

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Уральский государственный университет путей сообщения»

ФГБОУ ВПО УрГУПС

На правах рукописи



Кашеева Наталья Вячеславовна

ИНТЕРАКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

05.22.08 – Управление процессами перевозок (технические науки)

Диссертация на соискание учёной степени

кандидата технических наук

Научный руководитель

Мишарин Александр Сергеевич

доктор технических наук, доцент

Екатеринбург – 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРАКТИКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМЕ.....	9
1.1 Существующие методы расчета железнодорожных станций.....	9
1.2 Развитие методов расчета на железнодорожном транспорте.....	15
Выводы к главе 1.....	31
ГЛАВА 2. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	33
2.1 Значение имитационной экспертизы проектов развития железнодорожных станций.....	33
2.1.1 Проблема оценки проекта.....	33
2.1.2 Сущность имитационной экспертизы.....	37
2.2 Требования к модели.....	38
2.3 Требования к аппарату моделирования.....	40
Выводы к главе 2.....	54
ГЛАВА 3. ВЫБОР ИНДИКАТОРОВ СОСТОЯНИЯ И КРИТЕРИЕВ ОСТАНОВКИ МОДЕЛИ	56
3.1 Принципы выбора индикаторов.....	56
3.2 Анализ параметров работы станции при нормативной работоспособности.....	59
3.3 Анализ параметров при технологических сбоях.....	40
3.4 Проблема выбора индикаторов.....	78
Выводы к главе 3.....	83
ГЛАВА 4. ИНФОРМАЦИОННОЕ И ОПЕРАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО ПРОЦЕССА	84
4.1 Информационное обеспечение.....	84

4.2 Операционное обеспечение.....	94
4.3 Интерактивный эксперимент.....	97
Выводы к главе 4.....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	106
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	108
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Анализ результатов моделирования системой ИСТРА.....	121
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Показатели и загрузка устройств.....	127

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы и степень её разработанности. Транспортная стратегия до 2030 г. предусматривает интенсивное развитие инфраструктуры железнодорожного транспорта. Причем в задачи её научного обеспечения включается «проведение имитационной экспертизы инвестиционных проектов развития транспортной инфраструктуры». То есть основным методом расчета признается имитационное моделирование.

Имитационное моделирование способно осуществлять моделирование технологического процесса и диспетчерского управления при наличии случайных факторов. Но при резком усложнении технологии работы станций в связи с увеличенной многоструйностью потоков этого уже недостаточно. Частные собственники предъявляют индивидуальные требования к обороту своих вагонов, а это не было предусмотрено в существующих технологических процессах. Можно представить, насколько усложнилась технология работы, скажем, станции Аппаратной в Екатеринбургском узле, к которой примыкают полтора десятка предприятий с подъездными путями. Однако даже возможностей имитационного моделирования в современных условиях уже недостаточно, поэтому в диссертационном исследовании предлагается использование наиболее развитой интерактивной подсистемы моделирования.

Опыт исследований показывает, что если в технологии не отобразить возможную адаптивность системы, то потеря пропускной и перерабатывающей способности системы может достигать 30%. Особенно это заметно в сложных технологически и структурно системах – сортировочных станциях с грузовой работой, грузовых и промышленных станциях. Случайные колебания в структуре потоков, случайный разброс в продолжительности технологических и грузовых операций являются причиной возникновения ситуаций, когда необходимо гибкое технологическое реагирование. Обычно расчетный период в имитационном моделировании несколько суток, а затем результат статически усредняется. Это

правильно. Но уловить возникающие ситуации в таком процессе трудно. И предвидеть их в проектируемом объекте также практически невозможно. Необходимо остановить модель в трудной ситуации. И тогда опытный технолог может выполнить анализ и предложить адаптивное решение. Повторяя процедуру много раз, можно выстроить адаптивную технологию и сформировать адекватную модель, которая покажет действительную пропускную способность системы и уровень возможного использования путей, сортировочных и грузовых устройств и локомотивов.

Но для этого нужно:

- построить модель, которая допускала бы интерактивную работу;
- выбрать индикаторы, которые могли бы останавливать модель в трудной ситуации;
- предоставить технологическим специалистам модельные возможности вмешиваться в технологический процесс.

Проблеме расчета транспортных систем методом имитационного моделирования посвящено, в последнее время, целый ряд трудов ученых, на которые автор опирался: В.М.Акулиничева, А.Э.Александрова, А.П.Батурина, А.Ф.Бородина, Н.П.Бусленко, А.В. Горелика А.В., Ю.И.Ефименко, Е. Жук, П.А.Козлова, В. С. Колокольникова, Б.А.Лёвина, Е. Лещинского, В.Я.Негрея, О.В.Осокина, В.Ю. Пермикина, В.А.Персианова, Е.А.Сотникова, И.Б.Сотникова, К.К. Таля, Е.Н.Тимухиной, Н.С. Ускова, М.В. Четчуева, Н.Н.Шабалина, Р. Шенона и т.д.

Объектом исследования являются железнодорожные станции.

Областью исследования является технология транспортных процессов с использованием интерактивного моделирования железнодорожных станций.

Целью исследования является разработка методических основ и технологии исследования действующих и проектируемых железнодорожных станций с помощью интерактивного моделирования.

Задачи исследования. Реализация целей исследования включает решение

следующих задач:

- исследование опыта расчета параметров железнодорожных станций и применяемых при этом подходов, в том числе имитационного моделирования;
- обоснование необходимости перехода к новому интерактивному этапу моделирования сложных железнодорожных станций;
- разработка технологии построения интерактивных моделей;
- разработка принципов выбора индикаторов и технологии их использования для перехода от автоматизированного процесса принятия решений к ручному;
- разработка технологии информационного и операционного обеспечения интерактивного процесса;
- анализ результатов интерактивного эксперимента.

Научная новизна исследования. Предложены принципы и технология интерактивного исследования действующих и проектируемых железнодорожных станций, что позволит более корректно определять их будущие параметры.

В том числе впервые предложены:

- принципы и разработанная технология построения интерактивных моделей;
- индикаторы для перехода модели с автоматического режима на ручной и обратно;
- принципы выбора индикаторов для конкретной модели, классификация индикаторов и методика их использования;
- методические основы информационного и операционного обеспечения интерактивного процесса.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке научных основ организации интерактивных процессов в имитационном моделировании железнодорожных станций. Разработанная в диссертации технология интерактивного моделирования позволит:

- выстроить адаптивную технологию и сформировать адекватную модель, которая покажет действительную пропускную способность системы и уровень возможного использования путей, сортировочных и грузовых устройств и локомотивов, т.е. более корректно рассчитывать и гармонично выбирать параметры сложных действующих и проектируемых станций;
- усовершенствовать процесс проектирования, не допуская как избыточной, так и недостаточной перерабатывающей способности.

Методология и методы исследования базируется на теории моделирования сложных систем, теории случайных процессов и теории оптимизации. Основой являлись труды ведущих ученых транспорта в области расчета и оптимизации транспортных систем.

Положения, выносимые на защиту:

- обоснование необходимости интерактивного подхода в моделировании транспортных систем;
- методика выбора и использования индикаторов для перехода модели с автоматического режима на ручной и обратно;
- способы информационного и операционного обеспечения интерактивного процесса;
- технология интерактивного процесса.

Достоверность и обоснованность основных научных положений и выводов подтверждается последовательным построением процесса исследования, корректным использованием математических методов и оптимизирующих процедур, а также практическими расчетами на имитационных моделях. В том числе методики и модели, предложенные в диссертационном исследовании, прошли многократные проверки экспериментами на железнодорожных станциях ОАО «РЖД» и показали соответствие результатов расчетов на интерактивных моделях параметрам и показателям функционирования реальных железнодорожных станций.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертации обсуждались и одобрены на международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспорта», МИИТ, Москва, 2012 г.; IV Всероссийской научно-технической конференции «Техническое творчество как средство развития конкурентоспособности и повышения качества инженерной деятельности», УрГУПС, Екатеринбург, 2012 г.; V Всероссийской научно-технической конференции «Техническое творчество как средство развития конкурентоспособности и повышения качества инженерной деятельности», УрГУПС, Екатеринбург, 2013 г.; Всероссийской научно-технической конференции (с международным участием) «Транспорт Урала», УрГУПС, Екатеринбург, 2013г.; X mezinarodni vedecko-prakticka conference «Dny vedy - 2014», Praha, 2014 г.; X mezinarodni vedecko-prakticka conference, Belgrade, 2014г.; Университетский научный семинар аспирантов, УрГУПС, Екатеринбург, 2014г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 работ, в том числе 6 – в ведущих изданиях из перечня, рекомендованного ВАК при Министерстве образования и науки РФ.

Структура и объем диссертации. Работа содержит 140 страниц машинописного текста, 74 рисунка, список использованной литературы составляет 130 наименований. Структура диссертации – введение, 4 главы, заключение, список использованной литературы.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРАКТИКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМЕ

1.1 Существующие методы расчета железнодорожных станций

При исследовании сложных систем появляется большое количество задач, которые должны быть оценены количественными и качественными характеристиками процесса функционирования этих систем [2, 4, 18, 27, 71].

В данный момент времени сложилось множество методов определения различных задач, формирующихся в железнодорожной системе. Ввиду того, что есть значительное количество задач с решениями, большое количество выполненных работ и рекомендованных методик, возникает необходимость поставить основную задачу классификации этих методов. В [5] предложена классификация, основанная на делении познаний об исследуемом предмете на формализованные и частично-формализованные знания. Формализованные знания об исследуемом объекте описываются строгими математическими зависимостями, которые составляют сущность методов оптимизации. Знания (полученные опытным путем) частично-формализованные, представляющие собой подборку эмпирических знаний о предмете обследования, нельзя определять в виде однозначных сформулированных критериев и ограничений. Формализованных знаний о простых системах скоплено достаточно много. Частично-формализованные знания имеются только в ограниченном количестве; хорошо знакомы законы, по которым ведут себя элементы в системе. Практика исследования сложных транспортных систем доказывает, что степень знаний частично-формализованных о законах их функционирования заметно доминирует над формализованными знаниями [84].

Важно сделать акцент на четыре критерия, согласно которым должен основываться любой метод сложных систем, таких как крупные железнодорожные станции:

– необходимо идеально представлять схемы путевого развития

железнодорожных станций, в связи с тем, что схема – это характеристика станции является качественным показателем, который имеет важное влияние на ее количественные показатели;

- представлять технологию работы станций, так как технология не всегда согласованна со схемой путевого развития, а технология работы находится во взаимодействии со схемой путевого развития, и оказывает влияние на работу и показатели станции;
- система должна быть чувствительная к случайным процессам;
- рассматривать управление в системе, потому как результат выбора управляющего действия на транспортные системы, всегда зависит от ее реального состояния в отдельные моменты времени [30]. Е.Ф. Аврамчук в [1] говорит, что при отображении производственного процесса с гибкой технологией необходимо и очень важно учитывать вопросы управления.

Целый ряд методов расчетов, сложившихся на сегодняшний момент не учитывают или учитывают не достаточно все вышеуказанные критерии.

Первый подход к исследованию транспортных систем – аналитический подход, в котором ЭВМ применялось в случае вычислителя по аналитическим зависимостям, предложен в [14, 20, 22, 23, 27, 73, 95].

При выборе аналитического метода расчета работы системы, получаемый результат не способен учесть ряд важных показателей при исследовании работы сложных систем, в виду того, что данный метод:

- не способен давать оценку взаимовлияния элементов и структуры на работу системы;
- не может учитывать сложные вероятностные характеристики;
- не может рассматривать динамические процессы, воздействующие на систему;
- не может учитывать управление в системе [84].

При расчете сложных систем, которыми являются железнодорожные станции с разветвленной структурой и сложной технологией, четко выявляются

указанные минусы аналитического метода. С развитием исследуемых объектов применять аналитические методы стало возможно только в тех случаях, когда это малоинтересно для практики [1].

Довольно не сложными методами расчета являются разные *графоаналитические методы*, самым классическим образцом этих методов, является суточный план–график [81]. Данные методы полностью учитывают различные взаимосвязи между элементами в системе, для этого не требуется достаточно глубоких математических знаний исследователя. Достоинством этих методов является наглядность, при получении результатов анализируемого объекта. Но также у этих методов имеется и значительный недостаток – это практическая невозможность отображать взаимодействие случайных процессов, а также большая трудоемкость при применении. Средними величинами приходится задавать все временные параметры. Это является большим недостатком, в случае, когда нельзя определить очередь заявок, а значит, и простои вагонов и потребное количество резервных путей. В результате расчет показателей работы станции, соответствует только лишь одному варианту графика движения поездов и одному варианту технологического процесса работы станции. Метод существенно снижает потребность в путевом развитии станции. Эксперименты на модели для станций со сложной структурой и результаты расчетов показали, что число путей может быть занижено почти в два раза [61].

Определяющей реакцией на предшествующие методы, явились разнообразные *модели теории массового обслуживания* [56, 64, 97, 98, 105]. В Московском институте инженеров транспорта [97] и во ВНИИЖТе [105] накоплена практика использования таких моделей, так производится расчет числа резервных путей, выбираются технологические пути из расчета числа бригад с учетом коэффициента их загрузки. Формул для расчета немало, так определение количества резервных путей на станции сводится к математическому ожиданию очереди, и ее среднеквадратическому отклонению.

Основные объекты исследования представляют собой системы как,

например, телефонные сети, а также и другие подобные объекты. Намного сложнее системы станций и в особенности крупные станции со сложной структурой и технологией. Поэтому применение моделей массового обслуживания применительно к расчету транспортных объектов является не допустимой, из-за невозможности учесть опытные знания об исследуемом объекте.

Слабым местом данного метода исследования является практическая невозможность учитывать сложную схему путевого развития. Также управление здесь не отображается, а это еще один, очень значительный недостаток. В результате завышается необходимое число путей более чем в 2,0 раза.

Например. В нормальной ситуации, маневровый диспетчер выбирает для роспуска очередной состав по наличию замыкающей группы. Но если возникает некоторый всплеск прибытия, то диспетчер принимает решение обрабатывать составы с самым маленьким временем роспуска. В этом случае управление влияет на уменьшение в необходимости резервных путей, а время обработки будет колебаться не случайно. В узле управление достаточно значительнее, чем на конкретной железнодорожной станции. Если не учитывать управление, то это приведет к неправильным и некорректным расчетам [98].

В [99] говорится, что представление потоков неуправляемыми в этих моделях является очень большим огрублением реальности, в связи с тем, что потоки слишком управляемы. Так как «управляемость» – это важнейшее системообразующее свойство, то вероятность применения теории массового обслуживания для систем сложных транспортных технологий представляется очень ограниченной. Автор в своих трудах говорит, что для того чтобы начать применять модели теории массового обслуживания следует убедиться в том, что ролью управления для данной ситуации можно пренебречь [84, 99].

Как показывает опыт, возможности разных аналитических моделей и моделей строгой оптимизации ограничиваются тем, что они основываются на таких формализованных знаниях, между которыми известны какие-то строгие

численные зависимости. Но в сложных транспортных системах основную часть знаний, образуют частично – формализованные знания или знания опытного характера [59, 98].

Используя только аналитические (детерминированные и вероятностные) методы исследования для анализа параметров процессов работы сложных систем, сталкиваешься с многочисленными трудностями. Таким образом, возникает необходимость значительного упрощения модели в стадии их построения или в процессе работы с моделью. Такие решения приводят к получению малодостоверных результатов [43, 123]. Так, в транспортных системах с мощной структурной и технологической связностью невозможно корректно задать пропускную способность элемента, рассматриваемого изолированно. Цикл его использования обладает достаточно сложной структурой, который состоит из предусмотренного по технологии времени использования в одной операции, и других составляющих:

- технологическую задержку, обусловленную невозможностью обеспечить непрерывное использование каждого элемента в последовательности операций;
- структурную задержку по входу, вызываемую перерывами в использовании элемента из-за занятости предыдущих элементов;
- структурную задержку по выходу из-за занятости последующего элемента.

Перечисленные параметры невозможно определить заранее, поскольку они зависят от:

- структуры системы;
- структуры технологического процесса;
- уровня загрузки системы;
- взаимодействия процессов, происходящих случайно;
- управления процессами.

Только *имитационная модель* может корректно отобразить работу такого

рода систем, ибо величины задержек не нужны во входной информации и получаются как результат моделирования. В ней не требуется решать определенную математическую задачу и вводить все данные в виде математического аппарата. В модели отображается в ускоренном режиме работа моделируемой системы, в которую входят частично-формализованные знания, в результате она становится на много богаче. Исследователем проводятся направленные эксперименты, которые позволят найти рациональное решение. На этом этапе завершением развития методов расчета сложных систем, в настоящее время, является имитационное моделирование [51, 59, 98].

Западными учеными проводились многочисленные исследования разных методов, которые показывают, что имитационное моделирование является основным методом, из распространенных количественных методов, для решения задач и проблем управления [129]. Отличительным достоинством использования методов имитационного моделирования является то, что модели создаются с помощью частично-формализованных знаний. Доля таких знаний характерна для системы железнодорожных транспортных объектов, это приводилось выше в диссертации, и на сегодняшний день эта доля составляет значительную часть.

Таким образом, к приоритетам метода имитационного моделирования перед другими методами расчета относятся:

- возможность глубоко учитывать взаимосвязи, взаимодействующие в системе;
- отображать воздействие внутренней структуры на характер работы модели;
- возможность ограничения и задания целевой функции для больших систем.

В имитационном моделировании наряду с недостатками присутствуют и достоинства, являющиеся продолжением последних:

- процесс создания модели требует больших трудовых и временных затрат;
- процесс создания модели каждой новой станции очень индивидуален, так

как не существует каких-либо правил и методик;

- сложность при решении задач оптимизации, так как полученное в результате расчета на имитационной модели, всегда имеет индивидуальный характер.

Так же, имитационное моделирование, в сравнении с различными методами расчета, способно достаточно глубоко описывать сложные транспортные системы, такого рода как железнодорожные станции [45, 48, 49, 52 – 54], это самый адекватный способ их изучения на ЭВМ.

1.2 Методы расчета систем железнодорожного транспорта и их развитие

Расчет пропускной и перерабатывающей способности станций.

Проблемой расчета пропускной и перерабатывающей способности занималось много ученых и специалистов [11, 12, 21, 32, 35, 59, 75, 79, 81, 85, 95, 104, 128].

Одних из первых исследователей необходимо выделить П.П. Леонова и А.Ф. Лютца, давших определение пропускной способности приемоотправочных путей, которое зависит от их работы в период 24 час., количества путей и занятости одним поездом пути согласно технологических норм. Для того, чтобы учесть дополнительные факторы, которые влияют на пропуск поездов, авторы в знаменатель включили поправочный коэффициент.

В.Д. Никитин в [81] утвердил формулу предложенную авторами П.П. Леоновым и А.Ф. Лютцем, по которой определяли пропускную способность приемоотправочных путей.

С.Д. Карейша в [42] в своих работах предлагает определять пропускную способность путей на станции, с учетом всех потерь времени в течении суток от неравномерности движения поездов, и потери соответствующие одному поезду, связанные с несоответствием времени занятия пути поездом и интервалами на

графике движения. Но автор не определил методику определения указанных величин.

С.Г. Писарев [92], чтобы определить пропускную способность путей ввел в исходное выражение коэффициент резерва и коэффициент, учитывающий неравномерности при движении поездов.

Для определения пропускной способности путей на станции В.А. Сокович и И.Н. Пошивайло в [103] учитывали затраты времени на постоянные операции и коэффициент, учитывающий технологические потери времени используя путевое развитие станции. Б.М. Максимович предлагал похожую формулу в [72].

И.И. Васильев в [25] предлагает использовать формулу, в которой содержится коэффициент, который учитывает разные потери в работе станции.

Б.Д. Штанге в [130] и И.Г. Тихомиров в [82] дали похожие формулы, отличающиеся от формулы Б.М.Максимовича тем что, поправочный коэффициент учитывается в знаменателе формулы при определении пропускной способности путей.

П.В. Бартенев в [12] ввел в формулу для расчета пропускной способности путей коэффициент, который фактически учитывал, только времени занятия пути одним поездом интервала, которое несоответствовало времени на графике движения поездов. До 1953 г. действовала Инструкция, изданная в 1937 г, которая не могла выявить реальную пропускную способность станций, так как не могла учитывать действительные условия их работы.

В Инструкции 1953 г. эти показатели станции определялись, учитывая технологические потери, под которыми подразумевались полученные в результате построения графика движения поездов интервалы времени, которые не могли использоваться для определения целых операций (прием поезда и отправление, пропуск локомотива, передача из одного парка в другой парк и др.). Величины коэффициентов, которые учитывают различные технологические потери при выполнении расчета пропускной способности путей, горловин, сортировочных горок и вытяжек, на вышеуказанные расчеты устанавливались

МПС для каждой отдельной станции. Величины коэффициента для приемоотправочных путей устанавливались в размере 0,8; для стрелочных горловин, вытяжных и горок – 0,9. Таким образом, возможные условия работы конкретных станций, подменялись задействованием в расчеты значений коэффициентов технологических потерь, одинаковых для всех станций.

В 1955 г. была издана Временная инструкция, в ней содержались объективные рекомендации, которые могли учитывать реальные условия работы, в результате чего получились завышенные величины пропускной способности станций, не соответствующие действительным значениям.

Выше приведенные работы относятся к аналитическим методам расчета пропускной способности путей. Альтернативным методом расчета является графический способ, т.е. разрабатывался график, который рассматривался в работах К.К. Таля [111 – 114], в них предлагался графический расчет, проводимый в два этапа, а также выдавались рекомендации по увеличению пропускной способности станционных горловин. Однако при заданном потоке графический способ является наглядной проверкой возможности пропуска станцией поездов.

Из зарубежных исследователей необходимо отметить Г. Потгоффа [95], который разработал теорию расчета пропускной способности горловин в табличной форме.

А.В.Быкадоров в [22] и в других работах осуществил комплексное исследование перерабатывающей и пропускной способности станции, технологии, оснащения и определил, что пропускная способность устройств комплекса по расформированию существенно уменьшается из-за изменений времени обработки составов в парке приема и времени их расформирования на горке.

А.Н. Корешков исследовал [63] вопрос: как влияет уровень загрузок вытяжных путей формирования на работу парка приема и сортировочной горки, т.е. как величина простоя составов в ожидании формирования отражается на

перерабатывающую способность горки и длительность задержек в ее работе, из-за того, что заняты сортировочные пути составами и горка перестает работать – распускать прибывшие составы с горки. В своих исследованиях автор говорил о методах теории вероятности и предложил при выполнении мероприятий направленных на наращивание перерабатывающей способности горки вовремя повышать количество вытяжек формирования, для того чтобы уменьшить нагрузку каждой вытяжки.

Основу расчетов (теоретических и методологических) наличной пропускной способности элементов железнодорожных узлов при неравномерности времени обслуживания транспортных объектов предложил В.Я. Негрей [79]. Им представлен вероятностный подход к расчету наличной пропускной способности станций и узлов. А также указано, что в теоретических и практических расчетах, не учитываются колебания наличной пропускной способности, связанные с неравномерностью и отклонением времени в обработки подвижного состава.

И.Т. Козлов в [58] предложил модель работы участковой станции, которая достаточно адекватно отражает работу некоторых реальных станций. В работах приведены требования к формализованному представлению сооружений и конструкций участковых станций и технологическому процессу ее работы, которые закладываются в имитационной модели.

В работах А.М. Пешкова [89 – 91] работа технических станций представлена в модели нераздельной многофазной системы обслуживания, для которой определены основные величины распределения интервалов в потоках поездов, на базе созданной модели проследования поездопотока по участку учитывая различные отказы устройств. Установлено, что случайный подход при процессе обработки составов многогрупповой бригадой, позволяет уменьшить неточность в установлении параметров распределения на 20 – 30%.

Используя методику А.В. Быкадорова, А.М. Пешков установил границы применения этой методики для расчета показателей работы технических станций. Для определения показателей работы станции получил аналитические

зависимости, так определил простой вагонов в парках станции, пропускную способность, количество принятых поездов на станции, надежность парка приема по приему разборочных поездов и простой задержанных поездов.

Расчет необходимого числа путей на станциях.

В первых работах исследователей-эксплуатационников необходимое число путей для принятых и отправленных поездов определяли делением суммы времени на занятие поездами путей к периоду, принятому за сутки. Результат в реальных условиях получался ниже необходимого числа путей [115].

К.К. Таль, С.В. Земблинов, М.С. Гликман эти авторы предложили методику, для расчета необходимого числа железнодорожных путей. В данной методике они попытались установить зависимость влияния схем узлов и станций на необходимое число путей. В последующем [113 – 115] К.К. Таль разработал для станционных процессов методы моделирования, используемые при проектировании станций. При этом особо уделялось внимание оценке враждебных маршрутов в горловинах.

В [112] в своих трудах К.К. Талем рассмотрены методические вопросы, наиболее точного решения задач при расчете показателей станций и узлов, которые включают задержки подвижного состава, мощность путевого развития и др., используя методы машинного моделирования их работы.

Многообразие факторов, от которых зависит пропускная и перерабатывающая способность станций и узлов, наиболее полно учитывает моделирование процессов на ЭВМ, то есть одновременный расчет всего комплекса устройств (горловин, парков, маневровых локомотивов, сортировочных горок и др.) производится методом машинной имитации. Реальной практической задачей и ближайшей целью является кодирование схем главнейших станций и узлов и их технологических процессов для решения конкретных вопросов планирования, управления и организации работы узловых пунктов сети на предлагаемой теоретической основе, единой для всех типов станций и схем путевого развития [85].

В 70-х годах в работах многих авторов число путей в разных парках предлагалось вычислять по аналитическим формулам, в которых применялись коэффициенты, оказывающие влияние на потребное число путей, например, коэффициент взаимодействия станций и участков, который определяется приближенно и равен 2. В других работах предложено добавлять ко времени занятия пути по технологическому процессу половину интервала между нитками графика по отправлению, а расчетный интервал – определять в виде половины минимального и среднего интервала прибытия поездов. В результате все формулы, предложенные в работах, показывали заниженное количество путей, а определять различные поправочные коэффициенты не находило никаких обоснований. Не было объяснений и для введения дополнительных приемоотправочных путей в связи с неравномерностью прибытия поездов на станцию [66]. А рассчитывать данное количество приемо-отправочных путей в теоретическом отношении не предлагался.

Развитие данного метода предложено в работах ученых в [12, 100], в которых для определения количества путей необходимо было учитывать продолжительность сгущенного прибытия поездов. Но ученые предполагали несколько допущений при определении продолжительности периода сгущения, и при учитывании уровню занятости путей к его началу.

И.Г. Тихомировым и группой ученых в [82] число путей определялось в период интенсивного прибытия поездов при расформировании с установленным в расчете темпом в течение одного часа, определяемый с использованием пуассоновского распределения темпов прибытия поездов. Однако данный закон распределения не может быть универсальным и являться характеристикой в распределении прибывших в парк приема поездов.

П.С. Грунтов [31] в период сгущенного и неравномерного подхода поездов определял число поездов, используя заданную вероятность беспрепятственного приема поездов на станцию. В последующих исследованиях, П.С. Грунтов предлагал определять величину расчетного периода сгущенного прибытия

поездов, руководствуясь техническим оснащением и загрузкой горки.

Н.И. Федотов в [120] предложил определять требуемое число путей в приемоотправочных парках на основе возможных вариантов путевого развития по технико-экономической их оценке. В данной методике было сделано ряд некорректных выводов, хотя она была новой по отношению к предыдущим методикам [10, 84, 115].

В 70-е годы расширились примеры аналитического определения числа путей и других параметров эксплуатационной работы за счет использования теории массового обслуживания. Так Н.Н. Шабалин определял число путей в парке приема, опираясь на величины вероятности задержки поездов при прибытии к станции [126].

И.Б. Сотниковым рассматривался пуассоновский поток требований, предполагающий его неограниченность, (это некорректно показывает особенности потока при прибытии поездов на станцию, который ограничивается пропускной способностью станции), а также он рассматривал эрланговский входящий поток и эрланговское время обслуживания [104 – 108]. Для этого потока и времени обслуживания ученым предложена математическая модель, которая так и не получила применения на практике.

А.В. Быкадоровым исследовал взаимодействие разных элементов станционной работы. Определяя прямые (предыдущие) связи и обратные (последующие), оказывающие влияние на определение параметров и показателей работы всех элементов [22]. Чтобы оценить прямые связи, им рекомендовано определять параметры, характеризующие интенсивность и неравномерность прибытия поездов (для парка приема) или перестановки сформированных составов (для парка отправления). Использование данной методики при расчете количества путей для проектируемых станций практически невозможно.

Время нахождения вагонов на станциях.

Решением различных технико-экономических и проектных задач является определение времени нахождения вагонов на станции, которое является

немаловажным для параметра эксплуатационной работы [98].

Графоаналитический метод, с помощью которого определяли время нахождения вагонов на станции, имитировал работу станции только за сутки, и не учитывал случайных колебаний поездов и количества вагонов. Он исходил из некоторых условных исходных данных: остатки вагонов и поездов, которые переходят на начало следующего расчетного периода; условного количества вагонов, согласно назначения плана формирования в поездах; согласно графика движения время прибытия поездов в расформирование.

Ученые применяли аналитические методы расчета, опираясь на коэффициенты вероятности и эмпирические, которые уточняются значением различных элементов простоя вагонов на станции. Г.С. Васильев предлагал использовать эмпирические формулы для вычисления отдельных элементов межоперационных простоев вагонов [24]. В формулах, изложенных в Инструктивных указаниях по организации вагонопотоков [38], предложено учитывать загрузки обслуживающих устройств (горок, вытяжных путей, участков). Но отсутствие общей теоретической базы для вычисления исходных формул, и наличие эмпирических коэффициентов, не позволяли применять эти формулы для определения всевозможных параметров работы станций.

Н.И. Федотов в [119] предлагал определять простой времени ожидания отправления поездов на участках с помощью аналитических формул, которое зависит от его пропускной способности, размеров движения и числа путей в парке приема. В этой формуле, при одинаковой величине пропускной способности линии, но с увеличением числа отправляемых поездов, простой в ожидании отправления становился меньше.

В последующие годы исследователи в аналитических формулах использовали частично положения теории вероятности и теории массового обслуживания. Так, Н.Н. Шабалин в [127] для определения средней продолжительности обслуживания, использовал формулу Поллачека-Хинчина, применяемую при простейшем входящем потоке, описываемом функцией

распределения Пуассона и произвольном времени обслуживания. Формула Паллачека-Хинчина справедлива для неограниченного потока требований, вместе с тем прибытие поездов на станцию ограничивается разными параметрами – это заданные размеры движения или пропускная способность прилегающих участков. В последующих исследованиях Н.Н. Шабалиным было предложено рассчитывать средний простой составов в парке прибытия ожидающих расформирования приближенно по эмпирическим формулам используя коэффициент вариации интервалов прибытия разборочных поездов.

В [7] В.М. Акулиничев справедливо отмечал, что качественная характеристика показателей уровня взаимодействия процессов и степень их согласованности в работе элементов, а также качество организации труда при построении и практической реализации технологического процесса и выполнения операций, описывается показателями: равномерность технологии работы; равномерность производственного процесса; непрерывность; поточность переработки вагонов.

Методика исследования станций, предложенная И.Б. Сотниковым [107], опиралась на мнение, что потоки поездов, которые входят на станцию, а также длительность обслуживания потоков, можно описывать Эрланговским законом распределения, частичным случаем которого является закон распределения Пуассона.

Другие авторы для нормирования простоя вагонов на станциях предлагают применять метод табличного моделирования [67]. По сравнению с многочисленными положительными свойствами этого метода (возможность установления зависимости простоя вагонов от объема выполняемой работы и неравномерности ее по периодам суток, от развития структуры и технического оснащения парков и т.д.) ему свойствен недостаток, который заключается в том, что в моделировании использованы средние величины некоторых параметров, которые используются в расчетах.

Б. Дел Рио и О.А. Костенко предложили метод пошагового подбора

вариантов, эффективно используемый для планирования работы станции на небольшие промежутки времени до полутора часов. Выбор должен быть произведен среди того множества вариантов станционной работы, которые удовлетворяют требованиям специализации поездов при отправлении, в соответствии с заданным в графиком движения поездов. Внутри этого множества выбор должен падать на тот вариант, в котором обеспечивается минимальный простой вагонов и максимальное количество случаев завершения накопления вагонов на состав поезда [33].

Методические принципы планирования текущей работы сортировочных станций с использованием ЭВМ предложены в работах проф. В.А. Буянова, проф. Н.Д. Иловайского и других ученых. Они стали основой для реализации типового комплекса автоматизированной системы текущего планирования работы сортировочных станций (АСТП) в самостоятельной версии, этот комплекс входит в состав автоматизированной системы управления сортировочной станцией (АСУСС).

В 90-х годах Л.П. Тулупов и Ян Юйлиан [118] представили методику текущего планирования поездной работы технических станций, в которой планирование работы станций необходимо взаимоувязывать с планированием движения поездов на прилегающих участках. На ЭВМ необходимо каждые 3-6 часов рассчитывать подробный детальный план-график работы станции и прилегающих участков. В результате поездная работа моделируется осуществляется с использованием не средних технологических нормативов времени на выполнение различных операций технологического процесса, а оперативно рассчитываемой нормы времени зависимой от подробных параметров канала обслуживания и объекта управления, а также в зависимости от погодных условий и условий видимости. Автор методики утверждает, что используя сверхточные нормы времени на операции моделирование способно существенно повысить качество планов-графиков.

Д.Ю. Левин и В.Л. Павлов в работе [68] предложили для расчета

составообразования применять укрупненное имитационное моделирование работы сортировочных станций с помощью программных средств пакета MATLAB. При моделировании работы станции критериям может приниматься минимальное время на простой составов в ожидании ниток графика, сделавший возможным обеспечение локомотивами и локомотивными бригадами.

Также фрагменты методик описанных в источниках [15] и [68] программно использовались только в лабораториях.

ВНИИАС МПС России и НТЦ «Транссистемотехника» этапами разрабатывали систему планирования поездообразования для полигона, на которой взаимодействуют между собой несколько железнодорожных станций. [16, 122]. В данной системе реализуется диалоговый режим расчетов, который позволяет совмещать компьютерные решения и их оптимизацию, и опыт диспетчера. В системе реализованы большие возможности для оперативного управления вагонопотоками, а уровень минимума простоя поездов в ожидании локомотива, локомотивной бригады и нитки графика движения заменяется обобщенными стоимостными критериями. Но данная система не моделирует путевое развитие станций, пошаговое передвижение локомотивов и вагонов по станции с отражением занятия элементов горловин, не учитывает случайные вероятности длительности технологических операций. Возможность реализуемости рассчитанного плана работы сортировочной станции возлагается на оператора, ведущего расчет плана.

С учетом развития инфраструктуры транспорта изменились методы и методики, позволяющие учесть изменения параметров вагонопотоков в совокупности, представлены в работах проф. Бородина А.Ф. и Батурина А.П. [13].

Становление расчётов с использованием вычислительной техники

В связи с тем, что быстро развивались ЭВМ, интенсивно начали развиваться методы расчета связанные с математическим программированием и имитационным моделированием.

Математическое программирование стало широко использоваться для

решения транспортных проблем. К этому виду программирования относятся задачи транспортного типа, к более общим задачам относится *программирование линейное, нелинейное и динамическое* [57, 70, 74, 84, 93]. Поскольку программирование позволяет учитывать ограничения, то и в задачах появляется возможность учитывать ряд ограничений и решать задачи условной оптимизации. Многие исследователи, и в том числе В.М.Акулиничев и А.А.Смехов приводят в своих работах примеры применения математического программирования [6, 8, 101].

В транспортной сети используется линейное и квадратичное программирование для сетевой постановки распределения потока [26]. Решать задачи необходимо по определенной статической схеме. Тем не менее, исследования, проведенные несколькими учеными [17, 37, 59, 65, 94, 114, 117], дают возможность сделать выводы, что в реально существующих условиях наилучшим является динамический процесс.

Динамическое программирование используется для решения задачи развития железнодорожной сети в несколько этапов и уменьшения размерности вычислений многовариантных задач, примером может быть расчет плана формирования [41]. Ряд методических положений разработано в [70], для исследования оптимизационных задач на транспорте, предложены методы динамического программирования.

Опыт использования моделей математического программирования показал, что при анализе сложных транспортных систем, они весьма ограничены. Определяющей причиной является значительная взаимная связь между всеми элементами сложной системы. В практической работе не учитываются многие факторы, а это огрубление модели, из-за формализации всего одного критерия, по которому идет оптимизация, а также формулировки ограничений и отбрасывания важных факторов. В практических расчетах удается получить соотношение лишь в случае упрощения предположений, которые искажают реальную картину исследуемых процессов.

«Математическое программирование так и не стало практическим инструментом исследования процесса функционирования сложных систем, т.к. модели математического программирования оказались слишком грубыми и несовершенными для их эффективного использования», изложено в [84, 102].

За последний период все больше стал применим метод имитационного моделирования, позволяющий исследовать и анализировать сложные железнодорожных станций. В разной литературе, в отечественной и зарубежной, можно найти совершенно разные определения термина «имитационное моделирование». В качестве примера можно привести следующие определения: «численный метод проведения на ЭВМ экспериментов с моделями, описывающими поведение сложных систем в течение продолжительных периодов времени» [80], или «процесс конструирования модели сложной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью понять поведение системы либо оценить в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев, различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы» [129].

Накоплен некоторый опыт в применении имитационного моделирования в изучении сложных транспортных станций [36, 60, 61, 69, 112, 114]. Самые первые имитационные модели транспортных систем предложены учеными В.А. Персиановым и Н.С. Усковым [86 – 88]. В работах К.К. Таля описана методика моделирования для расчета параметров элементов по проектированию и развитию станций и узлов [114], которая использовалась для проектирования новой станции. В ряде работ описывался метод имитационного моделирования [3, 9, 34, 110], в которых используется как аппарат статистического моделирование. Здесь для решения некоторых задач, использованные аналитические зависимости могут отсутствовать или могут давать неприемлемые погрешности. Известные ученые Е.С. Вентцель и Н.Н. Моисеев, занимающиеся в области применения математических методов, отмечали различие от имитационного моделирования в обработке и интерпретации результатов [27, 78].

В первое время строились узкоспециализированные модели, там структура и технология системы описывалась алгоритмами, свое применение нашли стандартные алгоритмические языки. Чтобы оптимизировать структуру и технологию транспортных узлов – эти алгоритмы малоперспективны. Более эффективны имитационные системы, моделирующие транспортные системы, определенная структура и технология, которых остается неизменной [59, 61].

Впервые был реализован подход П.А. Козлова [59], в котором имитационная система представляет собой упорядоченный комплекс программ, алгоритмов, формальных и неформальных процедур. Система дает возможность создавать имитационные модели с использованием ЭВМ, при решении отдельных задач.

В имитационном моделировании определился новый этап его использования – это создание имитационных систем. Н.Н. Моисеев в своих работах говорит о том, что только имитация и распространение области применения имитационных систем может явиться основным этапом в развитии методов применения вычислительной техники, других путей внедрения вычислительной техники в процесс решения сложных проблем он не видел [77].

Основы при построении автоматизированных имитационных моделей

Несмотря на преимущества метода имитационного моделирования перед другими методами расчета и анализа работы железнодорожных станций, в данный момент, он так и не стал основным методом расчета в практической работе. Изначально основное ограничение на практическое применение имитационных моделей играла слабая материальная база используемых ЭВМ. Этапы развития параметров и характеристик имитационного моделирования, позволили реализовывать сложные модели на вычислительной технике. Например, имитационная система «ИСТРА» [52 – 54, 59], которая позволяет осуществлять моделирование реальных транспортных объектов с разветвленной структурой и сложной технологией.

В настоящее время основным средством описания моделируемого объекта

являются специализированные языки моделирования, которые по своей структуре и возможностям весьма близки к языкам программирования. Принципиальная схема процесса создания имитационной модели предложена в [1]. Использование языка моделирования возлагает на пользователя практически все операции по созданию имитационной модели – от получения данных о системе до составления программы, оставляя за ЭВМ только непосредственное проведение экспериментов. Практика показывает, что именно этот момент служит основной причиной слабого распространения имитационного моделирования, как метода расчета станций в практической работе. Являясь мощным средством для создания моделей, в применении языков моделирования имеется несколько недостатков:

- по мере увеличения сложности моделируемых объектов значительно возрастает трудоемкость и затраты времени на построения моделей (формальное описание элементов моделируемой системы и взаимодействия между ними, составление алгоритмов работы модели и т.д.) и применение их для решения практических задач (ввод данных в компьютер, анализ результатов);
- изменения, которые необходимо вносить в результате исследования, требуют в трудоемкой работы по настройке модели;
- опыт построения каждой новой модели станции весьма индивидуален и мало соответствует при моделировании других сложных объектов;
- пользователю необходимы некоторые специальные знания программирования, и постановки заданной задачи и пр.

Перечисленные недостатки существенно влияют на область применения и уменьшают применение имитационных моделей для проектирования сложных систем в практике. Основным мощным и самым эффективным методом создания имитационных моделей являются языки компьютерного моделирования, используемые определенным кругом специалистов-компьютерщиков для решения научных и научно-технических задач.

Успехи достигнутые в моделировании с применением средств

вычислительной техники часто, создают заблуждение, что использование современных средств ЭВМ обеспечивает возможность исследования системы любой сложности. Так в основу модели, любой сложности, положено очень трудоемкое промежуточное изучение явлений, связанное с затратами времени и финансовыми ресурсами, имеющихся в объекте – оригинале, а за частую этот факт игнорируется. Достижение моделирования реального объекта напрямую зависит от того, насколько без ошибочно проведена их формализация и алгоритмизация, и насколько подробно изучены реальные явления.

Для пользователей не владеющих определенными знаниями языков программирования должны разрабатываться наиболее удобные и простые средства для создания моделей и пользования компьютером. Пользователю на этапе построения и программирования моделей необходимы специальные программные средства, легко настраивающиеся на разные предметные области, соответствующие задачам моделирования, допускающие применение общепринятых терминов и методов ее описания [1]. Таким образом, необходимо создавать современные средства автоматизации имитационного моделирования, позволяющие значительно уменьшать трудозатраты и время, затраченное на построение модели; снижать требования для пользователя до уровня его профессионального опыта и знаний, а также общих необходимых навыков работы на компьютере [45, 84]. И сегодня проблема уменьшения времени на построение моделей и сокращения трудоемкости ручных работ оказывается весьма актуальной [19]. Эти высказывания подтверждаются и при анализе зарубежных исследователей, так например, в своих работах Е. Киндлер говорит: что «современное применение вычислительной техники требует не только использования быстродействующих ЭВМ, но и такой же скорости программирования» [55].

При создании больших и сложных систем компоненты их разрабатываются разными группами ученых, использующие средства моделирования для того, чтобы проводит анализ и синтез отдельных групп подсистем [29, 124]. Вместе с

тем разработчикам требуется оперативный доступ к программным и техническим средствам компьютерного моделирования для быстрого обмена результатами моделирования в отдельных подсистемах. В результате, появилась потребность для формирования *диалоговых систем моделирования*, для них присущи следующие особенности:

- пользователям необходим доступ к программно–техническим ресурсам системы моделирования (базы данных, пакеты прикладных программ моделирования);
- возможность одновременной работы нескольких пользователей, занимающихся разработкой нескольких систем;
- установки физического и натурного моделирования, а также элементов реальных систем;
- обеспечение диалоговых режимов работы с разными вычислительными машинами и их устройствами, в том числе аналоговые и цифровые машины;
- диспетчерская работа в *системе моделирования* и оказание разнообразных услуг пользователям, включая самообучение работе с диалоговой системой моделирования при обеспечении удобного интерфейса [28].

Выводы к главе 1

1. Транспортные системы имеют сложную структуру и технологию, на показатели работы влияет взаимодействие случайных процессов и управление, поэтому они трудно поддаются расчету.

2. Исторически первыми методами расчета транспортных систем были аналитические – детерминированные и вероятностные. Однако они не могли корректно отобразить влияние на показатели работы системы сложной структуры,

технологии и управления. Графические методы частично дополняли их, но терялось взаимодействие случайных процессов и появлялись другие трудности. Поэтому возникла необходимость в имитационном моделировании.

3. Анализ методов расчета железнодорожных станций и возможностей их применения определил, что только имитационное моделирование сложных исследуемых проектируемых станций в условиях усложнения технологического процесса, может в полной мере учитывать все требования, которые предъявляются к методам расчета станций, и способно дать о реальном объекте адекватную картину.

4. Анализ показывает, что систематическое применение методов имитационного моделирования для расчета и исследования проектируемых транспортных систем может быть, если системы моделирования будут иметь подсистемы САПР достаточно высокого интеллектуального уровня. Это облегчает процесс построения модели, предохраняет исследователя от совершения многих ошибок и избавляет его от рутинной работы.

ГЛАВА 2. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Значение имитационной экспертизы проектов развития железнодорожных станций

2.1.1 Проблема оценки проекта

В *Транспортной стратегии до 2030 г.* отмечается, что «*сегодняшние объемные и качественные характеристики транспорта, особенно его инфраструктуры, не позволяют в полной мере и эффективно решать задачи растущей экономики*» [116] и поставлена задача интенсивного развития транспортной инфраструктуры [44].

Экономическое взаимодействие остается наилучшим только в тот момент, когда оно обеспечивается эффективными и основательными транспортными связями [116]. Специалисты понимали это уже в 30-е годы прошлого столетия. Профессор С.В. Земблинов в книге «Станции и узлы», изданной в 1934 г., говорит, что постановление «О работе железнодорожного транспорта» требует «прекращения дальнейшего лимитирования транспортом роста социалистического хозяйства страны».

В настоящее время, эта проблема стоит на первом месте, из-за того, что в рыночной экономике потоки стали значительно многоструйными и для разного рода струй предъявляются разные требования по пропуску поездов, а размеры переработки на одни и те же величины потока существенно увеличиваются. Таким образом, необходим резерв пропускной способности линий и перерабатывающей способности станций.

Но технологический анализ проектных решений основывается на значительно устаревшей *Инструкции по проектированию станций и узлов 1978 г.* [39], где перерабатывающая способность определяется по формулам типа

$$n = \frac{1440m - \sum T_{\text{пост}}}{t_{\text{зан}}}, \quad (2.1)$$

где m - число путей в парке,

$t_{\text{зан}}$ - время занятия пути поездом,

$\sum T_{\text{пост}}$ - технологические перерывы в работе.

А сложная технология структуры транспортных объектов, а также взаимодействие многоструйного потока принимается в расчет с учетом коэффициента ρ , на который возлагается совсем трудная задача: «в условиях внутрисуточной неравномерности движения грузовых поездов, разной продолжительности выполнения одних и тех же операций с конкретными составами, неравномерности поездообразования, влияния смежных устройств, возникновения отказов технических устройств и действия других объективных факторов станционные пути должны обеспечивать устойчивую работу станции с высокой эксплуатационной надежностью. Влияние указанных факторов оценивается технически необходимой долей пропускной способности ρ » [40].

В структуре «узкое место» устанавливается по самому загруженному элементу. Расчеты показывают, что это верно далеко не всегда [46, 54]. Вот как выглядит, например, соотношение занятости стрелок и величины задержек из-за них на одной из сортировочных станций (рисунок 2.1).

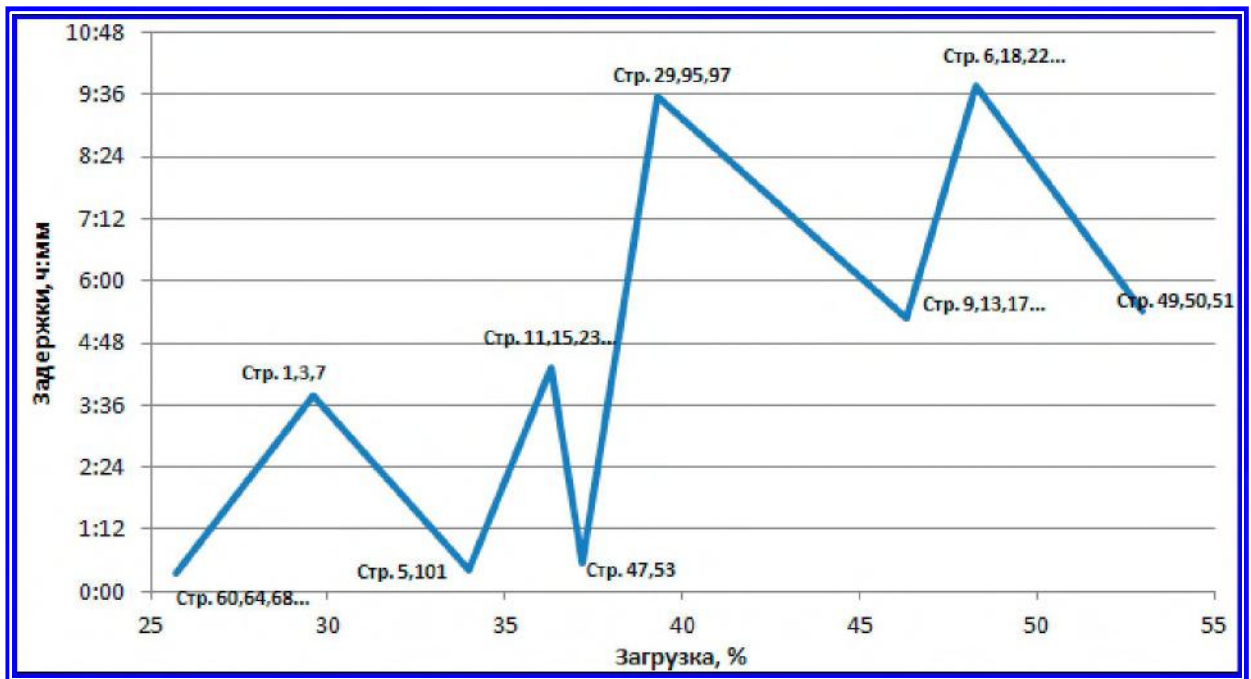


Рисунок 2.1 – Зависимость между загрузкой стрелок и задержками из-за них

Параметры взаимодействия потока, структуры и технологии на крупных станциях и в узлах настолько сложны и нелинейны, что корректно описать их аналитическими формулами невозможно. К тому же потоки чаще всего *смешанные, частично случайные, частично управляемые*, для которых и формулы ещё не придуманы.

Единственным адекватным методом является имитационное моделирование, которое превосходит все известные методы расчета (рисунок 2.2).

Это понимали проектировщики уже и во время разработки основной Инструкции. В *Справочном и методическом руководстве по проектированию железнодорожных станций и узлов 1981 г.* [96] говорится:

«проверку загрузки отдельных устройств и оценку других технико-эксплуатационных показателей узлов ... и станций следует выполнять методом моделирования на ЭВМ».

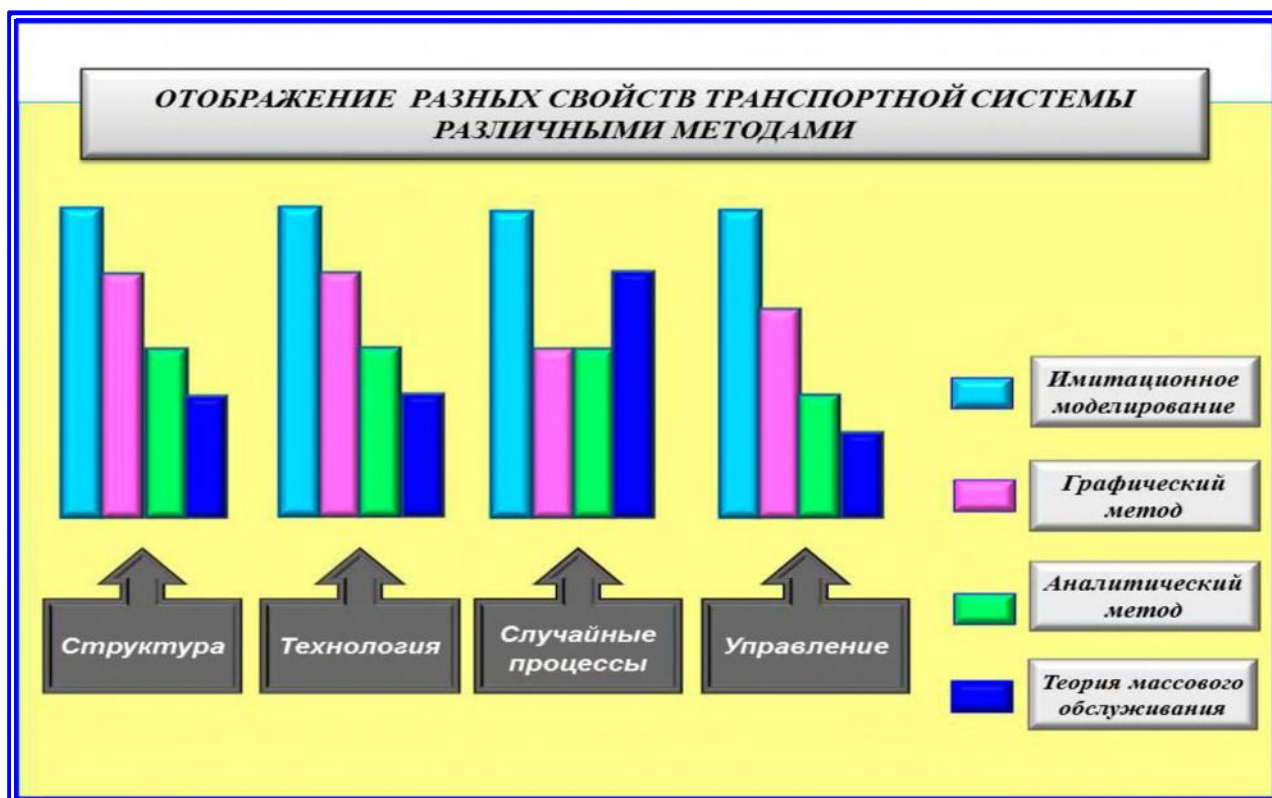


Рисунок 2.2 – Отображение разных свойств транспортной системы различными методами

Однако это было только хорошее пожелание, чем реальное воплощение в действительность. Полное и подробное описание модели крупной станции со всеми вариантами выполнения операций, с представлением описания всех элементов и параметров их использования составляет 600 – 700 тыс. строк. Вручную это сделать невозможно [45].

Только в настоящее время, когда появились мощные системы моделирования с подсистемами автоматизированного построения, возникла реальная возможность технологической оценки будущих станций и узлов на компьютерных моделях, то есть проведение *имитационной экспертизы проектов*. Это стандартная процедура транспортного проектирования в экономически развитых странах. Это всё более осознается и в нашей стране. В Транспортной стратегии [116] в задачи ее научного обеспечения включается:

«проведение имитационной экспертизы инвестиционных проектов развития транспортной инфраструктуры (в особенности проектов развития

крупных транспортных узлов), в том числе разработка методологии проведения имитационной экспертизы, создание имитационных систем, позволяющих моделировать системы различных видов транспорта, разработка подробных моделей проектируемых транспортных систем, разработка динамических имитационных моделей транспортных потоков для оценки эффективности вариантов развития транспортной инфраструктуры, комплексное исследование на моделях функционирования проектируемых транспортных объектов с выдачей их реальной пропускной способности, "узких мест" и показателей работы, а также разработка предложений по корректировке проектов на основании имитационной экспертизы».

Аналогичное требование выдвигает и *Постановление правительства РФ от 30 апреля 2013 г. №382 «О проведении публичного технологического и ценового аудита крупных инвестиционных проектов с государственным участием...».*

Важность научной экспертизы подчеркивает президент РАН В.Е. Фортов – «в Америке до двадцати процентов стоимости проекта тратится на стадию экспертизы, оценки» [121].

2.1.2 Сущность имитационной экспертизы

Имитационной экспертизой является системное исследование, которое проводится с помощью экспериментов на модели, дающих возможность получить подробные параметры объекта как системы («узкие места» технологии работы и структуры, параметры определяющие время присутствия транспортных средств в системе с разбиением по отдельным операциям, пропускную способность), а также полную характеристику и взаимодействие всех элементов (полную и полезную загрузку железнодорожных путей, стрелок, локомотивов, устройства сортировочные и грузовые), межоперационные простои и задержки по причине занятости элементов, возникающих при выполнении операций. Под моделью понимается *имитационная модель*, то есть компьютерная модель, которая должна

подробно отображать структуру объектов и технологию работы, позволять выполнять эксперименты, близкие к действительности, и получать обязательный комплект параметров для оценки эффективности проекта. В имитационной модели должны наиболее подробно описываться случайные колебания входящих потоков и параметры работы некоторых устройств, в особенности диспетчерское управление потоками [45, 109, 115].

Основной задачей исследования является установление, будут ли соответствовать параметры станции ранее заданным в проекте (время прохождения потока по отдельным струям, пропускная способность). Также принципиально установить, соответствие предложенной технологии к её структуре, «узкие места» структуры объекта, качество полезного использования транспортного обслуживания терминалов. По результатам исследования должны выдаваться рекомендации по оптимизации структуры и технологии, а также по совершенствованию пропуска и переработки вагонопотоков вновь спроектированного объекта [109].

2.2 Требования к модели

Отображение структуры. В модели структура должна отображаться максимально подробно, в связи с тем, что укрупнение элементов структуры может приводить к искажению реальной картины, к ним относятся и стрелки, локомотивы, пути [109].

Отображение технологии:

1. Технология представляется в виде элементарных операций.
2. Операция – является частью технологического процесса, которая не должна разбиваться на части. Операция в процессе должна начинаться и заканчиваться (прием поезда на станцию, процесс расформирование,

местная работа)

3. Технологический процесс представляется в виде разветвленной последовательности операций, которые ограничиваются некоторыми условиями (так в сортировочном парке операция формирования завершена, значит должна начаться операция перестановки в парк отправления).

Условия задания параметров работы устройств. Расчетным путем получаем время занятости различных устройств в различных операциях (в расчетах, возможно, использовать данные о работе подобных объектов). Также необходимо корректно отображать и все возможные параметры эксплуатации устройств в операциях, в особенности случайные колебания продолжительности.

Отображение диспетчерского управления. Управление очень сильно влияет на использование устройств, если не принимать управление то, это приведёт к увеличению резервов технических средств. Необходимо, чтобы в модели отражалась адаптивность технологии реального объекта, это обеспечивается применением диспетчерского управления.

Требования, предъявляемые к проведению экспериментов

При моделировании объекта период должен проводиться на несколько суток, для того чтобы получить устойчивые и точные результаты с учетом неравномерности. При обработки статистики получаются среднесуточные результаты. Задачей исследования является формирование набора результатов экспериментов.

Требования, предъявляемые к результатам моделирования

В модели должны подробно описываться техническая характеристика объекта, пропускная способность и другие особенности системы, в особенности количественная и качественная характеристика системы, и технология работы системы. Для эффективного усовершенствования структуры и оптимизации технологии работы объекта основой должны стать результаты моделирования [45, 109, 124].

2.3 Требования к аппарату моделирования

В виду того, что опыт моделирования показывает, что при полном и подробном описании в модели структуры, её технологии и управления крупной станции, имеется массив, состоящий из 600 – 700 тысяч строк. Поэтому система моделирования должна иметь подсистему автоматизированного построения процесса модели. Наиболее развитой имитационной системой является в настоящее время система ИСТРА [46, 53, 62]. Поэтому принципы построения аппарата для интерактивного исследования будем рассматривать на её примере. Однако, для интерактивного моделирования её надо развивать. Система ИСТРА имеет три подсистемы (рисунок 2.3). Важно, что система имеет развитую подсистему автоматизированного построения [45].

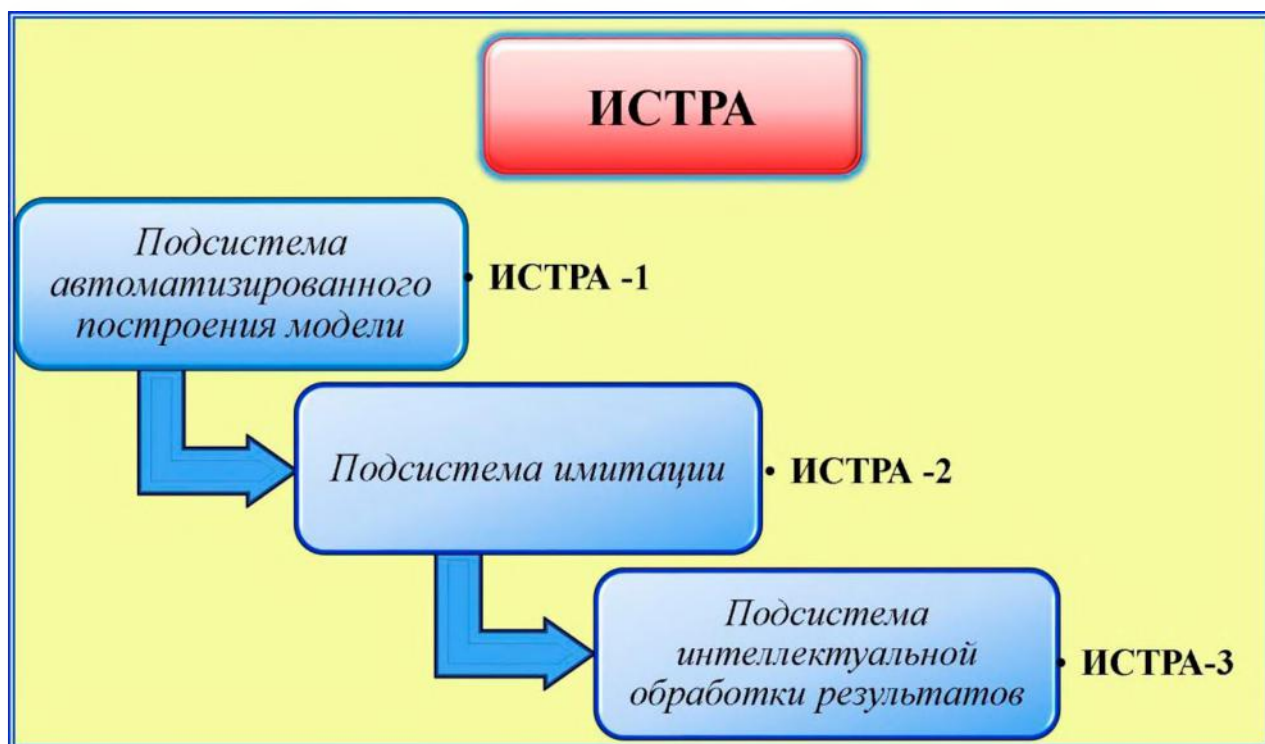


Рисунок 2.3 – Структура имитационной системы ИСТРА

Основную часть работы по описанию модели необходимо, чтобы выполняла подсистема автоматизированного построения модели, тем самым освобождая человека от рутинной работы. Функции самой подсистемы очень сложные

(рисунок 2.4). В подсистеме отображается структура и технологический процесс, а также, что очень важно описывается диспетчерское управление. Сервис для того, чтобы отладить модель и проводить эксперименты должен быть более развитый. Из практического опыта, достаточно много времени, более 90%, затрачивается на отладку модели.

Поэтому в подсистеме присутствуют соответствующие блоки, определяющие её структуру (рисунок 2.5).

Первый блок – это «Дизайнер», в котором в автоматизированном режиме создаются компьютерные версии схемы путевого развития и технологических операций процесса работы станций [62].

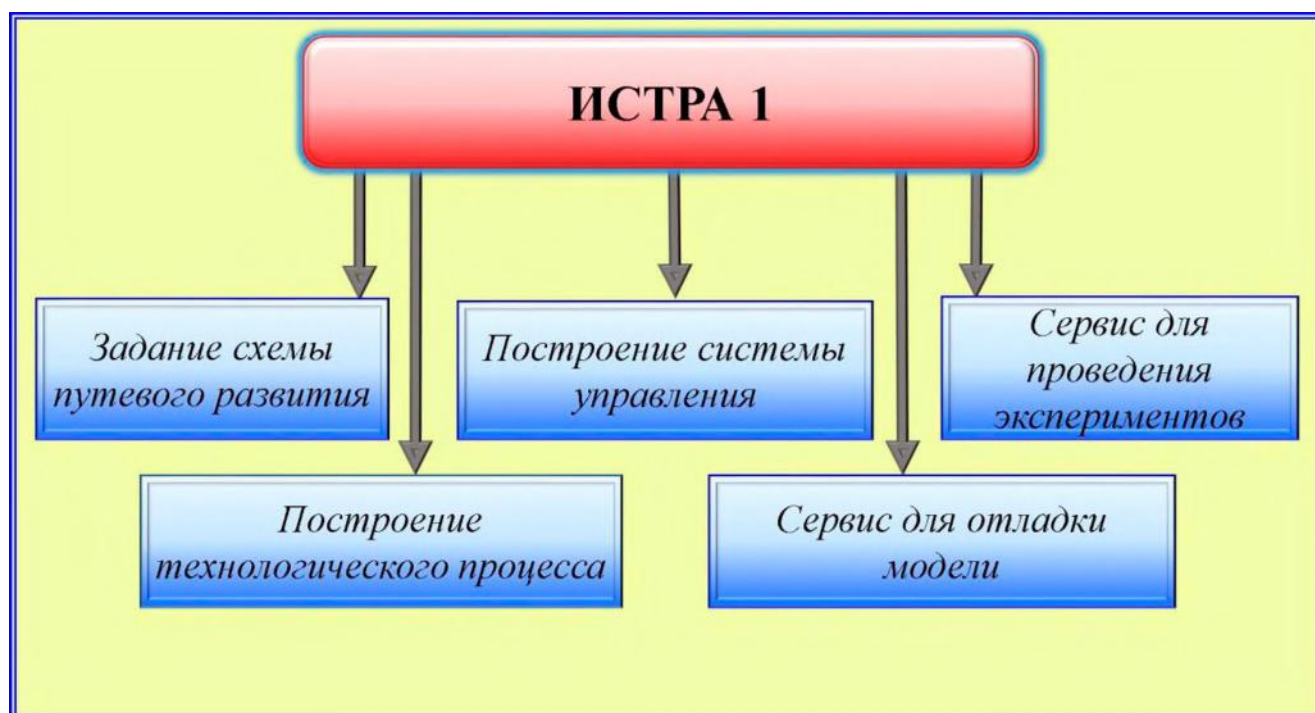


Рисунок 2.4 – Задачи подсистемы автоматизированного построения модели

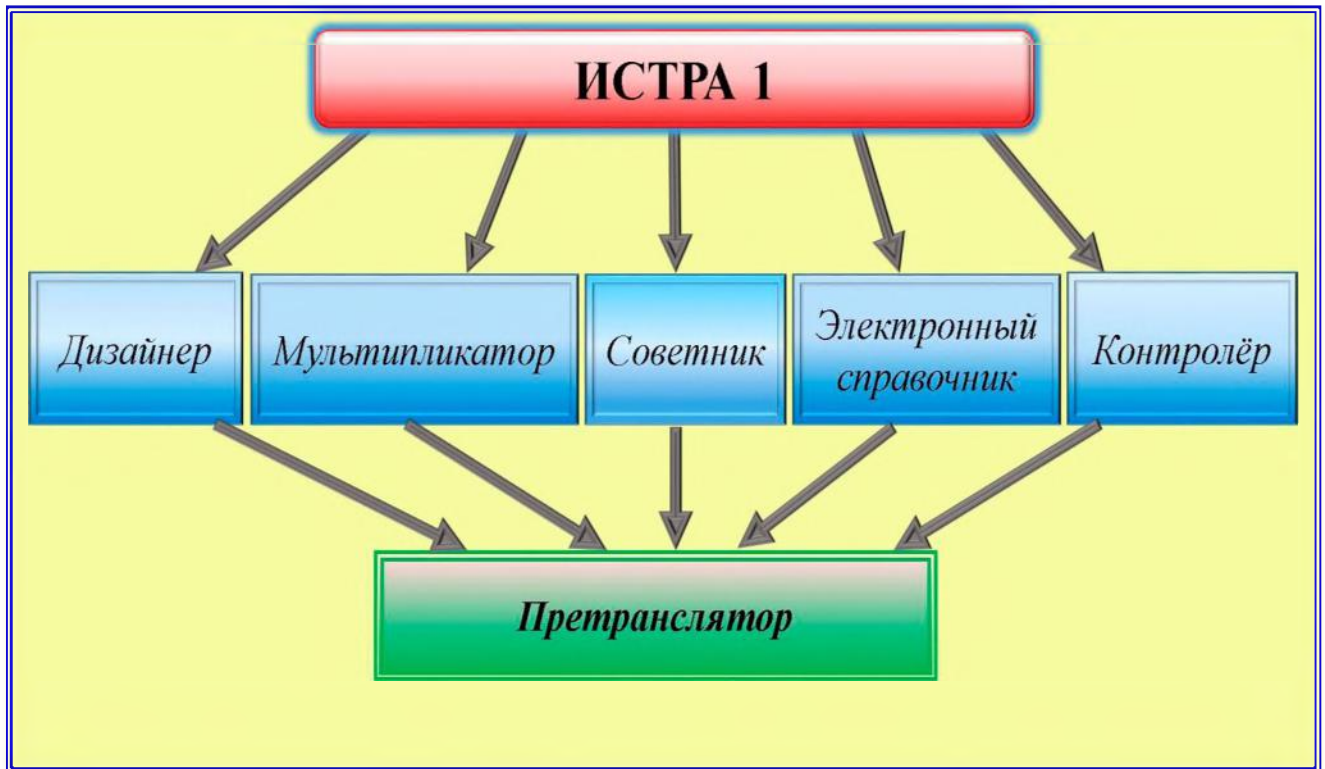


Рисунок 2.5 – Структура ИСТРА-1

Второй блок «Мультипликатор», который необходим для автоматического записывания всех параметров участвующих элементов и находит все возможные варианты выполнения операций.

Третий блок «Советник» для накопления опыта работы с различными моделями и дает неопытному пользователю необходимые рекомендации (например, как отображать технологию работы и управляющую деятельность диспетчера).

Четвертый блок «Электронный справочник», содержащий различные данные о параметрах станций, технологических процессах, нормативы времени на выполнение операций и т.д.

Пятый блок «Контролёр» должен определять ошибки сделанные пользователем в ходе построения технологии работы станции и самое главное проверять правильность построения модели [62].

В подсистеме имитации осуществляется само моделирование, и в этой подсистеме накапливаются все результаты (рисунок 2.6). Там возникает

динамическая очередь заявок на выполнение операции, учитывается время их поступления с учетом их приоритетов, имитируется выполнение следующей операции с выбором оптимального варианта, определяется занятость путей, групп стрелок, различных локомотивов, грузовых фронтов, бригад. В результате подсистема создает исходный массив результатов, который в последствии необходимо обработать.



Рисунок 2.6 – Структура подсистемы имитации

Подсистема интеллектуальной обработки результатов также должна быть в имитационной системе (рисунок 2.7).

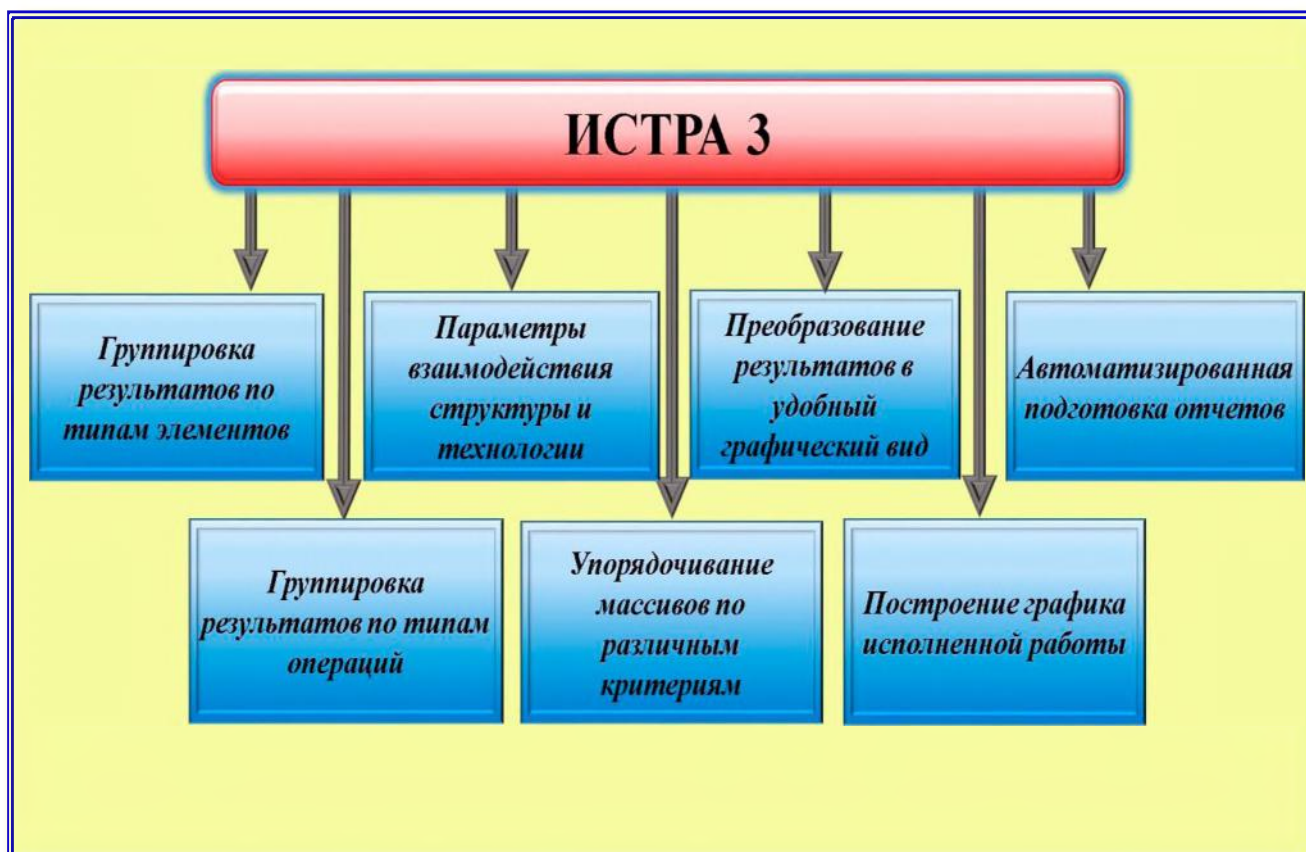


Рисунок 2.7 – Структура подсистемы интеллектуальной обработки результатов

Пользователю должен предоставляться полный набор операций, которые он переведет в компьютерную реализацию, с помощью блока «Дизайнер».

Для начала работы необходим «Редактор путевого развития», который имеет инструментарий для рисования, стирания и корректировки схемы станции (рисунок 2.8). Это самые простые операции [62].

После чего схема станции будет представляться в виде различных элементов модели. Элементами здесь могут быть пути станции, сортировочные и грузовые устройства, бригады по обработке составов, локомотивы, а также группы стрелок [125]. Стрелки, которые участвуют во всех операциях, т.е. используются вместе, включаются в отдельную группу (заняты фактически, либо по враждебности). «Дизайнер» сам разбивает схему железнодорожной станции, по следующим принципам [62].

I – «занято».

Условием разбиения принимается наименьшее число элементов на схеме [45, 62, 76, 83, 84]. Таким образом, имеются последующие *ограничения*:

– все части схемы путевого развития должны быть представлены в элементах:

$$P \cup R \cup L \equiv E, \quad (2.3)$$

где P, R, L - множества перегонов, путей и стрелок;

E - множество элементов.

Конкретный i -ый перегон, путь, стрелка, а также элемент обозначаем через p_i, r_i, l_i, e_i ;

– все реально возможные передвижения должны быть возможны на схеме после её разбиения на отдельные элементы:

$$\forall x | x = (\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle) \Rightarrow \exists y | y = (\langle e_\alpha^{ry} \rangle, \langle e_\beta^{ly} \rangle, \langle e_\gamma^{py} \rangle) \quad (2.4)$$

где $\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle$ - элементы множеств перегонов, путей, стрелок на схеме до разбиения на элементы;

$\langle e_\alpha^{ry} \rangle, \langle e_\beta^{ly} \rangle, \langle e_\gamma^{py} \rangle$ - элементы, отображающие перегоны, пути, стрелки на схеме после разбиения на элементы;

x, y - передвижения, которые соответствуют реальной схеме и схеме после её разбиения на элементы;

– все передвижения, происходящие одновременно должны быть возможны после разбиения на элементы:

$$\begin{aligned} \forall x \forall z \exists (x, z) \left(\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle \right) \cap \left(\langle r_o^z \rangle, \langle l_p^z \rangle, \langle p_q^z \rangle \right) = 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow \exists (v, w) \left(\langle e_\alpha^{rv} \rangle, \langle e_\beta^{lv} \rangle, \langle e_\gamma^{pv} \rangle \right) \cap \left(\langle e_\delta^{rw} \rangle, \langle e_\varepsilon^{lw} \rangle, \langle e_\phi^{pw} \rangle \right) = 0 \end{aligned} \quad (2.5)$$

где $\left(\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle \right); \left(\langle r_o^z \rangle, \langle l_p^z \rangle, \langle p_q^z \rangle \right)$ - маршруты передвижений на реальной схеме;

$\left(\langle e_\alpha^{rv} \rangle, \langle e_\beta^{lv} \rangle, \langle e_\gamma^{pv} \rangle \right); \left(\langle e_\delta^{rw} \rangle, \langle e_\varepsilon^{lw} \rangle, \langle e_\phi^{pw} \rangle \right)$ - маршруты передвижений на схеме после разбиения на элементы;

x, z - номера передвижений, соответствующие реальной схеме;

v, w - номера передвижений, соответствующие схеме после разбиения на элементы;

- все передвижений невозможных одновременно должны быть невозможны на схеме:

$$\begin{aligned} \forall x \forall z \exists (x, z) \left(\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle \right) \cap \left(\langle r_o^z \rangle, \langle l_p^z \rangle, \langle p_q^z \rangle \right) \neq 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow \exists (v, w) \left(\langle e_\alpha^{rv} \rangle, \langle e_\beta^{lv} \rangle, \langle e_\gamma^{pv} \rangle \right) \cap \left(\langle e_\delta^{rw} \rangle, \langle e_\varepsilon^{lw} \rangle, \langle e_\phi^{pw} \rangle \right) \neq 0 \end{aligned} \quad (2.6)$$

где $\left(\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle \right); \left(\langle r_o^z \rangle, \langle l_p^z \rangle, \langle p_q^z \rangle \right)$ - маршруты передвижений на реальной схеме;

$\left(\langle e_\alpha^{rv} \rangle, \langle e_\beta^{lv} \rangle, \langle e_\gamma^{pv} \rangle \right); \left(\langle e_\delta^{rw} \rangle, \langle e_\varepsilon^{lw} \rangle, \langle e_\phi^{pw} \rangle \right)$ - маршруты передвижений на схеме после разбиения на элементы;

x, z - номера передвижений на реальной схеме;

v, w - номера передвижений на схеме после разбиения на элементы;

- все виды передвижений невозможных должны быть невозможны на схеме после разбиения на элементы:

$$\forall -x \mid x = (\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle) \Rightarrow \neg \exists y \mid y = (\langle e_\alpha^{ry} \rangle, \langle e_\beta^{ly} \rangle, \langle e_\gamma^{py} \rangle), \quad (2.7)$$

где $\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle$ - маршруты передвижений на реальной схеме;

$\langle e_\alpha^{ry} \rangle, \langle e_\beta^{ly} \rangle, \langle e_\gamma^{py} \rangle$ - маршруты передвижений на схеме после разбиения на элементы;

x, y - номера передвижений на реальной схеме и на схеме после разбиения на элементы.

Технологический процесс задается в виде последовательности операций. Между ними могут вставляться условия, при которых одна операция порождает следующую операцию [45, 83, 84].

Вариантов выполнения операция может иметь много (рисунок 2.9). Иногда вариантов более 100 (когда маршрут имеет две переменны движения и несколько путей начала и конца операции). При этом можно посмотреть на схеме путевого развития каждый вариант (рисунок 2.10).

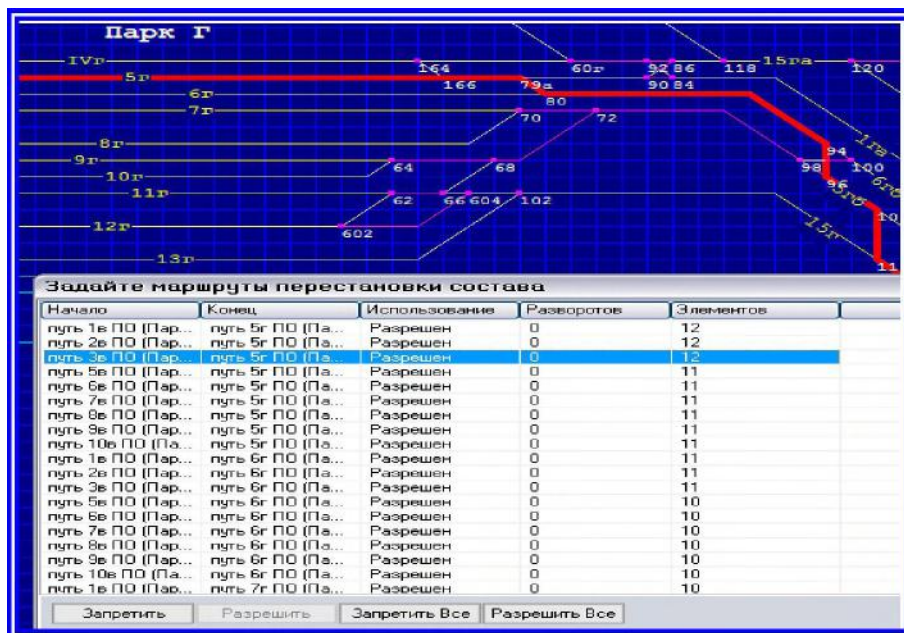


Рисунок 2.9 – Варианты операции «перестановка состава»

задаваться и обратные технологические связи. Таким образом, после выполнения операции с исходной ссылкой в очередь заносится заявка на операцию с конечной ссылкой. Значок логического условия может стоять перед операцией. Условия могут приниматься самые различные, в том числе состоящие из комбинации: «и» и «или». Например, операция «окончание формирования» включается в действие, если накопился состав после операции «ропуск» [62].

Операции могут иметь приоритеты, а каждый приоритет должен иметь глубину действия. Обычно, чем выше приоритет, тем больше его глубина. То есть действие приоритета рассматривается только в том случае, если момент поступления заявки попадает в период от текущего модельного времени до окончания глубины приоритета. Глубина рассчитывается из условия, что даже самая продолжительная операция, враждебная операции с приоритетом, должна успеть закончиться. Так как случайный разброс существует в продолжительности выполнения операций и во времени предполагаемого начала операции с приоритетом, то надо учитывать вероятностные составляющие [45, 62, 83, 84].

Тогда глубина действия приоритета τ будет равна

$$\bar{\tau} = M^* + 2\delta^* + 2\bar{\delta}, \quad (2.7)$$

где M^* - математическое ожидание времени выполнения операции с меньшим приоритетом;

δ^* - среднеквадратическое отклонение операции с меньшим приоритетом;

$\bar{\delta}$ - среднеквадратическое отклонение для операции с более высоким приоритетом.

Считается для операции с наибольшей продолжительностью

$$(M^* + 2\delta^*) = \max_i \{M_i^* + 2\delta_i^*\}. \quad (2.8)$$

В очереди заявки упорядочиваются не с учетом увеличения времени поступления, а с учётом приоритетов.

Модель для интерактивного моделирования будет иметь много дополнительных разветвлений, так как она должна отражать возможность и автоматизированного, и ручного принятия решений. Перед разветвлением будет находиться условие, где задаются границы для некоторого индикатора. Автоматизированное управление должно отображать всю адаптивность, которую можно предвидеть до глубокого исследования. На рисунке 2.11, например, показан фрагмент из схемы технологического процесса, где заданы условия и операция вызова локомотива резервом.

Модель может иметь различные режимы работы, предусматривающие различные наборы условий для перехода на ручное управление (рисунок 2.12, рисунок 2.13). На рисунке 2.14 показано разделение на автоматизированное и ручное принятие решения о повторном роспуске с отсечного пути. Разделяет их номер режима, заданного в условиях. По одному режиму модель пойдет по верхней автоматизированной цепочке. В условии кроме номера режима задано число вагонов на отсечном пути, при превышении которого включается в очередь операция перестановки состава для роспуска. При другом заданном в эксперименте режиме в действие включается нижняя цепочка. Модель останавливается. Операцию перестановки состава (обведена, синим цветом) включает или не включает в очередь технолог. После включения следует автоматически заезд локомотива, роспуск и обгон локомотива.

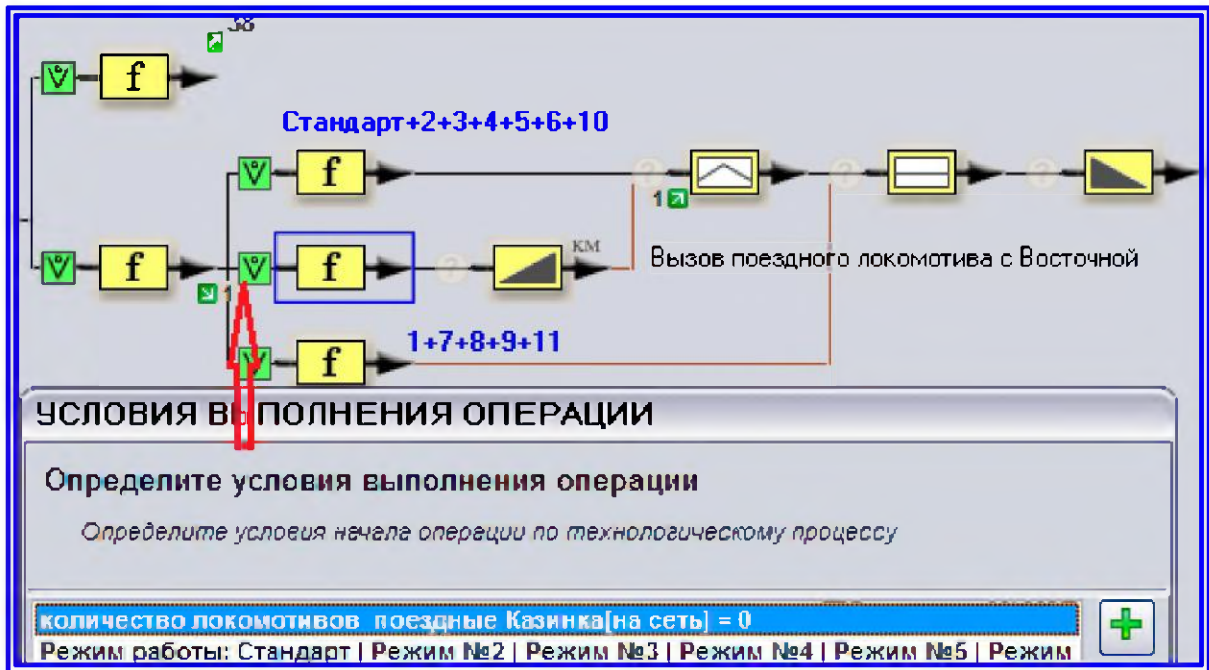


Рисунок 2.11 – Имитация управляющего решения (вызов локомотива)

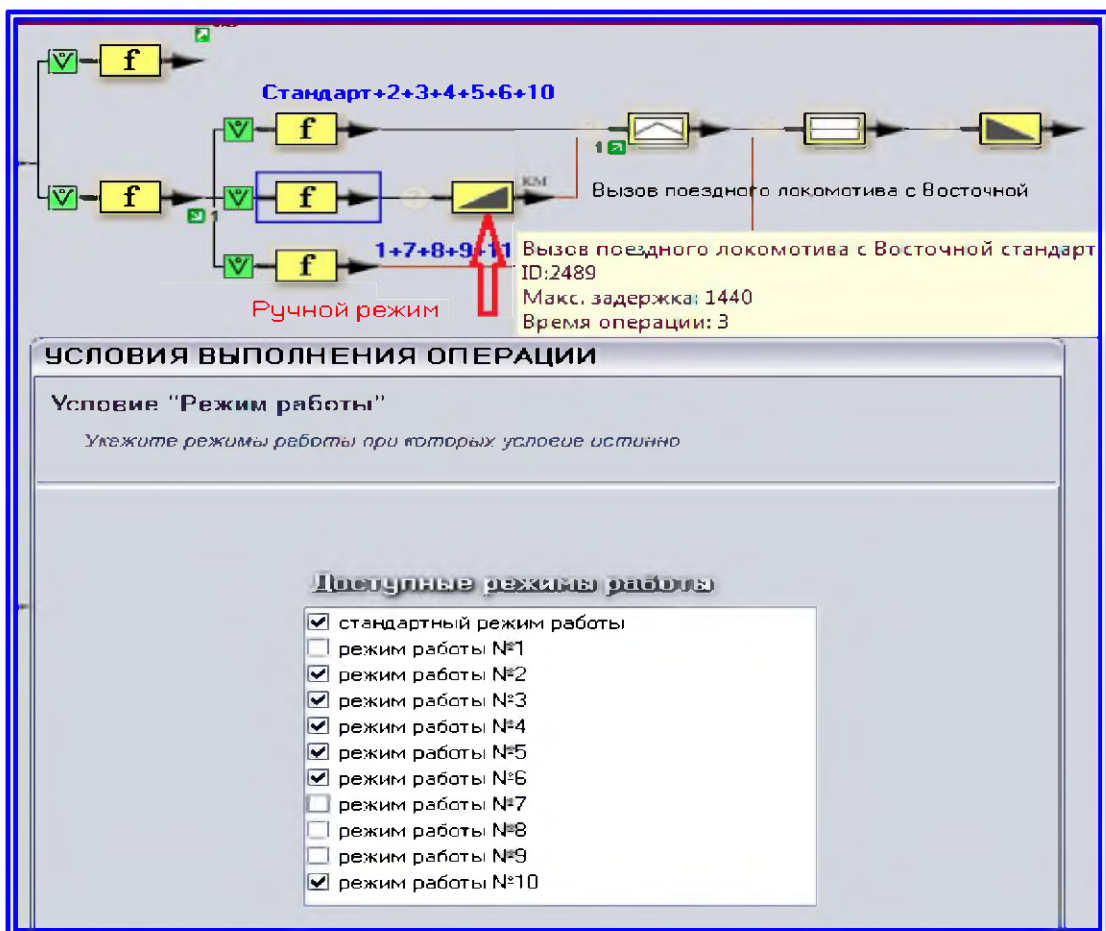


Рисунок 2.12 – Режимы работы, предусматривающие автоматизированное и ручное управление

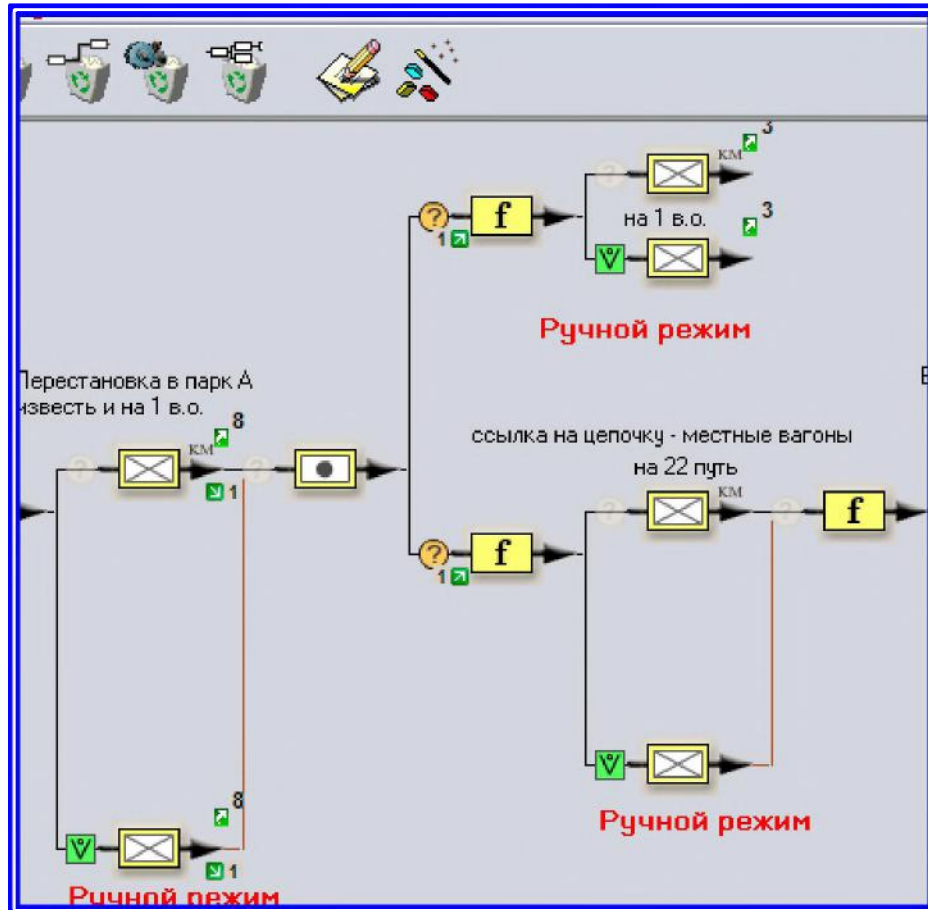


Рисунок 2.13 – Сочетание автоматизированного и ручного управления

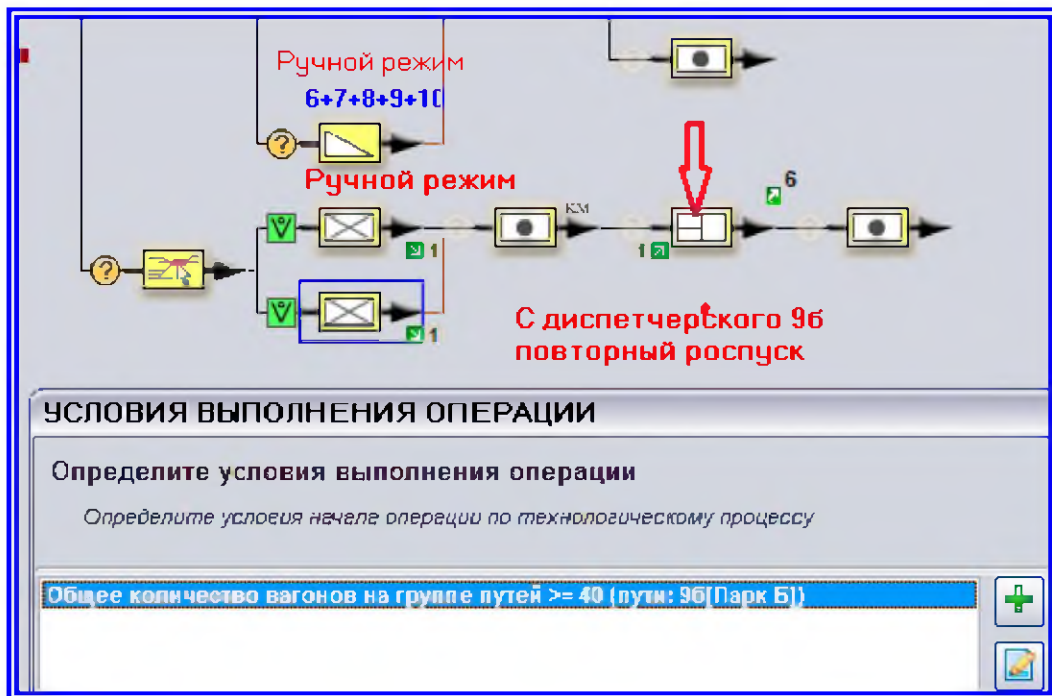


Рисунок 2.14 – Различные способы принятия решения о повторном роспуске

После построения подсистема Контролёр проверяет корректность модели (рисунок 2.15).

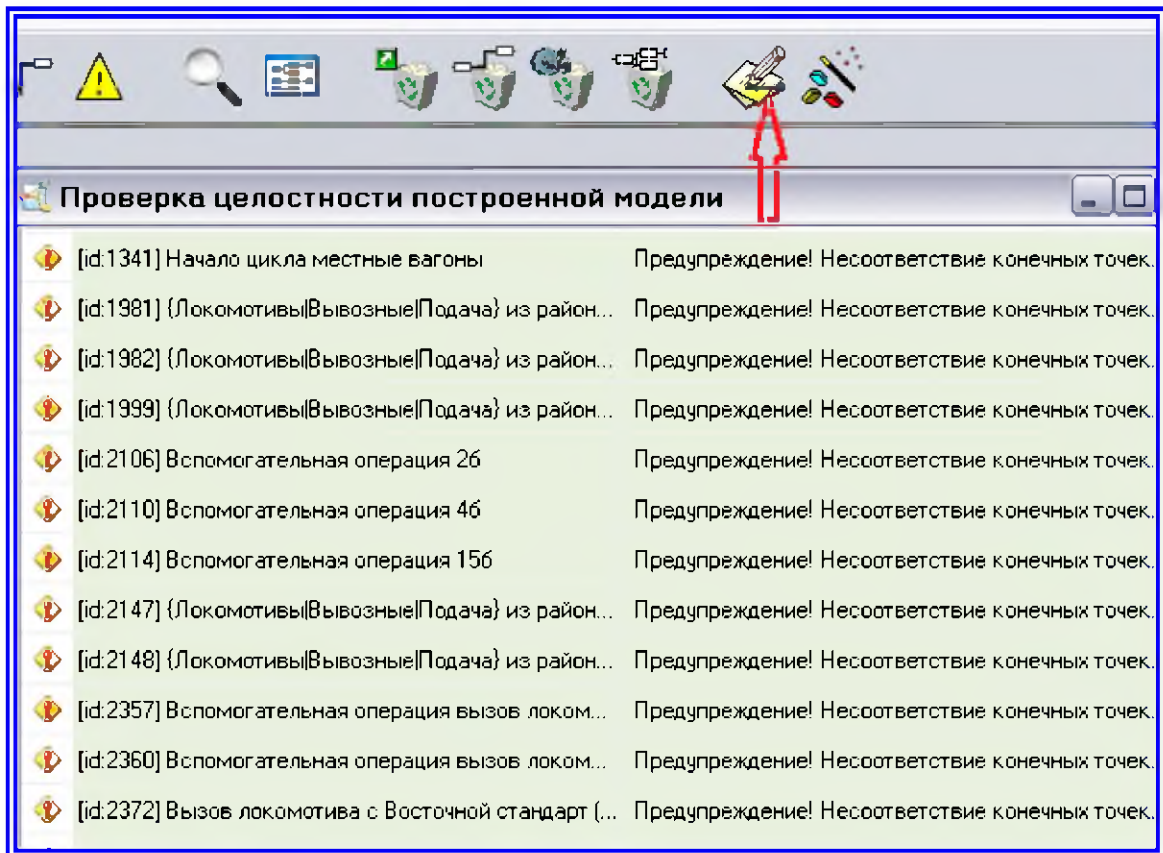


Рисунок 2.15 – Проверка контролером правильности построения модели

Таким образом, имитационная модель с разветвлениями в технологических цепочках для автоматического и ручного управления обеспечивает процесс интерактивного моделирования.

Выводы к главе 2

1. В современной рыночной экономике проблема расчета и оптимизации транспортных систем существенно усложнилась. Возрастает динамика экономических связей, а, значит, и транспортных. Из-за наличия многих

собственников подвижного состава стал более громоздким процесс переработки вагонопотоков. Труднее стало корректно оценить проекты развития транспортной инфраструктуры, ибо стандартные методы не позволяют отобразить структурную и технологическую сложность объекта.

2. Анализ показал, что для решения этой задачи наиболее адекватным методом является имитационное моделирование. Однако даже его возможностей в современных условиях недостаточно. Так как для реальной оценки перерабатывающей способности проектируемого объекта необходимо отобразить его возможную адаптивность. Но трудно предвидеть весь набор возникающих ситуаций и соответствующих адекватных реакций. Дальнейшим этапом в развитии в развитии этого подхода является интерактивное моделирование, которое сочетает возможности компьютера и человека.

3. Полное описание в модели структуры транспортного объекта, его технологии со всеми возможными вариантами выполнения операций и участвующими элементами, а также адаптивного управления представляет собой большой массив из сотен тысяч строк. Это трудно выполнить вручную. Поэтому имитационная система для интерактивного моделирования должна иметь систему автоматизированного построения.

4. Схема технологического процесса должна иметь разветвления для автоматического и ручного управления, которая обеспечивает включение человека в процесс принятия решений в труднопредсказуемых ситуациях.

3 ВЫБОР ИНДИКАТОРОВ СОСТОЯНИЯ И КРИТЕРИЕВ ОСТАНОВКИ МОДЕЛИ

3.1 Принципы выбора индикаторов

Состояние станции в процессе работы можно оценить набором некоторых параметров, такими как число вагонов на станции, в отдельных парках, число вагонов определенного типа или с определенным грузом, число работающих маневровых локомотивов и др. Среди многих параметров есть такие, которые, в основном, определяют работоспособность станции [44, 49, 50]. Назовем их индикаторами (рисунок 3.1).

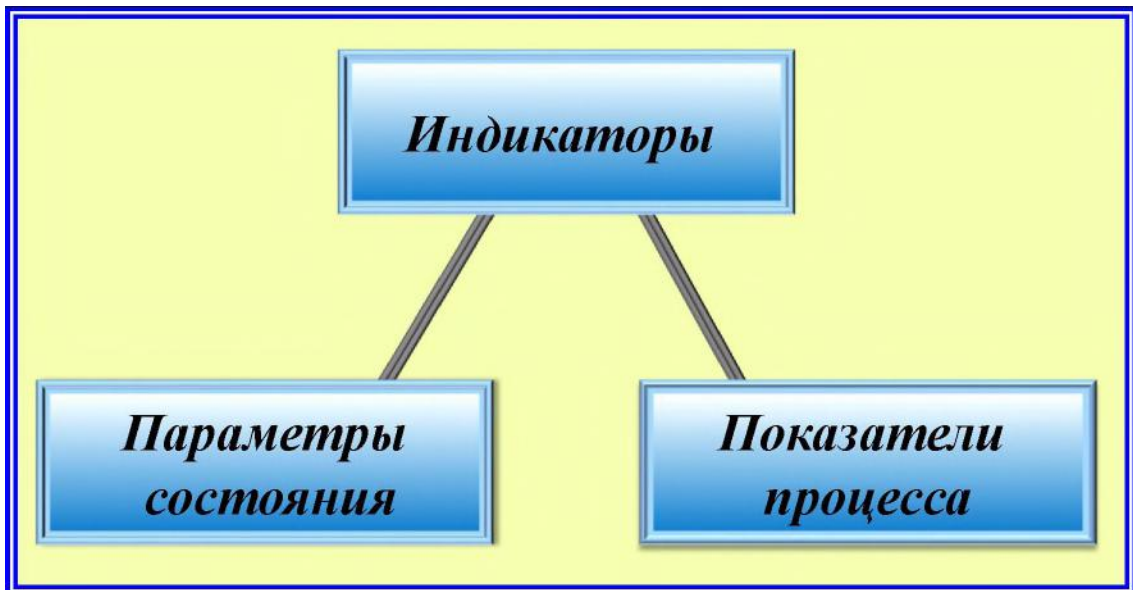


Рисунок 3.1 – Индикаторы, определяющие работоспособность станции

Станция выполняет свои функции, если значение индикаторов находится в заданных границах. При выходе за эти границы станция быстро теряет работоспособность и вскоре «забывается». То есть должно выполняться условие для индикаторов состояния

$$\forall i \in I \mid \underline{\gamma}_i \leq \gamma_i(t) \leq \bar{\gamma}_i, t \in T, \quad (3.1)$$

где I - множество индикаторов

$$I \subset Y$$

Y - множество параметров,

γ_i - индикатор,

$\gamma_i(t)$ - значение индикатора γ_i в момент t ,

$\underline{\gamma}_i, \bar{\gamma}_i$ - соответственно минимальное и максимальное значение индикатора,

T - расчетный период.

Множества $I \equiv \{\underline{\gamma}_i\}$ и $I \equiv \{\bar{\gamma}_i\}$ определяют, по сути, «опасные» границы для состояния системы, при выходе за которые она перестает нормально функционировать.

Для каждой станции набор индикаторов I и множества \underline{I} и \bar{I} будут различными. Выявить их можно только экспериментами на модели. Характер экспериментов должен быть следующий. Станция в модели доводится до состояния, когда она теряет работоспособность. С помощью анализа результатов работы станции находятся параметры, которые вызвали такой эффект, и определяют граничные значения $\underline{\gamma}_i$ и $\bar{\gamma}_i$. Затем эксперименты продолжаются. В конечном счете, определяются множества I , \underline{I} и \bar{I} .

Как правило, значение одного индикатора состояния недостаточно. Чтобы определить близость к «опасной» границе, нужен некоторый их набор. Зачастую более чувствительны в этом смысле показатели процесса. Они определяют скорость приближения к одной из «опасных» границ.

$$\forall j \in J \left| \underline{\gamma}_j \leq \gamma_j(t) \leq \bar{\gamma}_j, t \in T, \right. \quad (3.2)$$

где J - множество индикаторов процесса, $J \subset Y$

$\gamma_j(t)$ - значение индикатора в момент t ,

$\underline{\gamma}_j, \bar{\gamma}_j$ - предельные границы для значения индикатора.

Итак, при переходе состояния за «опасную» границу происходит неконтролируемый рост задержек, станция теряет маневренность и, как следствие, работоспособность (рисунок 3.2).

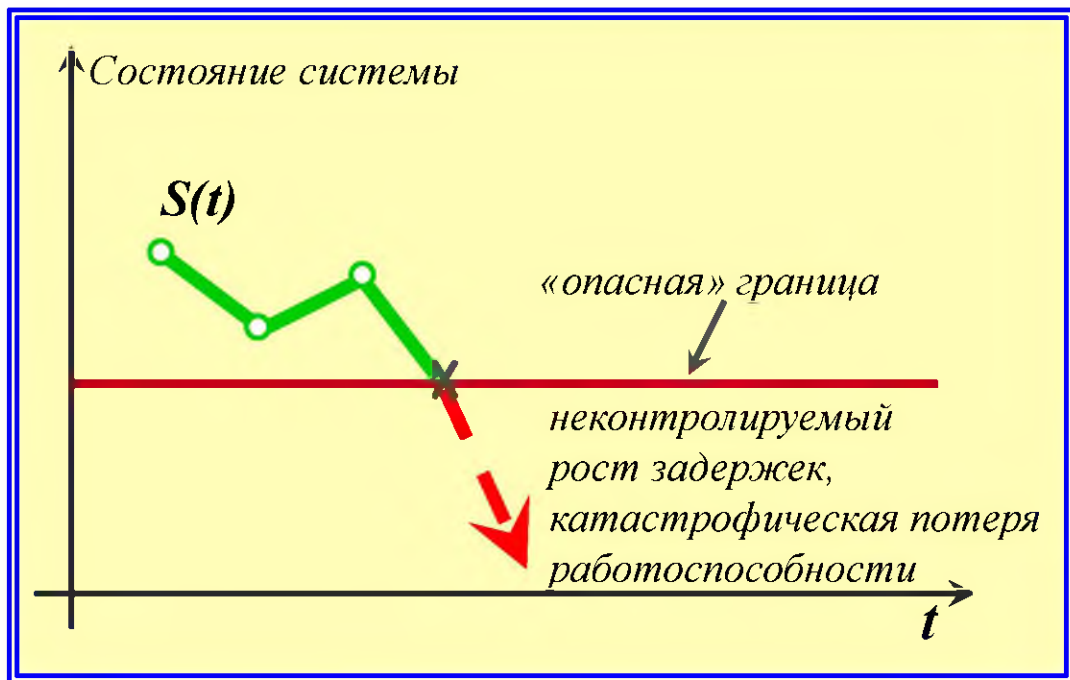


Рисунок 3.2 – Схема прохождения состояния системы «опасной» границы

В общем случае пространство возможных состояний представляет собой гиперкуб, ограниченный предельными значениями индикаторов состояния и процесса (рисунок 3.3).

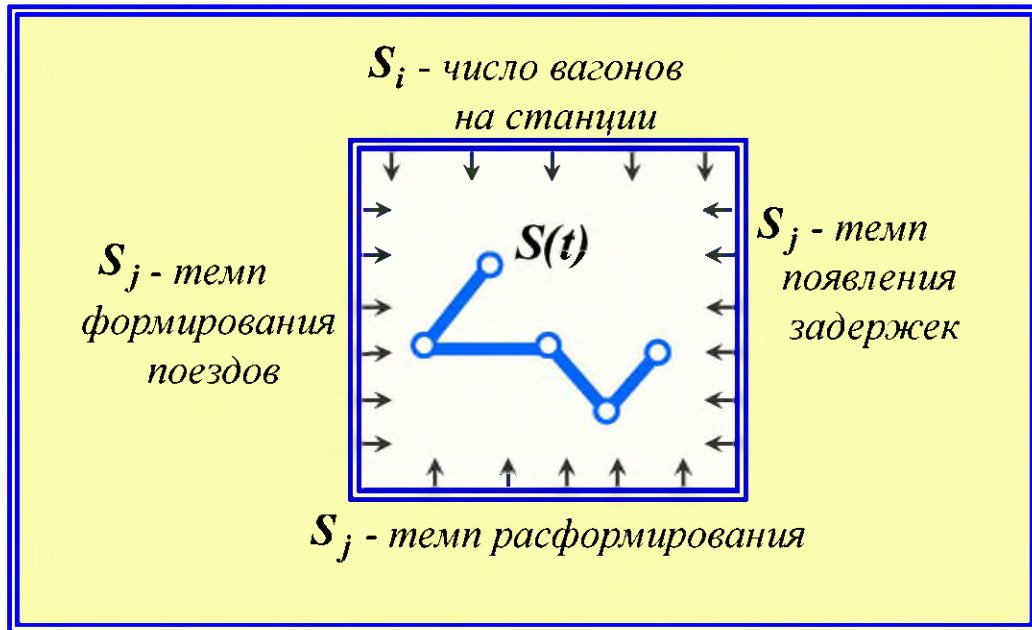


Рисунок 3.3 – Пример «опасных» границ для состояния системы

В интерактивном моделировании модель может быть остановлена и по индикаторам состояния, и по индикаторам процесса.

3.2 Анализ параметров работы станции при нормативной работоспособности

Чтобы выбрать индикаторы, необходимо выполнить детальный анализ параметров работы станции при нормативной работоспособности и сравнить их с аналогичными показателями при нарушении последней. Так как в модели отображаются случайные процессы, рекомендуется:

- расчетный период выбирать несколько суток и подсчитывать среднесуточные показатели;
- запускать несколько прогонов с разным начальным значением случайного датчика.

Последнее так же важно, так как если станция работает на пределе

возможностей, то даже небольшое изменение в конкретных значениях случайных величин (при сохранении закона распределения и его параметров) может вывести станцию за пределы устойчивого процесса [47, 48, 49, 50, 52].

Итак, станция работает в устойчивом режиме с нормативной перерабатывающей способностью. Рассмотрим факторы, характеризующие этот процесс.

Обзор вариантов расчета (рисунок 3.4) показывает, что весь поездопоток переработан (варианты показаны зеленым цветом; в противном случае цвет был бы красным и обозначено число непринятых поездов). Среднее время нахождения вагона на станции колеблется около 8 часов. Это не очень много, потому что на простои влияет большой поток вагонов, ожидающих выгрузки.

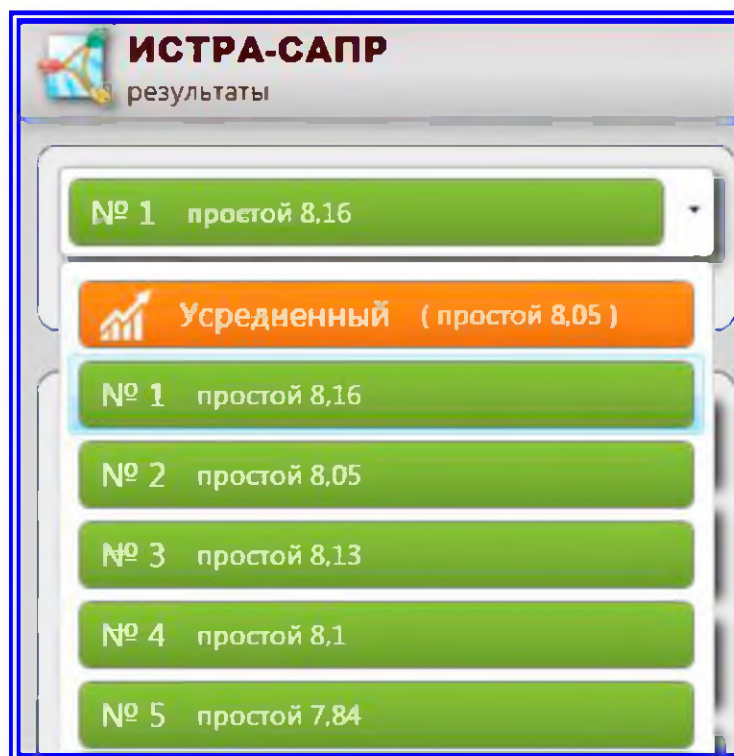


Рисунок 3.4 – Обзор вариантов расчета (норма)

На рисунке 3.5 показана структура переработанного поездопотока. Прибывший и отправленный вагонопоток примерно одинаковый.

Прибыло / Отправлено по системе	
параметр	кол-во
Прибыло поездов	77.2
Отправлено поездов	82
Прибыло вагонов	3914.2
Отправлено вагонов	3893.8
Количество непринятых поездов	0
Количество непринятых вагонов	0
Прибыло поездов	
с направления	кол-во
с Чугуна	13
с Казинки	19
с Восточной	10
со Входной	23.2
с ККЦ-2	4
со Складской	8
Отправлено поездов	
на направление	кол-во
на Входную	28.2
на Казинку	29.5
на Складскую	3.2
на ККЦ-2	8
на Чугун	11.5
на Восточную	1.8

Рисунок 3.5 – Переработка поездопотоков (норма)

Важное значение для анализа имеет расчлененный простой вагонов (рисунок 3.6). В данном случае подразделение выполнено по паркам, но можно сделать и по родам груза и типам подвижного состава. В предгорочном парке Г средний простой составил 1,38 часа, в приемоотправочном В – 2,7 часа, в сортировочно-отправочном Б – 5,21 часа. Простой вагонов с рудой в парке А, ожидающих выгрузки, составил 2,59 часа.



Рисунок 3.6 – Расчлененный простой вагонов (норма)

Уровень технологических задержек сравнительно высок (рисунок 3.7).

Узкие места технологии (ч:мин)				
операция	графически	в сутки	кол-во	на операци
Расформирование разборочного со Входной		15:12	18	0:50
Расформирование (с маршрутами) парк В		13:00	14,8	0:52
Перестановка состава "разборочный" со Склада		12:46	15	0:51
Окончание формирования на Казинку 4б путь		9:47	12	0:48
Начало цикла по пути начала концентрат		8:47	36	0:14
Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 б		7:40	10,5	0:43
Расформирование разборочного с Казинки с за		7:23	10	0:44
Перестановка состава в парк Г (5-9)		6:45	10	0:40
Подача поездного локомотива (на Казинку) 4б		6:13	12	0:31
Подача поездного локомотива на 8б путь (на		5:47	10,5	0:33
Перестановка состава известь порожние в пар		5:43	4,2	1:20
Уборка порожних на 1г (концентрат)		5:32	10,2	0:32

Рисунок 3.7 – «Узкие места» технологии (норма)

Это вызвано тем, что с развитием станции возникли значительные пересечения потоков (из-за особенностей географических свойств местности).

Наибольшие задержки возникали в процессах расформирования на двух горках. Задержки в операциях «перестановка состава» также связаны с расформированием, ибо это перестановка из парка В в предгорочный парк Г.

Структурный анализ технологии (рисунок 3.8) показывает, из-за каких структурных элементов возникали задержки при выполнении той или иной операции. Из рисунка видно, что операцию «расформирование состава» задерживали горка (элемент 6 гб), стрелочные группы и горочный локомотив. В среднем на операцию задержка из-за горки 15 мин, из-за стрелок 10 мин и из-за локомотивов 7 мин можно считать вполне допустимыми.

"Узкие места" технологии по элементам (ч:мин)				
Операция: Расформирование разборочного со Входной				
элемент	графически	в сутки	кол-во	на операц
6гб п. парка Парк Б		4:38		0:15
Стр.64,68,70,72,96,98		3:04		0:10
Лок.маневровые		2:22		0:07
Стр.80,94,100		2:01		0:06
Стр.12,14,15,18		1:45		0:05
9б п. парка Парк Б		0:42		0:02
1гр п. парка Парк Б		0:37		0:02
Стр.79а,16б		0:24		0:01
Лок.поездные Казинка		0:20		0:01
Стр.30г,32г,34г		0:18		0:01
Стр.12г,14г,16г,502г,504д		0:08		0:01
IVг п. парка Парк Г		0:01		0:01
5г п. парка Парк Г		0:01		0:01

Рисунок 3.8 – Структурный анализ технологии (норма)

В целом по технологическому процессу структурными элементами, вызывающими наибольшие задержки, являются пути предгорочного парка Г и

приемоотправочного В (рисунок 3.9). Однако стоит отметить стрелочную группу 205-357, задержки из-за которой составили 32 ч 40 мин и в среднем на одну операцию – 19 мин.

"Узкие места" структуры (ч:мин)				
элемент	графически	факт	всего	в среднем
Лок.маневровые		42:46	42:46	0:41
5г п. парка Парк Г		4:40	35:01	0:14
Стр.205,207,213,215,217,219,221,235,2		32:27	32:40	0:19
6г п. парка Парк Г		2:05	30:35	0:12
7г п. парка Парк Г		2:16	23:47	0:11
5гб п. парка Парк Г		12:04	22:40	0:19
5в п. парка Парк В		0:31	21:56	0:17
6в п. парка Парк В		0:04	21:16	0:17
Стр.64,68,70,72,96,98		13:43	18:23	0:23
7в п. парка Парк В		0:33	17:28	0:18
6гб п. парка Парк Б		9:17	15:33	0:09
8г п. парка Парк Г		0:26	14:09	0:11
IVг п. парка Парк Г		3:33	14:04	0:09
Лок.вывозные (диспетчерские)		13:47	13:47	0:42

Рисунок 3.9 – «Узкие места» структуры (норма)

Из структурно-технологического анализа (рисунок 3.10) видно, что эта группа участвует в основном в операциях, связанных с окончанием формирования и отправлением поездов. Это и естественно, так как эти стрелки находятся в выходной части сортировочно-отправочного парка Б (рисунок 3.11) и они связывают 11 путей.

Элемент: Стр.205,207,213,215,217,219,221,235,245,349,3536,355,3576				
операция	графически	факт	всего	в среднем
Окончание формирования на Казинку 46 путь		4:56	4:56	0:15
Подача поездного локомотива (на Казинку) 46		4:15	4:15	0:12
Подача поездного локомотива на 86 путь (на		4:10	4:10	0:12
Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 б		3:50	3:50	0:11
Перестановка состава с 116 в парк В (Новоросси		1:13	2:20	0:03
Подача поездного локомотива (на Казинку на Н		1:04	2:00	0:03
Подача поездного локомотива ea пути парка В		1:07	1:36	0:03
Формирование подачи порожние на Входную :		1:33	1:33	0:04
Отправление на Казинку с 46 пути		1:31	1:31	0:04
Отправление на ККЦ-2 с 226 пути		0:39	1:27	0:02
Отправление на Чугун с 86 пути		1:27	1:27	0:04
Окончание формирования на Казинку на Новор		1:24	1:24	0:04

Рисунок 3.10 – Структурно–технологический анализ – стрелки (норма)

Несмотря на вызываемые задержки уровень загрузки локомотивов тревоги не вызывает (рисунок 3.12). У некоторых межоперационные простои при выполнении операции весьма значительны (красный цвет) – свыше 4 часов в сутки. Но при такой сложной схеме путевого развития это вполне объяснимо.

Полезен детальный пооперационный анализ работы локомотивов (рисунок 3.13). Это может пригодиться, если нужно найти причину нарушения работоспособности станции. На фрагментах из графика исполненной работы видно, что достаточно энергично идут процессы расформирования составов (рисунок 3.14) и формирования поездов (рисунок 3.15).

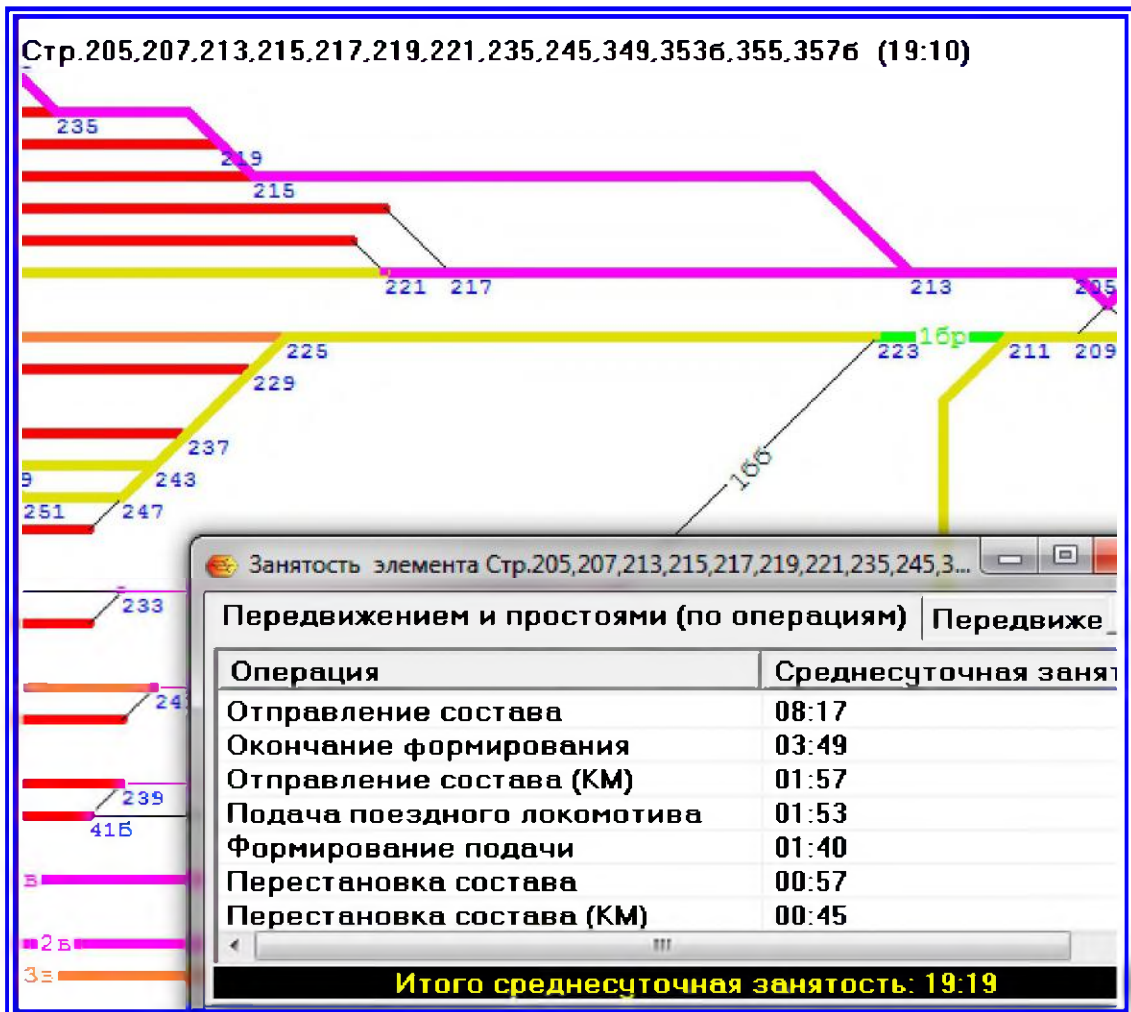


Рисунок 3.11 – Технологический анализ структуры на схеме (норма)

Локомотивы (ч:мин)				
локомотив	графически	полезн.зан.	межопер.пр	полн.зан.
Лок. 1 маневровые		9:43	3:47	13:31
Лок. 2 маневровые		6:21	2:09	8:30
Лок. 3 маневровые		15:43	4:31	20:14
Лок. 4 маневровые		14:19	4:06	18:26
Лок. 5 маневровые		12:38	1:37	14:15
Лок. 6 маневровые		9:49	1:18	11:08
Лок. 1 локомотивы е		15:10	0:37	15:47
Лок. 2 локомотивы е		12:30	1:18	13:48

Рисунок 3.12 – Полная и полезная загрузка локомотивов (норма)

Локомотивы по операциям (ч.мин)			
Лок. 1 маневровые			
операция	графически	полезн.зан.	межопер.прост.
Расформирование разборочного со Вхс		2:54	0:43
Расформирование (с маршрутами) парк		2:34	0:42
Расформирование разборочного с Казин		1:42	0:22
Расформирование порожних из-под изе		0:41	0:15
Уборка маневрового локомотива в райс		0:18	0:38
Уборка маневрового локомотива в райс		0:21	0:16
Уборка маневрового		0:12	0:22
Расформирование (Повторный роспуск		0:20	0:06
Расформирование из ремонта		0:21	0:04
Перегонка маневрового в район "входн		0:05	0:09
Уборка маневрового локомотива в райс		0:05	0:03
Расформирование (Повторный роспуск		0:04	0:01

Рисунок 3.13 – Технологический анализ работы локомотива (норма)

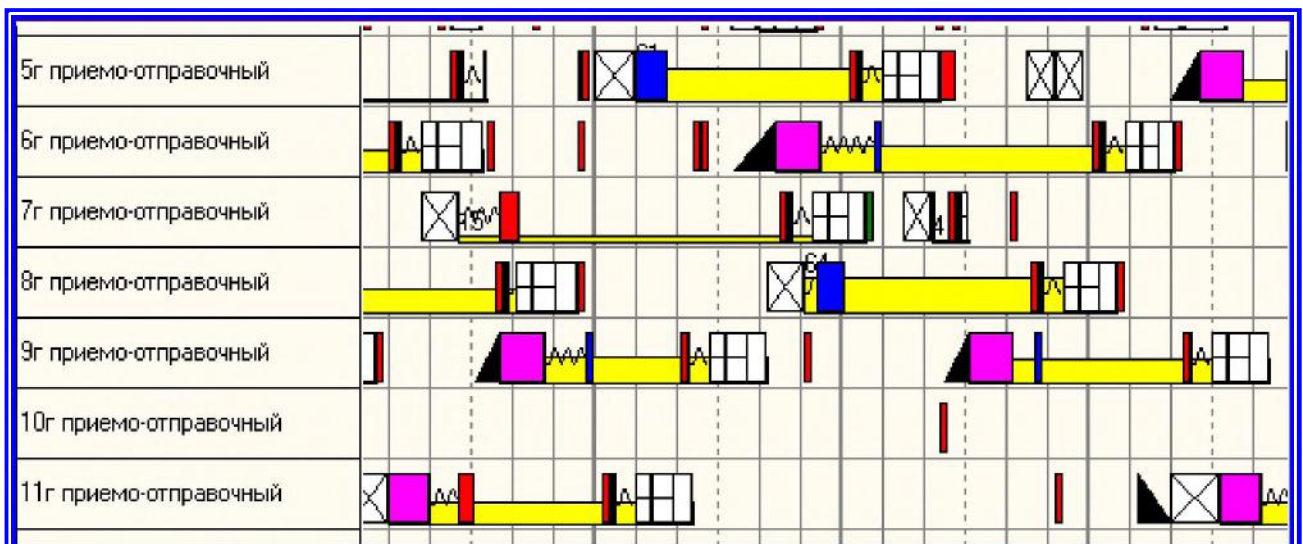


Рисунок 3.14 – График работы предгорочного парка (норма)

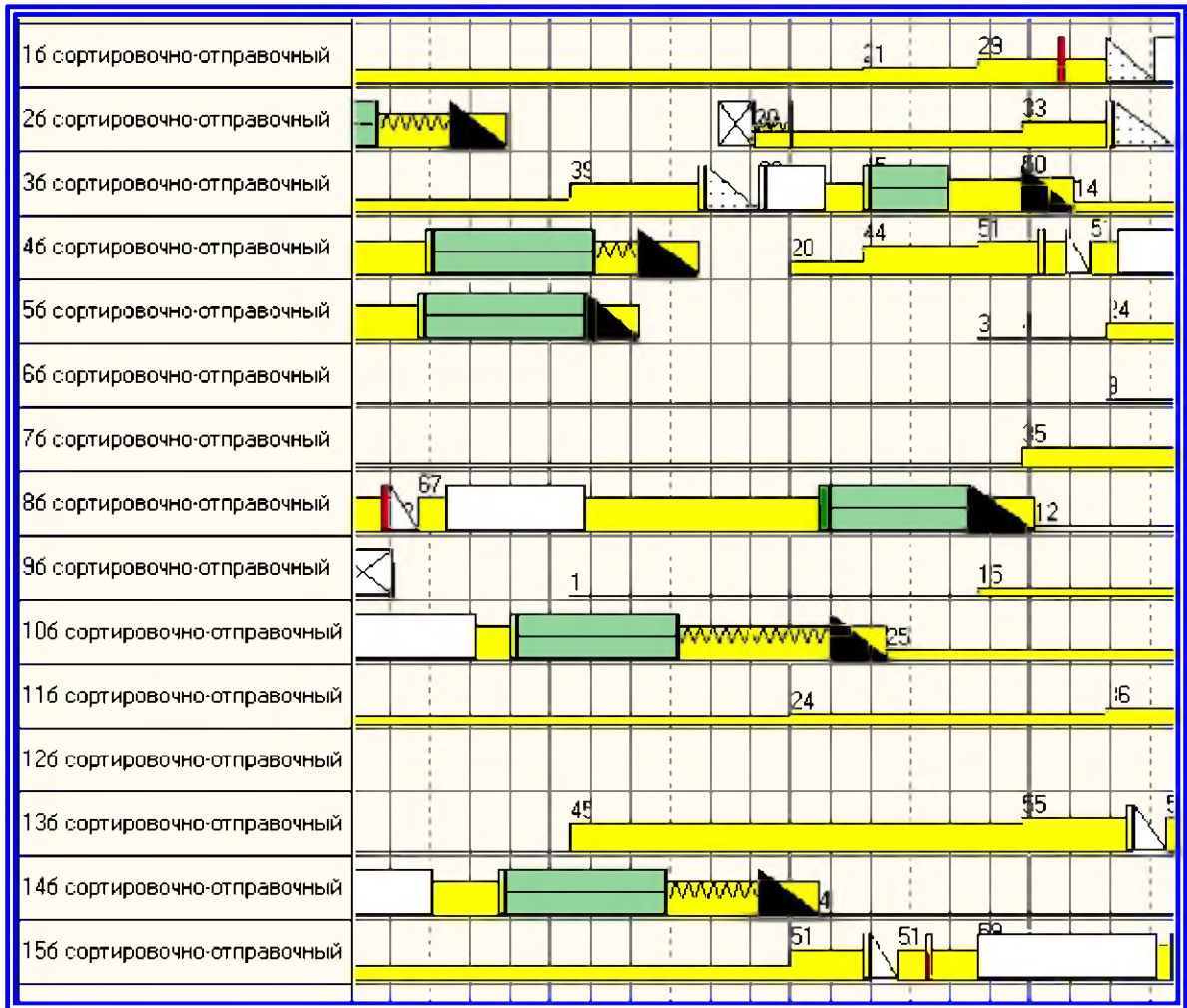


Рисунок 3.15 – График работы сортировочного парка (норма)

Характер протекания процессов на станции можно оценивать и по протоколу выполнения операций (рисунок 3.16) и по фрагменту из протокола, показывающему закономерность возникновения задержек (рисунок 3.17).

№ п/п		Описание операции
1329	3186	Выгрузка с перестановкой вагонов 4 в.о. 17а [17а п. парка вагоноопрокид
1283	1171	Уборка поездного локомотива из-под разборочного со Входной [6г п. пар
1330	3191	Выгрузка с перестановкой вагонов с 15а, 16а 3 в.о. [16а п. парка вагонооп
1286	1194	Уборка поездного локомотива из-под флюсов [5а п. парка Парк А] *
1331	2225	Расформирование разборочного со Входной [6г п. парка Парк Г] *
1332	2974	Осмотр (флюсы) [5а п. парка Парк А] *
1315	2093	Перестановка состава в парк Г (5-9) [1в п. парка Парк В] *
1287	1694	Перегонка поездного Чугун из горочного района в район "на сеть" [Из рай
1319	1688	Уборка локомотива с 13а в район в.о. 2 в.о. [С 13а п. парка вагоноопрокид
1333	3200	Выгрузка с перестановкой вагонов с 13а, 14а 2 в.о. [13а п. парка вагонооп
1334	3186	Выгрузка с перестановкой вагонов 4 в.о. 17а [17а п. парка вагоноопрокид
1335	3191	Выгрузка с перестановкой вагонов с 15а, 16а 3 в.о. [16а п. парка вагонооп
1291	967	#Инд.оп.форм.подачи (известь и 1в.о.) на 16 пути
1292	1369	Уборка маневрового из парка А в район "горочный" (известь и 1в.о.) [С 6а
1293	2024	Расформирование разборочного со Входной [6г п. парка Парк Г] *

Рисунок 3.16 – Протокол выполнения операций (норма)

T _{пост}	T _{нач}	T _{окон}	ΔT _{нач}	ΣΔT
[3] 00:00	[3] 00:07	[3] 00:23	[1] 00:07	[1] 00:12
[3] 00:12	[3] 00:12	[3] 00:49		[1] 00:28
[3] 00:14	[3] 00:14	[3] 00:39		[1] 00:12
[3] 00:16	[3] 00:16	[3] 00:28		[1] 00:02
[3] 00:18	[3] 00:18	[3] 00:25		[1] 00:04
[3] 00:21	[3] 00:21	[3] 00:26		[1] 00:02
[3] 00:21	[3] 00:21	[3] 00:58		[1] 00:28
[3] 00:25	[3] 00:25	[3] 01:02		[1] 00:22
[3] 00:27	[3] 00:27	[3] 00:55		[1] 00:12
[3] 00:27	[3] 00:27	[3] 00:40		[1] 00:03
[3] 00:32	[3] 00:32	[3] 00:43		[1] 00:09
[3] 00:36	[3] 00:36	[3] 01:21		[1] 00:26
[3] 00:37	[3] 00:39	[3] 00:55	[1] 00:02	[1] 00:03
[3] 00:40	[3] 00:40	[3] 00:52		[1] 00:08
[3] 00:45	[3] 00:45	[3] 00:57		[1] 00:02
[3] 00:46	[3] 00:46	[3] 01:14		[1] 00:11
[3] 00:48	[3] 00:48	[3] 01:27		[1] 00:30
[3] 00:48	[3] 00:48	[3] 01:18		[1] 00:10
[3] 00:50	[3] 00:50	[3] 01:04		[1] 00:12
[3] 00:51	[3] 00:51	[3] 01:29		[1] 00:36
[3] 00:57	[3] 00:57	[3] 01:25		[1] 00:25
[3] 00:51	[3] 00:59	[3] 01:15	[1] 00:08	[1] 00:13

Рисунок 3.17 – Протокол появления задержек в операциях (норма)

3.3 Анализ параметров при технологических сбоях

Произошел технологический сбой, для которого в модели не была предусмотрена адекватная реакция [47]. Необходим анализ изменения параметров работы модели, чтобы определить:

- во-первых, как модель реагирует на этот сбой,
- во-вторых, характер сбоя,
- в-третьих, параметры, которые могут быть индикаторами.

Первый расчет со сбоями был проведен, как и в нормальных условиях, на 5 суток (рисунок 3.18).



Рисунок 3.18 – Обзор результатов экспериментов (5 суток с технологическими сбоями)

Видно, что станция не справляется с работой. При этом потери существенно колеблются – непринятых поездов от 19 до 52, хотя потоки остаются теми же по величине, колеблются лишь интервалы между поездами. Значит,

адаптивность модели, обеспечивающая её устойчивое функционирование при случайных колебаниях потока, не была рассчитана на такие условия. Расчет на 3 суток показывает, что потеря работоспособности начинается раньше (рисунок 3.19). В качестве причины неприятия поездов модель показывает занятость путей в парках Г и В (рисунок 3.20). Составы из парка В переставляются для роспуска в парк Г (рисунок 3.21). Так что основная причина, по-видимому, всё же парк Г.

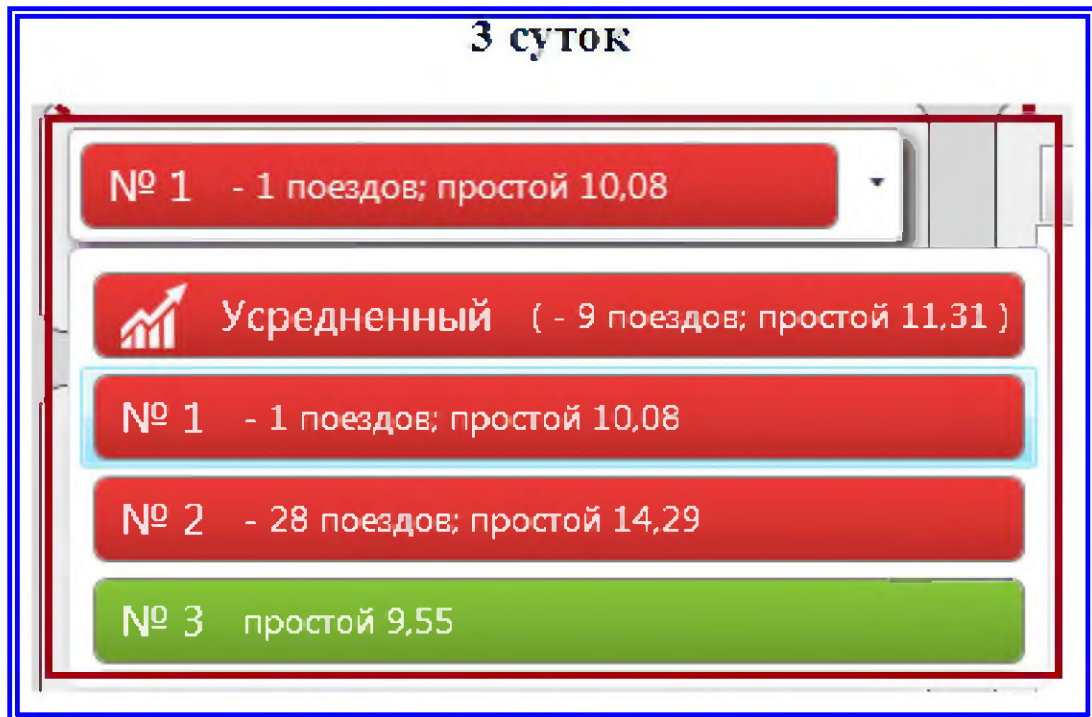


Рисунок 3.19 – Обзор результатов экспериментов
(3 суток с технологическими сбоями)

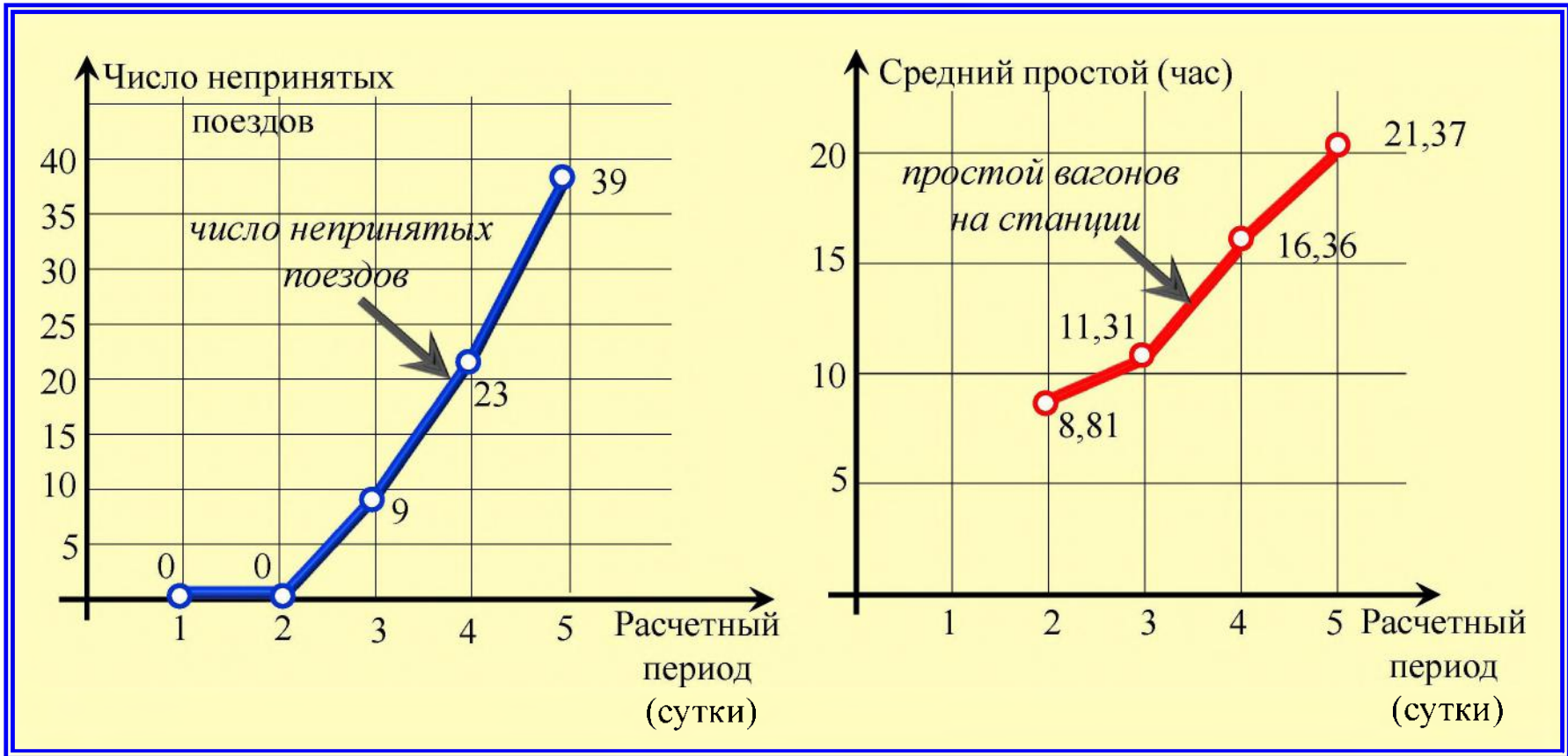


Рисунок 3.22 – Потеря работоспособности станции

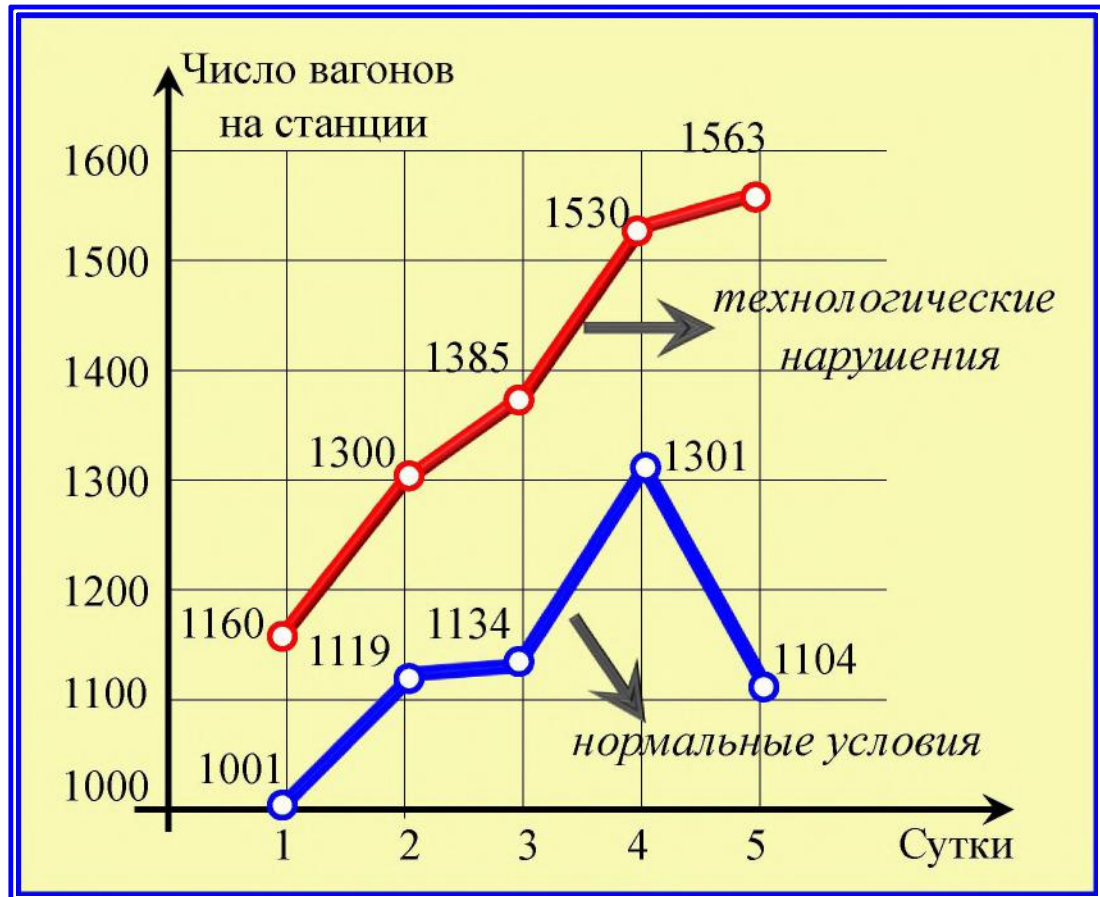


Рисунок 3.23 – Динамика заполнения станции вагонами при нормальных условиях и при технологических сбоях

Забегая вперед, можно сказать, что в качестве индикатора число вагонов на станции выбирать опасно, так как увеличение этого числа ещё не означает, что возникли серьезные проблемы. Этот параметр не обладает должной чувствительностью.

По-видимому, более информативным является параметр «число вагонов в парке» (рисунок 3.24). Здесь динамика выражена более наглядно.

График исполненной работы показывает, что существенно замедляется (а затем и останавливается) работа горки (рисунок 3.25) и процессы формирования и отправления поездов (рисунок 3.26).



Рисунок 3.24 – Расчлененный по паркам простой вагонов в разных расчетных периодах

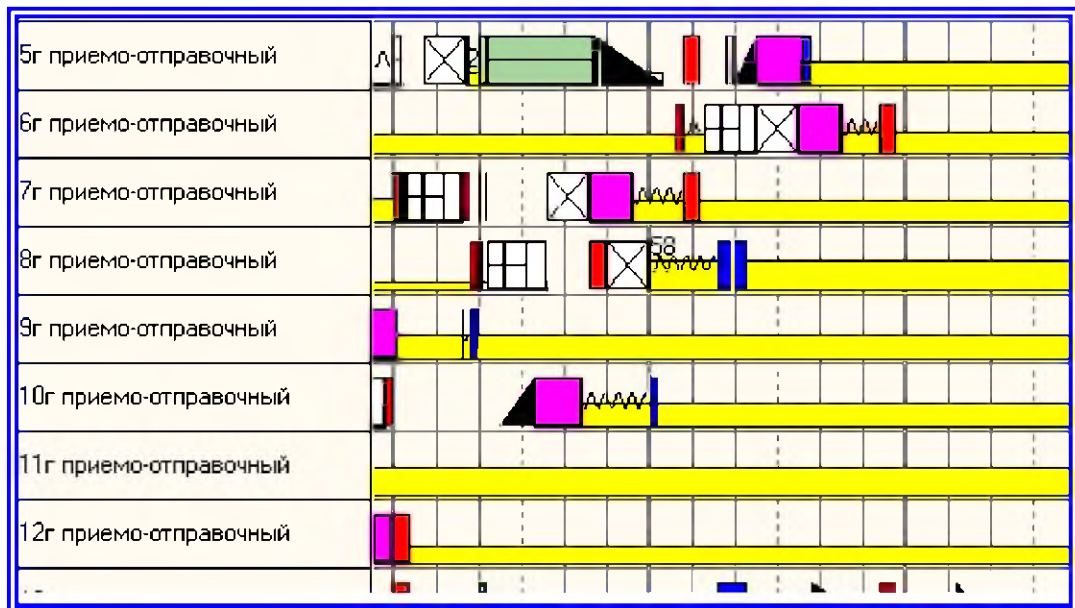


Рисунок 3.25 – Работа предгорочного парка при сбоях

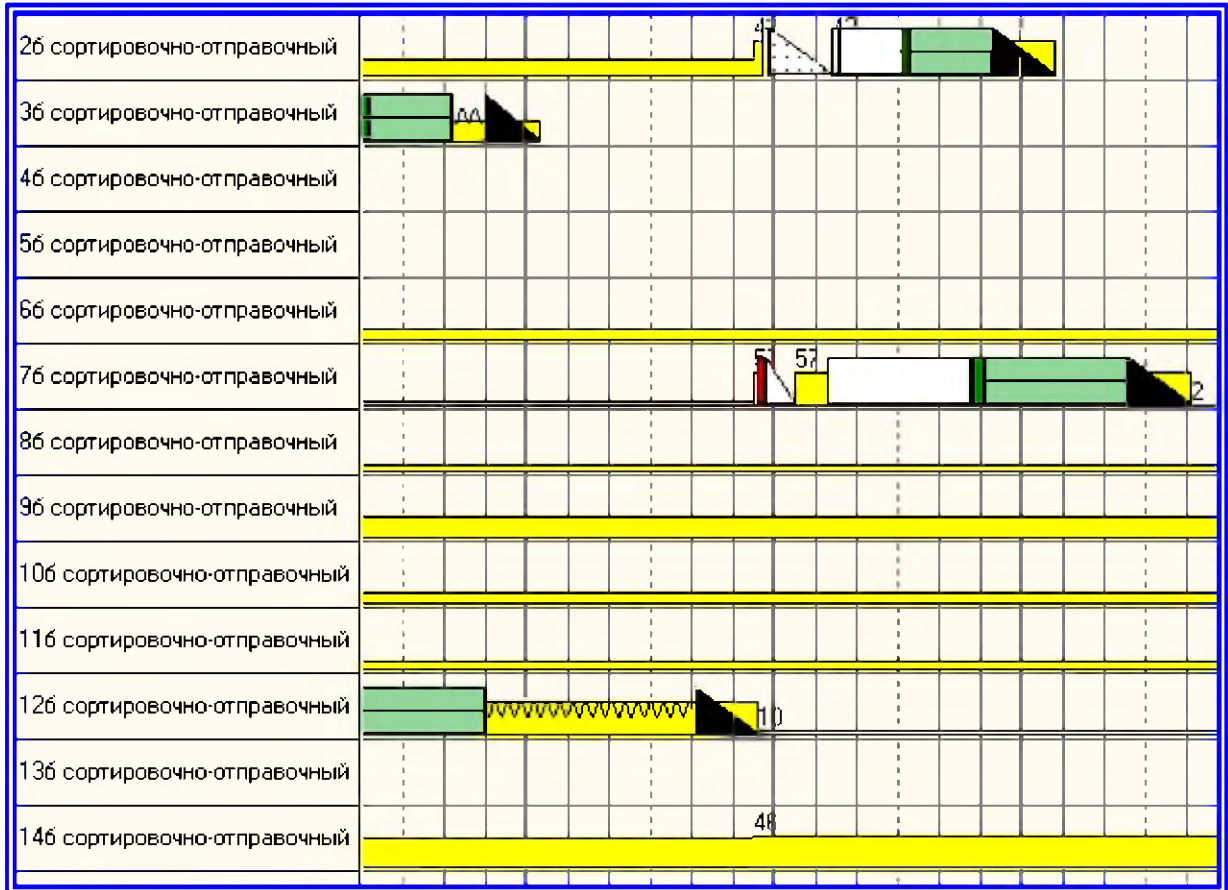


Рисунок 3.26 – Работа сортировочно-отправочного парка при сбоях

Перечень не выполненных своевременно операций в протоколе показывает, что в основном тормозятся три процесса (рисунок 3.27):

- расформирование,
- окончание формирования,
- перестановка состава в парк Г.

Можно предположить, что исходной причиной является невозможность своевременного формирования, а, значит, и отправления поездов. Таблица с «узкими местами» структуры прямо указывает на это (рисунок 3.28). Основным «тормозом» является группа стрелок 205 – 357. И, как видно из рисунка 3.29, задерживаются именно процессы формирования и отправления, которые и вызывают замедление предыдущих процессов.

2067	Расформирование разборочного со Входной [8г п. парка Парк Г] *
2141	Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 б пути на 7б п. парка Парк Б
2067	Расформирование разборочного со Входной [8г п. парка Парк Г] *
2141	Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 б пути на 7б п. парка Парк Б *
2068	Расформирование разборочного со Входной [6г п. парка Парк Г] *
1938	Перестановка состава в парк Г (5-9) [3в п. парка Парк В]
1817	Подача вывозного локомотива на 196 путь (на Входную) [196 п. парка Парк Б]
2141	Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 б пути на 7б п. парка Парк Б *
2067	Расформирование разборочного со Входной [8г п. парка Парк Г] *
2068	Расформирование разборочного со Входной [6г п. парка Парк Г] *
1938	Перестановка состава в парк Г (5-9) [3в п. парка Парк В]
2141	Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 б пути на 7б п. парка Парк Б *
2067	Расформирование разборочного со Входной [8г п. парка Парк Г] *
2068	Расформирование разборочного со Входной [6г п. парка Парк Г] *
1938	Перестановка состава в парк Г (5-9) [3в п. парка Парк В]
1817	Подача вывозного локомотива на 196 путь (на Входную) [196 п. парка Парк Б]
2141	Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 б пути на 7б п. парка Парк Б *
2068	Расформирование разборочного со Входной [6г п. парка Парк Г] *
2067	Расформирование разборочного со Входной [8г п. парка Парк Г] *
1938	Перестановка состава в парк Г (5-9) [3в п. парка Парк В]
2067	Расформирование разборочного со Входной [8г п. парка Парк Г] *
2068	Расформирование разборочного со Входной [6г п. парка Парк Г] *

Рисунок 3.27 – Операции, которые не могли быть выполнены своевременно

"Узкие места" структуры (ч:мин)				
элемент	графически	факт	всего	в среднем
Стр.205,207,213,215,217,219,221,235,2		86:31	87:32	0:30
Лок.маневровые		82:57	82:57	1:07
5г п. парка Парк Г		13:58	44:30	0:24
7г п. парка Парк Г		10:00	43:46	0:12
6г п. парка Парк Г		10:25	41:22	0:15
6гб п. парка Парк Б		22:45	30:00	0:12
5гб п. парка Парк Г		18:43	28:50	0:29
5в п. парка Парк В		0:36	27:45	0:26
6в п. парка Парк В		0:40	26:46	0:31
8г п. парка Парк Г		3:48	26:23	0:11
8в п. парка Парк В		0:03	23:56	0:24
11г п. парка Парк Г		12:07	22:18	0:16
7в п. парка Парк В		0:00	21:45	0:25

Рисунок 3.28 – Распределение задержек по элементам при сбоях

Модель показала, что «болевой точкой» является эта группа стрелок. Это действительно так. Здесь было задано распределенное технологическое окно для ремонта.

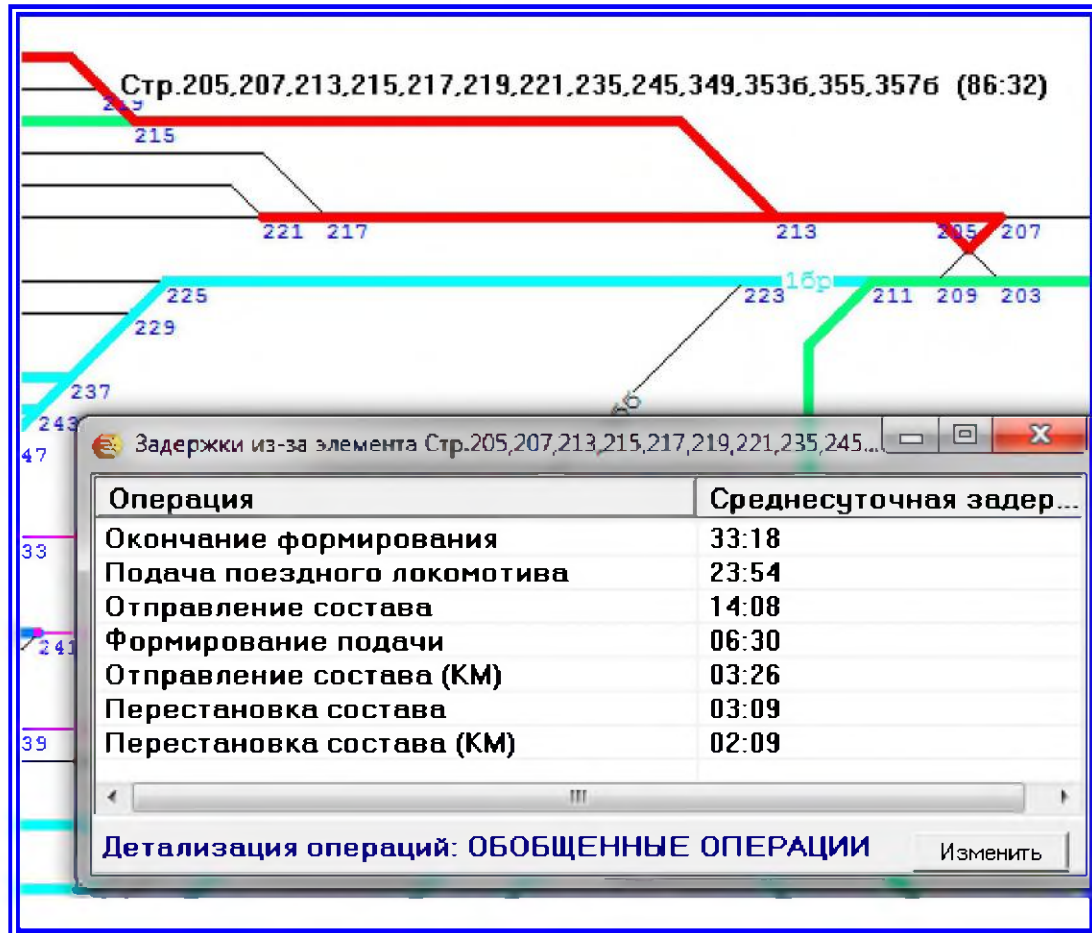


Рисунок 3.29 – Задержка операций из-за стрелочной группы 205 – 357

3.4 Проблема выбора индикаторов

Эксперименты на модели и анализ выдаваемых результатов позволяют определить логическую связь процессов, которые приводят к выходу состояния станции за «опасные» границы и вызывают потерю её работоспособности (рисунок 3.30). Логическая цепочка говорит о том, что чем ближе процесс к выходным блокам, тем ближе её работоспособность к нижней допустимой

границе [44]. Последние два блока означают уже её потерю.

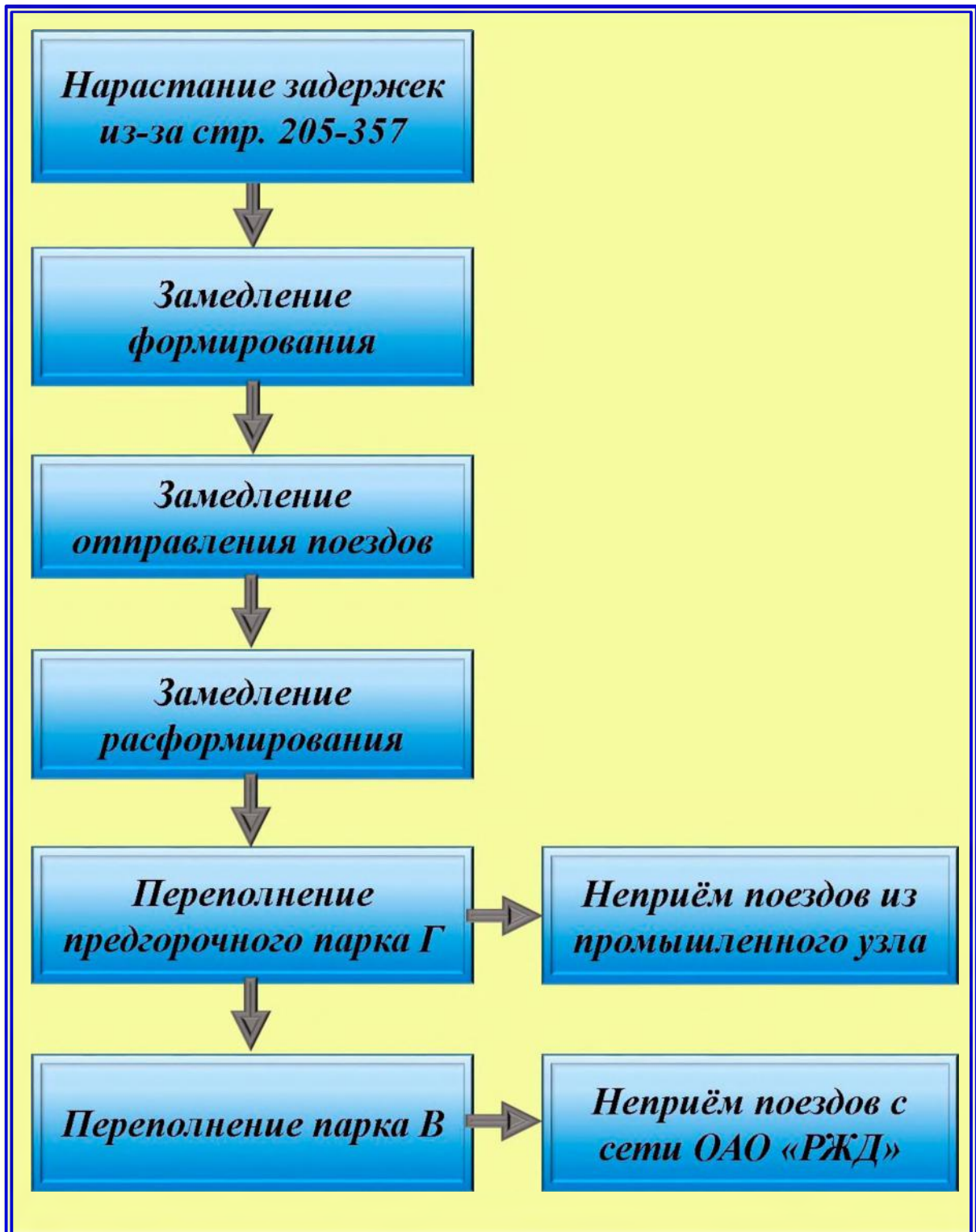


Рисунок 3.30 – Логическая связь процессов, определяющих потерю работоспособности станции

Итак, чем раньше мы хотим остановить модель, тем более ранний блок рассматривается для выбора индикатора.

На основании экспериментов и анализа их результатов можно определить перечень возможных индикаторов.

Индикаторы состояния:

γ_1 - число вагонов в парке Б,

γ_2 - число вагонов в парке Г,

γ_3 - число вагонов в парке В,

γ_4 - число вагонов на станции.

Индикаторы процесса:

γ_5^* - величина задержек из-за стрелок 205-357 за время $(t - \Delta\tau, t)$,

здесь t - текущий момент, $\Delta\tau$ - период подсчета, например, 1 час;

γ_6^* - число сформированных поездов за время $(t - \Delta\tau, t)$;

γ_7^* - число отправленных поездов за время $(t - \Delta\tau, t)$;

γ_8^* - число расформированных поездов за время $(t - \Delta\tau, t)$;

γ_9^* - число непринятых поездов за период $(t - \Delta\tau, t)$.

Для каждого индикатора задаются предельные границы, означающие, что выход за них означает скорую потерю работоспособности.

Для индикаторов $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5^*$ – это будут верхние границы.

Для индикаторов $\gamma_6^*, \gamma_7^*, \gamma_8^*, \gamma_9^*$ – важными будут нижние границы. То есть условиями остановки будут нарушения условий:

$$\forall \gamma_i \in J_1 | \underline{\gamma}_i \leq \gamma_i(t), \quad \forall \gamma_j \in J_2 | \gamma_j(t) \leq \bar{\gamma}_j, \quad (3.3)$$

$$J_1 \equiv (\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5^*),$$

$$J_2 \equiv (\gamma_6^*, \gamma_7^*, \gamma_8^*, \gamma_9^*).$$

Логическая важность индикаторов определяется, по сути, последовательностью блоков в логической цепочке (см. рисунок 3.30). На рисунке 3.31 показана сравнительная важность индикаторов состояния. Чем ниже важность, тем больше времени станция может выполнять, в основном, свои функции.

Действительно, если переполнен сортировочный парк, роспуск составов с горки может идти, но медленнее. Больше вагонов пойдут на отсевные пути, и возрастет повторный роспуск. Если переполнен предгорочный парк, то будет происходить с задержками прием поездов из промышленного узла. Но возможен прием поездов с сети ОАО РЖД в парк В. А вот если переполнен парк В, значит, затруднена перестановка составов в парк Г и наступает отказ в приеме поездов и в парк Г и в парк В. Важность показателя γ_4 несколько ниже, потому что он не определяет, в каких парках находится избыточное число вагонов.

Примерно также объясняется логическая важность индикаторов процесса (рисунок 3.32). Самым важным является, конечно, индикатор γ_9^* . Если перестали приниматься поезда, то станция потеряла требуемую работоспособность и модель надо останавливать немедленно. Большие задержки из-за стрелок 205 – 357 означает, что начали тормозиться все последующие процессы. Но это только начало торможения. А вот если резко снизилась интенсивность расформирования, значит, произойдет переполнение предгорочного парка и следующим этапом будет неприем поездов.



Рисунок 3.31 – Логическая важность индикаторов состояния



Рисунок 3.32 – Логическая важность индикаторов процесса

Выводы к главе 3

1. Состояние станции и характер протекающих в ней процессов характеризует целый ряд параметров. Предельные их значения определяют, по сути, «опасные границы», при выходе за которые станция теряет работоспособность. Те из них, которые более информативны, следует выбирать в качестве индикаторов для определения момента останова модели.

2. Параметры можно разделить на две группы – параметры состояния и показатели процесса. В первую группу можно отнести уровень заполнения вагонами станции и отдельных парков, ибо очевидно, что при предельном заполнении станция теряет маневренность и, как следствие, работоспособность. Ко второй относятся такие показатели как темп расформирования и формирования, темп отправления поездов, а также уровень межоперационных простоев (задержек при выполнении операций).

3. Индикаторы обладают разной чувствительностью, так что следует их проранжировать. Заполнение различных парков по разному влияет на работоспособность. Различной значимостью обладают и показатели процесса.

4. В теории принятия решений существуют понятия «управление по абсолютному значению отклонения» и «управление по производной». В последнем случае это будет управление по скорости отклонения. К последнему и относится управление по показателям процесса. Ибо если резко падает темп расформирования, значит через некоторое время произойдет переполнение предгорочного парка. Наиболее общим показателем процесса можно считать уровень задержек. При существенном его возрастании замедляются все процессы с легко предсказуемым результатом.

4 ИНФОРМАЦИОННОЕ И ОПЕРАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО ПРОЦЕССА

4.1 Информационное обеспечение

Технолог, для того чтобы иметь возможность принимать обоснованные решения, должен иметь всю необходимую информацию (рисунок 4.1). Он должен видеть состояние путей, расположение и состояние локомотивов, прогноз прибытия поездов. Но ему нужно оценить не только мгновенное состояние системы, но и происходящие процессы. Ниже излагаются методические основы информационного обеспечения процесса принятия решения и примерные информационные формы [44].

Для быстрой оценки состояния парков технолог удобно видеть уровень заполнения путей в графическом виде (рисунок 4.2).

В данном случае это предгорочный парк Г. При подведении курсора к пути высвечивается разложение состава, ожидающего роспуска. Разными значками удобно показывать наличие локомотивов на путях (рисунок 4.3).

Здесь круглым значком показан маневровый (горочный) локомотив, а треугольниками (углом кверху) – вывозные локомотивы, которые привезли составы из промышленного узла. Состояние парка можно посмотреть не только в момент остановки, но и в любой предыдущий момент (рисунок 4.4, рисунок 4.5). Передвигая специальный курсор (оранжевая стрелка на рисунке 4.4), можно изменять время выдачи на экран состояния. Тем самым технолог может оценить динамику изменения состояния парка. Например, в парке Г в 13 часов были заняты только два пути – 5Г и 6Г, а примерно через час – уже 6 путей, 5Г, 6Г, 7Г, 8Г, 9Г, 10Г и 11Г. При этом видно, что составы на 9Г и 10Г прибыли недавно, так как ещё не убраны вывозные локомотивы, а на путь 11Г уже заехал горочный локомотив для роспуска.



Рисунок 4.1 – Информационное обеспечение интерактивного процесса



Рисунок 4.2 – Составы с разложением в предгорочном парке Г



Рисунок 4.3 – Расположение локомотивов в предгорочном парке Г



Рисунок 4.4 – Состояние предгорочного парка Г в 13 час 58 мин 2 суток

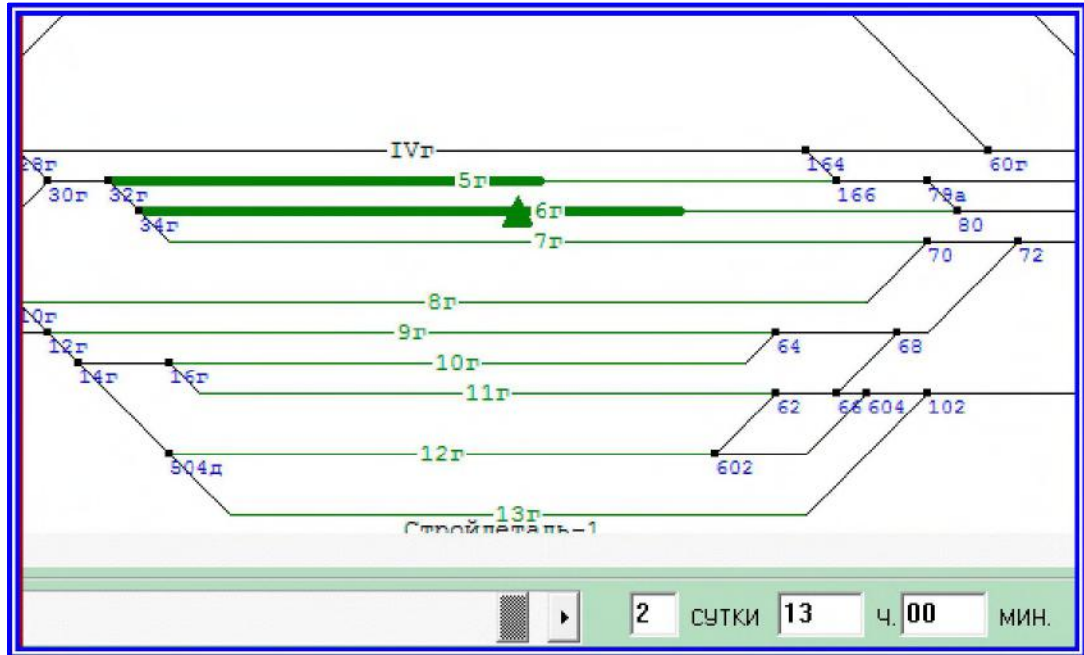


Рисунок 4.5 – Состояние предгорочного парка Г в 13 час 00 мин 2 суток

Очень важно видеть состояние сортировочного парка Б (в данном случае он ещё и отправочный) (рисунок 4.6). При подведении курсора высвечивается величина состава на пути с разложением. Технолог видит, в каком состоянии находится процесс накопления. Наглядно видно, что на 13Б и 14Б находятся готовые составы, а на 14Б уже находится поездной локомотив (квадратный значок).

На рисунке 4.7, показано состояние приемоотправочного парка В (для удобства визуального отделения парков друг от друга заполнение путей показывается разным цветом). Здесь видно, что с поездным локомотивом прибыл поезд с направления ст. Казинка на 9В путь, а на 5В прибыл состав с вывозным локомотивом со станции промышленно узла.

Рассматриваемая сортировочная станция имеет большую грузовую работу. Основу составляют 4 вагоноопрокидывателя. Составы с рудой и концентратом прибывают в парк А (рисунок 4.8). В данном случае на путях 7А и 8А находятся составы целиком, а на пути 5А – только остаток. На путь 8А маршрут только прибыл, так как ещё не убран поездной локомотив (с направления станции Чугун – треугольный значок углом вниз).

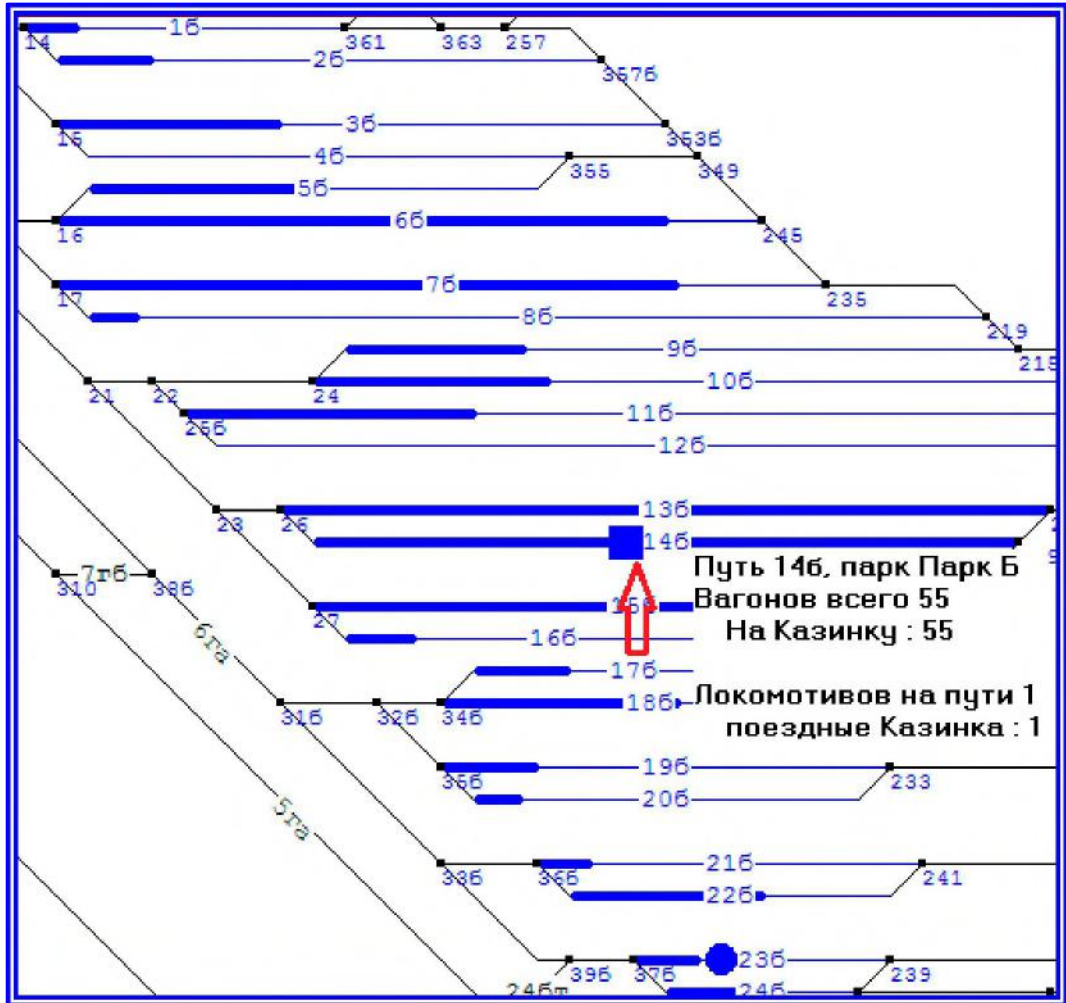


Рисунок 4.6 – Состояние сортировочного парка Б



Рисунок 4.7 – Состояние приемоотправочного парка В

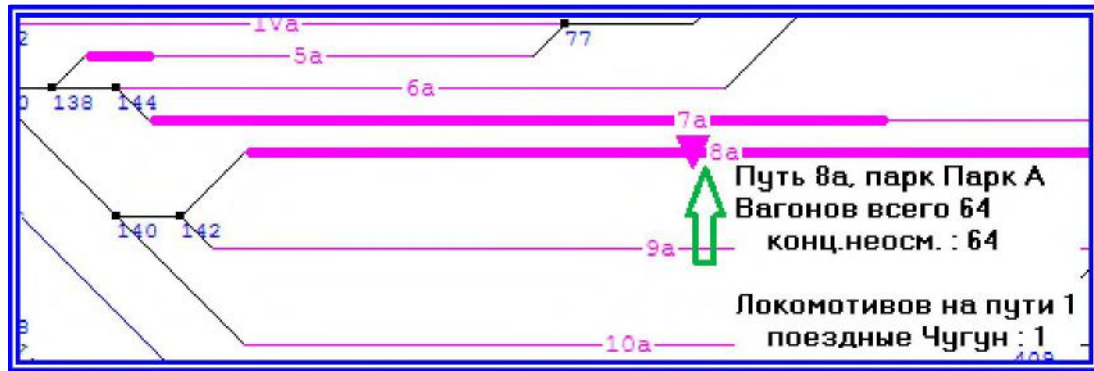


Рисунок 4.8 – Состояние парка приёма А

В грузовом парке (рисунок 4.9) показаны грузовые вагоны в ожидании выгрузки (пути 11А – 17А) и накапливающийся порожняк (пути 24А – 27А). Для удобства зрительного восприятия грузовые и порожние вагоны обозначены разным цветом (малиновым – грузовые, оранжевым – порожние). Технолог сразу видит, надо ли подавать очередную партию грузовых и на какой вагоноопрокидыватель, а также – пора ли убирать порожняк.

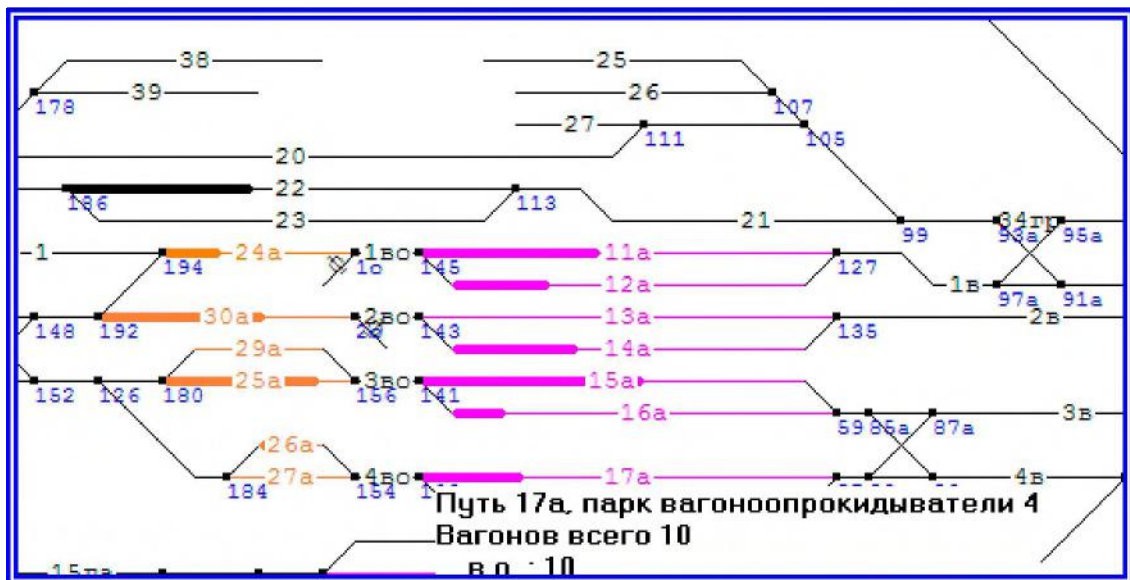


Рисунок 4.9 – Состояние грузового парка

Полезной информацией является состояние локомотивов, в данном случае наличие свободных локомотивов. Дело в том, что технолог видит локомотивы на путях, но каждый из них может быть свободным после выполнения операции (приёма, перестановки и т.п.), а может занят в операции. Например, горочный

уже заехал для роспуска состава, а поездной уже готов к отправлению с поездом после операции «окончание формирования».

В приведенной таблице (рисунок 4.10) технолог сразу видит, какие свободные локомотивы (по типам) находятся в каких районах станции. То есть, по сути, каким потенциалом он обладает для принятия технологических решений. Состояние конкретного локомотива технолог может увидеть при подведении курсора к соответствующему значку.

Состояние технологического процесса можно оценить по очереди операций в модели (рисунок 4.11). Качественно очередь можно было оценить по значкам операций. Здесь зелёным цветом отображена операция, которая будет выполняться первой, оранжевым – которая не была выполнена и снова поставлена в очередь (она имеет приоритет и поэтому рассматривалась в первоочередном порядке).

Можно посмотреть, какие операции были выполнены перед этим (рисунок 4.12). Важно отделить операции, выполнение которых задавала модель, от операций, которые были выполнены по решению технолога. То есть технолог видит, какие решения он принимал, а по состоянию системы – к чему это привело.

горочный	
● маневровые	1
▲ вывозные (диспетчерские)	1
входной	
● маневровые	1
на сеть	
● маневровые	1
■ поездные Казинка	1
▲ вывозные (диспетчерские)	1

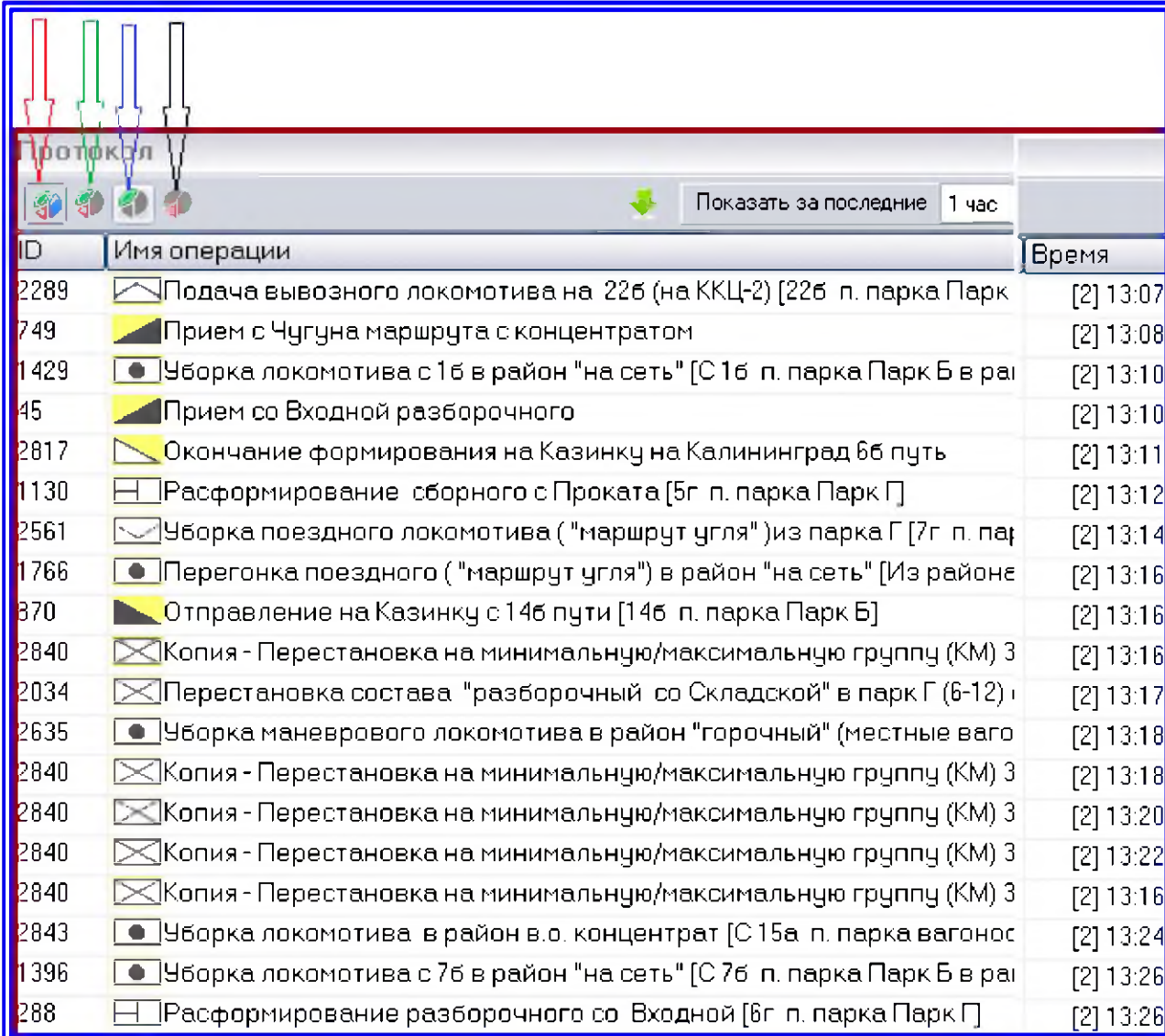
Рисунок 4.10 – Наличие свободных локомотивов в районах станции

№	Название операции	Поступлен
2851	Уборка порожних на 1г (концентрат)	[2] 13:27
2913	Полурейс локомотива резервом (КМ) 15 16 [16а п. парка вагонов	[2] 13:27
2018	Расформирование длинного разборочного с Казинки с заездом	[2] 13:30
288	Расформирование разборочного со Входной [6г п. парка Парк	[2] 13:31
2448	Вызов поездного локомотива с Восточной стандарт (15б)	[2] 13:36
2295	Подача вывозного локомотива на 24 б путь (на Складскую) [24	[2] 13:38
2795	Формирование подачи порожние на Входную 3б путь	[2] 13:38
2050	Перестановка состава извесь порожние в парк Г. стандарт [[2] 13:39
2292	Подача вывозного локомотива на 23б путь (на Складскую) [23	[2] 13:47
2543	Уборка поездного локомотива из-под разборочного со Входн	[2] 13:48
2554	Уборка вывозного локомотива из-под состава "с Восточной" [9	[2] 13:52

Рисунок 4.11 – Очередь операций в модели

Естественно, технологу нужно не только видеть прошлое, но и оценить ближайшее будущее, то есть ему необходим прогноз прибытия поездов с разложением составов (рисунок 4.13). Может быть технологу привычнее оценить состояние системы и протекание процессов по графику исполненной работы (рисунок 4.14).

Представленный перечень информации позволяет технологу оценить состояние системы и протекаемых процессов и сформулировать меры по удалению состояния от «опасных» границ. То есть предложить решения, которые не смогла найти модель.



ID	Имя операции	Время
2289	Подача вывозного локомотива на 22б (на ККЦ-2) [22б п. парка Парк	[2] 13:07
749	Прием с Чугуна маршрута с концентратом	[2] 13:08
1429	Уборка локомотива с 1б в район "на сеть" [С 1б п. парка Парк Б в ра	[2] 13:10
45	Прием со Входной разборочного	[2] 13:10
2817	Окончание формирования на Казинку на Калининград бб путь	[2] 13:11
1130	Расформирование сборного с Проката [5г п. парка Парк Г]	[2] 13:12
2561	Уборка поездного локомотива ("маршрут угля") из парка Г [7г п. па	[2] 13:14
1766	Перегонка поездного ("маршрут угля") в район "на сеть" [Из районе	[2] 13:16
870	Отправление на Казинку с 14б пути [14б п. парка Парк Б]	[2] 13:16
2840	Копия - Перестановка на минимальную/максимальную группу (KM) 3	[2] 13:16
2034	Перестановка состава "разборочный со Складской" в парк Г (6-12) ,	[2] 13:17
2635	Уборка маневрового локомотива в район "горочный" (местные ваго	[2] 13:18
2840	Копия - Перестановка на минимальную/максимальную группу (KM) 3	[2] 13:18
2840	Копия - Перестановка на минимальную/максимальную группу (KM) 3	[2] 13:20
2840	Копия - Перестановка на минимальную/максимальную группу (KM) 3	[2] 13:22
2840	Копия - Перестановка на минимальную/максимальную группу (KM) 3	[2] 13:16
2843	Уборка локомотива в район в.о. концентрат [С 15а п. парка вагонос	[2] 13:24
1396	Уборка локомотива с 7б в район "на сеть" [С 7б п. парка Парк Б в ра	[2] 13:26
288	Расформирование разборочного со Входной [6г п. парка Парк Г]	[2] 13:26

Рисунок 4.12 – Протокол выполненных операций

(стрелки: красная – все операции,

зеленая – выполненные технологом без выбора маршрута,

синяя – технологом с выбором маршрута,

черная – только моделью)

Прогноз прибытия поездов на 3 часа				
Всего составов: 105. Составов принято: 49. Составов, прибывающих в ближайшее время				
Направление	№	Время	Операция	Вагоны
Казинка	3723	[2] 13:53	Прием с Казинки кокс на Сырьевую.	70
Входная	3807	[2] 14:14	Прием со Входной (со ст. Прокат)	42
Складская	3311	[2] 14:55	Прием со Складской разборочного	35
Восточная	3119	[2] 15:01	Прием с Восточной сборного	40
Входная	3907	[2] 15:04	Прием со Входной разборочного	47
Казинка	3725	[2] 15:12	Прием с Казинки разборочного	64
Входная	3909	[2] 15:54	Прием со Входной (с Сырьевой) марш	68
Чугун-II	3548	[2] 16:02	Прием с Чугуна маршрута доломита	49
Казинка	3727	[2] 16:11	Прием с Казинки разборочного	64
Назначение				Количество
На Входную(Сырьевую)				20
На Входную (Скrapную-1)				13
На Входную				11
На Восточную (Угольную)				20

Рисунок 4.13 – Прогноз прибытия поездов

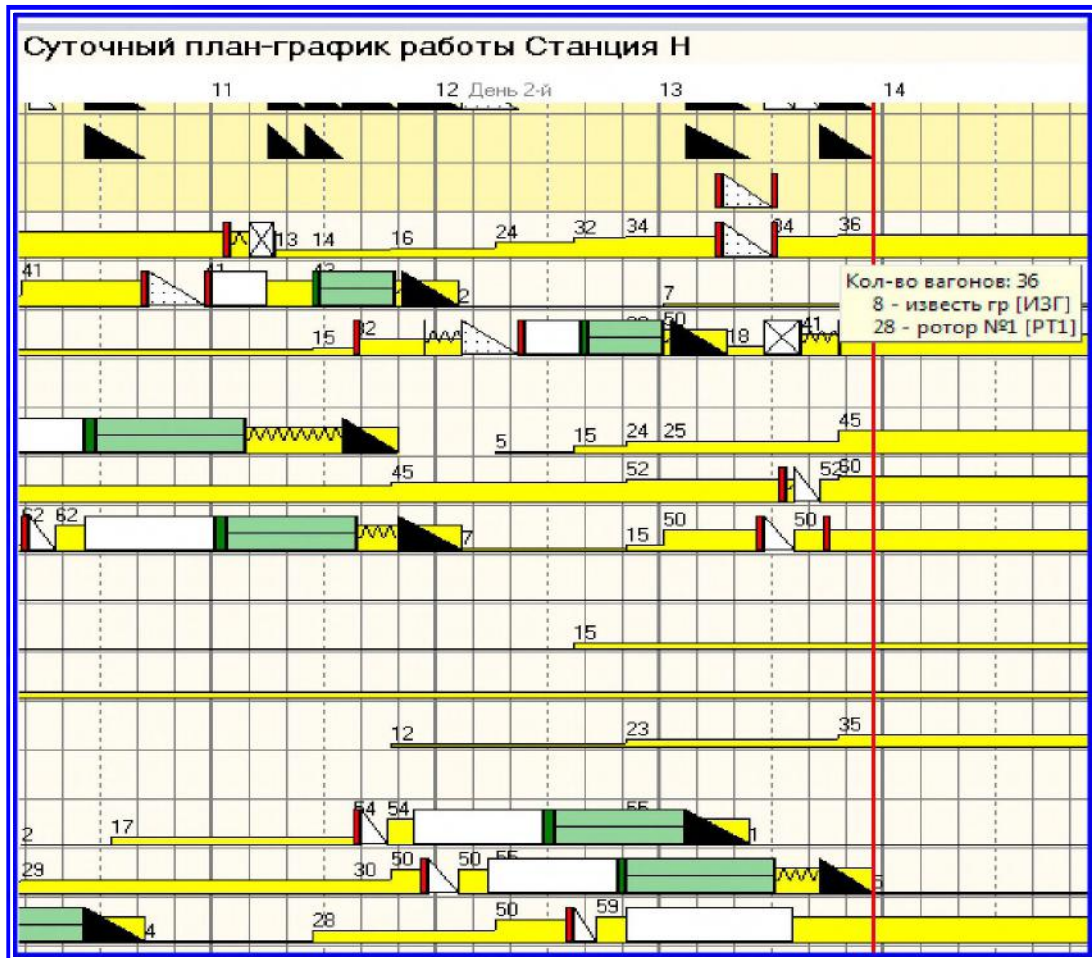


Рисунок 4.14 – Исполненный график к моменту остановки модели

4.2 Операционное обеспечение

Технолог во время остановки модели должен иметь возможность выбрать любые решения, предусмотренные технологическим процессом, а также производить изменения в технологии (рисунок 4.15).



Рисунок 4.15 – Возможные решения технолога в интерактивном процессе

Он может включить в очередь любую из возможных технологических

операций (рисунок 4.16). А выбор этот в системе моделирования весьма широк. Или удалить какую-то операцию. Если технолог включил новую операцию, то после её выполнения модель сама включит в очередь операцию – продолжение. Есть возможность изменить очередность выполнения операций (рисунок 4.17). Или изменить приоритеты операций – либо только у операций в очереди, либо для всех операций этого типа и на будущее [44].

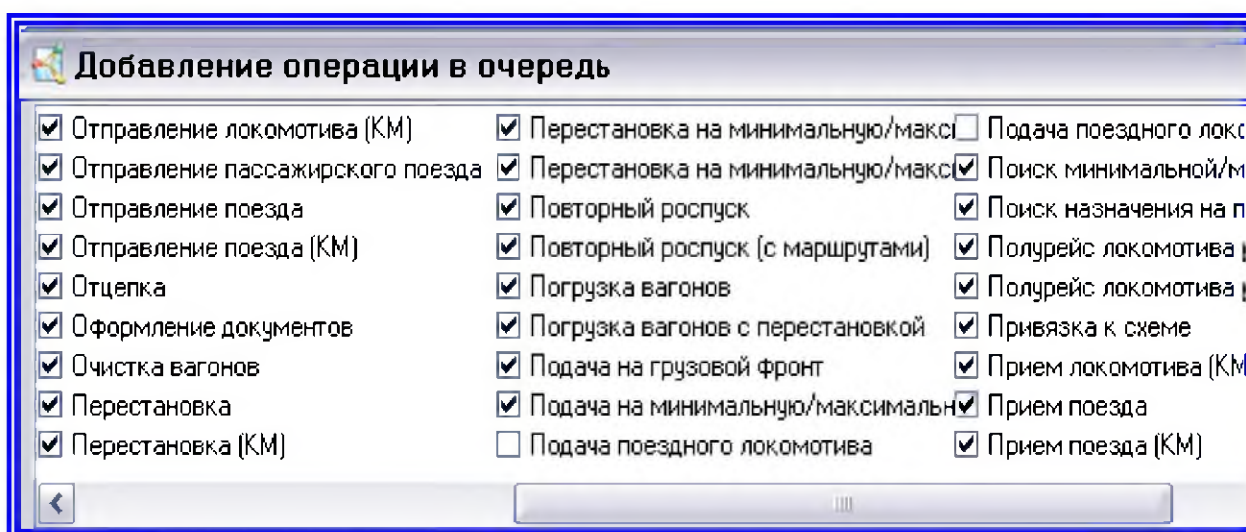


Рисунок 4.16 – Перечень включаемых технологом в очередь операций

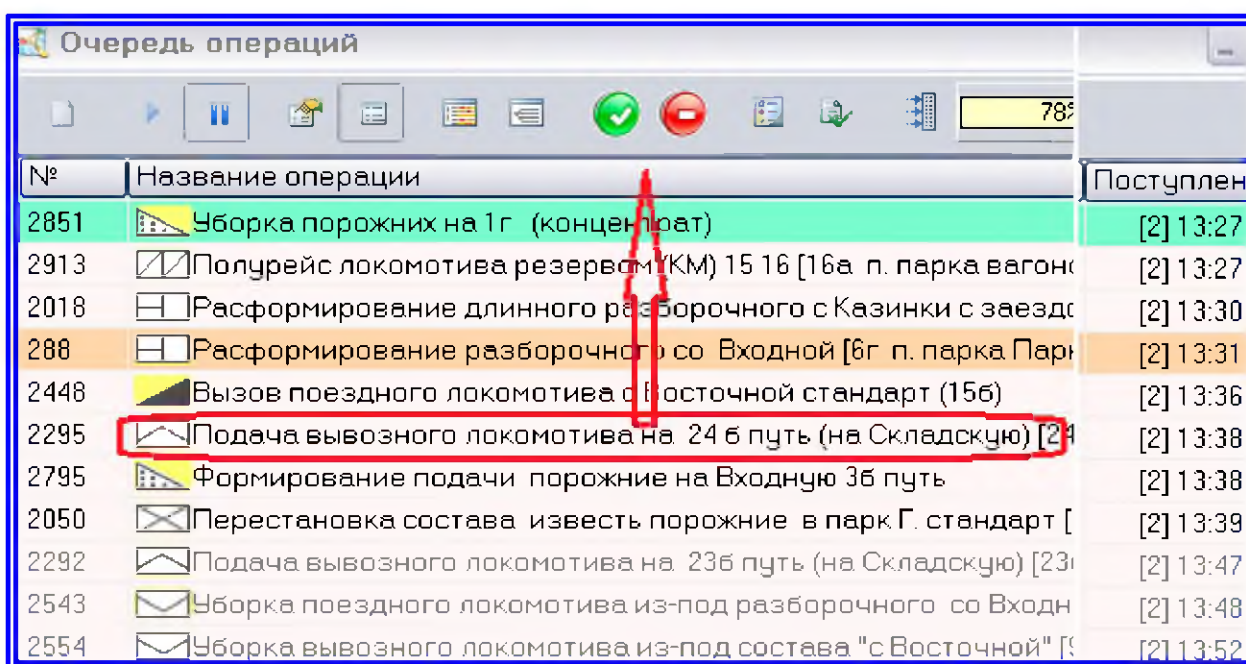


Рисунок 4.17 – Изменение очередности выполнения операций

Технолог может изменить размещение локомотивов. Сервис должен быть удобным, например такой, как показано на рисунке 4.18. Определив наличие свободного локомотива в некотором районе, нужно указать начало и конец маршрута. Модель сама сформирует маршрут перемещения, вставит её в очередь на первое место и выполнит.

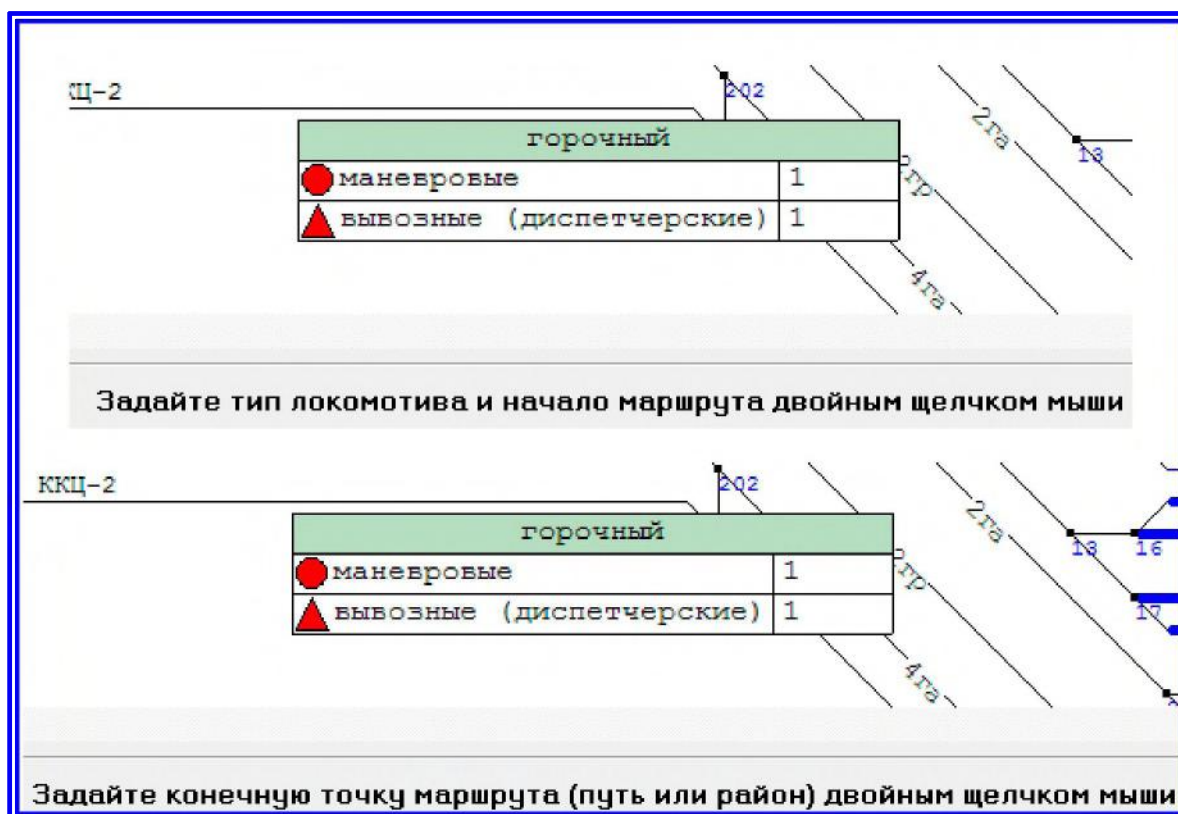


Рисунок 4.18 – Механизм перемещения локомотива

Внесением изменения в стандартный технологический процесс технолог может вывести станцию из критического состояния и передать управление модели. Если модель опять остановится по некоторому индикатору, интерактивный процесс должен быть продолжен.

Интерактивное моделирование представляет собой более развитый аппарат для исследования систем железнодорожного транспорта.

4.3 Интерактивный эксперимент

Эксперимент заключается в следующем. Работа предыдущей модели останавливается, когда резко возрастают суммарные задержки. То есть индикатором является показатель процесса, в данном случае «суммарные задержки за 1 час». Предел был установлен «20 составо-часов за 1 час». Остановка произошла в 14 час вторых суток (первые сутки рассматриваются как период вхождения модели в стационарное состояние) (рисунок 4.19). К этому моменту суммарные задержки достигли величины 26,7 составо-часов за 1 час. Анализ показал, что наибольшие задержки возникают в зоне окончания формирования сортировочно-отправочного парка Б из-за группы стрелок 205 – 357, при выполнении операций формирования и отправления (рисунок 4.20).



Рисунок 4.19 – Задержки при выполнении операций

"Узкие места" структуры по операциям (ч:мин)		
Элемент: Стр.205,207,213,215,217,219,221,235,245,349,353б,355,357б		
операция	графически	факт
Отправление на Казинку с 4б пути		11:14
Подача поездного локомотива на 8б путь (на		9:07
Окончание формирования на Казинку 4б путь		6:43
Отправление на ККЦ-2 с 22б пути		5:56
Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 б		5:24
Отправление на Восточную с 20б пути		4:24
Подача поездного локомотива (на Казинку угли		4:05
Подача поездного локомотива на пути парка В		4:01
Подача поездного локомотива (на Казинку) 4б		3:48
Отправление на Чугун с 8б пути		3:12
Перестановка состава с 11б в парк В (Новоросси		3:10

Рисунок 4.20 – Функциональное разложение структурных задержек

При этом высоким оказалось заполнение сортировочно-отправочного парка Б – 971 вагон (в нормальных условиях его загрузка колеблется обычно от 550 до 700 вагонов). Загрузка парков приемоотправочного В и предгорочного Г была ещё не предельной – 320 вагонов и 274 вагона соответственно. Однако высокий уровень задержек в зоне формирования и уже предельная загрузка сортировочного парка Б позволяют заключить, что через некоторое время начнутся задержки в расформировании и загрузка предгорочного парка Г увеличится. А это, в свою очередь, вызовет задержку перестановки составов из приемоотправочного парка В, что может вызвать неприём поездов. Поэтому необходимо принимать меры.

Технолог в данном случае принял два решения. Первое. Перенести часть операций окончания формирования в зону горки, чтобы разгрузить группу стрелок 205-357. Второе. Использовать часть путей грузового парка А как

дополнение к парку Г. После внесения корректив в технологию модель запущена в автоматический режим. Динамику процесса можно увидеть на последующих рисунках. Задержки при выполнении операций стали быстро сокращаться (см. рисунок 4.19). Конечно, случайные факторы могут вызывать иногда и обратную динамику.

Окончание формирования с двух сторон ускорило процесс подготовки поездов и их отправление (рисунок 4.21). Естественно, стало уменьшаться заполнение парка Б (рисунок 4.22). Однако произошло это не сразу.

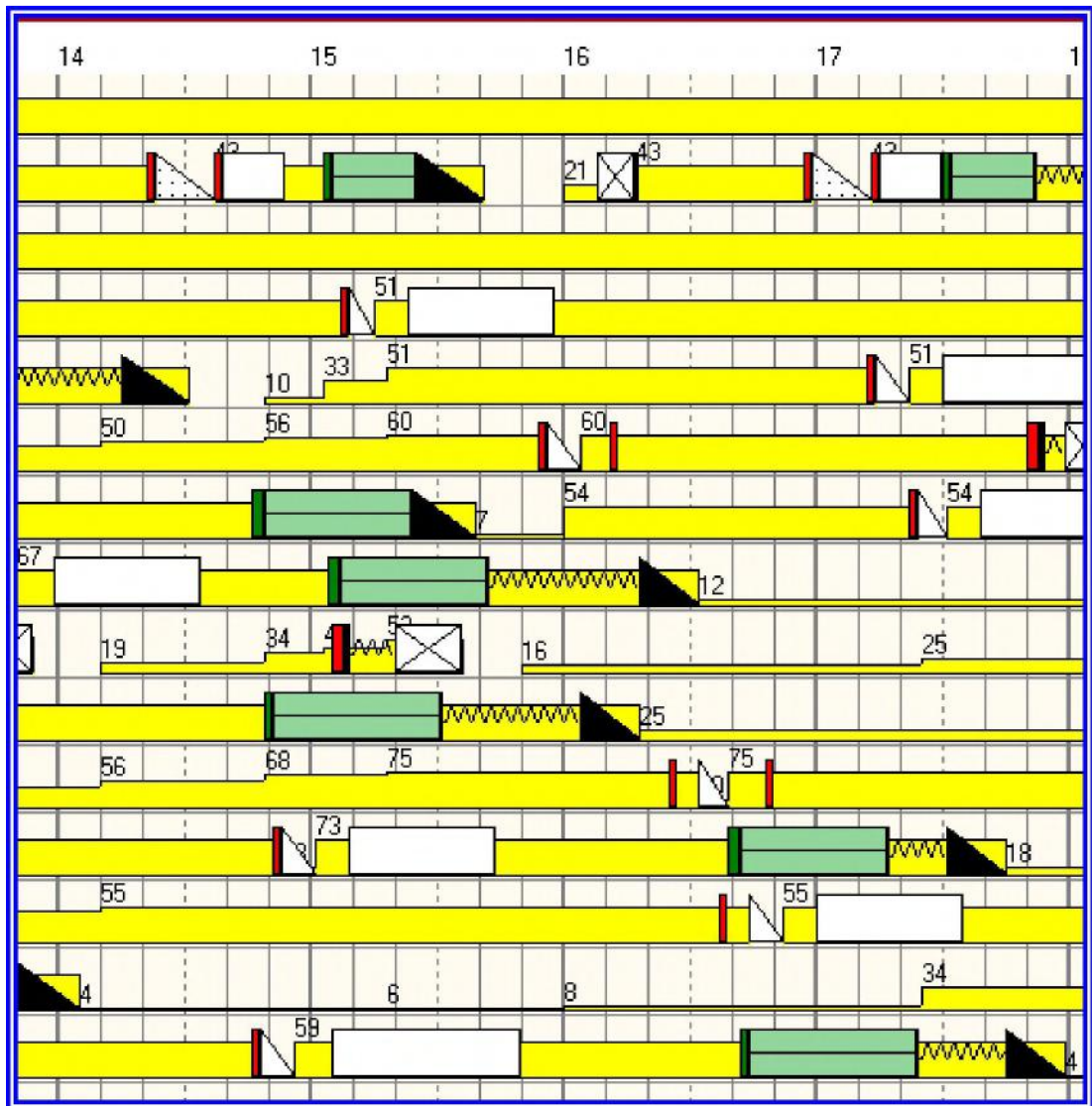


Рисунок 4.21 – Динамика работы сортировочно-отправочного парка

Поэтому число вагонов в предгорочном парке Г продолжало увеличиваться и достигло опасной величины – 438 вагонов. Пришлось 2 состава переставить в парк А, чтобы не задержать приём поездов. Но постепенно торможение процесса расформирования из-за переполнения парка Б уменьшилось и загрузка парка Г стала приближаться к нормативной (рисунок 4.23).



Рисунок 4.22 – Динамика заполнения сортировочно-отправочного парка



Рисунок 4.23 – Динамика заполнения предгорочного парка

Большие ожидания отпуска стали уменьшаться (рисунок 4.24). Эффект улучшения работы станции отразился на парке В с дополнительным сдвигом во времени (рисунок 4.25). Предельной загрузки парк достиг в 18 часов – 471 вагон, а затем число вагонов стало уменьшаться до комфортной величины в 257 вагонов. Это наглядно видно на графике исполненной работы (рисунок 4.26).

Следует отметить, что параметр «заполнение станции» не полностью соответствует параметрам «заполнение парка» и «суммарным задержкам» (рисунок 4.27). В общем динамика этого параметра отображает происходящие на станции процессы, но с некоторым запаздыванием и не так активно.

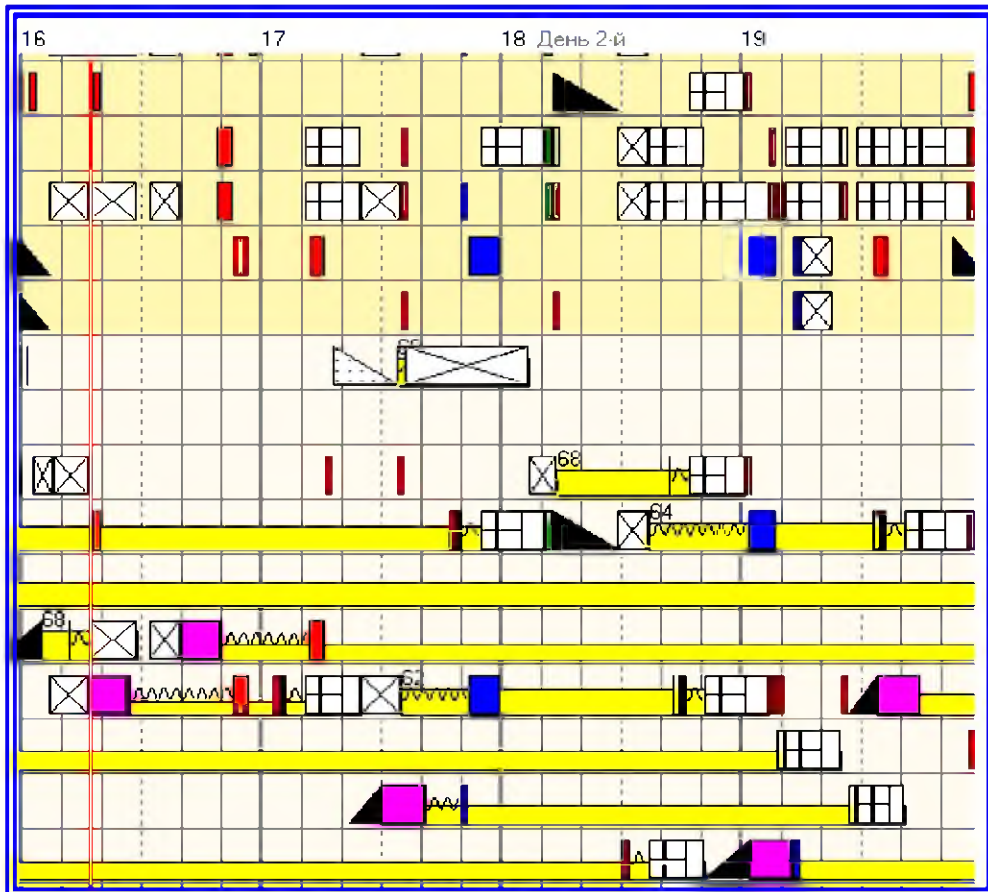


Рисунок 4.24 – Работа парка Г в период высокой загрузки



Рисунок 4.25 – Динамика заполнения приемоотправочного парка

Итак, по результатам интерактивного эксперимента можно сделать некоторые выводы.

Первое. Наиболее представительными индикаторами являются индикаторы процесса и, в первую очередь, величина суммарных задержек при выполнении операций.

Второе. Сочетание автоматического и ручного управления позволяет резко улучшить процесс работы станции в трудных ситуациях.

Третье. Индикаторы состояния отображают возникновение трудной ситуации с некоторым временным сдвигом. Это надо учитывать при остановке модели с их помощью.

Выводы к главе 4

1. Для эффективной работы технолога при остановке модели необходимо достаточно полное информационное и операционное обеспечение.

2. Информационное обеспечение должно включать следующие сведения в момент остановки:

- заполнение путей и разложение составов на них;
- расположение локомотивов;
- очередь операций, ожидающих выполнения;
- состояние графика исполненной работы;
- прогноз прибытия поездов с разложением составов.

А также другую дополнительную информацию для принятия решений.

3. Операционное обеспечение означает наличие в модели возможности реализации всех решений технолога по выводу станции из трудного положения. Сюда относятся и перемещение локомотивов, и изменение очереди выполнения операций, и изменение приоритетов операций, и др.

4. Эксперимент использования интерактивного подхода показывает возможность его применения для повышения эффективности имитационного моделирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации предложена технология исследования проектируемых станций на основе интерактивного моделирования, то есть с помощью моделей, когда при принятии решений активными остаются и компьютер, и человек. Сочетание возможностей компьютера, а также интеллекта и опыта технолога позволяют сформировать рациональную реакцию транспортной системы в возникающих трудных ситуациях, корректно отобразить ее возможную адаптивность и тем самым более корректно рассчитать перерабатывающую способность. Для таких систем как станции промышленных районов, припортовых узлов и тому подобных при автоматизированном моделировании есть опасность занизить возможную адаптивность системы и, соответственно, ее производительность, что приведет к нерациональной трате инвестиционных средств.

В том числе были решены следующие задачи:

- обоснована необходимость перехода к новому, человеко-машинному этапу моделирования сложных транспортных систем, когда на этапе проектирования трудно заранее предусмотреть возможные затруднения в работе и, соответственно, сформировать необходимую реакцию для сохранения работоспособности;
- предложены принципы и разработана технология построения интерактивных моделей;
- разработаны методические основы информационного и операционного обеспечения интерактивного процесса;
- предложены принципы выбора индикаторов для определения возникающей трудной ситуации, описания границ «опасного состояния», когда модель надо передавать на ручное управление. Сформированы группы индикаторов для управления по абсолютному

отклонению (индикаторы состояния) и «по производной», по скорости изменения параметра (индикаторы процесса). Разработана методика их использования;

- проведен интерактивный эксперимент и выполнен анализ его результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврамчук Е.Ф., Вавилов А.А., Емельянов С.В. и др. Технология системного моделирования/ Е.Ф. Аврамчук, А.А. Вавилов, С.В. Емельянов и др.; под общей редакцией С.В. Емельянова. – М.: Машиностроение, 1988. – 520 с.
2. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий/ Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
3. Аккоф Р., Сасиени М. Основы исследования операций/ Р. Аккоф, М. Сасиени – М.: Мир, 1971. – 354 с.
4. Акофф Р. Искусство решения проблем/ Р. Акофф; под редакцией Е.К. Маслоковского – М.: Мир, 1982. – 224 с.
5. Акулиничев В.М., Козлов П.А. Проблемы и перспективы использования экономико-математических методов при оптимизации транспортных узлов./ В.М. Акулиничев, П.А. Козлов// Сб. научных трудов/ Проблемы развития сортировочных станций и узлов. – М.: МИИТ, 1983. – С. 13–25.
6. Акулиничев В.М. Организация вагонопотоков/ В.М. Акулиничев – М.: Транспорт, 1979. – 223 с.
7. Акулиничев В.М. Организация перевозок на промышленном транспорте: Учебник/ В.М. Акулиничев – М.: Высшая школа, 1983. – 247 с.
8. Акулиничев В.М. Система организации вагонопотоков на железнодорожном транспорте/ В.М. Акулиничев – М.: МИИТ, 1969. – 120 с.
9. Акулиничев В.М., Бодюл В.И., Александров В.И. Статистическое моделирование работы сортировочной станции./ В.М. Акулиничев, В.И.Бодюл, В.И. Александров// Сборник научных трудов/ Математические методы в эксплуатации железных дорог. – М.: МИИТ, 1974. – С. 74–91.
10. Александров А.Э. Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей: теоретические основы, методология: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.08/ Александров Александр Эрнстович. – Екатеринбург, 2008. – 285 с.
11. Арсенов В.И. Оценка вариантов развития транспортной сети с помощью

методов линейного программирования/ В.И. Арсенов// Труды ИКТП. – М., 1967. – №3. – С. 5–20.

12. Бартенев П.В. Железнодорожные станции и узлы/ П.В. Бартенев. – М.: Трансжелдориздат, 1953. – 504 с.

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

14. Бахвалов Л. Компьютерное моделирование: долгий путь к сияющим вершинам/ Л. Бахвалов// Компьютерра. – 1997. – № 40 (217).

15. Бородин А.Ф. Новые принципы взаимодействия узлов и направлений железных дорог/ А.Ф. Бородин// Сборник/ Технология перевозки грузов в условиях рыночной экономики. – М.: Транспорт, 1993. – С. 48–56.

16. Бородин А.Ф., Харитонов А.В., Прилепин Е.В. «Полигон» - новая автоматизированная система текущего планирования./ А.Ф. Бородин, А.В. Харитонов, Е.В. Прилепин // Железнодорожный транспорт. – 2002. – № 4. – С. 10–16.

17. Бугаев А.В. Выбор оптимальных методов организации работы промышленных транспортных систем: дисс. ... канд.техн.наук: 05.22.01/ Бугаев Александр Васильевич. – М., 1984. – 234 с.

18. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем/ В.Н. Бурков. – М.: Наука, 1977. – 255 с.

19. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем/ В.Н. Бусленко. – М.: Наука, 1977. – 240 с.

20. Бусленко Н.П. Метод статистических исследований (метод Монте-Карло)/ Н.П. Бусленко, Д.И. Голенко, И.М. Соболев, В.Г. Срагович, Ю.А. Шрейдер. – М.: Физматгиз, 1962. – 334 с.

21. Быкадоров А.В. Аналитический расчет показателей работы станции/ А.В. Быкадоров// Железнодорожный транспорт. – 1979. – № 5. – С. 58–59.

22. Быкадоров А.В. Системное исследование технологии, оснащения,

пропускной и перерабатывающей способности технических станций: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.22.08/ Бакадыров Александр Васильевич. – М., 1981. – 42 с.

23. Вагнер Г. Основы исследования операций: в 2т./ Г. Вагнер. – М.: Мир, 1973. – 448с.

24. Васильев Г.С. Нормы для расчета плана формирования поездов/ Г.С. Васильев// Вестник ВНИИЖТ. – 1964. – № 8. – С. 51–54.

25. Васильев И.И. Определение необходимой мощности отдельных элементов станции/ И.И. Васильев// Труды ЛИИЖТ: вып. 140. – М.: Трансжелдориздат. – 1949. – С. 67–93.

26. Васильева Е.М., Левит Б.Ю., Лившиц В.М. Нелинейные транспортные задачи на сетях/ Е.М. Васильева, Б.Ю. Левит, В.М. Лившиц. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 104 с.

27. Вентцель Е.С. Исследование операций/ Е.С. Вентцель. – М.: Советское радио, 1972. – 482 с.

28. Горелик А.В., Орлов А.В., Сундуков А.Г. Модель надежности систем диспетчерского управления/ А.В. Горелик, А.В. Орлов, А.Г. Сундуков// Наука и техника транспорта. – М., 2011. – № 3. – С. 77–80.

29. Горелик А.В., Солдатов Д.В. Моделирование технологического процесса восстановления объектов транспортной инфраструктуры/ А.В. Горелик, Д.В. Солдатов// Наука и техника транспорта. – М., 2013. – № 4. – С. 80–83.

30. Горелик А.В., Орлов А.В., Савченко П.В., Сундуков А.Г. Оценка технологической эффективности систем диспетчерского управления при передаче ответственных команд/ А.В. Горелик, А.В. Орлов, П.В. Савченко, А.Г. Сундуков// депонированная рукопись № 688-В2010 10.12.2010. – 17 с.

31. Грунтов П.С. Расчет эксплуатационной надежности и путевого развития сортировочных станций/ П.С. Грунтов// Труды БелИИЖТ: вып. 94. – Гомель. – 1970. – 107 с.

32. Грунтов П.С. Эксплуатационная надежность станций/ П.С. Грунтов. –

М.: Транспорт, 1986. – 247 с.

33. Дел Рио Б., Фролов В.Я. Информационно-планирующая система железнодорожных узлов/ Б. Дел Рио, В.Я. Фролов. – М.: Транспорт, 1972. – С. 1–208.

34. Дятлов Н.В. Статистическая модель базовой системы обслуживания участковой станции./ Н.В. Дятлов// Сборник научных трудов/ Вопросы эксплуатации и экономики железных дорог. – М.: МИИТ, 1977. – С. 19–28.

35. Ефименко Ю.И. Обоснование этапности развития железнодорожных станций и узлов: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.22.08/ Ефименко Юрий Иванович. – Санкт-Петербург, 1992. – 50 с.

36. Жук Е. Имитационное моделирование работы сортировочной станции при составлении графика движения поездов/ Е. Жук// Вестник ВНИИЖТ. – 1995. – № 3. – С. 45–47.

37. Журавин С.Г. Взаимодействие производственных подразделений и промышленного железнодорожного транспорта в условиях интенсификации: дис. ... канд.техн.наук: 05.22.12/ Журавин Сергей Григорьевич. – М., 1987. – 268 с.

38. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах СССР. – М.: Транспорт, 1967. – 190 с.

39. Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР. – М.: МИНТРАНССТРОЙ СССР, МПС СССР, 1978. – 109 с.

40. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог. МПС СССР, утв. 24.04.1989. – М.: Транспорт, 1991. – 304 с.

41. Казюлин Г.Е. Выбор оптимального варианта организации вагонопотоков методом динамического программирования/ Г.Е. Казюлин// Труды МИИТа: вып.362, 1971. – С.18–35.

42. Карейша С.Д. Железнодорожные станции/ С.Д. Карейша. – М.: Транспечать НКПС, 1930. – 304 с.

43. Кашеева Н.В., Козлов П.А., Пермикин В.Ю. К теории построения транспортных узлов/ Н.В. Кашеева, П.А. Козлов, В.Ю. Пермикин// Транспорт

Урала. – 2013. – №3. – С. 8–10.

44. Кашеева Н.В., Мишарин А.С. Интерактивное исследование проектируемых железнодорожных станций/ Н.В. Кашеева, А.С. Мишарин// Транспорт Урала. – 2014. – №2. – С.3–6.

45. Кашеева Н.В., Осокин О.В., Колокольников В.С. Автоматизированное построение имитационных моделей/ Н.В. Кашеева, О.В. Осокин, В.С. Колокольников // Транспорт: наука, техника и управление. – 2014. – №5. – С. 50–53.

46. Кашеева Н.В., Тимухина Е.Н. Влияние отказа устройств автоматики на показатели работы транспортной системы/ Н.В. Кашеева, Е.Н. Тимухина// Сборник трудов V всероссийской научно-технической конференции филиала УрГУПС/ Техническое творчество как средство развития конкурентоспособности и повышения качества инженерной деятельности. – УрГУПС, 2013. – С. 6–9.

47. Кашеева Н.В., Тимухина Е.Н. Исследование снижения функциональных возможностей станций при сходах подвижного состава/ Н.В. Кашеева, Е.Н. Тимухина// Транспорт: наука, техника и управление. – 2013. – №1. – С.51–54.

48. Кашеева Н.В., Тимухина Е.Н. Метод повышения эксплуатационной надежности станции при сходах подвижного состава/ Н.В. Кашеева, Е.Н. Тимухина// Сборник трудов Международной научно-практической конференции/ Проблемы и перспективы развития транспорта. – М.: МИИТ, 2012. – С.153–154.

49. Кашеева Н.В., Тимухина Е.Н. Повышение функциональных и адаптивных свойств ж.д. станций/ Н.В. Кашеева, Е.Н. Тимухина// Монография. – LAP LAMBERT Akademik Publishing GmbH&Co.KG, Germany, 2013. – 222 с.

50. Кашеева Н.В., Тимухина Е.Н. Проблемы расчета и обеспечения работоспособности железнодорожных станций при технологических сбоях/ Н.В. Кашеева, Е.Н. Тимухина// Сборник трудов IV всероссийской научно-технической конференции филиала УрГУПС/ Техническое творчество как средство развития конкурентоспособности и повышения качества инженерной деятельности. – УрГУПС, 2012. – С. 32–35.

51. Кашеева Н.В., Тимухина Е.Н. Функциональная надежность теоретические основы и принципы расчета/ Н.В. Кашеева, Е.Н. Тимухина// Сборник научных трудов молодых ученых, специалистов, аспирантов и магистрантов/ Современные проблемы транспортного комплекса в России. – Магнитогорск: ФГБОУ ВПО МГТУ, 2012. – С. 98–108.

52. Кашеева Н.В., Тимухина Е.Н., Мягков А.В. Зависимость показателей работы транспортной системы от параметров технологических линий/ Н.В. Кашеева, Е.Н. Тимухина, А.В. Мягков // Транспорт: наука, техника и управление. – 2013. – №11. – С. 36–38.

53. Кашеева Н.В., Тимухина Е.Н., Четвериков В.А., Окулов Н.Е. Имитационная экспертиза проектов развития промышленных железнодорожных станций/ Н.В. Кашеева, Е.Н. Тимухина, В.А. Четвериков, Н.Е. Окулов// Materialy X mezinarodni vedecko-prakticka conference «Dny vedy - 2014». – Dil 33/ Technicke vedy. – Praha:Publishing House «Education and Science», 2014. – С. 54-56.

54. Кашеева Н.В., Четвериков В.А., Окулов Н.Е. Исследование заводских сортировочных станций с помощью имитационного моделирования/ Н.В. Кашеева, В.А. Четвериков, Н.Е. Окулов// Транспорт: наука, техника и управление. – 2014. – №3. – С. 58–62.

55. Киндлер Е. Языки моделирования/ Е. Киндлер. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 288 с.

56. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания/ Л.Клейнрок. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.

57. Козин Б.С., Козлов И.Т. Выбор схем этапного развития железнодорожных линий/ Б.С. Козин, И.Т. Козлов. – М.: Трансжелдориздат, 1964. – 241 с.

58. Козлов И.Т. Пропускная способность транспортных систем/ И.Т. Козлов. – М.: Транспорт, 1985. – 214 с.

59. Козлов П.А. Теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации гибкой технологии транспортного обслуживания заводов черной

металлургии: дис. ... док.техн.наук: 05.22.12/ Козлов Петр Алексеевич. – М., 1987. – 393 с.

60. Козлов П.А., Александров А.Э. Автоматизированный программный комплекс расчета, регистрации и отображения работы сортировочной станции/ П.А. Козлов, А.Э. Александров// Железнодорожный транспорт. – 2003. – № 9. – С. 65–67.

61. Козлов П.А., Козлова В.П. Расчет параметров проектируемых транспортных узлов/ П.А. Козлов, В.П. Козлова// Железнодорожный транспорт. – 2008. – №7. – С. 36–38.

62. Колокольников В.С. Автоматизированное структурно-технологическое исследование железнодорожных станций: дис. ... канд.техн.наук: 05.22.08/ Колокольников Виталий Сергеевич. – Е., 2013. – 151 с.

63. Корешков А.Н. Влияние простоев в ожидании формирования поездов на перерабатывающую способность сортировочного комплекта/ А.Н. Корешков// Труды МИИТ: вып. 379. – М., 1974. – С. 128–145.

64. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание. Теория и приложения/ А. Кофман, Р. Крюон – М.: Мир, 1965. – 302 с.

65. Кудряшева М.С. Совершенствование организации технологических перевозок в транспортных системах металлургических комбинатов: дис. ... канд.техн.наук: 05.22.12/ Кудряшова Маргарита Семеновна – М., 1985. – 147 с.

66. Лапицкий Х.М., Авербух Ю.Л. Проектирование отправочных парков/ Х.М. Лапицкий, Ю.Л. Авербух// Транспортное строительства. – 1963. – № 12. – С. 43–46.

67. Лебедева Т.П., Ломакина Н.Н., Садиков П.П., Сотников Е.А. Расчет времени нахождения вагонов на сортировочных и участковых станциях/ Т.П. Лебедева, Н.Н. Ломакина, П.П. Садиков, Е.А. Сотников// Труды ЦНИИ МПС, вып. 481. – М.: Транспорт. – 1981. – 184 с.

68. Левин Д.Ю., Павлов В.Л. Составообразование. Метод планирования и управления/ Д.Ю. Левин, В.Л. Павлов// Железнодорожный транспорт. – 2001. –

№ 3. – С. 53–55.

69. Лещинский Е. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте / Е. Лещинский. – М.: Транспорт, 1977. – 176с.

70. Макарович А.М., Дьяков Ю.В. Использование и развитие пропускной способности железных дорог/ А.М. Макарович, Ю.В. Дьяков. – М.: Транспорт, 1981. – 287 с.

71. Маклаков С.В. Моделирование бизнес-процессов с Bpwin/ С.В. Маклаков. – М.: Диалог МИФИ, 2002. – 224с.

72. Максимович Б.М. Пропускная способность железнодорожных линий/ Б.М. Максимович. – М., Трансжелдориздат, 1948. – 200 с.

73. Математика и кибернетика в экономике: словарь -справочник/ под. ред. Федоренко Н.П. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Экономика, 1975. – 700с.

74. Математическое моделирование экономических процессов/ под. ред. И.В. Белова и А.М. Макаровкина. – М.: Транспорт, 1977. – 246 с.

75. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте: [приложение к указанию МПС России от 31.08.1998 №В-1024у]. – М., 1998. – 123 с.

76. Мишарин А.С. Организация эффективного функционирования железнодорожного транспорта на основе современных информационных технологий: автореф. дис. ... докт.техн.наук: 05.02.22/ Мишарин Александр Сергеевич. – М., 2005. – 47 с.

77. Моисеев Н.Н. Математика ставит эксперимент/ Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1979. – 224 с.

78. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа/ Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1981. – 488 с.

79. Негрей В.Я. Научные основы расчетов и проектирования железнодорожных станций и узлов: автореф. дис. докт.техн.наук/ Негрей Виктор Яковлевич. – Ленинград, 1987. – 35 с.

80. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями

экономических систем/ Т. Нейлор. – М.: Мир, 1975. – 511 с.

81. Никитин В.Д. О графоаналитических приемах расчета путей станции / В.Д. Никитин// Труды МИИТ, вып. XII. – М., Транспечать НКПС, 1929. – С. 295–308.

82. Организация движения на железнодорожном транспорте : учебное пособие/ под общ. ред. И.Г.Тихомирова. – Минск: Высшая школа, 1969. – 488 с.

83. Осокин О.В. Интеллектуальное сопровождение производственных процессов на железнодорожном транспорте: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.08/ Осокин Олег Викторович. – М., 2014. – 355 с.

84. Пермикин В.Ю. Автоматизация структурно-технологической оптимизации железнодорожных станций: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08/ Пермикин Вадим Юрьевич. – Екатеринбург, 1999. – 138с.

85. Персианов В.А. Научные и практические задачи развития станционных комплексов в узловых пунктах транспортной сети: автореферат дис. ... д-ра техн. наук: / Персианов Владимир Александрович. – М., 1970. – 38 с.

86. Персианов В.А. Станции и узлы в современной транспортной системе (проблемы, мнения, идеи)/ В.А. Персианов// Железнодорожный транспорт. – 1980. – № 2. – С. 48–56.

87. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С. Моделирование транспортных систем/ В.А. Персианов, К.Ю. Скалов, Н.С. Усков. – М.: Транспорт, 1972. – 208 с.

88. Персианов В.А., Усков Н.С. Системно-технологические расчеты транспортных устройств методом моделирования/ В.А. Персианов, Н.С. Усков// Труды СоюздорНИИ, Вып.36, 1968. – 88 с.

89. Пешков А.М. Вероятностный метод расчета пропускной способности парков технических станций/ А.М. Пешков// В сборнике/ Совершенствование технологии и условий железнодорожных перевозок. – Новосибирск, 1995. – С. 20–29.

90. Пешков А.М. Совершенствование методов расчета пропускной способности технических станций: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08/

Пешков Алексей Матвеевич. – Новосибирск, 1992. – 22 с.

91. Пешков А.М., Васильева О.В. Оценка пропускной способности парка приема сортировочной станции/ А.М. Пешков, О.В. Васильева// В сборнике /Повышение эффективности эксплуатационной работы железных дорог Урала и Сибири. – Новосибирск, 1988. – С. 56–64.

92. Писарев С.Г. Пропускная способность двухпутных магистралей, станций и метрополитенов/ С.Г. Писарев// Труды МИИТ, выпуск XX, Л., ОГИЗ-Гострансиздат, 1932. – 255 с.

93. Позамантур Э.И. Оптимальное оперативное планирование потоков продукции и работы транспорта/ Э.И. Позамантур// в книге: Проблемы прогнозирования и оптимизации работы транспорта/ под ред. Л.В. Канторовича и В.Н. Лившица. – М.: Наука, 1982. – С. 275–295.

94. Попов А.Т. Оптимизация взаимодействия технологического железнодорожного транспорта и производства (на примере металлургического комбината): дис. ... канд.техн.наук: 05.22.12/ Попов Алексей Тимофеевич. – М., 1984. – 223 с.

95. Поттгофф Г. Об определении числа путей на станциях/ Г. Поттгофф// Железнодорожный транспорт. – 1958. – № 9. – С. 82–87.

96. Проектирование железнодорожных станций и узлов: справочное и методическое руководство/ под редакцией А.М. Козлова, К.Г. Гусевой. – М.: Транспорт, 1981. – 398 с.

97. Ратин А.С. Динамический подход к задаче определения очередности обслуживания грузовых пунктов станции/ А.С. Ратин // Сборник научных трудов/ Вопросы эксплуатации и экономики железных дорог. – М.: МИИТ, 1977. – С. 56–65.

98. Рыков А.Л. Совершенствование работы сортировочной станции за счёт уменьшения коммерческих браков из-за нарушения креплений грузов: дис. ... канд.техн.наук: 05.22.08./Рыков Андрей Леонидович. – Е., 2007. – 140с.

99. Савченко И.Е., Акулиничев В.М. и др. Железнодорожные станции и

узлы/ под. ред. В.М. Акулиничева. – М.: Транспорт, 1992. – 480 с.

100. Савченко И.Е., Земблинов С.В., Страковский И.И. Железнодорожные станции и узлы/ И.Е. Савченко, С.В. Земблинов, И.И. Страковский. – М., Транспорт, 1967. – 467 с.

101. Смехов А.А. Применение математических методов для расчета оптимальных параметров грузовых фронтов/ А.А. Смехов// Сборник научных трудов/ Применение математических методов и ЭЦВМ в грузовой работе железных дорог. – М.: МИИТ, 1968. – С. 15–29.

102. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем/ Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 1985. – 271 с.

103. Сокович В.А., Пошивайло И.Н. Организация движения на железнодорожном транспорте: том 1/ В.А. Сокович, И.Н. Пошивайло. – М.: Трансжелдориздат, 1941. – 496 с.

104. Сотников Е.А. Интенсификация работы сортировочных станций/ Е.А. Сотников. – М.: Транспорт, 1979. – 259 с.

105. Сотников Е.А. Планирование работы станций с использованием ЭВМ/ Е.А. Сотников. – М.: Транспорт, 1973. – 51 с.

106. Сотников И.Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог/ И.Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1976. – 268 с.

107. Сотников И.Б. Теоретические основы взаимодействия в работе приемоотправочных парков и прилегающих участках: учебное пособие/ И.Б. Сотников. – М.: МИИТ, 1967. – 60 с.

108. Сотников И.Б., Выгнанов А.А., Шарипова Р.И. Оптимальное соотношение емкости станционных путей и рабочего парка вагонов/ И.Б. Сотников, А.А. Выгнанов, Р.И. Шарипова// Железнодорожный транспорт. – 1982. – № 7. – С. 29–31.

109. Спиридонов Э.С., Волков Д.Э. Имитационное моделирование проектов развития инфраструктуры/ Э.С. Спиридонов, Д.Э. Волков// Сборник научных трудов/ Технические науки. – М.: Транспорт. – С. 32–36

110. Статистические модели и многокритериальные задачи принятия решений: сборник статей. – М.: Статистика, 1979. – 184 с.
111. Таль К.К. О методике расчетов пропускной способности станций/ К.К. Таль// Железнодорожный транспорт. – 1960. – № 12. – С. 47–51.
112. Таль К.К. Основные вопросы применения методов моделирования для проектирования станций и узлов/ К.К. Таль// Труды ЦНИИС, вып. 47. – 1971. – С. 56– 96.
113. Таль К.К. Повышение пропускной способности стрелочных горловин/ К.К. Таль// Вестник ЦНИИ. – 1956. – № 4. – С. 48-51.
114. Таль К.К. Руководство по расчету станций методом моделирования на БЭСМ-4: монография/ К.К. Таль. – М.: ЦНИИС, 1975. – 180 с.
115. Тимухина Е.Н. Повышение функциональной надежности железнодорожных станций при технологических сбоях: дис. ... д-ра.техн.наук: 05.22.08/ Тимухина Елена Николаевна. – Е., 2012. – 384 с.
116. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: [утв. распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008г. №1734-р]. – М., 2008. – 207 с.
117. Трофимов С.В. Выбор оптимальных методов оперативного управления работой промышленного железнодорожного транспорта: дис. ... канд.техн.наук: 05.22.01/ С.В. Трофимов . – М., 1990. – 201 с.
118. Тулупов Л.П., Юйлиан Ян. Текущее планирование поездной работы технических станций/ Л.П. Тулупов // Железнодорожный транспорт. – М., 1997. – № 6. – С. 28–31.
119. Федотов Н.И. Простои поездов и локомотивов на участковых и сортировочных станциях/ Н.И. Федотов// Труды НИИЖТ, вып. 54. – Новосибирск, 1966. – С.34– 47.
120. Федотов Н.И. Расчет числа приемоотправочных путей на участковых и сортировочных станциях/ Н.И. Федотов// Труды НИИЖТ, вып. 29. – Новосибирск, 1962. – С. 20–60.

121. Фортов В.Е. Свобода науки как государственная необходимость: интервью/ В.Е. Фортов// Эксперт. – 2013. – №35(865).
122. Харитонов А.В. Планирование поездообразования на полигоне/ А.В. Харитонов// Железнодорожный транспорт. – 2000. – № 7. – С. 17– 22.
123. Четчуев М.В., Ефименко Ю.И. Обоснование рациональной этапности развития горловин железнодорожных станций/ М.В. Четчуев, Ю.И. Ефименко// Наука и техника транспорта. – 2012. – №3. – С. 29–36.
124. Четчуев М.В. Методы описания структуры железнодорожной станции при разработке её имитационной модели/ М.В. Четчуев// Сборник материалов IV международной научно-практической конференции/ Интеллектуальные системы на транспорте. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2014. – С. 360–367.
125. Четчуев М.В. Обоснование рационального секционирования путей в горловинах парков технических станций/ М.В. Четчуев// Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. - №3 (32). – С. 73–81.
126. Шабалин Н.Н. Расчет мощности сортировочных устройств/ Н.Н. Шабалин// Железнодорожный транспорт. – 1967. – № 7. – С. 39–42.
127. Шабалин Н.Н. Время нахождения на станции транзитных вагонов с переработкой/ Н.Н. Шабалин// Труды МИИТ, вып. 307. – М., 1969. – С. 100–107.
128. Шабалин Н.Н. Оптимизация процесса переработки вагонов на станциях/ Н.Н. Шабалин. – М., Транспорт, 1973. – 182 с.
129. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука/ Р. Шеннон – М.: Мир, 1978. – 215 с.
130. Штанге Б.Д. Железнодорожные станции и узлы/ Б.Д. Штанге. – М., Трансжелдориздат, 1952. – 199 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Анализ результатов моделирования системой ИСТРА**1. Пропускная способность и простои вагонов****По станции**

прибыло поездов	76
убыло поездов	79
прибыло вагонов	3854
убыло вагонов	3740
средний простой вагона	8.28
суммарная задержка	243.49

Не принято

поездов	1
вагонов	53

В том числе прибыло поездов:

с Чугуна	13
с Казинки	19
с Восточной	10
со Входной	22
со Складской	8
вывозного локомотива	1
поездного локомотива	9
поездного с	1
с ККЦ-2	4

В том числе убыло поездов:

на Входную	27
на Казинку	29
на Складскую	3
на ККЦ-2	8
на Чугун	11
на Восточную	2
резервом на	0
поездного локомотива	2
локомотива (дисп. на	6

В том числе по паркам:

Парк Парк Г

прибыло вагонов	3159
убыло вагонов	3085
средний простой	1.39

Парк Парк Б

прибыло вагонов	2783
убыло вагонов	2777
средний простой	5.39

Парк Д

прибыло вагонов	0
убыло вагонов	0
средний простой	

Парк вагоноопрокидыватели

прибыло вагонов	781
убыло вагонов	778
средний простой	2.15

Парк вагоноопрокидыватели 1

прибыло вагонов	86
убыло вагонов	85
средний простой	1.91

Парк вагоноопрокидыватели 2

прибыло вагонов	237
убыло вагонов	237
средний простой	1.46

Парк ГР 2

прибыло вагонов	0
убыло вагонов	0
средний простой	0

Парк вагоноопрокидыватели 4

прибыло вагонов	230
убыло вагонов	230
средний простой	0.9

Парк вагоноопрокидыватели 3

прибыло вагонов	212
убыло вагонов	207
средний простой	0.93

Парк Парк А

прибыло вагонов	898
убыло вагонов	877
средний простой	3.17

Парк Парк В

прибыло вагонов	2537
убыло вагонов	2533
средний простой	2.66

Парк ГР 3

прибыло вагонов	0
убыло вагонов	0
средний простой	

Парк ГР1

прибыло вагонов	0
убыло вагонов	0
средний простой	

2. "Узкие места" структуры

Наибольшие задержки вызваны из-за следующих устройств:

Устройство	Задержки
Лок. маневровые	30:41
Стр. 205,207,213,215,217,219,221,235,245,349,353,355,357,6	28:45
бгб п. парка Парк Б	12:45
Стр. 64,68,70,72,96,98	11:16
IVг п. парка Парк Г	07:52

Задержки распределяются по операциям:

Устройство	Операция	Задержки
Лок маневровые	Уборка порожних на 1г (концентрат)	01:49
	Расформирование (с маршрутами) парк В [1г п. парка Парк Г]	01:36
	Формирование подачи (порожние на Входную) 26 путь	01:34
Стр. 205,207,213,215,217 219,221,235,245,349,353 6,355,3576	Подача поездного локомотива (на Казинку угли) 156 путь [156 п. парка Парк Б]	01:34
	Окончание формирования на Казинку 46 путь на 56 п. парка Парк Б	01:30
	Подача поездного локомотива (на Казинку) 46 путь [46 п. парка Парк Б]	01:24
6гб п. парка Парк Б	Расформирование разборочного со Входной [5г п. парка Парк Г]	02:00
	Расформирование разборочного со Входной [6г п. парка Парк Г]	01:59
	Расформирование разборочного со Входной [7г п. парка Парк Г]	01:37
Стр. 64,68,70,72,96,98	Расформирование (с маршрутами) парк В [1г п. парка Парк Г]	01:23
	Расформирование разборочного со Входной [7г п. парка Парк Г]	01:21
	Расформирование разборочного со Входной [8г п. парка Парк Г]	00:56
IVг п. парка Парк Г	Перестановка состава в парк А (известь и 1 в.о.) стандарт [16 п. парка Парк Б]	03:24
	Перестановка состава с диспетчерского пути 96 в парк Г стандарт [96 п. парка Парк Б]	02:31
	Перегонка поездного Чугун из горочного района в район "на сеть" [Из района горочный в район на сеть]	00:55

3. "Узкие места" технологии

Наибольшие задержки возникают при выполнении следующих операций:

Операция	Задержки
Расформирование разборочного со Входной	17:27
Перестановка состава "разборочный со Складской" в парк Г (6-12) стандарт	10:29
Расформирование (с маршрутами) парк В	10:09
Начало цикла по пути начала концентрат	09:05
Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 6 пути	08:03

При выполнении этих операций задержки возникали из-за занятости следующих устройств:

Операция	Устройство	Задержки
Расформирование разборочного со Входной	бгб п. парка Парк Б	06:27
	96 п. парка Парк Б	03:12
	Стр. 64,68,70,72,96,98	02:44
Перестановка состава "разборочный со Складской" в парк Г (6-12) стандарт	Лок. маневровые	07:10
	Стр. 204	01:12
	Стр. 110,190,202,606	00:39
Расформирование (с маршрутами) парк В	Лок. маневровые	04:26
	Стр. 64,68,70,72,96,98	02:17
	бгб п. парка Парк Б	01:13
Начало цикла по пути начала концентрат	цикл 4 – Количество одновременных циклов	09:09
Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 6 пути	Лок. маневровые	03:47
	Стр. 205,207,213,215,217,219,221,235,245,349,3536,355,3576	03:19
	Стр. 223,225,229,237,243,247,249,251	00:06

4. Занятость локомотивов

маневровые

Средняя занятость локомотивов составляет 13:22

При этом полезная занятость составляет 12:23

Занятость межоперационными простоями составляет 00:58

ЛОКОМОТИВЫ В.О.

Средняя занятость локомотивов составляет 13:21

При этом полезная занятость составляет 12:56

Занятость межоперационными простоями составляет 00:25

5. Рекомендации по совершенствованию работы станции

В первую очередь, необходимо уменьшить задержки из-за устройств

Устройство
Лок. маневровые
Стр. 205,207,213,215,217,219,221,235,245,349,3536,355,3576
бгб п. парка Парк Б
Стр. 64,68,70,72,96,98
IVг п. парка Парк Г

Для этого нужно либо уменьшить число передвижений с их использованием, либо уменьшить время занятости этих устройств в операциях:

Операция
Расформирование разборочного со Входной
Перестановка состава "разборочный со Складской" в парк Г (6-12) стандарт
Расформирование (с маршрутами) парк В
Начало цикла по пути начала концентрат
Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 6 пути

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Показатели и загрузка устройств

Таблица Б1 - Объемные показатели

Показатель	Значение
Прибыло поездов	76
Отправлено поездов	79
Прибыло вагонов	3854
Отправлено вагонов	3740
Количество непринятых поездов	1
Количество непринятых вагонов	53
Прибыло в парк Парк Г	3159
Отправлено из парка Парк Г	3085
Прибыло в парк Парк А	898
Отправлено из парка Парк А	877
Прибыло в парк Парк В	2537
Отправлено из парка Парк В	2533
Прибыло в парк Парк Д	0
Отправлено из парка Парк Д	0
Прибыло в парк Парк Б	2783
Отправлено из парка Парк Б	2777
Прибыло в парк ГР 3	0
Отправлено из парка ГР 3	0
Прибыло в парк вагоноопрокидыватели	781
Отправлено из парка вагоноопрокидыватели	778
Прибыло в парк вагоноопрокидыватели 1	86
Отправлено из парка вагоноопрокидыватели 1	85
Прибыло в парк вагоноопрокидыватели 2	237
Отправлено из парка вагоноопрокидыватели 2	237
Прибыло в парк вагоноопрокидыватели 3	212
Отправлено из парка вагоноопрокидыватели 3	207
Прибыло в парк вагоноопрокидыватели 4	230
Отправлено из парка вагоноопрокидыватели 4	230
Прибыло в парк ГР 2	0
Отправлено из парка ГР 2	0
Прибыло в парк ГР 1	0
Отправлено из парка ГР 1	0
Прием с Чугуна маршрута с концентратом	9
Прием с Казинки маршрут порожних на ККЦ-2	3
Прием с Восточной маршрут граншлака	1
Прием с Восточной маршрут чугуна	1
Прием с Восточной на Складскую транзит	1
Прием с Казинки кокс на Южную	0
Прием с Входной (с Сырьевой) маршрут порожних под угли на Казинку	4
Прием с Входной (с Сырьевой) местные вагоны	1
{Локомотивы Поездные Казинка Прием} с Казинки	0
{Локомотивы Поездные Чугун Прием} с Чугуна	0

Продолжение таблицы Б1

{Локомотивы Вывозные Прием} с Восточной	0
{Локомотивы Вывозные Прием} со Входной	0
{Локомотивы Вывозные Прием} со Складской	0
Вызов вывозного локомотива со Складской (порожние на ККЦ)	0
Вызов поездного локомотива с Восточной (граншлак) стандарт	0
Вызов поездного с Восточной (чугун на Казинку)	0
Вызов поездного локомотива с Восточной (с Сырьевой на Казинку порожние)	3
Вызов вывозного локомотива с Восточной (кокс на Южную) стандарт	0
Вызов поездного локомотива с Восточной стандарт (15б)	1
Вызов поездного локомотива с Восточной стандарт (4б)	4
Вызов поездного локомотива с Восточной стандарт (6б)	0
Вызов вывозного локомотива со Складской (2б)	0
Вызов поездного локомотива с Восточной стандарт (на Новороссийск)	2
{Локомотивы Поездные Казинка Прием} с Восточной	0
Прием с Казинки маршрута порожних	1
Прием с Казинки разборочного	9
Прием со Входной разборочного	9
Прием со Входной (с Сырьевой)	3
Прием со Входной (со ст. Прокат)	6
Прием с Казинки маршрут кокса	0
Прием с Казинки маршрута угля на Сырьевую	3
Прием с Казинки порожних на Прокат	2
Прием с Казинки кокс на Сырьевую	1
Вызов вывозного локомотива со Складской (кокс)	0
Прием с ККЦ-2 (на Калининград)	2
Прием с ККЦ-2 (на Новороссийск)	2
Вызов поездного с Восточной (с ККЦ на Калининград)	1
Прием с Чугуна маршрута флюсов	2
Прием с Чугуна маршрута доломита	2
Вызов вывозного локомотива со Складской отцеп на Шихтовую	0
Прием со Складской разборочного	8
Прием с Восточной сборного	7
Вызов вывозного локомотива с Восточной (20б)	0
Вызов вывозного локомотива со Складской (22б)	0
Вызов вывозного локомотива со Складской (24б)	0
Вызов вывозного локомотива со Складской (17б)	0
Вызов вывозного локомотива со Складской (23б)	0
Вызов вывозного локомотива со Складской (19б)	0
Вызов вывозного локомотива со Складской (3б)	0
Отправление на Входную со 2б, 3б путей	10
Отправление на Казинку с 4б пути	11
Отправление на Казинку порожних из-под углей с 15б пути	3
Отправление на Складскую транзит с Восточной 1	1
Отправление на Складскую транзит с Восточной	0
Отправление на ККЦ-2 порожних из парка В	3
Отправление на Чугун (граншлак) из парка В	1

Окончание таблицы Б1

{Локомотивы Поездные Чугун Отправление} резервом на Чугун	0
{Локомотивы Вывозные Отправление} резервом на Складскую	0
Отправление поездного локомотива резервом на Чугун (избыток)	2
Отправление на Входную (парк В, кокс)	6
Отправление на Казинку (на Калининград с ККЦ) из парка В	4
Отправление на Входную (на Шихтовую)	4
Отправление локомотива (дисп.на Восточную - избыток)	6
Отправление на Чугун с 86 пути	10
Отправление на Восточную с 206 пути	2
Отправление на ККЦ-2 с 226 пути	5
Отправление на Складскую с 246 пути	0
Отправление на Входную с 176 пути	3
Отправление на Складскую с 236 пути	2
Отправление на Входную с 196 пути	4
Отправление на Входную (на Прокат) с 36 пути	0

Таблица Б2 – Загрузка устройств

Устройство	Величина загрузки					Абс. знач (ЧЧ:мм)	Проц. к суткам
	Графические	Занято по технологии (ЧЧ:мм)	Занят задержками (ЧЧ:мм)	Занят вагонами (ЧЧ:мм)			
5г. п. парка Парк Г		07:45	02:04	07:49	17:37	73,42	
6г. п. парка Парк Г		06:37	02:00	07:44	16:21	68,13	
7г. п. парка Парк Г		06:32	02:13	07:20	16:04	66,96	
10г. п. парка Парк Г		06:33	00:37	07:11	13:22	55,66	
8г. п. парка Парк Г		05:15	01:23	06:12	12:50	53,44	
11г. п. парка Парк Г		04:46	00:52	06:52	12:30	52,07	
1ф. п. парка Парк Г		10:56			10:56	45,57	
5г6 п. парка Парк Г		10:10	00:23		10:32	43,91	
1г. п. парка Парк Г		08:55	00:13	00:05	09:13	38,42	
3г. п. парка Парк Г		06:11	00:31	01:18	07:59	33,28	
9г. п. парка Парк Г		02:10	00:43	03:21	06:13	25,92	
12г. п. парка Парк Г		02:49	00:30	02:41	06:00	24,98	
15г. п. парка Парк Г		05:24			05:24	22,48	
10г. п. парка Парк Г		00:49	00:18	02:02	03:10	13,16	
13г. п. парка Парк Г		02:31			02:31	10,47	
2г. п. парка Парк Г		00:39			00:39	2,71	
10б. п. парка Парк Б		04:36	00:20	19:05	24:00	100,00	
7б. п. парка Парк Б		08:10	00:42	15:08	24:00	100,00	
3б. п. парка Парк Б		08:54	01:30	13:37	24:00	100,00	
1б. п. парка Парк Б		07:43	00:03	16:15	24:00	100,00	
14б. п. парка Парк Б		06:13	00:34	17:14	24:00	100,00	
8б. п. парка Парк Б		06:24	00:43	16:54	24:00	100,00	
20б. п. парка Парк Б		03:50	00:24	19:42	23:55	99,65	
16б. п. парка Парк Б		05:42	00:22	17:37	23:41	98,66	
15б. п. парка Парк Б		07:09	00:53	15:32	23:34	98,21	
11б. п. парка Парк Б		03:37		19:44	23:21	97,27	
6б. п. парка Парк Б		03:10	00:06	19:48	23:05	96,15	
12б. п. парка Парк Б		00:06		22:06	22:11	92,40	
9б. п. парка Парк Б		02:32	00:08	18:35	21:14	89,49	
18б. п. парка Парк Б		05:49	00:23	14:54	21:06	87,88	
24б. п. парка Парк Б		03:52	00:29	16:39	21:00	87,47	
17б. п. парка Парк Б		04:48	00:21	15:50	20:59	87,43	
2б. п. парка Парк Б		08:32	01:55	10:21	20:43	86,63	
23б. п. парка Парк Б		04:31	00:26	15:37	20:34	85,71	
4б. п. парка Парк Б		08:46	00:35	11:11	20:32	85,54	
13б. п. парка Парк Б		06:39	00:16	11:48	18:43	77,95	
29. п. парка Парк Б		17:38	00:04	00:22	18:03	75,23	
22б. п. парка Парк Б		06:42	01:08	09:58	17:47	74,11	
31. п. парка Парк Б		17:16	00:05	00:17	17:38	73,45	
5б. п. парка Парк Б		07:09	00:34	08:28	16:11	67,43	
21б. п. парка Парк Б		01:01		13:27	14:28	60,24	
6гб. п. парка Парк Б		09:46	01:32		11:18	47,10	
12-1 п. парка Парк Б		11:08			11:08	46,37	
15га. п. парка Парк Б		08:36			08:36	35,82	
1гр. п. парка Парк Б		08:28			08:28	35,30	
16р. п. парка Парк Б		06:17			06:17	26,15	
31б. п. парка Парк Б		05:56			05:56	24,72	
4га. п. парка Парк Б		05:49			05:49	24,25	
32б. п. парка Парк Б		05:15			05:15	21,89	
2га. п. парка Парк Б		04:56			04:56	20,54	
19б. п. парка Парк Б		01:16	00:13	03:18	04:47	19,93	
25б. п. парка Парк Б		04:40			04:40	19,41	
5га. п. парка Парк Б		04:09			04:09	17,31	
1га. п. парка Парк Б		03:10	00:37		03:46	15,71	
6га. п. парка Парк Б		03:42			03:42	15,40	
14га. п. парка Парк Б		02:54			02:54	12,10	

Продолжение таблицы Б2

2гр. п. парка Парк Б		02:23			02:23	9,91
166 п. парка Парк Б		02:01			02:01	8,99
7г6 п. парка Парк Б		01:42			01:42	7,10
06 п. парка Парк Б		00:27			00:27	1,86
30а п. парка вагоноопрокидыватели		02:31		21:14	23:46	98,98
24а п. парка вагоноопрокидыватели		00:48	00:05	21:24	22:16	92,78
25а п. парка вагоноопрокидыватели		02:52		19:21	22:13	92,63
26а п. парка вагоноопрокидыватели		02:31		19:18	21:49	90,89
26о п. парка вагоноопрокидыватели		14:15	03:14		17:29	72,81
46о п. парка вагоноопрокидыватели		13:49			13:49	57,56
36о п. парка вагоноопрокидыватели		12:20			12:20	51,37
27а п. парка вагоноопрокидыватели		01:10		07:47	08:58	37,33
22 п. парка вагоноопрокидыватели		05:22		03:04	08:26	35,14
20а п. парка вагоноопрокидыватели		00:48		06:26	07:14	30,12
21-1 п. парка вагоноопрокидыватели		06:16			06:16	26,11
16о п. парка вагоноопрокидыватели		05:03	00:25		05:28	22,78
2в п. парка вагоноопрокидыватели		05:15			05:15	21,88
4е п. парка вагоноопрокидыватели		05:00			05:00	20,82
3е п. парка вагоноопрокидыватели		04:25			04:25	18,42
21-2 п. парка вагоноопрокидыватели		02:31			02:31	10,47
1е п. парка вагоноопрокидыватели		02:00			02:00	8,35
24-1 п. парка вагоноопрокидыватели		00:36			00:36	2,47
11а п. парка вагоноопрокидыватели 1		01:30	00:07	13:38	15:14	63,44
12а п. парка вагоноопрокидыватели 1		00:57	00:02	09:06	10:05	42,01
14а п. парка вагоноопрокидыватели 2		01:57	00:01	17:13	19:11	79,90
13а п. парка вагоноопрокидыватели 2		03:21	00:03	12:47	16:11	67,40
17а п. парка вагоноопрокидыватели 4		03:29	00:01	09:41	13:11	54,91
18а п. парка вагоноопрокидыватели 4		01:21	00:02	06:37	08:01	33,37
15а п. парка вагоноопрокидыватели 3		03:27		09:41	13:08	54,70
16а п. парка вагоноопрокидыватели 3		01:08		05:34	06:43	27,95
7а п. парка Парк А		07:48	00:08	09:48	17:44	73,86
8а п. парка Парк А		05:41	00:17	11:23	17:21	72,31
6а п. парка Парк А		04:29	00:18	10:31	16:18	63,73
6а п. парка Парк А		01:28	00:02	09:05	10:35	44,06
9а п. парка Парк А		05:44	00:10	04:03	09:57	41,48
9т п. парка Парк А		08:46			08:46	36,49
10а п. парка Парк А		03:17	00:04	04:43	08:03	33,56
1ак п. парка Парк А		06:31			06:31	27,15
118а п. парка Парк А		03:57			03:57	16,42
11т п. парка Парк А		02:20			02:20	9,74
1Vа п. парка Парк А		00:42	00:03	00:34	01:19	5,49
117а п. парка Парк А		00:16			00:16	1,11
6в п. парка Парк В		15:35	00:35	02:17	18:26	76,81
2в п. парка Парк В		15:00	00:22	02:42	18:04	75,24
1е в. парка Парк В		13:16	00:38	04:09	18:04	75,24
6в п. парка Парк В		12:04	00:36	04:56	17:35	73,26
7в п. парка Парк В		12:11	00:36	03:55	16:41	69,51
9в п. парка Парк В		10:51	00:36	02:30	13:56	58,07
3в п. парка Парк В		10:07	00:36	01:42	12:25	51,74
8в п. парка Парк В		08:30	00:26	03:26	12:22	51,51
10в п. парка Парк В		07:02	00:28	01:55	09:25	39,25
9гв п. парка Парк В		08:09			08:09	33,96
9в-1 п. парка Парк В		05:50			05:50	24,32
IVв п. парка Парк В		03:54			03:54	16,22
Стр.205,207,213,216,217,219,221,235,245,349,353,6,355,357,6		18:10			18:10	75,68
Стр.64,68,70,72,96,98		15:32			15:32	64,70
Стр.80,94,100		13:40			13:40	56,94
Стр.110,190,202,606		12:46			12:46	53,21
Стр.20г,44г,46г,48г		12:21			12:21	51,48
Стр.12,14,16,18		11:09			11:09	46,48
Стр.204		10:07			10:07	42,12
Стр.201,203,209,211,335,419,6,421,6		09:19			09:19	38,78

Продолжение таблицы Б2

Стр.212,216,220,222,224,226				08:30	08:30	08:30	08:30	35,42
Стр.5а,116				08:28	08:28	08:28	08:28	36,28
Стр.1,11,13,16,17				08:28	08:28	08:28	08:28	35,30
Стр.54г,56г,58г,168,170г				08:18	08:18	08:18	08:18	34,56
Стр.311,313,315,317,319,321,323,325				08:12	08:12	08:12	08:12	34,17
Стр.49,65а,73а,79,91а				08:07	08:07	08:07	08:07	33,82
Стр.21,22,23,24,25б,26,27				08:06	08:06	08:06	08:06	33,72
Стр.301,303,306,307				08:03	08:03	08:03	08:03	33,54
Стр.25-3,31а				07:54	07:54	07:54	07:54	32,93
Стр.223,225,229,237,243,247,249,251				07:39	07:39	07:39	07:39	31,88
Стр.118				07:10	07:10	07:10	07:10	29,88
Стр.33а,47,61				07:06	07:06	07:06	07:06	29,58
Стр.60г,86,92				07:05	07:05	07:05	07:05	29,51
Стр.43,57а				06:51	06:51	06:51	06:51	28,52
Стр.29,41				06:49	06:49	06:49	06:49	28,37
Стр.71,75,77				06:31	06:31	06:31	06:31	27,14
Стр.297,299,309,327,329,331,333				06:22	06:22	06:22	06:22	26,53
Стр.18г,28г				06:20	06:20	06:20	06:20	26,36
Стр.120,124,130,138,140,142,144,182				06:13	06:13	06:13	06:13	25,87
Стр.108				06:11	06:11	06:11	06:11	25,76
Стр.30г,32г,34г				06:04	06:04	06:04	06:04	25,30
Стр.26				05:56	05:56	05:56	05:56	24,72
Стр.59а				05:56	05:56	05:56	05:56	24,72
Стр.2г,10г,10				05:55	05:55	05:55	05:55	24,87
Стр.301б				05:53	05:53	05:53	05:53	24,53
Стр.310				05:49	05:49	05:49	05:49	24,25
Стр.315,326,336,346,356,396				05:45	05:45	05:45	05:45	23,96
Стр.135				05:15	05:15	05:15	05:15	21,88
Стр.57,83а,89а				05:14	05:14	05:14	05:14	21,77
Стр.79а,166				05:08	05:08	05:08	05:08	21,37
Стр.102				05:03	05:03	05:03	05:03	21,02
Стр.59,85а,87а				04:49	04:49	04:49	04:49	20,07
Стр.84,90				04:42	04:42	04:42	04:42	19,58
Стр.136				04:40	04:40	04:40	04:40	19,41
Стр.12г,14г,16г,50г,504а				04:32	04:32	04:32	04:32	18,87
Стр.52г,82,150,170,172,174,176,178,186				04:24	04:24	04:24	04:24	18,30
Стр.214,218				04:09	04:09	04:09	04:09	17,31
Стр.62,66				04:02	04:02	04:02	04:02	16,82
Стр.вх				03:57	03:57	03:57	03:57	16,42
Стр.23-3,15-3				03:46	03:46	03:46	03:46	15,69
Стр.227,231,233,239,241				03:29	03:29	03:29	03:29	14,53
Стр.602,604				03:26	03:26	03:26	03:26	14,29
Стр.164				03:24	03:24	03:24	03:24	14,18
Стр.7а,9а				03:23	03:23	03:23	03:23	14,10
Стр.298				03:14	03:14	03:14	03:14	13,49
Стр.386				03:02	03:02	03:02	03:02	12,60
Стр.126,146,162,180,184				02:54	02:54	02:54	02:54	12,10
Стр.375,396				02:43	02:43	02:43	02:43	11,32
Стр.148,192				02:41	02:41	02:41	02:41	11,15
Стр.51,63,67,81,95а,101,103				02:31	02:31	02:31	02:31	10,47
Стр.295				02:08	02:08	02:08	02:08	8,89
Стр.127				02:00	02:00	02:00	02:00	8,35
Стр.267,369,361,363				01:43	01:43	01:43	01:43	7,14
Стр.97а				01:34	01:34	01:34	01:34	6,53
Стр.400				01:28	01:28	01:28	01:28	6,08
Стр.194				00:45	00:45	00:45	00:45	3,13
Стр.416				00:24	00:24	00:24	00:24	1,63
Группа Бригад перера				13:14	13:14	13:14	13:14	56,16
Группа Бригад,таможня				07:28	07:28	07:28	07:28	31,11
Пок.маневровые				12:23	12:23	00:58	13:22	55,66
Пок.локомотивы в.о.				12:56	12:56	00:25	13:21	55,59
Пок.поездные Каенка				00:25	00:25		00:25	1,70
Пок.вывозные (диспетчерские)				00:21	00:21		00:21	1,44

Окончание таблицы Б2











Лок. поездные Чугун		00:08			00:08	0,56
Перегон 1 АП		06:20			06:20	26,35
Перегон 2АП		05:56			05:56	24,70
Перегон ст. Казинка 2		05:53			05:53	24,53
Перегон Казинка 1		05:05			05:05	21,18
Перегон на ст. Чугун-II		03:57			03:57	16,42
Перегон на ст. Чугун-II		03:23			03:23	14,10
Перегон Восточная		02:35			02:35	10,75
Перегон ст. Складская		02:20			02:20	9,74
Перегон ККЦ-2		02:17			02:17	9,48
Перегон 3 АП		00:30			00:30	2,08
Перегон Восточная 1		00:02			00:02	0,10

Таблица БЗ - "Узкие места" структуры

Показатель	Задержка		
	Графически	Суммарн. (чч:мм)	Средн. на операцию (чч:мм)
IVг п. парка Парк Г		07:52	07:52
5г п. парка Парк Г		06:47	03:01
5гб п. парка Парк Г		06:31	01:00
1г п. парка Парк Г		06:20	25:19
6г п. парка Парк Г		02:33	05:07
7г п. парка Парк Г		02:23	09:30
3г п. парка Парк Г		01:05	01:27
8г п. парка Парк Г		00:56	01:52
1ф п. парка Парк Г		00:31	00:21
6гб п. парка Парк Б		12:45	03:11
9б п. парка Парк Б		04:25	08:51
15га п. парка Парк Б		01:43	00:06
16р п. парка Парк Б		01:20	00:09
1гр п. парка Парк Б		01:04	00:10
1б п. парка Парк Б		01:02	00:14
2б п. парка Парк Б		00:55	00:09
21б п. парка Парк Б		00:52	00:52
10б п. парка Парк Б		00:42	00:21
1га п. парка Парк Б		00:33	02:10
22б п. парка Парк Б		00:32	00:16
3б п. парка Парк Б		00:29	00:05
23б п. парка Парк Б		00:28	00:18
20б п. парка Парк Б		00:27	00:21
7б п. парка Парк Б		00:25	00:17
6б п. парка Парк Б		00:23	00:15
17б п. парка Парк Б		00:22	00:15
16б п. парка Парк Б		00:21	00:16
15б п. парка Парк Б		00:20	00:26
6га п. парка Парк Б		00:16	00:09
30а п. парка вагоноопрокидыватели		03:14	01:05
21-1 п. парка вагоноопрокидыватели		01:10	00:04
24а п. парка вагоноопрокидыватели		00:25	00:50
14а п. парка вагоноопрокидыватели 2		01:53	00:50
13а п. парка вагоноопрокидыватели 2		01:01	01:01
6а п. парка Парк А		04:31	06:01
5а п. парка Парк А		04:30	03:36
1ак п. парка Парк А		00:35	00:03
6в п. парка Парк В		00:21	00:08
5в п. парка Парк В		00:20	00:07
IVв п. парка Парк В		00:17	00:04
Стр.205,207,213,215,217,219,221,235,245,349,353,36,365,367,6		28:45	00:21

Окончание таблицы Б3

Стр.64,68,70,72,96,98		11:16	00:16
Стр.80,94,100		07:02	00:12
Стр.110,190,202,606		07:00	00:12
Стр.12,14,15,18		04:46	00:12
Стр.204		04:05	00:11
Стр.223,225,229,237,243,247,249,251		02:35	00:10
Стр.20г,44г,46г,48г		02:35	00:44
Стр.54г,56г,58г,168,170г		02:33	00:16
Стр.301,303,305,307		02:24	00:12
Стр.212,216,220,222,224,226		02:17	00:12
Стр.201,203,209,211,335,419б,421б		02:12	00:12
Стр.25-3,31а		02:08	00:16
Стр.30г,32г,34г		01:43	00:07
Стр.297,299,309,327,329,331,333		01:31	00:10
Стр.60г,86,92		01:18	00:12
Стр.120,124,130,138,140,142,144,182		00:58	00:08
Стр.311,313,315,317,319,321,323,325		00:57	00:08
Стр.79а,166		00:50	00:11
Стр.227,231,233,239,241		00:39	00:07
Стр.2г,10г,10		00:35	00:09
Стр.12г,14г,16г,502г,504д		00:34	00:05
Стр.310		00:33	00:13
Стр.43,57а		00:32	00:07
Стр.18г,28г		00:32	00:12
Стр.108		00:31	00:12
Стр.316,326,336,346,356,366		00:29	00:11
Стр.214,218		00:25	00:10
Стр.33а,47,61		00:25	00:50
Стр.118		00:24	00:10
Стр.49,65а,73а,79,91а		00:20	00:04
Группа бригад первая		00:31	00:04
Лок.маневровые		30:41	00:19
Лок.вывозные (диспетчерские)		06:53	00:23
Лок.локомотивы в.о		05:37	00:11
Лок.поездные Казинка		01:21	00:12
Лок.поездные Чугун		00:29	00:23
Перегон 1 АП		00:31	00:14

Таблица Б4 - "Узкие места" технологии

Операция	Задержка	
	Графически	Суммарн. (чч:мм)
Перестановка состава в парк А (известь и 1 в.о.) стандарт [1б п. парка Парк Б]		27:36
Перестановка состава с диспетчерского пути 9б в парк Г стандарт [9б п. парка Парк Б]		20:05
Расформирование (с маршрутами) парк В [11г п. парка Парк Г]		17:28
Уборка порожних на 1г (концентрат)		16:07
Расформирование разборочного со. Входной [7г п. парка Парк Г]		15:31
Расформирование разборочного со. Входной [5г п. парка Парк Г]		15:17
Перестановка состава в парк Б (2,3 пути) (местные вагоны) стандарт [24а п. парка вагоноопрокидыватели]		14:12
Перестановка состава в парк А местные вагоны С Сырьевой [IVг п. парка Парк Г]		13:45
Расформирование разборочного со. Входной [6г п. парка Парк Г]		13:21
Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 б пути на 13б п. парка Парк Б		12:17
Перестановка состава известь порожние в парк Г. стандарт [22 п. парка вагоноопрокидыватели]		12:15
Окончание формирования на Казинку на Новороссийск 11б		12:11
Окончание формирования на Казинку 4б путь на 5б п. парка Парк Б		11:51
№ Начало цикла по пути начала концентрат цикл 4 [7а п. Парк А]		11:44
Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 б пути на 7б п. парка Парк Б		11:01
Перестановка отцепа "на Шихтовую" на IVг, 5г стандарт [5а п. парка Парк А]		10:35

Продолжение таблицы Б4

Перестановка состава "разборочный со Складской" в парк Г (6-12) стандарт [1в п. парка Парк В]		10:22
Перестановка состава "разборочный со Складской" в парк Г (6-12) стандарт [6в п. парка Парк В]		10:10
№ Начало цикла по пути начала концентрат цикл 4 [10а п. Парк А]		10:03
Формирование подачи (порожние на Входную) 2б путь		09:51
Расформирование (с маршрутами) парк В [12г п. парка Парк П]		09:51
Формирование подачи порожние на Входную 3б путь		09:20
Формирование подачи (известь и 1 в.о.) на 1б пути		09:11
Подача поездного локомотива (на Казинку) 4б путь [4б п. парка Парк Б]		09:02
Окончание формирования на Чугун 7,8,12,13 б пути на 8б п. парка Парк Б		08:54
Подача поездного локомотива на 8б путь (на Чугун) [7б п. парка Парк Б]		08:45
Расформирование разборочного со Входной [8г п. парка Парк П]		08:34
№ Начало цикла по пути начала концентрат цикл 4 [8а п. Парк А]		08:15
Подача поездного локомотива (на Казинку) 4б путь [14б п. парка Парк Б]		08:12
Перестановка состава с 11б в парк В (Новороссийск) стандарт [11б п. парка Парк Б]		07:59
Подача поездного локомотива (на Казинку) 4б путь [5б п. парка Парк Б]		07:54
Окончание формирования на Казинку 4б путь на 4б п. парка Парк Б		07:46
Подача поездного локомотива на 8б путь (на Чугун) [8б п. парка Парк Б]		07:46
Подача поездного локомотива (на Казинку угли) 15б путь [15б п. парка Парк Б]		07:35
Перегонка поездного Чугун из горочного района в район "на сеть" [Из района горочный в район на сеть]		07:23

Окончание таблицы Б4

Расформирование порожних из-под концентрата новая ветка [3г п. парка Парк Г]		07:14
Расформирование разборочного со Входной [10г п. парка Парк Г]		07:03
Подача вывозного на пути парка Г для отправления на Входную (Шихтовую) [IVг п. парка Парк Г]		06:45
Расформирование (с маршрутами) парк В [6г п. парка Парк Г]		06:40
Окончание формирования на ККЦ-2 226 путь		06:37
Подача вывозного локомотива (порожние на Входную) на 26, 36 [36 п. парка Парк Б]		06:36
Подача поездного локомотива на пути парка В (с Сырьевой на Казинку порожние) [9в п. парка Парк В]		06:24
# Начало цикла по пути начала концентрат цикл 4 [9а п. Парк А]		06:19
Окончание формирования на Казинку 46 путь на 146 п. парка Парк Б		06:18
Окончание формирования на Сырьевую 176 путь		06:05
Расформирование (Повторный роспуск с 96) [5г п. парка Парк Г]		06:00
Подача вывозного локомотива на 196 путь (на Входную) [186 п. парка Парк Б]		05:54
Отправление на Входную со 26, 36 путей [26 п. парка Парк Б]		05:52
Перестановка на минимальную/максимальную группу (KM) 2,3,4 в.о. [7а п. парка Парк А]		05:47
Перестановка состава "разборочный со Складской" в парк Г (6-12) стандарт [2в п. парка Парк В]		05:45
Выгрузка с перестановкой вагонов с 13а, 14а 2 в.о. на 13а п. парка вагоноопрокидыватели 2		05:34
Расформирование разборочного со Входной [IVг п. парка Парк Г]		05:34
Окончание формирования на Входную 196 путь на 186 п. парка Парк Б		05:28
Перестановка состава на 2 в.о. (флюсы) стандарт [5а п. парка Парк А]		05:26

Таблица Б5 – Потоки и простои

Показатель	Простой							
	Графически	+ вагонов в средн. за сутки	+ партий в средн. за сутки	- вагонов в средн. за сутки	- партий в средн. за сутки	Средн. простой	Вагоночасы	Средн. кол-во вагонов
Вагоны на станции		3854	76	3740	78	8.28	31445,00	1310
Вагоны в парке Парк Г		3159	69	3085	68	1.39	4334,05	180
Вагоны в парке Парк А		898	18	877	57	3.17	2813,70	117
Вагоны в парке Парк В		2537	50	2533	50	2.66	6745,85	281
Вагоны в парке Парк Б		2782	64	2776	63	5.39	14973,00	623
Вагоны в парке вагоноопрокидыватели		781	762	777	19	2.15	1678,08	69
Вагоны в парке вагоноопрокидыватели 1		86	5	85	85	1.91	162,93	6
Вагоны в парке вагоноопрокидыватели 2		237	15	237	237	1.46	344,90	14
Вагоны в парке вагоноопрокидыватели 3		212	14	207	207	0.93	195,03	8
Вагоны в парке вагоноопрокидыватели 4		230	14	230	230	0.9	207,97	8
3г п. парка Парк Г		1347	61	1347	20	0.19	262,17	10
на Чугун-II (ЧГ2)		833	602	815	21	6.18	5089,00	212
в.о. (ВО)		737	48	737	615	0.85	626,27	26
1г п. парка Парк Г		673	10	673	10	0.56	374,08	15
На Казинку (КАЗ)		581	42	556	12	7.54	4289,20	178
конц.неосм. (КЦН)		576	9	576	9	1.27	730,67	30
маршрут концентрат (МКЦ)		566	9	566	35	2.21	1248,28	52
7г п. парка Парк Г		552	10	542	10	1.25	686,17	28
6г п. парка Парк Г		490	10	479	10	1.3	631,88	26
2в п. парка Парк В		477	116	490	117	1.83	887,03	36
На Казинку из-под углей (КУГ)		458	13	445	7	6.71	3031,60	126
1в п. парка Парк В		446	62	446	62	1.87	834,87	34
7б п. парка Парк Б		424	14	437	8	2.13	915,88	38
7а п. парка Парк А		422	6	428	17	1.66	707,23	29

Окончание таблицы Б5

3б п. парка Парк Б		359	27	351	14	2.32	825,78	34
13б п. парка Парк Б		357	13	343	6	2.04	714,08	29
8б п. парка Парк Б		352	12	342	6	2.51	873,17	36
8г п. парка Парк Г		352	7	341	7	1.43	497,22	20
На Казинку(Новороссийск) (НРС)		345	191	356	6	5.2	1823,65	75
22б п. парка Парк Б		343	22	343	13	1.59	545,63	22
15б п. парка Парк Б		337	11	339	6	2.89	979,32	40
9в п. парка Парк В		335	19	335	19	2.45	821,08	34
3в п. парка Парк В		333	60	333	60	1.78	591,98	24
11б п. парка Парк Б		329	17	342	6	2.4	804,98	33
8а п. парка Парк А		313	5	308	12	1.96	609,87	25
На ККЦ-2 (КВ2)		312	12	313	8	4.46	1395,93	58
9а п. парка Парк А		306	5	300	11	1.43	432,90	18
15а п. парка вагоноопрокидыватели 3		297	17	292	154	0.47	137,33	5
на Складскую нерастаможенные (ТМЖ)		295	13	307	294	2.89	871,95	36
5б п. парка Парк Б		293	15	306	6	2.19	657,25	27
14а п. парка вагоноопрокидыватели 2		288	17	288	153	0.68	197,57	8
18б п. парка Парк Б		283	15	285	9	1.87	531,98	22
14б п. парка Парк Б		255	13	267	5	2.56	670,33	27
На Входную(Сырьевую) (СЫР)		249	101	245	12	6.76	1671,18	69
10в п. парка Парк В		245	4	228	4	2.23	529,92	22
30а п. парка вагоноопрокидыватели		237	237	236	10	1.63	386,05	16
8в п. парка Парк В		235	43	248	43	2.37	572,87	23
5а п. парка Парк А		234	7	229	14	1.49	344,57	14
11г п. парка Парк Г		232	6	229	6	1.72	396,87	16
1б п. парка Парк Б		227	39	219	12	2.53	564,70	23
На Входную(Прокат) (ПРТ)		226	12	212	5	6.97	1525,75	63
17б п. парка Парк Б		220	15	220	8	2.24	493,90	20