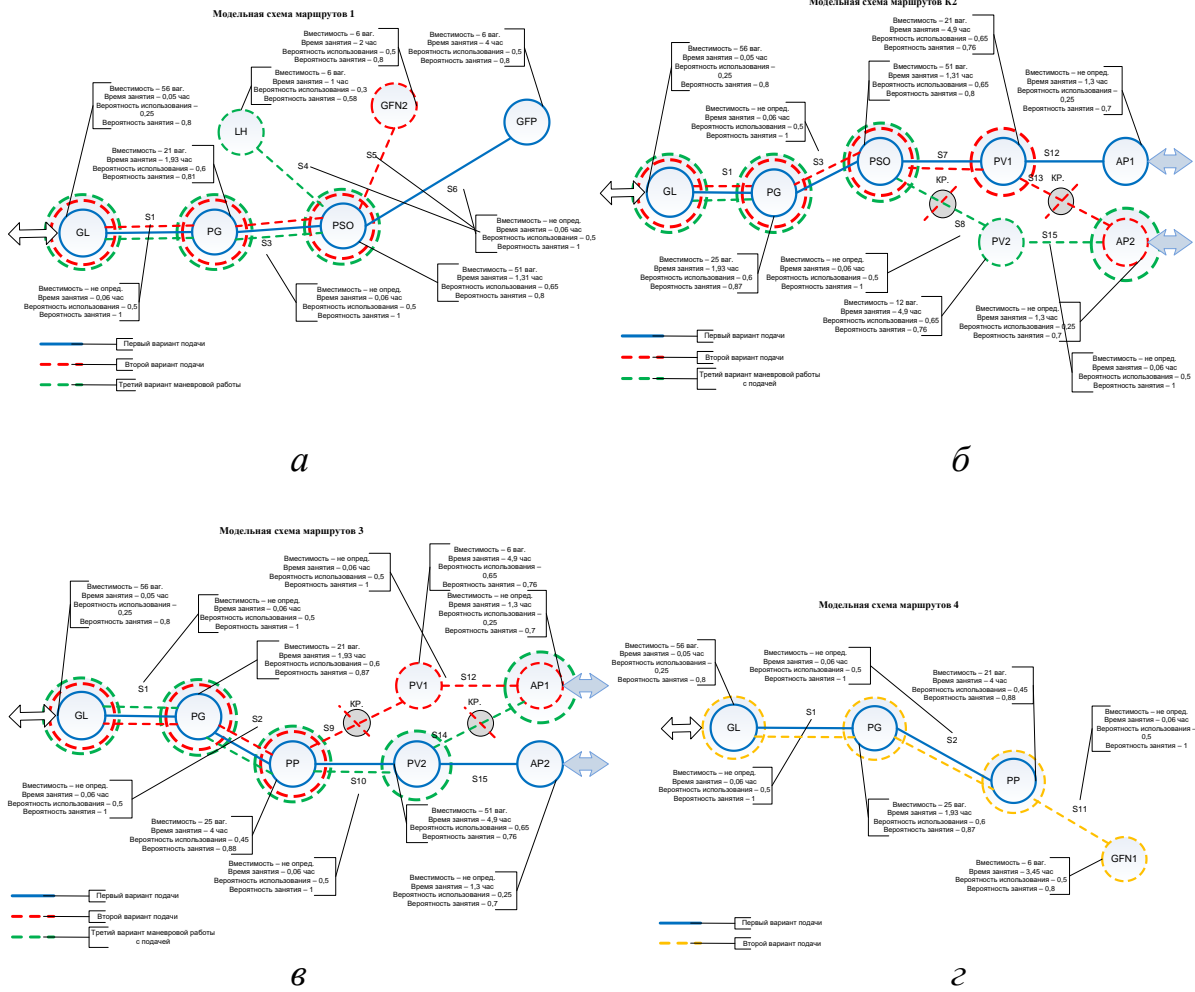


Рисунок В.10 – Модельные схемы маршрутов:
 а – модельная схема маршрутов № 1; б – модельная схема маршрутов № 2;
 в – модельная схема маршрутов № 3; г – модельная схема маршрутов № 4

Таблица В.13 – Ведомость аксиомат АСТТП припортовой станции «КВ»

Аксиомата АСТТП	Модельная схема АСТТП	Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка»)		Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка + обратно»)	
		min	max	min	max
АСТТП1	{GL ↔ PG ↔ μ _А (PSO) ↔ GFP}	6,1	7,47	10,9	12,4
АСТТП2	{GL ↔ PG ↔ μ _А (PSO) ↔ GFN2}	4,1	5,47	7,2	9,84
АСТТП3	{GL ↔ PG ↔ μ _А (PSO) ↔ LH}	3,1	4,47	8,6	8,04
АСТТП4	{GL ↔ PG ↔ μ _А (PSO) ↔ PV1 ↔ AP1}	8,3	9,67	14,9	17,4
АСТТП5	{GL ↔ PG ↔ μ _А (PSO) ↔ PV1 $\overleftarrow{\text{кр.}}$ AP2}	8,36	9,73	14,99	17,5
АСТТП6	{GL ↔ PG ↔ μ _А (PSO) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ PV2 ↔ AP2}	8,36	9,73	15,04	17,5
АСТТП7	{GL ↔ PG ↔ μ _А (PP) ↔ PV2 ↔ AP2}	6,37	10,43	11,4	18,77
АСТТП8	{GL ↔ PG ↔ μ _А (PP) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ PV1 ↔ AP1}	8,3	12,36	14,94	22,2
АСТТП9	{GL ↔ PG ↔ μ _А (PP) ↔ PV2 $\overleftarrow{\text{кр.}}$ AP1}	8,3	12,36	14,94	22,2
АСТТП10	{GL ↔ PG ↔ PP}	6,1	6,1	8,98	10,98
АСТТП11	{GL ↔ PG ↔ μ _А (PP) ↔ GFN1}	5,55	9,61	9,99	17,29
АСТТП12	{LH ↔ μ _А (PSO) ↔ μ _А (PV1) ↔ μ _А (AP1)}	8,69	8,69	15,64	15,64
АСТТП13	{LH ↔ μ _А (PSO) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ μ _А (PV2) ↔ μ _А (AP2)}	8,69	8,69	15,64	15,64
АСТТП14	{LH ↔ μ _А (PSO) ↔ μ _А (PV1) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ μ _А (AP2)}	8,69	8,69	15,64	15,64
АСТТП15	{LH ↔ μ _А (PSO) ↔ μ _А (PG) ↔ μ _А (PP) ↔ μ _А (GFN1)}	11,93	12,8	21,4	23,04
АСТТП16	{LH ↔ μ _А (PSO) ↔ μ _А (GFP V GFN2)}	4,43	6,37	7,97	10,46

В.2.6. Станция «КЗ»

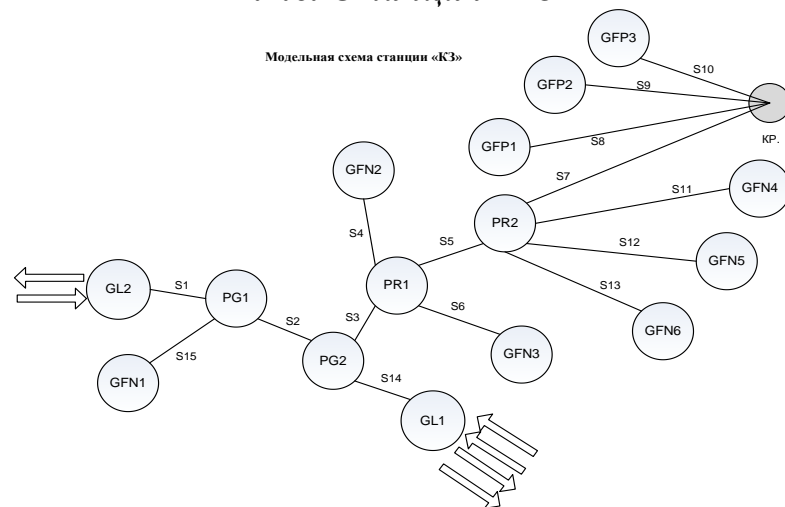


Рисунок В.11 – Модельная схема станции «КЗ»

Таблица В.14 – Вероятностная матрица связи технологических операций и станционных модулей путевого развития станции «КЗ»

Технологические операции	Мод.	GL1	GL2	PG1	PG2	PR1	PR2	GFN1	GFN2	GFN3	GFN4	GFN5	GFN6	GFP1	GFP2	GFP3	Si
1) Прием (отправл.) пасс. (пригород.) поезда	T1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2) Прием (отправл.) грузового поезда	T2	1	1	1	1	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3) Прием (отправл.) грузового маршрута	T3	1	1	1	1	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4) Посадка (высадка) пассажиров	T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6) Прицепка (отцепка) грузовых (пасс.) вагонов	T6	0	0	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1
7) Выезд (выезд) ман. (поездн.) локомотива	T7	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8) Прицепка (отцепка) ман. (поездн.) локомотива	T8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9) Подача-уборка (перестановка) состава (групп) вагонов	T9	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10) Технический осмотр состава (группы вагонов)	T10	0	0	1	1	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11) Коммерческий осмотр состава (группы вагонов)	T11	0	0	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0
13) Прием (сдача) состава (группы) вагонов	T13	0	0	1/2	1/2	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0
14) Погрузка-выгрузка (слив-налив) вагонов	T14	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
15) Расстановка (сборка) вагонов	T15	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16) Накопление вагонов (ожидание отправл.)	T16	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21) Заключит. операции по погр.-выгр. вагонов	T21	0	0	0	0	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Сумма технологических операций	$\Sigma=15$	5	5	10	10	11	11	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8
Вероятность использования модуля	Rм	0.33	0.33	0.66	0.66	0.73	0.73	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.16	0.53
Вероятность загрузки модуля	Rз.ср.	0.8	0.8	0.95	0.95	0.81	0.81	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	1
Резерв свободности модуля	Rп	25%	25%	5%	18%	23%	23%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	0%
Время занятия модуля	зан.час	5%	0.05	2.1	3.6	1.8	2.6	2.25	1.1	2.25	2.25	1.6	1.3	0.45	2.0	2.0	0.06
Энтропия модуля	H	0.17	0.17	0.04	0.04	0.17	0.17	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0
Относительная организация модуля	R	0.83	0.83	0.96	0.96	0.83	0.83	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	1

Таблица В.15 – Ведомость аксиомат АСТТП припортовой станции «КЗ»

Аксиомата АСТТП	Модельная схема АСТТП	Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка»)		Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка + обратно»)	
		min	max	min	max
АСТТП1	$\{GL1 \leftrightarrow PG2 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow GL2\}$	2,98	3,98	5,98	5,98
АСТТП2	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1 \vee PG2)\}$	2,21	3,71	3,97	3,97
АСТТП3	$\{GL2 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow GFN1\}$	4,52	4,52	8,13	8,13
АСТТП4	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow GFN1\}$	4,52	8,18	8,13	14,72
АСТТП5	$\{GL1 \leftrightarrow PG2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN2 \vee GFN3)\}$	6,73	7,88	12,1	14,18
АСТТП6	$\{GL2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN2 \vee GFN3)\}$	8,95	12,26	16,11	19,06
АСТТП7	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN2 \vee GFN3)\}$	11,09	12,3	14,96	17,14
АСТТП8	$\{GL2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow PG2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \xrightarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2 \vee GFP3)\}$	10,9	12,45	17,6	19,41
АСТТП9	$\{GL1 \leftrightarrow PG2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \xrightarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2 \vee GFP3)\}$	8,74	10,29	11,9	14,4
АСТТП10	$\{GL2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow PG2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN4 \vee GFN5 \vee GFN6)\}$	11,81	12,7	15,89	19,86
АСТТП11	$\{GL1 \leftrightarrow PG2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN4 \vee GFN5 \vee GFN6)\}$	9,89	10,48	12,8	15,86
АСТТП12	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN4 \vee GFN5 \vee GFN6)\}$	12,15	13,04	17,87	19,47
АСТТП13	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \xrightarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2 \vee GFP3)\}$	13,16	14,65	18,68	21,37
АСТТП14	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN2 \vee GFN3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN4 \vee GFN5 \vee GFN6)\}$	6,98	9,08	8,5	11,3
АСТТП15	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN2 \vee GFN3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \xrightarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2 \vee GFP3)\}$	6,13	8,83	7,03	10,89

В.2.7. Станция «М»

Модельная схема станции «М»

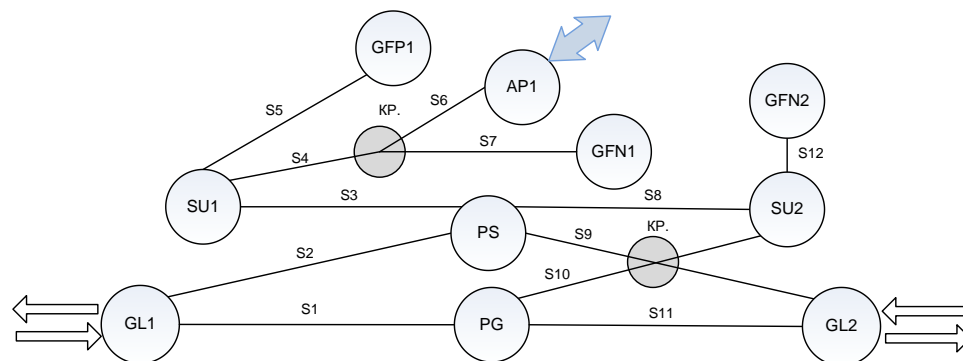


Рисунок В.13 – Модельная схема станции «М»

Таблица В.16 – Вероятностная матрица связи технологических операций и станционных модулей путевого развития станции «М»

Технологические операции	Мод.	GL1	GL2	PG	PS	SU1	SU2	GFN1	GFN2	GFP1	AP1	Si
1) Прием (отправл.) пасс. (пригород.) поезда	T1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2) Прием (отправл.) грузового поезда	T2	1	1	1	1/2	0	0	0	0	0	0	1
3) Прием (отправл.) грузового маршрута	T3	1	1	1	1/2	0	0	0	0	0	0	1
4) Посадка (высадка) пассажиров	T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6) Прицепка (отцепка) грузовых (пасс.) вагонов	T6	0	0	1	1	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1
7) Заезд (выезд) ман. (поездн.) локомотива	T7	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1
8) Прицепка (отцепка) ман. (поездн.) локомотива	T8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1
9) Подача-уборка (перестановка) состава (групп) вагонов	T9	1/2	1/2	1	1	1/2	1/2	1	1	1	1	1
10) Технический осмотр состава (группы вагонов)	T10	0	0	1	1/2	0	0	0	0	0	0	0
11) Коммерческий осмотр состава (группы вагонов)	T11	0	0	1	1/2	0	0	1/2	1/2	1/2	0	0
12) Расформиров. (формирование) состава (группы)	T12	0	0	1/2	1	1	1	0	0	0	0	1
13) Прием (сдача) состава (группы) вагонов	T13	0	0	1/2	1/2	0	0	1/2	1/2	1/2	0	0
14) Погрузка-выгрузка (слив-налив) вагонов	T14	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
15) Расстановка (сборка) вагонов	T15	0	0	0	1/2	0	0	1	1	1	0	1
16) Накопление вагонов (ожидание отправл.)	T16	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
19) Подача (уборка) ваг. на аппарат пароман	T19	0	0	1/2	1/2	0	0	0	0	0	1	1
21) Заключит. операции по погр.-выгр. вагонов	T21	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Сумма технологических операций	Σ=17	5	5	12	13	4	4	9	9	9	5	10
Вероятность использования модуля	Rm	0,29	0,29	0,7	0,76	0,23	0,23	0,52	0,52	0,52	0,29	0,58
Вероятность загрузки модуля	Pз.ср.	0,8	0,8	0,87	0,73	0,87	0,87	0,83	0,83	0,83	0,7	1
Резерв свободности модуля	Rп	25%	25%	14%	36%	15%	15%	20%	20%	20%	43%	0%
Время занятия модуля	зан.час	0,05	0,05	1,6	2,5	0,7	0,7	4,3	3,5	6,1	1,3	0,06
Энтропия модуля	H	0,17	0,17	0,12	0,22	0,12	0,12	0,15	0,15	0,15	0,24	0
Относительная организация модуля	R	0,83	0,83	0,88	0,78	0,88	0,88	0,85	0,85	0,85	0,76	1

Таблица В.17 – Ведомость аксиомат АСТТП припортовой станции «М»

Аксиомата АСТТП	Модельная схема АСТТП	Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка»)		Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка + обратно»)	
		min	max	min	max
АСТТП1	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow GL2\}$	0,16	1,82	0,31	2,27
АСТТП2	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG)\}$	1,71	1,71	1,07	2,07
АСТТП3	$\{GL1 \leftrightarrow PG \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(SU2) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU1) \leftrightarrow GFP1\}$	10,37	11,89	16,66	18,40
АСТТП4	$\{GL2 \leftrightarrow PG \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(SU2) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU1) \leftrightarrow GFP1\}$	8,77	11,95	15,78	18,51
АСТТП5	$\{GL1 \leftrightarrow PG \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(SU2) \leftrightarrow GFN2\}$	5,27	6,03	7,48	9,85
АСТТП6	$\{GL2 \leftrightarrow PG \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(SU2) \leftrightarrow GFN2\}$	5,27	6,03	7,48	9,85
АСТТП7	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2) \leftrightarrow PG \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(SU2) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU1) \overleftarrow{кр.} AP1\}$	5,63	7,15	10,13	12,87
АСТТП8	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2) \leftrightarrow PG \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(SU2) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU1) \overleftarrow{кр.} GFN1\}$	8,63	10,15	14,5	16,27
АСТТП9	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU1) \leftrightarrow GFP1\}$	8,77	9,53	13,77	15,15
АСТТП10	$\{\mu_{\bar{A}}(GL2) \overleftarrow{кр.} PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU1) \leftrightarrow GFP1\}$	8,77	9,53	13,77	15,15
АСТТП11	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU2) \leftrightarrow GFN2\}$	6,17	6,93	11,10	12,03
АСТТП12	$\{\mu_{\bar{A}}(GL2) \overleftarrow{кр.} PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU2) \leftrightarrow GFN2\}$	6,17	6,93	11,10	12,03
АСТТП13	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU1) \leftrightarrow AP1\}$	3,97	4,73	8,43	10,6
АСТТП14	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU1) \leftrightarrow GFN1\}$	6,97	7,73	11,15	13,91
АСТТП15	$\{\mu_{\bar{A}}(GL2) \overleftarrow{кр.} PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU1) \leftrightarrow AP1\}$	3,97	4,73	9,5	10,31
АСТТП16	$\{\mu_{\bar{A}}(GL2) \overleftarrow{кр.} PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU1) \leftrightarrow GFN1\}$	6,97	7,73	11,15	13,91
АСТТП17	$\{GFN2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU2) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFN1)\}$	10,42	13,74	18,75	21,73
АСТТП18	$\{GFN1 \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(SU1) \leftrightarrow GFP1\}$	10,46	11,22	18,8	19,19
АСТТП19	$\{GFN1 \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(SU1) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU2) \leftrightarrow GFN2\}$	10,48	12	18,86	20,6

В.2.8. Станция «Н» (существующий вариант)

Модельная схема станции НВРС (сущ.)

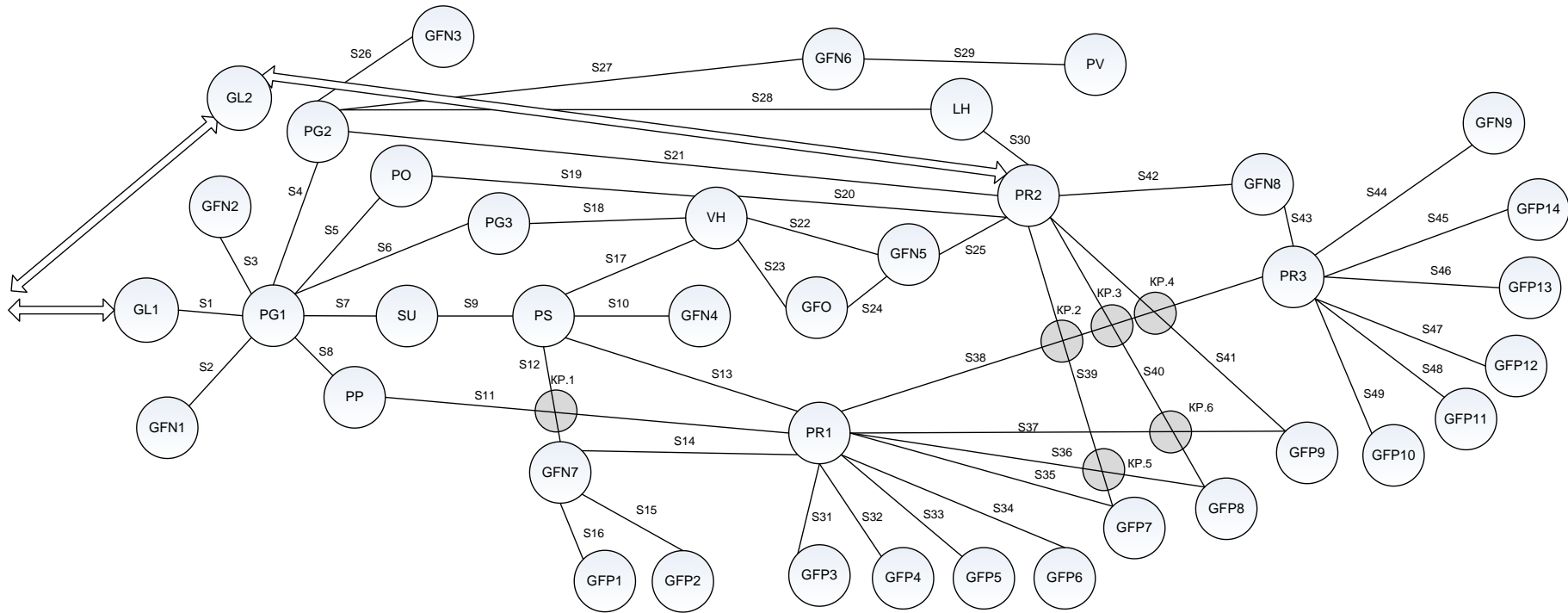
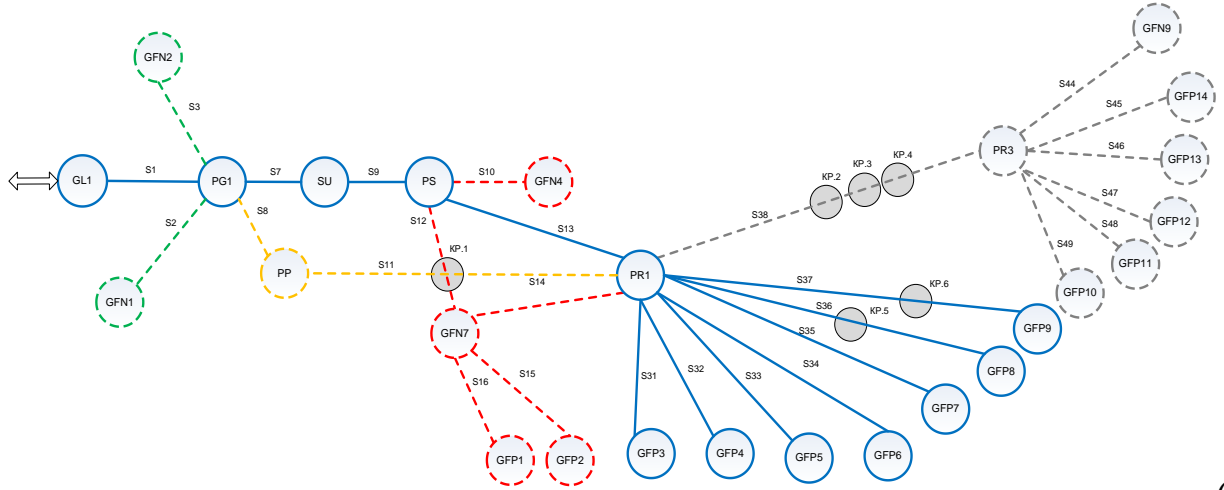


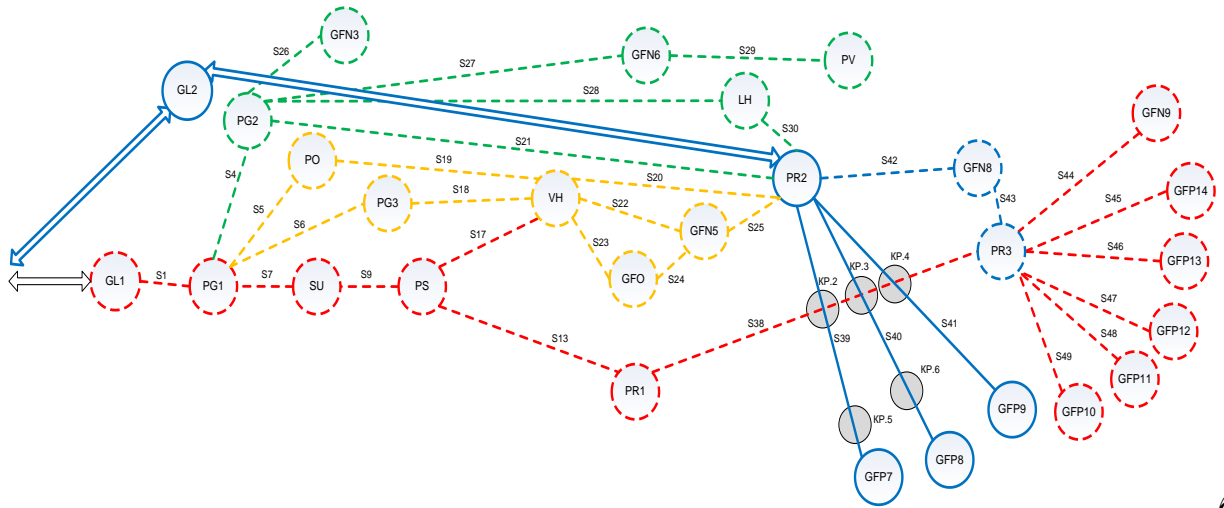
Рисунок В.15 – Модельная схема станции «Н»

Модельная схема маршрутов 1 (сущ.)



a

Модельная схема маршрутов 2 (сущ.)



б

Рисунок В.16 – Модельные схемы маршрутов:
a – модельная схема маршрутов № 1; *б* – модельная схема маршрутов № 2

Таблица В.18 – Ведомость аксиомат АСТТП припортовой станции «Н» (существующий вариант)

Аксиомата АСТТП	Модельная схема АСТТП	Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка / погрузка»)		Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка + обратно»)	
		min	max	min	max
1	2	3	4	5	6
АСТТП1	{GL1 ↔ μ _А (PG1) ↔ PP}	0,67	1,89	1,17	2,89
АСТТП2	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _А (SU) ↔ PS ↔ GFN4}	7,53	8,61	13,55	15,49
АСТТП3	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _А (GFN1 ∨ GFN2)}	4,47	10,29	8,06	18,4
АСТТП4	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _А (SU) ↔ PS ↔ μ _А (GFN7) ↔ μ _А (GFP1 ∨ GFP2)}	14,44	17,23	25,99	31,01
АСТТП5	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _А (SU) ↔ PS ↔ PR1 ↔ μ _А (GFP3 ∨ GFP4 ∨ GFP5 ∨ GFP6 ∨ GFP7) ↔ μ _А (GFP8 ∨ GFP9)}	15,76	19,24	28,3	34,63
АСТТП6	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _А (PP) ↔ PR1 ↔ μ _А (GFP3 ∨ GFP4 ∨ GFP5 ∨ GFP6 ∨ GFP7) ↔ μ _А (GFP8 ∨ GFP9)}	12,64	14,15	22,75	25,47
АСТТП7	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _А (SU) ↔ PS ↔ μ _А (GFN7) ↔ PR1 ↔ μ _А (GFP3 ∨ GFP4 ∨ GFP5 ∨ GFP6 ∨ GFP7) ↔ μ _А (GFP8 ∨ GFP9)}	14,75	19,66	26,55	34,63
АСТТП8	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _А (SU) ↔ PS ↔ μ _А (PR1) ↔ PR3 ↔ μ _А (GFP10 ∨ GFP11 ∨ GFP12 ∨ GFP13 ∨ GFP14 ∨ GFN9)}	18,28	20,03	32,9	35,04
АСТТП9	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _А (PP) ↔ PR1 ↔ PR3 ↔ μ _А (GFP10 ∨ GFP11 ∨ GFP12 ∨ GFP13 ∨ GFP14 ∨ GFN9)}	16,31	19,12	29,35	34,4
АСТТП10	{μ _А (GFN1) ↔ PR1 ↔ μ _А (GFN2)}	9,15	9,15	16,47	16,47
АСТТП11	{μ _А (GFN1 ∨ GFN2) ↔ μ _А (PG1) ↔ μ _А (SU) ↔ μ _А (PS) ↔ μ _А (GFN4)}	8,57	12,35	15,42	22,23
АСТТП12	{μ _А (GFN1 ∨ GFN2) ↔ μ _А (PG1) ↔ μ _А (SU) ↔ μ _А (PS) ↔ μ _А (GFN7) ↔ μ _А (GFP1 ∨ GFP2)}	11,55	14,06	20,78	25,3
АСТТП13	{μ _А (GFN4) ↔ μ _А (PS) ↔ μ _А (GFN7) ↔ μ _А (GFP1 ∨ GFP2)}	9,67	14,53	17,4	26,15
АСТТП14	{μ _А (PG) ↔ μ _А (SU) ↔ μ _А (PS) ↔ μ _А (PR1) ↔ PR3}	14,7	17,8	26,46	32,04
АСТТП15	{μ _А (GFP10 ∨ GFP11 ∨ GFP12 ∨ GFP13 ∨ GFP14 ∨ GFN9) ↔ PR3 ↔ PR1 ↔ μ _А (GFP3 ∨ GFP4 ∨ GFP5 ∨ GFP6 ∨ GFP7) ↔ μ _А (GFP8 ∨ GFP9)}	17,9	19,75	32,2	35,55

Продолжение таблицы В.18

1	2	3	4	5	6
АСТП16	$\{\mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN7) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2)\}$	10,07	13,04	17,08	25,04
АСТП17	$\{\mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP3 \vee GFP4 \vee GFP5 \vee GFP6 \vee GFP7) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(GFP8 \vee GFP9)\}$	16,52	19,8	28,52	35,64
АСТП18	$\{\mu_{\bar{A}}(PR3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$	17,9	19,65	32,22	35,37
АСТП19	$\{\mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PP) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN7) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS)\}$	14,27	14,27	25,68	25,68
АСТП20	$\{\text{GL2} \leftrightarrow \text{PR2} \overleftarrow{\text{кр.}^2} \mu_{\bar{A}}(GFP7 \vee GFP8) \overleftarrow{\text{кр.}} (GFP9)\}$	8,69	11,93	15,64	20,08
АСТП21	$\{\text{GL2} \leftrightarrow \text{PR2} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \text{PR3} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$	18,89	19,71	34,02	35,47
АСТП22	$\{\text{GL1} \leftrightarrow \text{PG1} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{SU}) \leftrightarrow \text{PS} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR1}) \leftrightarrow \text{PR3} \leftrightarrow$ $\leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$	16,35	18,08	29,43	32,5
АСТП23	$\{\text{GL1} \leftrightarrow \text{PG1} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{SU}) \leftrightarrow \text{PS} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{VH}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GF0}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GF5})\}$	8,05	13,59	14,49	24,46
АСТП24	$\{\text{GL1} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG1}) \leftrightarrow \text{PG3} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{VH}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GF0}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GF5}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR2})\}$	12,3	12,3	22,14	22,14
АСТП25	$\{\text{GL1} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG1}) \leftrightarrow \text{PO} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{VH}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFN8}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR3})\}$	7,89	12,54	14,2	22,5
АСТП26	$\{\text{GL1} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG1}) \leftrightarrow \text{PG2} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFN8}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR3})\}$	15,33	15,33	27,5	27,5
АСТП27	$\{\text{GL1} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG1}) \leftrightarrow \text{PG2} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFN3} \vee \text{GFN6}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PV})\}$	11,44	12,06	21,05	23,03
АСТП28	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{PG1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{LH}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFN8}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR3})\}$	18,35	18,35	35,7	35,7
АСТП29	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{PS}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{VH})\}$	4,65	4,65	13,3	13,3
АСТП30	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN3}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFN6}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PV})\}$	7,32	7,32	13,1	13,1
АСТП31	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{PG1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{LH}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFN5}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GF0}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{VH}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PS}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG3})$ $\leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG1})\}$	11,53	11,53	20,7	22,53
АСТП32	$\{\mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN7) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GF0 \vee GFN5) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2)$ $\leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1)\}$	12,95	14,1	23,31	27,45
АСТП33	$\{\mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1)\}$	10,29	10,29	18,5	18,5
АСТП34	$\{\mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1)\}$	13,46	13,46	27,16	27,16
АСТП35	$\{\mu_{\bar{A}}(PP) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VH)\}$	8,44	8,44	15,19	15,19
АСТП36	$\{\mu_{\bar{A}}(PS) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(GFN7) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{\text{кр.}^3} \mu_{\bar{A}}(PR3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1)\}$	17,88	17,88	28,6	28,6
АСТП37	$\{\mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN6) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR3)\}$	10,23	16,99	18,23	30,98
АСТП38	$\{\mu_{\bar{A}}(PR2) \overleftarrow{\text{кр.}^2} \mu_{\bar{A}}(GFP7 \vee GFP8) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(GFP9)\}$	10,01	13,63	18,01	21,8

В.2.9. Станция «Н» (проектный вариант)

Модельная схема станции «Н» (проект)

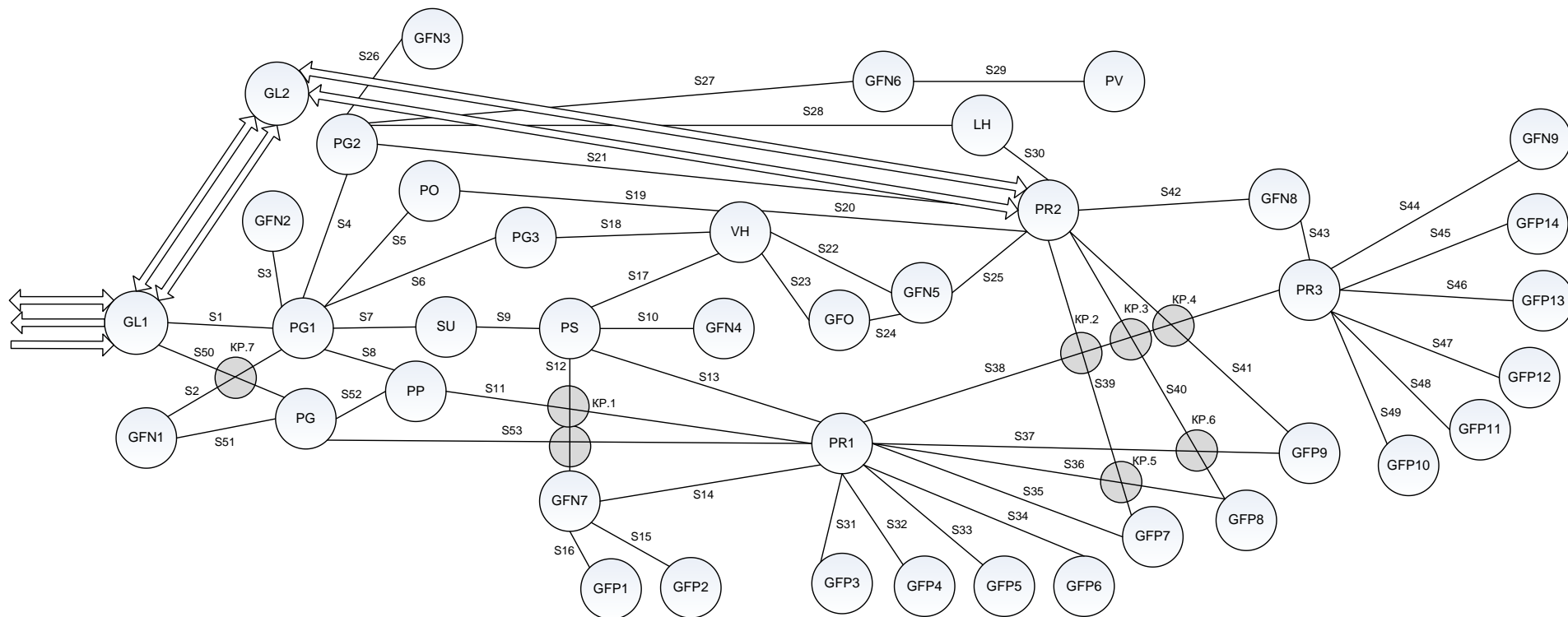
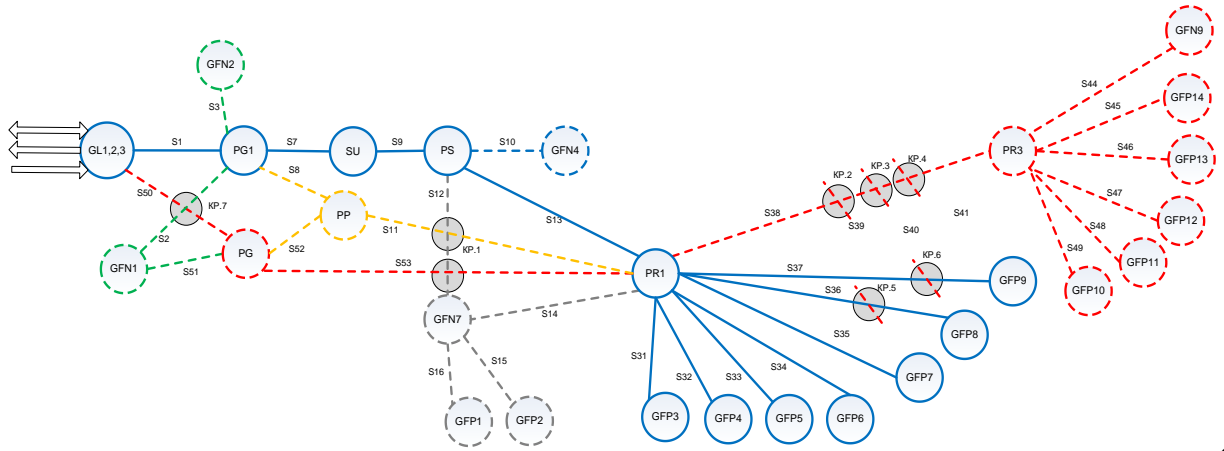


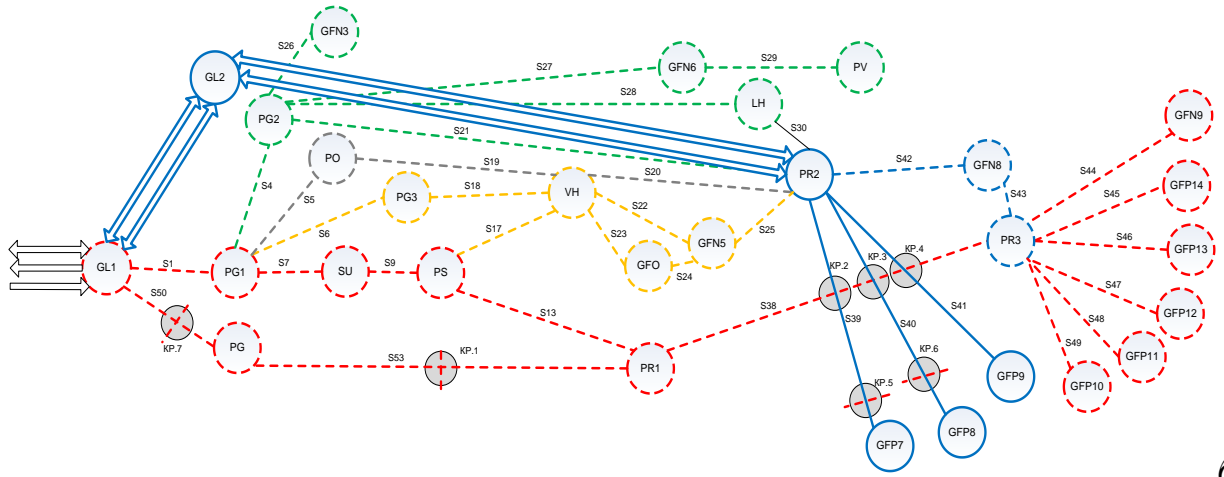
Рисунок В.17 – Модельная схема станции «Н» (проектный вариант)

Модельная схема маршрутов 1 станции «Н» (проект)



a

Модельная схема маршрутов 2 станции «Н» (проект)



б

Рисунок В.18 – Модельные схемы маршрутов:
a – модельная схема маршрутов № 1; *б* – модельная схема маршрутов № 2

Таблица В.19 – Ведомость аксиомат АСТТП припортовой станции «Н» (проектный вариант)

Аксиомата АСТТП	Модельная схема АСТТП	Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка / погрузка»)		Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/ погрузка + обратно»)	
		min	max	min	max
1	2	3	4	5	6
АСТТП1	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_A(PG1) \leftrightarrow PP\}$	0,67	1,89	1,67	3,78
АСТТП2	$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_A(SU) \leftrightarrow PS \leftrightarrow GFN4\}$	7,53	8,61	11,29	15,49
АСТТП3	$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_A(GFN1 \vee GFN2)\}$	4,47	10,29	8,04	18,52
АСТТП4	$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_A(SU) \leftrightarrow PS \overleftarrow{кр.} \mu_A(GFN7) \leftrightarrow \mu_A(GFP1 \vee GFP2)\}$	14,44	17,23	25,99	31,01
АСТТП5	$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_A(SU) \leftrightarrow PS \leftrightarrow PR1 \leftrightarrow \mu_A(GFP3 \vee GFP4 \vee GFP5 \vee GFP6 \vee GFP7) \overleftarrow{кр.} \mu_A(GFP8 \vee GFP9)\}$	15,76	19,24	28,3	34,63
АСТТП6	$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_A(PP) \overleftarrow{кр.} PR1 \leftrightarrow \mu_A(GFP3 \vee GFP4 \vee GFP5 \vee GFP6 \vee GFP7) \overleftarrow{кр.} \mu_A(GFP8 \vee GFP9)\}$	12,64	14,15	22,75	25,75
АСТТП7	$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_A(SU) \leftrightarrow PS \overleftarrow{кр.} \mu_A(GFN7) \leftrightarrow PR1 \leftrightarrow \mu_A(GFP3 \vee GFP4 \vee GFP5 \vee GFP6 \vee GFP7) \overleftarrow{кр.} \mu_A(GFP8 \vee GFP9)\}$	14,75	19,66	26,55	34,63
АСТТП8	$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_A(SU) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_A(PR1) \overleftarrow{кр.^3} PR3 \leftrightarrow \mu_A(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$	18,28	20,03	32,9	35,04
АСТТП9	$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_A(PP) \overleftarrow{кр.} \mu_A(PR1) \overleftarrow{кр.^3} PR3 \leftrightarrow \mu_A(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$	16,31	19,12	29,35	34,4
АСТТП10	$\{\mu_A(GFN1) \leftrightarrow PR1 \leftrightarrow \mu_A(GFN2)\}$	9,15	9,15	16,47	16,47
АСТТП11	$\{\mu_A(GFN1 \vee GFN2) \leftrightarrow \mu_A(PG1) \leftrightarrow \mu_A(SU) \leftrightarrow \mu_A(PS) \leftrightarrow \mu_A(GFN4)\}$	8,57	12,35	15,42	22,23
АСТТП12	$\{\mu_A(GFN1 \vee GFN2) \leftrightarrow \mu_A(PG1) \leftrightarrow \mu_A(SU) \leftrightarrow \mu_A(PS) \overleftarrow{кр.} \mu_A(GFN7) \leftrightarrow \mu_A(GFP1 \vee GFP2)\}$	11,55	14,06	20,78	25,3
АСТТП13	$\{\mu_A(GFN4) \leftrightarrow \mu_A(PS) \overleftarrow{кр.} \mu_A(GFN7) \leftrightarrow \mu_A(GFP1 \vee GFP2)\}$	9,67	14,53	17,4	26,15
АСТТП14	$\{\mu_A(PG) \leftrightarrow \mu_A(SU) \leftrightarrow \mu_A(PS) \leftrightarrow \mu_A(PR1) \overleftarrow{кр.^3} \mu_A(PR3)\}$	14,7	17,8	26,46	32,04
АСТТП15	$\{\mu_A(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9) \leftrightarrow \mu_A(PR3) \overleftarrow{кр.^3} \mu_A(PR1) \leftrightarrow \mu_A(GFP3 \vee GFP4 \vee GFP5 \vee GFP6 \vee GFP7) \overleftarrow{кр.} (GFP8 \vee GFP9)\}$	17,9	19,75	15,31	35,55
АСТТП16	$\{\mu_A(PS) \leftrightarrow \mu_A(GFN7) \leftrightarrow \mu_A(GFP1 \vee GFP2)\}$	10,07	13,04	17,08	25,04
АСТТП17	$\{\mu_A(PR1) \leftrightarrow \mu_A(GFP3 \vee GFP4 \vee GFP5 \vee GFP6 \vee GFP7) \overleftarrow{кр.} \mu_A(GFP8 \vee GFP9)\}$	16,52	19,8	28,52	35,64
АСТТП18	$\{\mu_A(PR3) \leftrightarrow \mu_A(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$	17,9	19,65	32,22	35,37
АСТТП19	$\{\mu_A(PG1) \leftrightarrow \mu_A(PP) \overleftarrow{кр.} \mu_A(PR1) \leftrightarrow \mu_A(GFN7) \leftrightarrow \mu_A(PS)\}$	14,27	14,27	25,68	25,68

Продолжение таблицы В.19

1	2	3	4	5	6
АСТП20	$\{GL2 \leftrightarrow PR2 \overleftarrow{кр.2} \mu_{\bar{A}}(GFP7 \vee GFP8) \overleftarrow{кр.} (GFP9)\}$	8,69	11,93	15,64	20,08
АСТП21	$\{GL2 \leftrightarrow PR2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow PR3 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$	18,89	19,71	34,02	35,47
АСТП22	$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow PR3 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$	16,35	18,08	29,43	32,05
АСТП23	$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GF0) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GF5)\}$	8,05	13,59	14,49	24,46
АСТП24	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow PG3 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GF0) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GF5) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2)\}$	12,3	12,3	22,14	22,14
АСТП25	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow PO \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR3)\}$	7,89	12,54	14,2	22,5
АСТП26	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow PG2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR3)\}$	15,33	15,33	27,5	27,5
АСТП27	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow PG2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN3 \vee GFN6) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV)\}$	11,44	12,06	21,05	23,03
АСТП28	$\{\mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR3)\}$	18,35	18,35	35,7	35,7
АСТП29	$\{\mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VH)\}$	4,65	4,65	13,3	13,3
АСТП30	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN6) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV)\}$	7,32	7,32	13,1	13,1
АСТП31	$\{\mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN5) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GF0) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1)\}$	11,53	11,53	20,7	22,53
АСТП32	$\{\mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN7) \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GF0 \vee GFN5) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1)\}$	12,95	14,1	23,31	27,45
АСТП33	$\{\mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1)\}$	10,29	10,29	18,5	18,5
АСТП34	$\{\mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1)\}$	13,46	13,46	13,46	13,46
АСТП35	$\{\mu_{\bar{A}}(PP) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VH)\}$	8,44	8,44	15,19	15,19
АСТП36	$\{\mu_{\bar{A}}(PS) \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(GFN7) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{кр.3} \mu_{\bar{A}}(PR3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1)\}$	17,88	17,88	28,6	28,6
АСТП37	$\{\mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN6) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR3)\}$	10,23	16,99	18,23	30,98
АСТП38	$\{\mu_{\bar{A}}(PR2) \overleftarrow{кр.2} \mu_{\bar{A}}(GFP7 \vee GFP8) \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(GFP9)\}$	10,01	13,63	18,01	21,8
АСТП39	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2 \vee GL3) \overleftarrow{кр.} PG \overleftarrow{кр.} PR1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP3 \vee GFP4 \vee GFP5 \vee GFP6 \vee GFP7) \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(GFP8 \vee GFP9)\}$	13,53	17,81	24,35	32,05
АСТП40	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2 \vee GL3) \overleftarrow{кр.} PG \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{кр.3} PR3 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14) \vee \mu_{\bar{A}}(GFN9)\}$	15,21	18,33	29,89	34,82
АСТП41	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2 \vee GL3) \overleftarrow{кр.} PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN1) \vee \mu_{\bar{A}}(PP) \overleftarrow{кр.} PG1\}$	8,99	20,01	12,99	38,01

Продолжение таблицы. В.19

1	2	3	4	5	6
АСТП42	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2 \vee GL3) \leftrightarrow PG \leftrightarrow GFN1\}$	7,65	8,45	15,65	17,45
АСТП43	$\{\mu_{\bar{A}}(GL2 \vee GL3) \leftrightarrow PR2 \xrightarrow{\text{кр.}^2} \mu_{\bar{A}}(GFP7 \vee GFP8) \xrightarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(GFP9)\}$	12,62	17,8	22,71	28,4
АСТП44	$\{\mu_{\bar{A}}(GL2 \vee GL3) \leftrightarrow PR2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow PR3 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14) \vee \mu_{\bar{A}}(GFN9)\}$	14,75	19,77	28,75	35,58
АСТП45	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \xrightarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PR1) \xrightarrow{\text{кр.}^3} \mu_{\bar{A}}(PR3)\}$	8,42	14,55	16,42	26,55

В.2.10. Станция «ТМ»

Модельная схема станции «ТМ»

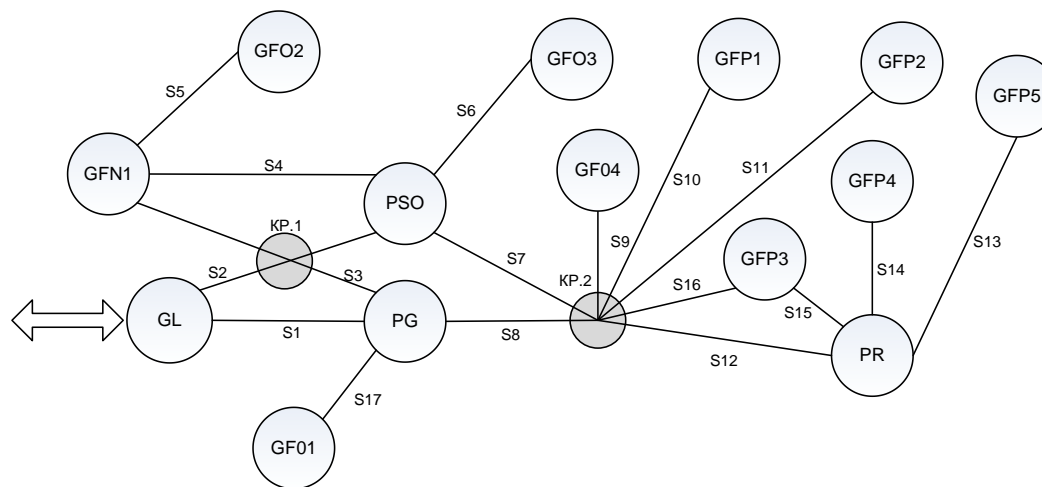


Рисунок В.19 – Модельная схема станции «ТМ»

Таблица В.20 – Вероятностная матрица связи технологических операций и станционных модулей
путевого развития станции «ТМ»

Технологические операции	Мод.	GL	PG	PSO	PR	GFO1	GFO2	GFO3	GFO4	GFI1	GFI2	GFI3	GFI4	GFI5	Si	KRI	KR2
1) Прием (отправка) (тасс. бригаторов) поездов	T1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2) Прием (отправка) грузового поезда	T2	1	1	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3) Прием (отправка) грузового маневров	T3	1	1	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4) Поезда (выселка) пассажиром	T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6) Прицепка (отцепка) грузовых (тасс.) вагонов	T6	0	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	0	0
7) Завед (выселка) ман. (поезда) локомотива	T7	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
8) Прицепка (отцепка) ман. (поезда) локомотива	T8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
9) Подача-уборка (подача-уборка) состава (групы) вагонов	T9	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
10) Технический осмотр состава (групы вагонов)	T10	0	1	1	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11) Коммерческий осмотр состава (групы вагонов)	T11	0	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0
12) Расформиров. (формирование) состава (групы)	T12	0	1/2	1	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
13) Прием (случа) состава (групы) вагонов	T13	0	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0
14) Погрузка-выгрузка (слив-налив) вагонов	T14	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
15) Расстановка (сборка) вагонов	T15	0	0	1/2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
16) Нависание вагонов (скашивание отцепки)	T16	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20) Эксплуатация, подготовка под погр. вагонов	T20	0	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0
21) Закрытие операции по погр.-выгр. вагонов	T21	0	0	0	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Сумма технологических операций	Σ=17	5	13	14	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10	12		По
Вероятность неиспользования модуля	Rм	0,294	0,764	0,823	0,882	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,705		модулю
Вероятность загрузки модуля	Rз.гр.	0,8	0,85	0,78	0,73	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1	станции
Резерв свободности модуля	Rв	25%	18%	28%	37%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	0%		
Время загрузки модуля	ин.ч.м	0,05	2,5	3	2,5	3,3	0,5	1,25	0,27	13,2	4	1,7	2,2	3,5	0,7	0,06	
Эксплуатация модуля	H	0,18	0,14	0,2	0,23	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0	
Относительная эффективность модуля	R	0,82	0,86	0,8	0,77	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0		

Таблица В.21 – Ведомость аксиомат АСТТП припортовой станции «ТМ»

Аксиомата АСТТП	Модельная схема АСТТП	Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка»)		Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка + обратно»)	
		min	max	min	max
АСТТП1	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{кр}. PR \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP5 \vee GFP4)\}$	5,87	8,73	10,56	15,71
АСТТП2	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{кр}. GFP3\}$	4,87	4,87	8,76	8,76
АСТТП3	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{кр}. GFP3 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR)\}$	4,87	7,43	8,76	13,3
АСТТП4	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{кр}. \mu_{\bar{A}}(PR) \leftrightarrow GFP3\}$	4,87	7,43	8,76	13,37
АСТТП5	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{кр}. \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2 \vee GFP4)\}$	2,94	6,67	5,29	10,01
АСТТП6	$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow GFO1\}$	5,97	5,97	8,74	10,74
АСТТП7	$\{GL \overleftarrow{кр}. PSO \overleftarrow{кр}. \mu_{\bar{A}}(PR) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP4 \vee GFP5)\}$	6,43	9,23	11,57	16,61
АСТТП8	$\{GL \overleftarrow{кр}. PSO \overleftarrow{кр}. GFP3 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR)\}$	5,37	7,93	9,66	14,27
АСТТП9	$\{GL \overleftarrow{кр}. PSO \overleftarrow{кр}. \mu_{\bar{A}}(PP) \leftrightarrow GFP3\}$	5,37	7,93	9,66	14,23
АСТТП10	$\{GL \overleftarrow{кр}. PSO \overleftarrow{кр}. \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2 \vee GFP4)\}$	3,44	7,17	6,19	10,9
АСТТП11	$\{GL \overleftarrow{кр}. PSO \leftrightarrow GFO3\}$	4,42	4,42	7,95	7,95
АСТТП12	$\{GL \overleftarrow{кр}. PSO \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFO2)\}$	3,11	16,87	4,97	21,3

В.2.11. Станция «ТС»

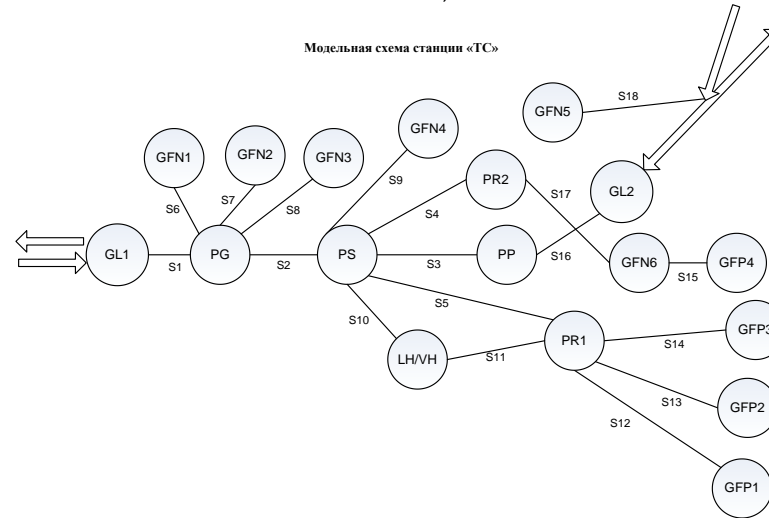


Рисунок В.21 – Модельная схема станции «ТС»

Таблица В.22 – Вероятностная матрица связи технологических операций и станционных модулей путевого развития станции «ТС»

Технологические операции	Мод.	GL1	GL2	PP	PG	PS	GFN1	GFN2	GFN3	GFN4	GFN5	PR1	GFP1	GFP2	GFP3	PR2	GFN6	GFP4	LH	VH	BO	Si	
1) Прием (отправка) пасс. (пригородн.) поезда	T1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2) Прием (отправка) грузового поезда	T2	1	1	0	1	1/2	0	0	0	0	0	1/2	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	1
3) Прием (отправка) грузового маршрута	T3	1	1	0	1	1/2	0	0	0	0	0	1/2	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	1
4) Посадка (высадка) пассажиров	T4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5) Прием (выдача) багажа	T5	0	0	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6) Прилетка (отправка) грузовых (пасс.) вагонов	T6	0	0	1/2	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	0	1/2	1/2	1	1
7) Заезд (выезд) ман. (последн.) локомотива	T7	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1
8) Прилетка (отправка) ман. (последн.) локомотива	T8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1
9) Подача (уборка) (перестановка) состава (группы) вагонов	T9	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1
10) Технический осмотр состава (группы) вагонов	T10	0	0	1	1	1/2	0	0	0	0	0	1/2	0	0	0	1/2	0	0	0	1	0	0	0
11) Коммерческий осмотр состава (группы) вагонов	T11	0	0	0	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	0	0	1/2	0	0
12) Вск. формирования (формирование) состава (группы)	T12	0	0	0	1/2	1	0	0	0	0	0	1/2	0	0	0	1/2	0	0	0	0	0	0	1
13) Прием (слезка) состава (группы) вагонов	T13	0	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	0	0	1/2	0	0
14) Погрузка-выгрузка (слиз-налив) вагонов	T14	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1/2	1/2	1	0	0
15) Вск. слезка (сборка) вагонов	T15	0	0	0	0	1/2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1/2	1	1	1
16) Накопление вагонов (ориентация отправки)	T16	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1/2	0	0
17) Эксплуатация ман. (последн.) локомотивов	T17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/2	0	0	0	0
18) Выход вагонов	T18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
20) Эксплуатация, подготовка под погр. вагонов	T20	0	0	0	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0
21) Эксплуатация операций по погр. вагона	T21	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1/2	1/2	1/2	0	0
Сумма технологических операций	$\Sigma=20$	5	5	9	11	12	10	10	10	10	10	13	10	10	10	13	10	10	5	9	11	9	9
Вероятность использования модуля	$R_{м}$	0,25	0,25	0,45	0,55	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,65	0,5	0,5	0,5	0,65	0,5	0,5	0,3	0,45	0,55	0,45	0,45
Вероятность загрузки модуля	$R_{з.ср}$	0,8	0,8	0,88	0,9	0,75	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,77	0,8	0,8	0,8	0,77	0,8	0,8	0,58	0,72	0,64	1	1
Процент свободности модуля	$R_{св}$	25%	25%	13%	11%	33%	25%	25%	25%	25%	25%	29%	25%	25%	13%	30%	25%	25%	25%	30%	56%	0%	0%
Время занятия модуля	знач.	0,05	0,05	0,4	2	1,2	2,25	2,25	1,1	3,8	2,5	1	0,7	0,9	1,1	1	1	2	0,5	2,25	1,1	0,05	0,05
Энергия модуля	H	0,18	0,18	0,12	0,1	0,21	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,2	0,18	0,18	0,12	0,2	0,18	0,18	0,32	0,23	0,29	0	0
Относительная организация модуля	R	0,82	0,82	0,88	0,9	0,79	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,8	0,82	0,82	0,88	0,8	0,82	0,82	0,68	0,77	0,71	0	0

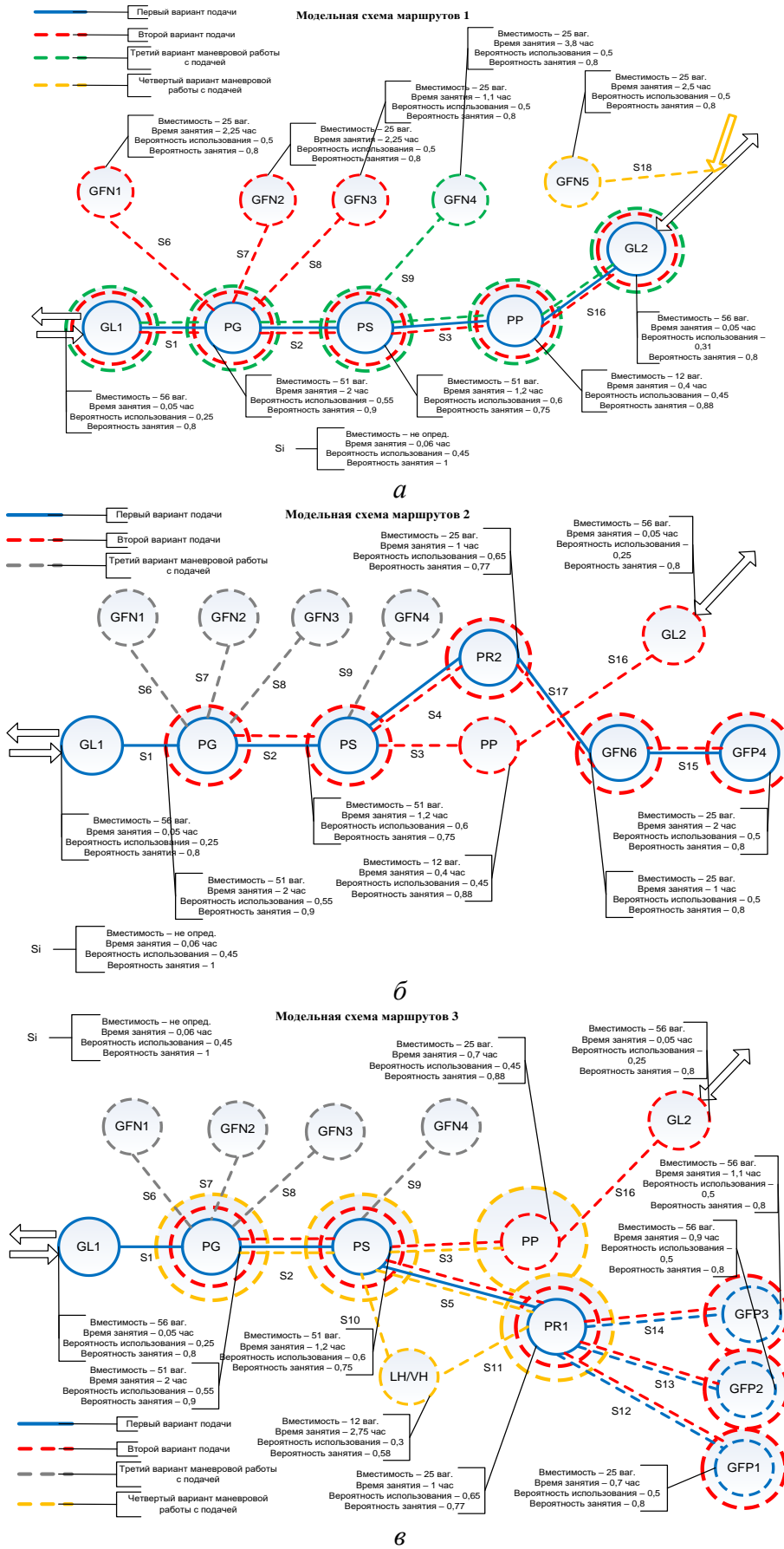


Рисунок В.22 – Модельные схемы маршрутов:
 а – модельная схема маршрутов № 1; б – модельная схема маршрутов № 2;
 в – модельная схема маршрутов № 3

Таблица В.23 – Ведомость аксиомат АСТП припортовой станции «ТС»

Аксиомата АСТП	Модельная схема АСТП	Общее время АСТП, ч («туда + выгрузка/погрузка»)		Общее время АСТП, ч («туда + выгрузка/погрузка + обратно»)	
		min	max	min	max
АСТП1	$\{\mu_{\bar{A}}(GL2) \leftrightarrow GFN5\}$	2,56	2,67	2,6	2,8
АСТП2	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow PP \leftrightarrow GL2\}$	0,62	3,94	1,2	3,9
АСТП3	$\{GL1 \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN1 \vee GFN2 \vee GFN3)\}$	3,27	4,42	5,87	7,9
АСТП4	$\{GL2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PP) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN1 \vee GFN2 \vee GFN3)\}$	2,11	6,14	4,11	12,3
АСТП5	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow PS \leftrightarrow GFN4\}$	5,17	7,23	10,17	13,23
АСТП6	$\{GL2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PP) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN4)\}$	1,31	8,95	2,35	14,11
АСТП7	$\{GL2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PP) \leftrightarrow PS \leftrightarrow GFN4\}$	5,11	5,63	9,19	9,63
АСТП8	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN1 \vee GFN2 \vee GFN3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN4)\}$	8,28	9,43	16,28	17,01
АСТП9	$\{GL1 \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN6) \leftrightarrow GFP4\}$	4,17	9,29	7,5	11,29
АСТП10	$\{GL2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PP) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN6) \leftrightarrow GFP4\}$	2,11	9,27	5,2	13,24
АСТП11	$\{GL2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PP) \leftrightarrow PS \leftrightarrow PR2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN6) \leftrightarrow GFP4\}$	4,43	5,89	7,97	8,42
АСТП12	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN1 \vee GFN2 \vee GFN3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN6) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP4)\}$	8,59	11,55	14,46	17,79
АСТП13	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN4) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN6) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP4)\}$	11,04	11,04	14,87	14,87
АСТП14	$\{GL1 \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2 \vee GFP3)\}$	2,11	5,59	4,23	10,06
АСТП15	$\{GL2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PP) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2 \vee GFP3)\}$	6,85	7,31	14,33	13,15
АСТП16	$\{GL2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PP) \leftrightarrow PS \leftrightarrow PR1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2 \vee GFP3)\}$	2,37	3,99	4,26	7,18
АСТП17	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN1 \vee GFN2 \vee GFN3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH/VH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2 \vee GFP3)\}$	6,8	10,1	12,24	18,18
АСТП18	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN4) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH/VH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2 \vee GFP3)\}$	7,98	9,59	14,3	17,2
АСТП19	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH/VH)\}$	4,73	5,68	8,13	10,68
АСТП20	$\{\mu_{\bar{A}}(GL2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PP) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH/VH)\}$	2,33	4,08	5,33	7,15

В.2.12. Станция «У»

Модельная схема станции «У»

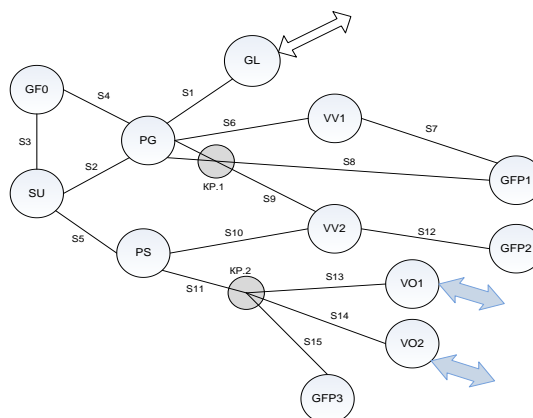


Рисунок В.23 – Модельная схема станции «У»

Таблица В.24 – Вероятностная матрица связи технологических операций и станционных модулей путевого развития станции «У»

Технологические операции	Мод.	GL	PG	PS	SU	GF0	GFP1	GFP2	GFP3	VV1	VV2	VO1	VO2	Si	KR1	KR2
1) Прием (отправл.) пасс. (пригород.) поезда	T1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2) Прием (отправл.) грузового поезда	T2	1	1	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3) Прием (отправл.) грузового маршрута	T3	1	1	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4) Посадка (высадка) пассажиров	T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6) Прицепка (отцепка) грузовых (пасс.) вагонов	T6	0	1	1	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	0	0
7) Заезд (выезд) ман. (повзд.) локомотива	T7	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1	0	0
8) Прицепка (отцепка) ман. (повзд.) локомотива	T8	0	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1	0	0
9) Подача-сборка (перестановка) состава (группы) вагонов	T9	1/2	1	1	1/2	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1	0	0
10) Технический осмотр состава (группы) вагонов	T10	0	1	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11) Коммерческий осмотр состава (группы) вагонов	T11	0	1	1/2	0	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0
12) Расформиров. (формирование) состава (группы)	T12	0	1/2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
13) Прием (сдача) состава (группы) вагонов	T13	0	1/2	1/2	0	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0
14) Погрузка-выгрузка (слив-налив) вагонов	T14	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
15) Расстановка (сборка) вагонов	T15	0	0	1/2	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
16) Накопление вагонов (ожидание отправл.)	T16	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20) Экипировка, подготовка под погр. вагонов	T20	0	0	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0
21) Заключит. операции по погр.-выгр. вагонов	T21	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
22) Подача (уборка) вагонов на вагоноопрокидыватель	T22	0	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
23) Ввешивание вагонов на ваг. весах	T23	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
Сумма технологических операций	Σ=19	5	12	13	4	10	10	10	10	5	5	6	6	11		По
Вероятность использования модуля	Rм	0,263	0,631	0,684	0,21	0,526	0,526	0,526	0,526	0,263	0,263	0,315	0,315	0,578		варианты
Вероятность загрузки модуля	Rз. ср.	0,6	0,87	0,73	0,87	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,66	0,66	1		станции
Резерв свободности модуля	Rп	66%	14%	36%	14%	25%	25%	25%	25%	43%	43%	51%	51%	0%		
Время занятия модуля	ван. ч	0,05	1,6	2,5	0,7	2,25	3,1	2,7	4,2	0,25	0,25	0,16	0,16	0,06		
Энтропия модуля	H	0,3	0,12	0,22	0,32	0,18	0,18	0,18	0,18	0,25	0,25	0,28	0,28	0		
Относительная организация модуля	R	0,7	0,88	0,78	0,68	0,82	0,82	0,82	0,82	0,75	0,75	0,72	0,72	0		

Таблица В.25 – Ведомость аксиомат АСТТП припортовой станции «У»

Аксиомата АСТТП	Модельная схема АСТТП	Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка»)		Общее время АСТТП, ч («туда + выгрузка/погрузка + обратно»)	
		min	max	min	max
АСТТП1	$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VV1) \leftrightarrow GFP1\}$	4,87	5,18	8,76	8,9
АСТТП2	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{\text{кр.}} GFP1\}$	4,87	4,87	8,76	8,76
АСТТП3	$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VV1) \leftrightarrow GFP1\}$	4,87	7,6	8,76	11,68
АСТТП4	$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \overleftarrow{\text{кр.}} GFP1\}$	4,87	5,63	8,76	10,13
АСТТП5	$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow GF0\}$	4,02	4,02	7,01	7,52
АСТТП6	$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow GF0\}$	4,02	4,78	7,01	8,6
АСТТП7	$\{GL \leftrightarrow PG \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(VV2) \leftrightarrow GFP2\}$	3,41	3,72	6,73	5,95
АСТТП8	$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VV2) \leftrightarrow GFP2\}$	4,47	8,1	7,15	12,96
АСТТП9	$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow PS \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(V01 \vee V02 \vee GFP3)\}$	4,43	9,29	7,97	11,7

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

**Программный расчет времен транспортных процессов
припортовых станций АЧБ по вариантам логических групп
АСТТП (ЛГ АСТТП)**

(согласно ведомостям аксиомат, см. Приложение В, полный цикл «туда и обратно»)

Г.1. Припортовая станция «А»

Таблица Г.1 – Ведомость значений времен АСТТП для первой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 1 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП1 Вероятность выбора – 50 %		АСТТП2 Вероятность выбора – 25 %	
$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP)_k\}$		$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFO \vee (GFP)_k)\}$	
		АСТТП3 Вероятность выбора – 25 %	
		$\{GL \leftrightarrow PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN)_k\}$	
16,74	20,34	17,57	6,80
20,34	20,34	17,12	6,80
4,74	20,34	17,12	6,80
8,34	20,34	5,57	6,80
16,74	20,34	5,12	6,80
20,34	8,34	17,57	6,80
20,34	20,34	17,57	6,80
20,34	16,74	5,12	6,80
20,34	20,34	17,57	6,80
20,34	8,34	17,12	6,80
8,34	8,34	5,57	6,80
20,34	8,34	5,57	6,80
16,74	20,34	17,57	6,80
20,34	8,34	17,57	6,80
8,34	16,74	17,57	6,80
8,34	8,34	17,57	6,80
8,34	20,34	17,57	6,80
20,34	4,74	17,57	6,80
20,34	16,74	17,57	6,80
4,74	16,74	17,57	6,80
16,74		17,57	
8,34		17,57	
16,74		17,12	
20,34		17,12	
20,34		17,57	
20,34		5,57	
16,74		5,57	
4,74		17,12	
8,34		17,57	
20,34		17,57	

Таблица Г.2 – Ведомость значений времен АСТТП для второй логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 2 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч						
АСТТП4 Вероятность выбора 70 %			АСТТП5 Вероятность выбора 10 %	АСТТП6 Вероятность выбора 10 %	АСТТП7 Вероятность выбора 5 %	АСТТП8 Вероятность выбора 5 %
{GL ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(\text{SU})$ ↔ $\mu_A(\text{PS}) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(\text{PV})$ ↔ $\mu_A(\text{PR})$ ↔ $\mu_A(\text{GFP})_k$ }			{GL ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(\text{SU})$ ↔ $\mu_A(\text{PS}) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(\text{PV})$ ↔ ↔ $\mu_A(\text{GFO V}(\text{GFP})_k$ }	{GL ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}} \text{GFN2}$ }	{GL ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(\text{SU})$ ↔ $\mu_A(\text{PS})$ ↔ $\mu_A(\text{GFN})_k$ }	{GL ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(\text{SU})$ ↔ $\mu_A(\text{PS})$ ↔ $\mu_A(\text{SU}) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(\text{PG}) \overleftarrow{\text{кр.}} \text{GFN2}$ }
9,78	4,74	28,18	25,41	5,45	6,64	15,08
26,98	28,18	20,34	19,01	5,45	13,04	9,64
26,98	28,18	28,18	5,12	5,45	13,04	9,64
28,18	26,98	9,78	25,41	5,45	13,04	17,48
28,18	28,18	28,18	18,56	5,45	13,04	
20,34	9,78	20,34	17,57	5,45		
28,18	26,98	20,34	25,41	5,45		
4,74	4,74	20,34	19,01	5,45		
20,34	9,78	26,9820,34	17,57	5,45		
20,34	20,34	20,34	25,41	5,45		
28,18	9,78	9,78	19,01			
28,18	26,98	26,98				
20,34	28,18	26,98				
28,18	26,98					
28,18	26,98					
28,18	26,98					
28,18	28,18					
20,34	9,78					
26,98	28,18					
9,78	9,78					
26,98	28,18					
20,34	4,74					
9,78	20,34					
28,18	9,78					
20,34	28,18					
20,34	26,98					
28,18	28,18					
26,98	28,18					

Таблица Г.3 – Ведомость значений времен АСТТП для третьей логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 3 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП9 Вероятность выбора – 60 %		АСТТП10 Вероятность выбора – 20 %		АСТТП11 Вероятность выбора – 10 %	АСТТП12 Вероятность выбора – 10 %
{GL $\overleftarrow{\text{кр}}$. PS $\overleftarrow{\text{кр}}$. μ_A (PV) \leftrightarrow μ_A (PR) \leftrightarrow μ_A (GFP) $_k$ }		{GL $\overleftarrow{\text{кр}}$. PS $\overleftarrow{\text{кр}}$. μ_A (PV) \leftrightarrow μ_A (GFO V (GFP) $_k$ }		{GL $\overleftarrow{\text{кр}}$. PS \leftrightarrow μ_A (GFN) $_k$ }	{GL $\overleftarrow{\text{кр}}$. PS \leftrightarrow μ_A (SU) \leftrightarrow μ_A (PS) \leftrightarrow μ_A (GFN) $_k$ }
9,83	18,23		17,57	3,70	6,40
9,83	9,83		17,57	3,70	3,54
21,83	21,83		17,57	3,70	6,40
21,83	18,23		11,57	3,70	6,40
21,83	9,83		17,57	3,70	3,70
21,83	18,23		11,12	3,70	6,40
21,83	21,83		11,57	3,70	6,40
18,23	9,83		17,57	3,70	3,54
21,83	6,23		11,12	3,70	6,40
21,83	21,83		17,57	3,70	3,70
21,83	18,23		17,57		3,54
9,83	9,83		11,57		3,70
9,83	9,83		17,57		
21,83	18,23		17,57		
18,23	6,23		11,12		
21,83	21,83		17,57		
21,83	21,83		17,57		
18,23	18,23		17,57		
21,83	9,83		17,12		
9,83	6,23		17,57		
21,83	18,23				
18,23	21,83				
6,23	6,23				
21,83	21,83				
9,83	18,23				
9,83	21,83				
18,23	21,83				
21,83	9,83				
21,83	21,83				

Таблица Г.4 – Ведомость значений времен АСТТП для четвертой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 4 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП13 Вероятность выбора – 80 %			АСТТП14 Вероятность выбора – 20 %
{GL $\overleftarrow{\text{кр.}}$ PS \leftrightarrow $\mu_{\bar{A}}$ (SU) \leftrightarrow $\mu_{\bar{A}}$ (PS) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ $\mu_{\bar{A}}$ (PV) \leftrightarrow $\mu_{\bar{A}}$ (PR) \leftrightarrow $\mu_{\bar{A}}$ (GFP) $_k$ }			{GL $\overleftarrow{\text{кр.}}$ PS \leftrightarrow $\mu_{\bar{A}}$ (SU) \leftrightarrow $\mu_{\bar{A}}$ (PS) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ $\mu_{\bar{A}}$ (PV) \leftrightarrow $\mu_{\bar{A}}$ (GFO V (GFP) $_k$ }
28,12	31,72	31,72	16,50
31,72	8,28	31,72	28,95
19,72	31,72	19,72	28,95
31,72	31,72	31,72	28,50
8,28	28,12	28,12	16,95
19,72	25,32	31,72	28,95
31,72	31,72	25,32	9,17
28,12	31,72	21,72	28,95
31,72	28,12	19,72	28,50
31,72	19,72	19,72	8,72
19,72	28,12	25,32	28,95
31,72	31,72	19,72	28,50
8,28	31,72	19,72	28,95
31,72	31,72	28,12	28,95
31,72	31,72	25,32	28,50
19,72	31,72	31,72	28,50
31,72	28,12	31,72	8,72
19,72	31,72	8,28	28,95
31,72	28,12	25,32	28,95
28,12	28,12	28,12	28,50
19,72	31,72	25,32	28,95
19,72	25,32	31,72	
28,12	31,72	31,72	
31,72	31,72		
31,72	19,72		
31,72	31,72		
28,12	31,72		
31,72	31,72		

Таблица Г.5 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «А» в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ч		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
ЛГ 1	АСТТП1	4,76	11,77	8,22	21,29	4,74	20,34	15,25	14,188	16,374	-4
	АСТТП2	3,4	9,4	5,5	16,55	5,12	17,57	14,65	13,312	16,085	+6
	АСТТП3	2,1	5,2	3,7	6,8	6,8	6,8	6,8	5,705	8,044	0
ЛГ 2	АСТТП4	14,08	15,69	26,86	29,13	4,74	28,18	21,9	20,817	23,024	-3
	АСТТП5	12,72	13,83	14,14	23,83	5,12	25,41	19,77	17,231	22,581	+7
	АСТТП6	3,85	3,85	7,2	7,37	5,45	5,45	5,45	4,099	<u>7,102</u>	-3
	АСТТП7	5,36	9,12	10,22	14,64	6,64	13,04	11,76	8,948	15,176	-11
	АСТТП8	8,6	9,98	16,7	17,2	9,64	17,48	12,96	9,674	17,002	+1
ЛГ 3	АСТТП9	12,59	13,6	22,58	24,95	6,23	21,83	16,78	15,744	17,870	-12
	АСТТП10	10,79	13,03	14,28	17,81	11,12	17,57	15,68	13,992	17,515	-1
	АСТТП11	3,87	6,97	4,04	7,14	3,70	3,70	3,70	2,605	5,100	-28 *
	АСТТП12	7,12	10,95	10,54	11,1	3,54	6,40	5,01	3,824	6,447	-42 *
ЛГ 4	АСТТП13	15,85	17,46	30,4	32,66	8,28	31,72	27,07	25,940	28,247	-3
	АСТТП14	14,46	15,6	27,62	29,01	8,72	28,95	24,79	22,705	27,012	-1

Г.2. Припортовая станция «Г»

Таблица Г.6 – Ведомость значений времен АСТТП для первой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч				
АСТТП1 Вероятность выбора – 10 %	АСТТП2 Вероятность выбора – 40 %		АСТТП3 Вероятность выбора – 40 %	АСТТП4 Вероятность выбора – 10 %
$\{GL \xrightarrow{\text{кр.}^2} \mu_A(FS)_k\}$	$\{GL \leftrightarrow PG \xrightarrow{\text{кр.}} \mu_A(SU) \leftrightarrow \mu_A(PSO) \xrightarrow{\text{кр.}} \mu_A(FS)_k\}$		$\{GL \leftrightarrow PG \xrightarrow{\text{кр.}} \mu_A(SU) \xrightarrow{\text{кр.}^2} \mu_A(FS1 \vee FS2)\}$	$\{\mu_A(FS)_k \xrightarrow{\text{кр.}^2} \mu_A(PSO) \leftrightarrow \mu_A(SU) \xrightarrow{\text{кр.}^2} \mu_A(FS1 \vee FS2 \vee FS3)\}$
4,22	7,56	7,56	7,56	7,56
4,22	9,68	11,08	7,56	7,56
4,22	9,68	9,68	6,16	7,56
4,22	9,68	11,08	6,16	7,56
4,22	11,08	7,56	7,56	7,56
4,22	11,08	11,08	7,56	7,56
4,22	11,08	11,08	7,56	7,56
	9,68	11,08	7,56	7,56
	11,08	11,08	7,56	7,56
	11,08	11,08	6,16	7,56
	11,08		7,56	7,56
	9,68		7,56	6,16
	7,56		11,08	6,16
	9,68		7,56	6,16
	7,56		6,16	6,16
	11,08		7,56	7,56
	11,08		6,16	7,56
	11,08		7,56	7,56
	11,08		7,56	7,56
	9,68		6,16	7,56
	11,08		7,56	7,56
	11,08		7,56	7,56
	7,56		7,56	
	11,08		7,56	
	9,68		7,56	
	9,68		7,56	
	9,68		7,56	

Таблица Г.7 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «Г» в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ч		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
ЛГ 1	АСТТП1	4,11	4,11	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	2,838	6,041	0
	АСТТП2	6,78	7,54	9,56	11,08	7,56	11,08	10,09	9,095	11,170	0
	АСТТП3	5,02	5,78	6,04	11,56	6,16	11,08	7,35	6,607	8,146	-4
	АСТТП4	9,82	10,58	15,64	17,16	10,64	17,16	14,08	11,435	17,146	0

Таблица Г.10 – Ведомость значений времен АСТТП для третьей логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 3 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч				
АСТТП10. Вероятность выбора – 100 %				
{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PPV) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP2 V GFP3)}				
8,96	10,36	8,96	5,96	
4,56	8,96	8,96	10,36	
10,36	8,96	8,96	4,56	
10,36	8,96	10,36	10,36	
8,96	10,36	8,96	5,96	
10,36	10,36	10,36	10,36	
10,36	5,96	4,56	8,96	
10,36	10,36	8,96	8,96	
10,36	4,56	10,36	8,96	
8,96	4,56	5,96	8,96	
4,56	10,36	5,96	4,56	
8,96	8,96	8,96	10,36	
5,96	8,96	10,36	8,96	
4,56	4,56	4,56	4,56	
10,36	10,36	8,96	10,36	
10,36	8,96	8,96	8,96	
8,96	8,96	10,36	4,56	
8,96	8,96	8,96	8,96	
8,96	5,96	10,36	10,36	
5,96	8,96	8,96	8,96	
8,96	10,36	8,96	4,56	
8,96	10,36	8,96	5,96	
8,96	5,96	10,36	5,96	
5,96	8,96	8,96	8,96	
4,56	8,96	4,56	4,56	

Таблица Г.12 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «Е» в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ч		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
ЛГ 1	АСТТП1	2,67	2,67	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	3,290	4,909	0
	АСТТП2	2,41	2,41	3,72	3,72	3,84	3,84	3,84	2,913	4,968	+3
	АСТТП3	3,07	3,07	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	3,543	5,494	0
	АСТТП4	2,57	2,57	3,94	3,94	3,94	3,94	3,94	3,118	4,912	0
	АСТТП5	3,47	3,47	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	3,676	6,256	0
	АСТТП6	1,31	8,18	2,31	11,1	4,99	7,36	6,31	4,774	8,175	-26 *
ЛГ 2	АСТТП7	1,31	2,37	1,62	3,74	3,74	3,74	3,74	3,213	4,329	0
	АСТТП8	3,57	5,88	4,89	9,51	9,51	9,51	9,51	8,382	10,747	0
	АСТТП12	5,71	6,71	9,42	11,7	12,66	12,66	12,66	11,304	14,134	+8
ЛГ 3	АСТТП10	5,33	6,73	9,36	10,36	4,56	10,36	8,30	7,747	8,886	0
ЛГ 4	АСТТП9	3,57	3,57	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,491	5,421	0
	АСТТП11	4,52	4,52	6,84	6,84	6,84	6,84	6,84	5,316	8,665	0

Г.4. Припортовая станция «З»

Таблица Г.13 – Ведомость значений времен АСТТП для первой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 1 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП1, Вероятность выбора – 50 %		АСТТП2, Вероятность выбора – 50 %	
{GL1 ↔ μ _A (PG) ↔ GL2}		{μ _A (GL1 ∨ GL2) ↔ μ _A (PG)}	
1,05	0,22	0,22	0,22
1,05	1,05	1,05	0,22
1,05	1,05	1,05	0,22
1,05	0,22	1,05	0,22
0,22	1,05	1,05	0,22
0,22	1,05	1,05	1,05
1,05	1,05	1,05	1,05
1,05	1,05	1,05	1,05
0,22	1,05	0,22	1,05
0,22	1,05	1,05	1,05
1,05	1,05	1,05	1,05
1,05	1,05	1,05	1,05
1,05	0,22	1,05	1,05
1,05		0,22	1,05
1,05		1,05	1,05
1,05		0,22	1,05
1,05		1,05	1,05
0,22		1,05	1,05
1,05		1,05	1,05
0,22		1,05	1,05
1,05		1,05	1,05
1,05		1,05	1,05
1,05		1,05	1,05
1,05		1,05	1,05
1,05		1,05	1,05
1,05		1,05	1,05
1,05		1,05	1,05
1,05		1,05	1,05
1,05		1,05	1,05
0,22		1,05	1,05
0,22		0,22	1,05
0,22		0,22	
0,22		1,05	
1,05		1,05	

Таблица Г.16 – Ведомость значений времен АСТП для четвертой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 4 (количество экспериментов – 100), общее время АСТП, ч				
АСТП10 Вероятность выбора – 35 %	АСТП11 Вероятность выбора – 35 %		АСТП12 Вероятность выбора – 15 %	АСТП13 Вероятность выбора – 15 %
{GL2 ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}}$ $\mu_{\bar{A}}$ (PR1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP2)}	{GL2 ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}}$ $\mu_{\bar{A}}$ (VV1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP2)}		{GL1 ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}}$ $\mu_{\bar{A}}$ (PR1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP2)}	{GL1 ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}}$ $\mu_{\bar{A}}$ (VV1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP2)}
11,04	4,04	4,04	4,04	4,04
11,04	4,04	5,04	11,04	4,04
4,04	4,04	4,04	4,04	4,04
4,04	4,04	4,04	4,04	4,04
11,04	4,04	4,04	4,04	4,04
4,04	4,04	4,04	11,04	4,04
11,04	4,04	4,04	11,04	4,04
11,04	4,04	4,04	4,04	5,04
11,04	5,04	4,04	4,04	4,04
11,04	4,04	4,04	4,04	4,04
11,04	4,04	4,04	4,04	4,04
11,04	4,04	4,04	4,04	5,04
4,04	5,04	4,04	11,04	4,04
11,04	4,04	4,04	11,04	4,04
11,04	4,04	4,04	4,04	4,04
4,04	4,04	5,04	11,04	4,04
4,04	4,04		4,04	
11,04	4,04		11,04	
11,04	4,04		11,04	
11,04	4,04		11,04	
11,04	4,04		11,04	
4,04	4,04			
11,04	4,04			
11,04	4,04			
4,04	4,04			
11,04	4,04			
11,04	4,04			
4,04	4,04			
4,04	5,04			

Таблица Г.17 – Ведомость значений времен АСТП для пятой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 5 (количество экспериментов – 100), общее время АСТП, ч							
АСТП14 Вероятность выбора – 35 %		АСТП15 Вероятность выбора – 15 %		АСТП16 Вероятность выбора – 35 %		АСТП17 Вероятность выбора – 15 %	
{GL2 ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}}$ GFP1}		{GL1 ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}}$ GFP1}		{GL2 ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}}$ μ_A (GFN2 V GFN3)}		{GL1 ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}}$ μ_A (GFN2 V GFN3)}	
6,62	6,62	6,62		3,92	3,92	3,92	
6,62	6,62	6,62		5,22	5,22	5,22	
6,62	6,62	6,62		3,92	3,92	3,92	
6,62	6,62	6,62		3,92	5,22	5,22	
6,62	6,62	6,62		3,92	5,22	3,92	
6,62		6,62		3,92	3,92	3,92	
6,62		6,62		5,22	3,92	3,92	
6,62		6,62		3,92	5,22	3,92	
6,62		6,62		5,22		3,92	
6,62		6,62		3,92		5,22	
6,62		6,62		5,22		5,22	
6,62		6,62		3,92		3,92	
6,62		6,62		3,92		5,22	
6,62		6,62		3,92		3,92	
6,62		6,62		5,22			
6,62		6,62		3,92			
6,62		6,62		3,92			
6,62		6,62		5,22			
6,62		6,62		3,92			
6,62		6,62		3,92			
6,62		6,62		5,22			
6,62		6,62		3,92			
6,62		6,62		5,22			
6,62		6,62		5,22			
6,62		6,62		3,92			

Таблица Г.19 – Ведомость значений времен АСТТП для седьмой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 7 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП23 Вероятность выбора – 35 %		АСТТП24 Вероятность выбора – 35 %		АСТТП25 Вероятность выбора – 30 %	
$\{\mu_{\bar{A}}(GFP2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN1)\}$		$\{\mu_{\bar{A}}(GFP2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV)\}$		$\{\mu_{\bar{A}}(GFP2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PG) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(GFP1)\}$	
15,54	12,28	13,94	15,70	10,36	
15,54	13,94	12,28	17,36	17,36	
6,88	13,94	13,94	17,36	17,36	
8,54	6,94	12,28	17,36	10,36	
15,54	6,94	13,94	17,36	17,36	
8,54	12,28	13,94	15,70	17,36	
15,54	13,94	13,94	17,36	17,36	
13,88	13,94	12,28	8,70		
13,88	6,94	13,94	17,36		
13,88	13,94	6,94	17,36		
15,54	13,94	6,94	10,36		
13,88	13,94	13,94	10,36		
8,54	6,94	6,94	17,36		
13,88	13,94	6,94	17,36		
13,88	13,94	13,94	10,36		
6,88	13,94		17,36		
8,54	13,94		17,36		
15,54	5,28		15,70		
15,54	13,94		17,36		
15,54	13,94		17,36		
15,54	13,94		17,36		
8,54	5,28		17,36		
15,54	13,94		15,70		
13,88	13,94		15,70		
8,54	13,94		10,36		
6,88	13,94		17,36		

Таблица Г.20 – Ведомость значений времен АСТТП для восьмой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 8 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП26 Вероятность выбора – 25 %	АСТТП27 Вероятность выбора – 25 %	АСТТП28 Вероятность выбора – 25 %	АСТТП29 Вероятность выбора – 25 %
$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFP2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR1}) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(\text{PG}) \overleftarrow{\text{кр.}}\}$ $\mu_{\bar{A}}(\text{GFN2} \vee \text{GFN3})$	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFP1}) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(\text{PG}) \overleftarrow{\text{кр.}}\}$ $\mu_{\bar{A}}(\text{GFN2} \vee \text{GFN3})$	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFP1}) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(\text{PG}) \overleftarrow{\text{кр.}}\}$ $\mu_{\bar{A}}(\text{PV} \vee \text{GFN1})$	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN2} \vee \text{GFN3}) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(\text{PG}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PV} \vee \text{GFN1})\}$
8,96	14,24	13,82	12,22
14,66	12,34	13,82	12,22
7,66	11,04	13,82	13,82
8,96	14,24	10,56	12,16
15,96	14,24	12,22	13,82
14,30	14,24	13,82	
8,96	14,24	13,82	
8,96	14,24	13,82	
15,96	14,24	12,22	
8,96	14,24	12,16	
14,66	12,94	10,56	
7,66	14,24	12,22	
13,0	12,94	13,82	
6,0	12,94	12,22	
6,0	11,04	12,22	
15,96	12,94	13,82	
15,96	14,24	12,22	
13,0	12,94	13,82	
	14,24	13,82	
	12,94	12,22	
	11,04	13,82	
	14,24	12,22	
	14,24	12,22	
	14,24	12,16	
	12,94	12,16	
	14,24	12,16	
	11,04	13,82	

Таблица Г.21 – Ведомость значений времен АСТТП для девятой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 9 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП20. Вероятность выбора – 20 %		АСТТП30. Вероятность выбора – 80 %	
{ $\mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP4) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VV2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2)$ }		{ $\mu_{\bar{A}}(GFP3 \vee GFP4 \vee GFN4) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \overline{кр.} PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PV \vee GFN1)$ }	
7,38	13,86	15,46	14,46
7,38	14,46	14,46	13,86
10,94	14,46	16,06	16,06
10,94	14,46	16,06	16,06
7,38	16,06	16,06	16,06
10,94	16,06	16,06	14,46
7,38	16,06	15,46	13,86
11,44	15,46	14,46	16,06
7,38	13,86	16,06	13,86
7,38	16,06	14,46	15,46
	14,46	14,46	16,06
	15,46	16,06	15,46
	15,46	15,46	13,86
	15,46	15,46	15,46
	14,46	15,46	16,06
	15,46	13,86	16,06
	15,46	13,86	13,86
	15,46	15,46	15,46
	16,06	14,46	15,46
	13,96	14,46	14,46
	15,46	14,46	15,46
	16,06	16,06	15,46
	13,96	16,06	14,46
	16,06	14,46	15,46
	14,46	15,46	14,46
	13,86	13,86	13,86
	15,46	15,46	15,46
	15,46	13,86	13,86
	13,86	13,86	14,46
	13,86	15,46	13,86

Таблица Г.22 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «З» в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», час		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ЛГ 1	АСТТП1	0,16	1,05	0,27	1,05	0,22	1,05	0,813	0,563	1,135	0
	АСТТП2	0,16	1,05	0,27	1,05	0,22	1,05	0,864	0,641	1,139	0
ЛГ 2	АСТТП3	3,8	3,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,048	5,651	0
	АСТТП4	3,8	3,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,300	5,342	0
ЛГ 3	АСТТП5	0,94	2,2	1,7	3,2	3,2	3,2	3,2	2,525	4,001	0
	АСТТП6	0,94	2,2	1,7	3,2	3,2	3,2	3,2	2,407	4,171	0
	АСТТП7	0,94	5	1,65	6	6	6	6	5,041	7,089	0
	АСТТП8	0,94	5	1,65	6	6	6	6	5,127	6,979	0
	АСТТП9	0,83	4,95	1,44	7,1	7,1	7,1	7,1	5,375	9,203	0
ЛГ 4	АСТТП10	0,94	6,36	1,7	10,92	4,04	11,04	8,6	7,525	9,822	+1
	АСТТП11	0,94	3,36	1,7	4,92	4,04	5,04	4,2	3,556	4,848	+ 2
	АСТТП12	0,94	6,36	1,7	10,92	4,04	11,04	7,54	6,385	8,844	+1
	АСТТП13	0,94	3,35	1,7	4,9	4,04	5,04	4,2	3,181	5,401	+3
ЛГ 5	АСТТП14	5,5	5,5	9,5	9,5	6,62	6,62	6,62	5,732	7,608	-20*
	АСТТП15	5,5	5,5	9,5	9,5	6,62	6,62	6,62	5,610	7,759	-18*

Продолжение таблицы Г.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	АСТТП16	2,8	4,1	3,8	6,4	3,92	5,22	4,43	3,743	5,211	-18*
	АСТТП17	2,8	4,1	3,8	6,4	3,92	5,22	4,38	3,357	5,627	-12
ЛГ 6	АСТТП18	2,7	9,82	6,7	14,73	11,06	11,06	11,06	9,938	<u>12,274</u>	-17*
	АСТТП19	2,95	10,07	5,31	15,12	11,36	11,36	11,36	10,327	<u>12,469</u>	-18*
	АСТТП21	9,82	10,12	14,6	16,2	11,06	11,36	11,22	9,474	<u>13,197</u>	-18*
	АСТТП22	9,82	9,82	14,73	16,67	11,36	11,36	11,36	9,768	<u>13,137</u>	-21*
ЛГ 7	АСТТП23	9,11	9,11	13,66	16,1	6,88	15,54	12,48	11,157	13,913	-3
	АСТТП24	7,51	7,51	11,2	13,51	5,28	13,94	11,95	10,914	13,056	+3
	АСТТП25	10,81	10,81	15,9	19,3	8,70	17,36	15,573	14,256	16,980	-10
ЛГ 8	АСТТП26	8,11	9,41	12,11	16,9	6,0	15,96	11,42	9,913	13,094	-5
	АСТТП27	7,25	8,55	13,05	15,39	11,04	14,24	13,36	12,015	<u>14,811</u>	-4
	АСТТП28	6,65	8,25	11,92	14,8	10,56	13,82	12,81	11,597	<u>14,109</u>	-5
	АСТТП29	3,95	6,85	7,11	11,93	5,04	10,9	8,35	7,215	9,623	-8
ЛГ 9	АСТТП20	7,44	11,44	12,73	14,4	7,38	11,44	9,29	7,641	11,178	-20*
	АСТТП30	10,97	12,93	14,5	18,2	13,86	16,06	15,03	14,233	15,865	-12

Г.5. Припортовая станция «КВ»

Таблица Г.23 – Ведомость значений времен АСТТП для первой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 1 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч								
АСТТП1 Вероятность выбора – 80 %			АСТТП2 Вероятность выбора – 15 %			АСТТП3 Вероятность выбора – 5 %		
{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PSO) ↔ GFP}			{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PSO) ↔ GFN2}			{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PSO) ↔ LH}		
10,94	10,94	10,94			8,94			7,94
10,94	10,94	10,94			8,94			7,94
10,94	10,94	10,94			8,94			7,94
10,94	10,94	10,94			8,94			7,94
10,94	10,94	10,94			8,94			7,94
8,32	10,94	10,94			8,94			
10,94	8,32	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	8,32	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
8,32	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	8,32			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			
10,94	8,32	10,94			8,94			
10,94	10,94	10,94			8,94			

Таблица Г.27 – Ведомость значений времен АСТТП для пятой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 5 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП12 Вероятность выбора – 35 %		АСТТП13 Вероятность выбора – 35 %		АСТТП14 Вероятность выбора – 30 %	
{LH ↔ μ _A (PSO) ↔ μ _A (PV1) ↔ μ _A (AP1)}		{LH ↔ μ _A (PSO) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ μ _A (PV2) ↔ μ _A (AP2)}		{LH ↔ μ _A (PSO) ↔ μ _A (PV1) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ μ _A (AP2)}	
16,08		6,28	16,08	6,28	16,08
16,08		16,08	6,28	16,08	16,08
3,66		16,08	16,08	16,08	13,46
13,46		13,46	16,08	16,08	16,08
16,08		13,46	16,08	16,08	16,08
13,46		6,28	6,28	6,28	16,08
16,08		16,08	16,08	16,08	
6,28		16,08	13,46	3,66	
6,28		13,46	13,46	16,08	
6,28		16,08	16,08	16,08	
16,08		16,08	13,46	13,46	
3,66		16,08	13,46	13,46	
6,28		13,46	16,08	16,08	
13,46		16,08		16,08	
6,28		16,08		13,46	
6,28		16,08		16,08	
3,66		16,08		16,08	
13,46		3,66		6,28	
16,08		16,08		16,08	
16,08		16,08		16,08	
16,08		16,08		16,08	
16,08		16,08		16,08	
13,46		16,08		6,28	
16,08		16,08		6,28	
6,28		16,08		13,46	
13,46		16,08		16,08	
3,66		6,28		13,46	

Таблица Г.28 – Ведомость значений времен АСТТП для шестой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 6 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП15. Вероятность выбора – 50 %		АСТТП16. Вероятность выбора – 50 %	
{LH ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PSO) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PP) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN1)}		{LH ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PSO) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP V GFN2)}	
8,55	9,79	6,86	6,86
5,93	9,79	8,86	6,86
9,79	8,55	6,86	8,86
12,41	12,41	8,86	6,86
20,41	5,93	6,24	8,86
12,41	8,55	6,86	8,86
12,41	12,41	8,86	4,24
12,41	8,55	8,86	6,24
9,79	12,41	8,86	6,24
12,41	12,41	4,24	6,86
8,55	20,41	4,24	8,86
9,79	12,41	8,86	8,86
12,41	12,41	6,86	8,86
12,41	12,41	6,24	6,86
5,93	12,41	8,86	8,86
9,79	8,55	6,24	8,86
8,55		8,86	6,86
12,41		6,86	8,86
12,41		4,24	8,86
8,55		8,86	8,86
8,55		8,86	6,24
12,41		8,86	8,86
12,41		8,86	6,24
12,41		8,86	8,86
12,41		8,86	
9,79		8,86	
12,41		8,86	
8,55		8,86	
20,41		8,86	
9,79		8,86	

Таблица Г.29 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «КВ» в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ч		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
ЛГ 1	АСТТП1	6,1	7,47	10,9	12,4	8,32	10,94	10,73	10,009	11,496	-12
	АСТТП2	4,1	5,47	7,2	9,84	8,94	8,94	8,94	7,612	10,433	-9
	АСТТП3	3,1	4,47	8,6	8,04	7,94	7,94	7,94	5,847	10,538	-1
ЛГ 2	АСТТП4	8,3	9,67	14,9	17,4	15,54	18,16	17,86	16,270	19,558	+4
	АСТТП5	8,36	9,73	14,99	17,5	15,54	18,16	18,03	16,737	19,394	+4
	АСТТП6	8,36	9,73	15,04	17,5	15,54	18,16	18,08	16,682	19,571	+4
ЛГ 3	АСТТП7	6,37	10,43	11,4	18,77	15,54	23,54	16,43	14,935	18,031	-4
	АСТТП8	8,3	12,36	14,94	22,2	15,54	23,54	16,54	15,304	17,850	+6
	АСТТП9	8,3	12,36	14,94	22,2	15,54	23,54	16,99	15,617	18,461	+6
ЛГ 4	АСТТП10	6,1	6,1	8,98	10,98	8,20	8,20	8,20	7,613	8,821	-20*
	АСТТП11	5,55	9,61	9,99	17,29	7,70	15,77	9,77	8,082	11,707	-9
ЛГ 5	АСТТП12	8,69	8,69	15,64	15,64	3,66	16,08	11,28	10,089	12,570	+3
	АСТТП13	8,69	8,69	15,64	15,64	3,66	16,08	13,97	12,819	15,191	+3
	АСТТП14	8,69	8,69	15,64	15,64	3,66	16,08	13,67	12,418	15,012	+3
ЛГ 6	АСТТП15	11,93	12,8	21,4	23,04	5,93	20,41	11,64	10,681	12,653	-11
	АСТТП16	4,43	6,37	7,97	10,46	4,24	8,86	7,79	7,055	8,577	-15*

Г.6. Припортовая станция «КЗ»

Таблица Г.30 – Ведомость значений времен АСТТП для первой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 1 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП1 Вероятность выбора – 50 % {GL1 ↔ PG2 ↔ PG1 ↔ GL2}			АСТТП2 Вероятность выбора – 50 % { $\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1 \vee PG2)$ }		
5,98	5,98	5,98	2,44	2,44	2,44
5,98	5,98	5,98	3,94	3,94	3,94
5,98	5,98	5,98	3,94	3,82	3,82
5,98	5,98	5,98	3,82	2,44	2,44
5,98	5,98	5,98	3,82	3,82	3,82
5,98	5,98	5,98	2,32	2,44	2,44
5,98	5,98	5,98	3,82	2,32	2,32
5,98	5,98	5,98	2,32	3,82	3,82
5,98	5,98	5,98	3,82	2,32	2,32
5,98	5,98	5,98	3,82	3,94	3,94
5,98	5,98	5,98	2,44	2,32	2,32
5,98	5,98	5,98	2,44	2,44	2,44
5,98	5,98	5,98	3,82	3,94	3,94
5,98	5,98	5,98	3,94	2,44	2,44
5,98	5,98	5,98	2,44	2,44	2,44
5,98	5,98	5,98	3,94	3,82	3,82
5,98	5,98	5,98	3,94	2,44	2,44
5,98	5,98	5,98	2,44	3,94	3,94
5,98	5,98	5,98	3,82	2,32	2,32
5,98	5,98	5,98	2,32	2,32	2,32
5,98	5,98	5,98	2,44	2,44	2,44
5,98	5,98	5,98	2,32	2,44	2,44
5,98	5,98	5,98	3,82		
5,98	5,98	5,98	2,32		
5,98	5,98	5,98	2,32		
5,98	5,98	5,98	2,44		

Таблица Г.32 – Ведомость значений времен АСТТП для третьей логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 3 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП5 Вероятность выбора – 50 %		АСТТП6 Вероятность выбора – 50 %	
{GL1 ↔ PG2 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PR1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN2 V GFN3)}		{GL2 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG2) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PR1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN2 V GFN3)}	
13,51	13,51	12,48	16,68
9,91	12,36	17,83	16,68
8,76	12,36	17,83	16,68
9,91	8,76	17,83	13,63
12,36	8,76	12,48	16,68
13,51	9,91	7,03	13,63
8,76	12,36	16,68	9,48
13,51	12,36	17,83	17,83
13,51	8,76	13,63	16,68
9,91	8,76	17,83	10,63
13,51	13,51	10,63	17,83
13,51	13,51	9,48	7,03
13,51	12,36	7,03	7,03
12,36	13,51	16,68	7,03
12,36	12,36	12,48	10,63
13,51	8,76	16,68	13,63
9,91	13,51	16,68	16,68
13,51	13,51	5,88	10,63
13,51	13,51	16,68	9,48
12,36	13,51	17,83	9,48
12,36	12,36	16,68	17,83
13,51		16,68	5,88
8,76		16,68	16,68
12,36		12,48	17,83
12,36		5,88	17,83
		7,03	13,63
		12,48	12,48

Таблица Г.33 – Ведомость значений времен АСТТП для четвертой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 4 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП8, Вероятность выбора – 50 %		АСТТП9, Вероятность выбора – 50 %	
{GL2 ↔ μ _A (PG1) ↔ PG2 ↔ μ _A (PR1) ↔ μ _A (PR2) $\overline{\text{кр.}}$ μ _A (GFP1 V GFP2 V GFP3)}		{GL1 ↔ PG2 ↔ μ _A (PR1) ↔ μ _A (PR2) $\overline{\text{кр.}}$ μ _A (GFP1 V GFP2 V GFP3)}	
12,56	11,01	12,44	11,89
12,01	16,76	13,44	10,89
12,01	11,01	12,44	12,44
12,56	13,56	12,44	13,44
16,76	13,56	13,44	13,44
12,01	11,01	12,44	11,89
16,76	13,56	12,44	10,89
17,76	15,21	12,44	11,89
13,56	16,76	12,44	12,44
15,21	12,56	10,89	10,89
13,56	16,76	13,44	13,44
12,01	16,76	10,89	10,89
13,56	16,21	11,89	10,89
12,56		11,89	12,44
12,56		10,89	11,89
12,56		11,89	12,44
12,56		13,44	13,44
17,76		13,44	13,44
17,76		11,89	13,44
13,56		13,44	10,89
16,21		11,89	12,44
16,21		11,89	12,44
11,01		13,44	10,89
13,56		11,89	11,89
16,21		13,44	12,44
11,01		12,44	10,89
16,76		10,89	11,89
11,01		11,89	
12,56		11,89	
16,21		12,44	

Таблица Г.34 – Ведомость значений времен АСТТП для пятой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 5 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП10. Вероятность выбора – 50 %			АСТТП11. Вероятность выбора – 50 %		
{GL2 ↔ μ _A (PG1) ↔ PG2 ↔ μ _A (PR1) ↔ μ _A (PR2) ↔ μ _A (GFN4 V GFN5 V GFN6)}			{GL1 ↔ PG2 ↔ μ _A (PR1) ↔ μ _A (PR2) ↔ μ _A (GFN4 V GFN5 V GFN6)}		
11,74		12,69	11,62		11,92
13,69		16,24	12,92		13,57
13,69		12,69	11,62		12,57
12,04		13,04	11,92		11,92
15,94		12,74	12,62		12,92
13,69		12,69	11,62		12,92
16,24		13,04	11,92		13,57
16,94		16,89	11,92		12,57
12,74		15,94	11,92		13,57
16,89		11,74	12,57		11,62
12,74		16,24	12,62		12,57
13,69		15,94	12,57		12,92
13,04		17,89	13,57		12,57
11,74			13,57		12,57
12,04			12,57		11,92
11,74			13,57		13,57
12,04			12,92		11,62
17,24			12,62		12,62
17,24			13,57		12,62
12,74			12,62		12,57
17,89			13,57		11,62
17,89			13,57		11,62
12,69			12,62		12,57
12,74			13,57		13,57
17,89			12,62		11,92
12,69			11,92		12,57
16,24			12,57		13,57
12,69			13,57		
12,04			13,57		
17,89			13,57		

Таблица Г.35 – Ведомость значений времен АСТТП для шестой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 6 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП7. Вероятность выбора – 35 %		АСТТП12. Вероятность выбора – 30 %		АСТТП13. Вероятность выбора – 35 %	
$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFN2} \vee \text{GFN3})\}$		$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFN4} \vee \text{GFN5} \vee \text{GFN6})\}$		$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR2}) \overline{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(\text{GFP1} \vee \text{GFP2} \vee \text{GFP3})\}$	
10,28		11,55	16,10	15,07	19,62
16,23		18,80	19,10	18,02	15,02
10,28		13,90	16,75	15,02	18,07
15,08		18,80	14,55	18,02	
10,28		19,10	16,10	19,62	
15,08		13,60	16,75	18,02	
15,03		13,60	18,80	18,02	
15,08		16,75		18,07	
16,23		14,55		19,62	
16,23		19,75		16,62	
15,03		11,55		16,62	
15,03		10,90		18,07	
16,23		16,10		15,07	
16,23		18,80		16,47	
15,08		11,55		16,47	
13,88		10,90		19,62	
13,88		11,55		13,47	
15,08		16,75		16,47	
13,88		13,90		19,62	
15,08		14,55		15,07	
10,28		19,10		19,62	
15,08		14,55		13,47	
15,08		10,90		16,62	
16,23		16,10		16,62	
16,23		19,75		15,02	
10,28		18,80		18,02	
16,23		10,90		19,62	
15,08		10,90		19,62	
15,08		19,75		18,02	
15,08		16,10		16,62	

Таблица Г.36 – Ведомость значений времен АСТТП для седьмой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 7 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП14. Вероятность выбора – 50 %			АСТТП15. Вероятность выбора – 50 %		
$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN2} \vee \text{GFN3}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFN4} \vee \text{GFN5} \vee \text{GFN6})\}$			$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN2} \vee \text{GFN3}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR2}) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(\text{GFP1} \vee \text{GFP2} \vee \text{GFP3})\}$		
10,01		7,76	8,33		9,88
8,41		8,41	8,28		6,73
9,36		10,01	8,28		9,88
7,76		7,76	6,73		6,73
9,36		7,76	8,28		8,33
7,52		9,12	9,88		9,88
10,01		9,12	6,73		6,73
7,76		7,52	9,88		9,88
9,36		9,36	8,28		9,88
8,41		10,01	8,28		8,28
7,52		10,01	8,33		8,33
10,01		9,36	9,88		9,88
7,52		8,41	9,88		9,88
9,36		8,41	8,33		8,28
8,41		9,36	6,73		6,73
7,52		8,41	8,28		8,33
10,01		9,12	8,28		8,33
7,76		10,01	6,73		8,33
9,36			9,88		8,33
7,76			8,28		9,88
7,52			6,73		9,88
9,36			6,73		8,28
9,36			8,33		
9,12			8,33		
8,41			8,33		
10,01			8,33		
10,01			6,73		
10,01			8,28		
7,76			6,73		
10,01			9,88		

Таблица Г.37 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «КЗ» в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ч		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
ЛГ 1	АСТТП1	2,98	3,98	5,98	5,98	5,98	5,98	5,98	5,328	6,690	0
	АСТТП2	2,21	3,71	3,97	3,97	2,32	3,94	3,09	2,615	3,620	-1
ЛГ 2	АСТТП3	4,52	4,52	8,13	8,13	6,79	6,79	6,79	6,193	<u>7,429</u>	-8
	АСТТП4	4,52	8,18	8,13	14,72	6,91	14,11	13,15	11,884	14,514	-4
ЛГ 3	АСТТП5	6,73	7,88	12,1	14,18	8,76	13,51	11,98	11,007	13,007	-5
	АСТТП6	8,95	12,26	16,11	19,06	5,88	17,83	13,45	12,482	14,476	-6
ЛГ 4	АСТТП8	10,9	12,45	17,6	19,41	11,01	17,76	14,07	12,974	15,240	-8
	АСТТП9	8,74	10,29	11,9	14,4	10,89	13,44	12,21	11,324	13,157	-7
ЛГ 5	АСТТП10	11,81	12,7	15,89	19,86	11,74	17,89	14,33	13,223	15,509	-10
	АСТТП11	9,89	10,48	12,8	15,86	11,62	13,57	12,67	11,762	13,628	-14*
ЛГ 6	АСТТП7	11,09	12,3	14,96	17,14	10,28	16,23	14,46	13,133	15,889	-5
	АСТТП12	12,15	13,04	17,87	19,47	10,9	19,75	15,46	14,217	16,778	+1
	АСТТП13	13,16	14,65	18,68	21,37	13,47	19,62	17,24	15,855	18,719	-8
ЛГ 7	АСТТП14	6,98	9,08	8,5	11,3	7,52	10,01	8,85	8,026	9,730	-11*
	АСТТП15	6,13	8,83	7,03	10,89	6,73	9,88	8,39	7,627	9,222	-9

Таблица Г.45 – Ведомость значений времен АСТТП для восьмой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 8 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч						
АСТТП17. Вероятность выбора – 40 %		АСТТП18. Вероятность выбора – 30 %		АСТТП19. Вероятность выбора – 30 %		
{GFN2 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU2) ↔ PS ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU1) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP1 ∨ GFN1)}		{GFN1 $\overline{\text{кр.}}$ $\mu_{\bar{A}}$ (SU1) ↔ GFP1}		{GFN1 $\overline{\text{кр.}}$ $\mu_{\bar{A}}$ (SU1) ↔ PS ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU2) ↔ GFN2}		
19,98	19,98	16,46	15,06	19,10	19,10	
18,30	19,98	16,46	16,46	19,10	19,10	
19,98	18,30	16,46		19,10	19,10	
19,98	19,98	15,06		19,10	17,70	
19,98		15,06		19,10		
19,98		16,46		19,10		
19,98		16,46		19,10		
18,30		16,46		19,10		
19,98		15,06		19,10		
18,30		16,46		19,10		
18,30		16,46		19,10		
19,98		16,46		19,10		
19,98		15,06		19,10		
18,30		15,06		19,10		
19,98		16,46		19,10		
18,30		15,06		19,10		
18,30		16,46		19,10		
19,98		16,46		19,10		
18,30		16,46		19,10		
19,98		15,06		19,10		
18,30		16,46		19,10		
19,98		16,46		19,10		
19,98		16,46		19,10		
18,30		16,46		19,10		
18,30		16,46		19,10		
19,98		15,06		19,10		
19,98		16,46		19,10		
19,98		15,06		19,10		
19,98		15,06		19,10		
19,98		16,46		19,10		

Таблица Г.46 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «М» в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ч		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
ЛГ 1	АСТТП1	0,16	1,82	0,31	2,27	0,22	1,82	1,37	1,067	1,737	-19
	АСТТП2	1,71	1,71	1,07	2,07	1,82	1,82	1,82	1,465	2,234	+8
ЛГ 2	АСТТП3	10,37	11,89	16,66	18,40	15,00	16,40	16,26	15,161	17,417	-5
	АСТТП4	8,77	11,95	15,78	18,51	15,00	16,40	16,37	15,269	17,533	-5
ЛГ 3	АСТТП5	5,27	6,03	7,48	9,85	7,16	8,56	8,14	7,368	8,971	-9
	АСТТП6	5,27	6,03	7,48	9,85	7,16	8,56	8,28	7,502	9,117	-7
ЛГ 4	АСТТП7	5,63	7,15	10,13	12,87	10,32	11,72	11,57	10,516	12,706	-1
	АСТТП13	3,97	4,73	8,43	10,6	6,88	8,28	7,93	6,984	8,968	-15
	АСТТП15	3,97	4,73	9,5	10,31	6,88	8,28	8,19	7,195	9,277	-10
ЛГ 5	АСТТП8	8,63	10,15	14,5	16,27	13,32	14,72	14,57	13,384	15,838	-3
	АСТТП14	6,97	7,73	11,15	13,91	9,88	11,28	10,92	9,786	12,146	--13
	АСТТП16	6,97	7,73	11,15	13,91	9,88	11,28	11,19	10,043	12,431	-11
ЛГ 6	АСТТП9	8,77	9,53	13,77	15,15	11,56	12,96	12,44	11,444	13,505	-11
	АСТТП10	8,77	9,53	13,77	15,15	11,56	12,96	12,73	11,793	13,715	-10
ЛГ 7	АСТТП11	6,17	6,93	11,10	12,03	8,96	10,36	9,88	8,976	10,857	-10
	АСТТП12	6,17	6,93	11,10	12,03	8,96	10,36	9,98	9,174	10,848	-10
ЛГ 8	АСТТП17	10,42	13,74	18,75	21,73	18,30	19,98	19,39	17,935	20,925	-4
	АСТТП18	10,46	11,22	18,8	19,19	15,06	16,46	15,98	14,624	17,426	-9
	АСТТП19	10,48	12,0	18,86	20,6	17,70	19,10	19,06	17,619	20,584	-0,1

Г.8 Припортовая станция «ТГ»

Таблица Г.47 – Ведомость значений времен АСТТП для первой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 1 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП1. Вероятность выбора – 50 %		АСТТП2. Вероятность выбора – 50 %	
{GL ↔ PG ↔ PS1 ↔ μ _A (SU) ↔ GFO}		{GL ↔ PG ↔ μ _A (SU) ↔ μ _A (PS1) ↔ μ _A (SU) ↔ GFO}	
31,53	31,53	30,14	30,14
31,53	31,53	30,14	30,14
31,53	31,53	30,14	30,14
31,53	30,13	30,14	30,14
30,13	31,53	30,14	30,14
30,13	31,53	30,14	30,14
30,13	31,53	30,14	30,14
31,53	30,13	30,14	30,14
30,13	30,13	30,14	30,14
31,53	31,53	30,14	30,14
30,13	30,13	28,62	30,14
31,53	30,13	30,14	30,14
31,53		30,14	28,62
31,53		12,72	30,14
31,53		30,14	30,14
30,13		30,14	28,62
31,53		28,62	28,62
31,53		28,62	28,62
31,53		30,14	30,14
31,53		28,62	30,14
30,13		30,14	30,14
31,53		30,14	28,62
30,13		28,62	30,14
31,53		30,14	30,14
31,53		30,14	30,14
31,53		30,14	30,14
30,13		30,14	30,14
30,13		30,14	30,14
31,53		30,14	30,14
31,53		30,14	30,14

Таблица Г.48 – Ведомость значений времен АСТТП для второй логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 2 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч				
АСТТПЗ. Вероятность выбора – 100 %				
{GL ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) ↔ PP ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (BO)}				
4,74	4,74	4,74	4,74	4,74
4,74	4,74	4,74	4,74	4,74
4,74	5,94	4,74	4,74	4,74
5,94	4,74	4,74	4,74	4,74
4,74	5,94	5,94	5,94	5,94
5,94	4,74	4,74	4,74	5,94
5,94	5,94	4,74	4,74	4,74
5,94	4,74	5,94	5,94	4,74
4,74	4,74	5,94	5,94	5,94
5,94	5,94	4,74	4,74	4,74
5,94	5,94	4,74	4,74	5,94
5,94	5,94	4,74	4,74	4,74
4,74	5,94	4,74	4,74	5,94
5,94	4,74	4,74	4,74	4,74
4,74	5,94	4,74	4,74	4,74
5,94	4,74	5,94	5,94	5,94
4,74	5,94	5,94	5,94	5,94
5,94	5,94	5,94	5,94	4,74
4,74	4,74	4,74	4,74	4,74
5,94	5,94	5,94	5,94	5,94
5,94	4,74	5,94	5,94	4,74
5,94	4,74	5,94	5,94	4,74
5,94	5,94	4,74	4,74	4,74
4,74	4,74	5,94	5,94	4,74

Таблица Г.50 – Ведомость значений времен АСТТП для четвертой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 4 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч				
АСТТП5. Вероятность выбора – 100 %				
{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU) ↔ PS1 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) $\overleftarrow{\text{кр}}$ PS3 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN) _k }				
35,74	35,74	36,44	36,44	36,44
32,94	36,44	32,94	36,44	36,44
35,74	36,44	33,64	36,44	36,44
36,44	36,44	32,94	35,74	35,74
36,44	36,44	36,44	36,44	36,44
35,74	33,64	33,64	36,44	36,44
36,44	32,94	35,74	32,94	32,94
36,44	36,44	33,64	33,64	33,64
33,64	36,44	33,64	36,44	36,44
36,44	36,44	36,44	35,74	35,74
32,94	36,44	32,94	36,44	36,44
36,44	36,44	36,44	36,44	36,44
36,44	36,44	36,44	36,44	36,44
36,44	32,94	35,74	36,44	36,44
33,64	32,94	33,64	35,74	35,74
36,44	32,94	36,44	36,44	36,44
33,64	36,44	35,74	36,44	36,44
32,94	33,64	36,44	35,74	35,74
36,44	36,44	36,44	33,64	33,64
33,64	36,44	35,74	32,94	32,94
32,94	33,64	36,44	36,44	36,44
33,64	36,44	33,64	35,74	35,74
36,44	33,64	36,44	33,64	33,64
35,74	35,74	33,64	36,44	36,44
35,74	36,44	33,64	33,64	33,64

Таблица Г.51 – Ведомость значений времен АСТТП для пятой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 5 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП6. Вероятность выбора – 20 %		АСТТП7. Вероятность выбора – 30 %		АСТТП8. Вероятность выбора – 50 %	
{GL ↔ PG ↔ PR ↔ $\mu_{\bar{A}}(GFP)_k$ }		{GL ↔ PG ↔ SU ↔ PS1 ↔ PG ↔ PR ↔ $\mu_{\bar{A}}(GFP)_k$ }		{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}(SU)$ ↔ $\mu_{\bar{A}}(PS1)$ ↔ $\mu_{\bar{A}}(PG)$ ↔ $\mu_{\bar{A}}(PR)$ ↔ $\mu_{\bar{A}}(GFP)_k$ }	
12,56		34,42		12,56	34,42
12,56		34,42		12,56	34,42
12,56		34,42		34,42	12,56
12,56		34,42		34,42	34,42
12,56		34,42		34,42	34,42
12,56		34,42		15,47	34,42
12,56		34,42		15,47	12,56
12,56		34,42		34,42	34,42
12,56		34,42		34,42	12,56
12,56		34,42		12,56	15,47
12,56		34,42		12,56	34,42
12,56		34,42		34,42	34,42
12,56		34,42		34,42	34,42
12,56		34,42		34,42	34,42
12,56		34,42		15,47	34,42
12,56		34,42		34,42	34,42
12,56		34,42		34,42	34,42
12,56		34,42		15,47	12,56
12,56		34,42		34,42	34,42
12,56		34,42		34,42	34,42
12,56		34,42		34,42	34,42
12,56		34,42		15,47	12,56
12,56		34,42		15,47	12,56
12,56		34,42		15,47	15,47
12,56		34,42		34,42	34,42
12,56		34,42		15,47	
12,56		34,42		34,42	
12,56		34,42		12,56	
12,56		34,42		15,47	
12,56		34,42		34,42	

Таблица Г.52 – Ведомость значений времен АСТТП для шестой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 6 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП10 Вероятность выбора – 25 %	АСТТП11 Вероятность выбора – 25 %	АСТТП12 Вероятность выбора – 25 %	АСТТП13 Вероятность выбора – 25 %
$\{\mu_{\bar{A}}(GFN)_k \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP)_k\}$	$\{\mu_{\bar{A}}(GFO)_k \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP)_k\}$	$\{\mu_{\bar{A}}(GFO)_k \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \overline{\text{кр.}} PS3 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN)_k\}$	$\{\mu_{\bar{A}}(PG) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \overline{\text{кр.}} PS3 \leftrightarrow PS2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG)\}$
17,89	24,20	34,45 34,45	17,14
12,39	24,20	34,45 34,45	28,07
12,39	24,20	27,14 34,45	28,07
17,89	16,89	34,45 31,65	28,07
12,39	21,30	34,45	28,07
17,89	24,20	23,64	17,14
15,29	24,20	34,45	28,07
17,89	21,30	34,45	17,14
15,29	24,20	31,65	28,07
17,89	24,20	31,65	28,07
17,89	21,30	34,45	17,14
15,29	16,89	34,45	28,07
12,39	24,20	34,45	28,07
15,29	24,20	34,45	28,07
17,89	24,20	34,45	28,07
17,89	24,20	34,45	28,07
17,89	24,20	34,45	28,07
12,39	24,20	34,45	28,07
15,29	16,89	27,14	17,14
12,39	24,20	34,45	28,07
	21,30	37,14	28,07
	16,89	27,14	17,14
	16,89	34,45	28,07
	16,89	31,65	28,07
		34,45	
		34,45	
		31,65	
		31,65	

Таблица Г.53 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «ТГ» в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ч		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
ЛГ 1	АСТТП1	18,79	19,67	30,07	31,47	30,13	31,53	31,03	29,368	32,762	+0,2
	АСТТП2	9,84	15,25	15,75	24,40	12,72	30,14	29,58	28,194	31,011	+15 *
ЛГ 2	АСТТП3	2,85	3,36	4,57	5,38	4,74	5,94	5,29	4,851	5,763	+7
ЛГ 3	АСТТП4	16,07	18,18	25,71	29,09	29,03	29,03	29,03	27,526	30,595	-0,2
	АСТТП9	7,97	10,04	12,76	16,06	12,79	12,79	12,79	11,836	13,800	-14
ЛГ 4	АСТТП5	12,56	15,86	24,41	31,29	32,94	36,44	35,28	34,130	36,469	+9
ЛГ 5	АСТТП6	7,85	9,91	12,56	15,86	12,56	12,56	12,56	11,055	14,213	-10
	АСТТП7	21,44	23,68	34,30	37,90	34,42	34,42	34,42	32,242	36,706	-3
	АСТТП8	4,45	15,06	7,12	24,10	12,56	34,42	25,53	24,195	26,936	+0,4
ЛГ 6	АСТТП10	0,24	15,22	0,24	27,40	12,39	17,89	15,59	13,907	17,420	-35 *
	АСТТП11	0,30	16,12	0,30	27,40	16,89	24,20	21,89	20,057	23,844	-12
	АСТТП12	0,30	21,02	0,30	37,83	23,64	37,14	32,99	31,026	35,037	-2
	АСТТП13	0,42	16,52	0,42	28,08	17,14	28,07	25,34	23,363	27,434	0

Г.9. Припортовая станция «ТМ»

Таблица Г.54 – Ведомость значений времен АСТТП для первой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 1 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч							
АСТТП1 Вероятность выбора – 50 %		АСТТП2 Вероятность выбора – 30 %		АСТТП3 Вероятность выбора – 10 %		АСТТП4 Вероятность выбора – 10 %	
{GL ↔ PG [←] к [→] . PR ↔ μ _A (GFP5 ∨ GFP4)}		{GL ↔ PG [←] к [→] . GFP3}		{GL ↔ PG [←] к [→] . GFP3 ↔ μ _A (PR)}		{GL ↔ PG [←] к [→] . μ _A (PR) ↔ GFP3}	
14,10	11,30	7,68	7,68	12,50		12,80	
14,10	11,30	7,68	7,68	12,50		12,80	
14,10	11,30	7,68	7,68	12,50		12,80	
11,30	11,30	7,68	7,68	12,50		12,80	
14,10	11,30	7,68	7,68	12,50		12,80	
14,10	11,30	7,68	7,68	12,50		12,80	
14,10	14,10	7,68	7,68	12,50		12,80	
11,30	14,10	7,68	7,68	12,50			
14,10	14,10	7,68	7,68	12,50			
14,10	11,30	7,68	7,68	12,50			
14,10	14,10	7,68	7,68	12,50			
11,30	11,30	7,68					
11,30	11,30	7,68					
14,10	11,30	7,68					
11,30	14,10	7,68					
14,10	14,10	7,68					
11,30	14,10	7,68					
11,30	14,10	7,68					
14,30	14,10	7,68					
11,30	14,10	7,68					
11,30	14,10	7,68					
14,10	14,10	7,68					
11,30		7,68					
11,30		7,68					
14,10		7,68					

Таблица Г.55 – Ведомость значений времен АСТТП для второй логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 2 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП5. Вероятность выбора – 60 %			АСТТП6. Вероятность выбора – 40 %		
{GL ↔ PG $\overleftarrow{\text{кр.}}$ μ_A (GFP1 V GFP2 V GF04)}			{GL ↔ PG ↔ GF01}		
5,73	7,16		8,64	8,64	
5,73	9,46		8,64	8,64	
7,16	7,16		8,64	8,64	
7,16	5,73		8,64	8,64	
5,73	5,73		8,64	8,64	
5,73	7,16		8,64	8,64	
9,46	9,46		8,64	8,64	
7,16	9,46		8,64	8,64	
5,73	5,73		8,64	8,64	
5,73	7,16		8,64		
5,73	9,46		8,64		
7,16	9,46		8,64		
9,46	9,46		8,64		
7,16	5,73		8,64		
7,16	9,46		8,64		
9,46	5,73		8,64		
7,16	9,46		8,64		
5,73	9,46		8,64		
7,16	9,46		8,64		
9,46	9,46		8,64		
5,73	7,16		8,64		
7,16	7,16		8,64		
7,16	9,46		8,64		
5,73	5,73		8,64		
7,16	7,16		8,64		
9,46	7,16		8,64		
9,46	7,16		8,64		
9,46	9,46		8,64		
7,16	5,73		8,64		
9,46	9,46		8,64		
9,46			8,64		

Таблица Г.56 – Ведомость значений времен АСТТП для третьей логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 3 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП7 Вероятность выбора – 80 %			АСТТП8 Вероятность выбора – 10 %		АСТТП9 Вероятность выбора – 10 %
{GL $\overleftarrow{\text{кр.}}$ PSO $\overleftarrow{\text{кр.}}$ $\mu_A(\text{PR}) \leftrightarrow \mu_A(\text{GFP4} \vee \text{GFP5})$ }			{GL $\overleftarrow{\text{кр.}}$ PSO $\overleftarrow{\text{кр.}}$ GFP3 $\leftrightarrow \mu_A(\text{PR})$ }		{GL $\overleftarrow{\text{кр.}}$ PSO $\overleftarrow{\text{кр.}}$ $\mu_A(\text{PR}) \leftrightarrow \text{GFP3}$ }
12,28	10,08	15,08		13,48	13,78
12,28	7,28	12,28		13,48	13,78
12,28	12,28	15,08		13,48	13,78
12,28	12,28	12,28		13,48	13,78
15,08	15,08	7,28		13,48	13,78
7,28	15,08	15,08		13,48	8,66
10,08	15,08	15,08		13,48	13,78
12,28	12,28	10,08		13,48	13,78
12,28	15,08	7,28		13,48	13,78
12,28	7,28	7,28		13,48	
12,28	12,28	12,28		13,48	
7,28	12,28	10,08			
15,08	15,08	7,28			
15,08	10,08	15,08			
7,28	12,28	12,28			
12,28	12,28	15,08			
10,08	15,08	15,08			
12,28	12,28	10,08			
12,28	15,08	10,08			
7,28	7,28	12,28			
12,28	10,08	12,28			
12,28	12,28	15,08			
15,08	15,08	15,08			
12,28	15,08	12,28			
15,08	12,28	15,08			
15,08	12,28	7,28			
10,08	12,28				

Таблица Г.57 – Ведомость значений времен АСТТП для четвертой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 4 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч				
АСТТП10. Вероятность выбора – 80 %	АСТТП11. Вероятность выбора – 10 %		АСТТП12. Вероятность выбора – 10 %	
{ $\overleftarrow{GL} \overleftarrow{кр.} PSO \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2 \vee GFO4)$ }	{ $\overleftarrow{GL} \overleftarrow{кр.} PSO \leftrightarrow GFO3$ }		{ $\overleftarrow{GL} \overleftarrow{кр.} PSO \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFO2)$ }	
6,73	8,16	10,46	7,59	6,96
6,73	10,46	6,73	7,59	6,96
8,16	8,16	10,46	7,59	19,54
10,46	6,73	6,73	7,59	19,54
10,46	6,73	10,46	7,59	6,96
8,16	8,16	8,16	7,59	6,96
6,73	6,73	8,16	7,59	6,96
6,73	10,46	10,46	7,59	19,54
10,46	10,46	10,46		19,54
8,16	8,16	8,16		6,96
8,16	6,73	8,16		19,54
10,46	8,16	10,46		19,54
8,16	8,16	10,46		
10,46	8,16	8,16		
8,16	10,46	8,16		
8,16	10,46	8,16		
10,46	10,46	8,16		
10,46	8,16	10,46		
8,16	10,46	6,73		
8,16	10,46	8,16		
6,73	10,46			
10,46	6,73			
8,16	10,46			
10,46	8,16			
10,46	8,16			
10,46	8,16			
8,16	10,46			
10,46	6,73			
10,46	8,16			
6,73	8,16			

Таблица Г.58 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «ТМ» в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ч		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
ЛГ 1	АСТТП1	5,87	8,73	10,56	15,71	11,30	14,30	12,85	11,848	13,920	-9*
	АСТТП2	4,87	4,87	8,76	8,76	7,68	7,68	7,68	6,801	8,641	-1
	АСТТП3	4,87	7,43	8,76	13,3	12,50	12,50	12,50	10,498	14,772	-6
	АСТТП4	4,87	7,43	8,76	13,37	12,80	12,80	12,80	10,098	16,002	-4
ЛГ 2	АСТТП5	2,94	6,67	5,29	10,01	5,73	9,46	7,63	6,951	8,354	-5
	АСТТП6	5,97	5,97	8,74	10,74	8,64	8,64	8,64	7,742	9,613	-10*
ЛГ 3	АСТТП7	6,43	9,23	11,57	16,61	7,28	15,08	12,13	11,379	12,918	-9*
	АСТТП8	5,37	7,93	9,66	14,27	13,48	13,48	13,48	11,398	15,833	-5
	АСТТП9	5,37	7,93	9,66	14,23	8,66	13,78	13,21	10,943	15,810	-3
ЛГ 4	АСТТП10	3,44	7,17	6,19	10,9	6,73	10,46	8,81	8,173	9,487	-4
	АСТТП11	4,42	4,42	7,95	7,95	7,59	7,59	7,59	5,802	9,755	-5
	АСТТП12	3,11	16,87	4,97	21,3	6,95	19,54	13,25	11,271	15,477	-8

Г.10. Припортовая станция «ТС»

Таблица Г.59 – Ведомость значений времен АСТТП для первой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 1 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП			
Вероятность выбора – 100 %			
$\{\mu_A(GL2) \leftrightarrow GFN5\}$			
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,62	2,72	2,72	2,72
2,72	2,72	2,72	2,72
2,72	2,72	2,72	2,72

Таблица Г.61 – Ведомость значений времен АСТТП для третьей логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 3 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП3. Вероятность выбора – 70 %			АСТТП4. Вероятность выбора – 20 %		АСТТП5. Вероятность выбора – 10 %
{GL1 ↔ PG ↔ μ _A (GFN1 ∨ GFN2 ∨ GFN3)}			{GL2 ↔ μ _A (PP) ↔ μ _A (PS) ↔ PG ↔ μ _A (GFN1 ∨ GFN2 ∨ GFN3)}		{GL1 ↔ μ _A (PG) ↔ PS ↔ GFN4}
7,67	7,67	6,59		10,31	10,66
6,59	7,67	7,67		7,91	10,66
6,59	5,44	6,59		11,11	10,66
5,44	6,59	6,59		5,68	10,66
7,67	7,67	6,59		7,91	10,66
6,59	7,67	6,59		8,08	10,66
7,67	6,59	7,67		5,68	6,66
6,59	5,44	7,67		6,83	
5,44	5,44	6,59		8,08	
7,67	6,59			9,23	
6,59	7,67			6,83	
5,44	5,44			8,08	
7,67	7,67			8,08	
6,59	6,59			10,03	
6,59	7,67			8,88	
7,67	6,59			8,08	
6,59	6,59			7,91	
6,59	6,59			6,83	
6,59	5,44			10,31	
6,59	5,44			10,03	
6,59	7,67			7,91	
6,59	5,44			11,11	
5,44	7,67			6,83	
7,67	5,44			10,31	
7,67	6,59				
7,67	5,44				
6,59	7,67				
5,44	5,44				
6,59	6,59				
6,59	5,44				

Таблица Г.62 – Ведомость значений времен АСТТП для четвертой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 4 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП6 Вероятность выбора 20 %	АСТТП7 Вероятность выбора 20 %	АСТТП8 Вероятность выбора 20 %	АСТТП12 Вероятность выбора 20 %		АСТТП13 Вероятность выбора 20 %
{GL2 ↔ μ _А (PP) ↔ PS ↔ μ _А (PG) ↔ μ _А (PS) ↔ ↔ μ _А (GFN4)}	{GL2 ↔ μ _А (PP) ↔ PS ↔ GFN4}	{μ _А (GFN1 V GFN2 V GFN3) ↔ μ _А (PG) ↔ μ _А (PS) ↔ μ _А (GFN4)}	{μ _А (GFN1 V GFN2 V GFN3) ↔ μ _А (PG) ↔ μ _А (PS) ↔ μ _А (PR2) ↔ μ _А (GFN6) ↔ μ _А (GFP4)}		{μ _А (GFN4) ↔ μ _А (PS) ↔ μ _А (PR2) ↔ μ _А (GFN6) ↔ μ _А (GFP4)}
13,36	6,66	15,06	14,38	14,38	12,36
6,66	6,66	15,06	13,20	15,50	13,22
13,36	6,66	11,56	13,20	15,50	14,48
13,36	6,66	13,86	15,50	11,10	11,08
13,36	6,66	15,06	11,10	11,10	14,48
6,66	6,66	12,76	11,10	15,50	13,48
13,36	6,66	13,86	13,20	14,38	11,08
13,36	6,66	15,06	15,50	15,50	11,08
13,36	6,66	12,76	9,98	15,50	14,48
6,66	7,46	15,06	15,50	13,20	14,48
6,66	6,66	13,86	15,50	15,50	14,48
13,36	6,66	15,06	15,50	15,50	
13,36	6,66	15,06	15,50	11,10	11,08
14,16	7,46	15,06	15,50	15,50	
	6,66	15,06	13,20	11,10	
	6,66	15,06	15,50	13,20	
	7,46	15,06	15,50	15,50	
	6,66		15,50	7,68	
	6,66		13,20	14,38	

Таблица Г.63 – Ведомость значений времен АСТТП для пятой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 5 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч		
АСТТП9 Вероятность выбора – 60 %	АСТТП10 Вероятность выбора – 20 %	АСТТП11 Вероятность выбора – 20 %
{GL1 ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PS) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PR2) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN6) ↔ GFP4)}	{GL2 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PP) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PS) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PS) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PR2) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN6) ↔ GFP4)}	{GL2 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PP) ↔ PS ↔ PR2 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN6) ↔ GFP4)}
9,10	11,10	6,70
11,10	8,70	14,48
8,70	9,10	10,36
6,70	11,10	10,36
7,58	8,70	9,24
8,70	8,70	10,36
11,10	11,10	10,36
11,10	8,70	10,36
11,10	11,10	10,36
8,70	6,70	10,36
9,10	7,98	14,48
9,98	11,10	14,48
7,58	11,10	10,36
11,10	11,10	14,48
8,70	11,10	10,36
8,70	11,10	10,36
11,10	8,70	14,48
11,10	11,10	14,48
8,70	11,10	10,36
8,70	11,10	10,36
9,10	9,10	10,36
6,70	11,10	10,36
11,10	8,70	10,36
9,10	11,10	9,24
11,10	11,10	10,36
11,10	7,58	10,36

Таблица Г.64 – Ведомость значений времен АСТТП для шестой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 6 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП14. Вероятность выбора – 60 %		АСТТП15. Вероятность выбора – 20 %	АСТТП16. Вероятность выбора – 20 %
{GL1 ↔ PG ↔ μ _A (PS) ↔ μ _A (PR1) ↔ ↔ μ _A (GFP1 V GFP2 V GFP3)}		{GL2 ↔ μ _A (PP) ↔ μ _A (PS) ↔ μ _A (PG) ↔ μ _A (PS) ↔ μ _A (PR1) ↔ μ _A (GFP1 V GFP2 V GFP3)}	{GL2 ↔ μ _A (PP) ↔ PS ↔ PR1 ↔ ↔ μ _A (GFP1 V GFP2 V GFP3)}
7,88	9,68	12,72	6,48
9,88	9,68	6,88	6,28
8,88	7,88	12,72	6,28
8,68	9,68	4,68	6,48
8,48	9,88	4,68	6,48
9,88	8,88	4,48	6,08
10,08	9,68	12,72	6,08
5,68	9,88	12,72	6,48
10,08	9,68	12,72	6,08
10,08	10,08	12,72	6,48
8,48	10,08	6,68	6,48
7,68	8,88	12,72	6,28
5,68	8,68	12,72	6,08
9,68	9,68	12,72	6,08
8,48	8,48	4,68	6,48
9,88	8,68	6,48	6,28
10,08	7,68	12,92	6,28
10,08	10,08	12,72	6,08
9,68	9,68	12,92	6,08
10,08	5,28	12,72	6,08
7,83	5,68	4,48	6,08
8,08	7,88	12,92	6,48
8,68	9,68	12,72	6,48
9,68	9,88	13,12	
8,88	10,08		
9,88	8,88		
9,88			

Таблица Г.65 – Ведомость значений времен АСТТП для седьмой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 7 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП17 Вероятность выбора – 25 %	АСТТП18 Вероятность выбора – 25 %	АСТТП19 Вероятность выбора – 25 %	АСТТП20 Вероятность выбора – 25 %
$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN1} \vee \text{GFN2} \vee \text{GFN3}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PS}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{LH}/\text{VH}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFP1} \vee \text{GFP2} \vee \text{GFP3})\}$	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN4}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PS}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{LH}/\text{VH}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFP1} \vee \text{GFP2} \vee \text{GFP3})\}$	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GL1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PS}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{LH}/\text{VH})\}$	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GL2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PP}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PS}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{LH}/\text{VH})\}$
17,80	16,88	9,61 9,61	3,21
15,30	17,08	5,61 9,61	6,41
17,80	19,08	9,61 9,61	5,61
15,30	19,08	9,61 5,61	6,41
15,30	18,88	5,61 9,61	3,21
20,10	14,48	3,21	5,61
20,10	16,68	9,61	5,61
15,40	18,68	9,61	5,61
17,70	16,68	3,21	3,21
15,70	18,88	3,21	5,61
15,70	19,08	9,61	5,61
15,50	18,68	9,61	6,41
17,40	19,08	9,61	5,61
13,40	19,08	9,61	3,21
17,70	14,28	9,61	5,61
15,30	16,28	9,61	5,61
13,20	18,88	5,61	6,41
19,90	18,68	9,61	3,21
17,30	14,28	7,21	5,61
19,90	19,08	9,61	3,21
19,90	16,68	9,61	6,41
17,70		7,21	5,61
		9,61	5,61
		3,21	3,21
		7,21	3,21
		7,21	6,41

Таблица Г.66 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «ТС» в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ч		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
ЛГ 1	АСТТП1	2,56	2,67	2,6	2,8	2,62	2,72	2,69	2,385	3,039	-3
ЛГ 2	АСТТП2	0,62	2,94	1,2	3,9	0,74	3,94	3,0	2,666	3,355	+1
ЛГ 3	АСТТП3	3,27	4,42	5,87	7,9	5,44	7,67	6,67	6,072	7,306	-3
	АСТТП4	2,11	6,14	4,11	12,3	5,68	11,11	8,42	7,297	9,663	-9
	АСТТП5	5,17	7,23	10,17	13,23	6,66	10,66	10,09	7,874	12,733	-4
ЛГ 4	АСТТП6	1,31	8,95	2,35	14,11	6,66	14,16	11,50	9,795	13,423	+0,3
	АСТТП7	5,11	5,63	9,19	9,63	6,66	7,46	6,79	5,665	8,063	-16*
	АСТТП8	8,28	9,43	16,28	17,01	11,56	15,06	14,37	12,626	16,291	-4
	АСТТП12	8,59	11,55	14,46	17,79	7,68	15,50	13,91	12,752	15,151	-13*
ЛГ 5	АСТТП13	11,04	11,04	14,87	14,87	11,08	14,48	12,98	11,023	15,188	-3
	АСТТП9	4,17	9,29	7,5	11,29	6,70	11,10	9,66	8,830	10,557	-2
	АСТТП10	2,11	9,27	5,2	13,24	9,24	14,48	11,26	9,982	12,654	+9
ЛГ 6	АСТТП11	4,43	5,89	7,97	8,42	5,92	7,84	7,05	6,025	8,192	-3
	АСТТП14	2,11	5,59	4,23	10,06	5,28	10,08	8,99	8,203	9,837	+0,2
	АСТТП15	6,85	7,31	14,33	13,15	4,48	13,12	10,32	9,070	11,683	-0,2
ЛГ 7	АСТТП16	2,37	3,99	4,26	7,18	6,08	6,48	6,28	5,298	7,392	+3
	АСТТП17	6,8	10,1	12,24	18,18	13,20	20,10	16,97	15,295	18,785	+3
	АСТТП18	7,98	9,59	14,3	17,2	14,28	19,08	17,64	15,891	19,533	+11
	АСТТП19	4,73	5,68	8,13	10,68	3,21	9,61	7,96	6,996	9,016	-10
	АСТТП20	2,33	4,08	5,33	7,15	3,21	6,41	5,06	4,229	5,998	-10

Таблица Г.68 – Ведомость значений времен АСТТП для второй логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 2 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч				
АСТТП3. Вероятность выбора – 20 %		АСТТП4. Вероятность выбора – 80 %		
{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (VV1) ↔ GFP1}		{GL ↔ PG ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (SU) ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (PG) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ GFP1}		
9,37	9,06	9,06	9,06	9,06
6,95	9,06	9,06	9,06	9,06
9,37	9,06	9,06	9,06	9,06
6,95	9,06	9,06	9,06	9,06
9,37	9,06	9,06	9,06	9,06
9,37	6,64	9,06	9,06	9,06
9,37	9,06	6,64	6,64	6,64
9,37	6,64	9,06	9,06	6,64
9,37	6,64	6,64	6,64	6,64
6,95	9,06	9,06	9,06	9,06
9,37	9,06	9,06	9,06	9,06
9,37	9,06	9,06	9,06	6,64
9,37	9,06	9,06	9,06	6,64
6,95	9,06	9,06	9,06	9,06
6,95	6,64	9,06	9,06	9,06
	9,06	9,06	9,06	6,64
	9,06	9,06	9,06	9,06
	9,06	9,06	9,06	6,64
	6,64	9,06	9,06	9,06
	9,06	9,06	9,06	9,06
	9,06	9,06	9,06	9,06
	6,64	9,06	9,06	9,06
	9,06	9,06	9,06	9,06
	6,64	9,06	9,06	9,06
	9,06	6,64	6,64	9,06
	9,06	9,06	9,06	
	6,64	9,06	9,06	
	9,06	9,06	9,06	
	9,06	9,06	9,06	
	6,64	6,64	6,64	

Таблица Г.72 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «У» в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ч		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
ЛГ 1	АСТТП1	4,87	5,18	8,76	8,9	6,95	6,95	6,95	5,595	8,064	-9
	АСТТП2	4,87	4,87	8,76	8,76	6,64	6,64	6,64	6,069	7,250	-17*
ЛГ 2	АСТТП3	4,87	7,6	8,76	11,68	6,95	9,37	8,56	7,146	10,179	-13
	АСТТП4	4,87	5,63	8,76	10,13	6,64	9,06	8,49	7,882	9,133	-10
ЛГ 3	АСТТП5	4,02	4,02	7,01	7,52	5,79	5,79	5,79	5,142	6,497	-14*
	АСТТП6	4,02	4,78	7,01	8,6	7,31	7,31	7,31	6,580	8,099	-6
ЛГ 4	АСТТП7	3,41	3,72	6,73	5,95	6,36	6,61	6,37	5,645	7,179	+11
	АСТТП8	4,47	8,1	7,15	12,96	8,0	13,25	12,15	11,257	13,085	+2
ЛГ 5	АСТТП9	4,43	9,29	7,97	11,7	8,78	10,18	8,96	8,385	9,568	-13

Программный модуль для станции «ТГ» (Логическая группа 2)

```

tgl := 0.05 : tpp := 4.4 : tpo := 1.2 :
ts1 := 0.06 : ts2 := 0.06 :
N := 100 :
for i from 1 to N do
  print( );
  print(Эксперимент, i, АСТТПЗ, см. Таганроз);
  R1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..2), method = uniform) :
  if R1 = 1 then
    print(Пассажирский поезд, прибывший с GL переставляют на PP);
    t1a := tgl + ts1 + ts2 + tpp :
  elif R1 = 2 then
    print(Пассажирский поезд, прибывший с GL переставляют на PP,
      а также выполняют операции с багажом ВО);
    t1a := tgl + ts1 + ts2 + tpp + tpo :
  end if:
  t2a := ts2 + ts1 + tgl :
  T1 := t1a + t2a :
  print(АСТТПЗ, T1, ч);
end do:

```

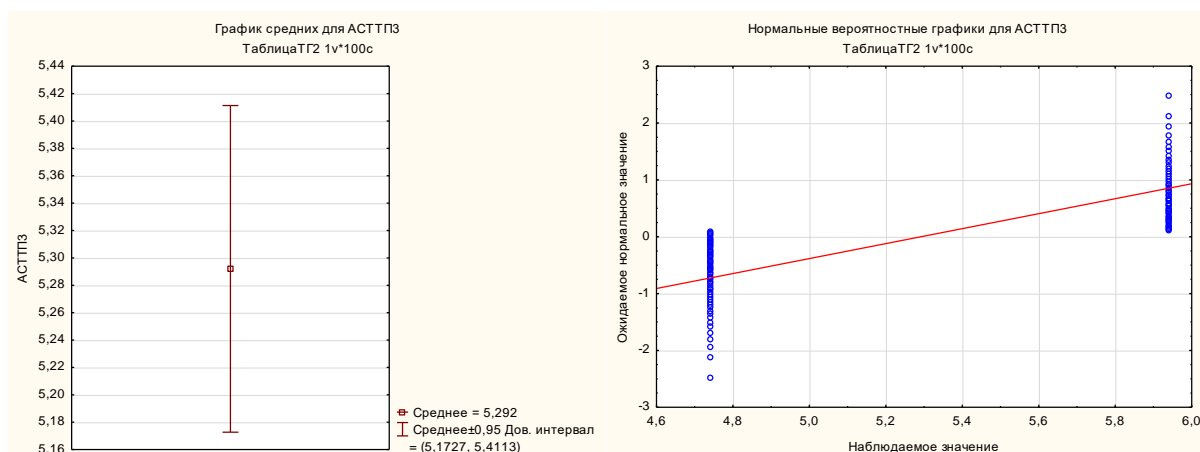


Рисунок Г.1 – График средних значений времен и нормальный вероятностный график интенсивности временных рядов АСТТП

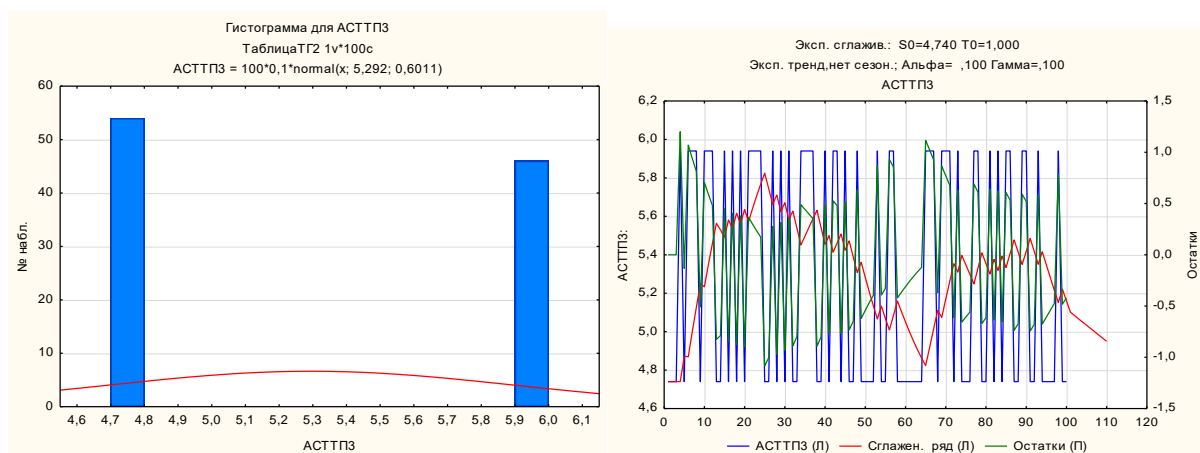


Рисунок Г.2 – Гистограммы нормального распределения интенсивности времен и прогнозирования времен АСТТП на основе экспоненциального сглаживания

Программный модуль для станции «ТГ» (Логическая группа 3)

```

tgl := 0.05 : tps2 := 2.9 : tps3 := 5.5 : tpr := 2.9 : tgn1 := 11.83 : tgfp5 := 0.79 : tpg :=
2.8 :
ts1 := 0.05 : ts8 := 0.05 : ts9 := 0.05 : ts10 := 0.05 : ts12 := 0.05 : ts19 := 0.05 : ts7 :=
0.05 :

Vag := 56 :
Vgfn1 := ceil(Vag*0.2) :
Vgfp5 := ceil(Vag*0.5) :

N := 100 :
for i from 1 to N do
V := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..100),method = uniform) :
if V ≤ 50 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП4, ст. Таганрог);
print(От поезда, прибывшего на PS3 через PS3 с GL, отцепляют, Vgfn1,
вагонов для обработки в GFN1);
t1a := tgl + ts8 + tps2 :
t2a := ts9 + tps3 :
t3a := ts10 + tgn1 :
t4a := ts10 + tps3 + ts9 + tps2 :
t5a := ts8 + tgl :
T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТТП4, T1, ч);
elif V > 50 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП9, ст. Таганрог);
print(От поезда, прибывшего на PR через PS2 с GL, отцепляют, Vgfp5,
вагонов для обработки в GFP5);
t1a := tgl + ts8 + tps2 :
t2a := ts12 + tpr :
t3a := ts19 + tgfp5 + ts19 :
t4a := tpr + ts12 + tps2 :
t5a := ts8 + tgl :
T2 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТТП9, T2, ч);
end if:
end do:

```

Программный модуль для станции «ТГ» (Логическая группа 4)

```

    tgl := 0.05 : tpg := 2.8 : tsu := 0.7 : tps1 := 7.25 : tps3 := 5.5 : tgfn2 := 8.45 :
    ts1 := 0.06 : ts3 := 0.06 : ts5 := 0.06 : tps4 := 0.06 : ts7 := 0.06 : ts11 := 0.06 : ts4 :=
    0.06 :

    Vag := 56 :
    Vgfn2 := ceil(Vag*0.2) :

    N := 100 :
for i from 1 to N do
    print( );
    print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП5, ст. Таганрог);
    R1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
if R1 ≤ 5 then
    print(От поезда, прибывшего на PS3, предварительно совершив маневры на PS1, SU, PS1,
        PG, отцепляют, Vgfn2, вагонов для обработки в GFN2);
    t1a := tgl + ts1 + tpg :
    t2a := ts3 + tsu + ts5 + tps1 :
    t3a := ts4 + tpg + ts7 + tps3 :
    t4a := ts11 + tgfn2 + ts11 :
    t5a := tps3 + ts7 + tpg :
    t6a := ts1 + tgl :
elif R1 ≥ 6 and R1 ≤ 7 then
    print(От поезда, прибывшего на PS3, предварительно совершив маневры на PS1, PS1, PG,
        отцепляют, Vgfn2, вагонов для обработки в GFN2);
    t1a := tgl + ts1 + tpg :
    t2a := ts3 + ts5 + tps1 :
    t3a := ts4 + tpg + ts7 + tps3 :
    t4a := ts11 + tgfn2 + ts11 :
    t5a := tps3 + ts7 :
    t6a := tpg + ts1 + tgl :
elif R1 ≥ 8 and R1 ≤ 9 then
    print(От поезда, прибывшего на PS3, предварительно совершив маневры на PS1, SU, PS1,
        отцепляют, Vgfn2, вагонов для обработки в GFN2);
    t1a := tgl + ts1 + tpg :
    t2a := ts3 + tsu + ts5 + tps1 :
    t3a := ts4 + ts7 + tps3 :
    t4a := ts11 + tgfn2 + ts11 :
    t5a := tps3 + ts7 :
    t6a := tpg + ts1 + tgl :
elif R1 = 10 then
    print(От поезда, прибывшего на PS3, предварительно совершив маневры на PS1, PS1,
        отцепляют, Vgfn2, вагонов для обработки в GFN2);
    t1a := tgl + ts1 + tpg :
    t2a := ts3 + ts5 + tps1 :
    t3a := ts4 + ts7 + tps3 :
    t4a := ts11 + tgfn2 + ts11 :
    t5a := tps3 + ts7 :
    t6a := tpg + ts1 + tgl :
end if:
    T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a + t6a :
    print(АСТПП5, T1, ч);
end do:

```

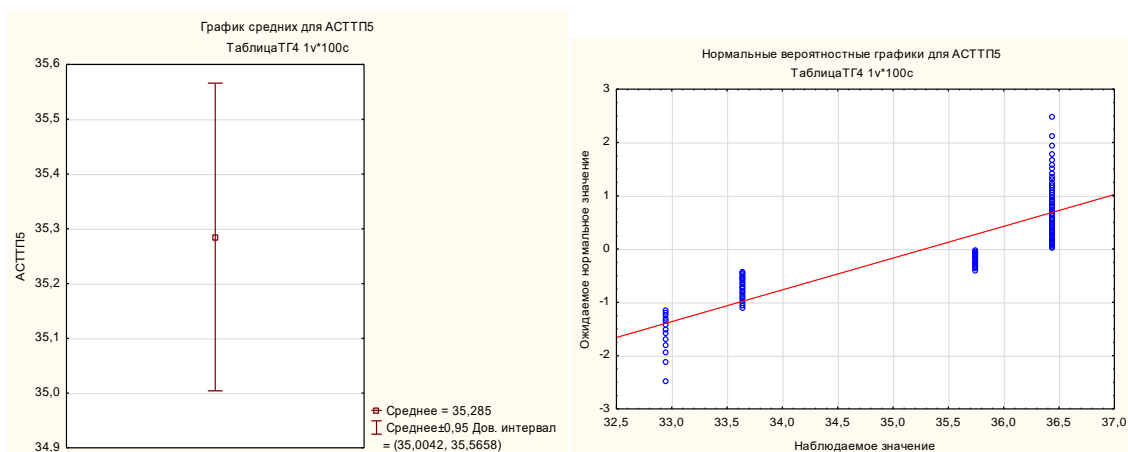



Рисунок Г.3 – График средних значений времен и нормальный вероятностный график интенсивности временных рядов АСТТП

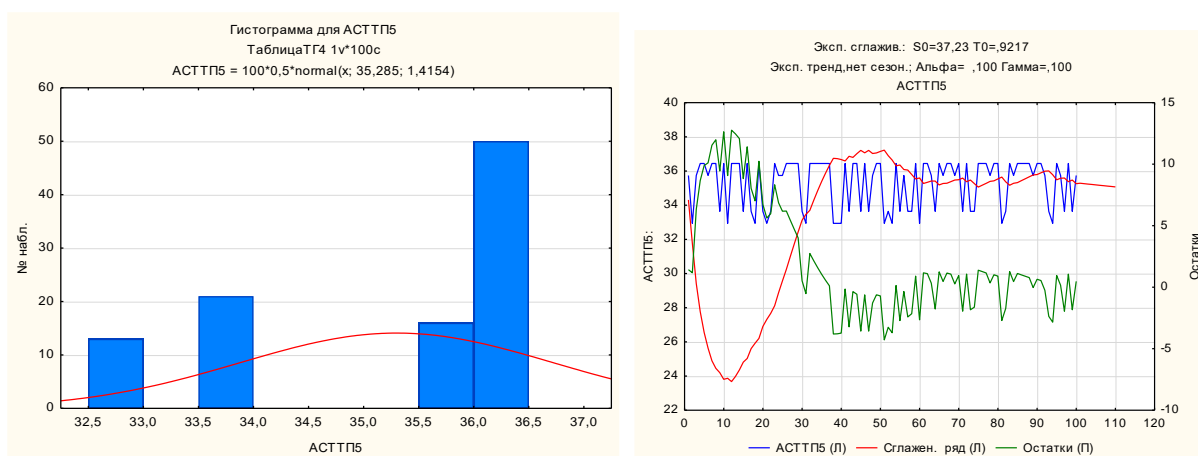


Рисунок Г.4 – Гистограммы нормального распределения интенсивности времени прогнозирования времен АСТТП на основе экспоненциального сглаживания

Программный модуль для станции «ТГ» (Логическая группа 5)

```

tgl := 0.05 : tpg := 2.8 : tpr := 2.9 : tgfp5 := 0.7 : tsu := 0.7 : tps1 := 7.25 :
ts1 := 0.06 : ts19 := 0.06 : ts3 := 0.06 : ts5 := 0.06 : ts4 := 0.06 : ts13 := 0.06 :

Vag := 56 :
Vgfp5 := ceil(Vag*0.5) :

N := 100 :
for i from 1 to N do
V := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..100), method = uniform) :
if V ≤ 20 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП6, ст. Таганрог);
print(От поезда, прибывшего в PR через GL и PG отцепляют, Vgfp5,
вагонов для обработки в GFP5);
t1a := tgl + ts1 + tpg :
t2a := ts13 + tpr :
t3a := ts19 + tgfp5 + ts19 :
t4a := tpr + ts13 :
t5a := tpg + ts1 + tgl :
T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТТП6, T1, ч);
elif V > 20 and V ≤ 50 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП7, ст. Таганрог);
print(От поезда в PR отцепляют, Vgfp5, вагонов для обработки в GFP5,
сортируя на SU и PS1, PG);
t1a := tgl + ts1 + tpg :
t2a := ts3 + tsu + ts5 + tps1 :
t3a := ts4 + tpg + ts13 + tpr :
t4a := ts19 + tgfp5 + ts19 :
t5a := tpr + ts13 + tpg + ts4 + tps1 :
t6a := ts5 + tsu + ts3 :
t7a := tpg + ts1 + tgl :
T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a + t6a + t7a :
print(АСТТП7, T1, ч);
elif V > 50 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП8, ст. Таганрог);
R3 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
if R3 ≤ 5 then
print(От поезда в PR отцепляют, Vgfp5, вагонов для обработки в GFP5,
сортируя на SU и PS1, PG);
t1a := tgl + ts1 + tpg :
t2a := ts3 + tsu + ts5 + tps1 :
t3a := ts4 + tpg + ts13 + tpr :
t4a := ts19 + tgfp5 + ts19 :
t5a := tpr + ts13 + tpg + ts4 + tps1 :
t6a := ts5 + tsu + ts3 :
t7a := tpg + ts1 + tgl :
elif R3 ≥ 6 and R3 ≤ 7 then
print(От поезда в PR отцепляют, Vgfp5, вагонов для обработки в GFP5, сортируя
t1a := tgl + ts1 + tpg :
t2a := 0 :
t3a := ts13 + tpr :
t4a := ts19 + tgfp5 + ts19 :
t5a := tpr + ts13 :
t6a := 0 :
t7a := tpg + ts1 + tgl :
elif R3 ≥ 8 then
print(От поезда в PR отцепляют, Vgfp5, вагонов для обработки в GFP5);
t1a := tgl + ts1 + tpg :
t2a := ts13 + tpr :
t3a := ts19 + tgfp5 + ts19 :
t4a := tpr + ts13 :
t5a := tpg + ts1 + tgl :
t6a := 0 :
end if:
T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a + t6a + t7a :
print(АСТТП8, T1, ч);
end if:
end do:

```

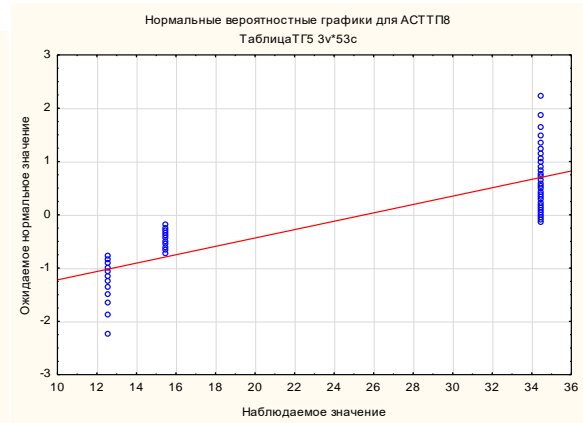
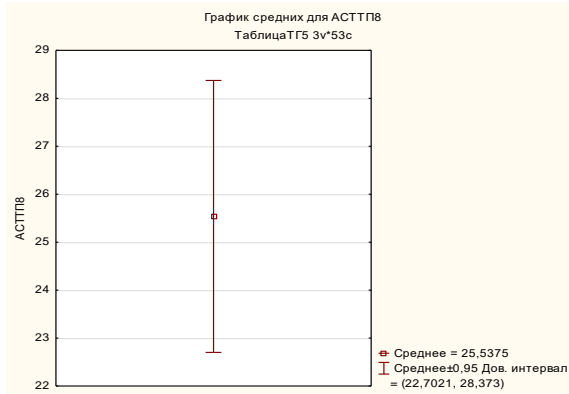


Рисунок Г.5 – График средних значений времен и нормальный вероятностный график интенсивности временных рядов АСТТП

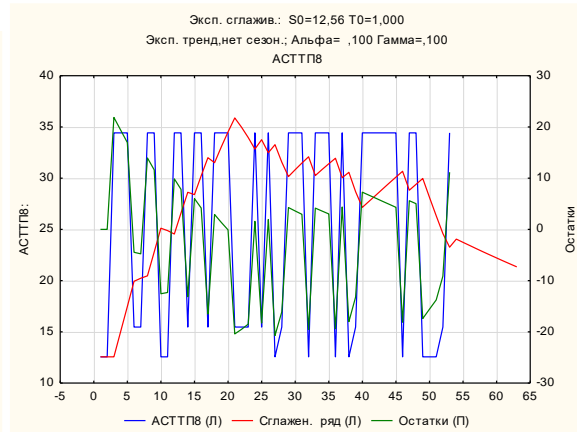
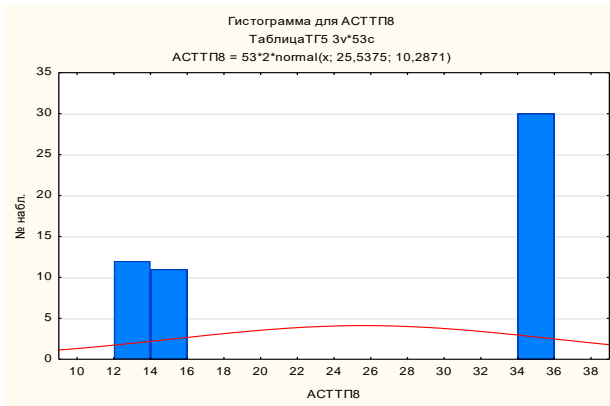


Рисунок Г.6 – Гистограммы нормального распределения интенсивности времен и прогнозирования времен АСТТП на основе экспоненциального сглаживания

Программный модуль для станции «ТГ» (Логическая группа б)

```

tgn2 := 8.45 : tps3 := 5.5 : tps2 := 2.9 : tpr := 2.9 : tgf3 := 0.8 : tgf0 := 9.45 :
tsu := 0.7 : tps1 := 7.25 : tpg := 2.8 :
ts11 := 0.06 : ts9 := 0.06 : ts12 := 0.06 : ts17 := 0.06 : ts1 := 0.06 :
ts4 := 0.06 : ts3 := 0.06 : ts5 := 0.06 : ts6 := 0.06 : ts7 := 0.06 : ts13 := 0.06 :

Vag := 56 :
Vgn2 := ceil(Vag-0.2) :
Vgf0 := ceil(Vag-0.2) :
Vgfp3 := ceil(Vag-0.5) :

N := 100 :
for i from 1 to N do
V := RandomTools[Generate](Integer(range = 1..100), method = uniform) :
if V ≤ 25 then
print( ) :
print(Аксиоматы маневровой работы) :
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТ10, см. Тазапроз) :
R1 := RandomTools[Generate](Integer(range = 1..10), method = uniform) :
if R1 ≤ 6 then
print(C GFN2 не представляют, Vgn2, вагонов на GFP3 через PS3, PR) :
t1a := tgn2 + ts11 + tps3 :
t2a := ts9 + ts12 + tpr :
t3a := ts17 + tgf3 :
elif R1 ≥ 7 and R1 ≤ 8 then
print(C GFN2 не представляют, Vgn2, вагонов на GFP3 через PS2, PR) :
t1a := tgn2 + ts11 :
t2a := ts9 + tps2 + ts12 + tpr :
t3a := ts17 + tgf3 :
elif R1 ≥ 9 then
print(C GFN2 не представляют, Vgn2, вагонов на GFP3 через PR) :
t1a := tgn2 + ts11 :
t2a := ts9 + ts12 + tpr :
t3a := ts17 + tgf3 :
end if :
T1 := t1a + t2a + t3a :
print(АСТТ10, T1, ч) :
elif V > 25 and V ≤ 50 then
print( ) :
print(Аксиоматы маневровой работы) :
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТ11, см. Тазапроз) :
R2 := RandomTools[Generate](Integer(range = 1..10), method = uniform) :
if R2 ≤ 6 then
print(C GFO не представляют, Vgf0, вагонов на GFP3 через PS1, SU, PG, PR) :
t1a := tgf0 + ts6 + tsu :
t2a := ts5 + tps1 + ts4 + tpg :
t3a := ts13 + tpr :
t4a := ts17 + tgf3 :
elif R2 ≥ 7 and R2 ≤ 8 then
print(C GFO не представляют, Vgf0, вагонов на GFP3 через SU, PG, PR) :
t1a := tgf0 + ts6 + tsu :
t2a := ts3 + tpg :
t3a := ts13 + tpr :
t4a := ts17 + tgf3 :
elif R2 ≥ 9 then
print(C GFO не представляют, Vgf0, вагонов на GFP3 через PS1, SU, PG) :
t1a := tgf0 + ts6 + tsu :
t2a := ts5 + tps1 + ts4 + tpg :
t3a := ts13 :
t4a := ts17 + tgf3 :
end if :
T2 := t1a + t2a + t3a + t4a :
print(АСТТ11, T2, ч) :
elif V > 50 and V ≤ 75 then
print( ) :
print(Аксиоматы маневровой работы) :
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТ12, см. Тазапроз) :
R3 := RandomTools[Generate](Integer(range = 1..10), method = uniform) :
if R3 ≤ 5 then
print(C GFO не представляют, Vgf0, вагонов на GFN2 через SU, PS1, PG, S3) :
t1a := tgf0 + ts6 + tsu :
t2a := ts5 + tps1 + ts4 + tpg :
t3a := ts7 + tps3 :
t4a := ts11 + tgn2 :
elif R3 ≥ 6 and R3 ≤ 7 then
print(C GFO не представляют, Vgf0, вагонов на GFN2 через SU, PG, PS3) :
t1a := tgf0 + ts6 + tsu :
t2a := ts3 + tpg :
t3a := ts7 + tps3 :
t4a := ts11 + tgn2 :
elif R3 ≥ 8 and R3 ≤ 9 then
print(C GFO не представляют, Vgf0, вагонов на GFN2 через SU, PS1, PS3) :
t1a := tgf0 + ts6 + tsu :
t2a := ts5 + tps1 + ts4 :
t3a := ts7 + tps3 :
t4a := ts11 + tgn2 :
elif R3 = 10 then
print(C GFO не представляют, Vgf0, вагонов на GFN2 через PS3) :
t1a := tgf0 + ts6 :
t2a := ts3 :
t3a := ts7 + tps3 :
t4a := ts11 + tgn2 :
end if :
T3 := t1a + t2a + t3a + t4a :
print(АСТТ12, T3, ч) :
elif V > 75 then
print( ) :
print(Аксиоматы маневровой работы) :
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТ13, см. Тазапроз) :
R4 := RandomTools[Generate](Integer(range = 1..10), method = uniform) :
if R4 ≤ 6 then
print(C PG не представляют вагоны на SU, PS1, PS3, PS2, PR,
а затем возвращают обратно на PG) :
t1a := tpg + ts3 + tsu :
t2a := ts5 + tps1 + ts4 + tpg :
t3a := ts7 + tps3 + ts9 + tps2 :
t4a := ts12 + tpr + ts13 + tpg :
elif R4 ≥ 7 then
print(C PG не представляют вагоны на PS3, PS2, PR, а затем возвращают обратно на PG) :
t1a := 0 :
t2a := tpg :
t3a := ts7 + tps3 + ts9 + tps2 :
t4a := ts12 + tpr + ts13 + tpg :
end if :
T4 := t1a + t2a + t3a + t4a :
print(АСТТ13, T4, ч) :
end if :
end do :

```

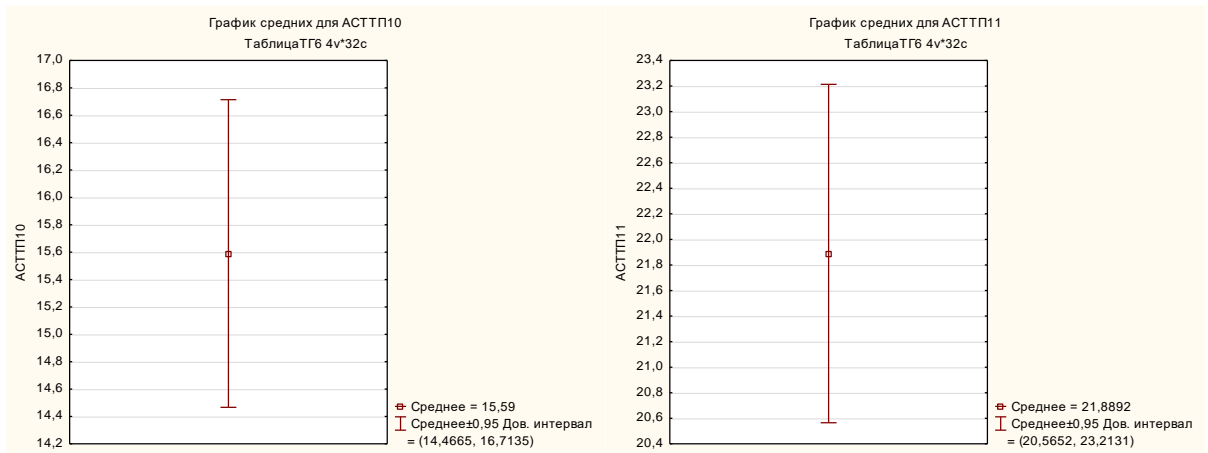


Рисунок Г.7 – Графики средних значений времен АСТТП

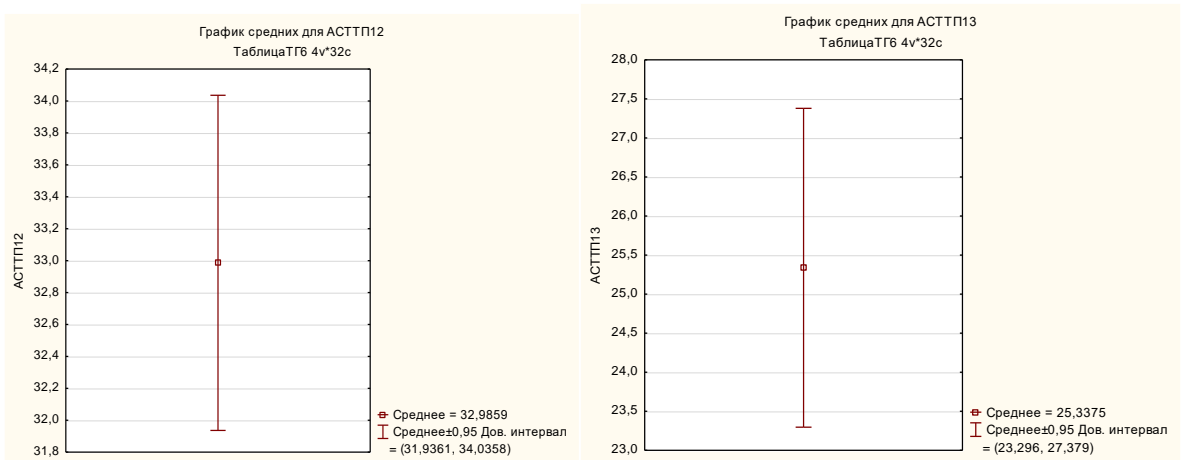


Рисунок Г.8 – Графики средних значений времен АСТТП

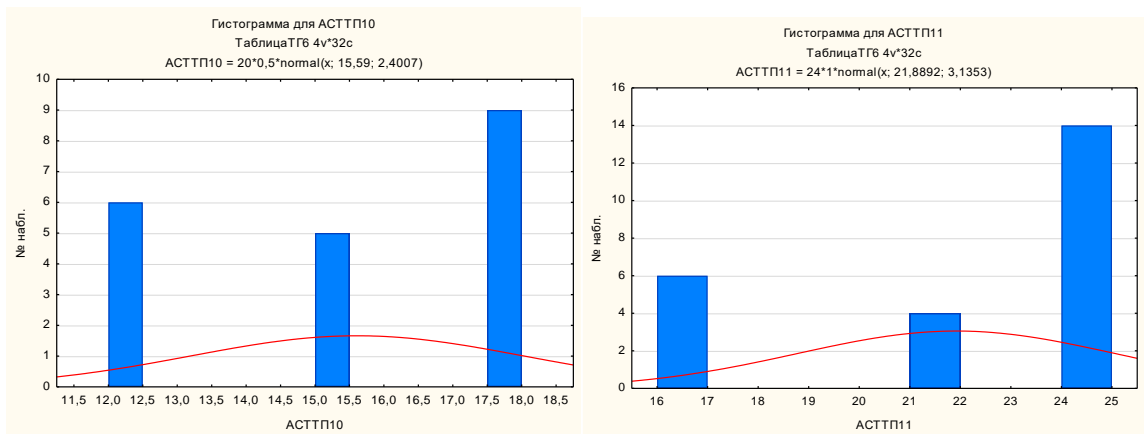


Рисунок Г.9 – Гистограммы нормального распределения интенсивности времен АСТТП

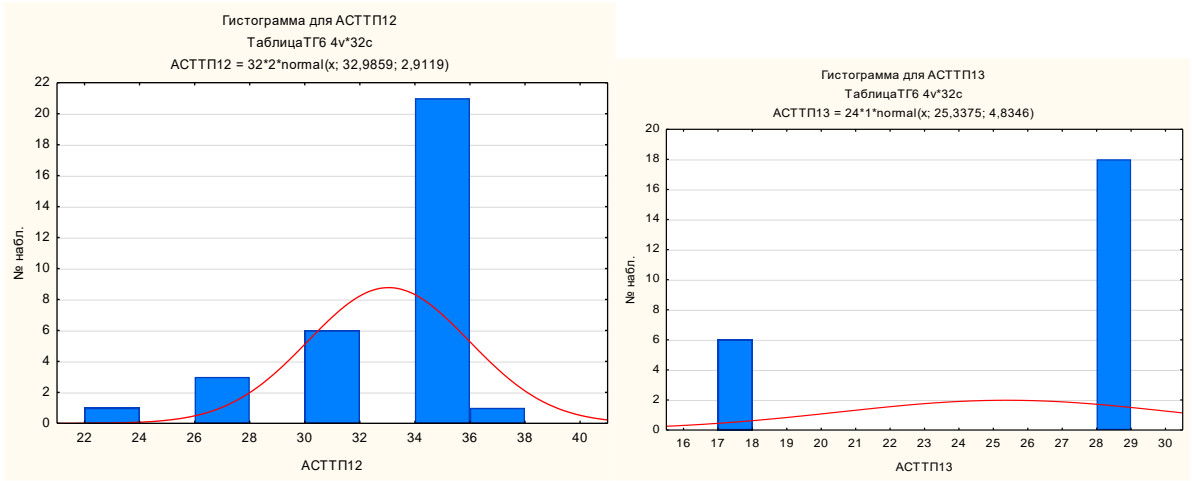


Рисунок Г.10 – Гистограммы нормального распределения интенсивности времен АСТТП

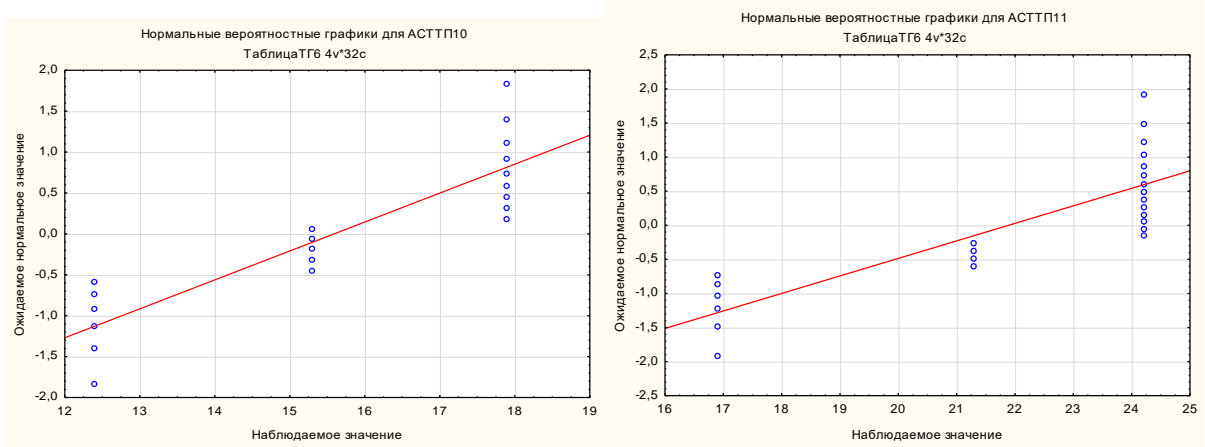


Рисунок Г.11 – Нормальные вероятностные графики интенсивности временных рядов АСТТП

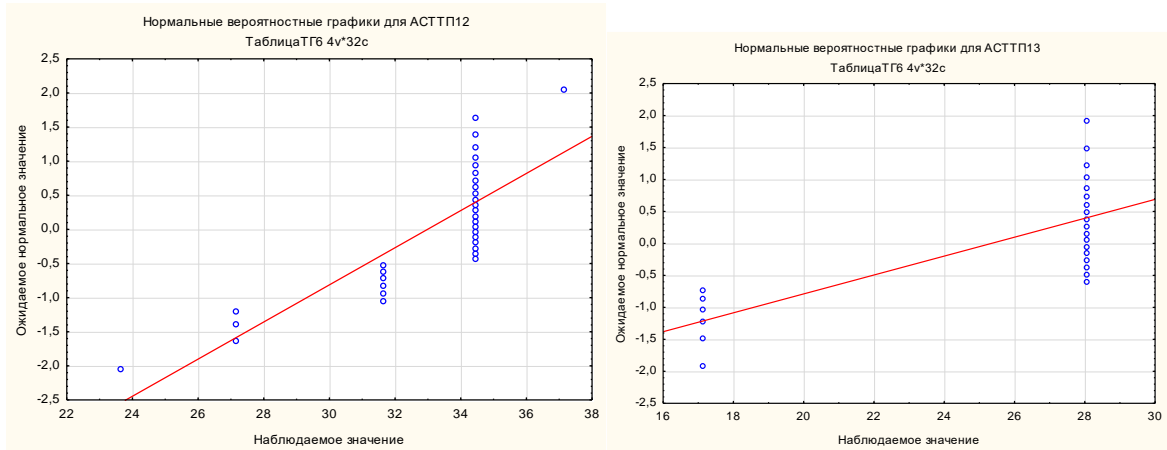


Рисунок Г.12 – Нормальные вероятностные графики интенсивности временных рядов АСТТП

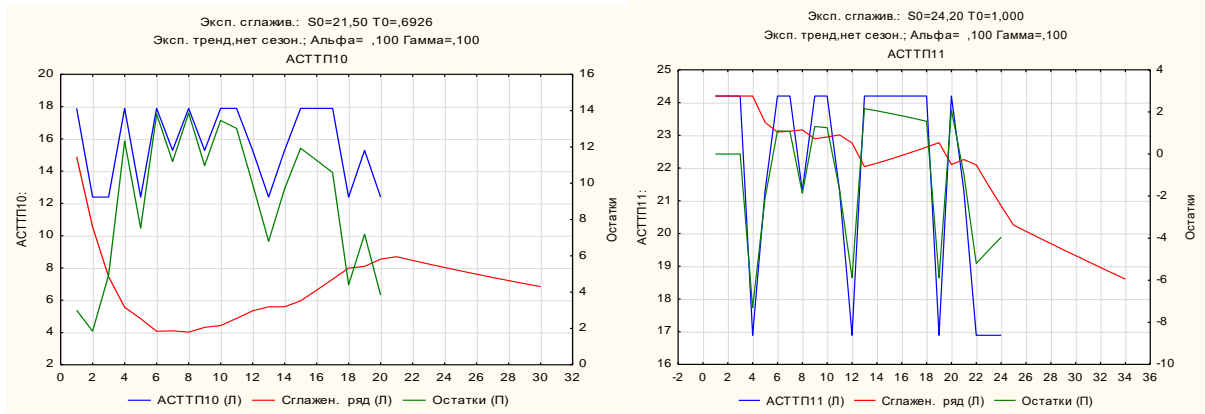


Рисунок Г.13 – Прогнозирование времен АСТТП на основе экспоненциального сглаживания

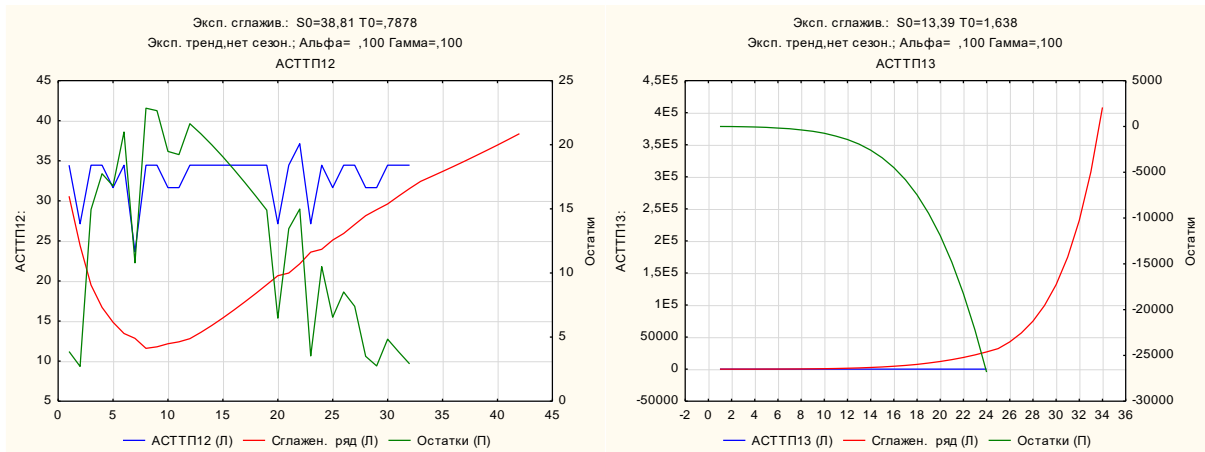


Рисунок Г.14 – Прогнозирование времен АСТТП на основе экспоненциального сглаживания

Г.12. Припортовая станция «Н» (сущ.)

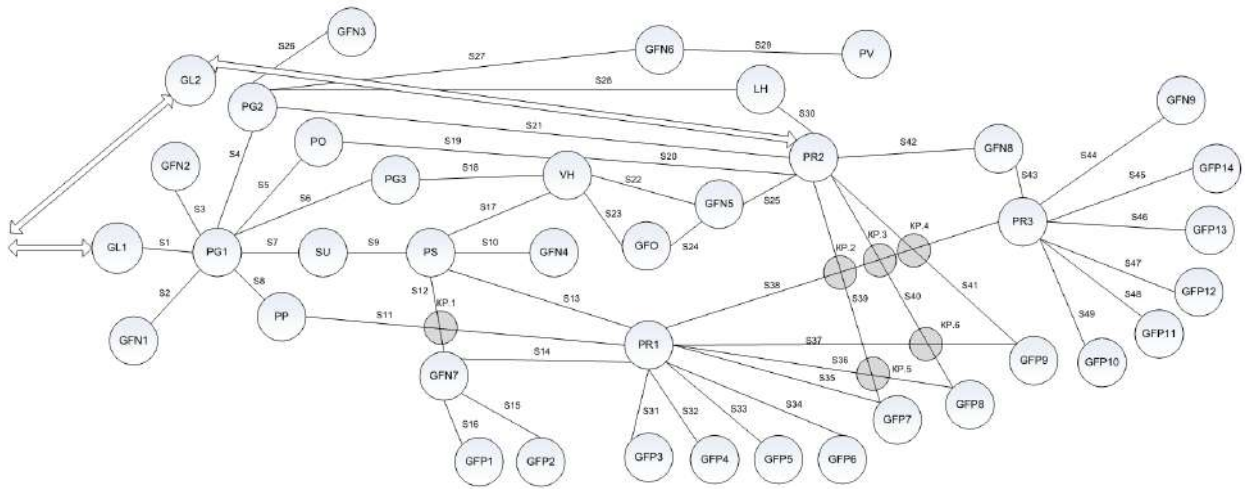


Рисунок Г.15 – Модельная схема припортовой станции «Н» (сущ.)

Таблица Г.73 – Ведомость аксиомат (ручной расчет)

Аксиомата АСТП	Модельная схема АСТП	Общее время АСТП, ч	
		min	max
1	2	3	4
АСТП1	{GL1 ↔ μ _A (PG1) ↔ PP}	1,67	3,58
АСТП2	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _A (SU) ↔ PS ↔ GFN4}	11,29	15,49
АСТП3	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _A (GFN1 ∨ GFN2)}	8,04	12,52
АСТП4	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _A (SU) ↔ PS кр. μ _A (GFN7) ↔ μ _A (GFP1 ∨ GFP2)}	15,99	21,01
АСТП5	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _A (SU) ↔ PS ↔ PR1 ↔ μ _A (GFP3 ∨ GFP4 ∨ GFP5 ∨ GFP6 ∨ GFP7) кр. μ _A (GFP8 ∨ GFP9)}	23,3	31,63
АСТП6	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _A (PP) кр. PR1 ↔ μ _A (GFP3 ∨ GFP4 ∨ GFP5 ∨ GFP6 ∨ GFP7) кр. μ _A (GFP8 ∨ GFP9)}	15,75	19,75
АСТП7	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _A (SU) ↔ PS кр. μ _A (GFN7) ↔ PR1 ↔ μ _A (GFP3 ∨ GFP4 ∨ GFP5 ∨ GFP6 ∨ GFP7) кр. μ _A (GFP8 ∨ GFP9)}	22,55	30,63
АСТП8	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _A (SU) ↔ PS ↔ μ _A (PR1) кр. ³ PR3 ↔ μ _A (GFP10 ∨ GFP11 ∨ GFP12 ∨ GFP13 ∨ GFP14 ∨ GFN9)}	32,9	35,04
АСТП9	{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _A (PP) кр. μ _A (PR1) кр. ³ PR3 ↔ μ _A (GFP10 ∨ GFP11 ∨ GFP12 ∨ GFP13 ∨ GFP14 ∨ GFN9)}	29,35	34,4
АСТП10	{μ _A (GFN1) ↔ PR1 ↔ μ _A (GFN2)}	16,47	24,47
АСТП11	{μ _A (GFN1 ∨ GFN2) ↔ μ _A (PG1) ↔ μ _A (SU) ↔ μ _A (PS) ↔ μ _A (GFN4)}	15,42	22,23
АСТП12	{μ _A (GFN1 ∨ GFN2) ↔ μ _A (PG1) ↔ μ _A (SU) ↔ μ _A (PS) кр. μ _A (GFN7) ↔ μ _A (GFP1 ∨ GFP2)}	20,78	26,3
АСТП13	{μ _A (GFN4) ↔ μ _A (PS) кр. μ _A (GFN7) ↔ μ _A (GFP1 ∨ GFP2)}	15,4	18,15
АСТП14	{μ _A (PG) ↔ μ _A (SU) ↔ μ _A (PS) ↔ μ _A (PR1) кр. ³ μ _A (PR3)}	18,46	22,04
АСТП15	{μ _A (GFP10 ∨ GFP11 ∨ GFP12 ∨ GFP13 ∨ GFP14 ∨ GFN9) ↔ μ _A (PR3) кр. ³ μ _A (PR1) ↔ μ _A (GFP3 ∨ GFP4 ∨ GFP5 ∨ GFP6 ∨ GFP7) кр. (GFP8 ∨ GFP9)}	32,2	35,55

Продолжение таблицы Г.73

1	2	3	4
АСТП16	$\{\mu_A(PS) \leftrightarrow \mu_A(GFN7) \leftrightarrow \mu_A(GFP1 \vee GFP2)\}$	14,08	17,04
АСТП17	$\{\mu_A(PR1) \leftrightarrow \mu_A(GFP3 \vee GFP4 \vee GFP5 \vee GFP6 \vee GFP7) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(GFP8 \vee GFP9)\}$	12,52	15,64
АСТП18	$\{\mu_A(PR3) \leftrightarrow \mu_A(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$	22,22	25,37
АСТП19	$\{\mu_A(PG1) \leftrightarrow \mu_A(PP) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(PR1) \leftrightarrow \mu_A(GFN7) \leftrightarrow \mu_A(PS)\}$	25,68	25,68
АСТП20	$\{GL2 \leftrightarrow PR2 \overleftarrow{\text{кр.}^2} \mu_A(GFP7 \vee GFP8) \overleftarrow{\text{кр.}} (GFP9)\}$	9,64	14,08
АСТП21	$\{GL2 \leftrightarrow PR2 \leftrightarrow \mu_A(GFN8) \leftrightarrow PR3 \leftrightarrow \mu_A(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$	33,02	34,47
АСТП22	$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_A(SU) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_A(PR1) \leftrightarrow PR3 \leftrightarrow \mu_A(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$	29,43	32,5
АСТП23	$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_A(SU) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_A(VH) \leftrightarrow \mu_A(GF0) \leftrightarrow \mu_A(GF5)\}$	14,49	24,46
АСТП24	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_A(PG1) \leftrightarrow PG3 \leftrightarrow \mu_A(VH) \leftrightarrow \mu_A(GF0) \leftrightarrow \mu_A(GF5) \leftrightarrow \mu_A(PR2)\}$	22,14	22,14
АСТП25	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_A(PG1) \leftrightarrow PO \leftrightarrow \mu_A(VH) \leftrightarrow \mu_A(PR2) \leftrightarrow \mu_A(GFN8) \leftrightarrow \mu_A(PR3)\}$	14,2	25,5
АСТП26	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_A(PG1) \leftrightarrow PG2 \leftrightarrow \mu_A(PR2) \leftrightarrow \mu_A(GFN8) \leftrightarrow \mu_A(PR3)\}$	17,5	19,5
АСТП27	$\{GL1 \leftrightarrow \mu_A(PG1) \leftrightarrow PG2 \leftrightarrow \mu_A(GFN3 \vee GFN6) \leftrightarrow \mu_A(PV)\}$	21,05	23,03
АСТП28	$\{\mu_A(PG1) \leftrightarrow \mu_A(PG2) \leftrightarrow \mu_A(LH) \leftrightarrow \mu_A(PR2) \leftrightarrow \mu_A(GFN8) \leftrightarrow \mu_A(PR3)\}$	23,7	25,7
АСТП29	$\{\mu_A(PS) \leftrightarrow \mu_A(VH)\}$	13,3	13,3
АСТП30	$\{\mu_A(GFN3) \leftrightarrow \mu_A(PG2) \leftrightarrow \mu_A(GFN6) \leftrightarrow \mu_A(PV)\}$	16,1	20,1
АСТП31	$\{\mu_A(PG1) \leftrightarrow \mu_A(PG2) \leftrightarrow \mu_A(LH) \leftrightarrow \mu_A(PR2) \leftrightarrow \mu_A(GFN5) \leftrightarrow \mu_A(GF0) \leftrightarrow \mu_A(VH) \leftrightarrow \mu_A(PS) \leftrightarrow \mu_A(PG3) \leftrightarrow \mu_A(PG1)\}$	15,7	18,53
АСТП32	$\{\mu_A(GFP1 \vee GFP2) \leftrightarrow \mu_A(GFN7) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(PS) \leftrightarrow \mu_A(VH) \leftrightarrow \mu_A(GF0 \vee GFN5) \leftrightarrow \mu_A(PR2) \leftrightarrow \mu_A(PG2) \leftrightarrow \mu_A(PG1)\}$	23,31	27,45
АСТП33	$\{\mu_A(PR1) \leftrightarrow \mu_A(PS) \leftrightarrow \mu_A(VH) \leftrightarrow \mu_A(PG3) \leftrightarrow \mu_A(PG1)\}$	18,5	29,5
АСТП34	$\{\mu_A(PG1) \leftrightarrow \mu_A(PR3) \leftrightarrow \mu_A(GFN8) \leftrightarrow \mu_A(PR2) \leftrightarrow \mu_A(LH) \leftrightarrow \mu_A(PG2) \leftrightarrow \mu_A(PG1)\}$	27,16	29,16
АСТП35	$\{\mu_A(PP) \leftrightarrow \mu_A(PG1) \leftrightarrow \mu_A(PG3) \leftrightarrow \mu_A(VH)\}$	7,19	8,19
АСТП36	$\{\mu_A(PS) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(GFN7) \leftrightarrow \mu_A(PR1) \overleftarrow{\text{кр.}^3} \mu_A(PR3) \leftrightarrow \mu_A(GFN8) \leftrightarrow \mu_A(PR2) \leftrightarrow \mu_A(PG2) \leftrightarrow \mu_A(PG1)\}$	28,6	28,6
АСТП37	$\{\mu_A(PV) \leftrightarrow \mu_A(GFN6) \leftrightarrow \mu_A(PG2) \leftrightarrow \mu_A(LH) \leftrightarrow \mu_A(PR2) \leftrightarrow \mu_A(GFN8) \leftrightarrow \mu_A(PR3)\}$	18,23	30,98
АСТП38	$\{\mu_A(PR2) \overleftarrow{\text{кр.}^2} \mu_A(GFP7 \vee GFP8) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(GFP9)\}$	9,01	12,8


```

tgl1 := 0.11 : tpg1 := 1.16 : tpp := 0.5 :
ts1 := 0.06 : ts8 := 0.06 :

```

```

N := 100 :

```

```

for i from 1 to N do

```

```

  print( );

```

```

  print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП, см Новороссийск сущ);

```

```

  R1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :

```

```

  if R1 ≤ 8 then

```

```

    print(Пассажирский поезд прибывает на станцию с GL1 на PG1,
      а затем обрабатывается на PP);

```

```

    t1a := tgl1 + ts1 + tpg1 :

```

```

    t2a := ts8 + tpp + ts8 :

```

```

    t3a := tpg1 + ts1 + tgl1 :

```

```

  elif R1 ≥ 9 then

```

```

    print(Пассажирский поезд прибывает на станцию с GL1 на PP, без обработки на PG1);

```

```

    t1a := tgl1 + ts1 :

```

```

    t2a := ts8 + tpp + ts8 :

```

```

    t3a := ts1 + tgl1 :

```

```

  end if:

```

```

  T1 := t1a + t2a + t3a :

```

```

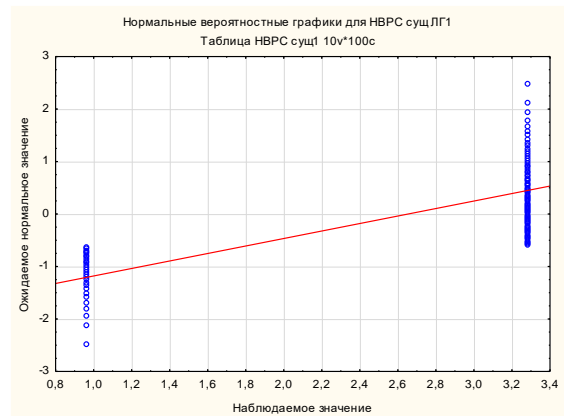
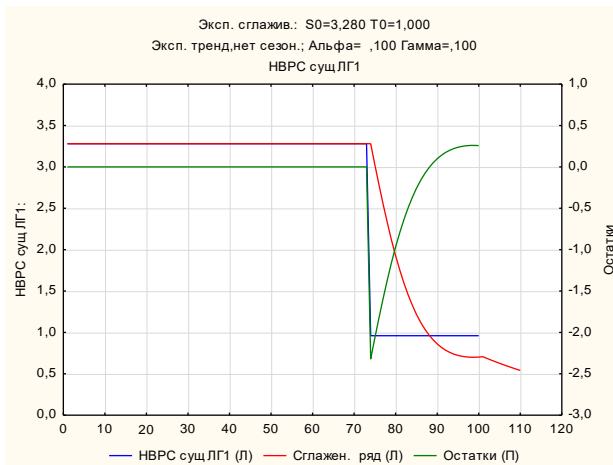
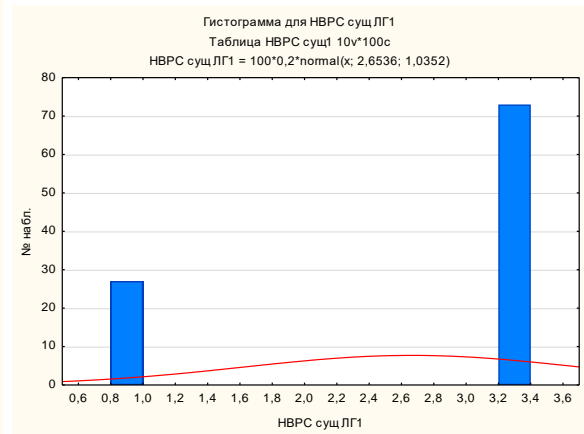
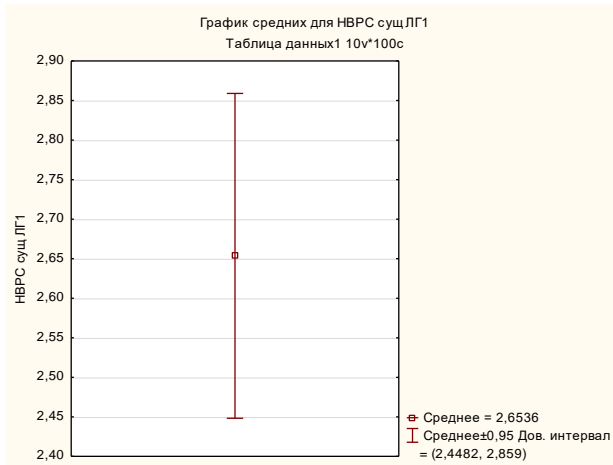
  print(АСТПП, T1, ч);

```

```

end do:

```




```

tgl1 := 0.11 : tpg1 := 1.16 : tsu := 1.02 :
tps := 4.93 : tgn4 := 1.15 :
ts1 := 0.06 : ts7 := 0.06 : ts9 := 0.06 :
ts10 := 0.06 :

```

```

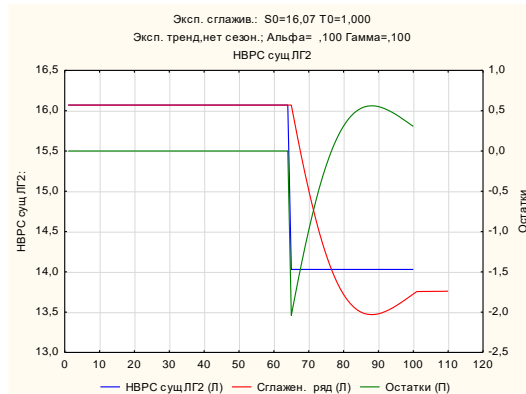
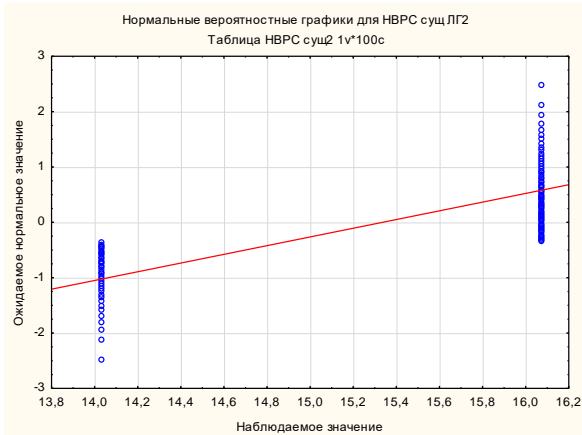
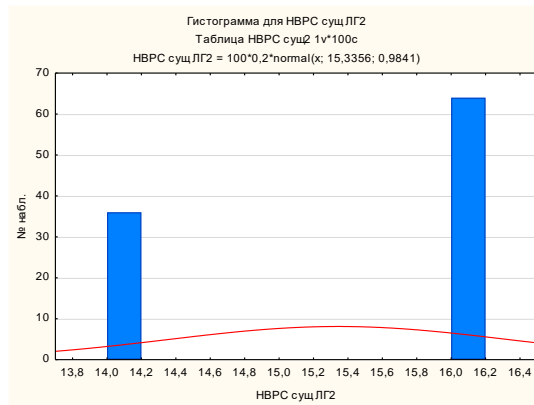
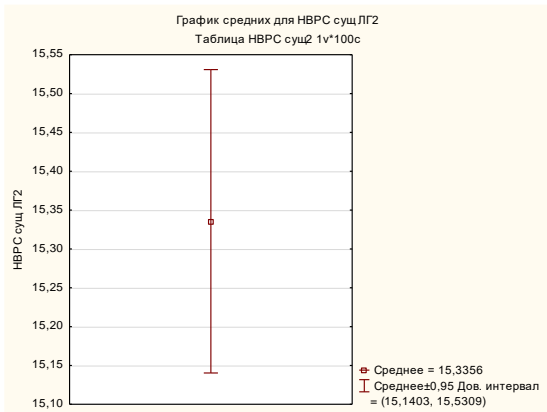
Vag := 56 :
Vgn4 := ceil(Vag*0.33) :

```

```

N := 100 :
for i from 1 to N do
  print( );
  print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП2, от Новороссийск суц);
  R1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
  if R1 ≤ 7 then
    print(Поезд прибывает на станцию с GL1 на PGI, а затем);
    print(сортируясь на SU и PS, переставляется, Vgn4, вагонов для обработки на GFN4);
    t1a := tgl1 + ts1 + tpg1 :
    t2a := ts7 + tsu + ts9 + tps :
    t3a := ts10 + tgn4 + ts10 :
    t4a := tps + ts9 + tsu + ts7 :
    t5a := tpg1 + ts1 + tgl1 :
  elif R1 ≥ 8 then
    print(Поезд прибывает на станцию с GL1 на PGI, а затем);
    print(сортируясь на PS, переставляется, Vgn4, вагонов для обработки на GFN4);
    t1a := tgl1 + ts1 + tpg1 :
    t2a := ts7 + ts9 + tps :
    t3a := ts10 + tgn4 + ts10 :
    t4a := tps + ts9 + ts7 :
    t5a := tpg1 + ts1 + tgl1 :
  end if;
  T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
  print(АСТПП2, T1, ч);
end do;

```




```

tgl1 := 0.11 : tpg1 := 1.16 :
tgfn1 := 8.8 : tgfn2 := 4.3 :
ts1 := 0.06 : ts3 := 0.06 : ts2 := 0.06 :

```

```

Vag := 56 :
Vgfn1 := ceil(Vag*0.33) :
Vgfn2 := ceil(Vag*0.33) :

```

```

N := 100 :
for i from 1 to N do
  print( );
  print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТПЗ, см Новороссийск суц);
  t1a := tgl1 + ts1 + tpg1 :
  R1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..2), method = uniform) :
  if R1 = 1 then
    t2a := ts2 + tgfn1 + ts2 :
    print(Поезд прибывает на станцию через GL1 на PG1, откуда);
    print(Vgfn1, вагонов переставляют на GFN1);
  elif R1 = 2 then
    t2a := ts3 + tgfn2 + ts3 :
    print(Поезд прибывает на станцию через GL1 на PG1, откуда);
    print(Vgfn2, вагонов переставляют на GFN2);
  end if;
  t3a := tpg1 + ts1 + tgl1 :
  T1 := t1a + t2a + t3a :
  print(АСТТПЗ, T1, ч);
end do;

```

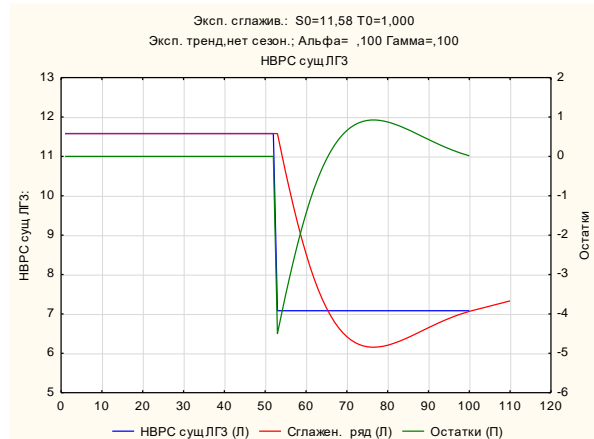
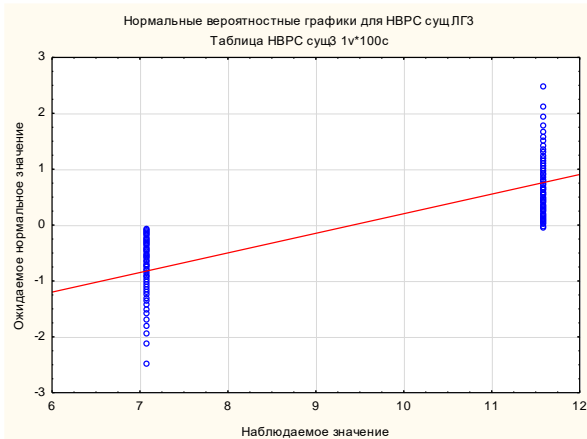
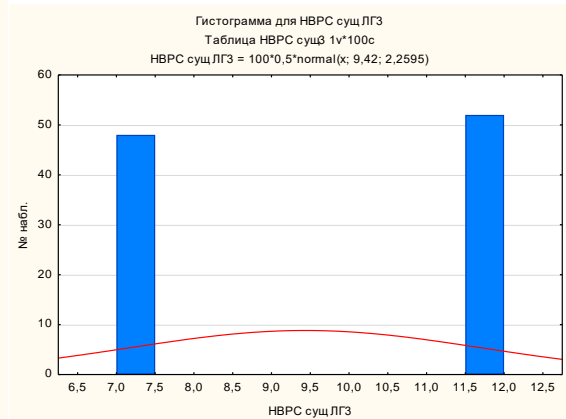
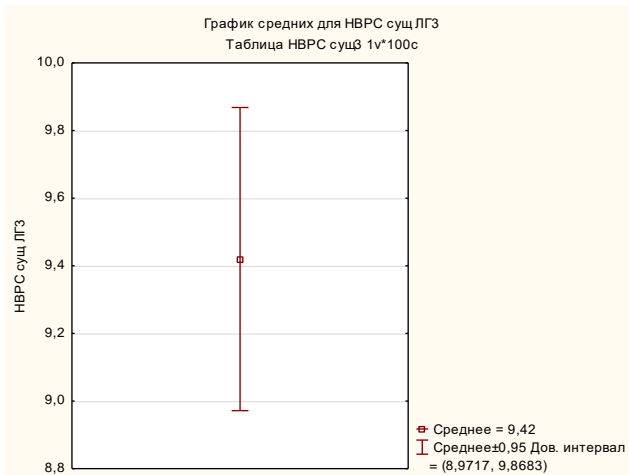


Таблица Г.77 – Ведомость значений времен АСТТП для четвертой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 4 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч				
АСТТП4, Вероятность выбора – 100 %				
{GL1 ↔ PG1 ↔ $\mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow PS \overleftarrow{кр.} \mu_{\bar{A}}(GFN7) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2)$ }				
18,0	18,92	20,04	19,04	
18,0	18,92	20,04	19,04	
18,0	18,92	20,04	19,04	
18,0	20,04	20,04	19,04	
18,0	20,04	20,04	19,04	
18,0	20,04	20,04	19,04	
18,0	20,04	20,04	19,04	
18,0	20,04	20,04	19,04	
18,0	20,04	20,04	19,04	
18,0	20,04	17,0	19,04	
18,0	20,04	17,0	19,04	
18,0	20,04	17,0	19,04	
18,0	20,04	17,0	19,04	
18,0	20,04	17,0	19,04	
18,0	20,04	17,0	19,04	
18,0	20,04	17,0	19,04	
18,0	20,04	17,0	19,04	
18,0	20,04	17,0	19,04	
18,0	20,04	17,0	19,04	
18,0	20,04	17,0	19,04	
18,0	20,04	17,0	19,04	
16,88	20,04	17,0	19,04	
18,92	20,04	19,04	19,04	
18,92	20,04	19,04	19,04	
18,92	20,04	19,04	19,04	
18,92	20,04	19,04	19,04	


```

tgl1 := 0.11 : tpg1 := 1.16 : tsu := 1.02 :
tps := 4.93 : tgn7 := 4.0 : tgp1 := 5.0 : tgp2 := 4.0 :
ts1 := 0.06 : ts7 := 0.06 : ts9 := 0.06 :
ts12 := 0.06 : ts16 := 0.06 : ts15 := 0.06 :

```

```

Vag := 56 :
Vgfn7 := ceil(Vag-0.33) :
Vgfp1 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp2 := ceil(Vag-0.5) :

```

```

N := 100 :
for i from 1 to N do
  print( );
  print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП4, см Новороссийск суц);
  R1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
  if R1 = 1 then
    Y1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
    if Y1 ≤ 7 then
      print(От поезда, прибывшего на PG1 через GL);
      print(сортируя на SU и PS, отцепляют, Vgfn7, вагонов);
      print(для обработки на GFN7);
      t1a := tgl1 + ts1 + tpg1 :
      t2a := ts7 + tsu + ts9 + tps :
      t3a := ts12 + tgn7 + ts12 :
      t4a := tps + ts9 + tsu + ts7 :
      t5a := tpg1 + ts1 + tgl1 :
      elif Y1 ≥ 8 then
        print(От поезда, прибывшего на PG1 через GL);
        print(сортируя на PS, отцепляют, Vgfn7, вагонов);
        print(для обработки на GFN7);
        t1a := tgl1 + ts1 + tpg1 :
        t2a := ts7 + ts9 + tps :
        t3a := ts12 + tgn7 + ts12 :
        t4a := tps + ts9 + ts7 :
        t5a := tpg1 + ts1 + tgl1 :
      end if:
      elif R1 ≥ 2 then
        Y1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
        if Y1 ≤ 7 then
          t1a := tgl1 + ts1 + tpg1 :
          t2a := ts7 + tsu + ts9 + tps :
          print(От поезда, прибывшего на PG1 через GL);
          print(сортируя на SU и PS, отцепляют);
          P1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..2), method = uniform) :
          if P1 = 1 then
            t3a := ts12 + ts16 + tgp1 + ts16 + ts12 :
            print(Vgfp1, вагонов для обработки на GFP1);
          elif P1 = 2 then
            t3a := ts12 + ts15 + tgp2 + ts15 + ts12 :
            print(Vgfp2, вагонов для обработки на GFP2);
          end if:
          t4a := tps + ts9 + tsu + ts7 :
          t5a := tpg1 + ts1 + tgl1 :
          elif Y1 ≥ 8 then
            t1a := tgl1 + ts1 + tpg1 :
            t2a := ts7 + ts9 + tps :
            print(От поезда, прибывшего на PG1 через GL);
            print(сортируя на PS, отцепляют);
            P1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..2), method = uniform) :
            if P1 = 1 then
              t3a := ts12 + ts16 + tgp1 + ts16 + ts12 :
              print(Vgfp1, вагонов для обработки на GFP1);
            elif P1 = 2 then
              t3a := ts12 + ts15 + tgp2 + ts15 + ts12 :
              print(Vgfp2, вагонов для обработки на GFP2);
            end if:
            t4a := tps + ts9 + ts7 :
            t5a := tpg1 + ts1 + tgl1 :
            end if:
            end if:
            T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
            print(АСТТП4, T1, ч);
          end do:

```

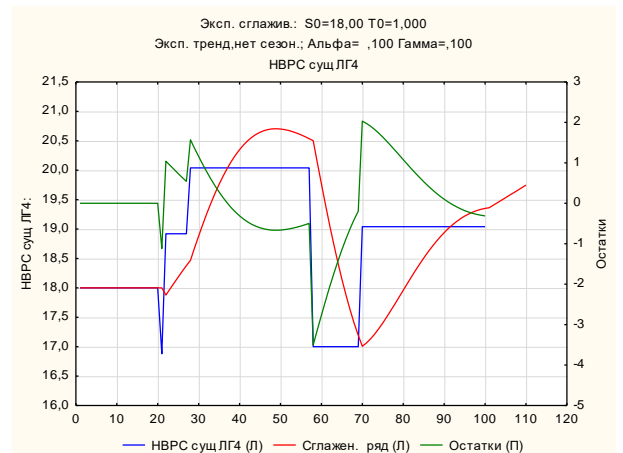
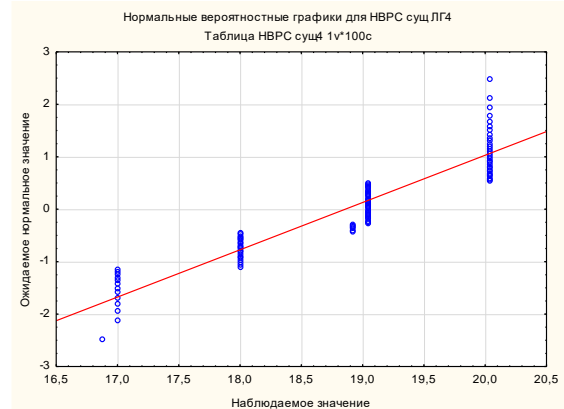
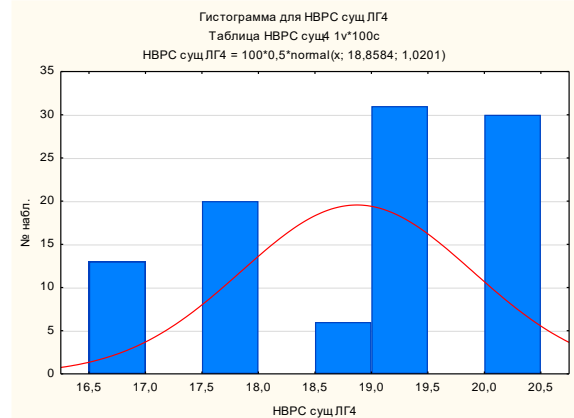
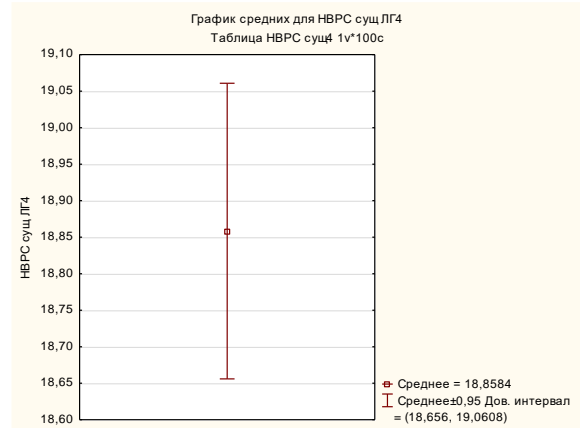
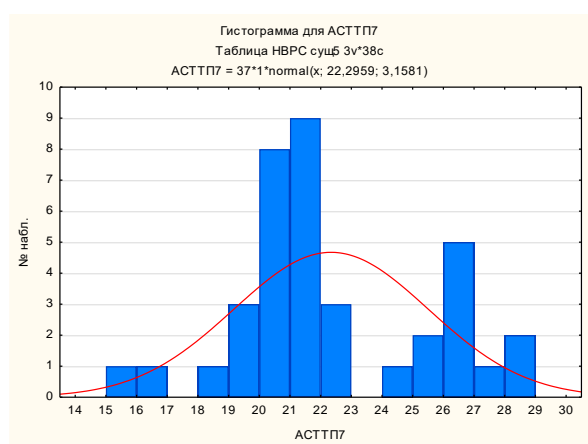
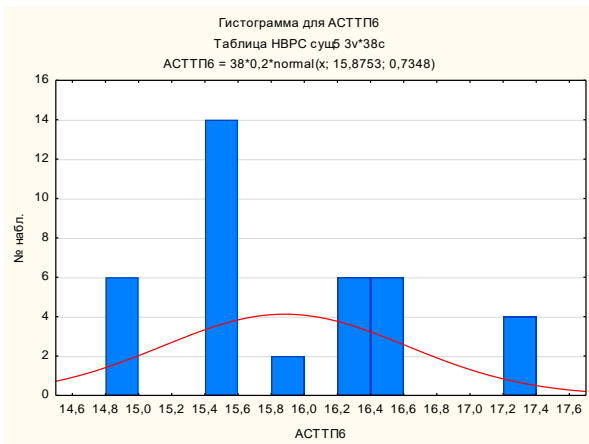
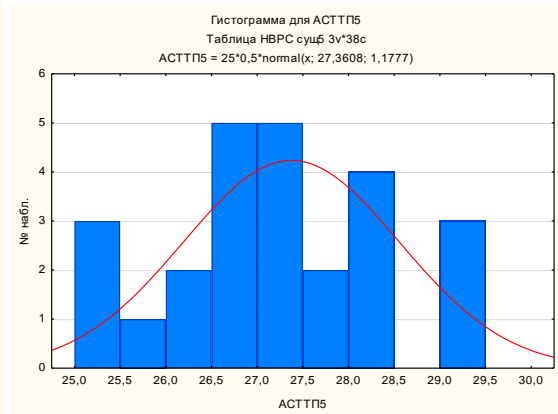
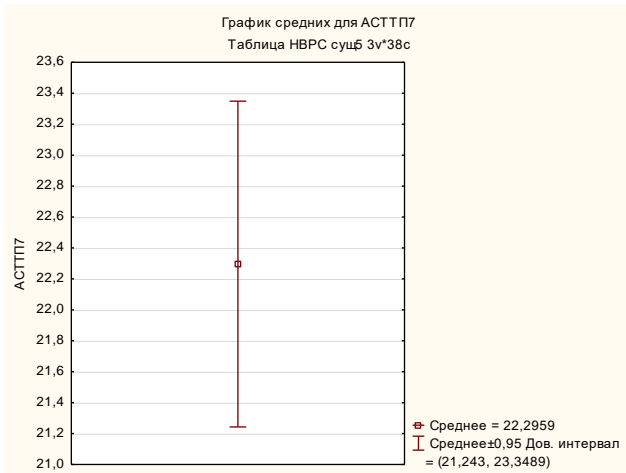
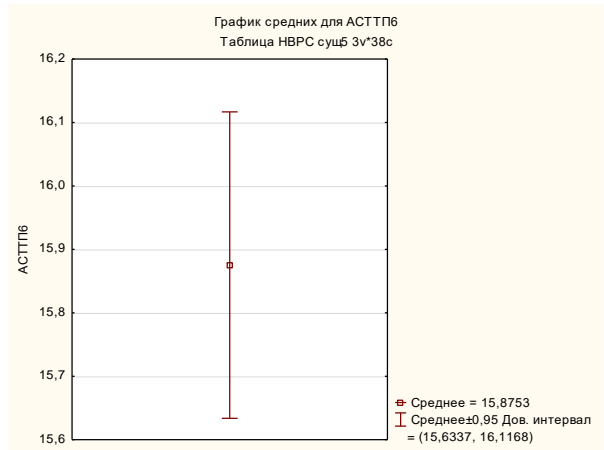
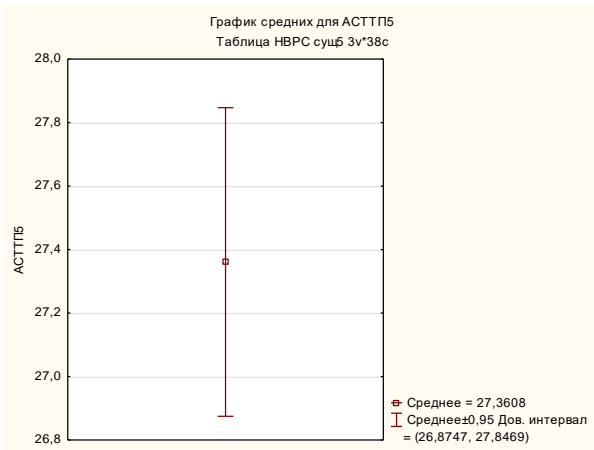


Таблица Г.78 – Ведомость значений времен АСТТП для пятой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 5 (количество экспериментов –100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП5 Вероятность выбора – 35 %		АСТТП6 Вероятность выбора – 30 %		АСТТП7 Вероятность выбора – 35 %	
{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _A (SU) ↔ PS ↔ PR1 ↔ ↔ μ _A (GFP3 V GFP4 V GFP5 V GFP6 V GFP7) кр. μ _A (GFP8 V GFP9)}		{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _A (PP) кр. PR1 ↔ ↔ μ _A (GFP3 V GFP4 V GFP5 V GFP6 V GFP7) кр. μ _A (GFP8 V GFP9)}		{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _A (SU) ↔ PS кр. μ _A (GFN7) ↔ PR1 ↔ ↔ μ _A (GFP3 V GFP4 V GFP5 V GFP6 V GFP7) кр. μ _A (GFP8 V GFP9)}	
26,35		15,42	18,32	25,47	24,58
26,94		14,92	15,42	22,00	20,60
25,40		15,42	14,92	20,10	26,99
26,35		16,42	16,37	21,05	20,98
26,94		17,32	16,42	21,10	20,10
25,40		16,37	17,32	22,50	19,60
27,30		16,42	14,92	27,06	26,04
27,94		16,42	15,92	26,99	22,54
28,39		16,42	17,32	22,54	21,48
26,94		16,37	16,42	15,83	20,60
27,44		15,42	15,42	26,99	21,55
27,44		15,92	15,42	20,10	21,10
25,40		15,42	15,42	28,01	
27,94		14,92		21,05	
25,90		16,37		28,01	
26,94		16,37		25,09	
28,39		15,42		26,94	
27,44		14,92		20,10	
28,39		15,42		19,60	
26,94		17,32		18,58	
28,39		16,37		24,58	
29,34		14,92		16,85	
29,34		15,42		21,55	
27,44		15,42		20,60	
29,34		15,42		19,58	



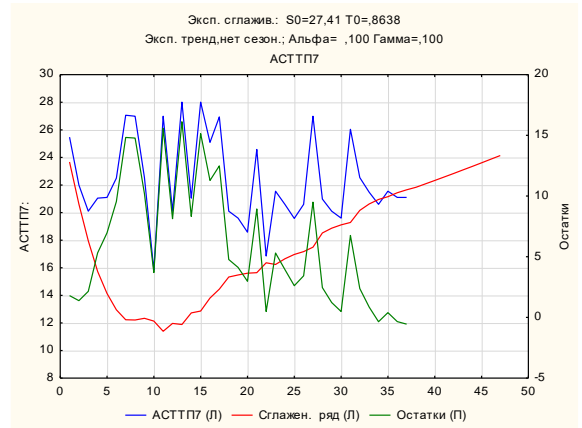
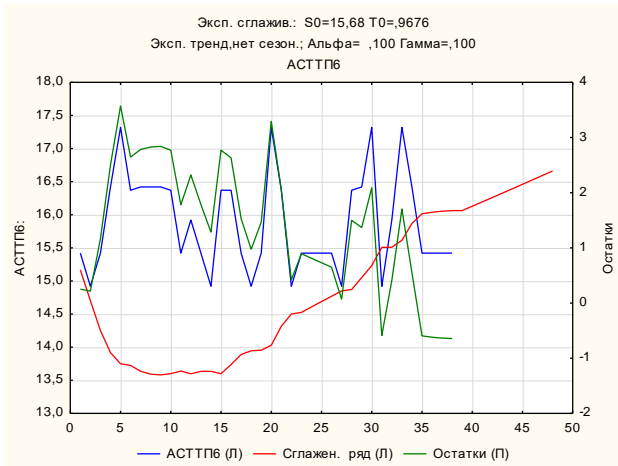
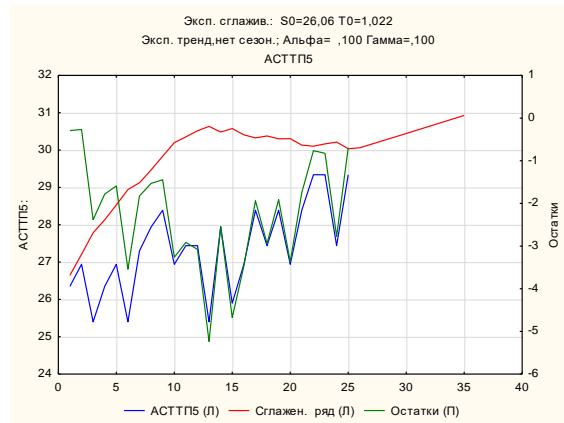
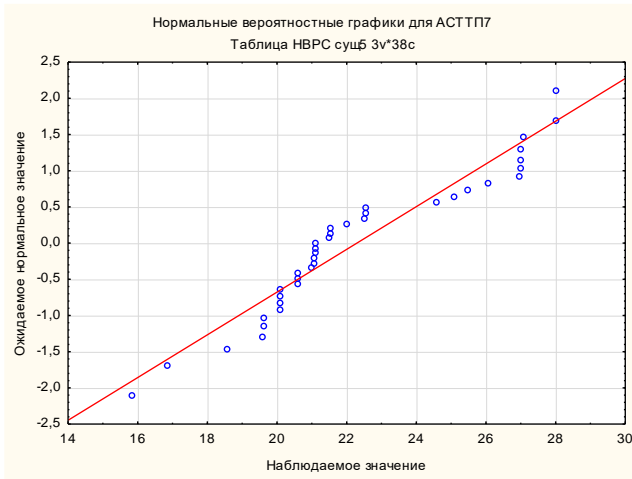
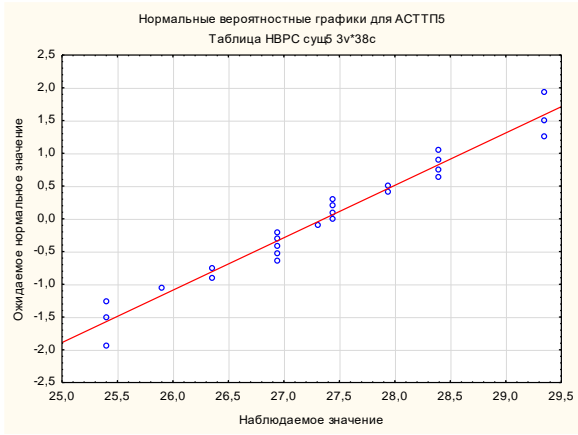


Таблица Г.79 – Ведомость значений времен АСТТП для шестой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 6 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП8. Вероятность выбора – 60 %			АСТТП9. Вероятность выбора – 40 %		
$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_A(SU) \leftrightarrow PS \leftrightarrow \mu_A(PR1) \overleftarrow{\text{кр.}^3} PR3 \leftrightarrow$ $\leftrightarrow \mu_A(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$			$\{GL1 \leftrightarrow PG1 \leftrightarrow \mu_A(PP) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(PR1) \overleftarrow{\text{кр.}^3} PR3 \leftrightarrow$ $\leftrightarrow \mu_A(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFN9)\}$		
35,06	33,26	33,26	23,04	22,64	
33,26	34,31	33,26	23,04	21,69	
44,22	32,62	44,91	21,69	22,29	
35,06	44,46	32,27	21,24	34,24	
33,26	34,66	34,31	21,69	22,29	
34,66	33,26	33,26	21,69	23,04	
34,66	34,66	33,26	21,69	21,24	
34,31	34,31	34,66	25,54	22,64	
31,67	34,31	34,66	22,29	33,89	
32,27	33,71	42,87	22,64	21,69	
37,56	33,71	33,71	32,44		
37,56	32,27	34,66	23,04		
32,27	34,31	34,66	21,69		
33,71	33,71	33,02	25,54		
33,71	34,31	33,26	23,29		
33,26	33,02		23,29		
46,26	34,66		22,24		
33,26	33,71		21,24		
33,02	34,66		32,44		
31,22	33,26		22,24		
33,26	33,26		22,64		
35,06	32,69		23,04		
33,02	35,06		21,24		
33,71	34,31		32,89		
34,66	32,27		21,69		

```

tgl1 := 0.11 : tpg1 := 1.16 : tsu := 1.02 : tps := 4.93 :
tpr1 := 5.6 : tpr3 := 8.2 : tgf10 := 2.75 :
tgfp11 := 2.15 : tgfp12 := 3.5 : tgfp13 := 3.1 :
tgfp14 := 1.7 : tgn9 := 6.0 : ts1 := 0.06 :
ts7 := 0.06 : ts9 := 0.06 : ts13 := 0.06 :
ts38 := 0.06 : ts49 := 0.06 : ts48 := 0.06 :
ts47 := 0.06 : ts46 := 0.06 : ts45 := 0.06 :
ts44 := 0.06 : ts11 := 0.06 : ts8 := 0.06 :

Vag := 56 :
Vgfp10 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp11 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp12 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp13 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp14 := ceil(Vag-0.5) :
Vgn9 := ceil(Vag-0.33) :

N := 100 :
for i from 1 to N do
V := RandomTools[Generate](integer(range = 1..100), method = uniform) :
if V ≤ 60 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТТ8, см Новороссийск суц);
print(От поезда, прибывшего на PG1 через GL1);
t1a := tgl1 + ts1 + tpg1 :
O1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if O1 ≤ 7 then
t2a := ts7 + tsu + ts9 :
print(сортирусь на SU, PS, PR3);
elif O1 ≥ 8 then
t2a := ts7 + ts9 :
print(сортирусь на PS, PR3);
endif :
U1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if U1 = 1 then
t3a := tps + ts13 + tpr1 + ts38 + tpr3 :
print(а также на PR1);
elif U1 ≥ 2 then
t3a := tps + ts13 + ts38 + tpr3 :
endif :
X1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..11), method = uniform) :
if X1 ≤ 2 then
t4a := ts49 + tgf10 + ts49 :
print(переставляют, Vgfp10, вагонов для обработки на GFP10);
elif X1 > 2 and X1 ≤ 4 then
t4a := ts48 + tgfp11 + ts48 :
print(переставляют, Vgfp11, вагонов для обработки на GFP11);
elif X1 > 4 and X1 ≤ 6 then
t4a := ts47 + tgfp12 + ts47 :
print(переставляют, Vgfp12, вагонов для обработки на GFP12);
elif X1 > 6 and X1 ≤ 8 then
t4a := ts46 + tgfp13 + ts46 :
print(переставляют, Vgfp13, вагонов для обработки на GFP13);
elif X1 > 8 and X1 ≤ 10 then
t4a := ts45 + tgfp14 + ts45 :
print(переставляют, Vgfp14, вагонов для обработки на GFP14);
elif X1 > 10 then
t4a := ts44 + tgn9 + ts44 :
print(переставляют, Vgn9, вагонов для обработки на GFN9);
endif :
t5a := t3a :
t6a := t2a :
t7a := tpg1 + ts1 + tgl1 :
T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a + t6a + t7a :
print(АСТТТ8, T1, ч);
elif V > 60 and V ≤ 100 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТТ9, см Новороссийск суц);
print(От поезда, прибывшего на PG1 через GL1);
t1a := tgl1 + ts1 + tpg1 :
O2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if O2 = 1 then
t2a := ts8 + tpr + ts11 :
print(сортирусь на PP, PR3);
elif O2 ≥ 2 then
t2a := ts8 + ts11 :
print(сортирусь на PR3);
endif :
U2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if U2 = 1 then
t3a := tpr1 + ts38 + tpr3 :
print(а также на PR1);
elif U2 ≥ 2 then
t3a := ts38 + tpr3 :
endif :
X2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..11), method = uniform) :
if X2 ≤ 2 then
t4a := ts49 + tgf10 + ts49 :
print(переставляют, Vgfp10, вагонов для обработки на GFP10);
elif X2 > 2 and X2 ≤ 4 then
t4a := ts48 + tgfp11 + ts48 :
print(переставляют, Vgfp11, вагонов для обработки на GFP11);
elif X2 > 4 and X2 ≤ 6 then
t4a := ts47 + tgfp12 + ts47 :
print(переставляют, Vgfp12, вагонов для обработки на GFP12);
elif X2 > 6 and X2 ≤ 8 then
t4a := ts46 + tgfp13 + ts46 :
print(переставляют, Vgfp13, вагонов для обработки на GFP13);
elif X2 > 8 and X2 ≤ 10 then
t4a := ts45 + tgfp14 + ts45 :
print(переставляют, Vgfp14, вагонов для обработки на GFP14);
elif X2 > 10 then
t4a := ts44 + tgn9 + ts44 :
print(переставляют, Vgn9, вагонов для обработки на GFN9);
endif :
t5a := t3a :
t6a := t2a :
t7a := tpg1 + ts1 + tgl1 :
T2 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a + t6a + t7a :
print(АСТТТ9, T2, ч);
endif :
end do :

```

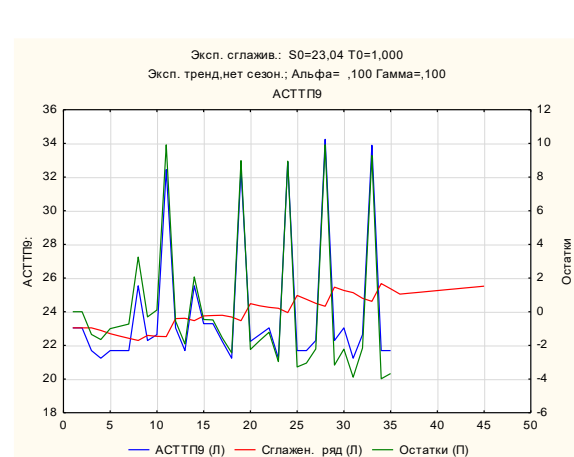
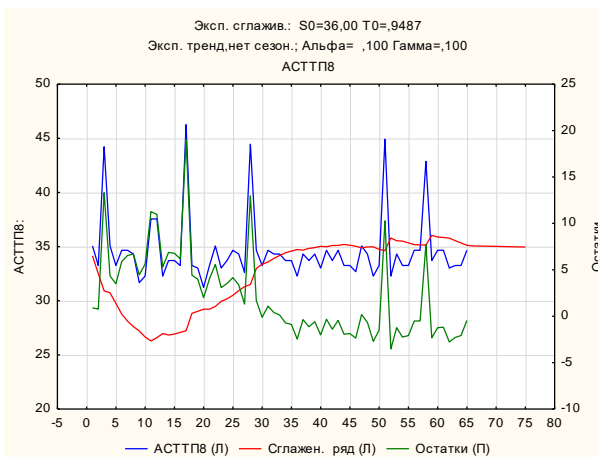
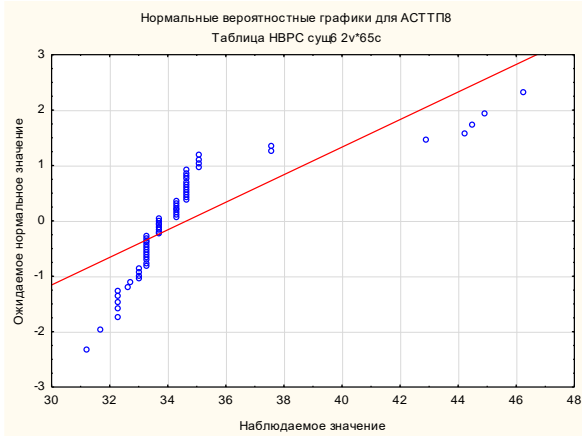
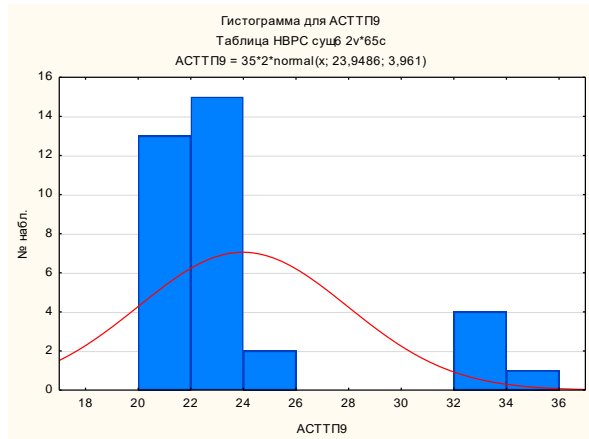
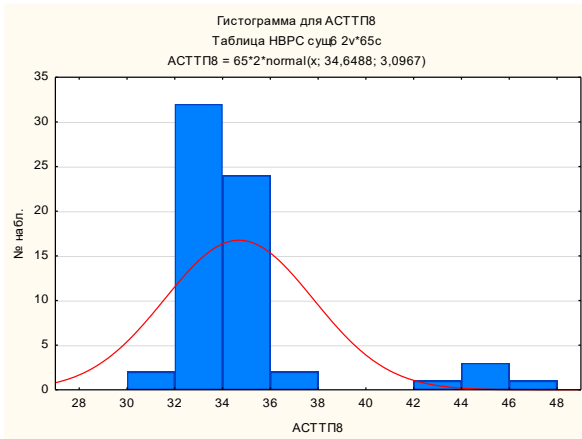
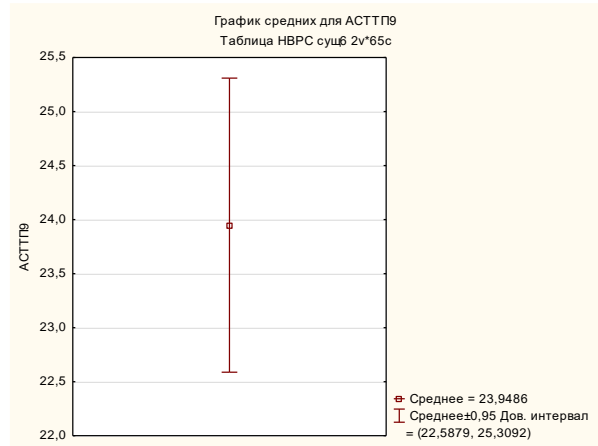
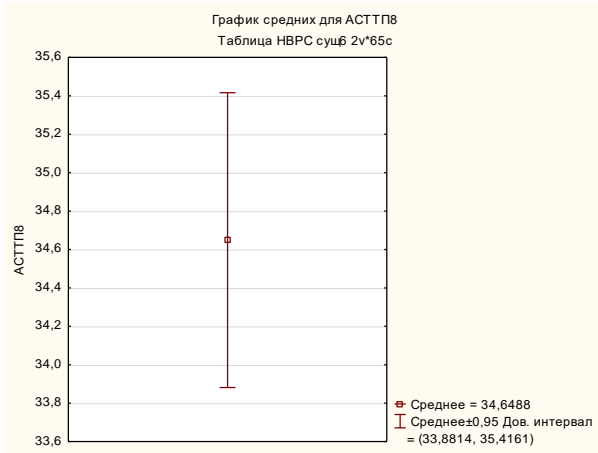


Таблица Г.80 – Ведомость значений времен АСТТП для седьмой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 7 (количество экспериментов –100), общее время АСТТП, ч				
АСТТП10 Вероятность выбора – 10 %	АСТТП11 Вероятность выбора – 25 %	АСТТП12 Вероятность выбора – 50 %	АСТТП13 Вероятность выбора – 15 %	
$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN1}) \leftrightarrow \text{PG1} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFN2})\}$	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN1} \vee \text{GFN2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{SU}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PS}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFN4})\}$	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN1} \vee \text{GFN2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG1}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{SU}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PS}) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(\text{GFN7}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFP1} \vee \text{GFP2})\}$	$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFN4}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PS}) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(\text{GFN7}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFP1} \vee \text{GFP2})\}$	
24,46	22,41	23,49	21,17	16,52
24,46	12,55	29,45	24,52	17,52
24,46	20,70	31,49	23,49	16,40
24,46	20,09	26,59	20,45	17,52
24,46	31,41	29,33	24,40	16,52
24,46	23,59	30,17	30,45	16,52
24,46	22,41	32,49	22,37	17,52
24,46	22,13	29,45	18,56	16,52
24,46	14,59	32,49	29,17	16,40
24,46	14,59	23,49	16,52	17,52
	24,45	27,56	22,49	6,66
	22,13	29,33	26,56	6,54
	21,55	23,49	20,33	6,66
	22,41	32,49	29,17	7,66
	24,45	20,33	20,33	16,52
	22,13	23,49	22,49	16,52
	14,59	26,56	31,49	6,66
	20,09	20,33	29,45	
	19,23	27,13	32,49	
	24,45	31,49	23,49	
	24,45	22,49	26,44	
	31,41	30,45		
		31,37		
		23,49		
		23,49		
		23,49		
		15,52		
		22,49		
		27,56		
		29,33		

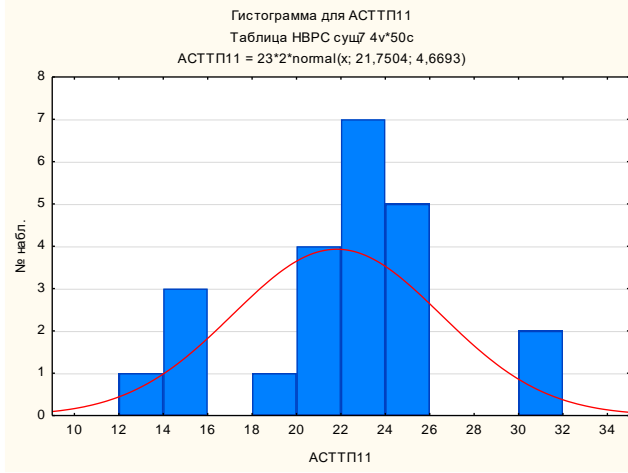
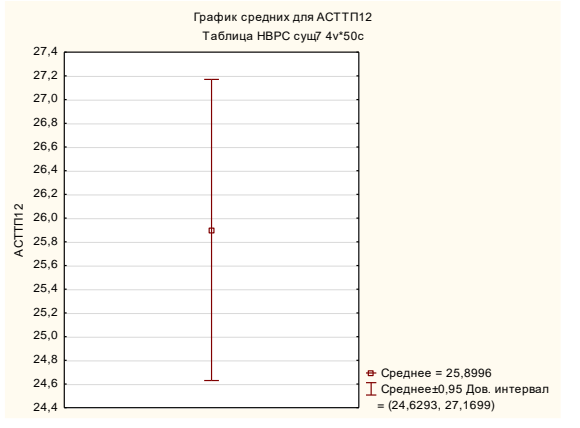

```

tgn1 := 3.8 : tpr1 := 5.6 : tgn2 := 4.3 :
tpr2 := 1.16 : tsa := 1.02 : tps := 4.93 :
tgn3 := 1.15 : tgn7 := 4.0 : tgn4 := 5.0 :
tgn5 := 4.9 :
tsp := 0.06 : ts3 := 0.06 : ts7 := 0.06 :
tsp := 0.06 : ts10 := 0.06 : ts12 := 0.06 :
ts15 := 0.06 : ts15 := 0.06 :

Vag := 56 :
Vgn1 := cell(Vag, 0.33) :
Vgn2 := cell(Vag, 0.33) :
Vgn4 := cell(Vag, 0.33) :
Vgn7 := cell(Vag, 0.33) :
Vgn3 := cell(Vag, 0.5) :
Vgn5 := cell(Vag, 0.5) :

N := 100 :
for i from 1 to N do
V := RandomTools[Generate](integer(range = 1..100), method
= uniform)
if V <= 10 then
print(i),
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП10,
от Новороссийск суц),
print(Vgn1,
вазона переставляют с GPN1 на GPN2 через PGI);
t1a := tgn1 + ts2 + tpr1 + ts3 + tgn2 :
t2a := ts3 + tpr1 + ts2 + tgn2 :
T1 := t1a + t2a
print(АСТТП10, T1, 4),
elif V > 10 and V <= 35 then
print(i),
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП11,
от Новороссийск суц),
B2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..2), method
= uniform)
if B2 = 1 then
t1a := tgn1 + ts2 :
print(Vgn1, вазона переставляют с GPN1 на GPN4),
elif B2 = 2 then
t1a := tgn2 + ts3 :
print(Vgn2, вазона переставляют с GPN2 на GPN4),
end if
K2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10),
method = uniform) :
if K2 <= 8 then
t2a := tpr1 + ts7 :
print(сортируя на PGI),
elif K2 >= 9 then
t2a := ts7 :
end if
B2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10),
method = uniform) :
if B2 <= 7 then
t3a := tsu + ts9 :
print(сортируя на SL),
elif B2 >= 8 then
t3a := ts9 :
end if
t2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10),
method = uniform) :
if t2 <= 7 then
t4a := tps :
print(сортируя на PE),
elif t2 >= 8 then
t4a := 0 :
end if
t5a := ts10 + tgn4 + ts10 :
t6a := t4a
t7a := t5a
t8a := t2a
t9a := t4a
T2 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a + t6a + t7a + t8a
+ t9a
print(АСТТП11, T2, 4),
elif V > 35 and V <= 85 then
print(i),
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП12,
от Новороссийск суц),
B3 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..2), method
= uniform) :
if B3 = 1 then
t1a := tgn1 + ts2 :
print(Vgn1, вазона переставляют с GPN1),
elif B3 = 2 then
t1a := tgn2 + ts3 :
print(Vgn2, вазона переставляют с GPN2),
end if
K3 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10),
method = uniform) :
if K3 <= 8 then
t2a := tpr1 + ts7 :
print(сортируя на PGI),
elif K3 >= 9 then
t2a := ts7 :
end if
B3 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10),
method = uniform) :
if B3 <= 7 then
t3a := tsu + ts9 :
print(сортируя на SL),
elif B3 >= 8 then
t3a := ts9 :
end if
t3 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10),
method = uniform) :
if t3 <= 7 then
t4a := tps :
print(сортируя на PE),
elif t3 >= 8 then
t4a := 0 :
end if
t5 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10),
method = uniform) :
if t5 <= 2 then
print(ta GPN1),
t5a := ts12 + tgn7 + ts12 :
elif t5 >= 3 and t5 <= 6 then
print(ta GPN1),
t5a := ts12 + ts16 + tgn1 + ts16 + ts12 :
elif t5 >= 7 then
print(ta GPN2),
t5a := ts12 + ts15 + tgn2 + ts15 + ts12 :
end if
t6a := 0 :
t7a := t5a
t8a := t2a
t9a := t4a
T3 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a + t6a + t7a + t8a
+ t9a
print(АСТТП12, T3, 4),
elif V > 85 then
print(i),
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП13,
от Новороссийск суц),
print(Vgn4, вазона переставляют с GPN4),
t4 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10),
method = uniform) :
if t4 <= 7 then
t2a := tps :
print(сортируя на PE),
elif t4 >= 8 then
t2a := 0 :
end if
t4 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10),
method = uniform) :
if t4 <= 2 then
print(ta GPN1),
t5a := ts12 + tgn7 + ts12 :
elif t4 >= 3 and t4 <= 6 then
print(ta GPN1),
t5a := ts12 + ts16 + tgn1 + ts16 + ts12 :
elif t4 >= 7 then
print(ta GPN2),
t5a := ts12 + ts15 + tgn2 + ts15 + ts12 :
end if
t6a := t2a
t7a := t5a
t8a := t2a
t9a := t4a
T4 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТТП13, T4, 4),
end if
end do

```



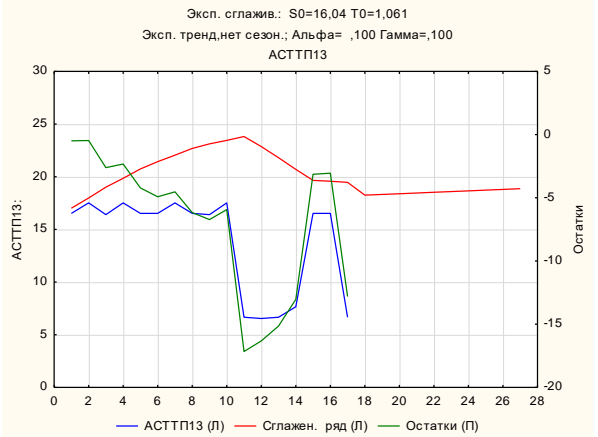
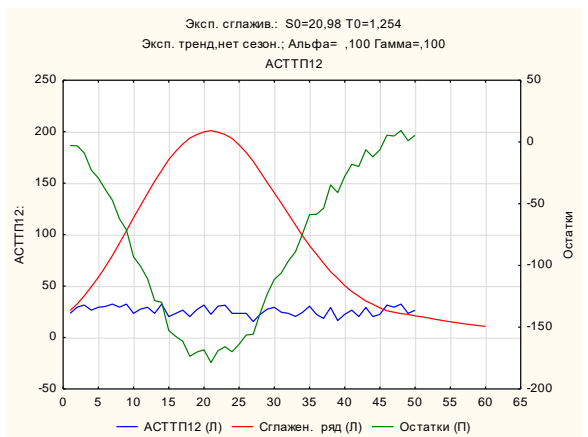
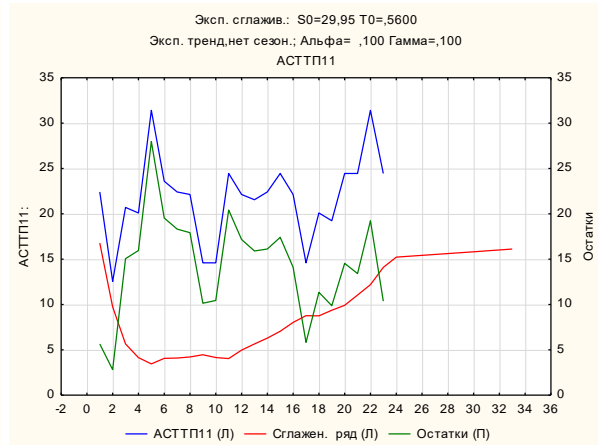
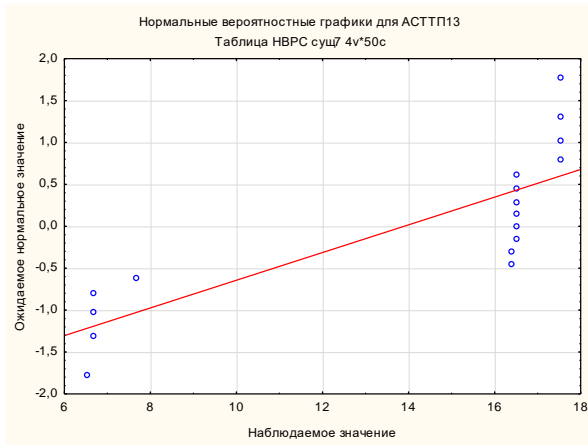
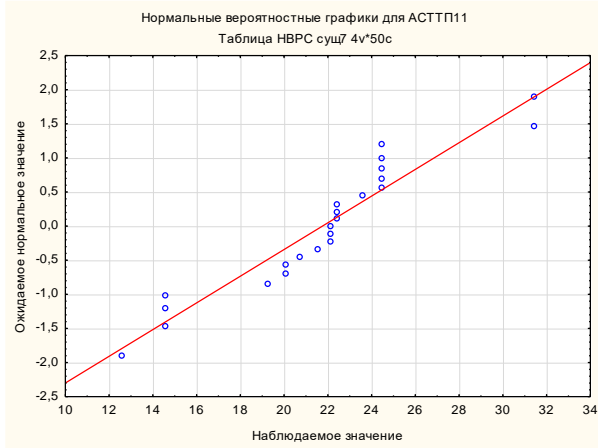
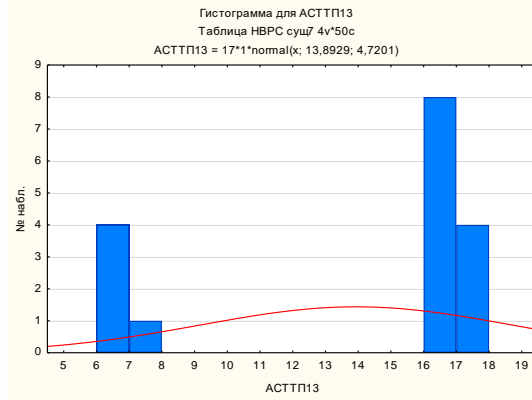
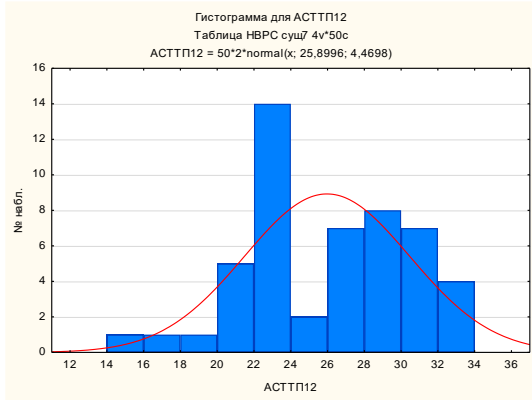


Таблица Г.81 – Ведомость значений времен АСТТП для восьмой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 8 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП14 Вероятность выбора – 40 %		АСТТП16 Вероятность выбора – 20 %		АСТТП19 Вероятность выбора – 40 %	
$\{\mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(SU) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR1) \xrightarrow{\text{кр.}^3} \mu_{\bar{A}}(PR3)\}$		$\{\mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN7) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP1 \vee GFP2)\}$		$\{\mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PP) \xrightarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN7) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS)\}$	
10,32	22,90	15,10	11,67	18,88	
20,86	22,90	14,10	22,87	22,87	
20,86	20,18	15,10	22,87	22,87	
13,04	13,04	13,98	23,87	22,87	
13,04	20,18	15,10	22,87	22,87	
22,90	20,18	15,10	11,67	22,87	
20,18	20,18	15,10	17,88	22,87	
18,04	13,04	15,10	22,87	22,87	
8,28	22,90	14,10	17,88	22,87	
20,18	20,86	15,10	11,67	22,87	
10,32	10,32	14,10	22,87	11,67	
22,90	20,18	13,98	22,87	22,87	
22,90	8,28	14,10	6,68	22,87	
20,86	18,14	15,10	22,87	6,68	
20,86	18,14	15,10	23,87	22,87	
22,90	10,32	13,98	23,87	22,87	
20,86	8,28	15,10	17,88	6,68	
22,90	11,00	13,98	22,87		
18,14	13,04	15,10	11,67		
22,90	18,14	13,98	17,88		
22,90		15,10	18,88		

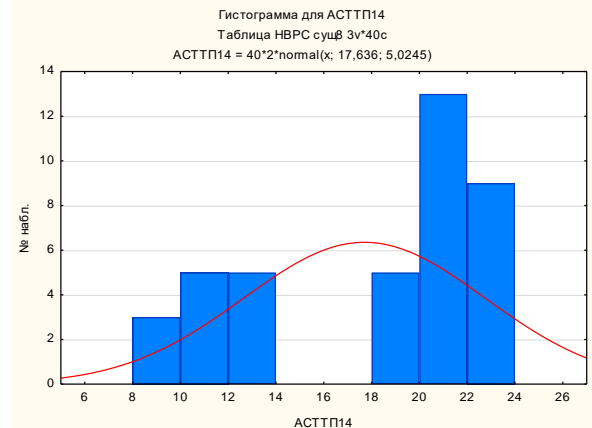
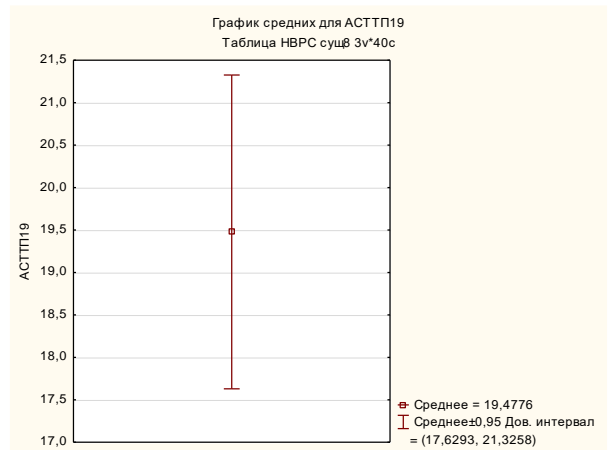
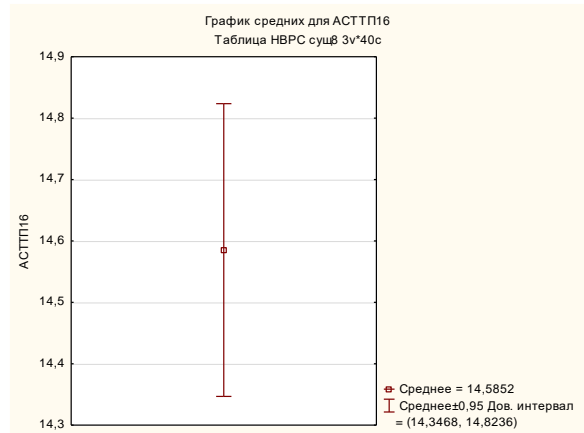
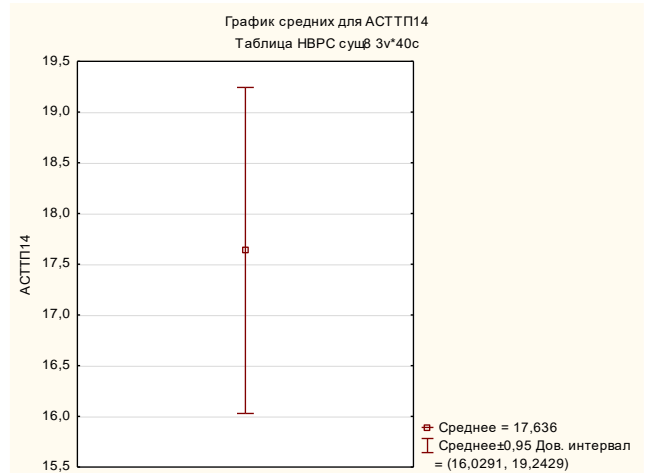
```

tpg1 := 1.16 : tsu := 1.02 : tps := 4.93 :
tpr1 := 5.6 : tpr3 := 8.2 : tgn7 := 4.0 :
tgp1 := 5.0 : tgp2 := 4.0 : tpp := 0.5 :
ts7 := 0.06 : ts9 := 0.06 : ts12 := 0.06 :
ts16 := 0.06 : ts15 := 0.06 : ts13 := 0.06 :
ts38 := 0.06 : ts8 := 0.06 : ts11 := 0.06 :
ts14 := 0.06 :

Vag := 56 :
Vgfn7 := ceil(Vag*0.33) :
Vgfp1 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp2 := ceil(Vag*0.5) :

N := 100 :
for i from 1 to N do
V := RandomTools[Generate](integer(range = 1..100), method = uniform) :
if V ≤ 40 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП14, см Новоросси́йск суц);
print(Вагоны переставляют);
t1a := tpg1 + ts7 :
M1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if M1 ≤ 7 then
t2a := tsu + ts9 :
print(сортируя на SU);
elif M1 ≥ 8 then
t2a := ts9 :
end if;
end if;
K1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if K1 ≤ 7 then
t3a := tps :
print(сортируя на PS);
elif K1 ≥ 8 then
t3a := 0 :
end if;
L1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if L1 ≤ 5 then
t4a := ts13 + tpr1 + ts13 :
print(с PG1 на PR1);
elif L1 ≥ 6 then
t4a := ts13 + ts38 + tpr3 + ts38 + ts13 :
print(с PG1 на PR3);
end if;
t5a := t3a :
t6a := t2a :
t7a := ts7 + tpg1 :
T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a + t6a + t7a :
print(АСТТП14, T1, ч);
elif V > 40 and V ≤ 60 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП16, см Новоросси́йск суц);
t1a := tps :
O2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if O2 ≤ 2 then
t2a := ts12 + tgn7 + ts12 :
print(Vgfn7, вагонов переставляют с PS для обработки на GFN7);
elif O2 ≥ 3 and O2 ≤ 6 then
t2a := ts12 + ts16 + tgp1 + ts16 + ts12 :
print(Vgfp1, вагонов переставляют с PS для обработки на GFP1);
elif O2 ≥ 7 then
t2a := ts12 + ts15 + tgp2 + ts15 + ts12 :
print(Vgfp2, вагонов переставляют с PS для обработки на GFP2);
end if;
t3a := tps :
T2 := t1a + t2a + t3a :
print(АСТТП16, T2, ч);
elif V > 60 and V ≤ 100 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП19, см Новоросси́йск суц);
t1a := tpg1 :
print(Vgfn7, вагонов переставляют с PG1 на GFN7);
H3 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if H3 = 1 then
t2a := ts8 + tpp + ts11 :
print(сортируя на PP);
elif H3 ≥ 2 then
t2a := ts8 + ts11 :
end if;
end if;
Y3 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if Y3 ≤ 7 then
t3a := tpr1 :
print(сортируя на PR1);
elif Y3 ≥ 8 then
t3a := 0 :
end if;
end if;
Q3 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if Q3 ≤ 8 then
t4a := ts14 + tgn7 + ts12 + tps + ts13 :
print(а затем переставляют на PS);
elif Q3 ≥ 9 then
t4a := ts14 + tgn7 + ts14 :
end if;
end if;
t5a := t3a :
t6a := t2a :
t7a := tpg1 :
T3 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a + t6a + t7a :
print(АСТТП19, T3, ч);
end if;
end do;

```



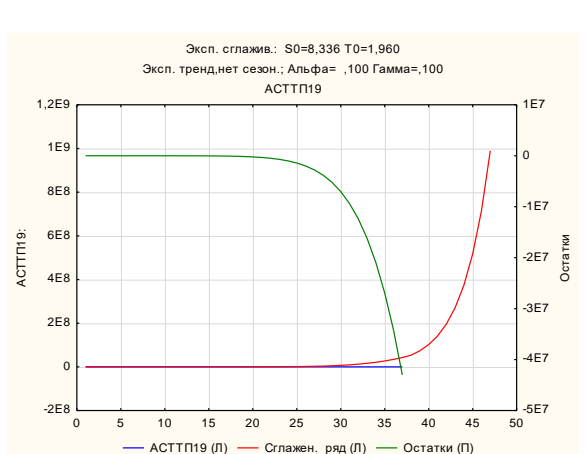
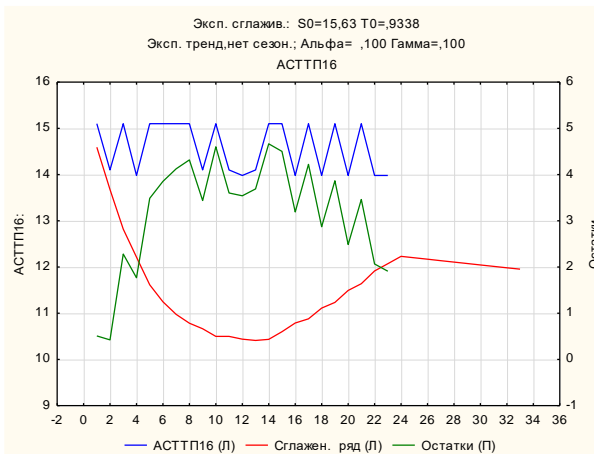
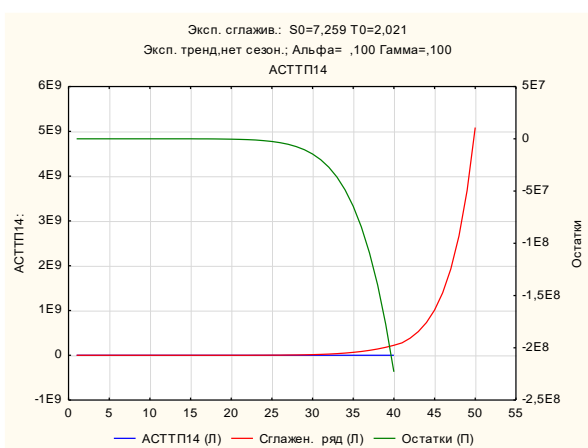
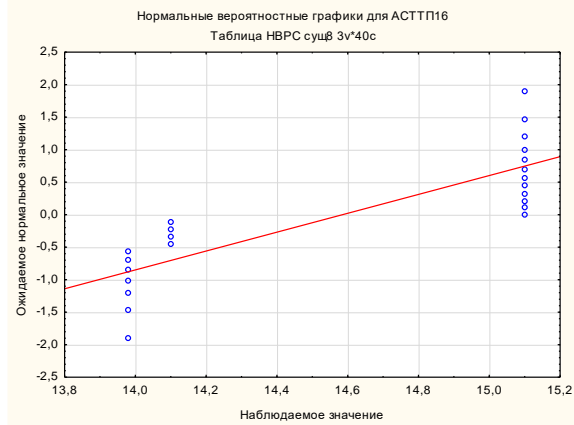
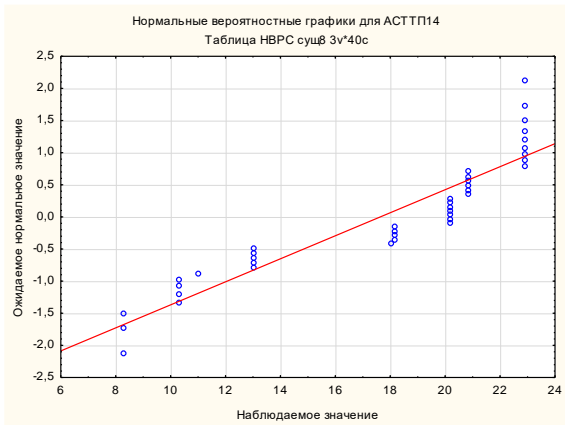
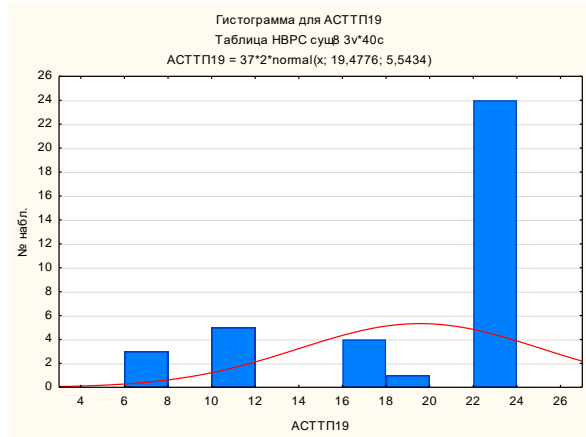
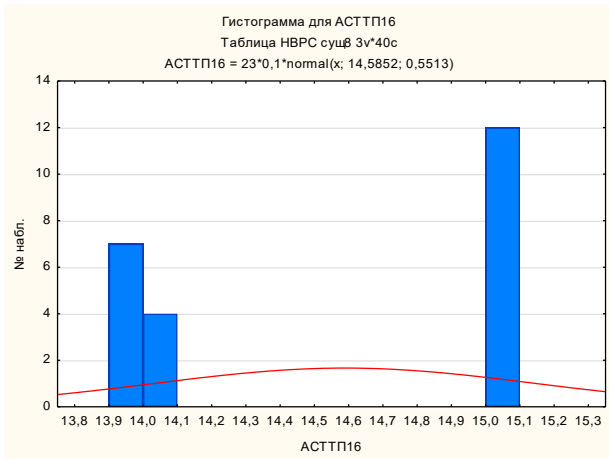


Таблица Г.82 – Ведомость значений времен АСТТП для девятой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 9 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч				
АСТТП15. Вероятность выбора – 40 %		АСТТП22. Вероятность выбора – 60 %		
$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFP10 V GFP11 V GFP12 V GFP13 V GFP14 V GFN9}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR3}) \overleftarrow{\text{кр.}^3} \mu_{\bar{A}}(\text{PR1})$ $\leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFP3 V GFP4 V GFP5 V GFP6 V GFP7}) \overleftarrow{\text{кр.}} (\text{GFP8 V GFP9})\}$		$\{\text{GL1} \leftrightarrow \text{PG1} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{SU}) \leftrightarrow \text{PS} \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR1}) \leftrightarrow \text{PR3} \leftrightarrow$ $\leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFP10 V GFP11 V GFP12 V GFP13 V GFP14 V GFN9})\}$		
23,46	24,96	26,86	31,11	
23,26	23,96	26,86	32,46	
29,46	25,36	31,11	32,46	
20,86	30,91	24,07	34,90	
23,21	29,96	25,51	34,90	
24,46	23,96	25,51	25,51	
25,36	24,96	23,47	29,67	
22,31	22,26	25,06	30,42	
25,91	21,36	28,62	25,06	
25,46	24,41	27,32	25,51	
30,91	31,86	32,40	25,51	
29,46	24,41	30,66	23,47	
24,41	23,46	23,47	25,06	
21,36	21,36	25,51	28,62	
24,96	22,31	29,36	27,32	
20,86	21,76	29,30	32,40	
23,46		26,11	30,66	
23,46		31,11	26,86	
21,36		32,46	31,11	
22,96		26,11	24,07	
25,91		31,11	25,51	
24,96		23,02	25,51	
24,46		25,06	32,46	
23,46		28,62	26,11	
24,46		30,66	31,11	
21,36		30,60	23,02	
21,36		26,86	25,06	
22,96		24,07	31,11	

```

lgfp10 := 2.75; lgfp11 := 2.15; lgfp12 := 3.5;
lgfp13 := 3.5; lgfp14 := 1.7; lgfn9 := 6.0;
lpr3 := 8.2; lpr1 := 5.6; lgfp3 := 0.7;
lgfp4 := 2.15; lgfp5 := 1.7; lgfp6 := 3.1;
lgfp7 := 1.2; lgfp8 := 1.2; lgfp9 := 2.15;
lgl1 := 0.11; lpg1 := 1.16; ltu := 1.02;
lps := 4.93;
ls49 := 0.06; ls48 := 0.06; ls47 := 0.06;
ls46 := 0.06; ls45 := 0.06; ls44 := 0.06;
ls36 := 0.06; ls35 := 0.06; ls32 := 0.06;
ls33 := 0.06; ls34 := 0.06; ls35 := 0.06;
ls36 := 0.06; ls37 := 0.06; ls1 := 0.06;
ls7 := 0.06; ls9 := 0.06; ls13 := 0.06;

Vag := 56;
Vgfp3 := ceil(Vag/0.5);
Vgfp4 := ceil(Vag/0.5);
Vgfp5 := ceil(Vag/0.5);
Vgfp6 := ceil(Vag/0.5);
Vgfp7 := ceil(Vag/0.5);
Vgfp8 := ceil(Vag/0.5);
Vgfp9 := ceil(Vag/0.5);
Vgfp10 := ceil(Vag/0.5);
Vgfp11 := ceil(Vag/0.5);
Vgfp12 := ceil(Vag/0.5);
Vgfp13 := ceil(Vag/0.5);
Vgfp14 := ceil(Vag/0.5);
Vgfn9 := ceil(Vag/0.5);

N := 100;
for i from 1 to N do
  V := RandomTools[Generate](integer(range = 1..100), method
    = uniform);
  if V <= 40 then
    print(i);
    print(Эксперимент 1. Выбрана АСТТТТ5,
      от Новосибирской суч);
    G1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..11),
      method = uniform);
    if G1 <= 2 then
      la := lgfp10 + ls49;
      print(Vgfp10, вагонов переставляем с GPP10);
      elif G1 >= 2 and G1 <= 4 then
        la := lgfp11 + ls48;
        print(Vgfp11, вагонов переставляем с GPP11);
      elif G1 >= 4 and G1 <= 6 then
        la := lgfp12 + ls47;
        print(Vgfp12, вагонов переставляем с GPP12);
      elif G1 >= 6 and G1 <= 8 then
        la := lgfp13 + ls46;
        print(Vgfp13, вагонов переставляем с GPP13);
      elif G1 >= 8 and G1 <= 10 then
        la := lgfp14 + ls45;
        print(Vgfp14, вагонов переставляем с GPP14);
      elif G1 >= 10 then
        la := lgfn9 + ls44;
        print(Vgfn9, вагонов переставляем с GPP9);
      end if;
    X2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..2), method
      = uniform);
    if X2 = 1 then
      la := lpr3 + ls38;
      print(обработка вагона на PR3);
      elif X2 = 2 then
        la := ls36 + lpr3;
        print(обработка вагона на PR2);
      end if;
    J1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..7), method
      = uniform);
    if J1 = 1 then
      la := ls3 + lgfp3 + ls31;
      print(на GPP3);
      elif J1 = 2 then
        la := ls32 + lgfp4 + ls32;
        print(на GPP4);
      elif J1 = 3 then
        la := ls33 + lgfp5 + ls33;
        print(на GPP5);
      elif J1 = 4 then
        la := ls34 + lgfp6 + ls34;
        print(на GPP6);
      elif J1 = 5 then
        la := ls35 + lgfp7 + ls35;
        print(на GPP7);
      elif J1 = 6 then
        la := ls36 + lgfp8 + ls36;
        print(на GPP8);
      elif J1 = 7 then
        la := ls37 + lgfp9 + ls37;
        print(на GPP9);
      end if;
    la := la;
    T1 := la + la + la + la + la;
    print(АСТТТТ5, T1, ч);
    elif V >= 60 then
      print(i);
      print(Эксперимент 1. Выбрана АСТТТТ22,
        от Новосибирской суч);
      print(От поезда, прибывшего на PG1 через G1);
      la := lgl1 + ls1 + lpg1;
      J2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method
        = uniform);
      if J2 <= 7 then
        la := ls7 + ltu + ls9;
        print(сортировка на SU);
        elif J2 >= 8 then
          la := ls7 + ls9;
        end if;
        la := lps + ls13;
        K2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10),
          method = uniform);
        if K2 <= 4 then
          la := lpr1 + ls38 + lpr3;
          print(сортировка на PR1 и PR3);
          elif K2 >= 5 then
            la := ls36 + lpr3;
            print(сортировка на PR3);
          end if;
          G2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..11),
            method = uniform);
          if G2 <= 2 then
            la := ls49 + lgfp10 + ls49;
            print(переставляем, Vgfp10,
              вагонов для обработки на GPP10);
            elif G2 >= 2 and G2 <= 4 then
              la := ls46 + lgfp11 + ls46;
              print(переставляем, Vgfp11,
                вагонов для обработки на GPP11);
            elif G2 >= 4 and G2 <= 6 then
              la := ls47 + lgfp12 + ls47;
              print(переставляем, Vgfp12,
                вагонов для обработки на GPP12);
            elif G2 >= 6 and G2 <= 8 then
              la := ls46 + lgfp13 + ls46;
              print(переставляем, Vgfp13,
                вагонов для обработки на GPP13);
            elif G2 >= 8 and G2 <= 10 then
              la := ls45 + lgfp14 + ls45;
              print(переставляем, Vgfp14,
                вагонов для обработки на GPP14);
            elif G2 >= 10 then
              la := ls44 + lgfn9 + ls44;
              print(переставляем, Vgfn9,
                вагонов для обработки на GPP9);
            end if;
          la := ls38;
          la := ls3a;
          la := ls2a;
          la := ls1a;
          T2 := la + la + la + la + la + la + la + la
            + ls9;
          print(АСТТТТ22, T2, ч);
        end if;
      end do;

```

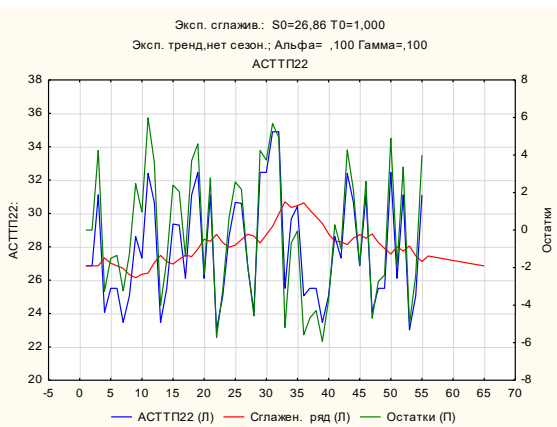
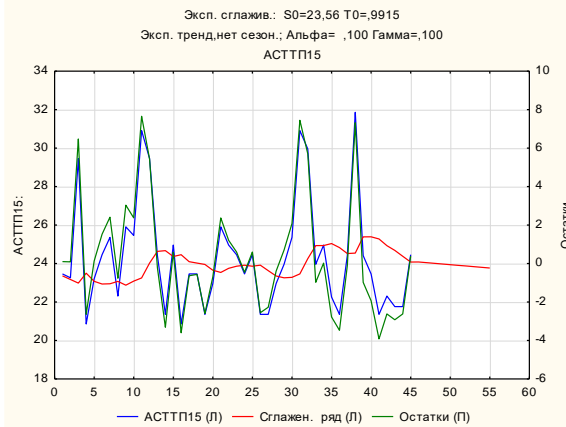
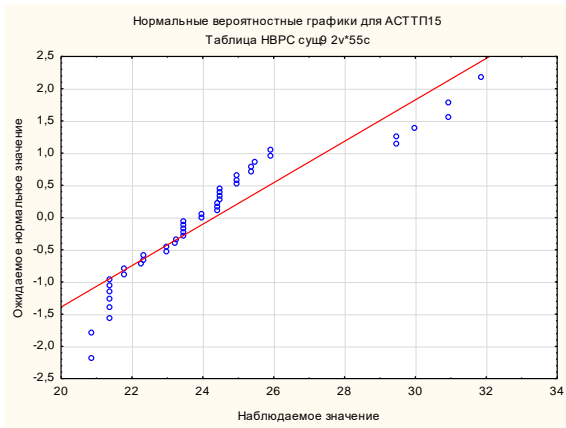
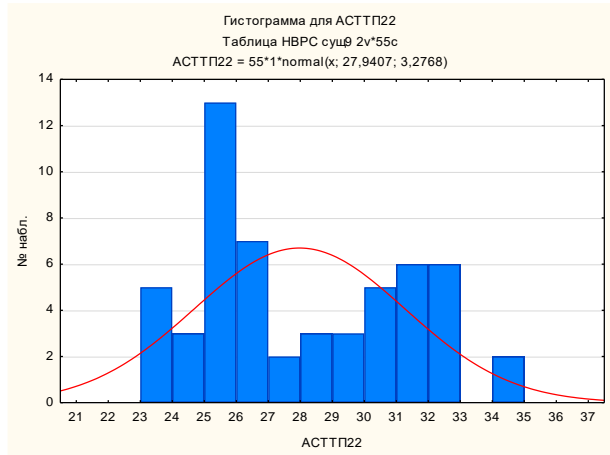
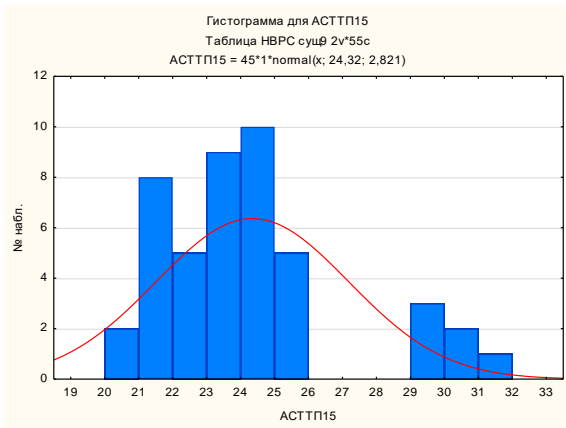
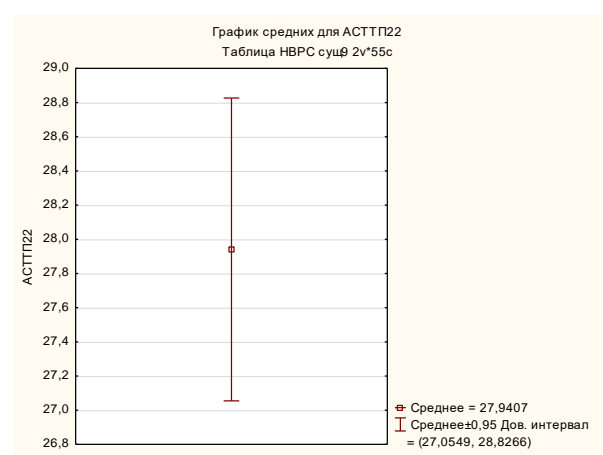
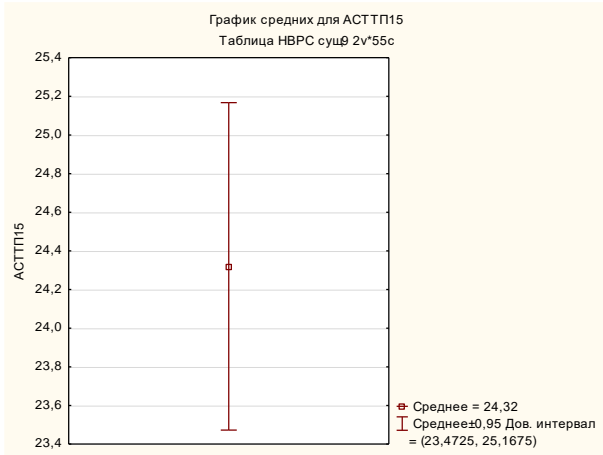


Таблица Г.83 – Ведомость значений времен АСТТП для десятой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 10 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП17. Вероятность выбора – 50 %			АСТТП18. Вероятность выбора – 50 %		
$\{\mu_{\bar{A}}(PR1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP3 \vee GFP4 \vee GFP5 \vee GFP6 \vee GFP7) \overline{\leftrightarrow} \mu_{\bar{A}}(GFP8 \vee GFP9)\}$			$\{\mu_{\bar{A}}(PR3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14 \vee GFP9)\}$		
12,52		12,52	20,02		19,27
14,42		12,52	22,52		22,52
12,52		13,47	22,52		18,67
12,02		13,47	20,02		20,02
13,47		13,47	19,27		19,27
13,02		12,52	19,27		18,22
13,47		13,47	20,02		19,27
13,47		14,42	20,02		19,27
14,42		12,52	18,67		19,27
12,52		13,02	18,67		19,27
12,02		13,47	20,02		19,27
12,02		12,52	18,67		20,02
14,42		13,02	20,02		19,27
13,02		12,02	18,22		18,67
13,47		12,02	22,52		20,02
12,52		14,42	20,02		20,02
14,47			18,22		20,02
12,52			18,22		18,67
13,47			18,22		20,02
13,47			18,22		18,67
12,52			19,27		18,67
12,52			20,02		19,27
12,52			19,27		20,02
13,47			19,27		22,52
12,52			18,22		18,67
14,42			18,67		18,22
13,02			18,67		20,02
12,02			18,67		19,27

```

tgfp10 := 2.75 : tgfp11 := 2.15 : tgfp12 := 3.5 :
tgfp13 := 3.5 : tgfp14 := 1.7 : tgn9 := 6.0 :
tpr3 := 8.2 : tpr1 := 5.6 : tgf3 := 0.7 :
tgfp4 := 2.15 : tgf5 := 1.7 : tgf6 := 3.1 :
tgfp7 := 1.2 : tgf8 := 1.2 : tgf9 := 2.15 :
ts49 := 0.06 : ts48 := 0.06 : ts47 := 0.06 :
ts46 := 0.06 : ts45 := 0.06 : ts44 := 0.06 :
ts38 := 0.06 : ts31 := 0.06 : ts32 := 0.06 :
ts33 := 0.06 : ts34 := 0.06 : ts35 := 0.06 :
ts36 := 0.06 : ts37 := 0.06 :

Vag := 56 :
Vgfp3 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp4 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp5 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp6 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp7 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp8 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp9 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp10 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp11 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp12 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp13 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp14 := ceil(Vag*0.5) :
Vgn9 := ceil(Vag*0.5) :

N := 100 :
for i from 1 to N do
V := RandomTools[Generate](integer(range = 1..100), method = uniform) :
if V ≤ 50 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП17, ст Новороссийск суц);
t1a := tpr1 :
J1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..7), method = uniform) :
if J1 = 1 then
t2a := ts31 + tgfp3 + ts31 :
print(Vgfp3, вагонов переставляют с PR1 на GFP3);
elif J1 = 2 then
t2a := ts32 + tgfp4 + ts32 :
print(Vgfp4, вагонов переставляют с PR1 на GFP4);
elif J1 = 3 then
t2a := ts33 + tgf5 + ts33 :
print(Vgfp5, вагонов переставляют с PR1 на GFP5);
elif J1 = 4 then
t2a := ts34 + tgf6 + ts34 :
print(Vgfp6, вагонов переставляют с PR1 на GFP6);
elif J1 = 5 then
t2a := ts35 + tgf7 + ts35 :
print(Vgfp7, вагонов переставляют с PR1 на GFP7);
elif J1 = 6 then
t2a := ts36 + tgf8 + ts36 :
print(Vgfp8, вагонов переставляют с PR1 на GFP8);
elif J1 = 7 then
t2a := ts37 + tgf9 + ts37 :
print(Vgfp9, вагонов переставляют с PR1 на GFP9);
end if:
t3a := tpr1 :
T1 := t1a + t2a + t3a :
print(АСТПП17, T1, ч);
elif V > 50 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП18, ст Новороссийск суц);
t1a := tpr3 :
G2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..11), method = uniform) :
if G2 ≤ 2 then
t2a := ts49 + tgfp10 + ts49 :
print(Vgfp10, вагонов переставляют на GFP10 с PR3);
elif G2 > 2 and G2 ≤ 4 then
t2a := ts48 + tgfp11 + ts48 :
print(Vgfp11, вагонов переставляют на GFP11 с PR3);
elif G2 > 4 and G2 ≤ 6 then
t2a := ts47 + tgfp12 + ts47 :
print(Vgfp12, вагонов переставляют на GFP12 с PR3);
elif G2 > 6 and G2 ≤ 8 then
t2a := ts46 + tgfp13 + ts46 :
print(Vgfp13, вагонов переставляют на GFP13 с PR3);
elif G2 > 8 and G2 ≤ 10 then
t2a := ts45 + tgfp14 + ts45 :
print(Vgfp14, вагонов переставляют на GFP14 с PR3);
elif G2 > 10 then
t2a := ts44 + tgn9 + ts44 :
print(Vgn9, вагонов переставляют на GFN9 с PR3);
end if:
t3a := tpr3 :
T2 := t1a + t2a + t3a :
print(АСТПП18, T2, ч);
end if:
end do:

```

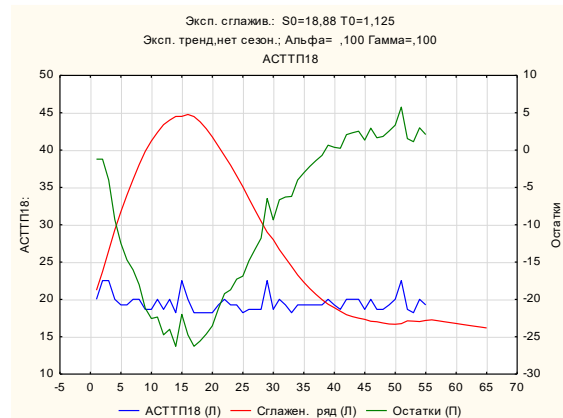
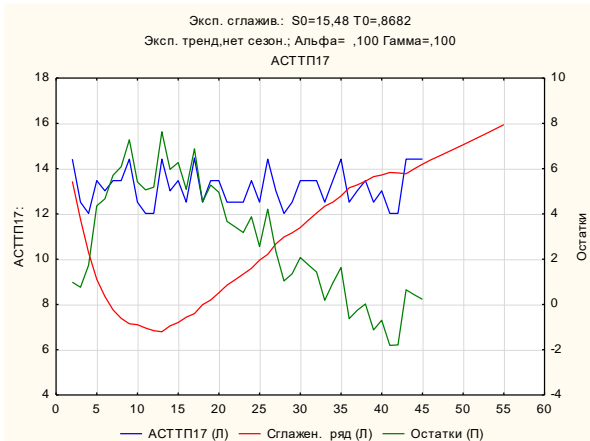
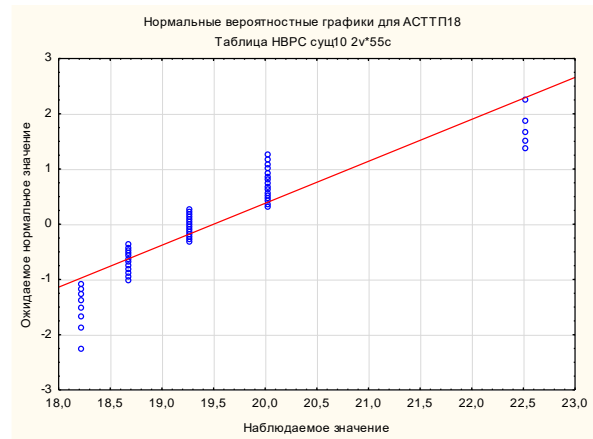
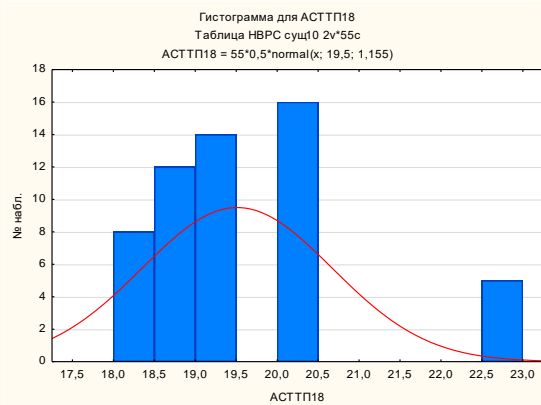
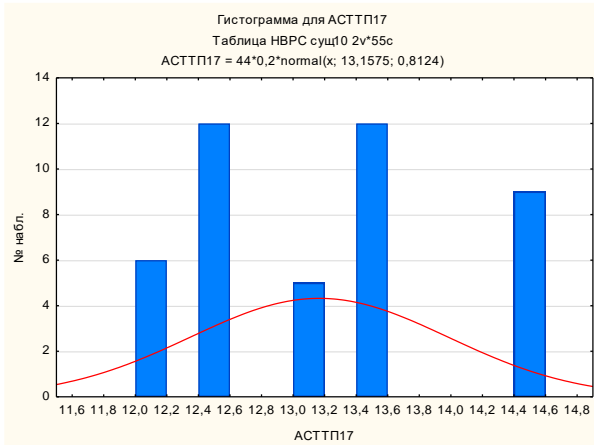
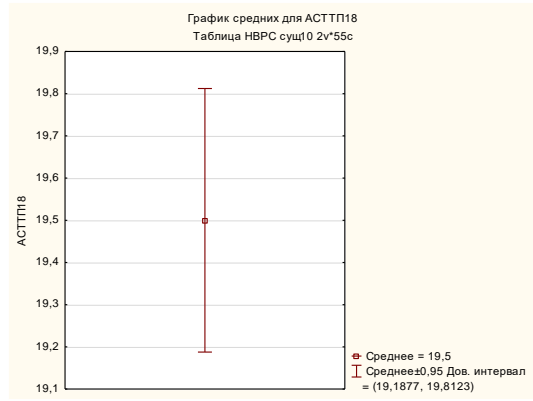
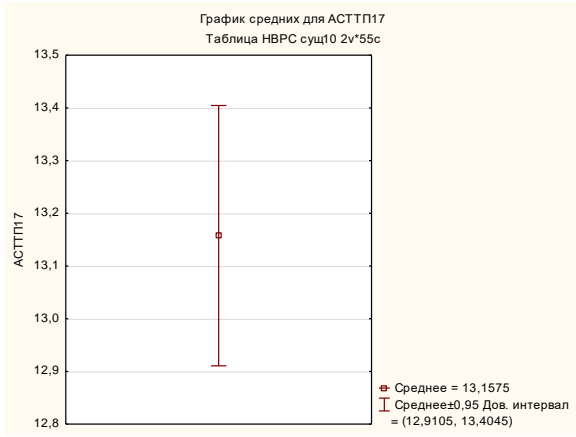


Таблица Г.84 – Ведомость значений времен АСТТП для одиннадцатой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 11 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП20. Вероятность выбора – 70 %			АСТТП21. Вероятность выбора – 30 %		
{GL2 ↔ PR2 $\overleftarrow{\text{кр.}^2}$ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP7 V GFP8) $\overleftarrow{\text{кр.}}$ (GFP9)}			{GL2 ↔ PR2 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFN8) ↔ PR3 ↔ $\mu_{\bar{A}}$ (GFP10 V GFP11 V GFP12 V GFP13 V GFP14 V GFN9)}		
12,95	12,00	12,00	29,14	30,54	
12,95	12,00	12,00	30,94	30,19	
12,95	12,00	12,00	31,69		
12,95	12,00	12,00	30,19		
12,95	12,00	12,00	29,14		
12,95	12,00	12,00	33,44		
12,95	12,00	12,00	32,09		
12,95	12,00	12,00	30,54		
12,95	12,00		29,14		
12,95	12,00		30,19		
12,95	12,00		29,14		
12,95	12,00		30,19		
12,95	12,00		33,44		
12,95	12,00		29,14		
12,95	12,00		29,14		
12,95	12,00		33,44		
12,00	12,00		33,44		
12,00	12,00		33,44		
12,00	12,00		32,09		
12,00	12,00		32,09		
12,00	12,00		29,14		
12,00	12,00		30,54		
12,00	12,00		29,14		
12,00	12,00		29,59		
12,00	12,00		32,09		
12,00	12,00		30,19		
12,00	12,00		31,34		
12,00	12,00		30,19		
12,00	12,00		30,19		
12,00	12,00		30,19		

```

tgl2 := 0.18 : tpr2 := 5.1 : tgf7 := 1.2 :
tgfp8 := 1.2 : tgfp9 := 2.15 : tgn8 := 1.15 :
tpr3 := 8.2 : tgfp10 := 2.75 : tgfp11 := 2.15 :
tgfp12 := 3.5 : tgfp13 := 3.1 : tgfp14 := 1.7 : tgn9 := 6.0 :
tsgl2 := 0.06 : ts39 := 0.06 : ts40 := 0.06 :
ts41 := 0.06 : ts42 := 0.06 : ts43 := 0.06 :
ts44 := 0.06 : ts45 := 0.06 : ts46 := 0.06 :
ts47 := 0.06 : ts48 := 0.06 : ts49 := 0.06 :

```

```

Vag := 56 :
Vgfp7 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp8 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp9 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp10 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp11 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp12 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp13 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp14 := ceil(Vag-0.5) :
Vgn8 := ceil(Vag-0.33) :
Vgn9 := ceil(Vag-0.33) :

```

```
N := 100 :
```

```
for i from 1 to N do
```

```
V := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..100), method = uniform) :
```

```
if V ≤ 70 then
```

```
print( ) :
```

```
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП20, см Новороссийск суц) ;
```

```
t1a := tgl2 + tsgl2 + tpr2 :
```

```
Y1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..3), method = uniform) :
```

```
if Y1 = 1 then
```

```
t2a := ts39 + tgf7 + ts39 :
```

```
print(От прибывшего на PR2 через GL2 поезда отцепляют) ;
```

```
print(Vgfp7, вагонов для обработки на GFP7) ;
```

```
elif Y1 = 2 then
```

```
t2a := ts40 + tgf8 + ts40 :
```

```
print(От прибывшего на PR2 через GL2 поезда отцепляют) ;
```

```
print(Vgfp8, вагонов для обработки на GFP8) ;
```

```
elif Y1 = 3 then
```

```
t2a := ts41 + tgf9 + ts41 :
```

```
print(От прибывшего на PR2 через GL2 поезда отцепляют) ;
```

```
print(Vgfp9, вагонов для обработки на GFP9) ;
```

```
end if :
```

```
t3a := tpr2 + tsgl2 + tgl2 :
```

```
T1 := t1a + t2a + t3a :
```

```
print(АСТПП20, T1, ч) ;
```

```
elif V > 70 and V ≤ 100 then
```

```
print( ) :
```

```
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП21, см Новороссийск суц) ;
```

```
t1a := tgl2 + tsgl2 + tpr2 :
```

```
Y2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
```

```
if Y2 = 1 then
```

```
t2a := ts42 + tgn8 + ts43 + tpr3 :
```

```
print(От прибывшего на PR2 через GL2 поезда отцепляют) ;
```

```
print(Vgn8, вагонов для обработки на GFN8, а затем) ;
```

```
print(берут группу вагонов на PR3 для обработки на) ;
```

```
elif Y2 ≥ 2 then
```

```
t2a := ts42 + ts43 + tpr3 :
```

```
print(От прибывшего на PR3 через GL2 и PR2 поезда отцепляют) ;
```

```
print(группу вагонов для обработки на) ;
```

```
end if :
```

```
G2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..11), method = uniform) :
```

```
if G2 ≤ 2 then
```

```
t3a := ts49 + tgf10 + ts49 :
```

```
print(GFP10) ;
```

```
elif G2 > 2 and G2 ≤ 4 then
```

```
t3a := ts48 + tgf11 + ts48 :
```

```
print(GFP11) ;
```

```
elif G2 > 4 and G2 ≤ 6 then
```

```
t3a := ts47 + tgf12 + ts47 :
```

```
print(GFP12) ;
```

```
elif G2 > 6 and G2 ≤ 8 then
```

```
t3a := ts46 + tgf13 + ts46 :
```

```
print(GFP13) ;
```

```
elif G2 > 8 and G2 ≤ 10 then
```

```
t3a := ts45 + tgf14 + ts45 :
```

```
print(GFP14) ;
```

```
elif G2 > 10 then
```

```
t3a := ts44 + tgn9 + ts44 :
```

```
print(GFN9) ;
```

```
end if :
```

```
t4a := tpr3 + ts43 + ts42 + tpr2 + tsgl2 + tgl2 :
```

```
T2 := t1a + t2a + t3a + t4a :
```

```
print(АСТПП21, T2, ч) ;
```

```
end if :
```

```
end do :
```

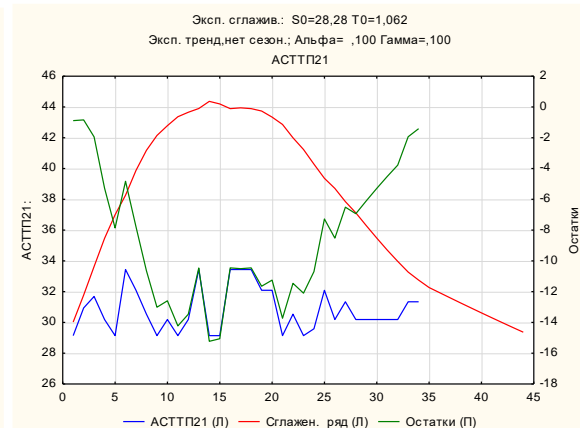
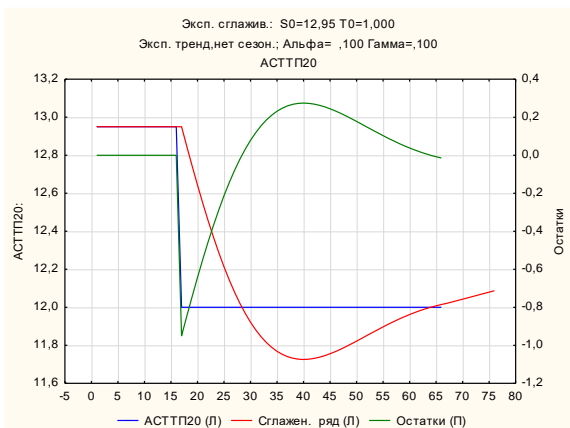
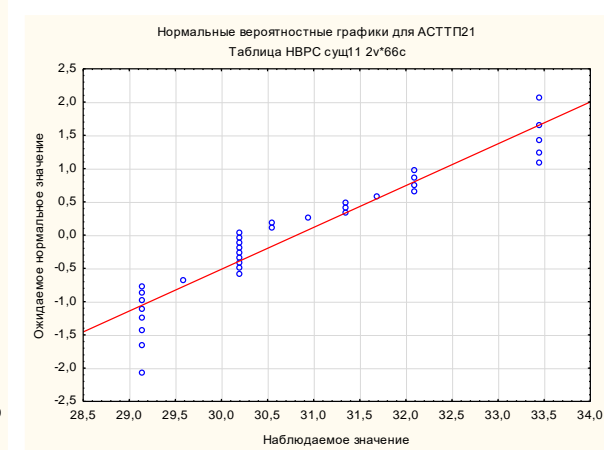
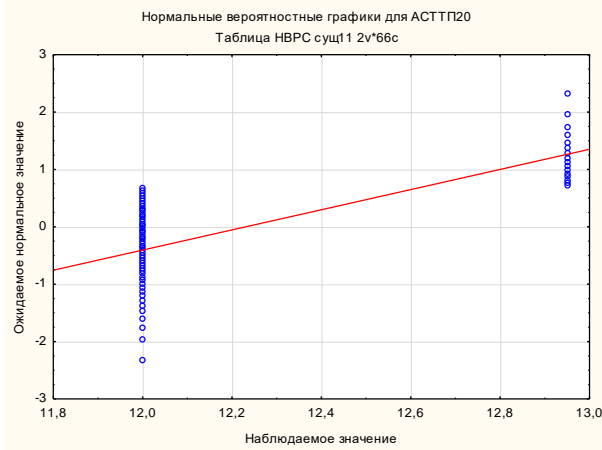
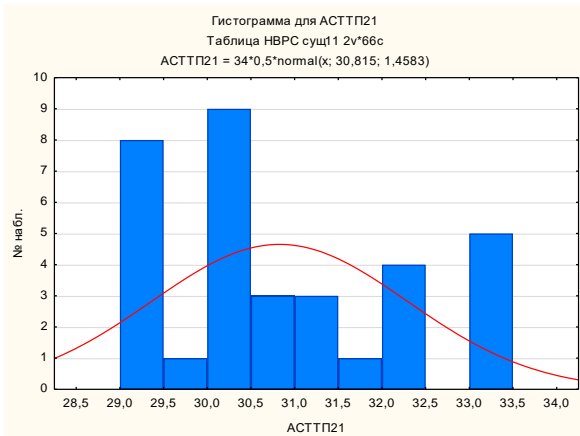
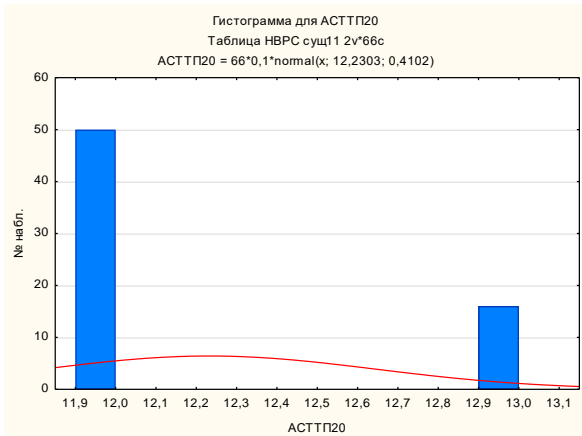
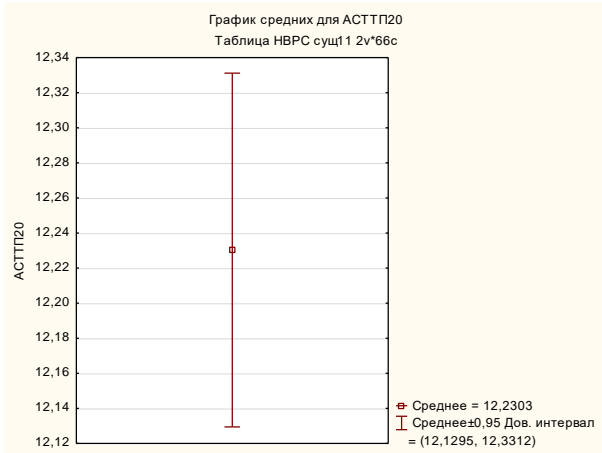
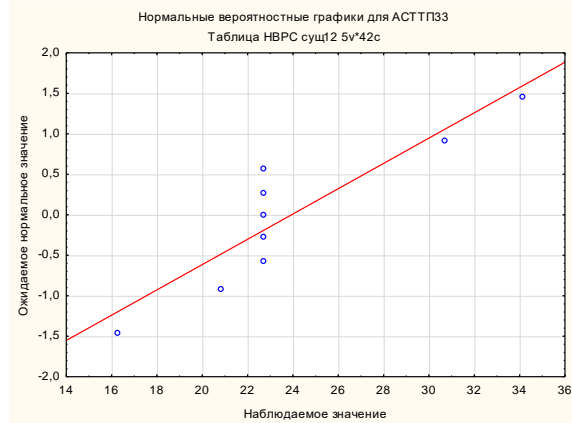
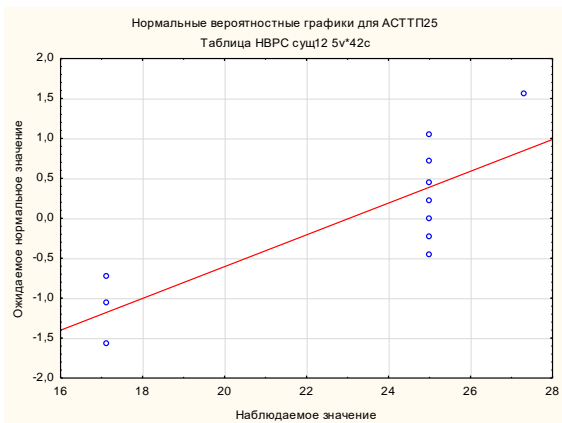
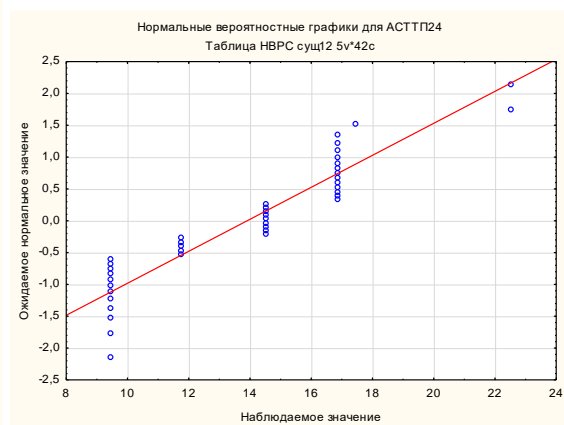
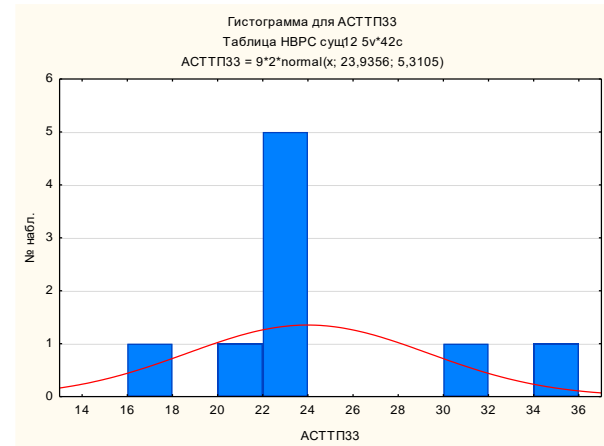
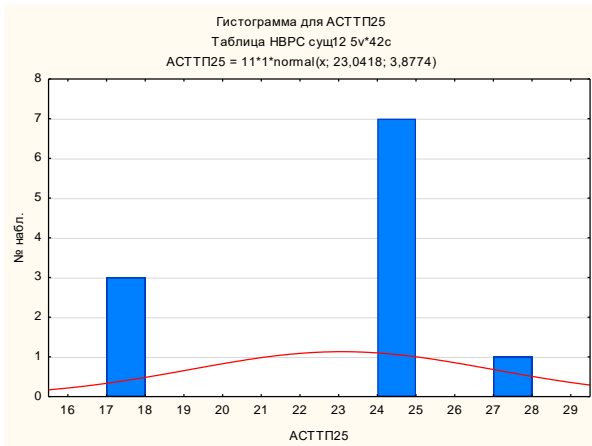
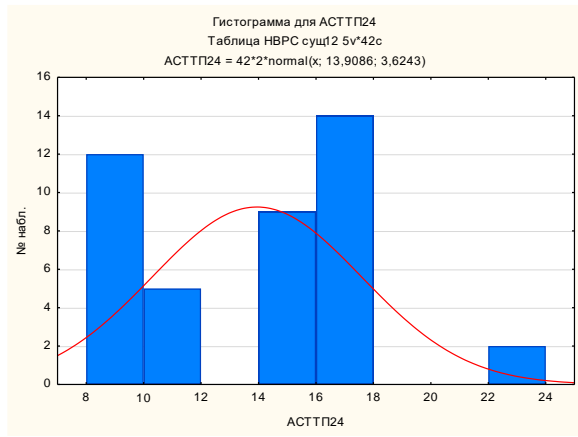
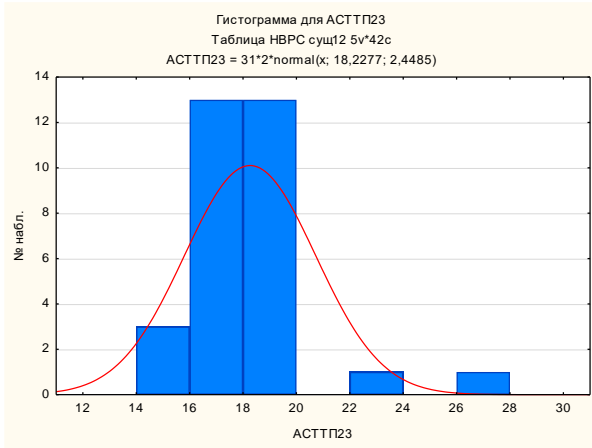


Таблица Г.85 – Ведомость значений времен АСТТП для двенадцатой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 12 (количество экспериментов –100), общее время АСТТП, ч						
АСТТП23. Вероятность выбора – 35 %	АСТТП24. Вероятность выбора – 35 %	АСТТП25. Вероятность выбора – 10 %	АСТТП29. Вероятность выбора – 10 %	АСТТП33. Вероятность выбора – 10 %		
{GL1 ↔ PG1 ↔ μ _A (SU) ↔ PS ↔ μ _A (VH) ↔ μ _A (GF0) ↔ μ _A (GF5)}	{GL1 ↔ μ _A (PG1) ↔ PG3 ↔ μ _A (VH) ↔ μ _A (GF0) ↔ μ _A (GF5) ↔ ↔ μ _A (PR2)}	{GL1 ↔ μ _A (PG1) ↔ PO ↔ μ _A (VH) ↔ μ _A (PR2) ↔ μ _A (GFN8) ↔ μ _A (PR3)}	{μ _A (PS) ↔ μ _A (VH)}	{μ _A (PR1) ↔ μ _A (PS) ↔ μ _A (VH) ↔ μ _A (PG3) ↔ μ _A (PG1)}		
16,74	17,30	16,84	11,76	24,98	13,98	22,70
19,34	16,74	22,52	14,52	27,30	13,98	22,70
14,70	16,74	9,44	9,44	24,98	13,98	22,70
19,34	14,58	11,76	11,76	17,10	13,98	30,70
19,34	16,74	9,44	16,84	24,98	13,98	22,70
16,74	22,58	16,84	16,84	17,10	13,98	34,12
17,30	19,34	14,52	9,44	17,10		20,84
19,34		9,44	9,44	24,98		16,26
17,18		16,84	16,84	24,98		22,70
19,34		14,52	16,84	24,98		
17,30		16,84	17,44			
17,30		9,44	16,84			
19,34		22,52	14,52			
14,70		11,76	14,52			
19,34		11,76	14,52			
27,34		9,44	11,76			
19,34		16,84	14,52			
19,34		14,52	16,84			
19,34		9,44				
16,74		14,52				
16,74		16,84				
16,74		16,84				
16,74		9,44				
19,34		9,44				
19,34		9,44				



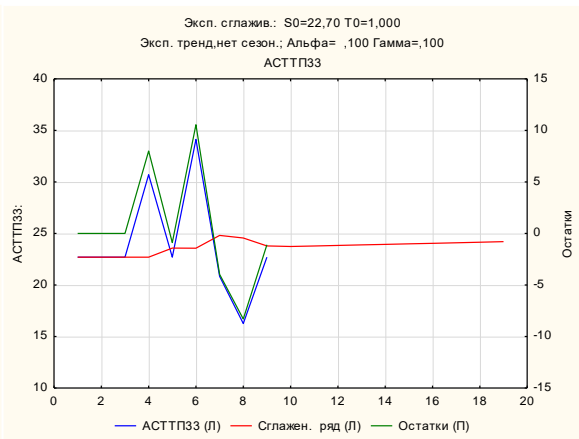
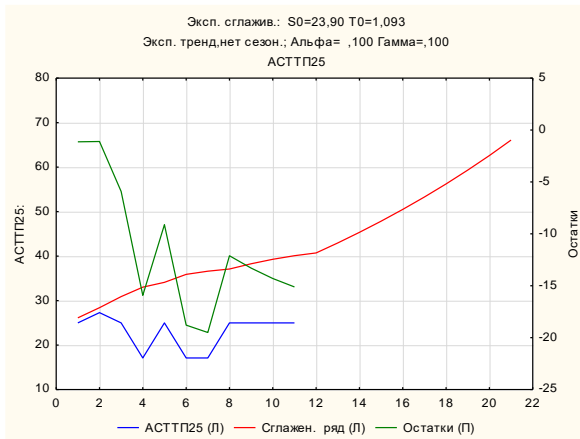
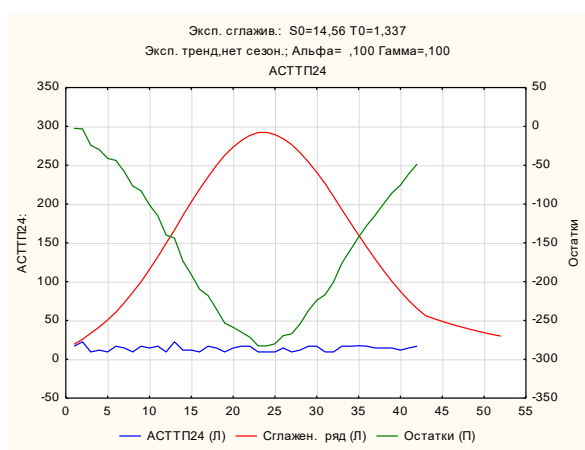
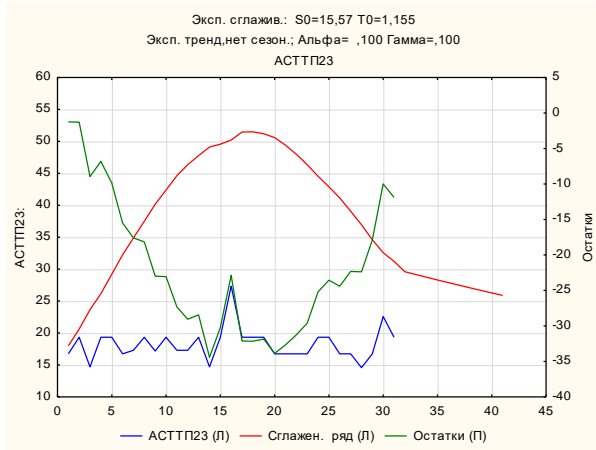


Таблица Г.86 – Ведомость значений времен АСТТП для тринадцатой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 13 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП26. Вероятность выбора – 60 %		АСТТП27. Вероятность выбора – 30 %		АСТТП30. Вероятность выбора – 10 %	
{GL1 ↔ μ_A (PG1) ↔ PG2 ↔ μ_A (PR2) ↔ μ_A (GFN8) ↔ μ_A (PR3)}		{GL1 ↔ μ_A (PG1) ↔ PG2 ↔ μ_A (GFN3 V GFN6) ↔ μ_A (PV)}		{ μ_A (GFN3) ↔ μ_A (PG2) ↔ μ_A (GFN6) ↔ μ_A (PV)}	
16,32	17,05	28,02	28,02		22,68
19,37	17,05	15,90	15,90		22,68
19,37	19,37	25,70	25,70		22,68
17,05	16,32	15,90	28,02		22,68
19,37	18,64	15,90			18,62
19,37	19,37	25,70			22,68
17,05	19,37	13,58			22,68
18,64	18,64	15,90			22,68
17,05	18,64	15,90			22,68
18,64	19,37	28,02			18,62
17,05	16,32	25,70			
17,05	17,05	15,90			
16,32	18,64	15,90			
17,05	17,05	15,90			
18,64	17,05	15,90			
19,37	17,05	15,90			
18,64	18,64	28,02			
17,05	19,37	13,58			
17,05	18,64	28,02			
18,64	19,37	15,90			
16,32	16,32	25,70			
18,64	19,37	13,58			
17,05	19,37	15,90			
17,05	19,37	15,90			
19,37	19,37	15,90			
17,05	19,37	28,02			
16,32		13,58			
16,32		13,58			
17,05		25,70			
19,37		25,70			

```

tgl1 := 0.11 : tpg1 := 1.16 : tpg2 := 2.5 :
tpr2 := 5.1 : tgn8 := 1.15 : tpr3 := 8.2 :
tgn3 := 8.0 : tgn6 := 8.0 : tprv := 4.0 :
ts1 := 0.06 : ts4 := 0.06 : ts21 := 0.06 :
ts42 := 0.06 : ts43 := 0.06 : ts26 := 0.06 :
ts27 := 0.06 : ts29 := 0.06 :

```

```

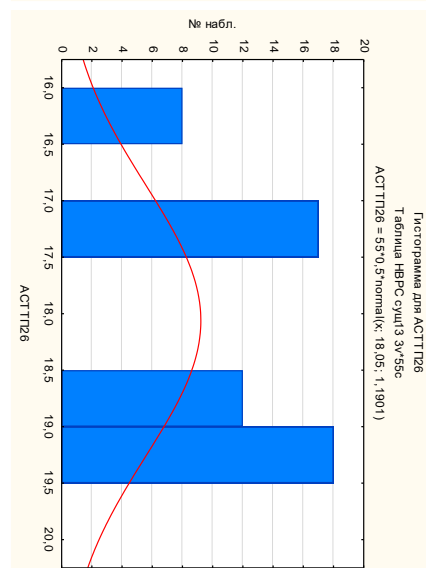
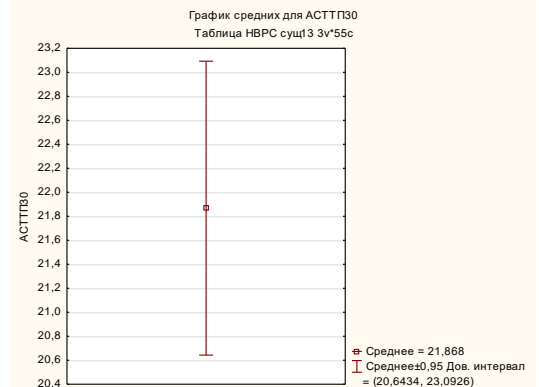
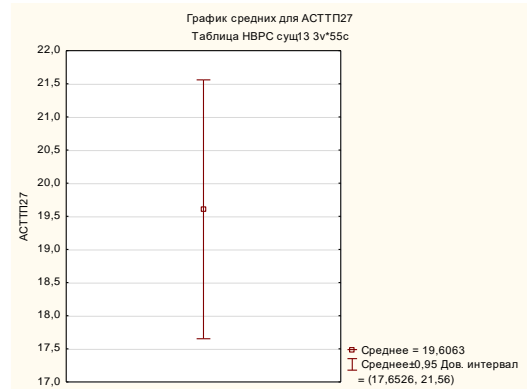
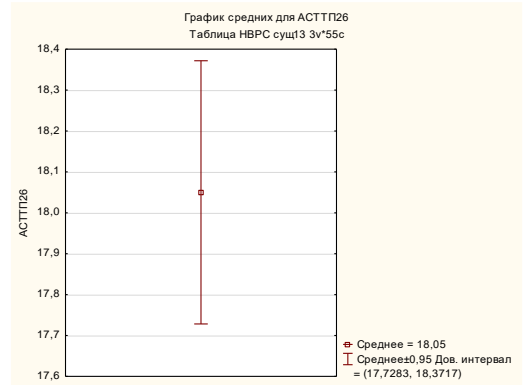
Vag := 56 :
Vgn8 := ceil(Vag*0.33) :
Vgn3 := ceil(Vag*0.33) :
Vgn6 := ceil(Vag*0.33) :

```

```

N := 100 :
for i from 1 to N do
V := RandomTools[Generate](integer(range = 1..100), method = uniform) :
if V ≤ 60 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП26, ст Новоросийск суц);
t1a := tgl1 + ts1 :
B1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if B1 ≤ 5 then
t2a := tpg1 + ts4 + tpg2 :
print(От поезда, прибывшего на PG2 через GL1 и обрабатывая на PG1);
print(отцепляют, Vgn8, вагонов для обработки на GFN8);
elif B1 ≥ 6 then
t2a := ts4 + tpg2 :
print(От поезда, прибывшего на PG2 через GL1);
print(отцепляют, Vgn8, вагонов для обработки на GFN8);
end if;
Z1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if Z1 ≤ 5 then
t3a := ts21 + tpr2 + ts42 + tgn8 + ts42 + tpr2 + ts21 :
print(сортруя на PR2);
elif Z1 ≥ 5 then
t3a := ts21 + ts42 + tgn8 + ts43 + tpr3 + ts43 + tgn8 + ts42 + ts21 :
print(сортруя на PR3);
end if;
t4a := t2a :
t5a := ts1 + tgl1 :
T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТТП26, T1, ч);
elif V > 60 and V ≤ 90 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП27, ст Новоросийск суц);
t1a := tgl1 + ts1 :
B2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if B2 ≤ 5 then
t2a := tpg1 + ts4 + tpg2 :
print(От поезда, прибывшего на PG2 через GL1 и обрабатывая на PG1);
print(отцепляют, Vgn3, вагонов);
elif B2 ≥ 6 then
t2a := ts4 + tpg2 :
print(От поезда, прибывшего на PG2 через GL1);
print(отцепляют, Vgn3, вагонов);
end if;
Z2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if Z2 ≤ 5 then
t3a := ts26 + tgn3 + ts26 :
print(для обработки на GFN3);
elif Z2 ≥ 5 then
t3a := ts27 + tgn6 + ts29 + tprv + ts29 + tgn6 + ts27 :
print(для обработки на GFN6 и PV);
end if;
t4a := t2a :
t5a := ts1 + tgl1 :
T2 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТТП27, T2, ч);
elif V > 90 and V ≤ 100 then
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП30, ст Новоросийск суц);
print(Vgn3, вагонов переставляют с GFN3 на GFN6 через PG2);
t1a := tgn3 + ts26 + tpg2 + ts27 + tgn6 :
Z2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if Z2 ≤ 7 then
t2a := ts29 + tprv :
print(а также обрабатывают на PV);
elif Z2 ≥ 8 then
t2a := 0 :
end if;
T3 := t1a + t2a :
print(АСТТП30, T3, ч);
end if;
end do;

```



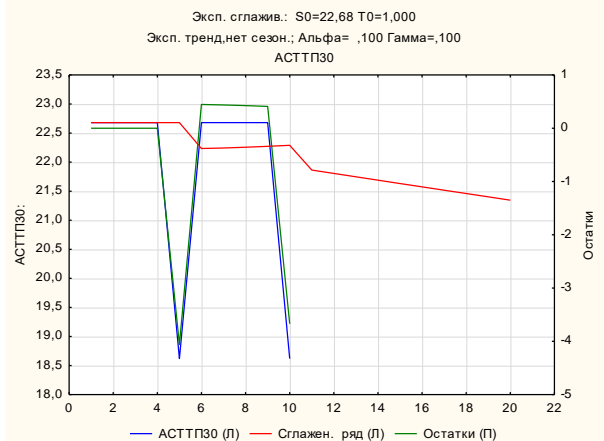
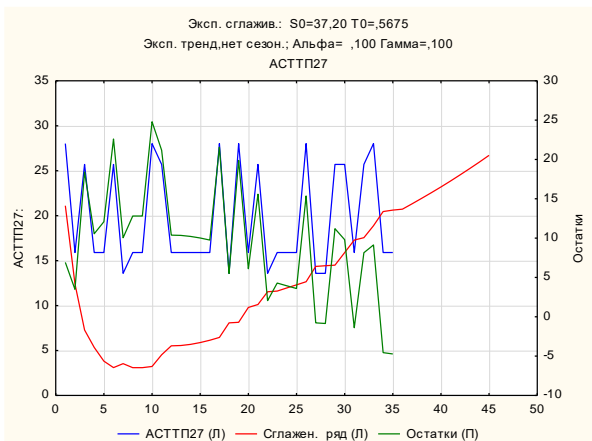
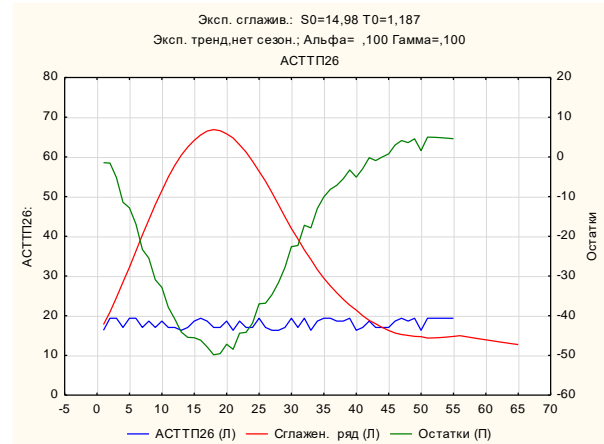
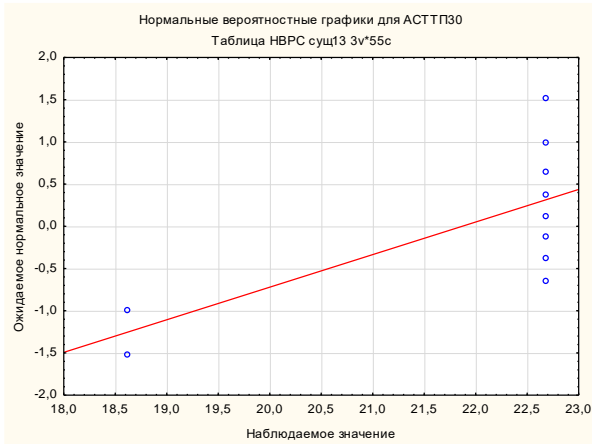
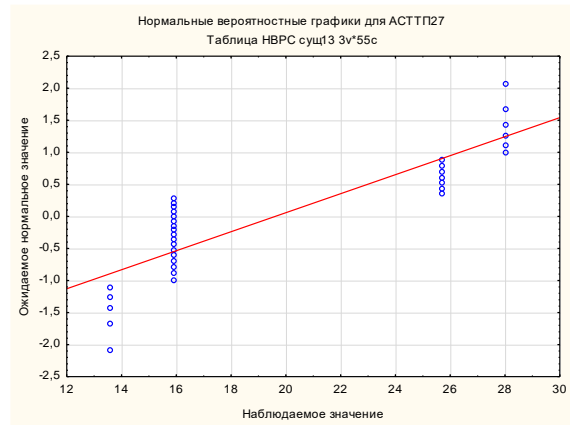
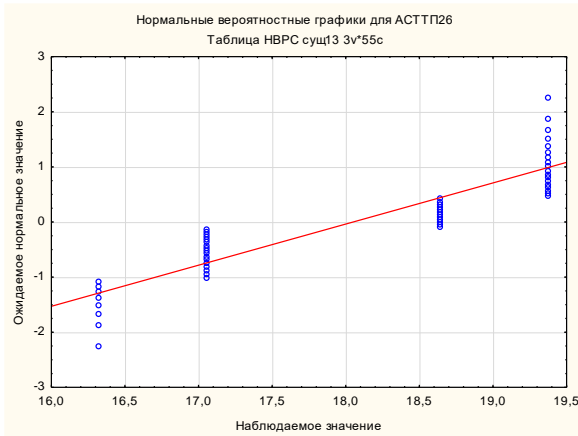
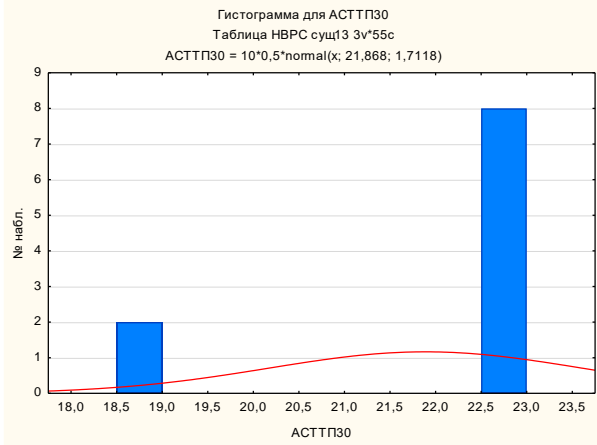
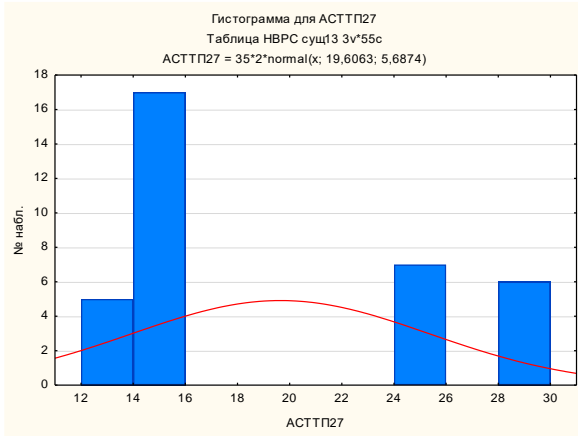


Таблица Г.87 – Ведомость значений времен АСТТП для четырнадцатой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 14 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП28. Вероятность выбора – 60 %			АСТТП31. Вероятность выбора – 40 %		
$\{\mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR3)\}$			$\{\mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN5) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFO) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(VH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PS) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1)\}$		
9,72	24,29	25,01	13,91	9,32	
17,92	26,29	12,81	12,32	9,76	
25,01	26,29	17,92	4,99	13,91	
18,64	19,92	25,01	16,14	5,50	
14,81	19,92	19,92	16,14	13,63	
17,92	14,09	14,81	13,60	11,04	
25,01	24,29	14,09	12,63	9,81	
26,29	19,92	16,64	9,81	6,27	
25,01	23,01	14,09	8,32	15,86	
16,64	26,29	26,29	13,63	11,09	
17,92	17,92		14,91	13,63	
23,01	16,09		14,86	9,76	
19,92	14,09		10,09	13,60	
16,09	14,81		13,91	7,27	
18,64	23,01		14,91	7,22	
26,29	18,64		10,76		
23,01	25,01		10,76		
12,81	24,29		9,32		
14,81	16,64		13,63		
18,64	14,81		17,14		
23,01	14,81		5,50		
6,44	26,29		13,63		
26,29	24,29		8,53		
8,44	14,81		13,63		
6,44	25,01		10,76		

```

tpg1 := 1.16 : tpg2 := 2.5 : tlh := 1.0 :
tpr2 := 5.1 : tgn8 := 1.15 : tpr3 := 8.2 :
tgn5 := 4.3 : tgnfo := 1.7 : tvh := 4.0 :
tps := 4.93 : tpg3 := 1.71 :
ts4 := 0.06 : ts28 := 0.06 : ts30 := 0.06 :
ts43 := 0.06 : ts42 := 0.06 : ts25 := 0.06 :
ts22 := 0.06 : ts24 := 0.06 : ts23 := 0.06 :
ts18 := 0.06 : ts6 := 0.06 : ts17 := 0.06 :

Vag := 56 :
Vgn8 := ceil(Vag-0.33) :
Vgn5 := ceil(Vag-0.33) :
Vvh := ceil(Vag-0.1) :
Vlh := ceil(Vag-0.1) :

N := 100 :
for i from 1 to N do
V := RandomTools[Generate](integer(range = 1..100), method = uniform) :
if V ≤ 60 then
print( ) :
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТП128, см Новороссийск суц);
B1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if B1 ≤ 5 then
t1a := tpg1 + ts4 + ts28 :
print(Vgn8, вагонов переставляют с PG1);
elif B1 ≥ 6 then
t1a := tpg2 + ts28 :
print(Vgn8, вагонов переставляют с PG2);
endif :
Y1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if Y1 ≤ 6 then
t2a := tlh :
print(Vlh, из этих вагонов обрабатывают на LH);
elif Y1 ≥ 7 then
t2a := 0 :
endif :
D1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if D1 ≤ 7 then
t3a := ts30 + tpr2 :
print(все вагоны сортируют на PG2);
elif D1 ≥ 8 then
t3a := ts30 :
endif :
t4a := ts42 + tgn8 :
print(все вагоны обрабатывают на GFN8);
J1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if J1 ≤ 7 then
t5a := ts43 + tpr2 + ts43 + tgn8 + ts42 :
print(сортируют на PG3);
elif J1 ≥ 8 then
t5a := ts42 :
endif :
t6a := t4a :
t7a := t3a :
t8a := t2a :
t9a := ts28 + tpg2 :
T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a + t6a + t7a + t8a + t9a :
print(АСТП128, T1, ч);
elif V > 60 and V ≤ 100 then
print( ) :
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТП131, см Новороссийск суц);
B2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if B2 ≤ 5 then
t1a := tpg1 + ts4 + ts28 :
print(Vgn5, вагонов переставляют с PG1);
elif B2 ≥ 6 then
t1a := tpg2 + ts28 :
print(Vgn5, вагонов переставляют с PG2);
endif :
Y2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if Y2 ≤ 6 then
t2a := tlh :
print(Vlh, из этих вагонов обрабатывают на LH);
elif Y2 ≥ 7 then
t2a := 0 :
endif :
D2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if D2 ≤ 7 then
t3a := ts30 + tpr2 :
print(все вагоны сортируют на PG2);
elif D2 ≥ 8 then
t3a := ts30 :
endif :
Z2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if Z2 ≤ 5 then
t4a := ts25 + tgn5 + ts22 :
print(все вагоны обрабатывают на GFN5);
elif Z2 ≥ 6 then
t4a := ts25 + ts24 + tgnfo + ts23 :
print(все вагоны обрабатывают на GFO);
endif :
J2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if J2 ≤ 6 then
t5a := tvh :
print(Vvh, из этих вагонов обрабатывают на LH);
elif J2 ≥ 7 then
t5a := 0 :
endif :
t6a := ts17 + tps + ts17 :
print(все вагоны сортируют на PS);
K2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if K2 ≤ 5 then
t7a := ts18 + ts6 + tpg1 :
print(и переставляют на PG1);
elif K2 ≥ 6 then
t7a := ts18 + tpg3 :
print(и переставляют на PG3);
endif :
T2 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТП131, T2, ч);
endif :
end do :

```

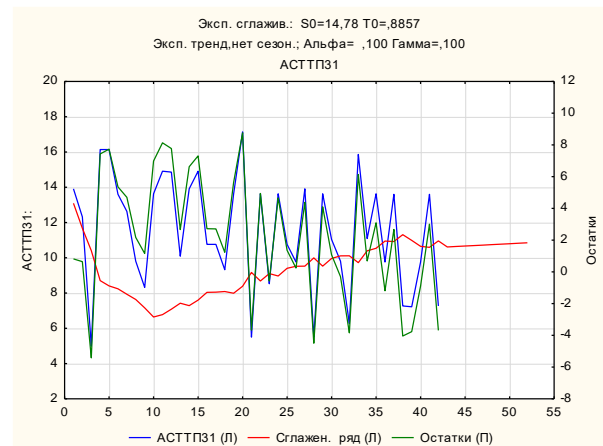
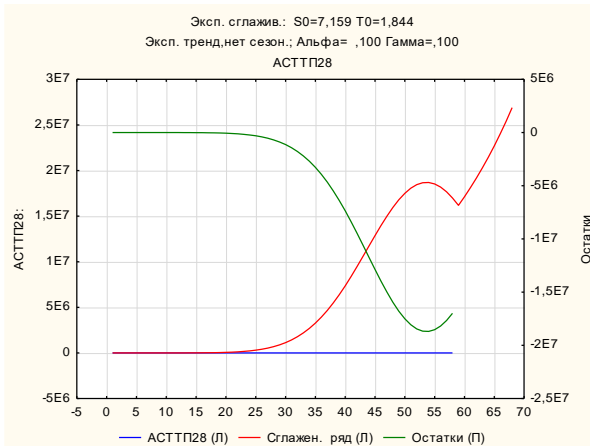
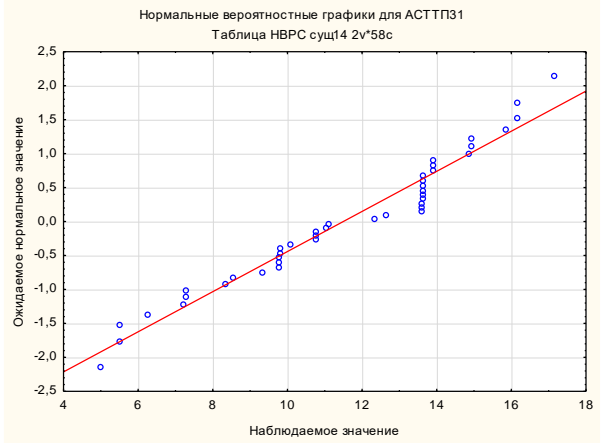
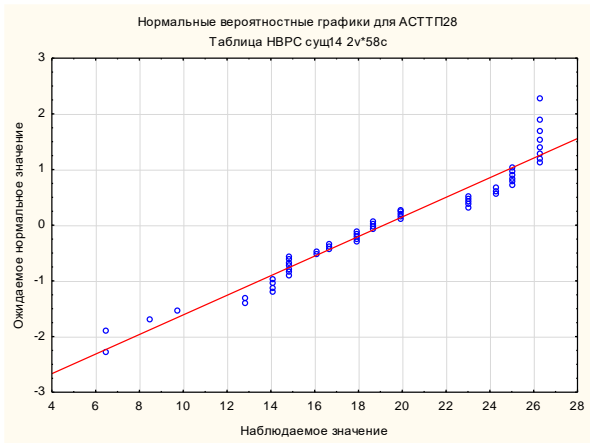
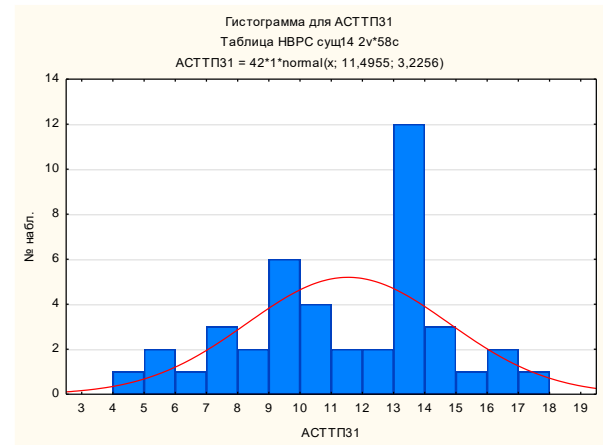
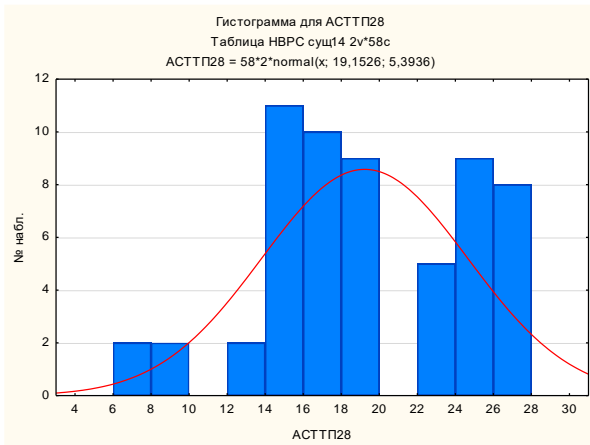
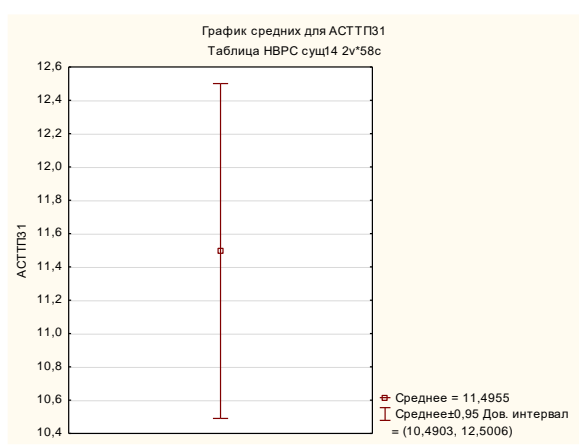
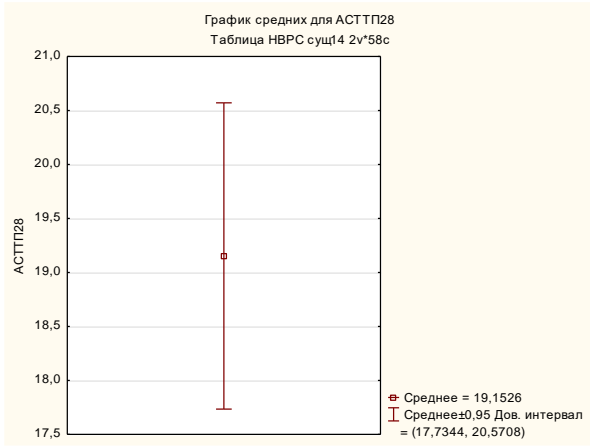


Таблица Г.88 – Ведомость значений времен АСТТП для пятнадцатой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 15 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП32. Вероятность выбора – 100 %			
$\{\mu_{\bar{A}}(\text{GFP1} \vee \text{GFP2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFN7}) \overline{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(\text{PS}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{VH}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{GFO} \vee \text{GFN5}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PR2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG2}) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(\text{PG1})\}$			
19,65	26,19	23,65	18,92
19,65	26,19	22,92	18,92
19,65	26,19	22,92	18,92
19,65	26,19	22,92	18,92
19,65	26,19	22,92	21,46
19,65	26,19	22,92	21,46
19,65	26,19	22,92	21,46
19,65	26,19	22,92	21,46
19,65	26,19	22,92	21,46
19,65	26,19	22,92	21,46
19,65	26,19	22,92	21,46
19,65	26,19	22,92	21,46
25,46	26,19	22,92	21,46
25,46	26,19	22,92	22,19
25,46	26,19	22,92	22,19
25,46	26,19	22,92	22,19
25,46	26,19	22,92	22,19
25,46	23,65	22,92	22,19
25,46	23,65	18,92	22,19
25,46	23,65	18,92	26,19
25,46	23,65	18,92	23,65
25,46	23,65	18,92	18,92
25,46	23,65	18,92	26,19
25,46	23,65	18,92	26,19
25,46	23,65	18,92	26,19
26,19	23,65	18,92	25,46

```

tgfp1 := 5.0 : tgfp2 := 4.0 : tgn7 := 4.0 :
tps := 4.93 : tvh := 4.0 : tgfo := 1.7 :
tgn5 := 4.3 : tpr2 := 5.1 : tpg2 := 2.5 : tpg1 := 1.16 :
ts16 := 0.06 : ts15 := 0.06 : ts12 := 0.06 : ts20 := 0.06 :
ts17 := 0.06 : ts23 := 0.06 : ts22 := 0.06 : ts18 := 0.06 :
ts24 := 0.06 : ts25 := 0.06 : ts21 := 0.06 : ts4 := 0.06 :
tpg3 := 1.71 :

```

```

Vag := 56 :
Vvh := ceil(Vag*0.1) :
Vgfn7 := ceil(Vag*0.33) :
Vgfn5 := ceil(Vag*0.33) :
Vgfo := ceil(Vag*0.33) :
Vgfp1 := ceil(Vag*0.5) :
Vgfp2 := ceil(Vag*0.5) :

```

```

N := 100 :
for i from 1 to N do
  print( );
  print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП32, ст Новороссийск суц);
  B1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..5), method = uniform) :
  if B1 ≥ 2 then
    t1a := tgfp1 + ts16 + ts12 + tps :
    print(Vgfp1, вагонов переставляют с GFP1 на PS);
  elif B1 > 2 and B1 ≤ 4 then
    t1a := tgfp2 + ts15 + ts12 + tps :
    print(Vgfp2, вагонов переставляют с GFP2 на PS);
  elif B1 = 5 then
    t1a := tgn7 + ts12 + tps :
    print(Vgfn7, вагонов переставляют с GFN7 на PS);
  end if:
  Z1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
  if Z1 ≤ 6 then
    t2a := ts17 + tvh :
    print(Vvh, вагонов из них обрабатывают на VH);
  elif Z1 ≥ 7 then
    t2a := ts17 :
  end if:
  J1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..2), method = uniform) :
  if J1 = 1 then
    t3a := ts23 + tgfo + ts24 + ts25 + tpr2 :
    print(все вагоны переставляют на GFO для обработки, а затем на PR2);
  elif J1 = 2 then
    t3a := ts22 + tgn5 + ts25 + tpr2 :
    print(все вагоны переставляют на GFN5 для обработки, а затем на PR2);
  end if:
  O1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..2), method = uniform) :
  if O1 = 1 then
    t4a := ts20 + ts18 + tpg3 :
    print(а затем переставляют на PG3);
  elif O1 = 2 then
    t4a := ts21 + tpg2 :
    print(а затем переставляют на PG1);
  end if:
  T1 := t1a + t2a + t3a + t4a :
  print(АСТТП32, T1, ч);
end do:

```

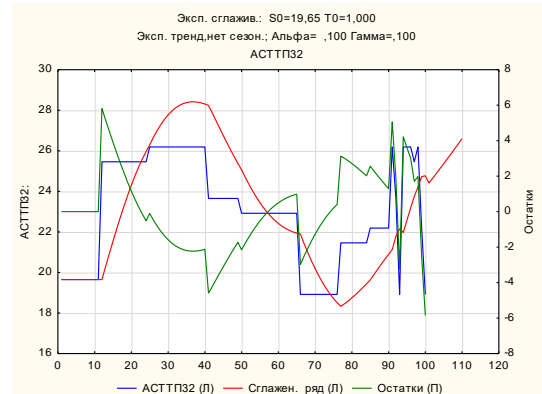
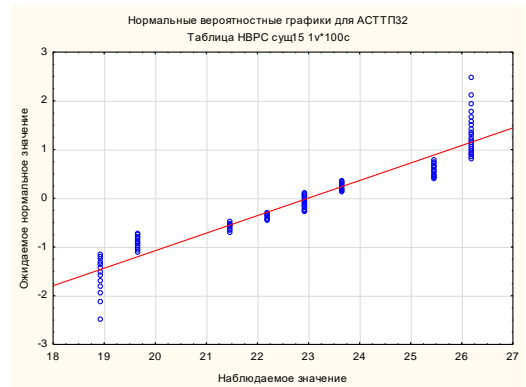
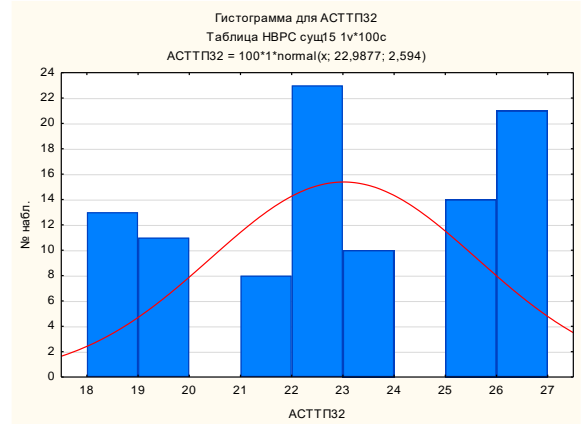
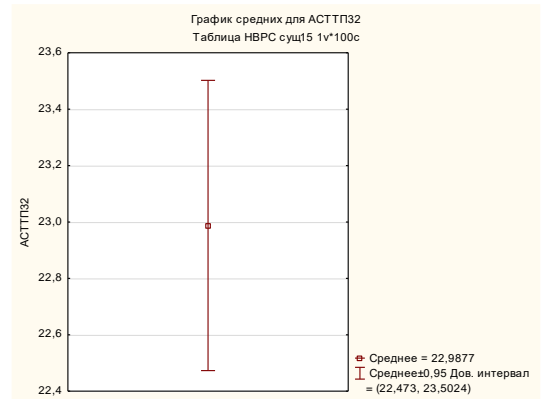


Таблица Г.89 – Ведомость значений времен АСТТП для шестнадцатой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 16 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч				
АСТТП34. Вероятность выбора – 100 %				
$\{\mu_{\bar{A}}(PG1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR3) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG1)\}$				
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	30,54	21,56	31,76	
20,34	21,56	21,56	31,76	
20,34	21,56	21,56	31,76	
20,34	21,56	21,56	31,76	
20,34	21,56	21,56	31,76	
20,34	21,56	21,56	31,76	
20,34	21,56	21,56	31,76	
20,34	21,56	21,56	31,76	
20,34	21,56	31,76	31,76	
20,34	21,56	31,76	31,76	
30,54	21,56	31,76	31,76	
30,54	21,56	31,76	31,76	
30,54	21,56	31,76	31,76	

```

tpr3 := 8.2 : tgn8 := 1.15 : tpr2 := 5.1 :
tlh := 1.0 : tpg2 := 2.5 : tpg1 := 1.16 :
ts43 := 0.06 : ts42 := 0.06 : ts30 := 0.06 :
ts28 := 0.06 : ts4 := 0.06 :

```

```

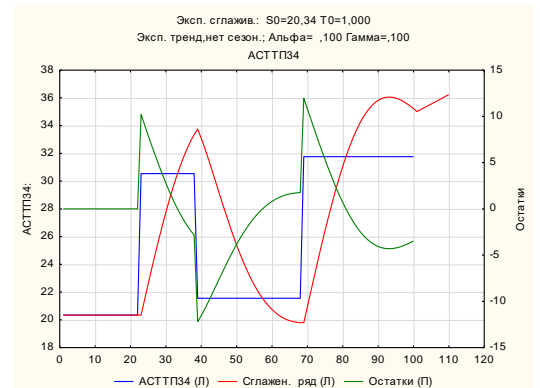
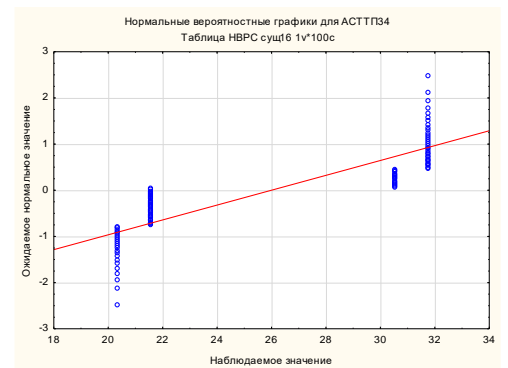
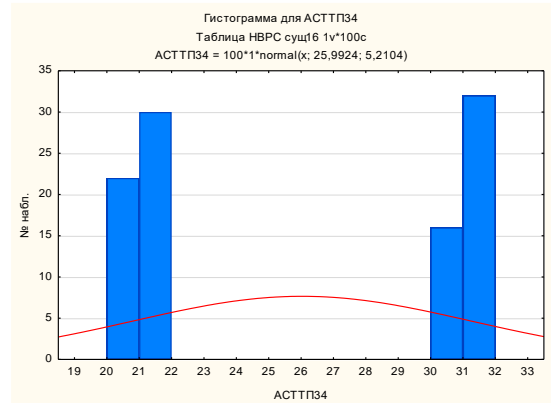
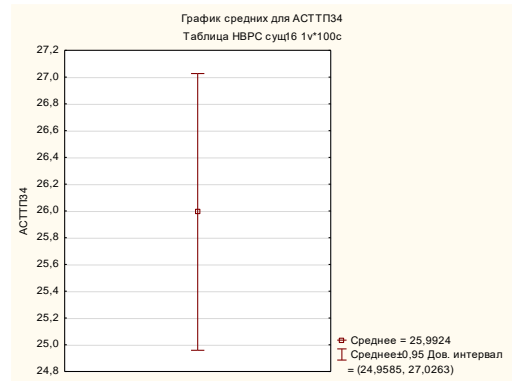
Vag := 56 :
Vlh := ceil(Vag*0.1) :
Vgn8 := ceil(Vag*0.33) :

```

```

N := 100 :
for i from 1 to N do
print( );
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП34, ст Новороссийск суц);
print(Vgn8, вагонов переставляют с PR3 на GFN8 для обработки);
t1a := tpr3 + ts43 + tgn8 :
B1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if B1 ≤ 7 then
t2a := ts42 + tpr2 :
print(также сортируют на PR2);
elif B1 ≥ 8 then
t2a := ts42 :
end if;
Z1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if Z1 ≤ 7 then
t3a := ts30 + tlh :
print(Vlh, вагонов из, Vgn8, обрабатывают на LH);
elif Z1 ≥ 8 then
t2a := ts30 :
end if;
J1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if J1 ≤ 5 then
t3a := ts28 + tpg2 + ts28 :
print(а затем переставляют на PG2);
elif J1 ≥ 6 then
t3a := ts28 + ts4 + tpg1 + ts4 + ts28 :
print(а затем переставляют на PG1);
end if;
t4a := t2a :
t5a := t1a :
T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТТП34, T1, ч);
end do;

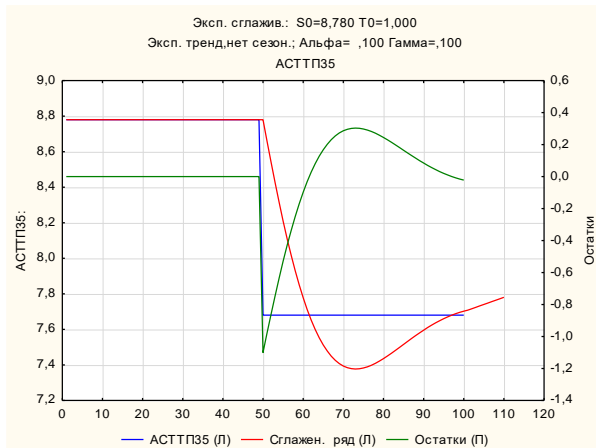
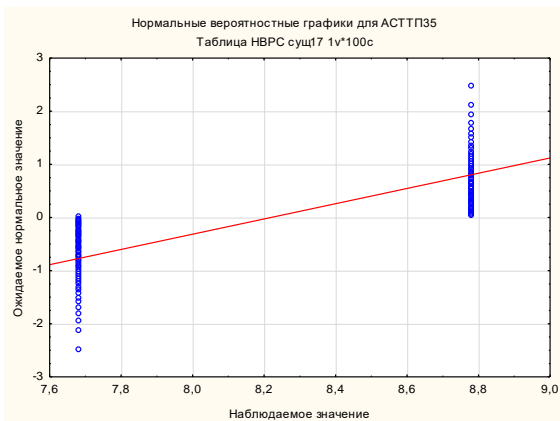
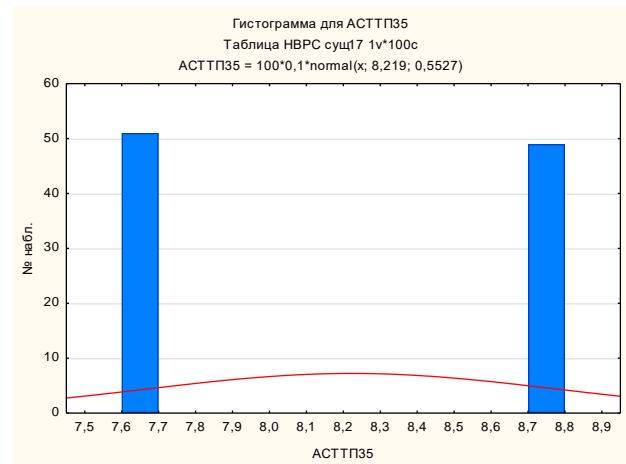
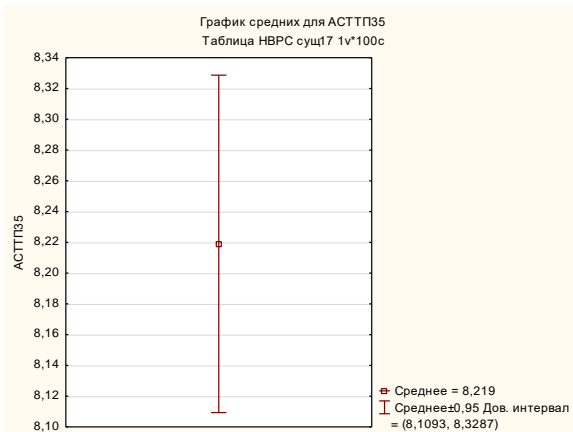
```




```
tpp := 0.5 : tpg1 := 1.16 : tpg3 := 1.71 : tvh := 4.0 :
ts8 := 0.06 : ts6 := 0.06 : ts18 := 0.06 :
```

```
Vag := 56 :
Vvh := ceil(Vag*0.1) :
```

```
N := 100 :
for i from 1 to N do
  print( ) ;
  print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП35, см Новороссийск суц);
  B1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
  if B1 ≤ 5 then
    t1a := tpp + ts8 + tpg1 + ts6 + ts18 + tvh + ts18 + ts6 + tpg1 + ts8 + tpp :
    print(Vpp, вагонов переставляют с РР на VH для обработки через PG1);
  elif B1 ≥ 6 then
    t1a := tpp + ts8 + ts6 + tpg3 + ts18 + tvh + ts18 + tpg3 + ts6 + ts8 + tpp :
    print(Vpp, вагонов переставляют с РР на VH для обработки через PG3);
  end if;
  T1 := t1a :
  print(АСТПП35, T1, ч);
end do;
```




```

tps := 4.93 : tgn7 := 4.0 : tpr1 := 5.6 :
tpr3 := 8.2 : tgn8 := 1.15 : tpr2 := 5.1 :
tpg2 := 2.5 : tpg1 := 1.16 :
ts12 := 0.06 : ts13 := 0.06 : ts14 := 0.06 :
ts38 := 0.06 : ts43 := 0.06 : ts42 := 0.06 :
ts21 := 0.06 : ts4 := 0.06 :
    
```

```

Vag := 56 :
Vgfn7 := ceil(Vag*0.33) :
Vgfn8 := ceil(Vag*0.33) :
    
```

```

N := 100 :
for i from 1 to N do
print( ) ;
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП36, ст Новороссийск суц);
print(Vgfn7, вагонов переставляют с PS на GFN7 для обработки);
t1a := tps + ts12 + tgn7 :
B1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if B1 ≤ 5 then
t2a := ts14 + tpr1 + ts38 :
print(а затем переставляют вагоны на PR1);
elif B1 ≥ 6 then
t2a := ts14 + ts38 + tpr3 :
print(а затем переставляют вагоны на PR3);
end if;
t3a := ts43 + tgn8 + ts42 + tpr2 :
print(вагоны переставляют на PR2, обрабатывая их на GFN8);
S1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if S1 ≤ 5 then
t4a := ts21 + tpg2 :
print(а затем переставляют вагоны на PG2);
elif S1 ≥ 6 then
t4a := ts21 + ts4 + tpg1 :
print(а затем переставляют вагоны на PG1);
end if;
T1 := t1a + t2a + t3a + t4a :
print(АСТТП36, T1, ч);
end do;
    
```

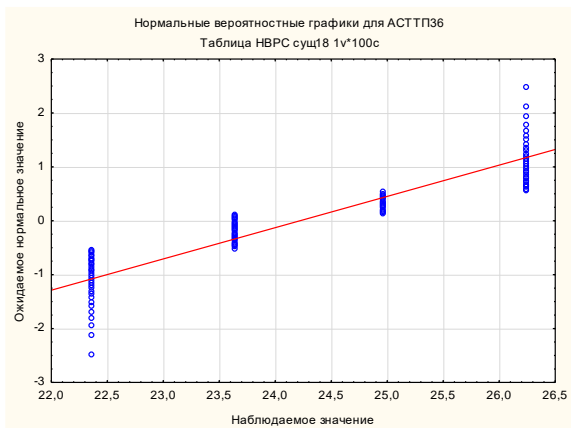
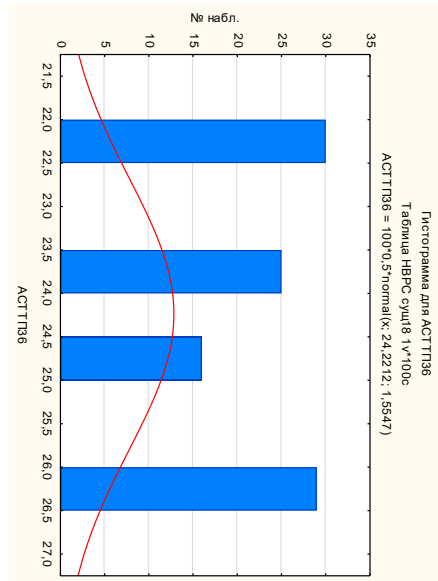
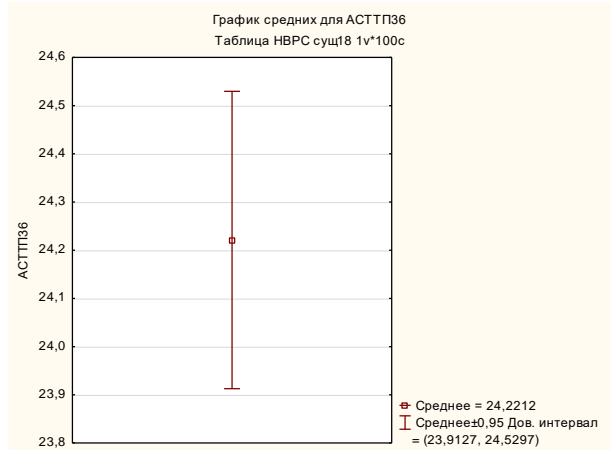


Таблица Г.92 – Ведомость значений времен АСТТП для девятнадцатой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 19 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч				
АСТТП37. Вероятность выбора – 100 %				
$\{\mu_{\bar{A}}(PV) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN6) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(LH) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR2) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PR3)\}$				
15,72	25,19	29,25	30,25	
15,72	25,19	29,25	30,25	
15,72	25,19	26,19	30,25	
15,72	25,19	26,19	30,25	
15,72	25,19	26,19	30,25	
16,72	25,19	26,19	30,25	
16,72	25,19	26,19	30,25	
16,72	25,19	26,19	30,25	
16,72	25,19	26,19	30,25	
16,72	25,19	26,19	30,25	
16,72	25,19	26,19	30,25	
19,78	25,19	26,19	30,25	
19,78	29,25	26,19	30,25	
19,78	29,25	26,19	30,25	
19,78	29,25	26,19	30,25	
19,78	29,25	26,19	30,25	
19,78	29,25	26,19	30,25	
19,78	29,25	26,19	30,25	
20,78	29,25	26,19	30,25	
20,78	29,25	26,19	30,25	
20,78	29,25	26,19	30,25	
20,78	29,25	26,19	30,25	
20,78	29,25	26,19	30,25	
20,78	29,25	26,19	30,25	
20,78	29,25	30,25	30,25	
20,78	29,25	30,25	30,25	
25,19	29,25	30,25	30,25	

```

tpv := 4.0 : tgn6 := 8.0 : tpg2 := 2.5 :
tlh := 1.0 : tpr2 := 5.1 : tgn8 := 1.15 :
tpr3 := 8.2 :
ts29 := 0.06 : ts27 := 0.06 : ts28 := 0.06 :
ts30 := 0.06 : ts42 := 0.06 : ts43 := 0.06 :

```

```

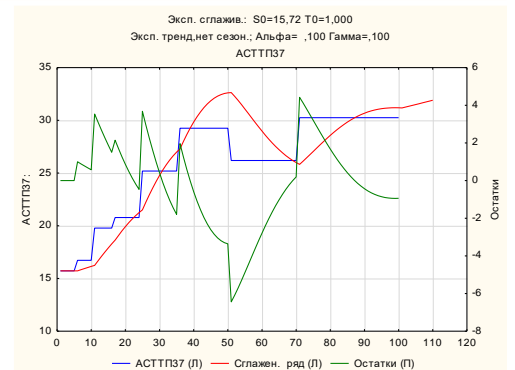
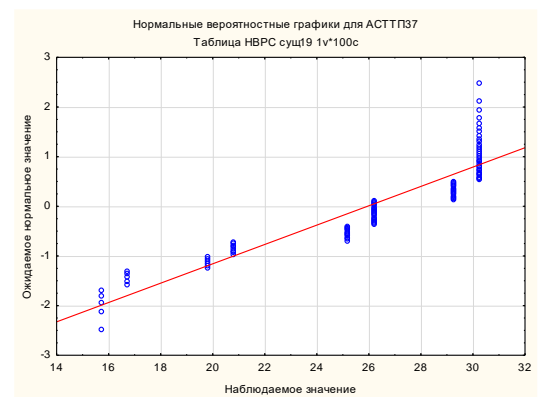
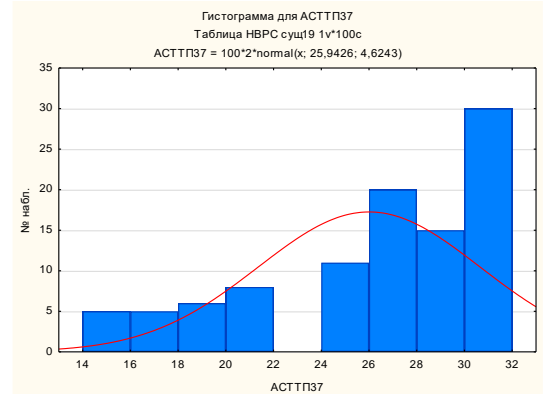
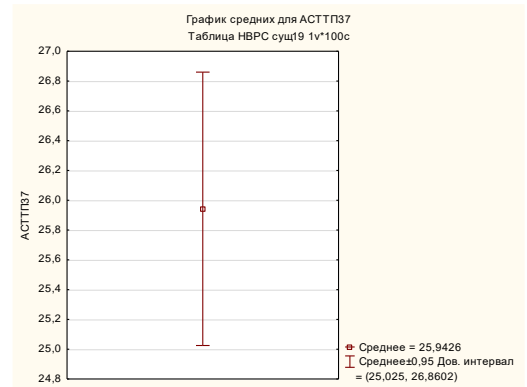
Vag := 56 :
Vgn6 := ceil(Vag*0.33) :
Vgn8 := ceil(Vag*0.33) :
Vlh := ceil(Vag*0.1) :

```

```

N := 100 :
for i from 1 to N do
print( ) ;
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП37, ст Новороссийск суц);
B1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
if B1 ≤ 6 then
t1a := tpv + ts29 + tgn6 + tpg2 :
print(Vgn6, вагонов переставляют с PV на PG2, обрабатывая на GFN6);
elif B1 ≥ 7 then
t1a := tgn6 + tpg2 :
print(Vgn6, вагонов переставляют с GFN6, обрабатывая на PG2);
end if;
Z1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
if Z1 ≤ 5 then
t2a := ts28 + tlh + ts30 + tpr2 :
print(Vlh, вагонов из, Vgn6, обрабатывают на LH);
print(а затем все вагоны переставляют на PR2);
elif Z1 ≥ 7 then
t2a := ts28 + ts30 + tpr2 :
print(все вагоны переставляют на PR2);
end if;
H1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
if H1 ≤ 7 then
t3a := ts42 + tgn8 + ts43 + tpr3 :
print(Vgn8, вагонов переставляют с PR2 на GFN8 для обработки);
print(а затем переставляют на PR3 для сортировки);
elif H1 ≥ 7 then
t3a := 0 :
end if;
T1 := t1a + t2a + t3a :
print(АСТПП37, T1, ч);
end do;

```



$tpr2 := 5.1 : tgf7 := 1.2 : tgf8 := 1.2 : tgf9 := 2.15 :$
 $ts39 := 0.06 : ts40 := 0.06 : ts41 := 0.06 :$

$Vag := 56 :$
 $Vgfp7 := \text{ceil}(Vag \cdot 0.5) :$
 $Vgfp8 := \text{ceil}(Vag \cdot 0.5) :$
 $Vgfp9 := \text{ceil}(Vag \cdot 0.5) :$

$N := 100 :$
for i **from** 1 **to** N **do**
 print();
 print(Эксперимент, i , Выбрана АСТТП38, ст Новороссийск суц);
 $t1a := tpr2 :$
 $B1 := \text{RandomTools}[\text{Generate}](\text{integer}(\text{range} = 1 \dots 3), \text{method} = \text{uniform}) :$
if $B1 = 1$ **then**
 $t2a := ts39 + tgf7 + ts39 :$
 print($Vgfp7$, вагонов переставляют с PR2 на GFP7 для обработки);
elif $B1 = 2$ **then**
 $t2a := ts40 + tgf8 + ts40 :$
 print($Vgfp8$, вагонов переставляют с PR2 на GFP8 для обработки);
elif $B1 = 3$ **then**
 $t2a := ts41 + tgf9 + ts41 :$
 print($Vgfp9$, вагонов переставляют с PR2 на GFP9 для обработки);
end if;
 $t3a := tpr2 :$
 $T1 := t1a + t2a + t3a :$
 print(АСТТП38, $T1$, ч);
end do;

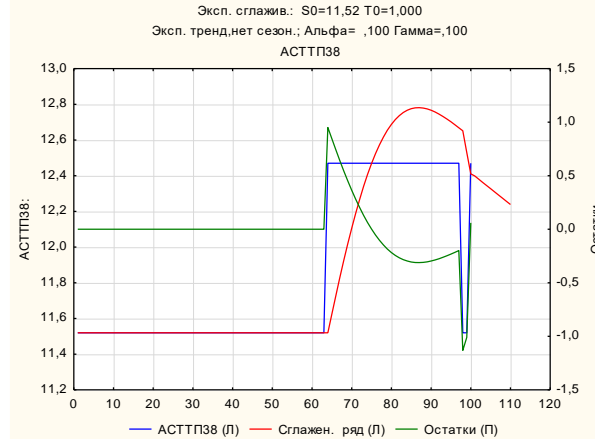
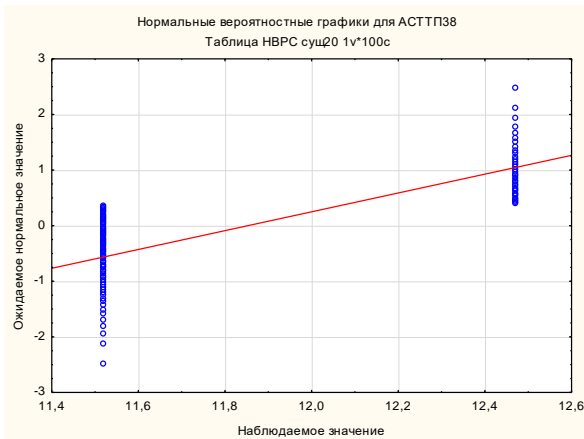
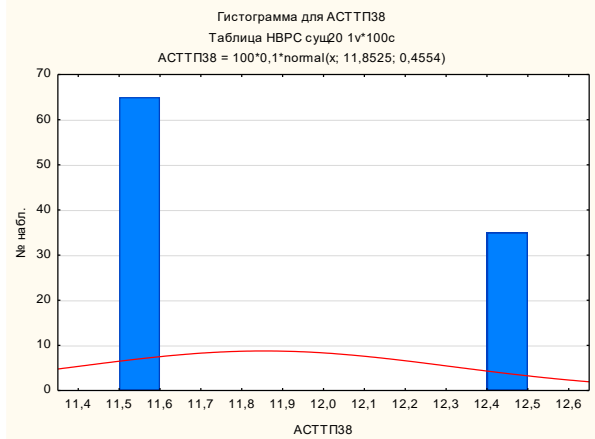
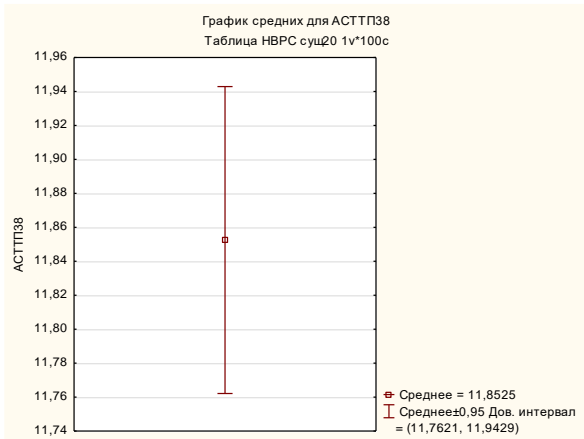


Таблица Г.94 – Сводная ведомость параметров АСТТП станции «Н» (сущ.) в логическом сочетании

Логическая группа аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ча		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Группа 1	АСТТП1	0,67	1,89	1,67	3,58	0,96	3,28	2,65	2,344	2,993	-8
Группа 2	АСТТП2	7,53	8,61	11,29	15,49	14,03	16,07	15,34	14,577	16,123	+4
Группа 3	АСТТП3	4,47	10,29	8,04	12,52	7,08	11,58	9,42	8,828	10,041	-7
Группа 4	АСТТП4	14,44	17,23	15,99	21,01	16,88	20,04	18,86	18,017	19,729	-5
Группа 5	АСТТП5	15,76	19,24	23,3	31,63	25,40	29,34	27,36	25,348	29,490	-7
	АСТТП6	12,64	14,15	15,75	19,75	14,92	17,32	15,87	14,634	17,194	-12
	АСТТП7	14,75	19,66	22,55	30,63	15,83	28,01	22,29	20,800	23,871	-8
Группа 6	АСТТП8	18,28	20,03	32,9	35,04	31,22	46,26	34,65	33,232	36,109	+3
	АСТТП9	16,31	19,12	29,35	34,4	21,24	34,24	23,95	22,354	25,626	-0,3
Группа 7	АСТТП10	9,15	9,15	16,47	24,47	24,46	24,46	24,46	21,490	27,725	0
	АСТТП11	8,57	12,35	15,42	22,23	12,55	31,41	21,75	19,886	23,742	+7
	АСТТП12	11,55	14,06	20,78	26,3	15,52	32,49	25,90	24,508	27,349	+4
	АСТТП13	9,67	14,53	15,4	18,15	6,54	17,52	13,89	12,177	15,782	-4
Группа 8	АСТТП14	14,7	17,8	18,46	22,04	8,28	22,90	17,64	16,358	18,987	+4
	АСТТП16	10,07	13,04	14,08	17,04	13,98	15,10	14,58	13,066	16,232	-5
	АСТТП19	14,27	14,27	25,68	25,68	6,68	23,87	19,48	18,081	20,953	-7
Группа 9	АСТТП15	17,9	19,75	32,2	35,55	20,86	31,86	24,32	22,900	25,805	-10
	АСТТП22	16,35	18,08	29,43	32,5	23,02	34,90	27,94	26,561	29,373	+7

Продолжение таблицы Г.94

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Группа 10	АСТТП17	11,52	13,8	12,52	15,64	12,02	14,47	13,16	12,107	14,274	-7
	АСТТП18	17,9	19,65	22,22	25,37	18,22	22,52	19,50	18,350	20,703	-11
Группа 11	АСТТП20	8,69	11,93	9,64	14,08	12,00	12,95	12,23	11,401	13,104	-8
	АСТТП21	18,89	19,71	33,02	34,47	29,14	33,44	30,82	28,977	32,739	-3
Группа 12	АСТТП23	8,05	13,59	14,49	24,46	14,58	27,34	18,23	16,755	19,794	+12
	АСТТП24	12,3	12,3	22,14	22,14	9,44	22,52	13,91	12,803	15,084	+2
	АСТТП25	7,89	12,54	14,2	25,5	17,10	27,30	23,04	20,292	26,060	+7
	АСТТП29	4,65	4,65	13,3	13,3	13,98	13,98	13,98	11,348	17,039	+5
	АСТТП33	10,29	15,29	18,5	29,5	16,26	34,12	23,935	20,846	27,354	-7
Группа 13	АСТТП26	12,33	14,33	17,5	19,5	16,32	19,37	18,05	16,944	19,209	-0,7
	АСТТП27	11,44	12,06	21,05	23,03	13,58	28,02	19,61	18,167	21,129	-8
	АСТТП30	7,32	9,32	16,1	20,1	18,62	22,68	21,87	19,065	24,966	+13
Группа 14	АСТТП28	16,35	18,35	23,7	25,7	6,44	26,29	19,15	18,043	20,313	+2
	АСТТП31	10,53	11,53	15,7	18,53	4,99	17,14	11,49	10,493	12,568	-7
Группа 15	АСТТП32	12,95	14,1	23,31	27,45	18,92	26,19	22,99	22,057	23,946	-5
Группа 16	АСТТП34	13,46	15,46	27,16	29,16	20,34	31,76	25,99	25,003	27,011	+9
Группа 17	АСТТП35	4,44	6,44	7,19	8,19	7,68	8,78	8,22	7,667	8,801	+7
Группа 18	АСТТП36	17,88	17,88	28,6	28,6	22,36	26,24	24,22	23,266	25,205	-8
Группа 19	АСТТП37	10,23	16,99	18,23	30,98	15,72	30,25	25,94	24,954	26,961	-2
Группа 20	АСТТП38	8,01	10,63	9,01	12,8	11,52	12,47	11,85	11,187	12,547	-2

Среднее отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического расчетного для станции «Н» (сущ.): 1 – находится в интервале от -12 % до +13 % при определении, что 100 % результатов правильные; 2 – находится в интервале от -10 % до +9 % при определении, что не менее 90 % результатов правильные. Так как целью моделирования является поиск вариантов снижения простоя местных вагонов («-») в системе «железнодорожная станция – порт», то отклонение максимальных программных значений АСТТП от фактических в большую сторону («±» - до 2,5 ч для системы в целом) удовлетворяет расчету.

Примечание: * – АСТТП с отклонениями значений 10 % и более требуют увеличенного количества исследований за счет изменения вероятностного соотношения степени логического участия и количества используемых в транспортном процессе местных вагонов.

Г.13. Припортовая станция «Н» (проект)

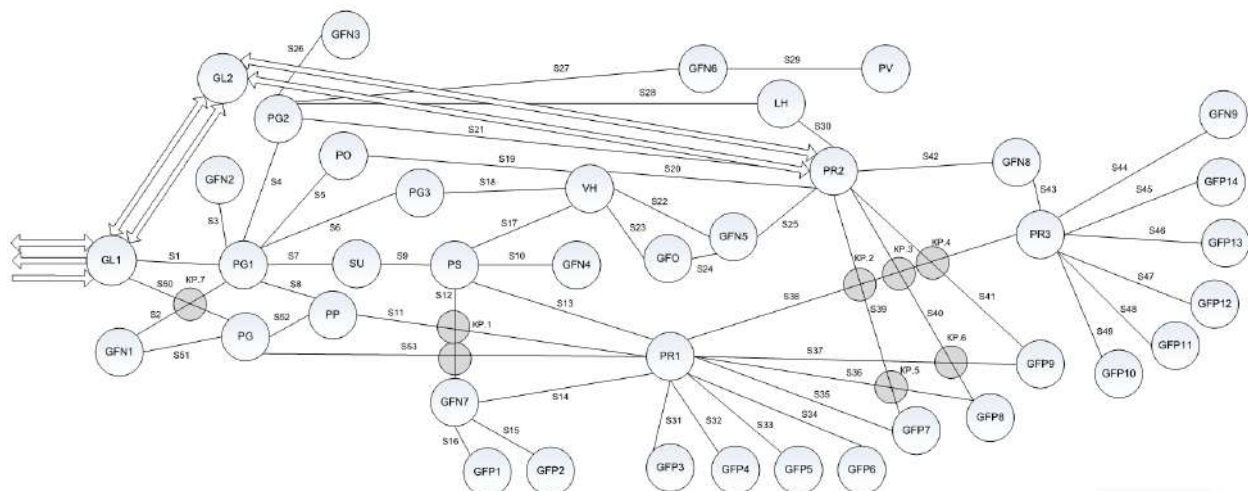


Рисунок Г.16 – Модельная схема припортовой станции «Н» (проект)

Таблица Г.95 – Ведомость дополнительных аксиомат (ручной расчет)

Аксиомата АСТП	Модельная схема АСТП	Общее время АСТП, ч	
		min	max
АСТП39	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2 \vee GL3) \overleftarrow{\text{кр.}} PG \overleftarrow{\text{кр.}} PR1 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP3 \vee GFP4 \vee GFP5 \vee GFP6 \vee GFP7) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(GFP8 \vee GFP9)\}$	14,35	16,05
АСТП40	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2 \vee GL3) \overleftarrow{\text{кр.}} PG \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{\text{кр.}}^3 PR3 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14) \vee \mu_{\bar{A}}(GFN9)\}$	29,89	34,82
АСТП41	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2 \vee GL3) \overleftarrow{\text{кр.}} PG \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN1) \vee \mu_{\bar{A}}(PP) \overleftarrow{\text{кр.}} PG1\}$	16,99	24,01
АСТП42	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2 \vee GL3) \leftrightarrow PG \leftrightarrow GFN1\}$	9,65	11,45
АСТП43	$\{\mu_{\bar{A}}(GL2 \vee GL3) \leftrightarrow PR2 \overleftarrow{\text{кр.}}^2 \mu_{\bar{A}}(GFP7 \vee GFP8) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(GFP9)\}$	11,71	12,4
АСТП44	$\{\mu_{\bar{A}}(GL2 \vee GL3) \leftrightarrow PR2 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN8) \leftrightarrow PR3 \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14) \vee \mu_{\bar{A}}(GFN9)\}$	28,75	35,58
АСТП45	$\{\mu_{\bar{A}}(GFN1) \leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{\text{кр.}}^3 \mu_{\bar{A}}(PR3)\}$	16,42	26,55

Таблица Г.96 – Ведомость значений времен АСТТП для двадцать первой логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 21 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч					
АСТТП39. Вероятность выбора – 50 %			АСТТП40. Вероятность выбора – 50 %		
$\{\mu_A(GL1 \vee GL2 \vee GL3) \overleftarrow{\text{кр.}} PG \overleftarrow{\text{кр.}} PR1 \leftrightarrow$ $\leftrightarrow \mu_A(GFP3 \vee GFP4 \vee GFP5 \vee GFP6 \vee GFP7) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(GFP8 \vee GFP9)\}$			$\{\mu_A(GL1 \vee GL2 \vee GL3) \overleftarrow{\text{кр.}} PG \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(PR1) \overleftarrow{\text{кр.}} PR3 \leftrightarrow$ $\leftrightarrow \mu_A(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14) \vee \mu_A(GFN9)\}$		
14,54		15,49	19,10		18,21
14,54		15,49	30,30		28,81
14,04		14,04	29,90		18,21
14,54		15,49	29,55		28,81
16,58		14,68	28,50		17,16
15,04		16,44	32,66		28,81
14,18		15,04	18,56		21,46
15,04		16,44	28,95		32,80
14,54		14,68	17,30		28,81
15,49		14,54	17,16		29,76
14,54		14,04	29,76		21,60
15,04		14,54	18,56		17,75
14,68		14,04	29,76		29,55
14,54		16,44	18,21		18,56
15,63		14,18	17,61		29,41
15,04		15,49	30,16		18,35
16,44			21,46		28,36
14,54			18,70		28,36
14,68			18,21		19,10
14,04			30,16		19,10
15,49			18,21		18,96
15,04			17,75		30,16
14,54			28,36		30,30
14,04			28,81		28,81
14,04			17,30		
14,54			21,46		
14,04			17,75		
14,54			18,21		
15,04			18,21		
15,49			18,35		


```

tgl1 := 0.11 : tgl2 := 0.11 : tgl3 := 0.18 :
tpg := 0.78 : tpr1 := 5.6 : tgf3 := 0.7 :
tgfp4 := 2.15 : tgf5 := 1.7 : tgf6 := 3.1 :
tgfp7 := 1.2 : tgf8 := 1.2 : tgf9 := 2.15 :
tpr3 := 6.6 : tgf10 := 2.75 : tgf11 := 2.15 :
tgfp12 := 3.5 : tgf13 := 3.1 : tgf14 := 1.7 : tgn9 := 6.0 :
ts50 := 0.06 : ts53 := 0.06 : ts31 := 0.06 :
ts32 := 0.06 : ts33 := 0.06 : ts34 := 0.06 :
ts35 := 0.06 : ts36 := 0.06 : ts37 := 0.06 :
ts38 := 0.06 : ts4 := 0.06 : ts49 := 0.06 :
ts48 := 0.06 : ts47 := 0.06 : ts46 := 0.06 :
ts45 := 0.06 : ts44 := 0.06 : ts53 := 0.06 :

```

```

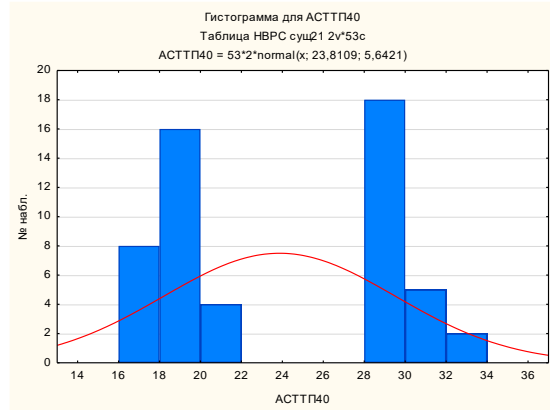
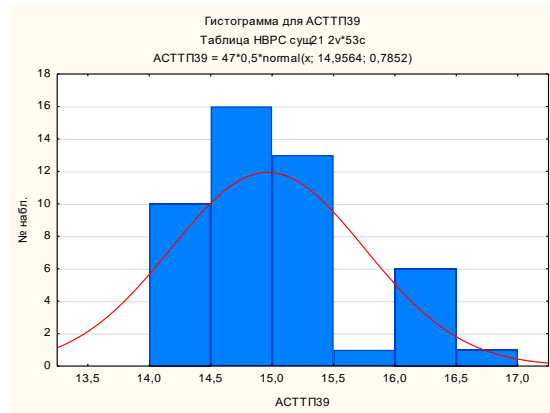
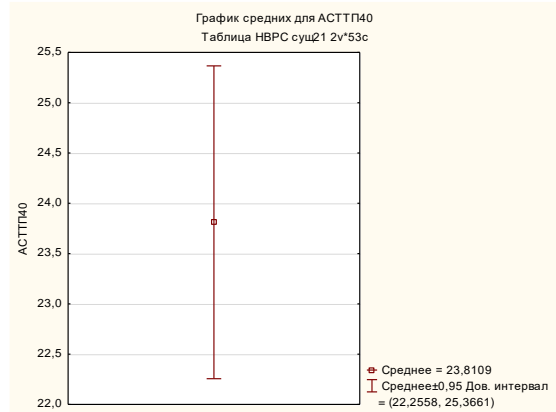
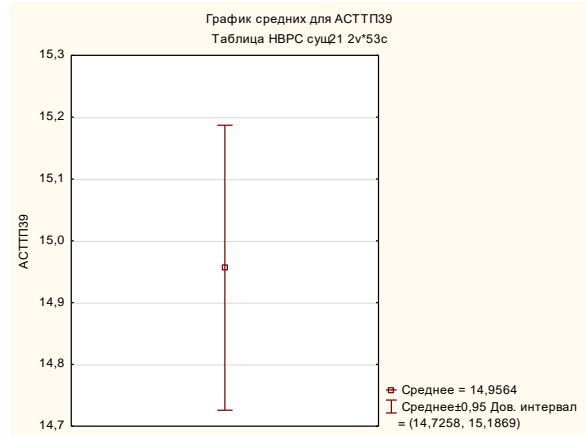
Vag := 56 :
Vgfp3 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp4 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp5 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp6 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp7 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp8 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp9 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp10 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp11 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp12 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp13 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfp14 := ceil(Vag-0.5) :
Vgfn9 := ceil(Vag-0.33) :

```

```

N := 100 :
for i from 1 to N do
  V := RandomTools[Generate](integer(range = 1..100), method = uniform) :
  if V ≤ 50 then
    print() :
    print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП39, от Новороссийск проект) :
    R1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..3), method = uniform) :
    if R1 = 1 then
      t1a := tgl1 + ts50 + tpg + ts53 + tpr1 :
      print(Вагонов переставляют с GL1 на PR1 через PG) :
    elif R1 = 2 then
      t1a := tgl2 + ts50 + tpg + ts53 + tpr1 :
      print(Вагонов переставляют с GL2 на PR1 через PG) :
    elif R1 = 3 then
      t1a := tgl3 + ts50 + tpg + ts53 + tpr1 :
      print(Вагонов переставляют с GL3 на PR1 через PG) :
    end if :
    Z1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..7), method = uniform) :
    if Z1 = 1 then
      t2a := ts31 + tgf3 + ts31 :
      print(а затем переставляют на GFP3 для обработки) :
    elif Z1 = 2 then
      t2a := ts32 + tgf4 + ts32 :
      print(а затем переставляют на GFP4 для обработки) :
    elif Z1 = 3 then
      t2a := ts33 + tgf5 + ts33 :
      print(а затем переставляют на GFP5 для обработки) :
    elif Z1 = 4 then
      t2a := ts34 + tgf6 + ts34 :
      print(а затем переставляют на GFP6 для обработки) :
    elif Z1 = 5 then
      t2a := ts35 + tgf7 + ts35 :
      print(а затем переставляют на GFP7 для обработки) :
    elif Z1 = 6 then
      t2a := ts36 + tgf8 + ts36 :
      print(а затем переставляют на GFP8 для обработки) :
    elif Z1 = 7 then
      t2a := ts37 + tgf9 + ts37 :
      print(а затем переставляют на GFP9 для обработки) :
    end if :
    t3a := t1a :
    T1 := t1a + t2a + t3a :
    print(АСТТП39, T1, ч) :
    elif V > 50 then
      print() :
      print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП40, от Новороссийск проект) :
      R2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..3), method = uniform) :
      if R2 = 1 then
        t1a := tgl1 + ts50 + tpg :
        print(Вагоны переставляют с GL1 на PG) :
      elif R2 = 2 then
        t1a := tgl2 + ts50 + tpg :
        print(Вагоны переставляют с GL2 на PG) :
      elif R2 = 3 then
        t1a := tgl3 + ts50 + tpg :
        print(Вагоны переставляют с GL3 на PG) :
      end if :
      Z2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
      if Z2 ≤ 4 then
        t2a := ts53 + tpr1 + ts38 + tpr3 :
        print(сортируют на PR1 и PR3) :
      elif Z2 ≥ 5 then
        t2a := ts53 + ts38 + tpr3 :
        print(сортируют на PR3) :
      end if :
      X3 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..11), method = uniform) :
      if X3 ≤ 2 then
        t3a := ts49 + tgf10 + ts49 :
        print(переставляют, Vgfp10, вагонов для обработки на GFP10) :
      elif X3 > 2 and X3 ≤ 4 then
        t3a := ts48 + tgf11 + ts48 :
        print(переставляют, Vgfp11, вагонов для обработки на GFP11) :
      elif X3 > 4 and X3 ≤ 6 then
        t3a := ts47 + tgf12 + ts47 :
        print(переставляют, Vgfp12, вагонов для обработки на GFP12) :
      elif X3 > 6 and X3 ≤ 8 then
        t3a := ts46 + tgf13 + ts46 :
        print(переставляют, Vgfp13, вагонов для обработки на GFP13) :
      elif X3 > 8 and X3 ≤ 10 then
        t3a := ts45 + tgf14 + ts45 :
        print(переставляют, Vgfp14, вагонов для обработки на GFP14) :
      elif X3 > 10 then
        t3a := ts44 + tgf9 + ts44 :
        print(переставляют, Vgfn9, вагонов для обработки на GFP9) :
      end if :
      t4a := t2a :
      t5a := t1a :
      T2 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
      print(АСТТП40, T2, ч) :
    end if :
  end do :

```



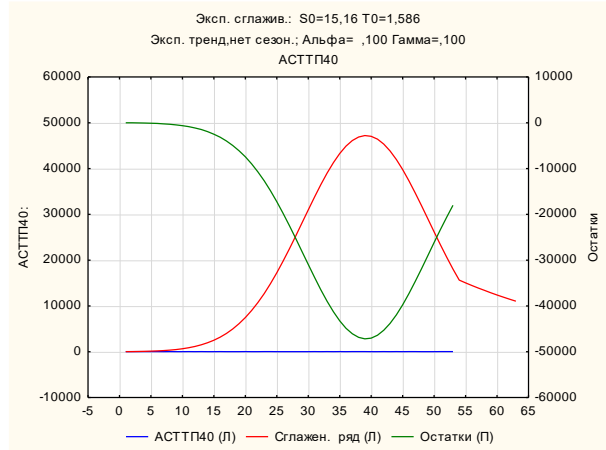
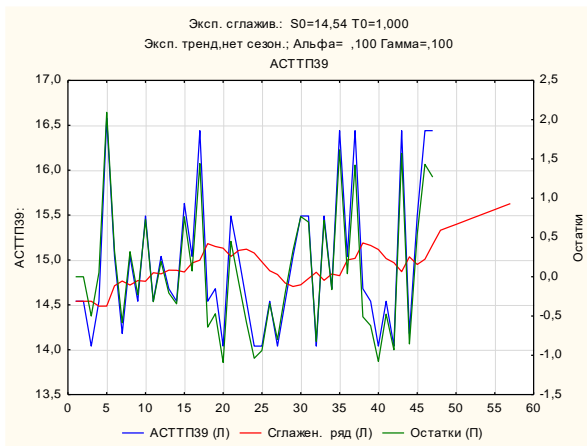
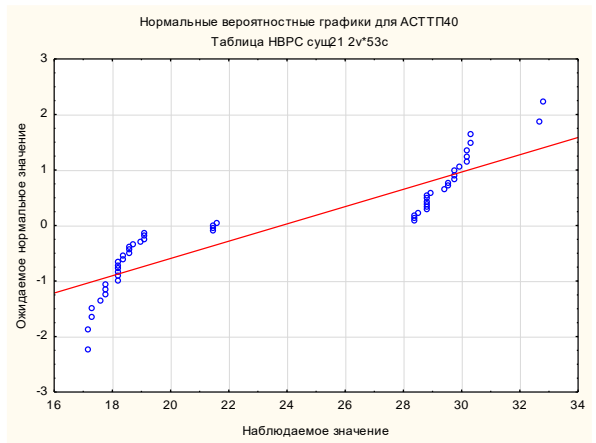
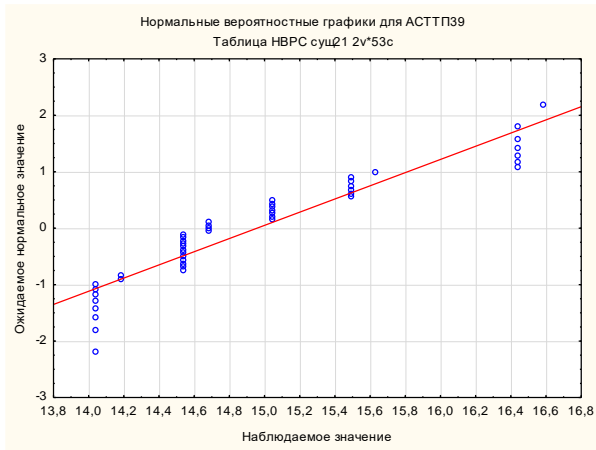


Таблица Г.97 – Ведомость значений времен АСТТП для двадцать второй логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 22 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч				
АСТТП41. Вероятность выбора – 35 %	АСТТП42. Вероятность выбора – 35 %		АСТТП45. Вероятность выбора – 30 %	
$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2 \vee GL3) \overleftarrow{\text{кр.}} PG$ $\leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(GFN1) \vee \mu_{\bar{A}}(PP) \overleftarrow{\text{кр.}} PG1\}$	$\{\mu_{\bar{A}}(GL1 \vee GL2 \vee GL3) \leftrightarrow PG \leftrightarrow GFN1\}$		$\{\mu_{\bar{A}}(GFN1)$ $\leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(PG) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_{\bar{A}}(PR1) \overleftarrow{\text{кр.}}^3 \mu_{\bar{A}}(PR3)\}$	
20,78	10,82	10,82	24,56	24,56
20,64	10,96	10,96	26,12	23,44
20,64	10,96	10,96	26,12	25,00
20,64	10,82	10,82	25,00	24,56
20,78	10,82	10,96	24,56	25,00
20,64	10,82	10,82	26,12	26,12
20,78	10,82	10,96	26,12	24,56
20,78	10,96	10,82	24,56	25,00
20,64	10,96	10,82	25,00	25,00
20,64	10,82	10,82	24,56	26,12
20,78	10,82	10,82	25,00	23,44
20,64	10,82	10,96	26,12	
20,78	10,96	10,82	24,56	
20,64	10,82	10,96	25,00	
20,64	10,82		24,56	
21,14	10,82		24,56	
20,64	10,96		25,00	
20,64	10,82		26,12	
20,64	10,82		26,12	
20,64	10,82		24,56	
21,14	10,82		23,44	
20,64	10,82		25,00	
20,64	10,96		23,44	
20,64	10,82		25,00	
20,64	10,96		25,00	

```

tgl1 := 0.11 : tgl2 := 0.11 : tgl3 := 0.18 :
tpg := 0.78 : tgn1 := 8.8 : tpp := 0.5 :
tpg1 := 0.78 : tpr1 := 5.6 : tpr3 := 6.6 :
ts50 := 0.06 : ts51 := 0.06 : ts2 := 0.06 :
ts1 := 0.06 : ts2 := 0.06 : ts8 := 0.06 :
ts53 := 0.06 : ts11 := 0.06 : ts38 := 0.06 :

```

```

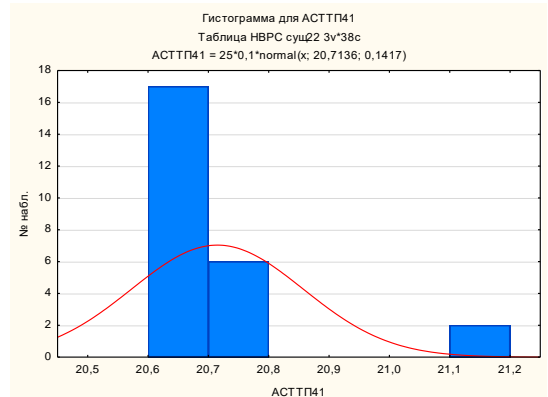
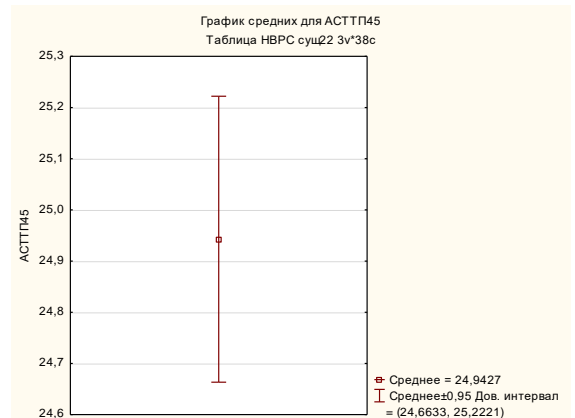
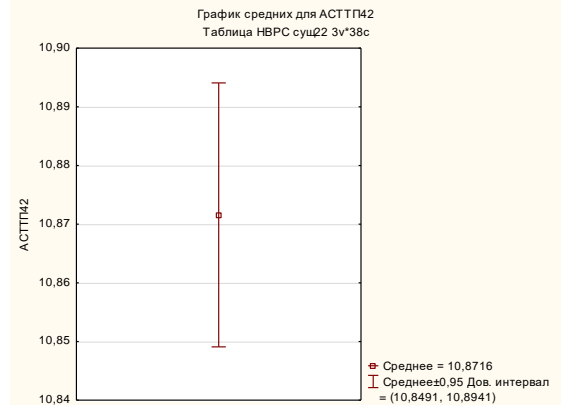
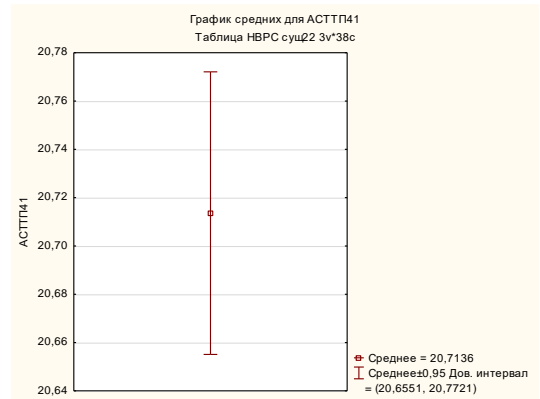
Vag := 56 :
Vgfn1 := ceil(Vag*0.33) :

```

```

N := 100 :
for i from 1 to N do
V := RandomTools[Generate](integer(range = 1..100), method = uniform) :
if V ≤ 35 then
print(i);
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП41, ст Новоросси́йск проект);
R1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..3), method = uniform) :
if R1 = 1 then
t1a := tgl1 + ts50 + tpg :
print(Vgfn1, вагонов переставляют с GL1 на PG);
elif R1 = 2 then
t1a := tgl2 + ts50 + tpg :
print(Vgfn1, вагонов переставляют с GL2 на PG);
elif R1 = 3 then
t1a := tgl3 + ts50 + tpg :
print(Vgfn1, вагонов переставляют с GL3 на PG);
end if;
t2a := ts51 + tgn1 + ts51 :
print(обрабатывают на GFN1);
Z1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if Z1 = 1 then
t3a := ts52 + tpp + ts8 + tpg1 :
print(а затем переставляют на PG1, обрабатывая на PP);
elif Z1 ≥ 2 then
t3a := ts52 + ts8 + tpg1 :
print(а затем переставляют на PG1);
end if;
t4a := ts51 + tgn1 + ts51 :
t5a := t1a :
T1 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТТП41, T1, ч);
elif V > 35 and V ≤ 70 then
print(i);
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП42, ст Новоросси́йск проект);
R2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..3), method = uniform) :
if R2 = 1 then
t1a := tgl1 + ts50 + tpg :
print(Vgfn1, вагонов переставляют с GL1 на PG);
elif R2 = 2 then
t1a := tgl2 + ts50 + tpg :
print(Vgfn1, вагонов переставляют с GL2 на PG);
elif R2 = 3 then
t1a := tgl3 + ts50 + tpg :
print(Vgfn1, вагонов переставляют с GL3 на PG);
end if;
t2a := ts51 + tgn1 + ts51 :
print(обрабатывают на GFN1);
t3a := t1a :
T2 := t1a + t2a + t3a :
print(АСТТП42, T2, ч);
elif V > 70 and V ≤ 100 then
print(i);
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТТП45, ст Новоросси́йск проект);
t1a := tgn1 + ts51 :
R3 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if R3 ≤ 5 then
t2a := tpg + ts53 :
print(Vgfn1, вагонов, сортируя на PG, переставляют с GFN1 на);
elif R3 ≥ 6 then
t2a := ts53 :
print(Vgfn1, вагонов переставляют с GFN1 на);
end if;
Z3 := RandomTools[Generate](integer(range = 1..10), method = uniform) :
if Z3 ≤ 5 then
t3a := tpr1 :
print(PR1 для обработки);
elif Z3 ≥ 6 then
t3a := ts38 + tpr3 + ts38 :
print(PR3 для обработки);
end if;
t4a := t2a :
t5a := t1a :
T3 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТТП45, T3, ч);
end if;
end do;

```



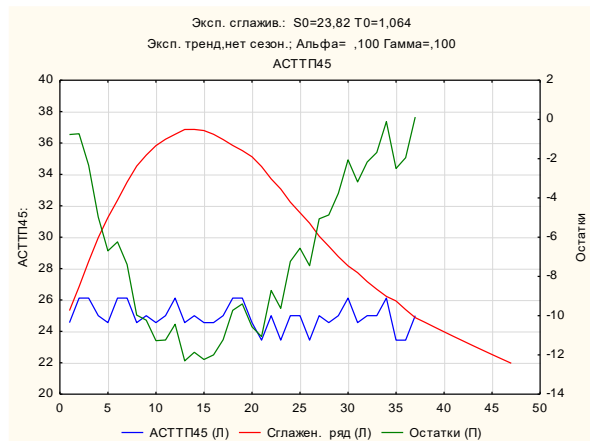
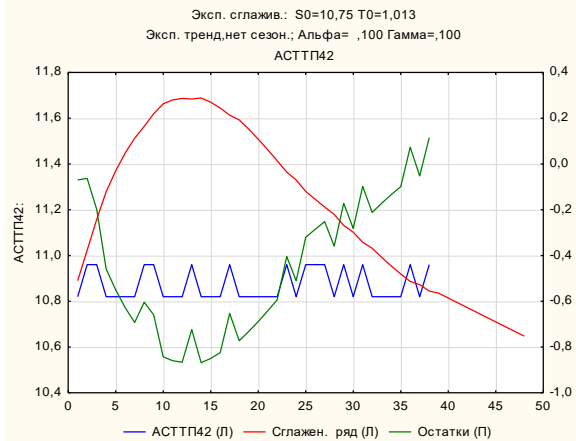
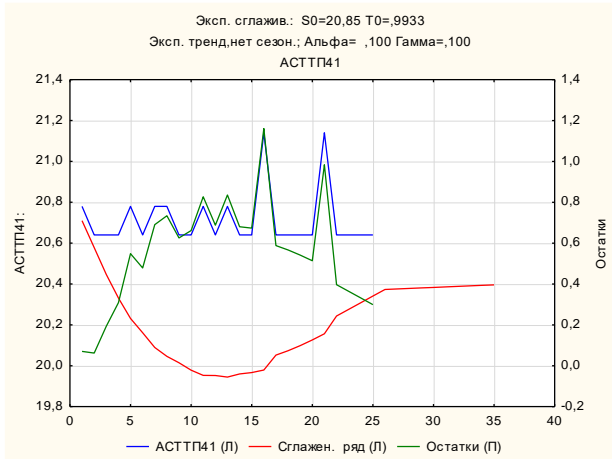
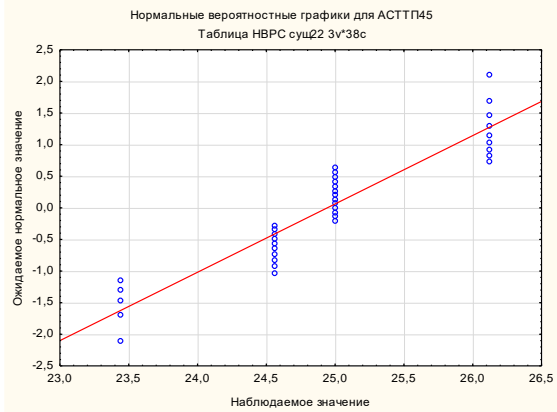
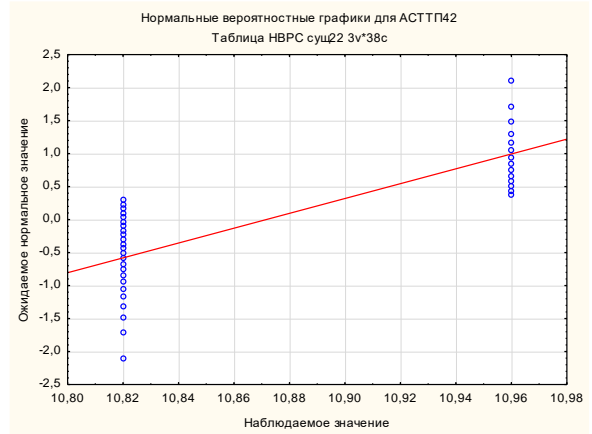
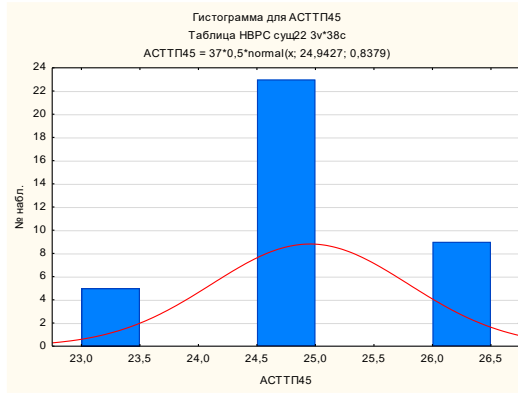
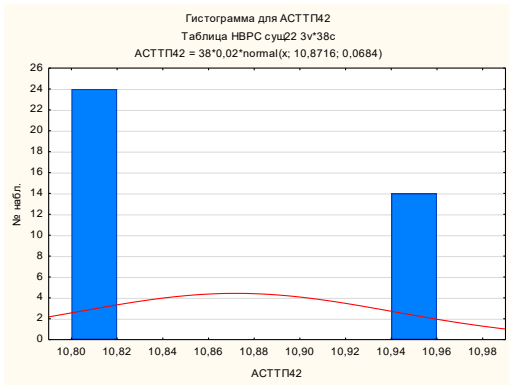


Таблица Г.98 – Ведомость значений времен АСТТП для двадцать третьей логической группы

ЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА 23 (количество экспериментов – 100), общее время АСТТП, ч			
АСТТП43. Вероятность выбора – 50 %		АСТТП44. Вероятность выбора – 50 %	
$\{\mu_A(GL2 \vee GL3) \leftrightarrow PR2 \overleftarrow{\text{кр.}^2} \mu_A(GFP7 \vee GFP8) \overleftarrow{\text{кр.}} \mu_A(GFP9)\}$		$\{\mu_A(GL2 \vee GL3) \leftrightarrow PR2 \leftrightarrow \mu_A(GFN8) \leftrightarrow PR3 \leftrightarrow \mu_A(GFP10 \vee GFP11 \vee GFP12 \vee GFP13 \vee GFP14) \vee \mu_A(GFN9)\}$	
11,80	11,80	27,40	26,05
11,80	11,80	29,70	27,40
11,66	11,66	29,30	29,70
11,80	11,80	28,95	28,49
11,66	11,66	28,04	26,65
11,80	11,66	32,20	26,65
11,80	11,66	29,70	26,05
11,66	11,66	27,14	26,79
11,66	11,80	29,84	26,65
11,66	11,66	30,04	26,65
11,66	11,66	29,09	27,14
11,80	11,66	27,00	28,35
11,80	11,80	29,90	29,70
11,80	11,66	27,14	28,95
11,66	11,80	27,90	28,49
11,80	11,80	26,65	25,74
11,80	11,66	29,44	28,35
11,80	11,80	29,70	29,90
11,66	11,80	29,70	32,20
11,66	11,80	29,44	28,49
11,66		32,20	28,49
11,66		26,19	25,74
11,80		28,95	29,90
11,80		29,84	26,05
11,66		26,65	28,95
		29,30	27,90
		26,19	26,79
		26,79	

```

tgl2 := 0.11 : tgl3 := 0.18 : tpr2 := 5.0 :
tgfp7 := 1.2 : tgfp8 := 1.2 : tgfp9 := 2.15 :
tgfn8 := 1.15 : tpr3 := 6.6 : tgfp10 := 2.75 :
tgfp11 := 2.15 : tgfp12 := 3.5 : tgfp13 := 3.1 :
tgfp14 := 1.7 : tgfn9 := 6.0 :
tsgl2 := 0.06 : tsgl3 := 0.06 : ts39 := 0.06 :
ts40 := 0.06 : ts41 := 0.06 : ts42 := 0.06 :
ts43 := 0.06 : ts49 := 0.06 : ts48 := 0.06 :
ts47 := 0.06 : ts46 := 0.06 : ts45 := 0.06 : ts44 := 0.06 :

Vag := 56 :
Vgfp7 := ceil(Vag·0.5) :
Vgfp8 := ceil(Vag·0.5) :
Vgfp9 := ceil(Vag·0.5) :
Vgfp10 := ceil(Vag·0.5) :
Vgfp11 := ceil(Vag·0.5) :
Vgfp12 := ceil(Vag·0.5) :
Vgfp13 := ceil(Vag·0.5) :
Vgfp14 := ceil(Vag·0.5) :
Vgfn8 := ceil(Vag·0.33) :
Vgfn9 := ceil(Vag·0.33) :

N := 100 :
for i from 1 to N do
V := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..100), method = uniform) :
if V ≤ 50 then
print( ):
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП43, ст Новороссийск проект);
R1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..2), method = uniform) :
if R1 = 1 then
t1a := tgl2 + tsgl2 + tpr2 :
print(От поезда, прибывшего на PR2 через GL2);
elif R1 = 2 then
t1a := tgl3 + tsgl3 + tpr2 :
print(От поезда, прибывшего на PR2 через GL3);
end if:
Z1 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..2), method = uniform) :
if Z1 = 1 then
t2a := ts39 + tgfp7 + ts39 :
print(переставляют, Vgfp7, вагонов для обработки на GFP7);
elif Z1 = 2 then
t2a := ts40 + tgfp8 + ts40 :
print(переставляют, Vgfp8, вагонов для обработки на GFP8);
elif Z1 = 3 then
t2a := ts41 + tgfp9 + ts41 :
print(переставляют, Vgfp9, вагонов для обработки на GFP9);
end if:
t3a := t1a :
T1 := t1a + t2a + t3a :
print(АСТПП43, T1, ч);
elif V > 50 and V ≤ 100 then
print( ):
print(Эксперимент, i, Выбрана АСТПП44, ст Новороссийск проект);
R2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..2), method = uniform) :
if R2 = 1 then
t1a := tgl2 + tsgl2 + tpr2 :
print(От поезда, прибывшего на PR2 через GL2);
elif R2 = 2 then
t1a := tgl3 + tsgl3 + tpr2 :
print(От поезда, прибывшего на PR2 через GL3);
end if:
Z2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..10), method = uniform) :
if Z2 ≤ 6 then
t2a := ts42 + tgfn8 + ts43 + tpr3 :
print(с PR2 переставляют, Vgfn8, вагонов для обработки на GFN8);
print(а затем переставляют на PR3);
elif Z2 ≥ 7 then
t2a := ts42 + ts43 + tpr3 :
print(с PR2 переставляют, Vgfn8, вагонов на PR3);
end if:
X2 := RandomTools[Generate](integer(range = 1 ..11), method = uniform) :
if X2 ≤ 2 then
t3a := ts49 + tgfp10 + ts49 :
print(с PR3 переставляют, Vgfp10, вагонов для обработки на GFP10);
elif X2 > 2 and X2 ≤ 4 then
t3a := ts48 + tgfp11 + ts48 :
print(с PR3 переставляют, Vgfp11, вагонов для обработки на GFP11);
elif X2 > 4 and X2 ≤ 6 then
t3a := ts47 + tgfp12 + ts47 :
print(с PR3 переставляют, Vgfp12, вагонов для обработки на GFP12);
elif X2 > 6 and X2 ≤ 8 then
t3a := ts46 + tgfp13 + ts46 :
print(с PR3 переставляют, Vgfp13, вагонов для обработки на GFP13);
elif X2 > 8 and X2 ≤ 10 then
t3a := ts45 + tgfp14 + ts45 :
print(с PR3 переставляют, Vgfp14, вагонов для обработки на GFP14);
elif X2 > 10 then
t3a := ts44 + tgfn9 + ts44 :
print(с PR3 переставляют, Vgfn9, вагонов для обработки на GFN9);
end if:
t4a := t2a :
t5a := t1a :
T2 := t1a + t2a + t3a + t4a + t5a :
print(АСТПП44, T2, ч);
end if:
end do:

```

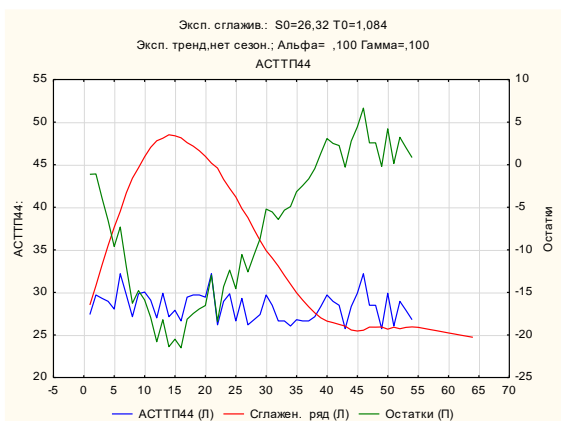
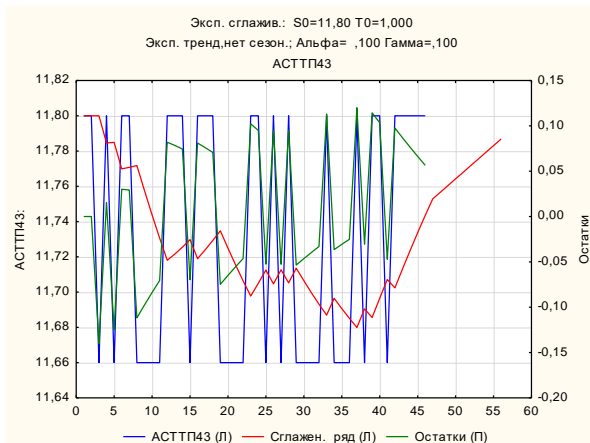
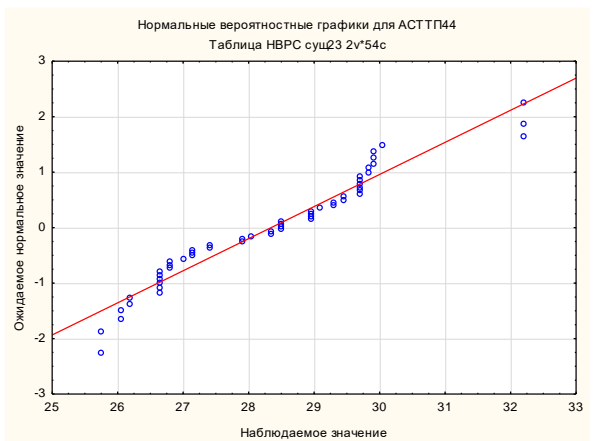
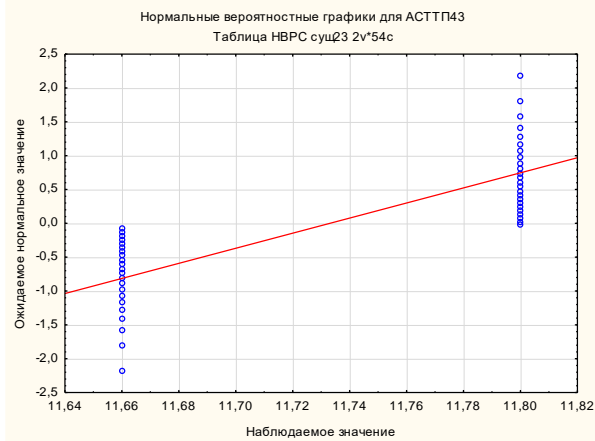
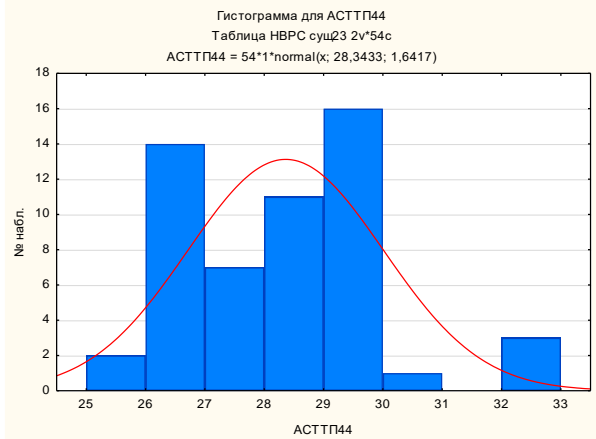
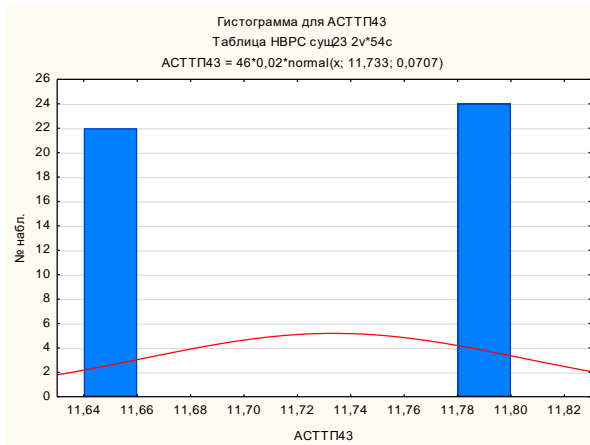
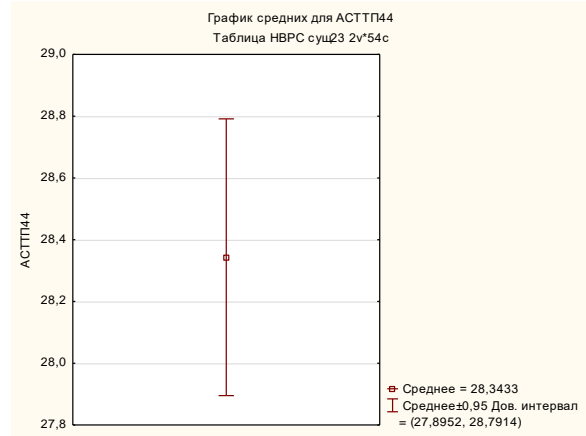
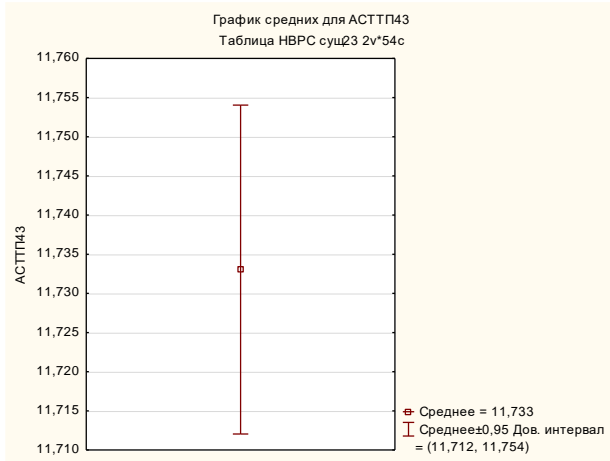


Таблица Г.99 – Сводная ведомость параметров дополнительных АСТТП станции «Н» (проект) в логическом сочетании

Логические группы аксиомат	№ аксиомат АСТТП	Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда», ч		Фактический (ручной) расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч		Программный расчет времен АСТТП «туда-обратно», ч			Допустимые границы отклонений программных значений времен АСТТП, ч		Отклонение максимального программного значения АСТТП от фактического «туда-обратно», %
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Средн.	Нижняя	Верхняя	
Группа 21	АСТТП39	13,53	15,81	14,35	16,05	14,04	16,58	14,96	13,871	16,104	+3
	АСТТП40	15,21	18,33	29,89	34,82	17,16	32,80	23,81	22,515	25,162	-6
Группа 22	АСТТП41	8,99	12,01	16,99	24,01	20,64	21,14	20,71	18,967	22,577	-12
	АСТТП42	7,65	8,45	9,65	11,45	10,82	10,96	10,87	9,848	11,972	-4
	АСТТП45	8,42	14,55	16,42	26,55	23,44	26,12	24,94	23,359	26,605	-2
Группа 23	АСТТП43	9,62	10,8	11,71	12,4	11,66	11,80	11,73	10,764	12,766	-5
	АСТТП44	14,75	19,77	28,75	35,58	25,74	32,2	28,34	26,941	29,799	-9

Таблица Г.100 – Результаты оценки транспортных процессов станции «А»

№ п/п	Наименование показателя	АСТП _{max} суш. расчет	АСТП _{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, k_B^i , %
1	Продолжительность АСТП, ч	32,66	31,72	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	1803	1729	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	4,9	5,15	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,072	0,068	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	77	80	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	439	439	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	70	73	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	0	14	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	60	70	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	50	70	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	70	80	15
Итого				100

Таблица Г.101 – Интегральная оценка транспортной работы системы «ж.-д. станция “А” – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{fij} , балл или ед. изм.	F_{opt} , балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{nij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТП, ч	32,66	31,72	0,94	0,030	0,970	14,55
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	1,803	1,729	0,074	0,043	0,957	14,35
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	4,9	5,15	0,25	0,048	0,952	9,52
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,072	0,068	0,004	0,059	0,941	4,71
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	77	80	3	0,037	0,963	4,82
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	439	439	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	70	73	3	0,041	0,959	4,79
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	0	14	14	1	0	0
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	60	70	10	0,143	0,857	8,57
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	50	70	20	0,285	0,715	3,57
Производительность местного вагона в системе, балл	70	80	10	0,125	0,875	13,13
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						83,01

Таблица Г.102 – Результаты оценки транспортных процессов станции «Г»

№ п/п	Наименование показателя	АСТП _{max} сущ. расчет	АСТП _{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, k_B^i , %
1	Продолжительность АСТП, ч	11,56	11,08	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	1519	1456	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	27,90	29,11	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,009	0,009	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	85	87	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, т/км	3280	3280	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	65	65	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	60	60	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	70	70	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	60	60	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	80	82	15
Итого				100

Таблица Г.103 – Интегральная оценка транспортной работы системы «ж.-д. станция “Г” – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{ij} , балл или ед. изм.	F_{opt} , балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{nij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТП, ч	11,56	11,08	0,48	0,043	0,957	14,35
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	1,519	1,456	0,063	0,043	0,957	14,35
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	27,90	29,11	0,79	0,027	0,973	9,73
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,009	0,009	0	0	1	5
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	85	87	2	0,023	0,977	4,88
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	3280	3280	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	65	65	0	0	1	5
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	60	60	0	0	1	10
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	70	70	0	0	1	10
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	60	60	0	0	1	5
Производительность местного вагона в системе, балл	80	82	2	0,024	0,976	14,63
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						97,94

Таблица Г.104 – Результаты оценки транспортных процессов станции «Е»

№ п/п	Наименование показателя	АСТП ^{max} сущ. расчет	АСТП ^{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, k_B^i , %
1	Продолжительность АСТП, ч	11,7	12,66	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	432,9	468,4	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	5,29	4,89	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,082	0,082	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	85	87	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	638	638	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	65	65	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	60	65	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	70	70	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	60	62	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	80	75	15
Итого				100

Таблица Г.105 – Интегральная оценка транспортной работы систем «ж.-д. станция “Е” – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{fij} , балл или ед. изм.	F_{opt} , балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{nij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТП, ч	11,7	12,66	0,96	0,076	0,924	13,86
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	0,43	0,47	0,04	0,085	0,915	13,72
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	5,29	4,89	0,4	0,082	0,918	9,18
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,082	0,082	0	0	1	5
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	85	87	2	0,023	0,977	4,88
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	638	638	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	65	65	0	0	1	5
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	60	65	5	0,077	0,923	9,23
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	70	70	0	0	1	10
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	60	62	2	0,032	0,967	4,84
Производительность местного вагона в системе, балл	80	75	5	0,067	0,933	14,0
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						94,71

Таблица Г.106 – Результаты оценки транспортных процессов станции «З»

№ п/п	Наименование показателя	АСТП _{max} сущ. расчет	АСТП _{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, k_B^i , %
1	Продолжительность АСТП, ч	19,3	17,36	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	1951,6	1755,4	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	4,77	5,3	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,069	0,063	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	85	87	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	1224	1224	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	75	75	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	60	65	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	70	72	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	60	62	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	80	85	15
Итого				100

Таблица Г.107 – Интегральная оценка транспортной работы системы «Ж.-д. станция «З» – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{ij} , балл или ед. изм.	F_{opt} , балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{nij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТП, ч	19,3	17,36	1,94	0,112	0,888	13,32
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	1,95	1,76	0,19	0,108	0,892	13,32
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	4,77	5,3	0,53	0,10	0,90	9,0
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,069	0,063	0,006	0,095	0,905	4,52
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	85	87	2	0,023	0,977	4,88
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	1224	1224	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	75	75	0	0	1	5
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	60	65	5	0,077	0,923	9,23
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	70	72	2	0,028	0,972	9,72
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	60	62	2	0,032	0,967	4,84
Производительность местного вагона в системе, балл	80	85	5	0,059	0,941	14,12
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						92,95

Таблица Г.108 – Результаты оценки транспортных процессов станции «КВ»

№ п/п	Наименование показателя	АСТП _{max} сум. расчет	АСТП _{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, k_B^i , %
1	Продолжительность АСТП, ч	23,04	20,41	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	8266,7	7323,1	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	6,48	7,32	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,061	0,054	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	85	90	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	862	862	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	75	75	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	75	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	78	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	70	72	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	80	90	15
Итого				100

Таблица Г.109 – Интегральная оценка транспортной работы системы «ж.-д. станция “КВ” – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{ij} , балл или ед. изм.	F_{opt} , балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{nij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТП, ч	23,04	20,41	2,63	0,129	0,871	13,07
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	8,27	7,32	0,95	0,130	0,870	13,05
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	6,48	7,32	0,84	0,115	0,885	8,85
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,061	0,054	0,007	0,130	0,870	4,35
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	85	90	5	0,056	0,944	4,72
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	862	862	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	75	75	0	0	1	5
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	75	5	0,067	0,933	9,33
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	78	3	0,038	0,961	9,61
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	70	72	2	0,028	0,972	4,86
Производительность местного вагона в системе, балл	80	90	10	0,111	0,889	13,33
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						91,17

Таблица Г.110 – Результаты оценки транспортных процессов станции «КЗ»

№ п/п	Наименование показателя	АСТП _{max} сущ. расчет	АСТП _{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, k_B^i , %
1	Продолжительность АСТП, ч	21,37	19,62	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	258,4	237,2	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	0,98	1,07	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,320	0,294	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	70	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	76	76	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	75	75	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	75	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	80	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	70	75	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	80	85	15
Итого				100

Таблица Г.111 – Интегральная оценка транспортной работы системы «Ж.-д. станция “КЗ” – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{ij} , балл или ед. изм.	F_{opt} , балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{hij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТП, ч	21,37	19,62	1,75	0,089	0,911	13,66
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	0,26	0,24	0,02	0,083	0,917	13,75
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	0,98	1,07	0,09	0,084	0,916	9,16
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,320	0,294	0,026	0,088	0,912	4,56
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	70	5	0,071	0,929	4,64
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	76	76	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	75	75	0	0	1	5
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	75	5	0,067	0,933	9,33
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	80	5	0,063	0,937	9,37
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	70	75	5	0,067	0,933	4,66
Производительность местного вагона в системе, балл	80	85	5	0,059	0,941	14,12
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						93,25

Таблица Г.112 – Результаты оценки транспортных процессов станции «М»

№ п/п	Наименование показателя	АСТТП _{max} супп. расчет	АСТТП _{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, k_B^i , %
1	Продолжительность АСТТП, ч	21,73	19,98	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	667,9	623,4	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	3,28	3,57	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,106	0,098	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	70	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	50	50	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	75	75	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	75	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	80	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	70	75	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	80	85	15
Итого				100

Таблица Г.113 – Интегральная оценка транспортной работы системы «ж.-д. станция “М” – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{fij} , балл или ед. изм.	F_{opt} , балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{nij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТТП, ч	21,73	19,98	1,75	0,087	0,913	13,68
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	0,67	0,62	0,05	0,081	0,919	13,79
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	3,28	3,57	0,29	0,081	0,919	9,19
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,106	0,098	0,008	0,082	0,918	4,59
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	70	5	0,071	0,929	4,64
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	50	50	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	75	75	0	0	1	5
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	75	5	0,067	0,933	9,33
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	80	5	0,063	0,937	9,37
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	70	75	5	0,067	0,933	4,66
Производительность местного вагона в системе, балл	80	85	5	0,059	0,941	14,12
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						93,37

Таблица Г.114 – Результаты оценки транспортных процессов станции «ТГ»

№ п/п	Наименование показателя	АСТП _{пmax} сущ. расчет	АСТП _{пmax} программ. расчет	Коэффициент влияния, k_B^i , %
1	Продолжительность АСТП, ч	37,90	34,42	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	1417,5	1287,3	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	2,86	3,15	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,110	0,100	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	72	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	214	214	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	75	75	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	77	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	80	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	70	75	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	80	88	15
Итого				100

Таблица Г.115 – Интегральная оценка транспортной работы системы «ж.-д. станция «ТГ» – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{fij} , балл или ед. изм.	F_{opt} , балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{hij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТП, ч	37,90	34,42	3,48	0,101	0,899	13,48
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	1,42	1,29	0,13	0,100	0,900	13,50
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	2,86	3,15	0,29	0,092	0,908	9,08
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,110	0,100	0,010	0,100	0,900	4,5
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	72	7	0,097	0,903	4,51
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	214	214	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	75	75	0	0	1	5
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	77	7	0,091	0,909	9,09
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	80	5	0,063	0,937	9,37
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	70	75	5	0,067	0,933	4,66
Производительность местного вагона в системе, балл	80	88	8	0,091	0,909	13,64
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						91,83

Таблица Г.116 – Результаты оценки транспортных процессов станции «ТМ»

№ п/п	Наименование показателя	АСТТП _{max} сущ. расчет	АСТТП _{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, k_B^i , %
1	Продолжительность АСТТП, ч	21,3	19,54	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	1731,7	1588,6	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	5,70	6,21	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,060	0,055	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	70	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	953	953	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	75	75	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	76	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	81	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	70	76	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	80	87	15
Итого				100

Таблица Г.117 – Интегральная оценка транспортной работы системы «ж.-д. станция “ТМ” – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{fij} , балл или ед. изм.	F_{opt} , балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{nij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТТП, ч	21,3	19,54	1,76	0,090	0,909	13,65
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	1,73	1,59	0,14	0,088	0,912	13,68
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	5,70	6,21	0,51	0,082	0,918	9,18
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,060	0,055	0,005	0,091	0,909	4,54
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	70	5	0,071	0,929	4,64
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	953	953	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	75	75	0	0	1	5
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	76	6	0,079	0,921	9,21
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	81	6	0,074	0,926	9,26
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	70	76	6	0,079	0,921	4,60
Производительность местного вагона в системе, балл	80	87	7	0,080	0,920	13,79
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						92,55

Таблица Г.118 – Результаты оценки транспортных процессов станции «ТС»

№ п/п	Наименование показателя	АСТТП _{max} сущ. расчет	АСТТП _{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, k_B^i , %
1	Продолжительность АСТТП, ч	17,01	16,29	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	6766,6	6480,2	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	29,12	30,41	10
4	Количество модулей управления системы, проходящих на один переработанный местный вагон, ед.	0,013	0,013	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	68	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	1462	1462	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	65	65	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	73	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	78	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	75	78	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	80	84	15
Итого				100

Таблица Г.119 – Интегральная оценка транспортной работы системы «Ж.-д. станция “ТС” – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{fij} , балл или ед. изм.	F_{opt} , балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{nij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТТП, ч	17,01	16,29	0,72	0,044	0,956	14,34
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	6,77	6,48	0,29	0,045	0,955	14,33
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	29,12	30,41	1,29	0,042	0,958	9,58
Количество модулей управления системы, проходящих на один переработанный местный вагон, ед.	0,013	0,013	0	0	1	5
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	68	3	0,044	0,956	4,78
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	1462	1462	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	65	65	0	0	1	5
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	73	3	0,041	0,959	9,59
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	78	3	0,038	0,962	9,62
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	75	78	3	0,038	0,962	4,81
Производительность местного вагона в системе, балл	80	84	4	0,048	0,952	14,29
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						96,34

Таблица Г.120 – Результаты оценки транспортных процессов станции «У»

№ п/п	Наименование показателя	АСТП _{max} сущ. расчет	АСТП _{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, k_B^i , %
1	Продолжительность АСТП, ч	11,68	10,18	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	73,6	64,1	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	0,44	0,51	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,405	0,353	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	74	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	126	126	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	65	65	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	80	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	80	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	75	85	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	70	80	15
Итого				100

Таблица Г.121 – Интегральная оценка транспортной работы системы «ж.-д. станция «У» – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{ij} , балл или ед. изм.	F_{opt} , балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{nij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТП, ч	11,68	10,18	1,5	0,147	0,853	12,79
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	0,073	0,064	0,009	0,141	0,859	12,89
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	0,44	0,51	0,07	0,137	0,863	8,63
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,405	0,353	0,052	0,147	0,853	4,26
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	65	74	9	0,122	0,878	4,39
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	126	126	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	65	65	0	0	1	5
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	70	80	10	0,125	0,875	8,75
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	80	5	0,063	0,937	9,37
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	75	85	10	0,118	0,882	4,41
Производительность местного вагона в системе, балл	70	80	10	0,125	0,875	13,12
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						88,61

Таблица Г.122 – Результаты оценки транспортных процессов станции «Н_{сущ}»

№ п/п	Наименование показателя	АСТП _{max} сущ. расчет	АСТП _{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, k_B^i , %
1	Продолжительность АСТП, ч	35,55	31,86	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	34313	30751	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	30,01	33,49	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,013	0,012	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	75	84	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	1473	1473	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	70	70	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	80	88	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	84	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	75	84	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	70	78	15
Итого				100

Таблица Г.123 – Интегральная оценка транспортной работы системы «Ж.-д. станция “Н_{сущ}” – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{fij} , балл или ед. изм.	F_{opt} , балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{hij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТП, ч	35,55	31,86	3,69	0,116	0,884	13,26
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	34,3	30,8	3,5	0,114	0,886	13,29
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	30,01	33,49	3,48	0,104	0,896	8,96
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,013	0,012	0,001	0,083	0,917	4,58
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	75	84	9	0,107	0,893	4,47
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	1473	1473	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	70	70	0	0	1	5
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	80	88	8	0,091	0,909	9,09
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	84	9	0,107	0,893	8,93
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	75	84	9	0,107	0,893	4,47
Производительность местного вагона в системе, балл	70	78	8	0,103	0,897	13,46
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						90,51

Таблица Г.124 – Результаты оценки транспортных процессов станции «Н_{проект}»

№ п/п	Наименование показателя	АСТП _{max} сущ. расчет	АСТП _{max} программ. расчет	Коэффициент влияния, $k_{\text{в}}^i$, %
1	Продолжительность АСТП, ч	35,58	32,2	15
2	Стоимость простоя местного вагона, тыс. руб.	32449	29366	15
3	Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	28,8	31,82	10
4	Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,014	0,013	5
5	Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	75	83	5
6	Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	1350	1350	5
7	Экологичность транспортной работы, балл	70	70	5
8	Логичность / эффективность управленческих решений, балл	80	88	10
9	Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	83	10
10	Уровень цифровизации транспортной работы, балл	75	83	5
11	Производительность местного вагона в системе, балл	70	77	15
Итого				100

Таблица Г.125 – Интегральная оценка транспортной работы системы «Ж.-д. станция «Н_{проект}» – порт»

Наименование показателя	Параметры расчета интегрального критерия эффективности транспортной работы					
	F_{ij} , балл или ед. изм.	$F_{\text{опт}}$, балл или ед.изм.	ΔF_{ij} , балл или ед.изм.	P_{nij} , доля ед.	P_{kij} , доля ед.	M_{nij} , %
Продолжительность АСТП, ч	35,58	32,2	3,38	0,105	0,895	13,43
Стоимость простоя местного вагона, млн руб.	32,4	29,4	3,0	0,102	0,898	13,47
Скорость транспортного процесса, вагоно-оп./ч	28,8	31,82	3,02	0,095	0,905	9,05
Количество модулей управления системы, приходящихся на один переработанный местный вагон, ед.	0,014	0,013	0,001	0,077	0,923	4,62
Регулярность / ритмичность транспортных процессов, балл	75	83	8	0,096	0,904	4,52
Линейная плотность вагонопотока / грузовое давление на инфраструктуру, ткм	1350	1350	0	0	1	5
Экологичность транспортной работы, балл	70	70	0	0	1	5
Логичность / эффективность управленческих решений, балл	80	88	8	0,091	0,909	9,09
Клиентоориентированность транспортной работы, балл	75	83	8	0,096	0,904	9,04
Уровень цифровизации транспортной работы, балл	75	83	8	0,096	0,904	4,52
Производительность местного вагона в системе, балл	70	77	7	0,091	0,909	13,64
Интегральный показатель критерия эффективности транспортной работы, E_j						91,38

АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ



РОСТОВСКАЯ СТИВИДОРНАЯ КОМПАНИЯ

общество с ограниченной ответственностью

ИНН 6167123875, ☎ 344019, Ростовская обл, город Ростов-на-Дону, ул.Зекруткина, 55/18, оф.6; тел.(863) 308 93 75
 Адрес для корреспонденции: ☎ 344019, Ростов-на-Дону, в/я 5725
 E-mail: aavedov@rsktd.com / buhrsl@rsktd.com

УТВЕРЖДАЮ:

19.09.2017г.
 Директор ООО «Ростовская
 стивидорная компания»

А.В. Аведов



Заключение

о полезности результатов диссертационной работы
 на соискание ученой степени кандидата технических наук

Безусова Данилы Сергеевича

Рассмотрев результаты научного исследования Д.С. Безусова на тему «Развитие методов инфраструктурно-технологического взаимодействия в региональной железнодорожной припортовой транспортной системе» пришли к заключению, что отдельные разделы диссертации имеют практическую полезность для производственной деятельности предприятий ООО «Ростовская стивидорная компания» в части:

- разработки универсального подхода к моделированию управления организацией транспортного обслуживания в системе «железнодорожная станция-порт» по вариантам распределения вагонопотоков;
- рекомендаций по выбору и обоснованию рациональной технологии транспортных процессов в рамках единой системы организации мультимодальных перевозок;
- многовариантного расчета и оценки времен простоя подвижного состава.

В результате научных исследований, выполненных Д.С. Безусовым, представлены практические рекомендации по повышению качества транспортного обслуживания предприятия, реализованные в алгоритме и программе расчета.

Директор по эксплуатации
 ООО «РСК», к.э.н., доцент

Г.А. Ковалев



**ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»
СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ
ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА**

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер Северо-Кавказской
дирекции управления движением –
структурного подразделения
Центральной дирекции управления
движением – филиала ОАО «РЖД»


А.И. Колобов
« 24 » декабря 2021 г.
МП

А К Т

**о практической значимости результатов диссертационной работы
«Развитие методов инфраструктурно-технологического взаимодействия в
региональной железнодорожной припортовой транспортной системе»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
Безусова Данила Сергеевича**

Комиссия, рассмотрев результаты диссертационной работы Д.С. Безусова, составила настоящий акт о том, что автором разработаны практические рекомендации позволяющие:

1 – выполнять параметризацию структурных связей и анализ технологических параметров транспортных процессов припортовых станций;

2 – моделировать работу припортовой железнодорожной станции на основе сформированных аксиомат транспортно-технологических процессов в нечетком множественном представлении;

3 – рассчитывать интегральный показатель качества организации транспортной работы припортовой станции, который позволяет определить предельные отклонения времен простоя местных вагонов, обосновать резервы времени для обеспечения ритмичности перевозочного процесса в припортовой железнодорожной транспортно-технологической системе.

Результаты научных исследований имеют практическую значимость для повышения эффективности управления транспортными процессами в системе «железнодорожная станция – порт».

Начальник технического отдела
Северо-Кавказской дирекции
управления движением –
структурного подразделения
Центральной дирекции
управления движением –
филиала ОАО «РЖД»



И.А. Сарапулов



РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2, г. Ростов-на-Дону, 344038
 Тел. (863) 245-06-13, Факс (863) 255-32-83, 245-06-13, E-mail: up_dcl@dep.rgups.ru
 ОКПО 01116006, ОГРН 1026103709499, ИНН/КПП 6165009334/616501001



УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по учебной работе

М.А. Кравченко

15 февраля 2022 г.

АКТ

об использовании результатов диссертационного исследования
Безусова Данила Сергеевича на тему «Развитие методов инфраструктурно-
технологического взаимодействия в региональной железнодорожной припортовой
транспортной системе» в учебном процессе ФГБОУ ВО РГУПС

Декан факультета «Управление процессами перевозок» к.т.н., доц. И.А. Колобов, составил настоящий акт о том, что основные результаты диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата технических наук Безусова Данила Сергеевича используются в учебном процессе по специальности 23.05.04 – «Эксплуатация железных дорог» при разработке учебно-методических комплексов для студентов по дисциплинам «Железнодорожные станции и узлы», «Единая транспортная система», а также в научно-исследовательской работе и дипломном проектировании.

Основные положения и выводы диссертационного исследования были апробированы в рамках методологических семинаров кафедры «Станции и грузовая работа» и нашли свое отражение в следующих опубликованных работах:

1. Безусов, Д. С. Пути сообщения: учеб.-метод. пособие для практ. работ / О. Н. Числов, Д. С. Безусов; ФГБОУ ВО РГУПС. - Ростов н/Д: [б. и.], 2017. - 32 с.: ил. - Библиогр.: 7 назв. - Текст : электронный.
2. Безусов, Д. С. Взаимодействие видов транспорта: учебно-методическое пособие для обучающихся по направлению подготовки 23.05.04 (190401) Эксплуатация железных дорог (для практических занятий и выполнения расчетно-графической работы) / О. Н. Числов, Н. Н. Коренькина, Д. С. Безусов [и др.]; ФГБОУ ВО РГУПС. - Ростов н/Д: [б. и.], 2017. - 43 с. - Библиогр. - Текст : электронный.
3. Безусов, Д. С. Числов, О.Н. Инновационные технологии в грузовой и коммерческой работе: учеб.-метод. пособие / О. Н. Числов, В. М. Задорожний, Д. С. Безусов; ФГБОУ ВО РГУПС. - Ростов н/Д: [б. и.], 2019. - 39 с.: ил. - Библиогр. : 11 назв. - Текст : электронный.

Декан факультета «УПП»
 ФГБОУ ВО РГУПС,
 к.т.н., доцент

И.А. Колобов