

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ .....	7
2.	ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ .....	9
3.	ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ .....	11
3.1.	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРЕДПРИЯТИИ «ГАЗПРОМТРАНС» .....	11
3.1.1.	Стратегия развития предприятия .....	11
3.1.2.	Организационно-штатная структура предприятия .....	12
3.1.3.	Направления деятельности .....	12
3.1.4.	Функциональная структура .....	13
3.1.5.	Информационные сущности .....	14
3.1.6.	Процессы .....	16
3.1.7.	Существующие проблемы .....	17
3.1.8.	Выводы .....	17
3.2.	ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК .....	18
3.2.1.	Автоматизированная система номерного учета, контроля, дислокации, анализа работы и регулирования вагонными парками ДИСПАРК .....	18
3.2.2.	ЭТРАН .....	21
3.2.3.	Интегрированная система управления железнодорожными перевозками .....	23
3.2.4.	ГИС Грузовых перевозок .....	24
3.3.	Выводы .....	26
4.	ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА АВТОМАТИЗИРОВАННУЮ СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ СЕРЫ .....	27
4.1.	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ .....	27
4.1.1.	Наименование системы .....	27
4.1.2.	Заказчик .....	27
4.1.3.	Исполнитель .....	27
4.1.4.	Основание для проведения работ .....	27
4.1.5.	Плановые сроки начала и окончания работ .....	27
4.1.6.	Порядок оформления и предъявления результатов работ .....	28
4.2.	НАЗНАЧЕНИЕ И ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ .....	28
4.2.1.	Назначение системы .....	28
4.2.2.	Цели создания системы .....	29
4.3.	ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ .....	29
4.3.1.	Сведения об объекте автоматизации .....	29
4.3.2.	Условия эксплуатации объекта автоматизации .....	30
4.4.	ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ .....	30
4.4.1.	Требования к системе в целом .....	30
4.4.2.	Требования к структуре и функционированию системы. Состав системы .....	30
4.5.	ТРЕБОВАНИЯ К ПОДСИСТЕМЕ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ПАРКА ВАГОНОВ .....	32
4.5.1.	Требования к совместимости .....	32
4.5.2.	Требования к режимам функционирования подсистемы .....	33
4.5.3.	Требования к диагностированию системы .....	33
4.5.4.	Перспективы развития .....	33
4.5.5.	Требования к персоналу .....	33
4.5.6.	Требования к безопасности .....	35
4.5.7.	Требования к эргономике и технической эстетике .....	35
4.5.8.	Требования к эксплуатации .....	36
4.5.9.	Требования к защите информации .....	36
4.5.10.	Требования по стандартизации .....	36
4.5.11.	Требования к видам обеспечения .....	37
4.6.	СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ .....	44
4.7.	Порядок контроля и приемки .....	44
5.	ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ .....	45
5.1.	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК .....	45
5.1.1.	Постановка задачи разработки ИМ Системы диспетчеризации перевозок серы .....	50
5.1.2.	Функциональные рамки .....	52

5.1.3. Постановка задачи прогнозирования (диспетчеризации) выполнения графика перевозки серы .....	53
5.2. АНАЛИЗ ИМ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК .....	54
5.2.1. Система, модели и имитационное моделирование .....	54
5.2.2. Дискретно-событийное моделирование .....	57
5.2.3. Компоненты дискретно-событийной имитационной модели и их организация .....	58
5.3. ВЫБОР ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	60
5.3.1. Пакет имитационного моделирования Arena .....	60
5.3.2. Пакет имитационного моделирования GPSS .....	61
5.3.3. Пакет имитационного моделирования RDO .....	63
5.3.4. Пакет имитационного моделирования AnyLogic .....	65
5.3.5. Вывод .....	67
6. КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ .....	68
6.1. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АСУ ПС .....	68
6.1.1. Общая функциональная модель АСУ ПС .....	68
6.1.2. Функциональная модель СД ПС (системы диспетчеризации перевозок серы) .....	71
6.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК .....	72
6.2.1. Бизнес-объекты и бизнес-пользователи .....	73
6.2.2. Функциональность системы .....	74
6.2.3. Описание последовательности действий .....	75
6.2.4. Информационная модель системы (IDEF1x) .....	75
6.2.5. Структура программных компонентов .....	76
6.2.6. Архитектура СД ПС .....	77
7. ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ .....	78
7.1. ОСНОВНЫЕ МОДУЛИ ПРОГРАММЫ И ИХ СВОЙСТВА .....	78
7.1.1. Погрузка .....	79
7.1.2. Путь .....	80
7.1.3. Разгрузка .....	81
7.1.4. Формирования ГВ на отправку обратно .....	81
7.1.5. Мойка вагонов .....	82
7.1.6. Путь обратно .....	82
7.2. АЛГОРИТМ РАБОТЫ ИМ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК .....	83
7.3. СЦЕНАРИЙ ДИАЛОГОВОГО ИНТЕРФЕЙСА .....	84
7.3.1. Последовательности работы пользователя .....	87
8. РАБОЧЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ .....	89
8.1. Окно кода среды имитационного моделирования .....	89
8.2. Код программы ИМ «СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК» .....	90
8.2.1. Работа с параметрами ГВ и ГЦ .....	90
8.2.2. Работа с характеристиками станций .....	91
8.2.3. Запись данных в файл .....	94
9. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ (ПРОДОЛЖЕНИЕ) .....	102
9.1. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ .....	102
9.1.1. Тестовый пример .....	102
9.1.2. Решения, которые может принимать диспетчер в случае критичного невыполнения плана .....	107
10. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	108
10.1. РАСЧЕТ ТРУДОЕМКОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА .....	110
10.1.1. Трудоемкость разработки технического задания .....	111
10.1.2. Трудоемкость разработки эскизного проекта ПП .....	112
10.1.3. Трудоемкость разработки ТП .....	113
10.1.4. Трудоемкость разработки рабочего проекта .....	115
10.1.5. Трудоемкость выполнения стадии внедрения .....	120
10.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОГРАММНОЙ ПРОДУКЦИИ .....	121
10.2.1. Основная заработная плата .....	122
10.2.2. Дополнительная заработная плата .....	122
10.2.3. Отчисления на социальное страхование .....	123
10.2.4. Накладные расходы .....	123

10.2.5. Амортизационные отчисления оборудования и ПО.....	123
10.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ПРОГРАММНОЙ ПРОДУКЦИИ.....	125
<b>11.    ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ .....</b>	<b>127</b>
11.1. ВВЕДЕНИЕ.....	127
11.2. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРСОНАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ МАШИНАМ И ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ.....	129
11.2.1. Требования к помещениям для работы с ПЭВМ.....	129
11.2.2. Требования к микроклимату, содержанию аэроионов и вредных химических веществ в воздухе на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ.....	130
11.2.3. Требования к уровням шума и вибрации на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ .....	132
11.2.4. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ.....	134
11.2.5. Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ.....	136
11.2.6. Требования к визуальным параметрам ВДТ, контролируемым на рабочих местах .....	136
11.2.7. Общие требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ.....	137
11.2.8. Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ для пользователей .....	138
11.2.9. Требования к организации медицинского обслуживания пользователей ПЭВМ.....	139
11.2.10. Требования к проведению государственного санитарно-эпидемиологического надзора и производственного контроля.....	139
11.2.11. Требования электробезопасности .....	139
11.2.12. Требования пожарной безопасности .....	140
11.3. ТИПОВОЙ РАСЧЕТ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО АГРЕГАТА .....	140
<b>12.    ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>142</b>
<b>13.    СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>143</b>

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Велика роль железнодорожного транспорта в тех экономических преобразованиях, которые происходят в нашей стране. От эффективности функционирования транспорта во многом зависят процесс ценообразования и конкурентоспособность товаров отечественных производителей на рынке. Известно, что транспортные затраты в стоимости продукции по отдельным видам товаров доходят до 50%.

Главным резервом в улучшении эффективности функционирования железных дорог России является совершенствование технологии работы, и в первую очередь, с вагонным парком.

К основным процессам управления на железнодорожном транспорте относятся операции с грузовыми вагонами, связанные с погрузкой, сортировкой и формированием, перемещением, выгрузкой и регулированием их продвижения в порожнем состоянии.

Для эффективного управления перевозками в отрасли созданы и совершенствуются автоматизированные системы. Создана и развивается система автоматизированных диспетчерских центров управления перевозками; наращиваются возможности сети информационно-вычислительных центров. Всё это, в конечном итоге, направлено на принятие рациональных решений по использованию перевозочных средств для снижения транспортной составляющей в конечной цене продукции, что должно стимулировать рост производства российских товаров. С другой стороны, и сам железнодорожный транспорт стал активным участником рынка транспортных услуг. Повышение эффективности технологии работы с парком грузовых вагонов делает его более привлекательным для клиентуры и способствует привлечению грузопотоков.

В современном мире конкурентной борьбы компании все большее внимание уделяют анализу своей деятельности. Одним из перспективных направлений сокращения издержек компании является анализ транспортировки грузов. Обычно решения в этом сложном вопросе принимаются на основе здравого смысла, на основе интуитивных представлений людей, обладающих опытом в этой сфере деятельности. Однако практика показывает, что анализ процесса управления транспортным парком компании позволяет снизить издержки по сравнению с работой на уровне опыта и интуиции до 25%. В данном проекте представлена Система диспетчеризации железнодорожных перевозок серы с модулем имитационного моделирования на основе пакета AnyLogic, разработанная в рамках дипломного проекта для транспортного предприятия «Газпромтранс».

В рамках дипломного проекта рассматривается разработка системы диспетчеризации железнодорожных перевозок серы для «Газпромтранс», эта система является подсистемой

Автоматизированной системы управления перевозками серы. И должна обеспечить прогноз состояния выполнения графика отправки и состояния парка вагонов с использованием имитационной модели и статистики времен выполнения операций, а также отображать текущее и прогнозное состояние парка вагонов в табличном виде и выполнять оценку вероятности невыполнения заказов на транспортировку грузов. В целях создания системы диспетчеризации необходимо провести обследование предприятия «Газпромтранс».

## 2. ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ

Таблица 2.1. Термины и сокращения

АСУ	Автоматизированная система управления
БДДХ	База данных длительного хранения
ВП	Вагонный парк
ГВ	Группа вагонов
ГЦ	Группа цистерн
ГОВ	График отправки вагонов
ИМ	Имитационная модель
ЛВС	Локальная вычислительная сеть
НМД	Нормативно-методические документы
НСД	Несанкционированный доступ
НСИ	Нормативно-справочная информация
ПС	Перевозки серы
ПО	Программное обеспечение
ПП	Программный продукт
РЖД	Российские железные дороги
РДО	Метод и язык имитационного моделирования Ресурсы- Действия-Операции
СД ПС	Система диспетчеризации перевозок серы
СОБИ	Средства обеспечения безопасности информации
СПО	Системное программное обеспечение
СУБД	Система управления базами данных

TO	Техническое обеспечение
API	Application Program Interface (прикладной программный интерфейс)
SQL	Structured Query Language (структурированный язык запросов)

### 3. ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

#### 3.1. Общие сведения о предприятии «Газпромтранс»

##### 3.1.1. Стратегия развития предприятия

Для обеспечения требований рынка (повышение эффективности функционирования т.д.) «Газпромтранс» решил создать АСУ ПС, в состав которого система диспетчеризации перевозок. Кроме того, назначение АСУ ПС заключается в поддержке деятельности Блока перевозок (БП) и обеспечения выполнения технологических процессов планирования и диспетчеризации перевозок серы с предприятиями ОАО «Газпром» потребителям. АСУ ПС должна обеспечивать автоматизацию управления перевозками серы и анализ этой деятельности.

Проведение работ по созданию «АСУ ГОВ» преследует следующие основные цели предприятия (выделены) см. Рис. 3.1.

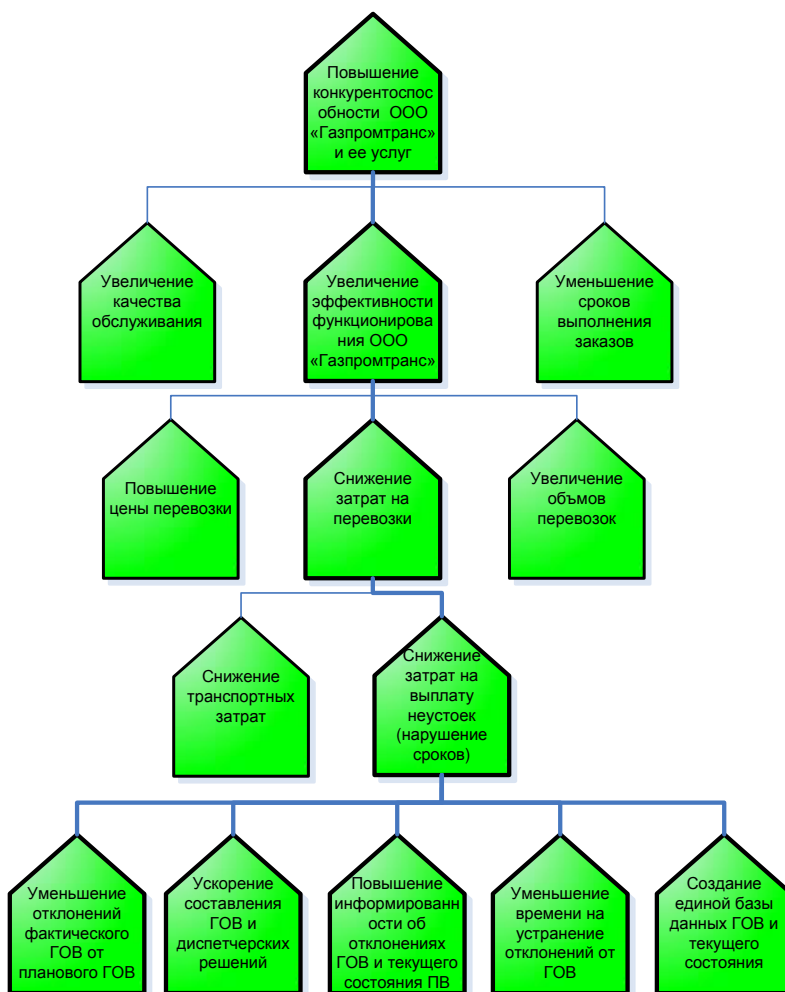


Рис. 3.1. Диаграмма целей предприятия



### 3.1.2. Организационно-штатная структура предприятия

При исследовании предприятия и его задач была выявлена следующая организационно-штатная структура предприятия, которая необходима для решения задач предприятия и достижения целей. Были выявлены следующие подразделения и структуры. См. Рис. 3.2.

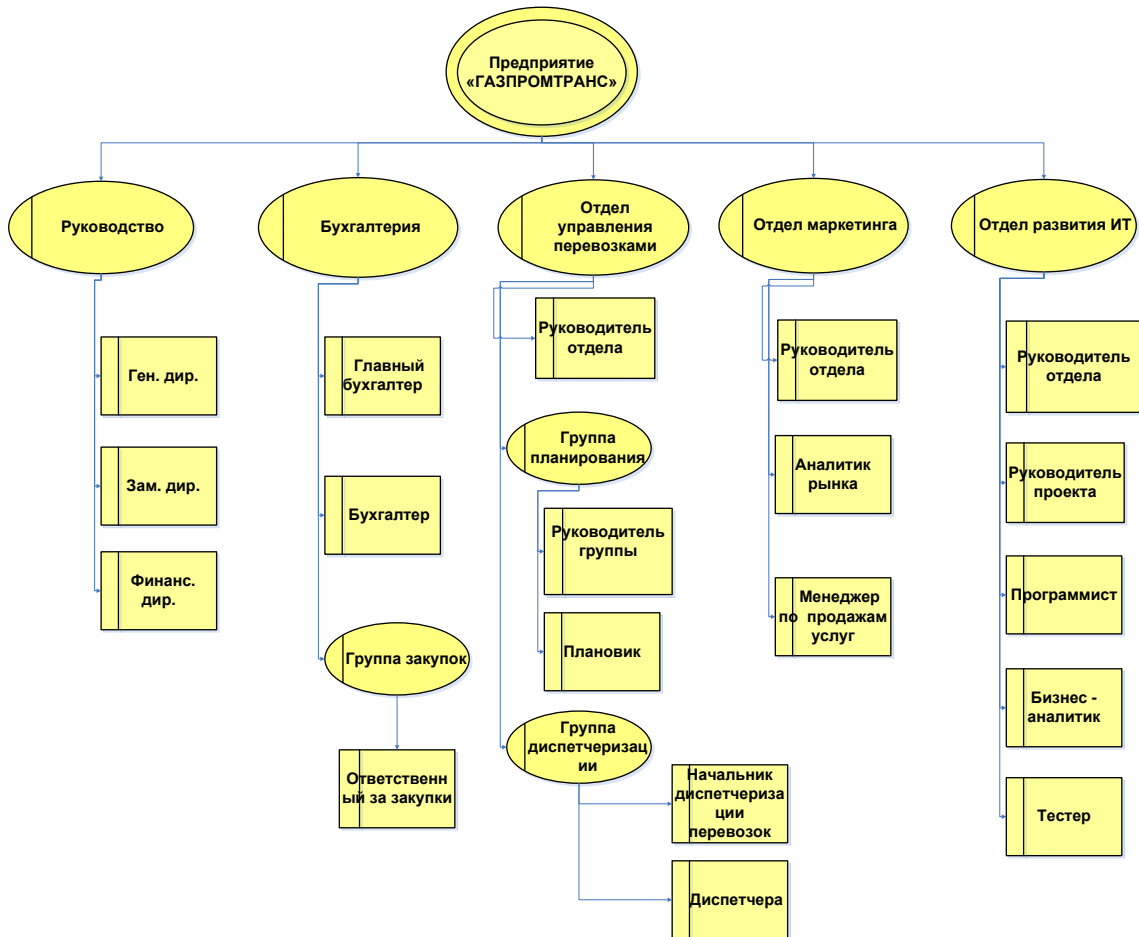


Рис. 3.2. Организационно-штатная структура предприятия

### 3.1.3. Направления деятельности

В результате анализа деятельности предприятия и собеседования с руководством были выявлены следующие процессы деятельности предприятия: основные процессы, организационные процессы, вспомогательные процессы. Рассмотрим подробнее данные процессы деятельности предприятия «Газпромтранс» и что в них входит. См.Рис. 3.3.

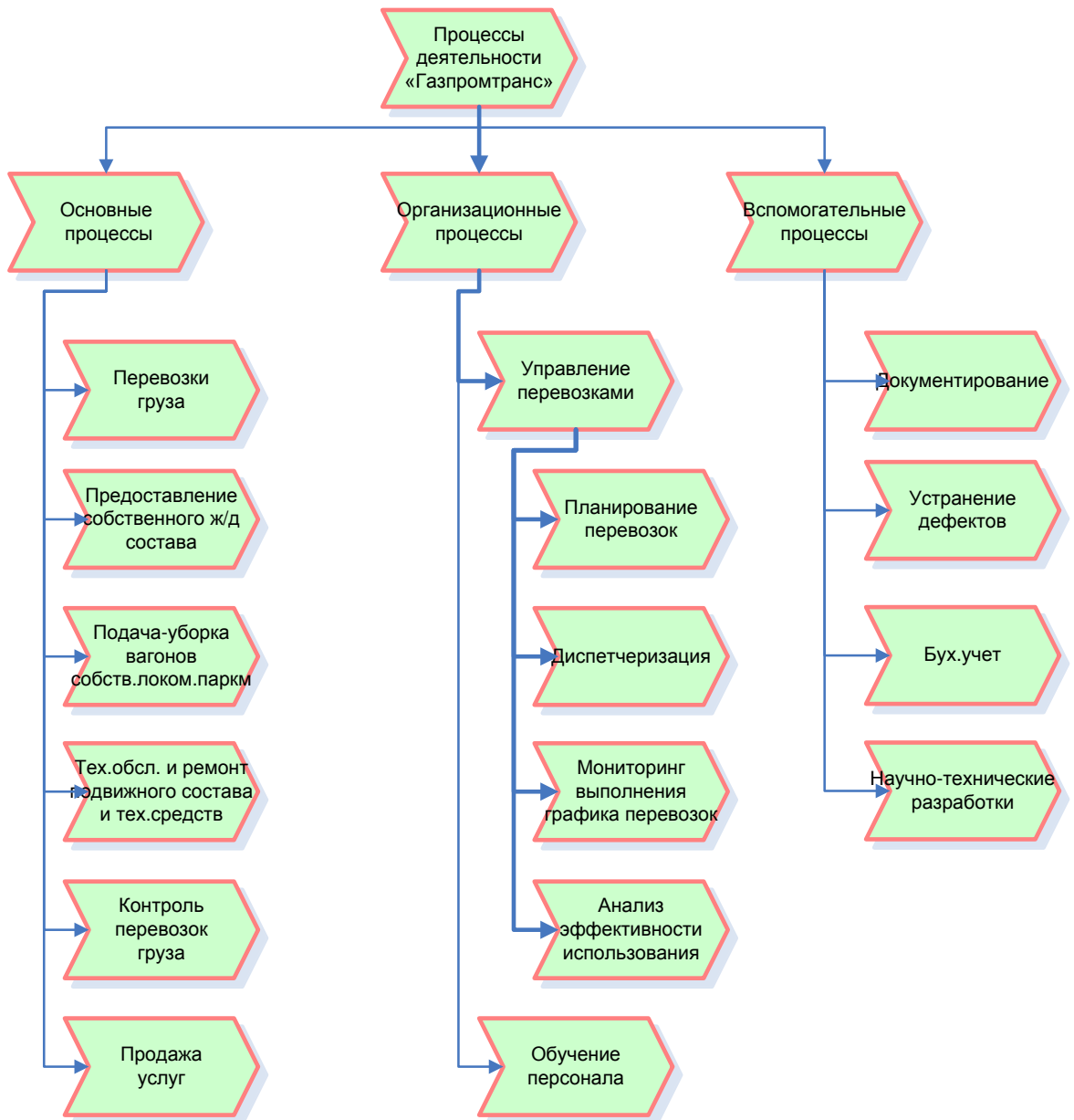


Рис. 3.3. Направление деятельности предприятия

Нас интересуют организационные процессы управления для решения задач, связанных с диспетчеризацией перевозок.

### 3.1.4. Функциональная структура

Выявлено в результате анализа то, что функциональна структура предприятия разнообразна, выделяя основные функции предприятия отметили, что к ним относятся: работа с персоналом, проектирование, производство, продажи, управление финансовыми потоками, закупки и маркетинговые исследования. Некоторые из них декомпозированы и результаты представлены на Рис. 3.4.



Рис. 3.4. Функции предприятия

Так как в рамках данного проекта рассматривается решение задач, обеспечивающих достижение цели эффективного управления перевозками, то выделим группу функций управления перевозками, выполняемых при решении рассматриваемой задачи диспетчеризации перевозок. Рассмотрим подробнее функции системы диспетчеризации перевозок, изображенных на Рис. 3.5.

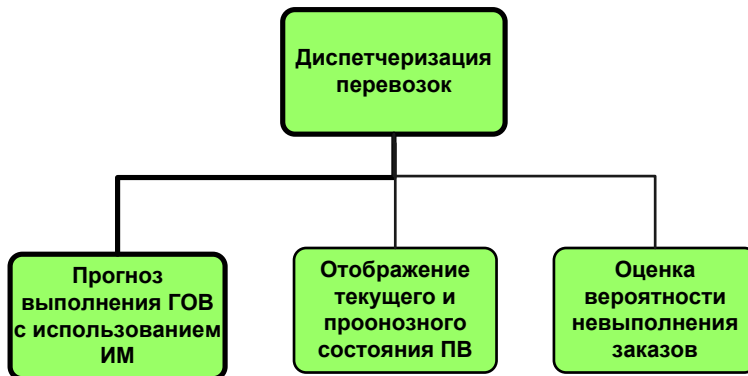


Рис. 3.5. Функции диспетчеризации перевозок

Выделим функцию для которой в рамках дипломного проекта разработаем и создадим имитационную модель на основе пакета AnyLogic.

### 3.1.5. Информационные сущности

Анализируя информационные сущности важно заметить, что информация о них должна быть корректной, актуальной, полной. Отображая на данной диаграмме информационные сущности, соблюли эти принципы.

К ним относятся: предприятие в целом, которое делится на подразделения. Сущность «Подразделения» представляют собой пункты доставки и отправки груза, а также отдел управления перевозками и отделы, занимающиеся организационными процессами предприятия.

Сущность «Подразделения» включают в себя сущности «Сотрудников», участвующих в проектах перевозок груза. Под сущностью «проекты» понимаются заказы на «Перевозку груза» и управление ими.

Услугу по перевозке груза покупает «Потребитель» груза. Под сущностью «Потребитель» - клиент.

Каждая сущность обладает своими свойствами. Отобразили эти сущности и их свойства на Рис. 3.6.

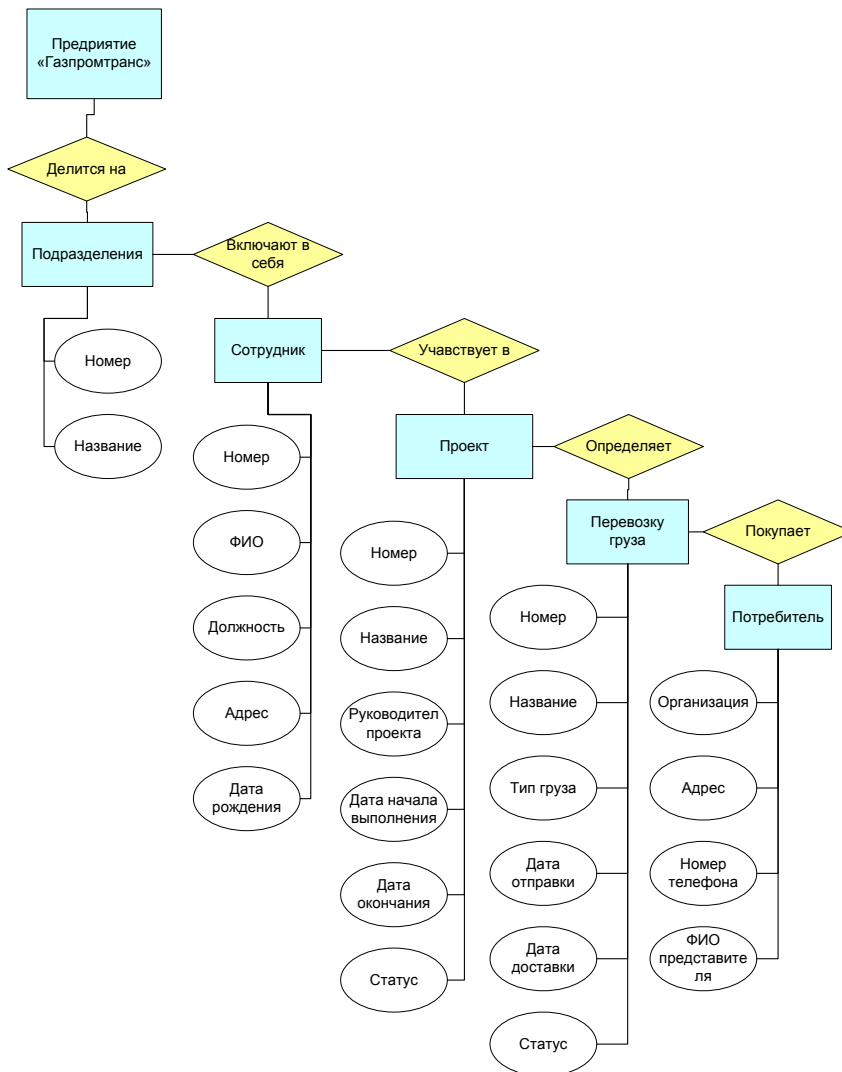


Рис. 3.6. Информационные сущности предприятия

### 3.1.6. Процессы

Рассмотрим процесс управления перевозками груза: ранее были рассмотрены процессы деятельности предприятия Рис. 3.3. Из многообразия процессов нас интересует процесс управления перевозками. Выбор пал именно на этот процесс, так как управление перевозками и удовлетворение потребностей потребителей – это основная миссия предприятия (социальная полезность предприятия). Кроме того, именно в этом процессе участвует большое количество подразделений и участников. Рассмотрим последовательность управления на Рис. 3.7.

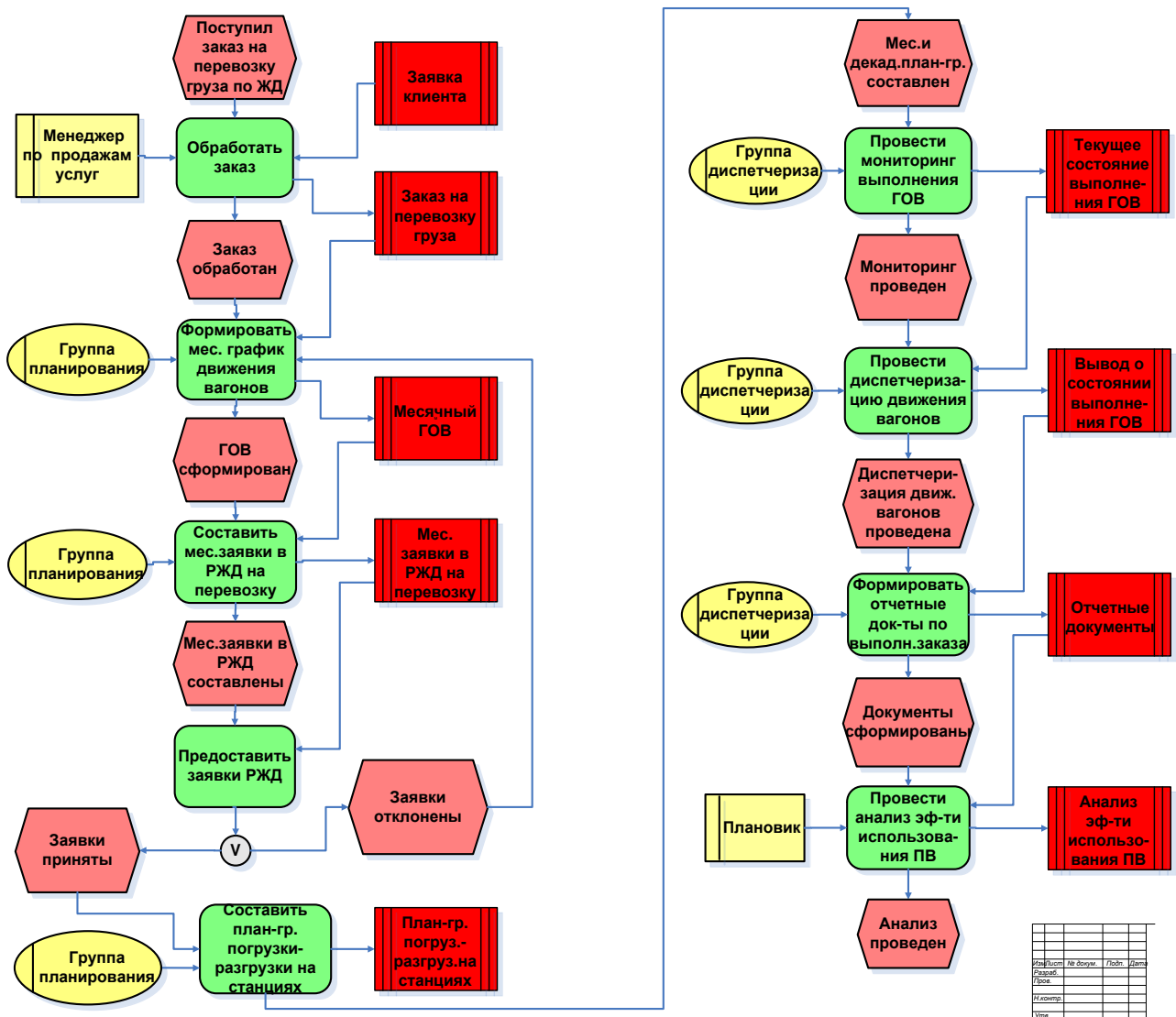


Рис. 3.7. Процесс управления перевозками на предприятии

При поступлении заказа на перевозку груза, его необходимо обработать и сформировать месячный график движения вагонов, этим занимается отдел планирования. Учитываются интересы клиента. Далее необходимо составить заявки в РЖД на перевозку груза, для того чтобы согласовать перевозку по РЖД. В случае, если РЖД заявку отклоняет ввиду неудобства расписания, месячный график движения исправляется с учетом интересов клиента и РЖД и снова формируется заявка на перевозку. Если РЖД ее принимает, то

составляется месячный и декадный график погрузки-разгрузки в филиалах (подразделениях) и станциях получателей. Далее осуществляется перевозка и проводится мониторинг выполнения графика перевозок, а также диспетчеризация движения вагонов, этим занимается отдел диспетчеризации перевозок. После осуществления процесса перевозки формируются отчетные документы по выполнению заказа, и проводится анализ эффективности использования парка вагонов. С целью выявления «узких мест» в процессе перевозок. Для улучшения деятельности предприятия. Анализ осуществляют аналитики.

### **3.1.7. Существующие проблемы**

В данный момент на предприятии имеется ряд проблем:

- Процесс планирования не отлажен;
- Процесс мониторинга выполнения графика перевозок и выполнения заказов потребителей не отлажен, следовательно, задержки выполнения заказов;
- Нет единого специализированного прикладного программного обеспечения для реализации математических моделей;
- Не доработано промышленное программное обеспечение, реализующее типовые технологические схемы, соответственно не доработаны такие функции, как документооборот, управление сетями и пользователями и т.п.;
- Нет единой базы ресурсов;
- Малая точность учета и контроля затрат;
- Сроки сбора, обработки и анализа статистической информации о использовании ВП велики;
- Анализ эффективности использования парка вагонов ООО «Газпромтранс» не достаточно точен;
- Эффективности использования ВП ООО «Газпромтранс» не велика.

### **3.1.8. Выводы**

На предприятие «Газпромтранс» необходимо внедрение автоматизированной системы. Главной целью является: увеличение эффективности функционирования ООО «Газпромтранс».

Внедрение АСУ ПС позволит решить данные проблемы.

АСУ ПС способна обеспечить:

- Ускорение составления ГОВ и диспетчерских решений, а также оценку ГОВ;
- Сокращение сроков сбора, обработки и анализа статистической информации о использовании ВП;

- Повышение эффективности использования ВП ООО «Газпромтранс»;
- Эффективное выполнение технологических процессов планирования и диспетчеризации перевозок серы;
- Прогноз и отображение состояния выполнения ГОВ;
- Оценку вероятности невыполнения заказов на транспортировку;
- Формирование отчетов и определение операций и объектов наиболее влияющих на показатели эффективности использования парка вагонов;
- Анализ статистических данных функционирования парка вагонов.

## **3.2. Обзор существующих систем автоматизации железнодорожных перевозок**

### **3.2.1. Автоматизированная система номерного учета, контроля, дислокации, анализа работы и регулирования вагонными парками ДИСПАРК**

Система включает в себя комплекс задач управления парком грузовых вагонов, обеспечивающих контроль за использованием вагонов стран СНГ и Балтии, соблюдением сроков доставки грузов, работой межгосударственных стыков, наличием вагонов на подъездных путях, за дислокацией порожних вагонов.

Эффективность системы ДИСПАРК обеспечивается за счет сокращения порожнего пробега вагонов путем автоматизированного пономерного прикрепления их к заявкам на погрузку; увеличения доходов от информирования грузоотправителей и грузополучателей о месте нахождения, времени прибытия вагонов; увеличения доходов от предоставления вагонов в аренду и компаниям-операторам; а также сокращения потерь от нарушения сроков доставки и несохранных перевозок, объема капитальных вложений в приобретение новых вагонов за счет улучшения использования существующего парка, платы за использование "чужих" вагонов в результате оптимальной регулировки парка вагонов. См. Рис. 3.8.

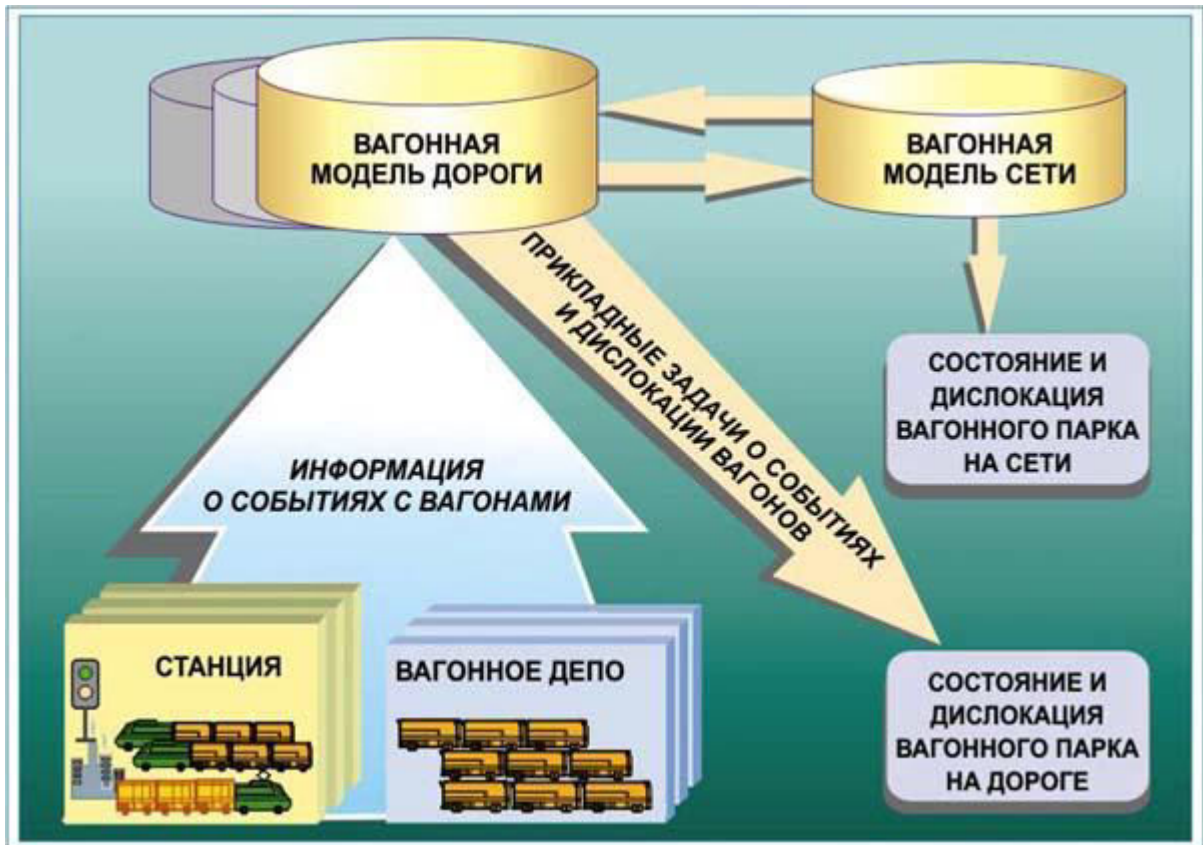


Рис. 3.8. Система ДИСПАРК

### Основные этапы разработки и совершенствования системы ДИСПАРК

Для повышения эффективности управления перевозочным процессом на РЖД в условиях разделения вагонного парка между государствами СНГ и Балтии необходимо было создать новую пономерную систему управления вагонными парками. В этой связи в 1995 году была начата разработка «Автоматизированной системы пономерного учета, контроля дислокации, анализа работы и регулирования вагонного парка на железных дорогах России (ДИСПАРК)».

Цель разработки и внедрения системы ДИСПАРК состоит в переходе от обезличенных, балансовых методов управления вагонным парком к пономерному учёту, непрерывному мониторингу места дислокации, анализу использования и регулированию парка на всем полигоне сети железных дорог России.

Управление вагонными парками реализуется по информации динамической вагонной модели, состоящей из вагонных моделей дорог и сети. Оперативные работники с линейного уровня системы в диалоговом режиме с помощью соответствующих АРМов формируют и передают на дорожный уровень за сутки более одного миллиона сообщений об операциях с вагонами. По этой информации в ИВЦ железных дорог ведутся дорожные вагонные модели,



которые являются основным элементом ДИСПАРК, так как на их базе решаются более 100 прикладных задач дорожного и линейного уровня системы, а также ведется сетевая вагонная модель в ГВЦ ОАО «РЖД».

Сетевой уровень строится на базе Модели перевозочного процесса (МППС) ГВЦ ОАО «РЖД» и увязан с Автоматизированным банком данных парка грузовых вагонов (АБД ПВ). При этом выполняется обязательное условие – все вагоны до выхода их на общую сеть железных дорог должны быть зарегистрированы в АБД ПВ.

В АБД ПВ содержатся технические характеристики всех эксплуатируемых на общей сети железных дорог стран СНГ и Балтии грузовых вагонов. Кроме АБД ПВ, созданы Автоматизированные банки данных собственных (АБД СВ) и арендованных (АБД АВ) вагонов РЖД и государств СНГ и Балтии, имеющих право передвижения на железных дорогах России.

Таким образом, в системе сформирована и поддерживается в актуальном состоянии достоверная вагонная модель, обеспечивающая при однократном вводе информации об операциях с вагонами ее многократное использование в различных приложениях.

Внедрение первой очереди ДИСПАРК в постоянную эксплуатацию в 2000 г. позволило: отменить ручной учет и обработку данных; ускорить сроки доставки грузов; сократить расходы на ремонт и число внеплановых ремонтов. На основе динамической вагонной модели реализован взаимосвязанный комплекс информационных технологий.

В 2004 г. за создание и внедрение современных высокоэффективных информационных технологий группе ученых и специалистов железнодорожного транспорта была присуждена Государственная премия в области науки и техники.

В настоящее время в результате ранее выполненных разработок подготовлена основа и получен опыт, позволяющий начать переход от информационных технологий управления вагонными парками к информационно-управляющим.

Так, в 2004 году была разработана новая функциональная подсистема ДИСПАРК – управление вагонными парками стран СНГ и Балтии на основе экономических оценок, которая представляет собой информационно-управляющий комплекс, построенный с использованием современных Web-технологий. Эта подсистема позволяет оперативным работникам на сетевом, дорожном и линейном уровнях ОАО «РЖД» с любого терминала, включенного в сеть передачи данных ОАО «РЖД», получать экономически обоснованную

рекомендацию по использованию вагонов стран СНГ и Балтии под погрузку. При этом учитывается род груза, вес и направление его перевозки.

В 2005 году указанная подсистема была сдана в эксплуатацию в ЦУП ОАО «РЖД» и на Северной железной дороге. В 2006 году планируется внедрить систему на всех оставшихся железных дорогах.

В результате применения новых эффективных технологий на Российских железных дорогах в 2005 году эффективность управления парком вагонов стран СНГ и Балтии повысилась. Так доля выплат РЖД за превышение времени пользования иностранными вагонами свыше 30 суток, за которые мы платим государствам-собственникам вагонов в тройном размере, сократилась в 2005 г. по сравнению с 2004 г. на 15%, что составляет около 239 млн. руб.

В заключение отметим, что система ДИСПАРК работает в промышленном режиме на всей сети российских железных дорог с 2000 года, постоянно совершенствуется, надежно выполняет свои функции и на практике доказала свою работоспособность и экономическую эффективность.

### **3.2.2. ЭТРАН**

#### **Назначение**

**ЭТРАН** (Электронная ТРАнспортная Накладная) - это автоматизированная система централизованной подготовки и оформления перевозочных документов. Система впервые включает клиента (грузоотправителя, грузополучателя, экспедитора) в технологический цикл приема заявок и оформления перевозок, обеспечивая ему возможность оформить заявку на перевозку, подготовить электронную накладную, получить итоговые документы, увидеть результаты расчетов провозной платы по перевозкам и отследить ход перевозок его грузов со своего рабочего места. Также, клиенту предоставляется возможность получения информации обо всех грузах, отправленных в его адрес.

В настоящее время система **ЭТРАН** эксплуатируется в промышленном режиме «7x24» и охватывает 100% железнодорожных грузоперевозок на территории Российской Федерации. На сегодняшний день в системе **ЭТРАН** работает свыше 12000 пользователей из более чем 2 700 предприятий. В месяц оформляется свыше 212 000 заявок и более 1 240 000 накладных.

## Основная функциональность

- Оперативный контроль над ходом согласования заявок.
- Планирование расходов Клиента за счет предварительного расчета стоимости перевозки по подаваемой заявке.
- Возможность оперативного уточнения заявки до начала перевозки груза (по каждой отправке).
- Возможность оформления перевозочных документов с использованием данных согласованной заявки.
- Исключение вероятных ошибок в расчете провозной платы, связанных с ручным вводом перевозочных документов работником железной дороги.
- Сокращение времени оформления перевозки за счет использования технологии обмена электронными данными.
- Подача заявок в электронном виде с указанием пограничных передаточных станций в соответствии с планом формирования
- Возможность получения оперативной информации о состоянии лицевого счета.
- Наличие средств защиты информации, сертифицированных соответствующими государственными органами;
- Наличие механизмов электронно-цифровой подписи, позволяющих после создания удостоверяющих центров перейти на полностью безбумажную технологию обмена документами;
- Полный технологический цикл формирования документов в соответствии с Правилами перевозок грузов (заявка, перевозочные документы по отправлению на основе заявки, раскредитованные документы по прибытию дополнением документов по отправлению и т.д.);
- Все виды железнодорожных документов, сопутствующих перевозке грузов (помимо заявок и перевозочных документов – накопительные и учетные карточки, ведомости подачи/уборки, заявления на переадресовку, акты общей формы, уведомления и др.)

### **3.2.3. Интегрированная система управления железнодорожными перевозками**

#### **Назначение**

ИС УЖДП является интерфейсной между АСУ грузоотправителя и системой ЭТРАН ОАО «РЖД». Основной задачей системы является формирование электронных документов на перевозку груза, используя данные об отгрузках, рождаемые в АСУ грузоотправителя, таким образом, исключая, или значительно сокращая работу сотрудников предприятий, ответственных за выполнение этих операций. На данный момент ИС УЖДП насчитывает уже порядка 15 внедрений, и имеет интерфейсы к различным ERP-системам, такими как SAP R/3, Oracle e-Business Suite, Парус, Alfa.

#### **Основная функциональность**

1. Поддержка электронного документооборота между АСУ грузоотправителя и системой ЭТРАН при подготовке и оформлении ж/д перевозок:
  - Импорт из АСУ грузоотправителя заявок на перевозку (или документов, аналогичных заявкам на перевозку), обработка их на сервере ИС УЖДП (перекодирование НСИ из форматов АСУ грузоотправителя в форматы РЖД, другие необходимые преобразования документов), отправка документов в систему ЭТРАН на согласование.
  - Передача из системы ЭТРАН в АСУ грузоотправителя результатов согласования заявок на перевозку, включая предварительный запрос справочного расчета расстояний, расчет провозной платы по заявке.
  - Передача из АСУ грузоотправителя в ЭТРАН запроса НСИ вагонов, корректировок заявок, отказов от заявок и выполнение других операций, предусмотренных «Правилами приема заявок на перевозку грузов железнодорожным транспортом», с использованием электронного документооборота.
  - Импорт из АСУ грузоотправителя документа, аналогичного железнодорожной транспортной накладной, преобразование его в ИС УЖДП к формату, требуемому железной дорогой, и экспорт в ЭТРАН для дальнейшей обработки на стороне железной дороги.
  - Передача из системы ЭТРАН в АСУ грузоотправителя результатов обработки накладной (акт общей формы, номер визы, провозная плата и т.п.), а также информации об изменении статуса накладной в пути следования

(«груз принят к перевозке», «в пути», «грузополучатель извещен», «накладная раскредитована» и т.п.).

- Передача из системы ЭТРАН в АСУ грузоотправителя результатов обработки заявлений на переадресовку груза, ведомостей подачи/уборки вагонов, учета времени нахождения контейнеров на местах необщего пользования.
  - Передача из системы ЭТРАН в АСУ грузоотправителя учетных карточек к заявке на перевозку (контроль исполнения плана перевозки), а также передача из АСУ Заказчика подтверждения или отказа грузоотправителя от той или иной строки учетной карточки (сверка учетной карточки в электронном виде).
  - Передача из системы ЭТРАН в АСУ грузоотправителя накопительных ведомостей и поддержка технологии сверки накопительной ведомости в электронном виде.
2. Формирование аналитических отчетов о состоянии железнодорожных перевозок Заказчика на основе вышеперечисленных документов.
  3. Организацию автоматизированных рабочих мест пользователей ИС УЖДП для дополнительной ручной обработки документов перед их передачей в ЭТРАН и выполнения других функций, предусмотренных бизнес-процессами грузоотправителя

### **3.2.4. ГИС Грузовых перевозок**

#### **Назначение**

Геоинформационная система (ГИС) грузовых перевозок — это информационно-справочная система с возможностью наглядного представления на географической карте широкого спектра информации, связанной с грузовыми перевозками по железной дороге.

Система предназначена для информационного обеспечения управленческого аппарата ОАО «РЖД», а также для обеспечения справочной информацией о грузовых перевозках широкого круга пользователей в соответствии с их правами доступа к запрашиваемой информации.



### **3.3. Выводы**

Недостатком данных систем является то, что они позволяют лишь анализировать состояние графика отправки вагонов в определенные моменты времени:

- рассмотренные системы не позволяют сделать прогноз о состоянии выполнения ГОВ;
- рассмотренные системы не используют имитационное моделирование.

## **4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА АВТОМАТИЗИРОВАННУЮ СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ СЕРЫ**

### **4.1. Общие сведения**

#### **4.1.1. Наименование системы**

Система диспетчеризации перевозок серы ООО «ГАЗПРОМТРАНС» (СД ПС), входящая в состав автоматизированной системы управления перевозками серы (АСУ ПС) ООО «ГАЗПРОМТРАНС».

#### **4.1.2. Заказчик**

Заказчиком проекта является ООО «Отраслевые порталы» для ООО «Газпромтранс».

#### **4.1.3. Исполнитель**

Исполнителем является ООО «Отраслевые порталы».

#### **4.1.4. Основание для проведения работ**

Основанием для проведения работ являются:

- Решение руководства ООО «Газпромтранс» по проекту "АСУ ПС".

#### **4.1.5. Плановые сроки начала и окончания работ**

Реализацию проекта АСУ ПС в рамках требований, определенных в Техническом задании, предполагается провести:

Начало работ – сентябрь 2007 г.

Окончание работ – июнь 2008 г.

Первый этап – отработка алгоритмов решения задач составления графика движения вагонов (ГОВ) и прогноза движения (изменения состояния) парка вагонов и их апробирование на тестовом примере. Срок выполнения первого этапа – 2 месяца после начала работ по этапу.

Второй этап – доработка алгоритмов задач и разработка проектных решений и базового программного обеспечения АСУ ПС. Срок выполнения второго этапа – 2 месяца после начала работ по этапу.



Третий этап – разработка ПО системы диспетчеризации перевозок серы (СД ПС). Срок выполнения третьего этапа – 3,5 месяца после начала работ по этапу.

Четвертый этап – опытная эксплуатация и отладка ПО СД ПС. Срок выполнения четвертого этапа – 1 месяц после начала работ по этапу.

#### **4.1.6. Порядок оформления и предъявления результатов работ**

Результаты работ по созданию АСУ ПС оформляются и предъявляются Заказчику поэтапно в соответствии с календарным планом работ. Подсистемы внедряются в ООО «Газпромтранс» на основе испытаний и опытной эксплуатации по утвержденным программам и методикам испытаний.

### **4.2. Назначение и цели создания системы**

#### **4.2.1. Назначение системы**

Система диспетчеризации перевозок серы входит в состав Автоматизированной системы управления перевозками серы. Назначение Автоматизированной системы управления перевозками серы для ОАО ГАЗПРОМТРАНС заключается в поддержке деятельности Блока перевозок (БП) и обеспечении выполнения технологических процессов планирования и диспетчирования перевозок серы с предприятий ОАО «ГАЗПРОМ» потребителям собственными вагонами ООО «Газпромтранс» и арендованными.

К основным технологическим процессам управления перевозками относятся:

- Прием и контроль заказов на перевозку ресурсов по ЖД;
- Формирования месячного графика движения вагонов;
- Составление месячных заявок в РЖД на перевозку серы и вагонов;
- Составление месячных и декадных план - графиков погрузки-разгрузки вагонов в филиалах ООО «Газпромтранс» и станциях получателей;
- Мониторинг выполнения графика перевозок и выполнения заказов потребителей
- Диспетчирование движения вагонов;
- Формирование отчетных документов по выполнению заказов на перевозки и деятельности ООО «Газпромтранс»;

- Анализ эффективности использования парка вагонов ООО «Газпромтранс».

Объектами автоматизации, на которых предполагается использовать АСУ ПС, являются:

- Блок перевозок ООО «Газпромтранс»

Кроме того, отдельные компоненты программного обеспечения АСУ ПС могут быть использованы внешними организациями.

#### **4.2.2. Цели создания системы**

АСУ ПС должна обеспечивать автоматизацию управления перевозками серы и анализ этой деятельности..

Проведение работ по созданию «АСУ ГОВ» преследует следующие основные цели:

- Повышение эффективности использования ВП ООО «Газпромтранс»;
- Ускорение составления ГОВ и диспетчерских решений
- сокращение сроков сбора, обработки и анализа статистической информации о использовании ВП;
- увеличение эффективности функционирования ООО «Газпромтранс»;
- повышение конкурентоспособности ООО «Газпромтранс» и ее услуг.

### ***4.3. Характеристика объектов автоматизации***

#### **4.3.1. Сведения об объекте автоматизации**

Объектом автоматизации данной системы является процесс составления декадных планов перевозок и диспетчеризация перевозок серы от предприятий ГП потребителям по их заявкам средствами ООО «Газпромтранс» и РЖД. Блок перевозок ООО «Газпромтранс» функционирует в соответствии с нормативными материалами ООО «Газпромтранс».

### **4.3.2. Условия эксплуатации объекта автоматизации**

Эксплуатация компонент АСУ ПС происходит в стандартном офисном режиме. Повышенных требований к условиям не предъявляется.

## **4.4. Требования к системе**

### **4.4.1. Требования к системе в целом**

Для достижения целей реализации требуется обеспечить решение следующих задач:

АСУ ПС должна создаваться на основе открытой архитектуры, с учетом следующих требований:

- возможность эволюции аппаратно-программных средств без перепрограммирования существующих приложений;
- коллективное использование информационных ресурсов;
- единая интегрированная среда для всех пользователей системы;
- единое централизованное управление, администрирование и техническое обслуживание информационно-коммуникационных ресурсов сети;
- преимущественное использование готовых стандартных программно-технических компонент в противовес разработке специализированных решений;
- использование стандартных (промышленных) интерфейсов взаимодействия между этими компонентами;
- обеспечение независимости предоставляемых пользователям возможностей от их географического расположения.

### **4.4.2. Требования к структуре и функционированию системы. Состав системы.**

АСУ ПС должна включать ряд компонент (подсистем), которые могут быть сгруппированы по организационно-иерархическому или функциональному принципам.

С точки зрения функциональной структуры, в состав АСУ ПС должны быть включены следующие основные компоненты:

Таблица 4.1. Компоненты АСУ ПС

№	Название модуля	Задачи модуля	Примечание
<b>1. Подсистема формирования декадных и месячных планов:</b>			
1.1	Модуль анализа (ввода) исходного состояния вагонного парка на начало планового периода	Формирование состояния парка вагонов на начало планового периода (возможно с использованием моделирования и прогноза)	
1.2	Модуль формирования графика отправки вагонов с помощью метода математического программирования	Формирование графика отправки вагонов (с грузом и порожних) оптимального по заданному критерию	
1.3	Модуль корректировки заявок на транспортировку груза и порожних вагонов по результатам оптимизации графика отправки вагонов	Формирование данных для оформления заявок на транспортировку вагонов в соответствии с графиком. Корректировка графика отправки при отказе РЖД	
1.4	Модуль оценки графика отправки вагонов	Оценка графика отправки по ряду показателей эффективности	При наличии финансирования
<b>2. Подсистема диспетчеризации парка вагонов:</b>			
2.1	Модуль имитационного моделирования на основе пакета AnyLogic	Прогноз состояния выполнения графика отправки и состояния парка вагонов с использованием имитационной модели и статистики времен выполнения операций	В первом варианте только по нормативным данным
2.2	Модуль отображения фактического состояния парка вагонов	Отображение текущего и прогнозного состояния парка вагонов в табличном виде и на карте ЖД	При наличии финансирования
2.3	Модуль оценки критичности отклонения графика отправки вагонов	Оценка вероятности невыполнения заказов на транспортировку грузов	
<b>3. Подсистема анализа и статистики:</b>			
3.1	Модуль «Отчет о выполнении заказов»	Формирование отчетов	
3.2	Модуль «Отчет о выполнении графика перевозок»		
3.3	Модуль «Анализ «узких мест» транспортировки»	Определение операций и объектов наиболее влияющих на показатели эффективности	При наличии финансирования

		использования парка вагонов	
3.4	Модуль «Анализ статистических данных функционирования парка вагонов»		При наличии финансирования
<b>4. Подсистема интеграции с АС «Транспортировка»</b>			
<b>5. Подсистема управления доступом</b>			

Разработка и внедрение АСУ ПС должны проводиться с использованием следующих вариантов:

- Разработка нового специализированного прикладного программного обеспечения для реализации математических моделей.
- Внедрение, возможно с необходимой доработкой, промышленного программного обеспечения, реализующего типовые технологические схемы. Этот класс программного обеспечения реализует такие функции, как документооборот, управление сетями и пользователями, Интранет- служба и т.п.

#### ***4.5. Требования к подсистеме диспетчеризации парка вагонов***

Рассмотрим подробнее подсистему диспетчеризации парка вагонов, так как разработка этой системы является основной задачей дипломного проекта.

##### **4.5.1. Требования к совместимости**

СД ПС должна обеспечивать взаимодействие со следующими внешними системами:

**АС «ТРАНСПОРТИРОВКА»** - по обмену данными о движении вагонов, приеме и согласовании заявок на перевозку;

«Модулем отображения для АСУ железнодорожными перевозками»

Обмен данными с внешними организациями должен проходить в автоматическом режиме с использованием HTTP или Mail протоколов. Форматы обмена должны быть унифицированы.

#### **4.5.2. Требования к режимам функционирования подсистемы**

Система должна обеспечивать стандартный офисный режим работы. Допускаются остановки СД ПС для проведения регламентных и профилактических работ в соответствии с утвержденным регламентом.

#### **4.5.3. Требования к диагностированию системы**

Средства диагностирования информационных подсистем должны обеспечить проверку целостности данных, находящихся в хранилищах информации, а также проверку работоспособности и целостности компонент систем.

#### **4.5.4. Перспективы развития**

При создании системы там, где это необходимо, должен быть предусмотрен достаточный запас для возможности расширения, как функциональных возможностей, так и количественных характеристик:

- расширение числа пользователей, участвующих в технологических процессах;
- изменение количества и структур хранилищ информации системы, связанных с возникновением новых функций, изменением организационной структуры существующих подразделений;
- расширение функций подсистемы и совершенствование технологии работы с учетом опыта эксплуатации.

При модернизации и развитии системы должна быть обеспечена совместимость основного программного обеспечения снизу вверх с обеспечением конвертирования данных.

#### **4.5.5. Требования к персоналу**

Весь персонал, участвующий в функционировании подсистемы, условно может быть разделен на следующие группы:

- Пользователи - сотрудники, непосредственно участвующие в работе с информацией и осуществляющие её обработку на автоматизированных рабочих местах с помощью средств подсистемы.

- Администраторы подсистемы - выделенный персонал, в обязанности которого входит выполнение специальных технологических функций (функций администрирования), таких как ведение справочников, списков пользователей, регулирование прав доступа пользователей к документам и операциям над ними, а также контроль за целостностью и сохранностью информации в хранилищах информации.
- Эксплуатационный персонал - специалисты, обеспечивающие функционирование технических и программных средств, обслуживание и обеспечение рабочих мест пользователей.

С учетом выполняемой роли в системе к каждой из этих групп персонала в ходе проектирования должны быть разработаны и предъявлены разные требования.

#### Требования к квалификации персонала

Квалификация персонала системы должна отвечать следующим требованиям:

- наличие необходимой общей профессиональной подготовки;
- знание архитектуры и особенностей работы программно - аппаратных компонентов подсистемы;
- знание и умение выполнять действия в соответствии с функциональными обязанностями.

При создании СД ПС должно быть предусмотрено проведение необходимых курсов обучения персонала, обслуживающего системы комплекса, правилам и процедурам работы.

#### **4.5.5.1. Показатели надежности**

Подсистема диспетчеризации должна обладать надежностью для обеспечения круглосуточной работы пользователей, средств связи и обеспечивать оперативное восстановление работоспособности при сбоях.

#### **4.5.5.2. Аварийные ситуации**

Должно быть обеспечено сохранение информации серверов и хранилищ данных информационных центров при стихийных бедствиях (пожарах, затоплении помещений и т.п.), авариях, террористических действиях, в том числе приводящих к полному выходу отдельных зданий (офисов) из строя.

Система в целом должна сохранять работоспособность при некорректных действиях пользователей.

#### **4.5.6. Требования к безопасности**

Ниже приводится перечень требований к безопасности:

1. Размещение и использование технических средств СД ПС должно соответствовать требованиям нормативно-технических документов по обеспечению безопасной эксплуатации электроустановок и обеспечивать безопасность пользователей и эксплуатационного персонала СД ПС при всех видах работ и на всех режимах эксплуатации.
2. В конструкции технических средств (их элементов) должны быть исключены горючие, легковоспламеняющиеся и взрывоопасные материалы.
3. Элементы СД ПС, находящиеся под напряжением выше 36В, должны быть надежно изолированы или защищены от случайных прикосновений и иметь предупреждающую маркировку.
4. Все оборудование СД ПС должно иметь защитное заземление.

#### **4.5.7. Требования к эргономике и технической эстетике**

Система должна разрабатываться с учетом современных требований по эргономике и технической эстетике.

- обеспечение комфорта и удобства работы пользователя;
- интуитивно понятный интерфейс программного обеспечения;
- соответствие пользовательского интерфейса прикладных компонент интерфейсу используемой операционной системы;
- выполнение во всех приложениях схожих функций схожими методами;
- использование графического пользовательского интерфейса;



- наличие полностью локализованного интерфейса пользователя, допускается использование англоязычного интерфейса для администрирования компонент АСУ ПС;
- наличие контекстной помощи.

Условия размещения персонала и характеристики технических средств должны удовлетворять требованиям действующих санитарных норм.

#### **4.5.8. Требования к эксплуатации**

Технические средства СД ПС должны эксплуатироваться и храниться в условиях, предусмотренных технической документацией на них. Соблюдение требований по эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов технического обеспечения СД ПС должно обеспечиваться системой мероприятий по регламентному обслуживанию действующих компонентов и обеспечению ремонтно-восстановительных мероприятий и поддерживаться соответствующей системой планирования мероприятий и учета выполненных работ.

Объемы, виды и периодичность технического обслуживания должны определяться инструкциями изготовителя оборудования.

#### **4.5.9. Требования к защите информации**

Система обеспечения безопасности информации должна обеспечивать защищенность корпоративных прикладных систем, конфиденциальность и целостность информации, передаваемой по открытым IP-сетям, а также аутентификацию взаимодействующих сторон и защиту от несанкционированных повторов ранее переданной в канале информации.

#### **4.5.10. Требования по стандартизации**

Разработка, внедрение и эксплуатация программного обеспечения СД ПС должна проводиться в соответствии с комплексами международного стандарта ISO/IEC 12207, регламентирующего состав процессов жизненного цикла программных средств (ЖЦ ПС), и его российским аналогом ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99, введенным в действие в июле 2000 г. Этот стандарт определяет структуру ЖЦ, содержащую процессы, действия и задачи, которые должны быть выполнены во время создания программного продукта, определяемого как набор компьютерных программ, процедур и связанных с ними документации и данных.

## 4.5.11. Требования к видам обеспечения

### 4.5.11.1. Математическое обеспечение

СД ПС должна поддерживать реализацию прогнозирования состояния парка вагонов при работе по составленному графику в соответствии с планами и заявками в РЖД по перевозкам грузов и вагонов с использованием системы имитационного моделирования.

При моделировании выполнения графика перевозок серы в ООО «Газпромтранс» предполагается использование *среды имитационного моделирования AnyLogic*. Базовой концепцией AnyLogic является представление модели как набора взаимодействующих параллельно функционирующих активностей. Такой подход к моделированию задачи интуитивно очень понятен и естественен, поскольку в реальной жизни система состоит из совокупности активностей, взаимодействующих с другими объектами.

#### *Реализация ИМ на языке AnyLogic*

В среде AnyLogic основным структурным блоком при создании моделей являются классы активных объектов. Использование активных объектов является естественным средством структуризации модели сложной системы, так как система состоит из множества параллельно функционирующих и взаимодействующих между собой сущностей. Различные типы этих сущностей и представляют разные активные объекты.

Чтобы создать модель, нужно создать классы активных объектов. Определение активного объекта задает шаблон, и отдельные объекты, построенные в соответствии с этим шаблоном (экземпляры активного объекта), могут использоваться затем как элементы других активных объектов. Всегда один класс в модели является корневым.

Каждый активный объект имеет структуру (совокупность включенных в него активных объектов и их связи), а также поведение, определяемое совокупностью переменных, параметров, стейтчартов и т.п. Активные объекты могут динамически порождаться и исчезать в соответствии с законами функционирования системы.

AnyLogic использует объектно-ориентированный подход к представлению сложных систем. Этот подход позволяет представить структуру сложной системы с помощью иерархии абстракций. Каждая система может быть представлена своей структурой взаимодействующих подсистем.

AnyLogic является надстройкой над языком Java (современный объектно-ориентированный язык). Все объекты, определенные пользователем при разработке модели на AnyLogic с помощью его графического редактора, компилируются в конструкции языка

Java, а затем происходит компиляция всей собранной программы на Java, задающей модель, в исполняемый код.

Встроенный в AnyLogic оптимизатор может быть использован для нахождения оптимальных значений параметров, при которых целевая функция (среднесуточная доходность вагона – критерий оптимизации) будет принимать максимальное значение. Оптимизатор будет искать этот максимум путем многократного просчета заданного расписания запуском имитационной модели при различных значениях параметров.

#### ***Основные понятия интеллектуальной среды имитационного моделирования AnyLogic***

**Модель** – упрощенный аналог реального объекта или явления, представляющий законы поведения входящих в объект частей и их связи, собираемые в процессе имитации показатели, кадры анимации и графические элементы, используемые при анимации, результаты трассировки.

**Прогон** – это минимальный этап имитационного эксперимента. Представляет собой множество действий системы, необходимых на однократный перевод ее из исходного в целевое состояние. Он характеризуется совокупностью объектов, представляющих собой исходные данные и результаты, полученные при запуске имитатора с этими исходными данными.

**Объект** – совокупность информации, предназначенной для определенных целей и имеющая смысл для имитационной программы.

Для каждого объекта определены параметры состояния. Для каждой операции определены правила ее выполнения.

Результаты имитационного моделирования определяются на произвольное время (которое должно быть определено в процессе выполнения первого этапа).

Для каждой станции отображается состояние выполнения ГОВ, наличие свободных вагонов, количество отправленных и полученных вагонов и другие показатели.

Необходимые показатели эффективности функционирования парка вагонов, которые должны быть рассчитаны и отображены на экране, определяются при выполнении первого этапа.

#### **4.5.11.2. Информационное обеспечение**

Архитектура СД ПС должна базироваться на идеологии использования стандартных интерфейсов, подсистем и типов компонент с четко определенной функциональностью. Такой подход должен обеспечить необходимую стабильность и адаптивность СД ПС под

меняющиеся внешние условия. В составе СД ПС должен быть выделен ряд общесистемных сервисов, таких как почтовый, транспортный, Интранет, управления пользователями и т.п., которые должны использоваться прикладными подсистемами. Предпочтительной рекомендуемой моделью должна являться двух- или трехзвенная архитектура "клиент-сервер" в такой реализации, чтобы на клиентском рабочем месте исполнялась по возможности унифицированная минимальная презентационная логика работы приложений.

Версии продуктов должны выбираться с учетом их доступности и устойчивости на момент технического проектирования.

### Формы представления входной и выходной информации СД ПС

Исходная информация для подсистемы формирования декадных и месячных планов

Таблица 4.2. Заявки клиентов на перевозку продукции

Пункт отправления серы	Пункт назначения серы	Тип груза (жидкая, гранулированная сера)	Вес груза (т)	Кол-во вагонов (шт.)	Дата отправки груза (число календаря)

Таблица 4.3. Начальное состояние системы

№ п/п	Пункт назначения или отправления	Кол-во вагонов, которое прибудет в пункт через 1 день	Кол-во вагонов, которое прибудет в пункт через 2 дня	...	Кол-во вагонов, которое прибудет в пункт через N-1 день	Кол-во вагонов, которое прибудет в пункт через N дней
1.						
2.						

№ п/п	Пункт назначения	Кол-во вагонов, которое будет разгружено и готово к отправке через 1 день	Кол-во вагонов, которое будет разгружено и готово к отправке через 2 дня	...	Кол-во вагонов, которое будет разгружено и готово к отправке через $\tilde{N} - 1$ день	Кол-во вагонов, которое будет разгружено и готово к отправке через $\tilde{N}$ дней

Здесь обозначено через:

-  $N$  – максимальное количество дней, которое вагоны по регламенту движутся из пункта отправления в пункт назначения.

-  $N_1$  - количество пунктов назначения, которые снабжаются из первого пункта отправления,

- через  $N_2$  - количество пунктов назначения, которые снабжаются из второго пункта отправления,

- через  $k_{11}$  - количество отправок груженых вагонов из пункта отправления 1 в пункт назначения 1,

- через  $k_{1N_1}$  - количество отправок груженых вагонов из пункта отправления 1 в пункт назначения 1,

-  $k_{21}$  - количество отправок груженых вагонов из пункта отправления 2 в пункт назначения 1,

-  $k_{2N_2}$  - количество отправок груженых вагонов из пункта отправления 2 в пункт назначения  $N_2$ .

**Исходная информация для подсистемы прогноза выполнения ГОВ  
(по данным Диспарк из АС «Транспортировка»)**



ОВ							

### Выходная информация СД ПС

Таблица 4.7. График отправки вагонов с грузом

№ п/п	Пункт отправления серы	Пункт назначения серы	Вес груза (т)	Тип груза (жидкая, гранулированная сера)	Кол-во вагонов (шт.)	Тип доставки (маршрутом, россыпью)	Дата отправки груза (число календаря)

### График отправки порожних вагонов

Таблица 4.8. График отправки порожних вагонов

№ п/п	Пункт отправления порожних вагонов	Пункт назначения порожних вагонов	Тип вагона	Тип доставки (маршрутом, россыпью)	Принадлежность вагона (свой, арендованный)	Кол-во вагонов (шт.)	Дата отправки порожних вагонов (число календаря)

Выходная информация подсистемы диспетчеризации парка вагонов включает следующие экранные формы:

- Укрупненное состояние выполнения графика отправки вагонов
- Текущее состояние ПВ на станции (филиале ООО «Газпромтранс»)
- Текущее состояние групп вагонов

– Укрупненное состояние выполнения заказов

#### **4.5.11.3. Лингвистическое обеспечение**

Разработка СД ПС должна осуществляться с применением промышленных средств анализа и моделирования на основе структурного и объектно-ориентированного подходов, средств управления требованиями, средств конфигурационного управления и управления изменениями, средств оценки трудоемкости и планирования разработки, средств документирования, а также средств тестирования.

В частных случаях, в том числе для модулей системы сбора и обработки данных, при описании процедур преобразования данных для перекачки данных в склад данных, процедур автоматизированного тестирования могут быть использованы языки и системы программирования класса Java.

#### **4.5.11.4. Программное обеспечение**

При выборе средств реализации информационных подсистем следует отдавать предпочтение средствам и программным продуктам, готовым к применению. Использование продуктов, требующих участия фирмы разработчика и тем более заказная разработка новых продуктов допускается только при отсутствии удовлетворительных готовых решений.

#### **4.5.11.5. Техническое обеспечение**

Технические средства по своим характеристикам (быстродействие, объемы запоминающих устройств, состав периферийного оборудования и т.п.) должны обеспечивать получение требуемых функциональных показателей СД ПС. Допускается доработка (модернизация) имеющихся технических средств до уровня, обеспечивающего их полноценное функционирование в СД ПС.

#### **4.5.11.6. Организационное обеспечение**

Порядок создания подразделений и служб поддержки информационных технологий, сроки и порядок комплектования штатов и обучения персонала должен быть определен, исходя из выполнения требования по обеспечению наибольшей эффективности эксплуатации СД ПС.



#### **4.6. Состав и содержание работ**

Работы в рамках услуг по проекту создания СД ПС

Работы, выполняемые по проекту " СД ПС", должны быть разделены на два этапа.

Первый этап – разработка ПО СД ПС и поставка программного обеспечения

На данном этапе полностью разрабатывается программное обеспечение СД ПС, включая пользовательские и технологические компоненты.

Второй этап – апробация и отладка ПО СД ПС

Тестовый пример составляется на основе исходных данных одного месяца деятельности ООО «Газпромтранс» по перевозке серы.

#### **4.7. Порядок контроля и приемки**

Испытания СД представляют собой процесс проверки выполнения заданных функций системы, определения и проверки соответствия требованиям ТЗ количественных и качественных характеристик системы, выявления и устранения недостатков в действиях. В методику испытания включена методика тестирования создаваемой подсистемы СД ПС.

Для СД ПС должны быть проведены следующие виды испытаний:

- предварительные;
- опытная эксплуатация;
- приемочные.

Для проведения испытаний назначается совместная комиссия, состав которой согласуется. На испытания представляется проектная документация.

Для испытаний используются наборы тестовых данных и ситуаций, которые позволяют провести детальные проверки основных функций системы или ее части.

## 5. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

### **5.1. Исследование процесса организации железнодорожных перевозок**

Исследование процесса организации железнодорожных перевозок необходимо провести с целью более глубокого понятия сути процесса. Для того, чтобы можно было его успешно отразить в имитационной модели. Рассмотрим процесс перевозок в общем случае. И решим, какие допущения можно сделать.

Железнодорожный транспорт имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами транспорта:

- возможность сооружения железнодорожных путей (магистральных и подъездных) на любой сухопутной территории для обеспечения связи с большим количеством промышленных, сельскохозяйственных, торговых и других предприятий;
- высокая провозная и пропускная способность;
- осуществление массовых перевозок в сочетании с относительно невысокой себестоимостью перевозок грузов;
- регулярность перевозок независимо от климатических условий, времени года, суток;
- сравнительно высокая скорость движения и более короткие сроки доставки;
- высокие показатели работы.

Для железнодорожного транспорта характерна высокая степень универсальности. Этим транспортом могут перевозиться различные по характеру грузы, достаточно разнообразен подвижной состав, хорошо развита сеть железных дорог. Железнодорожный транспорт может перевозить разнообразные товары в любой упаковке, обеспечивать регулярность и надежность перевозок в любое время года. К существенным его преимуществам следует также отнести сравнительно низкую себестоимость перевозок при относительно быстрой доставке грузов, что целесообразно использовать при достаточно больших объемах перевозок на средние и дальние расстояния.

Наибольшую долю в грузообороте страны занимает железнодорожный транспорт, используемый для транспортирования на значительные расстояния.

Порядок перевозки грузов железнодорожным транспортом и регулирования взаимоотношений между грузоотправителем и грузополучателем в процессе перевозки определяются Уставом железных дорог. Дополнительно к этому документу разрабатываются положения, инструкции, правила, регулирующие организацию перевозок.

Необходимым условием осуществления транспортного процесса является выполнение ряда последовательных операций грузоотправителями при отправлении грузов и грузополучателями при их получении. К операциям, отраженные в имитационной модели системы диспетчеризации перевозок, относятся следующие:

1. Определение способа перемещения груза.
2. Выполнение погрузочных работ.
3. Транспортирование грузов.
4. Выполнение разгрузочных работ.
5. Очистка вагонов.

При **определении способа перемещения груза** грузоотправителем устанавливаются вид отправки, скорость доставки, вид сообщений.

Количество груза, предъявляемое к перевозке по одной накладной, называется отправкой.

Виды отправки:

*Маршрутной отправкой* считается партия груза, соответствующая по количеству установленной для маршрута норме.

*Групповая* (сборная) отправка может состоять из грузов разных наименований, допускаемых к совместной перевозке. Перевозимый груз оформляется к перевозке по одной накладной и занимает больше чем один вагон, но меньше маршрута.

*Повагонная* (контейнерная) отправка - партия груза, для которой предоставляется отдельный вагон (контейнер).

Скорость доставки может быть:

Для вагонных – 330, для маршрутных – 550 км;

В зависимости от состояния упаковки, способа приема, погрузки и транспортировки грузы делят на следующие виды:

*Насыпные грузы* - перевозятся без затаривания в крытых вагонах (гранулированная сера);

*Наливные грузы* - обычно перевозятся наливом в цистернах (жидкая сера);

По виду сообщений перевозки, рассмотренные в данном проекте, относятся к перевозкам в прямом сообщении – по одному перевозочному документу одним видом транспорта;

**Погрузка грузов.** До предъявления груза к перевозке грузоотправители подают в управление дороги заявки по установленной форме. В ней указывается:

- наименование грузоотправителя;
- наименование груза (вид серы);
- станции отправления и назначения, их коды;

- объемы перевозок.

Железная дорога должна подавать под погрузку исправные, очищенные вагоны и контейнеры, пригодные для перевозки заявленного груза. Грузоотправитель обязан проверить пригодность транспортных средств.

Погрузка может осуществляться на местах общего пользования, и тогда, как правило, погрузку выполняет железная дорога, и на местах необщего пользования (собственных подъездных путях) погрузку осуществляет грузоотправитель. В любом случае должны быть соблюдены правила загрузки транспортных средств:

- должна быть обеспечена безопасность погрузочных работ;
- необходимо полностью использовать грузоподъемность вагона, он должен быть загружен до полной вместимости;
- груз должен быть уложен в соответствии с требованиями схем и методами его крепления;
- загружаются только грузы, указанные к перевозке;

В ИМ делаем допущение, что эти условия соблюдены.

- должны быть соблюдены сроки загрузки подвижного состава, не должно быть простоев под грузовыми операциями сверх установленных норм.

### **Операции, выполняемые железной дорогой в процессе транспортирования грузов.**

В пути следования железная дорога обязана осматривать транспортные средства и груз, следить за тем, чтобы не допустить нарушения вагонов, контейнеров, пломб, креплений и сдвига грузов, режимов и сроков транспортирования.

Предприятия железной дороги обязаны доставлять грузы по назначению в установленные сроки. Дата приема груза удостоверяется в железнодорожной накладной календарным штампом железнодорожной станции. Груз считается доставленным в срок, если он прибыл на станцию назначения и подан грузополучателю под выгрузку в установленный правилами перевозок грузов или договором перевозки срок доставки.

Железная дорога в процессе транспортирования формирует сборные отправки, ведет учетные операции по передаче грузов с одной дороги на другую.

### **Операции, выполняемые после прибытия груза в адрес грузополучателя.**

Грузополучатель обязан принять груз, прибывший в его адрес. В случае прибытия груза, не предусмотренного договором, он также должен быть разгружен грузополучателем до урегулирования вопросов с грузоотправителем.

После проверки накладной и осуществления расчетов, связанных с перевозкой товаров, товарная контора станции железной дороги выдает грузополучателю разрешение на

получение груза. Накладную выдают грузополучателю при условии представления последним постоянной или разовой доверенности на право получения.

Приемка грузов от станции железной дороги может производиться на складах станции или непосредственно из вагонов, а также непосредственно на складах грузополучателя, имеющих подъездные пути.

Предусмотрен следующий порядок выдачи груза: при отсутствии расхождений с сопроводительными документами и претензий грузополучателя к железной дороге указываются цифрами и прописью масса (количество) выданного груза и дата;

*Ответственность железной дороги и клиентуры по перевозкам грузов*

Основные нормы материальной ответственности железной дороги и ее клиентов регламентируются Уставом железнодорожного транспорта общего пользования. *Железная дорога несет ответственность:*

1. За сохранность груза во время движения состава и после принятия груза к перевозке до выдачи его грузополучателю, если не докажут, что это произошло не по их вине или по обстоятельствам, которые железная дорога не могла предотвратить. В ИМ допускаем полную сохранность груза.

2. За выполнение принятой заявки на перевозку грузов, подачу транспортных средств под погрузку.

3. За просрочку по вине железной дороги доставки груза.

*Грузоотправители несут ответственность:*

1. За непредъявление груза и неиспользование транспортных средств в соответствии с заявкой на перевозку.

2. За самовольное использование вагонов, контейнеров железной дороги, находящихся на собственных подъездных путях. В ИМ исключаем самовольное использование.

3. За задержку подачи вагонов по вине грузоотправителя.

4. За превышение грузоподъемности (перегруз) вагона, контейнера.

В ИМ допускаем, что транспортные средства используются в соответствии с заявкой на перевозку, исключаем самовольное использование и задержку подачи вагонов, исключаем перегруз.

*Ответственность грузополучателя предусмотрена:*

1. За задержку вагонов (контейнеров) под выгрузкой сверх норм.

2. За неочистку транспортных средств.

3. За повреждение, утрату транспортных средств.

В ИМ допускаем, что повреждение и утрата транспортного средства отсутствует.

Конкретизируем процесс под требуемый случай.

Основным направлением развития оперативного управления перевозочным процессом в настоящее время стало создание автоматизированных центров управления на дорогах. Широкое использование вычислительной техники и информационных технологий в совокупности с концентрацией диспетчерского руководства на железнодорожном транспорте привело к развитию структуры диспетчерского управления, изменению характера работы диспетчерского аппарата и потребовало создания новых принципов в технологии управления перевозками. Решение этих вопросов во многом определит начало перехода от информационного к управляющему режиму работы диспетчерских центров.

***Управлять можно только предстоящими событиями, прошедшие и происходящие в настоящее время можно лишь фиксировать или анализировать.*** Для того чтобы дорожный диспетчер стал более активно планировать и управлять перевозочным процессом, его надо обеспечить информацией на несколько часов вперед текущих событий. Как этого достигнуть, рассмотрим далее. Реализация прогнозного этапа развития СД ПС позволит перейти ***к управляющему этапу.*** Суть оперативного управления перевозками может быть сформулирована в следующем принципе. ***Диспетчерский аппарат должен заблаговременно сопоставлять и приводить в соответствие:***

- ***предстоящие размеры движения поездов с пропускной способностью линий;***
- ***подводимый вагонопоток с перерабатывающей способностью сортировочных станций;***
- ***количество доставляемых местных вагонов с выгрузочной способностью грузовых фронтов;***
- ***число формируемых составов с графиком движения и т. д.***

Этот принцип определяет основные задачи диспетчерского аппарата. Все звенья перевозочного процесса должны быть управляемыми. Иначе нередко к участкам подводят больше поездов, чем позволяет пропустить максимальный график движения; на сортировочные станции поступает вагонов больше, чем она может переработать в оптимальном режиме; на грузовые фронты подводят больше вагонов, чем позволяет выгрузочная способность; формируют составов больше, чем своевременно могут обеспечить локомотивами и локомотивными бригадами.

Перевозочный процесс железнодорожного транспорта — одна из наиболее сложных систем. Сложность определяется совокупностью огромного числа железнодорожных объектов, функционирующих вместе и взаимодействующих непросто, а нередко неявным

образом. Поведение одного или нескольких объектов влияет на поведение других. Сложность зависит не только от взаимозависимости, но и от числа взаимодействующих объектов. Сложные системы можно рассматривать, концентрируя внимание либо на объектах, либо на процессах. Железнодорожный транспорт представляет собой упорядоченную совокупность объектов, которые в процессе перевозок взаимодействуют друг с другом и обеспечивают функционирование транспортной системы как единого целого. Для таких сложных систем, как железнодорожный транспорт, невозможно организовать оптимальное управление, не имея адекватной математической модели. С использованием моделей отображения работы станций, перегонов, участков, линий, направлений можно планировать предстоящую работу, заблаговременно выявлять затруднения и несоответствия, регулировочными мерами устранять препятствия и вырабатывать управляющие решения.

### **5.1.1. Постановка задачи разработки ИМ Системы диспетчеризации перевозок серы**

Задача: Разработать имитационную модель Системы диспетчеризации перевозок серы, учитывая специфику отрасли и отражая операции с ГВ.

Цель: получить прогноз состояния ГОВ для уменьшения отклонения фактического состояния ГОВ от планового состояния ГОВ.

Исходные данные:

- данные о станциях разгрузки/погрузки;
- ГОВ;
- данные о ГВ и ГЦ;
- данные об участках пути;
- операции.

Опишем процесс железнодорожных перевозок для конкретной задачи.

Имеется несколько пунктов производства жидкой и гранулированной серы, которая поставляется железнодорожным транспортом в специальных вагонах ряду потребителей. Пунктов производства серы в настоящее время два и планируется увеличение производительности одного из них.

Объемы производства серы достаточны для обеспечения потребителей серой с любого завода-производителя. Имеются ограничения на скорости погрузки как гранулированной, так и жидкой серы.

Погрузка жидкой серы производится на специальных эстакадах заводов-производителей и определенное количество вагонов (36 вагонов с двух сторон эстакады) одновременно загружается в течение нормативного времени. Погрузка гранулированной серы осуществляется специальными устройствами и имеет следующую производительность:

- на станции Каргала могут загружать 20 вагонов в сутки твердой серы и 90 вагонов жидкой;
- на станции Аксарайская-2 могут загружать 140 вагонов твердой и 120 вагонов жидкой серы в сутки.

Погруженные вагоны в соответствии с заявкой подаются на станцию РЖД и с этого момента времени находятся под управлением служб РЖД. По истечении нормативного времени доставки, известного для каждого пункта назначения, вагоны поступают под разгрузку на станции потребителя. Разгрузка также производится на эстакадах, количество мест одновременной разгрузки вагонов для каждого пункта назначения известно, известны также и нормативные времена разгрузки в этих пунктах.

В каждом пункте погрузки серы, которые являются филиалами Газпромтранса, имеются подъездные пути на которых могут стоять как груженные составы в ожидании отправки на станцию РЖД, так и пустые вагоны в ожидании погрузки серы и резервный парк вагонов. Объемы подъездных путей ограничены, и одновременно на них может стоять ограниченное количество порожних вагонов, ожидающих погрузку, избыточных вагонов, груженных вагонов, ожидающих отправки на станцию РЖД.

В настоящее время имеется N пунктов назначения, в которые поставляется сера.

В каждом пункте потребления формируется желательный график приема серы, включающий количество жидкой и гранулированной серы и желательные сроки ее поставки. График приема формируется с учетом производственных потребностей и возможностей пункта потребления.

Желательный график согласуется с представителями Газпромтранса за определенный срок (до 10 дней) до начала месяца и после согласования с возможностью некоторых изменений принимается к исполнению. Однако могут подаваться «корректировки» и за 3 дня до отправки груза, но с более высокой стоимостью.

В пункты доставки требуется перевезти заранее определенное количество тонн гранулированной серы и жидкой серы. Имеется два типа вагонов. Полувагоны используются для перевозки гранулированной серы и цистерны, которые используются для перевозки жидкой серы.

Вместимость вагонов и цистерн составляет 66-68 тонн. Всего имеется X вагонов и Y цистерн.



Пустые вагоны к местам производства серы посылаются обычно группами, а не «россыпью», поскольку для групп имеются скидки, зависящие от размера группы. Еще более выгодно посылать вагоны как нагруженные, так и пустые отдельными поездами, так называемыми прямыми маршрутами. Обычно такие поезда состоят из 44 вагонов для доставки гранулированной серы и из 60-66 вагонов для доставки жидкой серы. Общая грузоподъемность поезда по требованиям РЖД не должна превышать 3000 тонн. На такие поезда даются значительные скидки до 10%, а их среднесуточная скорость составляет 500 км/сутки, в то время как среднесуточная скорость движения вагонов, посылаемых заказчику не в отдельном маршруте («россыпью») составляет 300 км/сутки.

С каждого завода в сутки может отправляться до 2-3 поездов с гранулированной серой и через сутки поезд с жидкой серой.

Статистика по задержкам поставок, задержек по погрузкам и отгрузкам серы и отклонениям от плана не собирается.

Маршруты доставки (т. е. перечень станций движения) вагонов в основном определяются службами РЖД.

Достаточно часто уже в процессе выполнения перевозок возникают ситуации, когда заказчики требуют увеличить количество перевозок груза, т. е. требуется организовать дополнительные перевозки грузов. Для этого требуется оценить текущие возможности, получаемую выгоду и скорректировать расписание отправки поездов с грузами.

Задержки даже по вине РЖД увеличивают период оборачиваемости вагонов. Это по возможности надо также учитывать.

Одной из задач, решаемых в данном дипломном проекте является разработка имитационной модели системы диспетчеризации ЖД перевозок.

### **5.1.2. Функциональные рамки**

Создаваемая модель предназначена для исследования железнодорожных перевозок серы, путем имитационного моделирования протекающих в ней процессов.

Данная модель позволит проанализировать работу предприятия и получить необходимые выходные характеристики её функционирования.

Основная цель системы моделирования - не сделать выводы о поведении системы перевозок при различных вариантах входных характеристик, а лишь предоставить данные для их последующей обработки специалистам и экспертам в данной области.

### 5.1.3. Постановка задачи прогнозирования (диспетчеризации) выполнения графика перевозки серы

Разработать систему диспетчеризации железнодорожных перевозок серы, которая обеспечит прогнозирование выполнения операций станций и ГВ и минимальное отклонение состояний движения ГВ и состояний станций план-графика железнодорожных перевозок:

$$O_i^j = \Pi_i^j - \Phi_i^j,$$

где:

$O_i^j$  - временное отклонение  $j$ -го состояния от план-графика в  $i$ -е сутки,

$O_i^j = \{ O_1^1 ; \dots ; O_N^1 ; O_1^2 ; \dots ; O_N^2 ; \dots ; O_N^M \}$ , где  $N$  и  $M$  – индекс конечного состояния в конечные сутки;

$\Pi_i^j$  - плановое время наступления  $j$ -го состояния в  $i$ -е сутки,

$$\Pi_i^j = \{ \Pi_1^1 ; \dots ; \Pi_N^1 ; \Pi_1^2 ; \dots ; \Pi_N^2 ; \dots ; \Pi_N^M \};$$

$\Phi_i^j$  – фактическое время наступления  $j$ -го состояния в  $i$ -е сутки,

$$\Phi_i^j = \{ \Phi_1^1 ; \dots ; \Phi_N^1 ; \Phi_1^2 ; \dots ; \Phi_N^2 ; \dots ; \Phi_N^M \}.$$

Прогноз выполнения графика перевозок и движения парка позволит повысить качество принимаемых решений по диспетчеризации перевозок и заранее определять возможность срыва заказов на перевозки и неэффективное использование вагонов.

Результатом прогноза является состояние парка вагонов и выполнение графика перевозок через определенное время, вычисляемое с использованием нормативных или статистических данных.

Требуется прогнозировать выполнение операций транспортировки груженых и порожних вагонов, операций погрузки – разгрузки и операций подготовки вагонов, от которых зависит выполнение графика перевозки.

Движение вагонов выполняется РЖД по заявкам ООО «Газпромтранс» при своевременной подаче вагонов.

Операции с вагонами можно выполнять группами вагонов в соответствии с графиком.

Предлагается реализовать следующие варианты прогноза :

Однократный прогон модели (требует несколько минут или секунд):

- нормативный прогноз – длительность и результат всех операций соответствует нормативным документам (скорость движения, время выполнения операций, исправность и ресурс вагонов).

- среднестатистический прогноз - длительность и результат всех операций соответствует данным (минимальным, средним или максимальным) полученным на основании обработки статистики;

- случайная реализация прогноза - длительность и результат всех операций генерируется генераторами случайных чисел по данным, полученным на основании обработки статистики.

Статистическая обработка результатов прогонов имитационной модели, достаточная для анализа возможности выполнения графика движения вагонов при сложившейся текущей ситуации (требует от нескольких минут до часов).

## **5.2. Анализ ИМ Системы диспетчеризации перевозок**

### **5.2.1. Система, модели и имитационное моделирование**

*Система* — это совокупность объектов, например людей или механизмов, функционирующих и взаимодействующих друг с другом для достижения определенной цели. Данное определение предложено Шмидтом и Тейлором [Schmidt and Taylor, 1970]. На практике понятие системы зависит от задач конкретного исследования. Так, совокупность предметов, которые составляют систему в одном исследовании, может являться лишь подмножеством в иной системе, при проведении другого исследования.

Состояние системы определяется как совокупность переменных, необходимых для описания системы на определенный момент времени в соответствии с задачами исследования. При исследовании данной системы примерами переменных состояний служат число вагонов в группе, тип вагонов, время обслуживания, пункт назначения группы, вес перевозимого груза, состояние группы.

Существуют системы двух типов: дискретные и непрерывные. В *дискретной* системе переменные состояния в различные периоды времени меняются мгновенно. Система диспетчеризации перевозок является дискретной системой, поскольку переменные состояния, например количество групп вагонов в движении меняется только по отправке или прибытии новой группы, по окончании пути группы, ранее находившейся в движении. В *непрерывной* системе переменные меняются непрерывно во времени. Самолет, движущийся в воздухе, может служить примером непрерывной системы, поскольку переменные состояния (например, положение и скорость) меняются постоянно по отношению ко времени. На практике система редко является полностью дискретной или полностью непрерывной. Но в каждой системе, как правило, превалирует один тип изменений. По нему мы и определяем ее либо как дискретную, либо как непрерывную.

В определенные моменты функционирования большинства систем возникает необходимость их исследования с целью получения представления о внутренних отношениях между их компонентами или вычисления их производительности в новых условиях

эксплуатации. На Рис. 5.1 изображены различные способы исследования системы. Рассмотрим их подробнее.

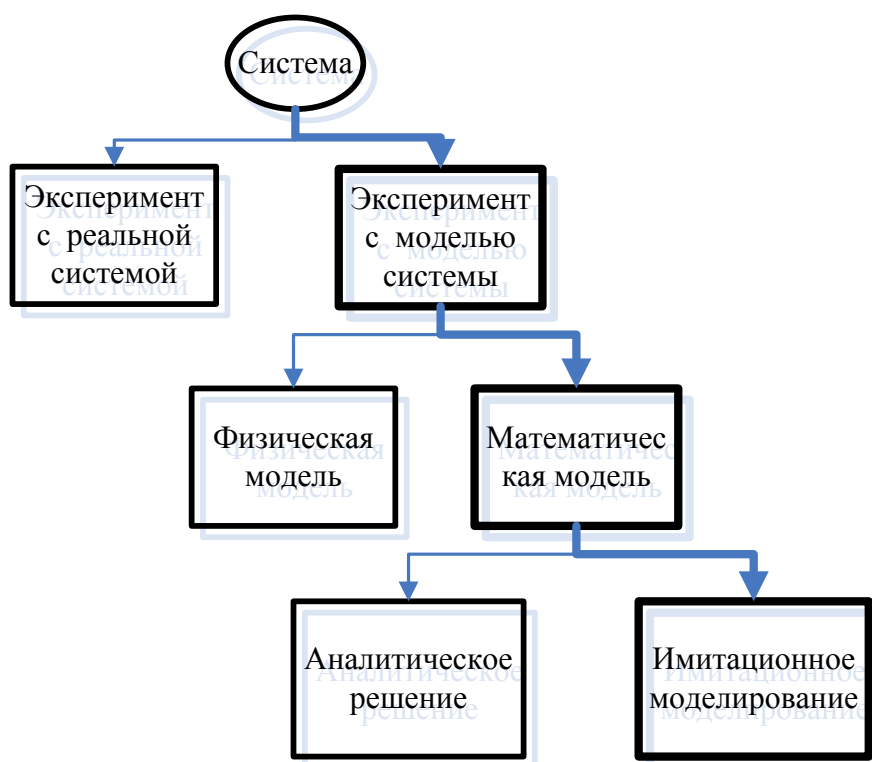


Рис. 5.1. Способы исследования системы

*Эксперимент с реальной системой или моделью системы?* При наличии возможности физически изменить систему (если это рентабельно) и запустить ее в действие в новых условиях лучше всего поступить именно так, поскольку в этом случае вопрос об адекватности исчезает сам собой. Однако часто такой подход неосуществим либо из-за больших затрат на его осуществление, либо в силу разрушительного воздействия на саму систему. Более того, система может и не существовать на самом деле, но мы хотим изучить различные ее конфигурации, чтобы выбрать наиболее эффективный способ выполнения! Для проблемной области данного курсового проекта будем проводить эксперимент с моделью системы, так как в данный момент не существует этой системы. Поэтому необходимо создать **МОДЕЛЬ**, представляющую систему, и исследовать ее как заменитель реальной системы. При использовании модели всегда возникает вопрос — действительно ли она в такой . степени точно отражает саму систему, чтобы можно было принять решение, основываясь на результатах исследования.

- *Физическая модель или математическая модель?* При слове «модель» большинство из нас представляет себе кабины, установленные вне самолетов на тренировочных площадках и применяемые для обучения пилотов, либо миниатюрные

супертанкеры, движущиеся в бассейне. Это все примеры *физических* моделей (именуемых также *иконическими* или *образными*). Они редко используются при исследовании операций или анализе систем. Но в некоторых случаях создание физических моделей может оказаться весьма эффективным при исследовании технических систем или систем управления. Примерами могут служить масштабные настольные модели погрузочно-разгрузочных систем и, по крайней мере, один случай создания полномасштабной физической модели заведения быстрого питания в большом магазине, в реализации которой были задействованы вполне реальные посетители [Swart and Donno, 1981]. Однако преобладающее большинство создаваемых моделей являются *математическими*. Они представляют систему посредством логических или количественных отношений, которые затем подвергаются обработке и изменениям, чтобы определить, как система реагирует на изменения, точнее – как бы она реагировала, если бы существовала на самом деле. Наверное, самым простым примером математической модели является известное соотношение  $d=rt$ , где  $d$  — расстояние,  $r$  — скорость перемещения,  $t$  — время перемещения.

- *Аналитическое решение или имитационное моделирование?* Чтобы ответить на вопросы о системе, которую представляет математическая модель, следует установить, как эту модель можно построить. Когда модель достаточно проста, можно вычислить ее соотношения и параметры и получить точное *аналитическое решение*. Однако некоторые аналитические решения могут быть чрезвычайно сложными и требовать при этом огромных компьютерных ресурсов. Если в случае с математической моделью возможно аналитическое решение и его вычисление представляется эффективным, лучше исследовать модель именно таким образом, не прибегая к имитационному моделированию. Однако многие системы чрезвычайно сложны. Они практически полностью исключают возможность аналитического решения. В этом случае следует изучать с помощью имитационного моделирования, то есть многократного испытания модели с нужными входными данными, чтобы определить из влияние на выходные критерии оценки работы системы.

Имитационное моделирование воспринимается как «метод последней надежды», и в этом есть толика правды. Однако в большинстве ситуаций мы быстро осознаем необходимость прибегнуть именно к этому средству, поскольку исследуемые системы и модели достаточно сложны и их нужно представить доступным способом. [2].

У нас есть математическая модель, которую требуется исследовать с помощью моделирования (далее — *имитационная модель*). Прежде всего нам необходимо прийти к

выводу о средствах ее исследования. В этой связи следует классифицировать имитационные модели по трем аспектам.

➤ *Статическая или динамическая?* *Статическая* имитационная модель — это система в определенный момент времени или же система, в которой время просто не играет никакой роли. *Динамическая* имитационная модель представляет систему, меняющуюся во времени. Построив математическую модель, следует решить, каким образом ее можно использовать для получения данных о системе, которую она представляет.

➤ *Детерминированная или стохастическая?* Если имитационная модель не содержит вероятностных (случайных) компонентов, она называется *детерминированной*. В детерминированной модели результат можно получить, когда для нее заданы все входные величины и зависимости, даже если в этом случае потребуется большое количество компьютерного времени. Однако многие системы моделируются с несколькими случайными входными данными компонентов, в результате чего создается *стохастическая* имитационная модель. Большинство систем массового обслуживания и управления запасами именно таким образом и моделируется. Стохастические имитационные модели выдают результат, который является случайным сам по себе, и поэтому он может рассматриваться лишь как оценка истинных характеристик модели.

➤ *Непрерывная или дискретная?* Говоря обобщенно, мы определяем *дискретную* и *непрерывную* модели подобно ранее описанным дискретной и непрерывной системам. Следует заметить, что дискретная модель не всегда используется для моделирования дискретной системы, и наоборот. Необходимо ли для конкретной системы использовать дискретную или непрерывную модель, зависит от задач исследования.

Для данной задачи имитационная модель является дискретной, динамической и детерминированной. То есть *дискретно –событийная имитационная модель*.

### **5.2.2. Дискретно событийное моделирование**

Дискретно-событийное моделирование используется для построения модели, отражающей развитие системы во времени, когда состояния переменных меняются мгновенно в конкретные моменты времени. (Говоря математическим языком, система может меняться только в *исчислимо* количество моментов времени.) В такие моменты времени происходят события, при этом *событие* определяется как мгновенное возникновение, которое может изменить состояние системы. Хотя теоретически дискретно-событийное моделирование можно осуществлять с помощью вычислений вручную, количество данных, которые должны

сохраняться и обрабатываться при моделировании большинства реальных систем, диктует необходимость применения вычислительных машин.

Рассмотрим данную систему. Это система с 2мя заводами по производству серы (пунктами погрузки серы) и 5ю пунктами приема (пункты назначения). Например, необходимо подсчитать количество групп вагонов, в очереди на погрузку. При этом задержка группы в очереди равна времени, прошедшему с момента его появления в системе до начала его обслуживания. Для того чтобы рассчитать количество групп вагонов в очереди в дискретно-событийной имитационной модели, определяются такие переменные состояния, как состояние устройства обслуживания (занято или свободно), число групп в очереди (если таковые имеются) и время поступления каждой группы, ожидающей своей очереди. При поступлении требования должно быть определено состояние устройства обслуживания: может ли требование быть обслужено немедленно или его необходимо поместить в конец очереди, и количество групп вагонов в очереди увеличивается на 1, когда группа покидает очередь и попадает в блок обслуживания (погрузки) количество групп уменьшается на 1. Событие может использоваться, чтобы задать окончание имитационного прогона на определенное время или вычислить результаты работы системы в определенный момент времени, при этом оно не будет вызывать действительного изменения состояния системы.

### **5.2.3. Компоненты дискретно-событийной имитационной модели и их организация**

Хотя моделирование применяется к самым разнообразным реальным системам, все дискретно-событийные имитационные модели включают ряд общих компонентов. Логическая организация этих компонентов позволяет обеспечивать программирование, отладку и последующее изменение программы имитационной модели. В частности дискретно-событийная имитационная модель, которая использует механизм продвижения времени от события к событию и написана на универсальном языке, содержит следующие компоненты:

- ◆ *состояние системы* — совокупность переменных состояния, необходимых для описания системы в определенный момент времени;
- ◆ *часы модельного времени* — переменная, указывающая текущее значение модельного времени;
- ◆ *список событий* — список, содержащий время возникновения каждого последующего типа событий;
- ◆ *статистические счетчики* — переменные, предназначенные для хранения статистической информации о характеристике системы;
- ◆ *программа инициализации* — подпрограмма, устанавливающая в исходное состояние

имитационную модель в момент времени, равный;

- ◆ *синхронизирующая программа* — подпрограмма, которая отыскивает следующее событие в списке событий и затем переводит часы модельного времени на время возникновения этого события;
- ◆ *программа обработки событий* — подпрограмма, обновляющая состояние системы, когда происходит событие определенного типа (для каждого типа событий существует отдельная программа обработки событий);
- ◆ *библиотечные программы* — набор подпрограмм, применяемых для генерации случайных наблюдений из распределений вероятностей, которые были определены как часть имитационной модели;
- ◆ *генератор отчетов* - подпрограмма, которая считывает оценки (со статистических счетчиков) критериев оценки работы ^выдает отчет по окончании моделирования;

*основная программа* - подпрограмма, которая вызывает синхронизирующую программу, для того чтобы определить следующее событие, а затем передает управление соответствующей событийной программе с целью обеспечения заданного обновления состояния системы. Основная программа может также контролировать необходимость прекращения моделирования и вызывать генератор отчетов по его окончании.

Моделирование начинается в момент времени, равный 0. При этом основная программа вызывает программу инициализации, которая устанавливает часы модельного времени в 0, затем задает исходное состояние системы, устанавливает в исходное состояние статистические счетчики и инициализирует список событий. После возвращения управления основной программе она вызывает синхронизирующую программу, чтобы определить тип ближайшего события. Если следующим должно произойти событие типа  $i$ , часы имитационного времени переводятся на время возникновения события типа  $i$ , и управление возвращается основной программе. Основная программа активизирует программу обработки событий 1, при этом происходят три типа действий: первое — обновляется состояние системы в соответствии с произошедшим событием типа  $i$ ; второе — собирается информация о критериях оценки работы системы путем. Обновления статистических счетчиков; третье - генерируется время возникновения будущих событий, и информация о нем добавляется в список событий. Часто при определении времени будущих событий возникает необходимость сгенерировать случайные наблюдения из распределения вероятностей; такое наблюдение будем называть *случайной величиной*. После полного завершения обработки в программе обработки событий  $i$  или в основной программе выполняется проверка с целью определить (относительно некоторого условия останова), следует ли прервать моделирование. И если



моделирование должно быть завершено, из основной программы вызывается генератор отчета, для того чтобы считать оценки (со статических счетчиков) необходимых критериев работы и создать отчет. Если время прекращения моделирования еще не настало, управление снова передается основной программе и цикл «основная программа—синхронизирующая программа- основная программа – программа обработки событий – проверка условия прекращения имитации» повторяется до тех пор, пока условие останова не будет выполнено.

Система — это четко определенная совокупность объектов.

Объекты характеризуются с помощью значений, именуемых *атрибутами*. В дискретно-событийной имитационной модели атрибуты являются частью состояния системы. Объекты с каким-либо общим свойством часто объединяются в *списки (файлы или наборы)*. Для каждого объекта существует запись в списке, состоящем из атрибутов объектов. Порядок размещения объектов в списке определяется некоторым правилом. [5].

### **5.3. Выбор программного пакета для имитационного моделирования**

Ранее было сказано, данная система является *дискретно –событийной*. И для нее будем использовать дискретно-событийный подход. Данный подход поддерживают программные пакеты, изученные мною, такие как Arena, GPSS, AnyLogic. Рассмотрим каждый из них подробнее, чтобы выбрать один из них..

#### **5.3.1. Пакет имитационного моделирования Arena**

Пакет имитационного моделирования Arena [Systems, 1999; Kelton et al., 1998] поставляется компанией Systems Modeling Corporation (Севикли, Пенсильвания). Моделирующие конструкции, именуемые в пакете Arena модулями, объединены в шаблоны Basic Process (Основной процесс), Advanced\_Process (Дополнительный процесс) Advanced Transfer (Дополнительная передача). Шаблон Basic Process содержит модули, которые используются во многих моделях (скажем, для моделирования поступления, ухода и обслуживания заявок). Шаблон Advanced Process состоит из модулей, предназначенных для выполнения отдельных логических функций, таких как выбор очереди при наличии в системе нескольких очередей или координации продвижения нескольких объектов в различных частях системы. И, наконец, шаблон Advanced Transfer содержит модули (например, конвейеры и транспортеры), применяемые для описания передачи объектов из одной части системы в другую.

Для создания модели в пакете Arena модули сначала перетаскивают в окно модели, а затем соединяют, чтобы обозначить движение объектов в моделируемой системе. Затем

модули детализируют с помощью диалоговых окон или встроенных таблиц. В иерархии модели может быть неограниченное число уровней. Пакет Arena обеспечивает двухмерную анимацию и позволяет выводить на экран динамическую (гистограммы и графики временной зависимости)

Число потоков случайных чисел в пакете не ограничено. Более того, пользователь имеет доступ к 12 стандартным теоретическим распределениям вероятностей, а также к эмпирическим распределениям. В пакет встроено средство моделирования нестационарных процессов Пуансона, представляющих собой модель поступления объектов с зависящей от времени скоростью поступления.

В пакете Arena имеется простой способ выполнения независимых повторных прогонов моделируемой системы, а также построения точечных оценок и доверительных интервалов для показателей работы системы. В нем можно построить и доверительные интервалы для оценки разности между средними значениями двух систем. Пакет позволяет строить графики (гистограммы, столбиковые диаграммы, графики временной зависимости и корреляционные). Кроме того, для пакета имеется дополнительный модуль оптимизации.

Пакет Arena содержит конструкции для моделирования нескольких видов погрузочно-разгрузочных устройств, такие как конвейеры (транспортные конвейеры и конвейеры-накопители), автопогрузчики и автоматизированные управляемые транспортные системы.

Данный пакет позволяет выполнять функционально-стоимостной анализ при использовании ABC-метода, благодаря чему можно учитывать дополнительные и обычные затраты, а также создавать временные отчеты. Результаты моделирования сохраняются в базе данных и отображаются с помощью программы Crystal Reports, встроенной в пакет.

Пакет Arena поддерживает язык Visual Basic for Application (VBA) компании Microsoft, что дает возможность считывать данные из других приложений и записывать в другие приложения (например, Excel). Таким образом, можно создавать удобные интерфейсы для ввода параметров модели, генерирования отчетов заданного формата и т. д. Данная технология также применяется для интерфейса Arena с графическим пакетом Visio.

### **5.3.2. Пакет имитационного моделирования GPSS**

Среда моделирования GPSS World основана на языке GPSS. Язык GPSS - это язык декларативного типа, построенный на объектно-ориентированной основе.

Основными элементами этого языка являются транзакты и блоки, которые отображают соответственно динамические и статические объекты моделируемой системы.

Выбор объектов в конкретной модели зависит от характеристик моделируемой системы. Для изучения общих характеристик языка GPSS воспользуемся определениями из [3]. Каждый объект имеет некоторое число свойств, названных в GPSS стандартными числовыми атрибутами (СЧА). Часть СЧА доступна пользователю только для чтения, а на значение других он может влиять, используя соответствующие блоки.

**Блоки и транзакты.** Каждая GPSS-модель обязательно должна содержать такие объекты, как блоки и транзакты. Что является отличительной чертой процессно-ориентированного подхода. В GPSS концепция передачи управления от блока к блоку имеет специфические особенности. Последовательность блоков GPSS-модели показывает направления, в которых перемещаются элементы. Каждый такой элемент называется *транзактом*.

Транзакты с точки зрения [3] - это динамические элементы GPSS-модели.

Блоки языка GPSS представляют собой подпрограммы, написанные на макроассемблере или на языке Си, и содержат набор параметров (операндов) для обращения к ним. Как и во всех языках моделирования в GPSS существует внутренний механизм передачи управления, который реализуется в модельном времени, что дает возможность отобразить динамические процессы в реальных системах. Передача управления от блока к блоку в GPSS-программах реализуется с помощью движения транзактов в модельном времени. Обращение к подпрограммам блоков происходит через движение транзактов.

Содержательное значение транзактов определяет разработчик модели. Именно он устанавливает аналогию между транзактами и реальными динамическими элементами моделируемой системы. Такая аналогия никогда не указывается транслятору GPSS, она остается в воображении разработчика моделей.

**Объекты типа «ресурсы».** Аналогами обслуживающих устройств реальных систем в GPSS являются объекты типа «ресурсы». К объектам этого типа относятся устройства, многоканальные устройства и логические ключи.

Как и в каждом объектно-ориентированном языке в GPSS каждый объект имеет *свойства* и *методы*, которые изменяют эти свойства. В GPSS свойства объектов называют *стандартными числовыми атрибутами (СЧА)*.

Устройство (одноканальное устройство, прибор) представляет собой ресурс, который в любой момент времени может быть занят только одним транзактом. Интерпретатор автоматически вычисляет такие его СЧА, как общее время занятости устройства, число транзактов, который занимали устройство, коэффициент использования устройства, среднее время занятости устройства одним транзактом и т.п.

Многоканальные устройства (МКУ) (несколько параллельных одинаковых устройств) представляют собой объекты типа «ресурсы» для параллельной обработки. Они могут быть использованы несколькими транзактами одновременно. Пользователь определяет емкость каждого МКУ, который используется в модели, а интерпретатор ведет учет числа устройств, занятых в каждый момент времени. Интерпретатор также автоматически подсчитывает такие СЧА: число транзактов, которые вошли в МКУ; среднее число каналов, занятых одним транзактом; среднее время нахождения транзакта в устройстве и др.

Некоторые события в системе могут заблокировать или изменить движение транзактов. Например, кассир кинотеатра, идя на обед, ставит табличку «В другое окно», и все следующие клиенты на протяжении обеда обращаются в другую кассу. Для моделирования этих ситуаций введены логические ключи. Транзакт может устанавливать эти ключи в положение «Включено» или «Выключено». Через некоторое время состояние ключа может быть использовано другими транзактами для выбора одного из двух возможных путей движения или ожидания момента изменения состояния ключа. Состояние ключа может быть изменено любым транзактом.

**Переменные.** Арифметические переменные позволяют вычислять арифметические выражения, которые состоят из операций над СЧА объектов.

**Ячейки и матрицы сохраняемых величин.** Ячейки сохраняемых величин и матрицы используются для хранения некоторой пользовательской числовой информации, запись в эти объекты выполняют транзакты.

**Очереди.**

**Таблицы.** Объект «*таблица*» предназначен для сбора статистики о случайных величинах, заданных пользователем. [3].

### 5.3.3. Пакет имитационного моделирования РДО

В среде РДО моделирование ведется на основе ресурсов и действий над ними. Ресурсы представляют собой объекты реального мира, над которыми совершаются действия.

Операция описывает правила выполнения действий данного типа (operation) и содержит список релевантных ресурсов (то есть ресурсов, участвующих в описываемой операции), предусловия начала операции (задаваемые по значениям параметров релевантных ресурсов), конверторы преобразования состояния ресурсов, участвующих в операции, в ее начале и в конце и выражения, по которым вычисляются длительности выполнения действий, описываемыми данной операцией.

Описание типов ресурсов определяет структуру глобальной базы данных программы (модели).

Операции определяют содержимое базы знаний программы (модели).

Они представляют собой знания о функционировании моделируемой системы (знания о предметной области), записанные в виде модифицированных продукционных правил в соответствии с синтаксисом языка.

### ***Основные понятия интеллектуальной среды имитационного моделирования РДО***

**Модель** – совокупность объектов РДО-языка, описывающих какой-то реальный объект, собираемые в процессе имитации показатели, кадры анимации и графические элементы, используемые при анимации, результаты трассировки.

**Прогон** – это минимальный этап имитационного эксперимента. Представляет собой множество действий системы, необходимых на однократный перевод ее из исходного в целевое состояние. Он характеризуется совокупностью объектов, представляющих собой исходные данные и результаты, полученные при запуске имитатора с этими исходными данными.

**Объект** – совокупность информации, предназначенной для определенных целей и имеющая смысл для имитационной программы.

Объектами являются:

- типы ресурсов;
- ресурсы;
- образцы операций;
- операции;
- точки принятия решений;
- константы, функции и последовательности;
- кадры анимации;
- требуемая статистика.

Объекты, создаваемые РДО-имитатором при выполнении прогона:

- результаты;
- трассировка.

Использование анимации в РДО моделях.

Интегрированная среда моделирования РДО позволяет разработчику имитационной модели визуализировать процесс изменения состояний системы и получения результирующей статистики, увеличивая наглядность протекающих процессов.

Для каждого ресурса определены параметры состояния. Для каждой операции определены правила ее выполнения.[1].

### 5.3.4. Пакет имитационного моделирования AnyLogic

Программный инструмент AnyLogic поддерживает все известные методы моделирования, рассмотрим вкратце структуру AnyLogic взятую из [5]. AnyLogic основан на объектно-ориентированной концепции. Объектно-ориентированный подход к представлению сложных систем является лучшим на сегодняшний день методом управления сложностью информации, эта концепция позволяет простым и естественным образом организовать и представить структуру сложной системы. Таким образом, идеи и методы, направленные на управление сложностью, выработанные в последние десятилетия в области создания программных систем, позволяют разработчикам моделей в среде AnyLogic организовать мышление, структурировать разработку и, в конечном счете, упростить и ускорить создание моделей.

Другой базовой концепцией AnyLogic является представление модели как набора взаимодействующих параллельно функционирующих активностей. Такой подход к моделированию интуитивно очень понятен и естественен во многих приложениях, поскольку системы реальной жизни состоят из совокупности активностей, взаимодействующих с другими объектами. Активный объект в AnyLogic — это объект со своим собственным функционированием, взаимодействующий с окружением. Он может включать в себя любое количество экземпляров других активных объектов. Активные объекты могут динамически порождаться и исчезать в соответствии с законами функционирования системы. Так могут моделироваться социальные группы, холдинги компаний, транспортные системы и т. п. Графическая среда моделирования AnyLogic поддерживает проектирование, разработку, документирование модели, выполнение компьютерных экспериментов с моделью, включая различные виды анализа — от анализа чувствительности до оптимизации параметров модели относительно некоторого критерия.

В результате AnyLogic не ограничивает пользователя одной-единственной парадигмой моделирования, что является характерным фактически для всех инструментов моделирования, существующих сегодня на рынке. В AnyLogic разработчик может гибко использовать различные уровни абстрагирования, различные стили и концепции, строить модели в рамках той или иной парадигмы и смешивать их при создании одной и той же модели, использовать ранее разработанные модули, собранные в библиотеки, дополнять и строить свои собственные библиотеки модулей. При разработке модели на AnyLogic можно использовать концепции и средства из нескольких "классических" областей моделирования, например, в агентной модели использовать методы системной динамики для представления изменений состояния среды или в непрерывной модели динамической системы учесть дискретные события. Например, анализ ГТ - инфраструктуры компании (анализ

производительности серверов, узких мест локальной сети и т. п.), который легко производится с помощью методов дискретного событийного моделирования, имеет немного пользы, если в модели не отражено влияние возможных изменений параметров этой инфраструктуры на бизнес-процессы и, в конечном счете, на прибыль компании, а такая связь в модели не может быть реализована только средствами дискретно-событийного моделирования. В AnyLogic легко строятся подобные модели с требуемым уровнем адекватности, позволяющие ответить на многие вопросы, интересующие исследователя. Богатые возможности анимации и визуального представления результатов в процессе работы модели позволяют понять суть процессов, происходящих в моделируемой системе, упростить отладку модели.

Удобный интерфейс и многочисленные средства поддержки разработки моделей в AnyLogic делают не только использование, но и создание компьютерных имитационных моделей в этой среде моделирования доступными даже для начинающих.

Из [5] были взяты общие характеристики языка, но в данном исследовании нас интересует процессно-ориентированный подход, в данной среде он реализован благодаря библиотеке Enterprise Library. Плюсом данной среды, несомненно, является возможность интеграции всех методов имитационного моделирования в рамках одного проекта или даже одной модели.

Библиотека AnyLogic Enterprise Library схожа по своим фундаментальным характеристикам с другими схожими процессно-ориентированными средами рассмотренными в предыдущий параграфах предоставляет высокоуровневый интерфейс для быстрого создания процессно-ориентированных моделей с помощью блок-схем. Графическое представление систем с помощью блок схем широко используется во многих важных сферах деятельности: производстве, логистике, системах обслуживания, бизнес - процессах, моделировании компьютерных и телекоммуникационных сетей, и т.д. AnyLogic позволяет моделировать при помощи визуальных, гибких, расширяемых, повторно используемых объектов, как стандартных, так и разработанных Вами. Библиотека Enterprise Library содержит традиционные объекты: очереди, задержки, конвейеры, ресурсы, и т.п., так что модель быстро строится в стиле «перетащить и оставить» (drag-and-drop) и очень гибко параметризуется. Реализация стандартных объектов Enterprise Library открыта для пользователя, их функциональность может быть как угодно расширена, вплоть до создания собственных библиотек.

AnyLogic включает несколько видов экспериментов, которые можно выполнять с разработанной имитационной моделью. Одним из самых важных с точки зрения практического применения является *оптимизационный эксперимент*.

Многие модели в бизнесе, науке и технике включают существенные нелинейности, комбинаторные зависимости и неопределенности, которые легко представимы в имитационных моделях, но являются слишком сложными для представления формальным математическим аппаратом, наборами математических формул. Это препятствует непосредственному применению классических методов оптимизации в таких системах. Целью пакета OptQuest, встроенного в AnyLogic, как раз и является оптимизация систем, которые не могут быть представлены как математические модели и оптимизация в которых не может быть выполнена с помощью классических алгоритмов. В пакете реализованы современные мощные алгоритмы оптимизации. Пакет использует подход «черного ящика» для вычисления значений целевой функции: он устанавливает входные параметры и обращается к имитационной модели, которая по набору входных параметров возвращает значения целевой функции. Любой оптимизатор, используемый в системе имитационного моделирования, должен иметь разумную эвристику для выбора очередного варианта исходных факторов системы в случае, когда система задана как «черный ящик» своими входными/выходными соотношениями [5].

### **5.3.5. Вывод**

Выбор AnyLogic обусловлен следующим:

- высокая наглядность модели;
- многофункциональный графический интерфейс;
- возможность использования языка JAVA;
- большая функциональность системы;
- система оптимизации общего назначения OptQuest.



## 6. КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

### 6.1. Функциональная модель АСУ ПС

#### 6.1.1. Общая функциональная модель АСУ ПС

Построим общую функциональную модель АСУ ПС. См. Рис. 6.1.

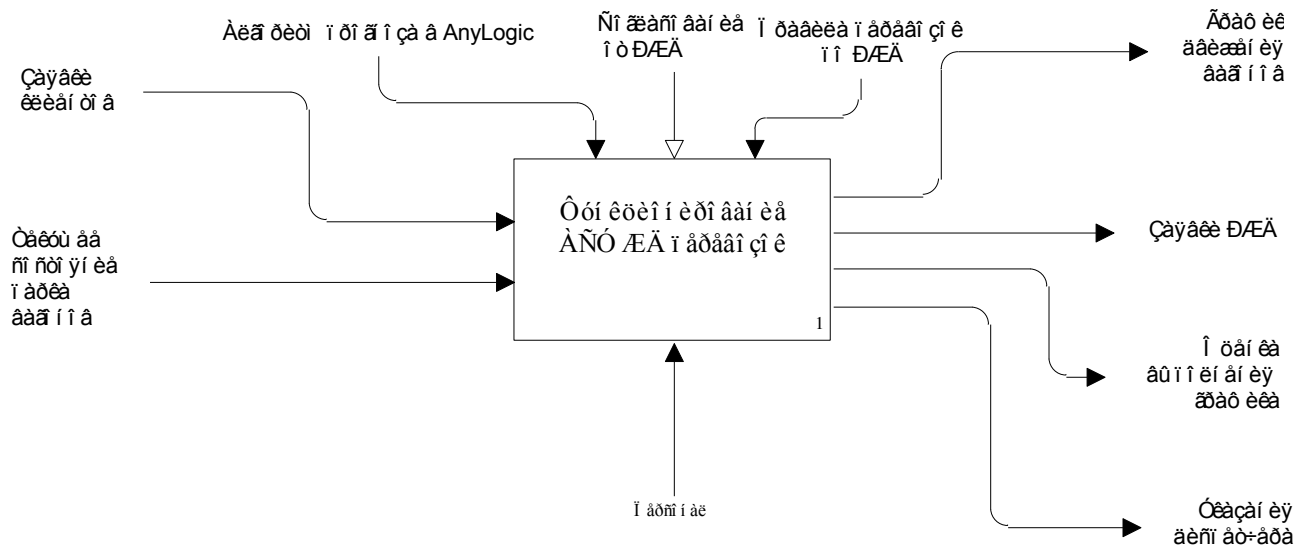


Рис. 6.1. Общая функциональная модель АСУ ПС

Целесообразным является краткое описание задач, которые решаются на уровне каждого из функциональных блоков, и принципов его декомпозиции.

А-0. Общая функциональная структура АСУ ЖД перевозок.

Данный этап включает в себя необходимое для автоматизированной системы управления железнодорожными перевозками. На входе мы имеем заявки клиентов, текущее состояние парка вагонов. В качестве выходных параметров выступают: график движения вагонов, заявки РЖД, оценка выполнения графика, указания диспетчера. Управляющим воздействием является: алгоритм прогноза в AnyLogic, согласование от РЖД и правила перевозок по РЖД. Механизм исполнения: персонал. Декомпозируем данный блок для более детального рассмотрения. См. Рис. 6.2.

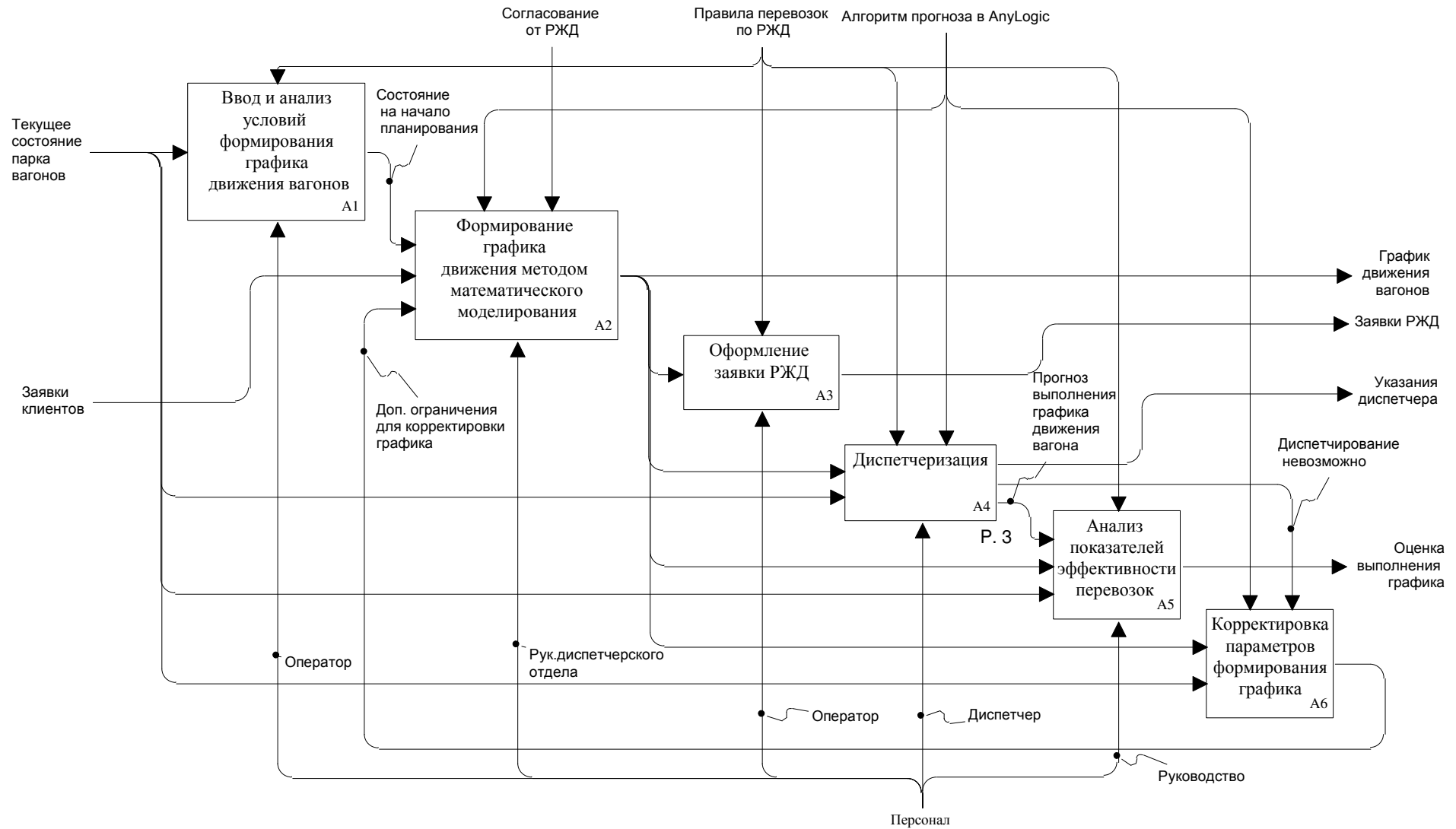


Рис. 6.2. Декомпозиция общей функциональной модели АСУ ПС

Декомпозиция проведена в соответствии с последовательностью осуществления функций автоматизированного управления ЖД перевозками.

A1. Ввод и анализ условий формирования графика движения вагонов.

Входящим воздействием выступает текущее состояние парка вагонов, выходящим: состояние на начало планирования. Управляющее воздействие: правила перевозок по РЖД. Механизм исполнения: оператор.

A2. Формирование графика движения методом математического моделирования

На входе: состояние на начало планирования из блока A1, заявки клиентов, и, возможно, дополнительные ограничения для корректировки графика. Выходные параметры: график движения вагонов, который является входящим для всех остальных функциональных блоков. Управление осуществляется алгоритмом прогноза в AnyLogic и согласование с РЖД. Механизм исполнения: руководитель диспетчерского отдела.

A3. Оформление заявки РЖД.

Входящим параметром является выход из A2. Выходящий: заявки РЖД. Управление: правила перевозок по РЖД. Механизм исполнения: оператор.

A4. Диспетчеризация.

На входе: выход из A2, т.е. график движения вагонов, текущее состояние парка вагонов. На выходе: указания диспетчера, прогноз выполнения графика движения вагонов. Управление: правила перевозок по РЖД, алгоритм прогноза в AnyLogic. Механизм исполнения: диспетчер.

Данная функция нас особенно интересует, поэтому будет рассмотрена подробнее далее.

A5. Анализ показателей эффективности перевозок.

Для осуществления этой функции, на ее вход поступают: прогноз выполнения графика движения вагона, график движения вагонов, полученный методом математического моделирования, текущее состояние парка вагонов. На выходе получаем оценку выполнения графика. Для корректного и полного анализа необходим в качестве управляющего воздействия алгоритм прогноза в AnyLogic. Механизм исполнения: руководство. Производит данную функцию аналитик, окончательное решение принимает руководство.

A6. Корректировка параметров формирования графика.

Эта функция осуществляется в случае неудовлетворительных результатов анализа и влечет за собой изменения графика движения, полученного методом математического моделирования. А также в результате невозможного диспетчерирования. На входе текущее состояние парка вагонов. На выходе скорректированные параметры формирования графика. Управление: правила перевозок по РЖД.

6.1.2. Функциональная модель СД ПС (системы диспетчеризации перевозок серы)

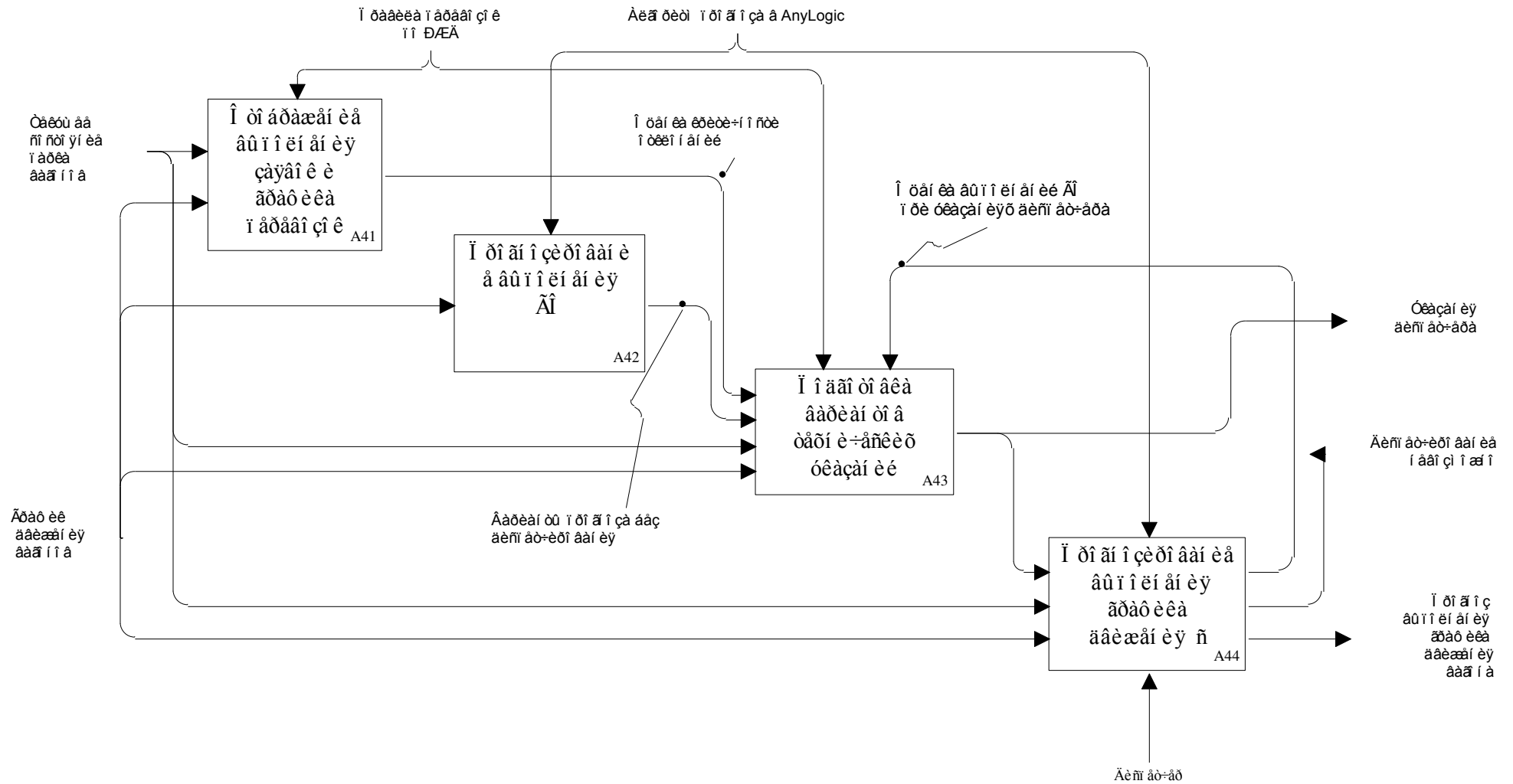


Рис. 6.3. Функциональная модель СД ПС

На Рис. 6.3. изображены функциональные блоки. Опишем их.

A41. Отображение выполнения заявок и графика перевозок.

Данная функции осуществляется с помощью «Модуля отображения для АСУ железнодорожными перевозками». На входе данного функционально блока: текущее состояние парка вагонов, график движения вагонов, на выходе оценка критичности отклонений. В качестве управляющего воздействия: правила перевозок по РЖД.

A42. Прогнозирование выполнения ГО.

На входе данного блока график движения вагонов, на выходе получаем варианты прогноза без диспетчирования. Управлением является алгоритм прогноза в AnyLogic.

A43. Подготовка вариантов технических указаний.

На входе: оценка критичности отклонений, варианты прогноза без диспетчирования, график движения вагонов, текущее состояние парка вагонов. Для осуществления данной функции руководствуемся правилами перевозок по РЖД и оценкой выполнений ГО при указаниях диспетчера, которые являются выходными параметрами из блока A44, рассмотренного ниже. Выходными параметрами являются указания диспетчера.

A44. Прогнозирование выполнения графика движения с учетом указаний.

Входными параметрами являются: указания диспетчера, график движения вагонов и текущее состояние парка вагонов. Выходные параметры: оценка выполнении ГО при указаниях диспетчера, прогноз выполнения графика движения вагона, либо информация о том, что диспетчирование невозможно. Управлением выступает алгоритм прогноза в AnyLogic. Механизм исполнения: диспетчер.

## **6.2. Проектирование Системы диспетчеризации перевозок**

При проектировании системы важно детально представлять себе ее концепцию. Для понимания концепции отобразим ее в UML диаграммах.

### 6.2.1. Бизнес-объекты и бизнес-пользователи

Бизнес-объектами в нашем случае выступают: ГОВ, текущее состояние ПВ, имитационная модель Системы диспетчеризации перевозок, оценка выполнения ГОВ, прогноз выполнения ГОВ, указания. Взаимодействует с этими объектами бизнес-пользователь: клиент, диспетчер, начальник диспетчеризации перевозок. Данная диаграмма Business Use Case представлена на Рис. 6.4.

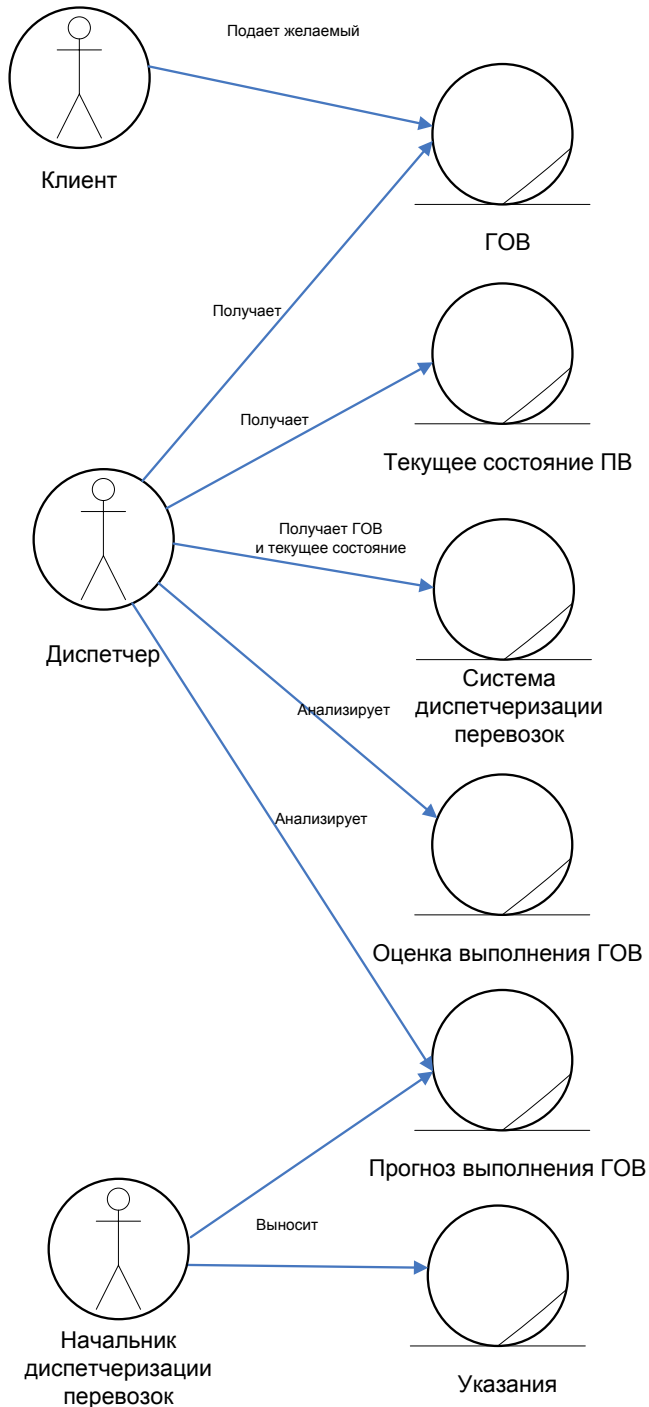


Рис. 6.4. Бизнес-объекты и бизнес-пользователи

Клиент подает желаемый ГОВ, диспетчер получает ГОВ, текущее состояние ПВ от Системы диспетчеризации перевозок, также получает оценку выполнения ГОВ и анализирует ее, получает прогноз выполнения ГОВ, анализирует его и передает Начальнику диспетчеризации перевозок, который выносит указания. Подробнее функции представлены на диаграмме вариантов использования, отображающей функциональность системы.

### 6.2.2. Функциональность системы

При работе с системой диспетчер получает текущее состояние ГОВ, ГОВ, получает прогноз выполнения ГОВ, анализирует оценку выполнения ГОВ и выносит решения о необходимых действиях. Как правило, передает начальнику диспетчеризации перевозок, который выносит указания по предотвращению отклонений ГОВ и формирует отчеты. Данная диаграмма вариантов использования (Use Case) представлена на Рис. 6.5.

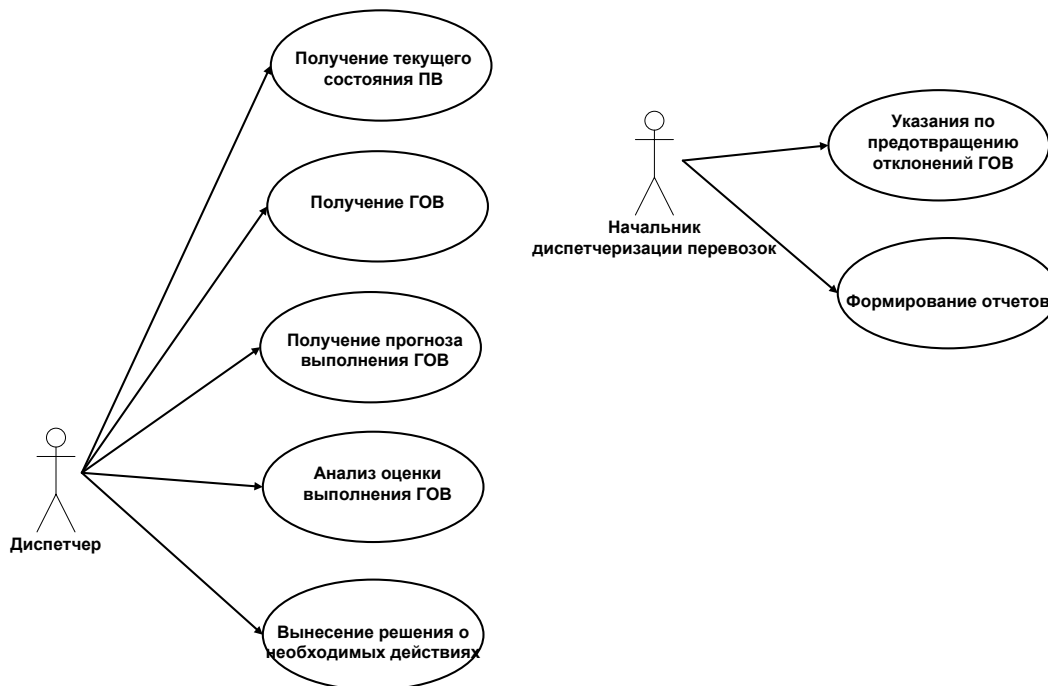


Рис. 6.5. Функциональность системы диспетчеризации перевозок

### 6.2.3. Описание последовательности действий

Диаграмма последовательности – диаграмма, на которой показаны взаимодействия объектов, упорядоченные во времени их проявления. Временной аспект поведения имеет существенное значение при моделировании синхронных процессов, описывающих взаимодействие объектов. Диаграмма последовательности Sequence представлена на Рис. 6.6.

Также на диаграмме последовательности представлен состав компонентов. В состав компонентов входит: модуль анализа исходного состояния вагонного парка на начало планового периода, модуль имитационного моделирования на основе пакета AnyLogic, модуль отображения фактического состояния парка вагонов, модуль оценки критичности отклонения ГОВ.

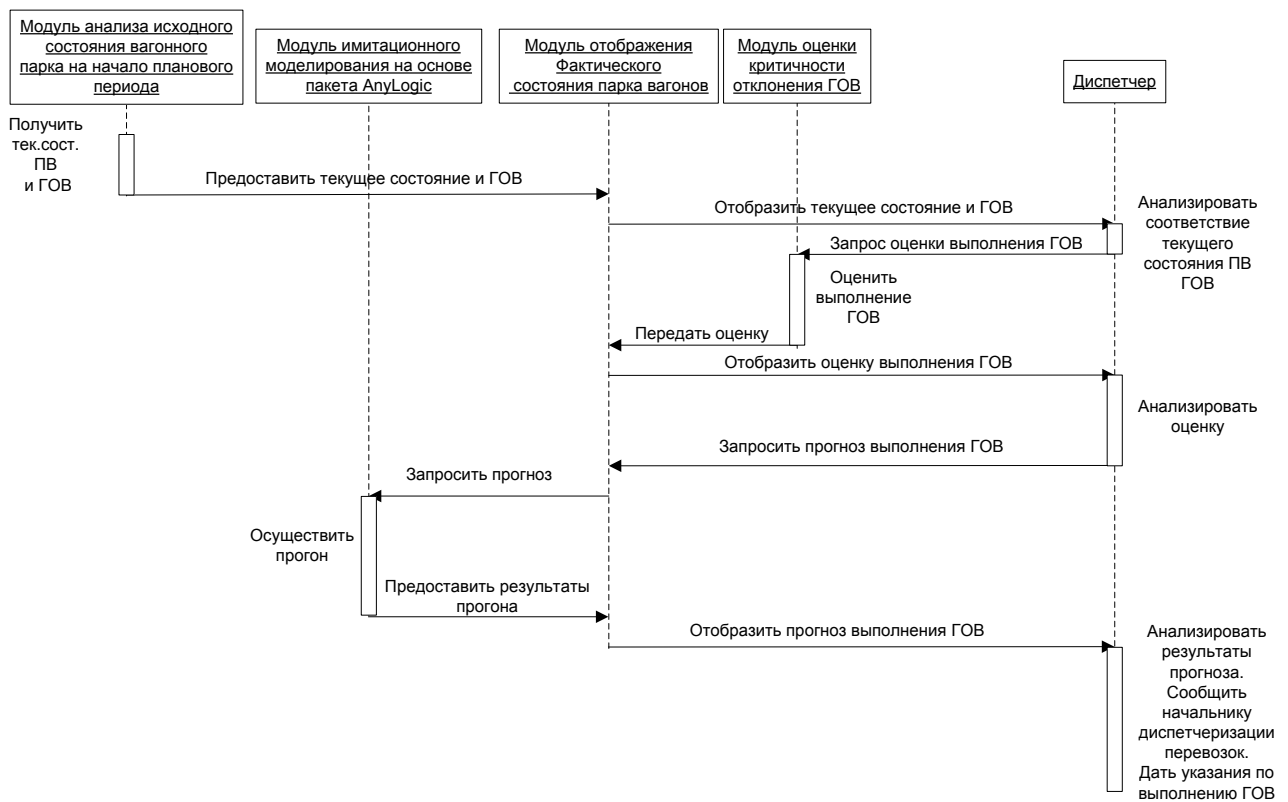


Рис. 6.6. Описание последовательности действий модулей

### 6.2.4. Информационная модель системы (IDEF1x)

В Системе диспетчеризации к информационным классам относятся: станция, состояние станции, группа вагонов (ГВ), тип вагона, груз, состояние ГВ фактическое, состояние ГВ плановое, операции с ГВ, маршрут, состояние маршрута, клиент и заявка. Данные классы взаимодействуют между собой. Диаграмма IDEF1x представлена на Рис. 6.7.



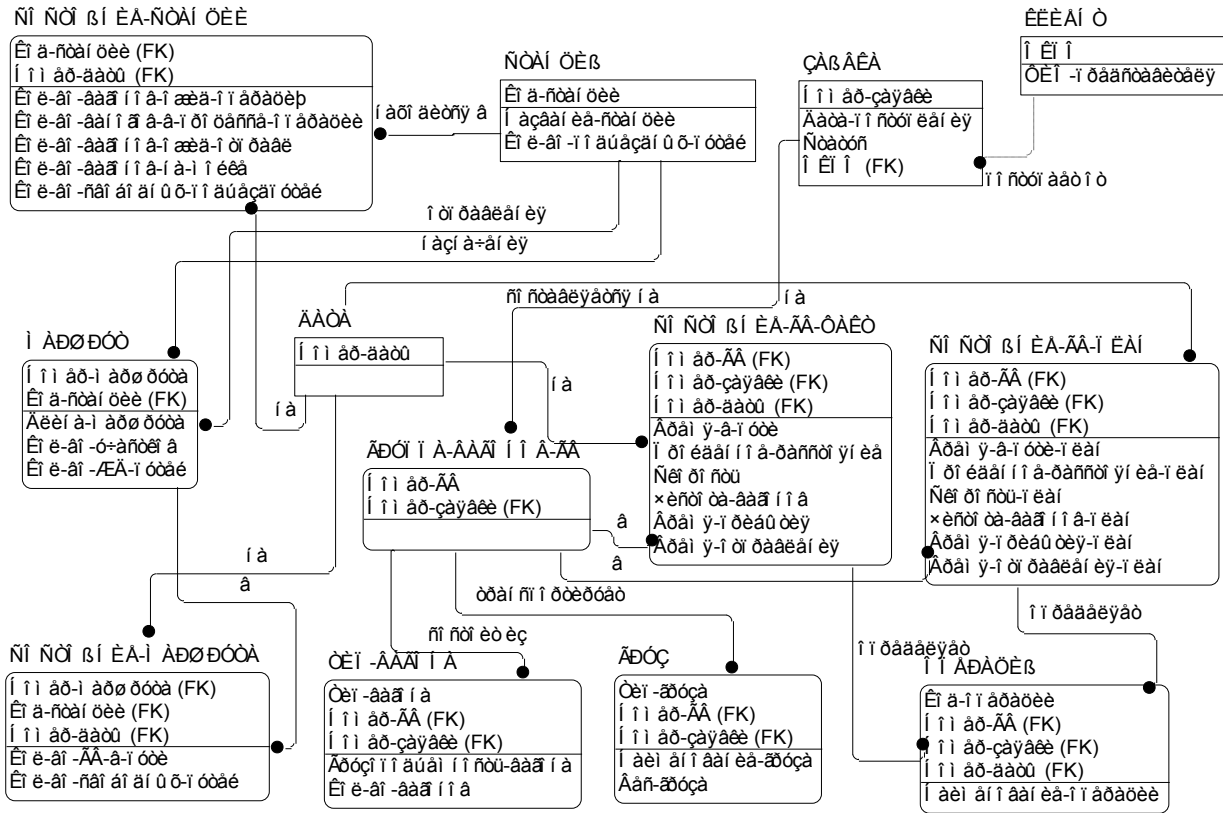


Рис. 6.7. Информационная модель системы диспетчеризации перевозок серы

### 6.2.5. Структура программных компонентов

Данная диаграмма описывает особенности физического представления системы. Диаграмма компонентов позволяет определить архитектуру разрабатываемой системы, установив зависимости между программными компонентами. Система диспетчеризации перевозок является подсистемой АСУ ПС и имеет несколько модулей. Состав системы изображен на Рис. 6.8.

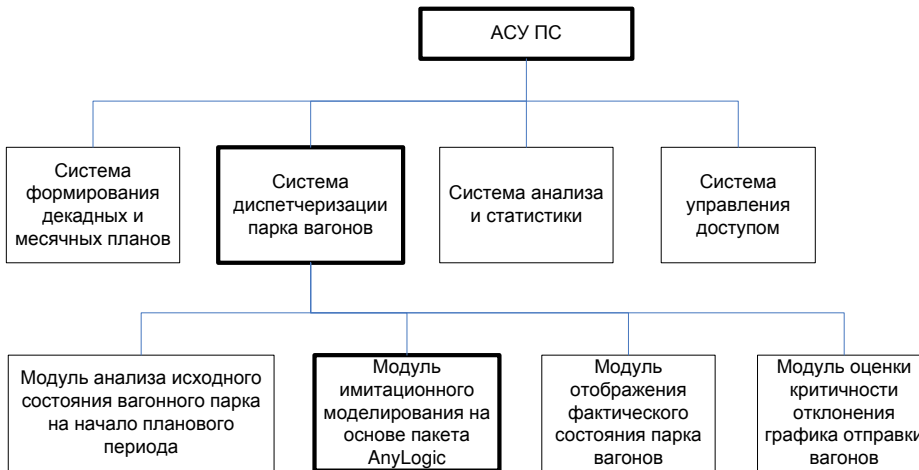


Рис. 6.8. Структура программных компонентов системы диспетчеризации перевозок

## 6.2.6. Архитектура СД ПС

На Рис. 6.9 изображена архитектура АСУ ПС. Так как система диспетчеризации перевозок СД ПС является подсистемой АСУ ПС, рассмотрим ее архитектуру в совокупности с остальными подсистемами. Нас интересует оборудование и ПО, которыми оснащена группа диспетчеризации. К оборудованию относится: 3 персональных компьютера, принтер. К ПО: ОС Windows (XP), AnyLogic, Macromedia Flash Professional 8, система диспетчеризации перевозок.

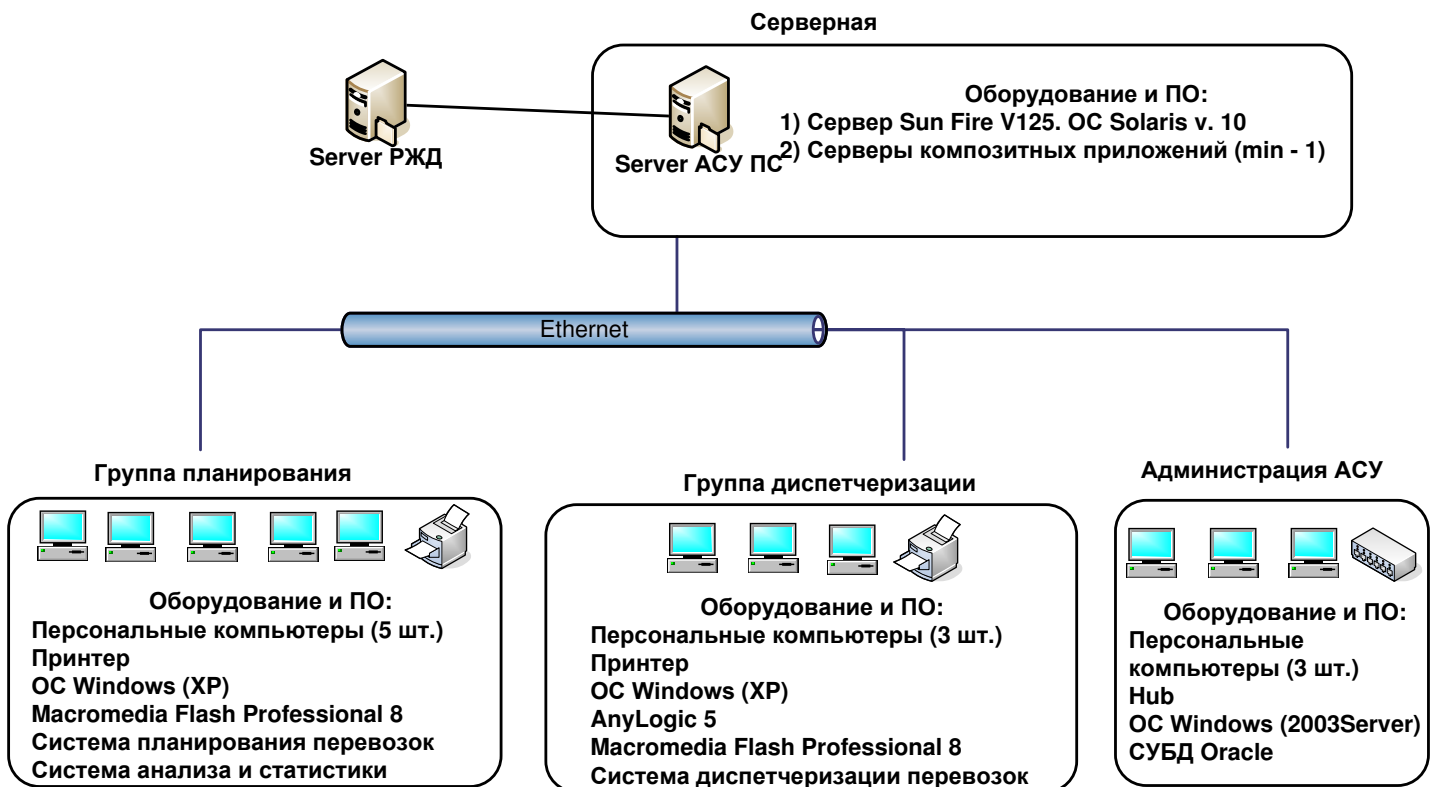


Рис. 6.9. Архитектура АСУ ПС

## 7. ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

В этой части дипломного проекта рассмотрим создание ИМ Системы диспетчеризации перевозок серы.

Среда имитационно моделирования AnyLogic позволяет создавать модели с помощью блоков. Каждый блок имеет свое назначение, принцип работы и характеристики. При построении модели использовали блоки из библиотеки Enterprise Library. Библиотека AnyLogic™ Enterprise Library предоставляет высокоуровневый интерфейс для быстрого создания дискретно-событийных моделей с помощью блок-схем. AnyLogic™ позволяет моделировать при помощи визуальных, гибких, расширяемых, повторно-используемых объектов, как стандартных, так и разработанных пользователем. Библиотека Enterprise Library содержит традиционные объекты: очереди, задержки, конвейеры, ресурсы, и т.п., так что модель строится в стиле «перетащить и оставить» (drag-and-drop) и очень гибко параметризуется. Реализация стандартных объектов Enterprise Library открыта для пользователя, их функциональность может быть как угодно расширена, вплоть до создания собственных библиотек

### 7.1. Основные модули программы и их свойства

Классы активных объектов библиотеки AnyLogic™ Enterprise Library являются строительными блоками, с помощью которых будем строить блок-схемы. Библиотечный класс сообщений Entity является базовым классом для заявок, ресурсов и транспортеров.

ИМ системы диспетчеризации выглядит следующим образом. См. Рис. 7.1.

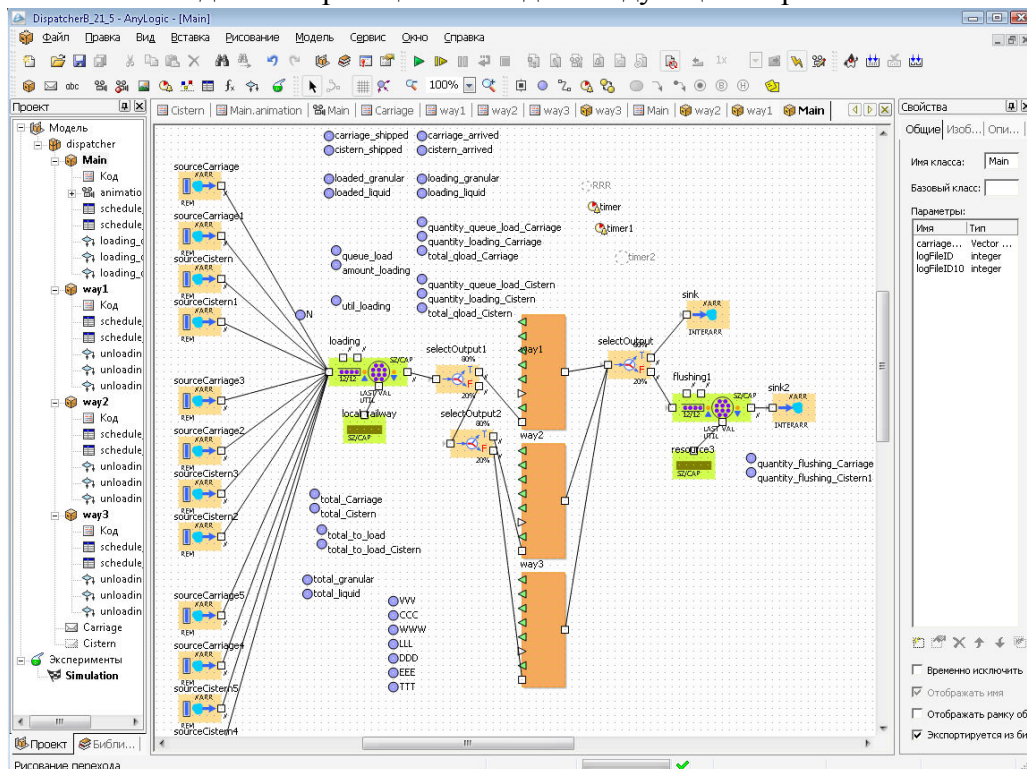


Рис. 7.1. Основные модули программы

На рис. видим оранжевые прямоугольники. Они представляют собой активный объект, внутри которого сосредоточены блоки связанные с направлением движения групп вагонов, то есть путь, разгрузка, формирование состава обратно и мытья вагонов, относящиеся к определенной станции разгрузки. Заглянем внутрь этого блока. Рис. 7.2.

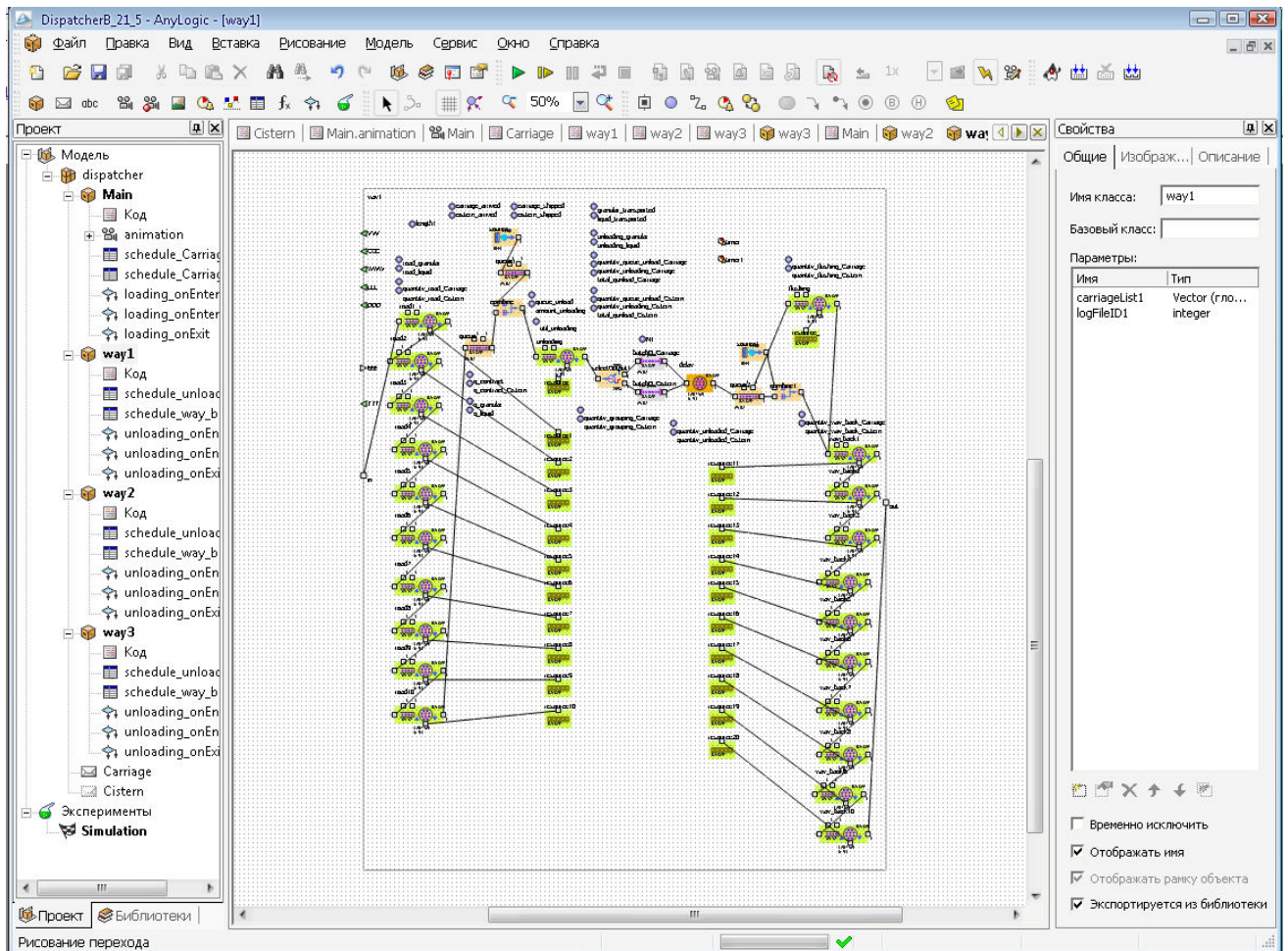


Рис. 7.2. Путь и станция разгрузки

Он связан с общей моделью входным и выходным портом, через которые передаются данные и входными и выходными переменными, участвующими в процессе моделирования.

Разобьем нашу модель на логические подмодели: подмодель погрузки (loading), пути (way), разгрузки (unloading), формирование состава обратно, мытья (flushing и flushing1) и обратного пути (way\_back). И рассмотрим подробнее каждый из них.

### 7.1.1. Погрузка

Для описания работы погрузочной станции обратимся к Рис. 7.3.

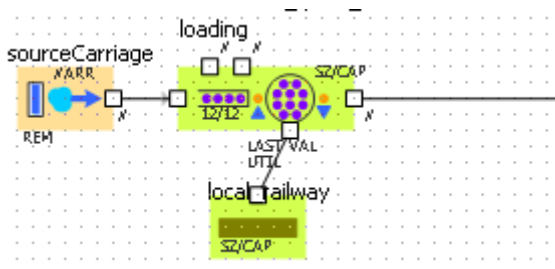
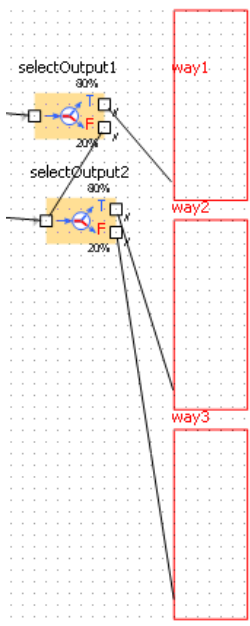


Рис. 7.1. Погрузка вагонов

Блок SourceCarriage отвечает за появление ГВ и ГЦ в системе. Появлению ГВ и ГЦ происходит по расписанию. Расписание

задается в табличном виде. Также в этом блоке присваиваются все начальные характеристики данной заявки (ГВ или ГЦ) на языке Java. Характеристики заявок (ГВ) отображены на Рис. 6.7. в концептуальном этапе. При появлении заявки в системе, она попадает в блок погрузки loading. Здесь меняет свои характеристики и участвует в процессах: ожидание очереди, занятие ресурса, обслуживание заявки, освобождение ресурса и покидает блок. В данном случае ресурсами являются подъездные пути local\_railway. Их количество задается в блоке local\_railway, как свойство saracity. Если нет свободных подъездных путей, то ГВ ожидает их освобождения. Как только подъездной путь освободится, ГВ занимает его и продвигается на обслуживание. Также в этом блоке происходит подсчет характеристик станции. Характеристики станции отображены на Рис.



6.7. в концептуальном этапе. Когда ГВ загружена она отправляется в блок выбора пути Select Output. В котором описано условие выбора пути. Рис. 7.4.

### 7.1.2. Путь

Длина пути задается переменной length. Весь участок пути разбивается на 10 частей. Для удобства моделирования ситуаций, связанных с возможными задержками на пути. Каждый участок пути состоит из блока road, у которого есть ресурс: пути (количество путей). В процессе дороги подсчитывается количество ГВ и ГЦ в пути и количество перевозимого груза, как гранулированной серы, так и жидкой. Также в процессе пути изменяются характеристики ГВ и ГЦ. Вид подмодели way изображен на Рис. 7.5.

Рис. 7.2.  
Разветвление  
путей

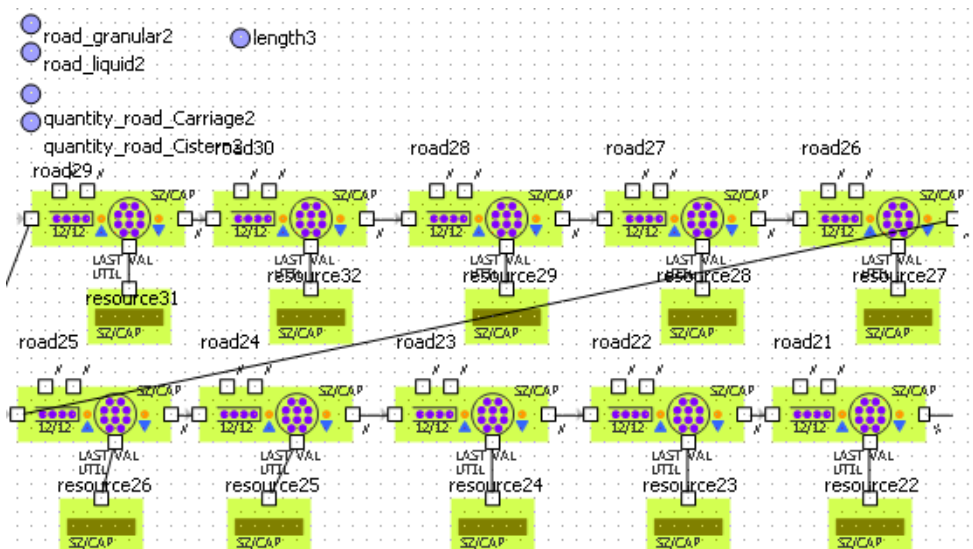


Рис. 7.3. Путь

### 7.1.3. Разгрузка

Когда ГВ или ГЦ прибыла на станцию, на ожидает распоряжение на разгрузку, которое

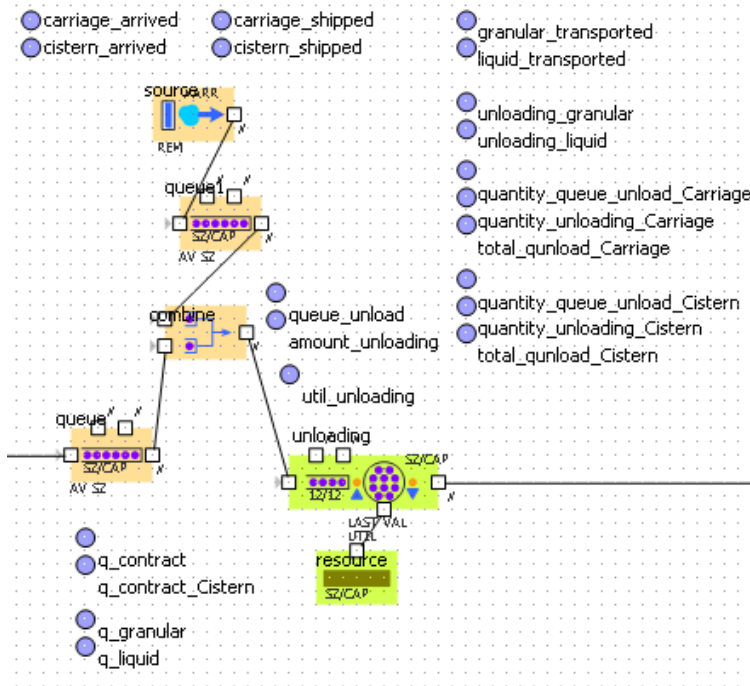


Рис. 7.4. Разгрузка вагонов

генерируется, согласно условиям и расписанию. См. Рис. 7.6. При получении данного распоряжения ГВ поступает в блок разгрузки и, если имеются свободные подъездные пути, разгружается. Иначе ждет либо распоряжения на разгрузку в блоке queue, либо пока освободятся подъездные пути в блоке unloading. После разгрузки ГВ или ГЦ характеристики изменяются.

Разгрузка вагонов моделируется с помощью временной задержки.

Также в блоке разгрузки вычисляется вся информация о станции разгрузки. После разгрузки ГВ и ГЦ отправляется на формирование состава на отправку обратно.

### 7.1.4. Формирования ГВ на отправку обратно

Сначала заявка попадает в блок, разделяющий ГВ и ГЦ. См. Рис. 7.7. И потом ГВ идут в блок batchQ\_Carriage, а ГЦ в блок batchQ\_Carriage, где собираются по несколько

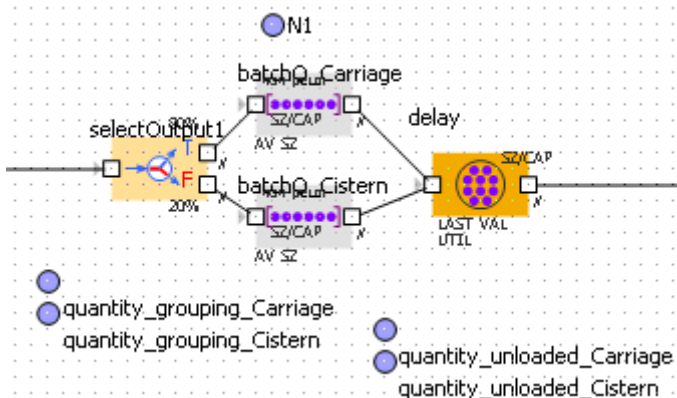


Рис. 7.5. Формирование группы вагонов на отправку обратно

групп и формируются в состав на отправку обратно. В этих блоках также вычисляется количество вагонов и цистерн, группирующихся в состав на отправку. В блоке delay им присваиваются новые характеристики, вычисленные в предыдущих блоках и согласно логике модели.

### 7.1.5. Мойка вагонов

В случае, если состав сформирован, а распоряжение на отправку еще не вышло, состав отправляется на мойку. См. Рис. 7.8. Распоряжение на отправку генерируется в блоке source. Мойка вагонов происходит в блоке flushing, который обладает ресурсом (количество мест).

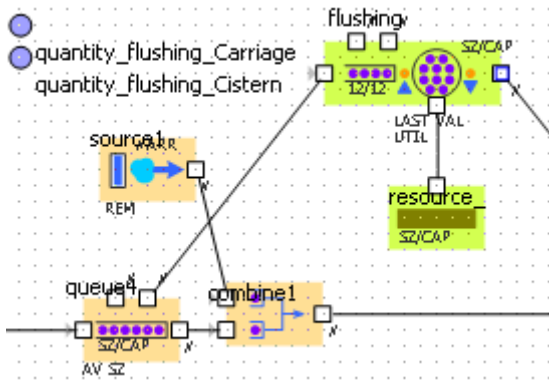


Рис. 7.6. Мойка вагонов

### 7.1.6. Путь обратно

Путь порожних вагонов и цистерн обратно осуществляется аналогично пути до станции разгрузки. См.Рис. 7.5. В процессе пути обратно подсчитывает количество вагонов на пути обратно.

После прибытия порожних ГВ и ГЦ на станцию погрузки, проверяется характеристика—чистота. Если вагоны чистые их вновь используют для погрузки серы. Иначе сначала отправляют на мойку. См. Рис. 7.8. Условие чистоты вагонов и цистерн проверяется в блоке selectOutput. После готовности вагонов и цистерн к загрузке, величина переменной, характеризующей количество вагонов и цистерн, готовых к погрузке, увеличивается на количество равное готовым вагонам.

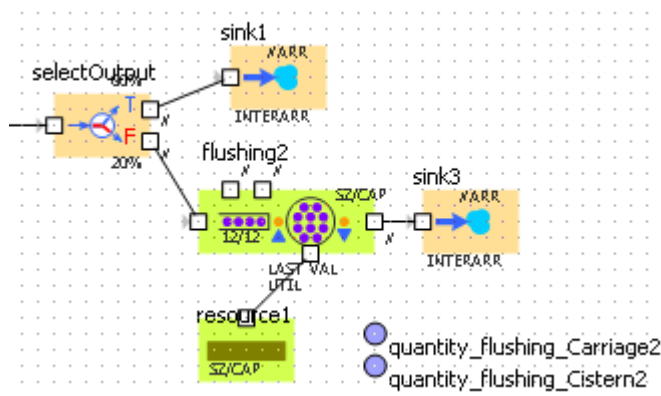
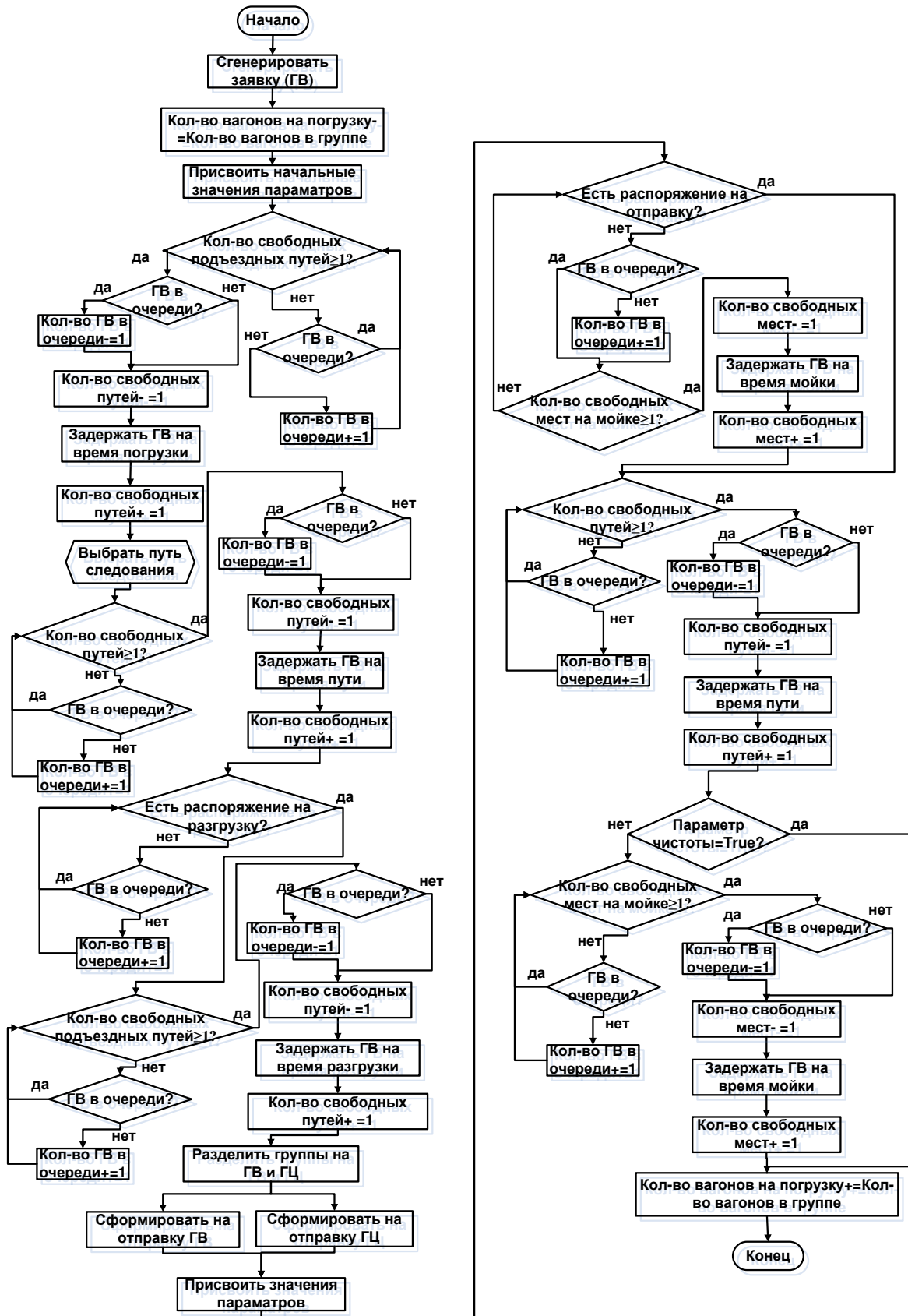


Рис. 7.7. Выборка ГВ на мойку

## 7.2. Алгоритм работы ИМ системы диспетчеризации перевозок



ис. 7.8. Алгоритм работы ИМ системы диспетчеризации перевозок



### **7.3. Сценарий диалогового интерфейса**

Диалоговый интерфейс обеспечивает Модуль отображения состояния парка вагонов для АСУ ПС.

Модуль отображения для АСУ железнодорожных перевозок обладает следующими возможностями:

- 1) отображает карту (схему) железных дорог между станциями отправки и назначения грузов;
- 2) возможностью ввода пользователем информации по группам вагонов;
- 3) отображает местонахождения групп вагонов в произвольный момент времени;
- 4) отражает информацию по каждой группе вагонов, каждой станции. При наведении мыши на условные станции и вагоны на месте курсора открываются поля, в которых представлена имеющаяся информация об объекте;
- 5) обладает наглядностью, интуитивно понятным интерфейсом;
- 6) позволяет вовремя определить возможные критические ситуации на железных дорогах, а также ситуации, предшествующие критическим, когда перевозки могут выполняться некоторое время с теми же темпами, но требуют корректировки.

Таблицы по станциям имеют следующие поля:

- вагонов прибыло ;
- вагонов отправлено.

Таблицы по группам вагонов имеют следующие поля:

- номер;
- количество вагонов;
- тип вагонов;
- станция отправления;
- станция назначения;
- дата отправления;
- время в пути;
- пройденное расстояние;
- длина маршрута;
- состояние.

Внешний вид программы можно посмотреть на рис.

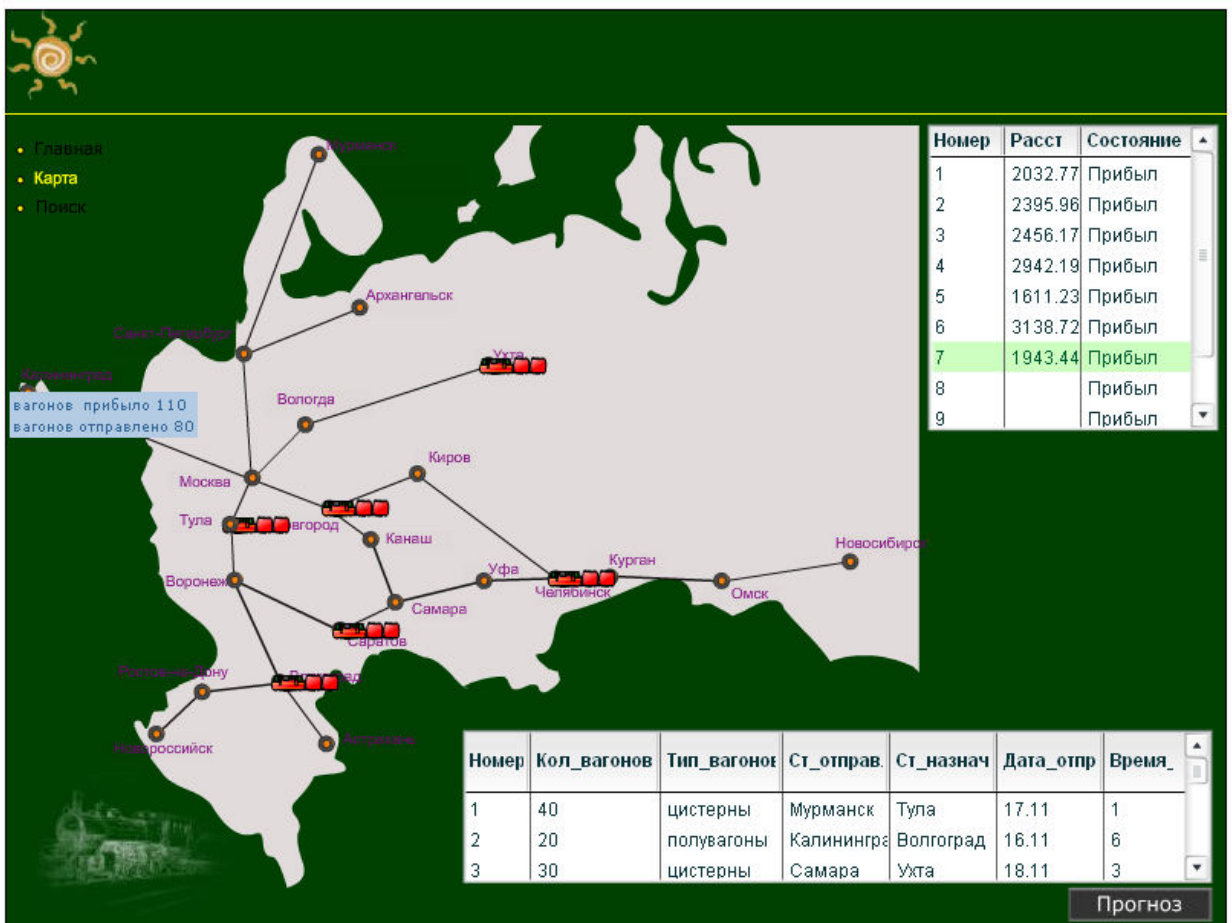
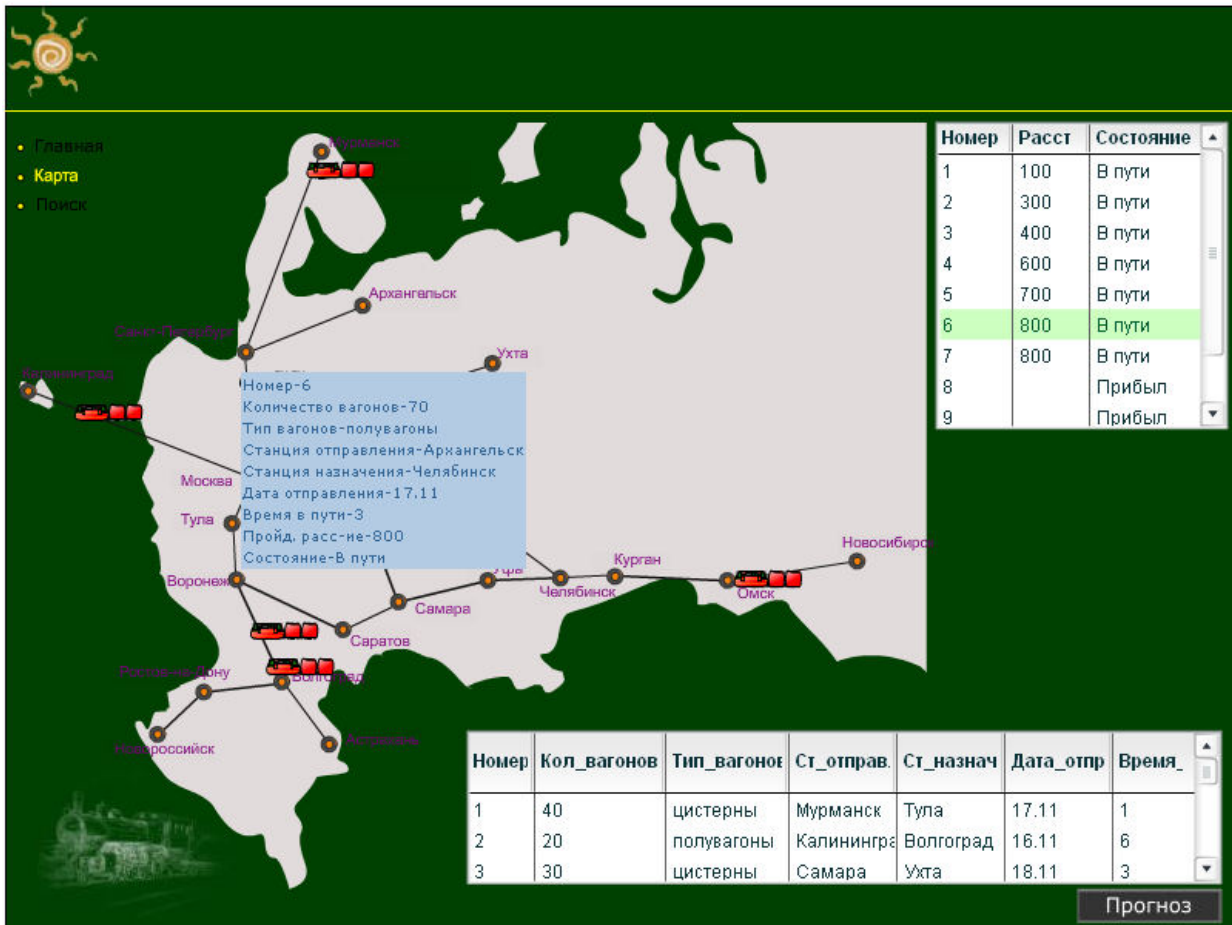


Рис. 7.9. Модуль отображения системы диспетчеризации перевозок

Данные для отображения Модуль отображения получает из Модуля имитационного моделирования на основе пакета AnyLogic, через файл обмена.

### 7.3.1. Последовательности работы пользователя

Для описания работы пользователя с Системы диспетчеризации перевозок воспользуемся диаграммой активности UML. Данная диаграмма – частный случай диаграммы состояний. Она позволяет реализовать в языке UML особенности процедурного и синхронного управления, обусловленного завершением внутренних действий и деятельности.

Для системы диспетчеризации диаграмма Activity представлена на Рис. 7.11 .

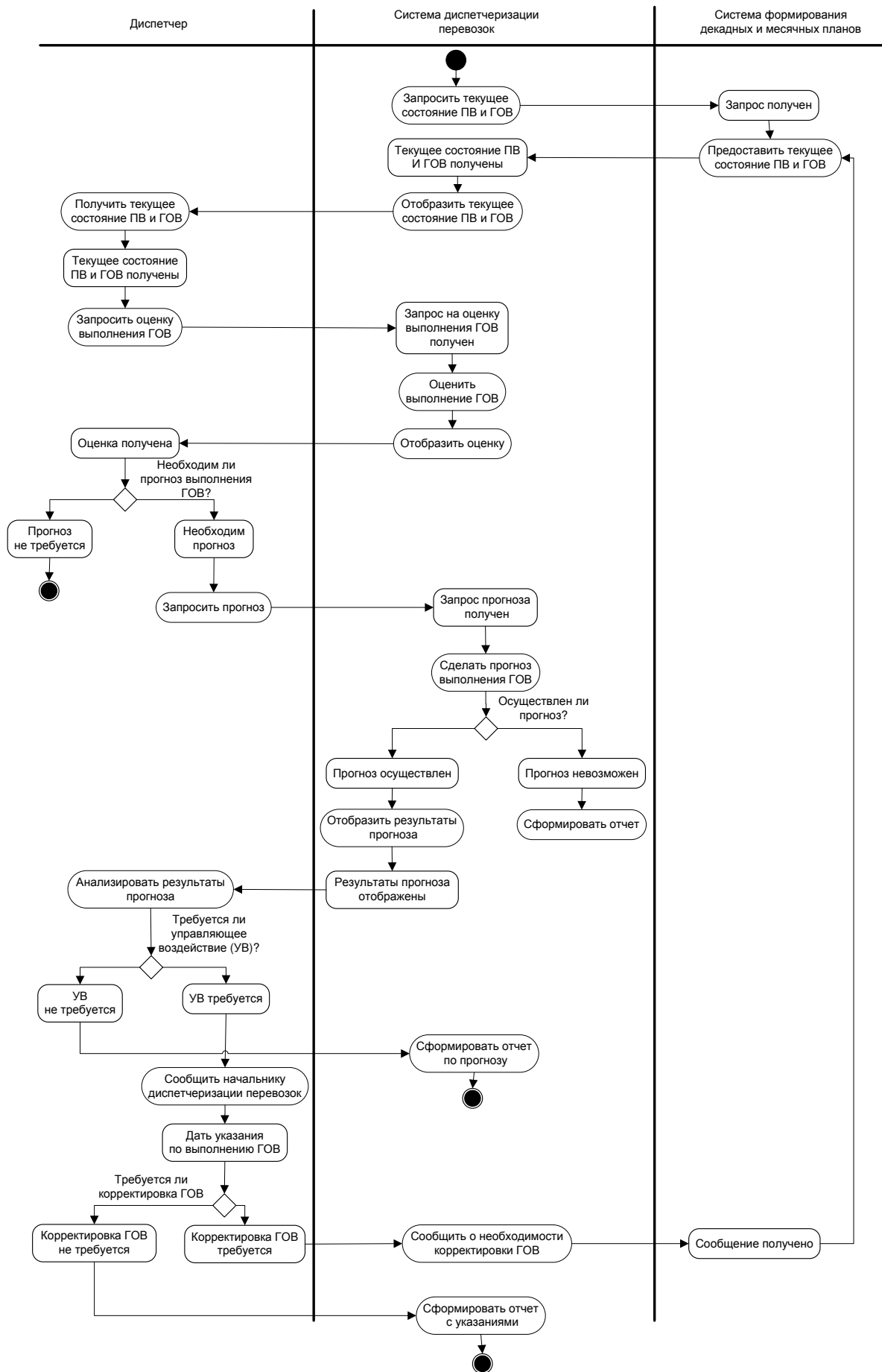


Рис. 7.10. Описание последовательности работы пользователя

## 8. РАБОЧЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

### 8.1. Окно кода среды имитационного моделирования

Как убедились ранее, AnyLogic позволяет создавать модели из базовых графических компонентов в режиме drag-and-drop. Поэтому простые модели могут быть готовы уже через несколько минут после начала их разработки. Однако разработка реально полезных моделей всегда требует использования в той или иной степени программного кода. Необходимость использования программного кода является свойством всех инструментов моделирования. В AnyLogic базовым языком, совмещенным со средой разработки моделей, является Java. В языке программирования используются данные и операции над ними. Данные в Java могут быть примитивными (базовыми, не структурными) и сложными, которые строятся из других типов данных. [5]

Окно кода выглядит следующим образом, см. Рис. 8.1.

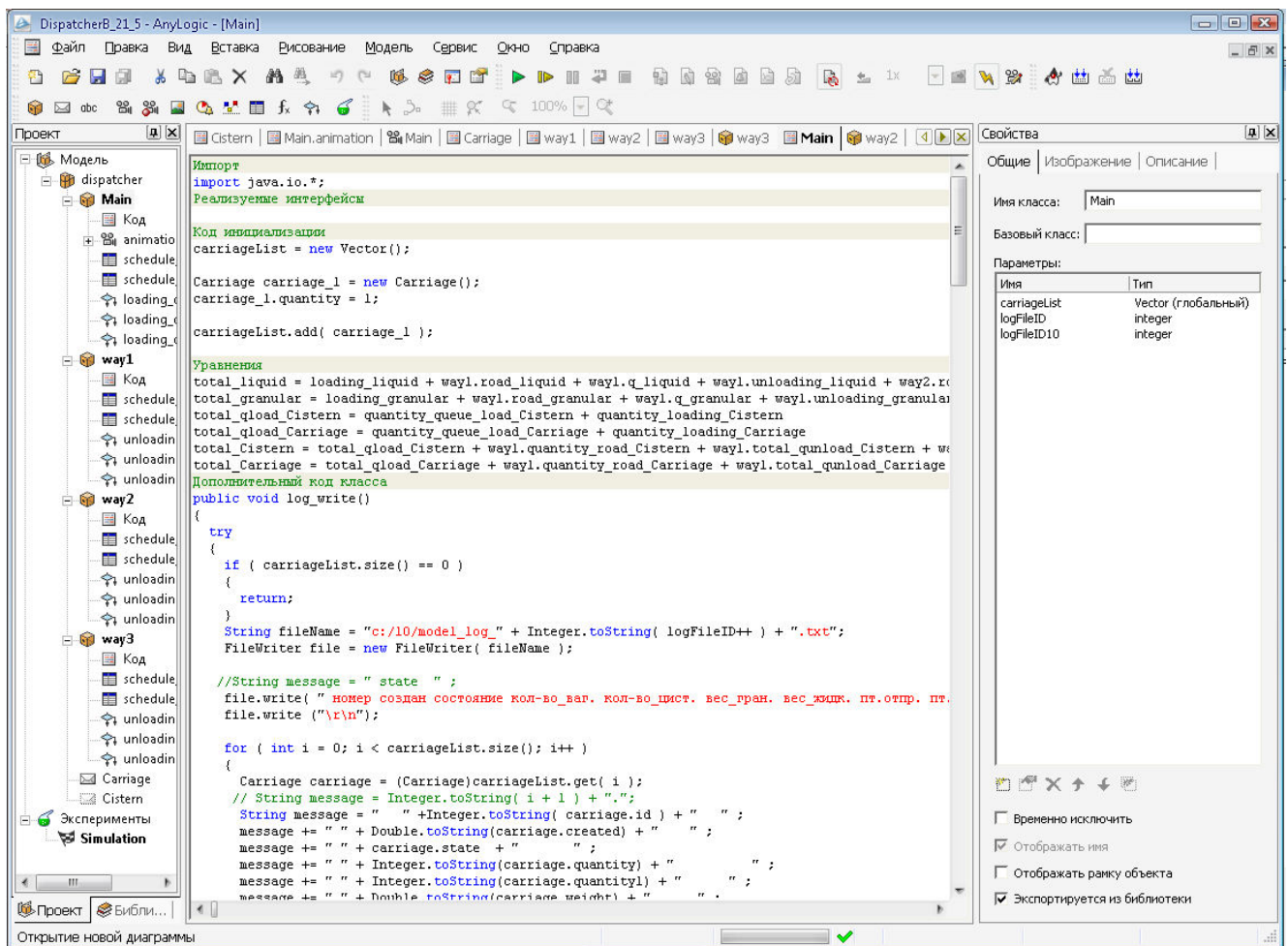


Рис. 8.1. Окно кода имитационной модели

## 8.2. Код программы ИМ «Системы диспетчеризации перевозок»

### 8.2.1. Работа с параметрами ГВ и ГЦ

Заявкой в ИМ системы диспетчеризации серы является группа вагонов (ГВ). Назовем ее

Имя:

Базовый класс:

Поля:

Тип	Имя	По умолч...
integer	id	0
integer	quantity	0
integer	quantity1	0
real	weight	0
real	weight1	0
integer	point	0
integer	destination	0
String	state	""
boolean	cleanness	true
real	date	0
real	length	0
real	time	0
real	distance	0
real	speed	0
integer	quantity2	0
integer	quantity3	0
real	created	0
real	arrival	0

Рис. 8.1. Параметры группы вагонов

created – время создания;

arrival – время прибытия.

Carriage. Класс Entity является базовым классом для всех сообщений (заявок), которые посылаются между активными объектами библиотеки Enterprise Library. У каждой ГВ есть список параметров, определенных типов. В среде ИМ AnyLogic они задаются следующим образом.

См. Рис. 8.2. Рассмотрим их:

id – номер группы;

quantity и quantity1 – количество вагонов и цистерн;

weight и weight1 – масса гранулированной и жидкой серы;

point – станция отправления;

destination – пункт назначения;

state – состояние;

cleanness – чистота вагонов (цистерн);

date – время отправления;

length – длина пути;

time – время в пути;

distance – пройденное расстояние;

speed – скорость движения;

quantity2 и quantity3 – рабочие параметры (используются при формировании группы на отправку обратно);

Для присваивания значения этим параметрам используется встроенный язык Java. Присваивание параметров впервые происходит в блоке генерации заявок Source, как функция выполняемая на выходе из блока. И выглядит следующим образом:

OnExit:

```

((Carriage)entity).created=getTime(); ((Carriage)entity).quantity=44;
((Carriage)entity).quantity1=0; ((Carriage)entity).weight=((Carriage)entity).quantity*68;
((Carriage)entity).weight1=((Carriage)entity).quantity1*50; ((Carriage)entity).cleanness=true;
((Carriage)entity).destination=1; ((Carriage)entity).point=10;((Carriage)entity).speed=500;
((Carriage)entity).id=N; N+=1; CarriageList.add((Carriage)entity);

```

Все данные о существующих группах заносятся в базу CarriageList, в данной модели реализуется как вектор carriageList = new Vector().

При работе модели ГВ перемещаются по блокам, и в каждом из них происходит изменение параметров. Эти изменения в модели описаны подобным образом, как и при первом присваивании.

### 8.2.2. Работа с характеристиками станций

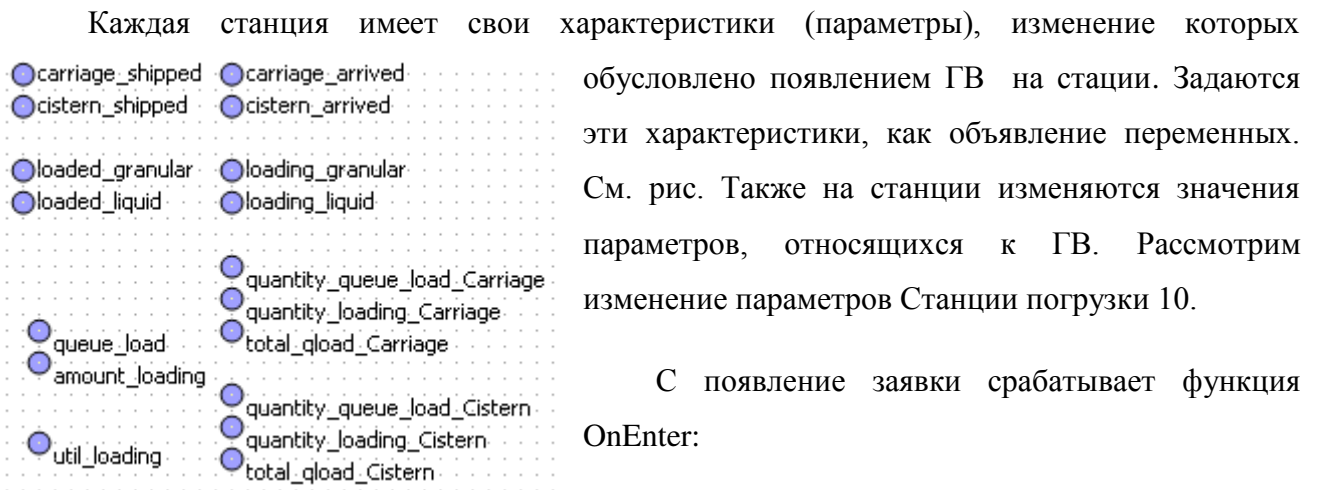


Рис. 8.2. Характеристики станции

```

quantity_queue_load_Carriage+=((Carriage)entity).quantity; // увеличение количества вагонов в
очереди на погрузку на величину, равную количеству вагонов в ГВ, прибывшей на погрузку;
quantity_queue_load_Cistern+=((Carriage)entity).quantity1; // увеличение количества цистерн в
очереди на погрузку на величину, равную количеству цистерн в ГЦ, прибывшей на погрузку;
((Carriage)entity).state="wait_loading"; // присваивание заявке значения параметра
«состояние»: «ждет погрузки»;
if (total_to_load > ((Carriage)entity).quantity) // проверка условия: есть ли на станции
достаточное количество свободных вагонов для погрузки;
    { total_to_load-=((Carriage)entity).quantity;} // если есть, то их количество уменьшить
на величину новой ГВ;
total_to_load-=0; // иначе сгенерировать новые, а из существующее количество не
уменьшать;

```



// то же с цистернами:

```
if (total_to_load_Cistern > ((Carriage)entity).quantity1)
    { total_to_load_Cistern-=((Carriage)entity).quantity1;}
total_to_load_Cistern-=0;
```

С удаление заявки из очереди и помещении на погрузку срабатывает функция OnEnterDelay:

```
quantity_loading_Carriage+=((Carriage)entity).quantity; // увеличение количества загружаемых вагонов на величину равную количеству вагонов в загружаемой ГВ;
quantity_queue_load_Carriage-=((Carriage)entity).quantity; // уменьшение количества ждущих погрузки вагонов на величину равную количеству вагонов в загружаемой ГВ;
quantity_loading_Cistern+=((Carriage)entity).quantity1; // увеличение количества загружаемых цистерн на величину равную количеству цистерн в загружаемой ГЦ;
quantity_queue_load_Cistern-=((Carriage)entity).quantity1; // уменьшение количества ждущих погрузки цистерн на величину равную количеству цистерн в загружаемой ГЦ;
loading_granular+=((Carriage)entity).weight; // увеличение массы загружаемой гранулированной серы на величину, равную массе серы в ГВ;
loading_liquid+=((Carriage)entity).weight1; // увеличение массы загружаемой жидкой серы на величину, равную массе серы в ГВ;
((Carriage)entity).state="loading"; // присваивание параметру ГВ «состояние » значения «погрузка»;
((Carriage)entity).cleanness=false; // присваивание параметру ГВ «чистота » значения «ложь».
```

С удаление заявки из блока погрузки срабатывает функция OnExit:

```
quantity_loading_Carriage-=((Carriage)entity).quantity; // уменьшение количества загружаемых вагонов на величину равную количеству вагонов ГВ, вышедшей из блока;
quantity_loading_Cistern-=((Carriage)entity).quantity1; // уменьшение количества загружаемых цистерн на величину равную количеству цистерн ГЦ, вышедшей из блока;
loading_granular-=((Carriage)entity).weight; // уменьшение массы загружаемой гранулированной серы на величину, равную массе серы в ГВ, вышедшей из блока;
loading_liquid-=((Carriage)entity).weight1; // уменьшение массы загружаемой жидкой серы на величину, равную массе серы в ГВ, вышедшей из блока;

loaded_granular+=((Carriage)entity).weight; // увеличение массы загруженной гранулированной серы на величину, равную массе серы в ГВ, вышедшей из блока;
```

```
loaded_liquid+=((Carriage)entity).weight1; // увеличение массы загруженной жидкой серы на  
величину, равную массе серы в ГВ, вышедшей из блока;
```

```
carriage_shipped+=((Carriage)entity).quantity; // увеличение отправленных вагонов (обнуляется  
каждые сутки по таймеру) на величину, равную количеству вагонов ГВ, вышедшей из блока;
```

```
cistern_shipped+=((Carriage)entity).quantity1; // увеличение отправленных цистерн (обнуляется  
каждые сутки по таймеру) на величину, равную количеству цистерн ГВ, вышедшей из блока.
```

На остальных станциях и блоках изменения описываются подобным образом, согласно логике работы системы.

Кроме того, в модели вызываются функции, написанные на Java, для работы с заявками по блоками и работе блоков. Например, в блоке погрузки на входе: задается алгоритмическая функция с именем `loading_onEnter()`, тип функции: `void`, тело функции:

```
queue_load=loading.sizeQ(); // количество ГВ, ожидающих погрузку;
```

```
util_loading=loading.getStatsUtilization().mean(); // загрузка погрузки;
```

### 8.2.3. Запись данных в файл

Чтобы получать информацию каждые сутки из ИМ системы диспетчеризации перевозок в удобном для диспетчера виде, будем записывать ее по таймеру в текстовый файл. Для этого заводим циклический таймер, в котором будет вызываться функция записи в файл `log_write()` - для данных о загружаемых и загруженных ГВ и ГЦ, `log1_write()`, `log2_write()`, `log3_write()` – для данных о пустых вагонах и `log10_write()` - для данных по станциям; каждые сутки. Функции написаны на языке Java в дополнительном коде класса. Приведем пример `log_write()` и `log10_write()`.

```
public void log_write()

{
    try
    {
        if ( carriageList.size() == 0 )
        {
            return;
        }
        String fileName = "c:/10/model_log_" + Integer.toString( logFileID++ ) + ".txt";
        FileWriter file = new FileWriter( fileName );

        //String message = " state " ;

        file.write( " номер создан состояние кол-во_ваг. кол-во_цист. вес_гран. вес_жидк.
пт.отпр. пт.назнач. вр.отпр. дл.пути скорость вр.пути пройд.раст. прибытие
чист." );

        file.write ("\r\n");

        for ( int i = 0; i < carriageList.size(); i++ )
        {
            Carriage carriage = (Carriage)carriageList.get( i );
            // String message = Integer.toString( i + 1 ) + ".";
            String message = " " +Integer.toString( carriage.id ) + " ";
            message += " " + Double.toString(carriage.created) + " " ;
        }
    }
}
```

```

message += " " + carriage.state + " ";
message += " " + Integer.toString(carriage.quantity) + " ";
message += " " + Integer.toString(carriage.quantity1) + " ";
message += " " + Double.toString(carriage.weight) + " ";
message += " " + Double.toString(carriage.weight1) + " ";
message += " " + Integer.toString(carriage.point) + " ";
message += " " + Integer.toString(carriage.destination) + " ";
message += " " + Double.toString(carriage.date);
message += " " + Double.toString(carriage.length) + " ";
message += " " + Double.toString(carriage.speed) + " ";
message += " " + Double.toString(carriage.time) + " ";
message += " " + Double.toString(carriage.distance);
message += " " + Double.toString(carriage.arrival) + " ";
message += " " + Boolean.toString(carriage.cleanness);

message += "\r\n";
file.write( message );
}
file.close();

}
catch ( IOException e )
{
}
}

public void log10_write()
{
try
{
String fileName = "c:\\110\\model_log10_" + Integer.toString( logFileID10++ ) + ".txt";

```

```

FileWriter file = new FileWriter( fileName );

file.write( " Станция погрузки 10");

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во вагонов прибыло = " + Integer.toString(carriage_arrived));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во цистерн прибыло = " + Integer.toString(cistern_arrived));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во вагонов отправлено = " + Integer.toString(carriage_shipped));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во цистерн отправлено = " + Integer.toString(cistern_shipped));

file.write( "\r\n");

file.write( "      кол-во      вагонов      ждет      погрузку      =      "      +
Integer.toString(quantity_queue_load_Carriage));

file.write( "\r\n");

file.write("      кол-во      вагонов      загружается      =      "      +
Integer.toString(quantity_loading_Carriage));

file.write( "\r\n");

file.write("      кол-во      цистерн      ждет      погрузку      =      "      +
Integer.toString(quantity_queue_load_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во цистерн загружается = " + Integer.toString(quantity_loading_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во вагонов в мойке = " + Integer.toString(quantity_flushing_Carriage1));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во цистерн в мойке = " + Integer.toString(quantity_flushing_Cistern1));

file.write( "\r\n");

file.write( "\r\n");

file.write( " Станция разгрузки 1 ");

file.write( "\r\n");

```

```

file.write( " кол-во вагонов прибыло = " + Integer.toString(way1.carriage_arrived));
file.write( "\r\n");
file.write( " кол-во цистерн прибыло = " + Integer.toString(way1.cistern_arrived));
file.write( "\r\n");
file.write( " кол-во вагонов отправлено = " + Integer.toString(way1.carriage_shipped));
file.write( "\r\n");
file.write( " кол-во цистерн отправлено = " + Integer.toString(way1.cistern_shipped));
file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во вагонов ждет распоряжения на разгрузку = " +
Integer.toString(way1.q_contract));
file.write( "\r\n");
file.write( " кол-во вагонов ждет разгрузку = " +
Integer.toString(way1.quantity_queue_unload_Carriage));
file.write( "\r\n");
file.write(" кол-во вагонов разгружается = " +
Integer.toString(way1.quantity_unloading_Carriage));
file.write( "\r\n");
file.write( " кол-во цистерн ждет распоряжения на разгрузку = " +
Integer.toString(way1.q_contract_Cistern));
file.write( "\r\n");
file.write(" кол-во цистерн ждет разгрузку = " +
Integer.toString(way1.quantity_queue_unload_Cistern));
file.write( "\r\n");
file.write(" кол-во цистерн разгружается = " +
Integer.toString(way1.quantity_unloading_Cistern));
file.write( "\r\n");
file.write(" кол-во вагонов, группирующихся на отпр. = " +
Integer.toString(way1.quantity_grouping_Carriage));
file.write( "\r\n");
file.write(" кол-во цистерн, группирующихся на отпр. = " +
Integer.toString(way1.quantity_grouping_Cistern));
file.write( "\r\n");

```

```

file.write(" кол-во вагонов, сгруппированных на отпр. = " +
Integer.toString(way1.quantity_unloaded_Carriage));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во цистерн, сгруппированных на отпр. = " +
Integer.toString(way1.quantity_unloaded_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во вагонов в мойке = " +
Integer.toString(way1.quantity_flushing_Carriage));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во цистерн в мойке = " +
Integer.toString(way1.quantity_flushing_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write( "\r\n");

file.write( " Станция разгрузки 2 ");

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во вагонов прибыло = " + Integer.toString(way2.carriage_arrived));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во цистерн прибыло = " + Integer.toString(way2.cistern_arrived));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во вагонов отправлено = " + Integer.toString(way2.carriage_shipped));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во цистерн отправлено = " + Integer.toString(way2.cistern_shipped));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во вагонов ждет распоряжения на разгрузку = " +
Integer.toString(way2.q_contract));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во вагонов ждет разгрузку = " +
Integer.toString(way2.quantity_queue_unload_Carriage));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во вагонов разгружается = " +
Integer.toString(way2.quantity_unloading_Carriage));

```

```

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во цистерн ждет распоряжения на разгрузку = " +
Integer.toString(way2.q_contract_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во цистерн ждет разгрузку = " +
Integer.toString(way2.quantity_queue_unload_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во цистерн разгружается = " +
Integer.toString(way2.quantity_unloading_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во вагонов, группирующихся на отпр. = " +
Integer.toString(way2.quantity_grouping_Carriage));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во цистерн, группирующихся на отпр. = " +
Integer.toString(way2.quantity_grouping_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во вагонов, сгруппированных на отпр. = " +
Integer.toString(way2.quantity_unloaded_Carriage));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во цистерн, сгруппированных на отпр. = " +
Integer.toString(way2.quantity_unloaded_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во вагонов в мойке = " +
Integer.toString(way2.quantity_flushing_Carriage));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во цистерн в мойке = " +
Integer.toString(way2.quantity_flushing_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write( "\r\n");

file.write( " Станция разгрузки 3 ");

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во вагонов прибыло = " + Integer.toString(way3.carriage_arrived));

```



```

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во цистерн прибыло = " + Integer.toString(way3.cistern_arrived));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во вагонов отправлено = " + Integer.toString(way3.carriage_shipped));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во цистерн отправлено = " + Integer.toString(way3.cistern_shipped));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во вагонов ждет распоряжения на разгрузку = " +
Integer.toString(way3.q_contract));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во вагонов ждет разгрузку = " +
Integer.toString(way3.quantity_queue_unload_Carriage));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во вагонов разгружается = " +
Integer.toString(way3.quantity_unloading_Carriage));

file.write( "\r\n");

file.write( " кол-во цистерн ждет распоряжения на разгрузку = " +
Integer.toString(way3.q_contract_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во цистерн ждет разгрузку = " +
Integer.toString(way3.quantity_queue_unload_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во цистерн разгружается = " +
Integer.toString(way3.quantity_unloading_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во вагонов, группирующихся на отпр. = " +
Integer.toString(way3.quantity_grouping_Carriage));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во цистерн, группирующихся на отпр. = " +
Integer.toString(way3.quantity_grouping_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write(" кол-во вагонов, сгруппированных на отпр. = " +
Integer.toString(way3.quantity_unloaded_Carriage));

```

```

file.write( "\r\n");

file.write("    кол-во цистерн, сгруппированных на отпр.    =    "    +
Integer.toString(way3.quantity_unloaded_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write("    кол-во вагонов в мойке    =    "    +
Integer.toString(way3.quantity_flushing_Carriage));

file.write( "\r\n");

file.write("    кол-во цистерн в мойке    =    "    +
Integer.toString(way3.quantity_flushing_Cistern));

file.write( "\r\n");

file.write( "\r\n");

file.close();
}

catch ( IOException e ) { }

carriage_arrived=0;

cistern_arrived=0;

carriage_shipped=0;

cistern_shipped=0;

way1.carriage_arrived=0;

way1.cistern_arrived=0;

way1.carriage_shipped=0;

way1.cistern_shipped=0;

way2.carriage_arrived=0;

way2.cistern_arrived=0;

way2.carriage_shipped=0;

way2.cistern_shipped=0;

way3.carriage_arrived=0;

way3.cistern_arrived=0;

way3.carriage_shipped=0;

way3.cistern_shipped=0;

}

```

## 9. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

### 9.1. Проведение экспериментов

#### 9.1.1. Тестовый пример

В качестве тестового примера рассмотрим следующий.

Исходные данные:

2 завода, производящих жидкую и гранулированную серу каждый (станция погрузки 1, станция погрузки 2);

5 потребителей (станция разгрузки 1, станция разгрузки 2, станция разгрузки 3, станция разгрузки 4, станция разгрузки 5). См. Рис. 9.1

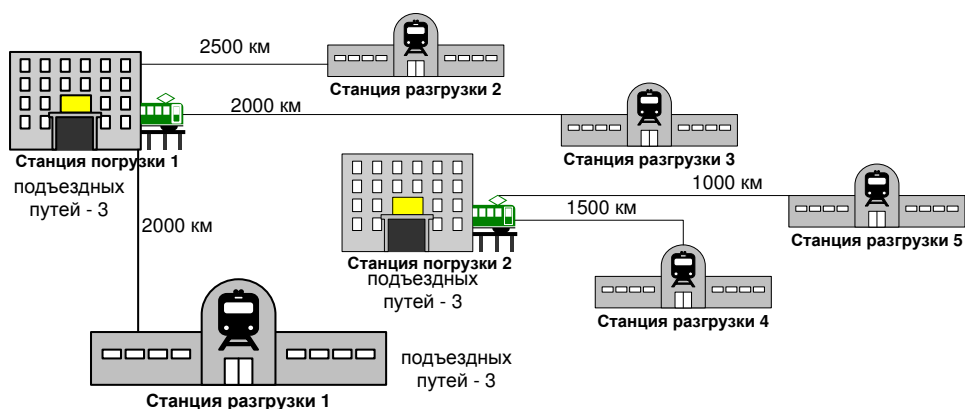


Рис. 9.1. Станции загрузки и разгрузки

1. Поступила заявка от Клиента 1 на 40000 тонн гранулированной серы к 30-му числу месяца. См. Таблица 9.1. Для остальных станций рассмотрим такие же заказы и заказы на жидкую серу. Со своим графиком погрузки – разгрузки. Но для анализа используем только станцию разгрузки 1 и только для вагонов.

Таблица 9.1. Заявка клиента

Пункт отправления серы	Пункт назначения серы	Тип груза	Вес груза, (т)	Кол-во вагонов (шт)	Дата отправления груза (число календаря)
Станция погрузки 1	Станция разгрузки 1	Гран.	40000	600	01.01-30.01

2. Сформирован план перевозки серы на станцию разгрузки 1. Станция разгрузки 1 находится на расстоянии 2000 км от станции погрузки 1. См. Рис. 9.2.

План перевозки на станцию разгрузки 1

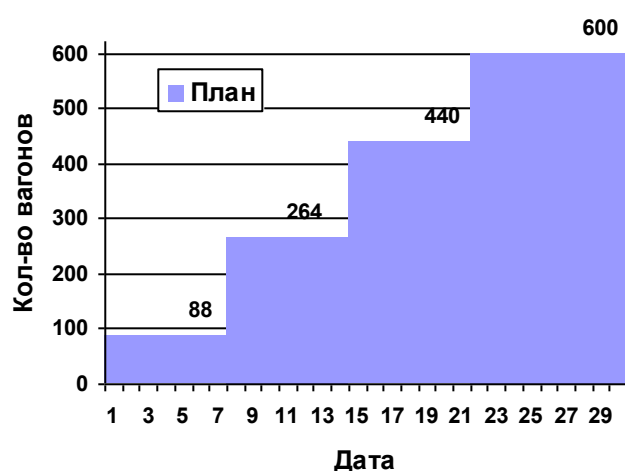


Рис. 9.2. План перевозки гранулированной серы

3. Составлено расписание ГОВ согласно плану. См. Таблица 9.2.

Таблица 9.2. График отправки вагонов и цистерн

№ п/п группы вагонов	Пункт отправления серы	Пункт назначения серы	Вес груза (т)	Тип груза (жидкая, гранулированная сера)	Кол-во вагонов (шт.)	Тип доставки и (маршрутом, россыпью)	Скорость доставки (обычная, срочная)	Дата отправки груза (число календаря)	Текущая дислокация
1	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2992	Гран.	44	Маршр.	500	01.01	
2	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2992	Гран.	44	Маршр.	500	01.01	
3	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2992	Гран.	44	Маршр.	500	02.01	
4	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2992	Гран.	44	Маршр.	500	02.01	
5	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2992	Гран.	44	Маршр.	500	03.01	
6	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2992	Гран.	44	Маршр.	500	03.01	
7	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2992	Гран.	44	Маршр.	500	06.01	
8	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2992	Гран.	44	Маршр.	500	06.01	
9	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2992	Гран.	44	Маршр.	500	07.01	
10	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2992	Гран.	44	Маршр.	500	07.01	
11	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	07.01	

12	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	07.01	
13	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	08.01	
14	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	08.01	
15	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	08.01	
16	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	08.01	
17	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2992	Гран.	44	Маршр.	500	10.01	
18	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2992	Гран.	44	Маршр.	500	10.01	
19	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2992	Гран.	44	Маршр.	500	11.01	
20	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2992	Гран.	44	Маршр.	500	11.01	
21	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2992	Гран.	44	Маршр.	500	12.01	
22	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2992	Гран.	44	Маршр.	500	12.01	
23	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2992	Гран.	44	Маршр.	500	13.01	
24	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2992	Гран.	44	Маршр.	500	13.01	
25	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2992	Гран.	44	Маршр.	500	13.01	
26	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2992	Гран.	44	Маршр.	500	13.01	
27	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2992	Гран.	44	Маршр.	500	14.01	
28	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2992	Гран.	44	Маршр.	500	14.01	
29	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	14.01	
30	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	14.01	
31	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	15.01	
32	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	15.01	
33	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	15.01	
34	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	15.01	
35	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2720	Гран.	40	Рос.	330	16.01	
36	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2720	Гран.	40	Рос.	330	16.01	
37	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2992	Гран.	44	Маршр.	500	17.01	
38	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2992	Гран.	44	Маршр.	500	17.01	
39	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2992	Гран.	44	Маршр.	500	18.01	
40	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2992	Гран.	44	Маршр.	500	18.01	
41	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2992	Гран.	44	Маршр.	500	19.01	
42	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2992	Гран.	44	Маршр.	500	19.01	
43	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2992	Гран.	44	Маршр.	500	20.01	
44	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2992	Гран.	44	Маршр.	500	20.01	
45	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2720	Гран.	40	Рос.	330	20.01	

46	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	2720	Гран.	40	Рос.	330	20.01	
47	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	21.01	
48	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	21.01	
49	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	21.01	
50	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	21.01	
51	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	22.01	
52	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	22.01	
53	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2720	Гран.	40	Рос.	330	24.01	
54	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2720	Гран.	40	Рос.	330	24.01	
55	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2720	Гран.	40	Рос.	330	25.01	
56	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	2720	Гран.	40	Рос.	330	25.01	
57	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2720	Гран.	40	Рос.	330	26.01	
58	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2720	Гран.	40	Рос.	330	26.01	
59	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2720	Гран.	40	Рос.	330	27.01	
60	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	2720	Гран.	40	Рос.	330	27.01	
61	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	28.01	
62	Ст. погр.1	Ст. разгр.1	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	28.01	
63	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	28.01	
64	Ст. погр.1	Ст. разгр.2	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	28.01	
65	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	28.01	
66	Ст. погр.1	Ст. разгр.3	3000	Жидк.	60	Маршр.	500	28.01	

4. Необходимо промоделировать, выполнится ли план. Промоделировано выполнение плана по заданному расписанию при различных значениях времен. См. Рис. 9.3. План выполняется.

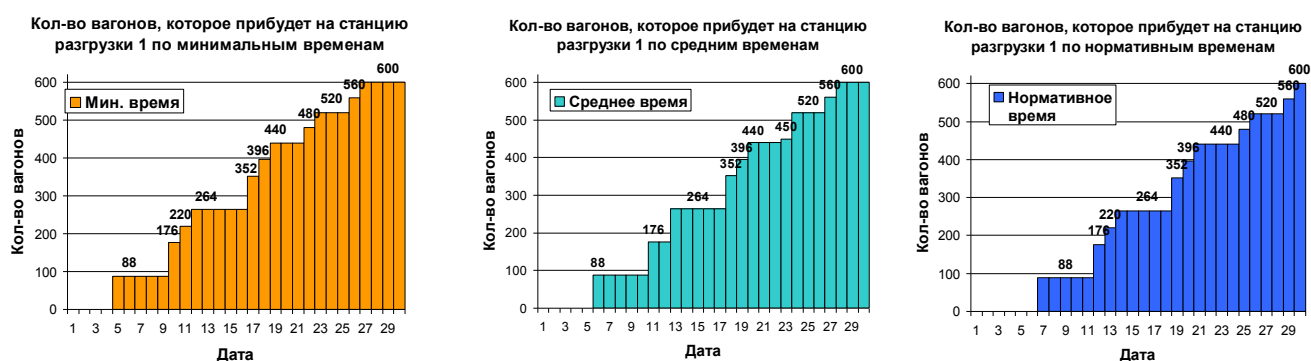


Рис. 9.3. Результаты моделирования выполнения плана

Значения времен.

Минимальное:

Время погрузки – 12 часов;

Время в пути на каждом участке -  $\frac{((\text{Carriage})\text{entity}).\text{length}}{((\text{Carriage})\text{entity}).\text{speed}}/10$ ;

Среднее:

Время погрузки – 14,5 часов;

Время в пути на каждом участке -

$\frac{((\text{Carriage})\text{entity}).\text{length}}{((\text{Carriage})\text{entity}).\text{speed}}/10 + 0.2 * \frac{((\text{Carriage})\text{entity}).\text{length}}{((\text{Carriage})\text{entity}).\text{speed}}/10$ ;

Нормативное:

Время погрузки – 17 часов;

Время в пути на каждом участке -

$\frac{((\text{Carriage})\text{entity}).\text{length}}{((\text{Carriage})\text{entity}).\text{speed}}/10 + 0.4 * \frac{((\text{Carriage})\text{entity}).\text{length}}{((\text{Carriage})\text{entity}).\text{speed}}/10$ ;

5. Поступило сообщение, что на 1м участке пути произошла поломка путей и необходим объезд, занимающий время. Дополнительное время 15 часов. Промоделировали с изменениями. См. Рис. 9.4. План не выполняется.

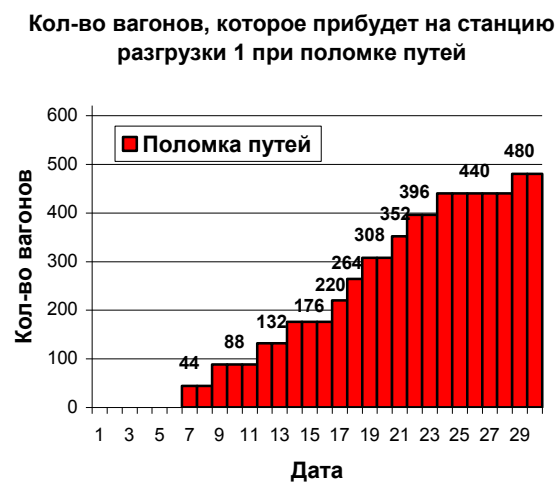


Рис. 9.4. Результаты моделирования выполнения плана при неисправности путей

6. Диспетчером принято решение об увеличении скорости поездов. Промоделирована работа системы при увеличенных скоростях. Рис. 9.5. План выполним.

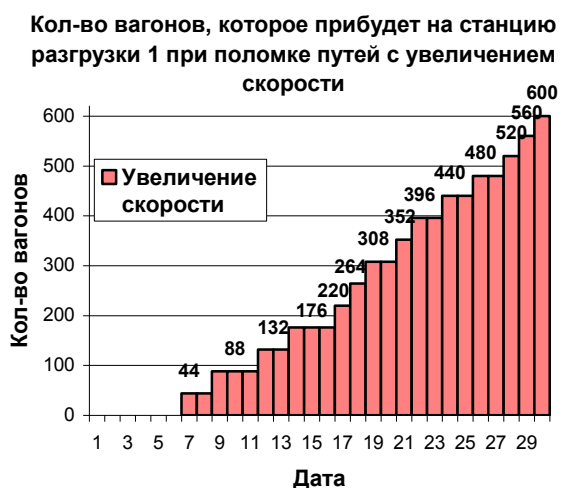


Рис. 9.5. Результаты моделирования выполнения плана при неисправности путей и увеличении скорости движения ГВ

7. Подана заявка в РЖД об увеличении скоростей для групп вагонов 35, 36, 45, 46 330 км/сут до 500 км/сут. Требуются дополнительные затраты.

### 9.1.2. Решения, которые может принимать диспетчер в случае критичного невыполнения плана

Задачей диспетчера является выполнение плана перевозок. Но возникают такие ситуации в которых происходят отклонения от плана. И тогда диспетчер должен оценить критичность отклонения от плана в целом. Если план в целом отклоняется значительно. То диспетчер принимает следующие решения, чтобы исключить невыполнение плана.

1. Увеличение скорости движения групп вагонов, подавая дополнительную заявку. При увеличении скорости движения группы вагонов перевозка становится в 1,5 раза дороже.
2. Если станция разгрузки (погрузки) работает не на пределе, есть возможность увеличить мощность станции.
3. Если нет порожних вагонов, то переместить порожние вагоны из одной станции в другую. Дополнительные затраты.
4. Если проблема с заводом, то направить груз на станцию получателя с другого завода. Дополнительные затраты.
5. Если план срывается даже после данных изменений, то необходима корректировка ГОВ.



## 10.ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В организационно-экономической части дипломного проекта рассмотрим вопрос экономических затрат новых технологий. То есть проведем расчет затрат на «Систему диспетчеризации перевозок серы».

Разработка программного модуля системы диспетчеризации перевозок непосредственно для системы данного конкретного предприятия, дает ей преимущество перед другими системами с позиции наибольшего удовлетворения функциональных требований.

Для расчета затрат необходимо провести расчет трудоемкости работы, себестоимости и цены разработки данного модуля системы на данном предприятии с целью получения наиболее общей картины о разрабатываемой системе.

Организация и планирование процесса разработки ПП предусматривает выполнение следующих работ:

- формирование состава выполняемых работ и группировка их по этапам разработки;
- расчет трудоемкости выполнения работ;
- установление профессионального состава и расчет количества исполнителей;
- определение продолжительности выполнения отдельных этапов разработки;

Трудоемкость разработки ПП зависит от ряда факторов, основными из которых являются следующие:

степень новизны разрабатываемого программного продукта;

сложность алгоритма его функционирования;

объем используемой информации;

вид представления и способ обработки информации;

уровень используемого алгоритмического языка программирования.

Рассмотрим эти факторы более подробно и с их учетом порядок и особенности определения трудоемкости разработки ПП.

Необходимо рассчитать стоимость модуля прогноза и подготовки плана мероприятий для системы диспетчеризации перевозок серы для «Газпромтранс»

По степени новизны разрабатываемого ПП может быть отнесена к одной из четырех групп:

группа новизны А - разработка программных комплексов, требующих использования принципиально новых методов их создания;

группа новизны Б - разработка ПП не имеющей аналогов;  
 группа новизны В - разработка ПП, имеющей аналогии;  
 группа новизны Г - разработка ПП, основанной на привязке типовых проектных решений.  
 Поскольку для разрабатываемого модуля имеются аналоги, по степени новизны разрабатываемая программная продукция относится к группе В.

По степени сложности алгоритма функционирования ПП может быть отнесен к одной из трех групп:

- 1 группа сложности - ПП, реализующие оптимизационные и моделирующие алгоритмы;
- 2 группа сложности - ПП, реализующая учётно-статистические алгоритмы;
- 3 группа сложности - ПП, реализующая алгоритмы стандартных методов решения задач.

Разработанный программный модуль включает в себя имитационную модель, прогнозирующую состояние парка вагонов для увеличения объема перевозок, поэтому по степени сложности алгоритма функционирования программная продукция относится к группе 1.

Используемая информация может быть представлена в виде:

- переменной информации;
- нормативно-справочной информации;
- базы данных;

Используемая информация представлена в виде базы данных.

В зависимости от вида представленной исходной информации, способа ее контроля и структуры выходных документов различают следующие группы:

- группа 11 – исходная информация представлена в форме документов, имеющих различный формат и структуру. Требуется учитывать взаимовлияние показателей в различных документах;
- группа 12 – исходная информация представлена в форме документов, имеющих одинаковый формат и структуру. Требуется формальный контроль информации.
- группа 21 – требуется вывод на печать документов многоуровневой структуры.
- группа 22 – требуется вывод на печать одинаковых документов, вывод информационных массивов на машинные носители.

Исходная информация представлена в форме документов, имеющих одинаковый формат и структуру, – таблиц, поэтому относится к группе 12. Выходная информация представлена в виде баз данных, таблиц и графической информации. В базах данных представлены результаты функционирования системы диспетчеризации, прогнозирующие состояние парка вагонов для увеличения объема перевозок. В таблицах представлены результаты прогноза, а

также данные по состоянию, выдаваемые пользователю. Графики дают наглядное представление результатов прогноза, а также результатов применения мероприятий. Требуется вывод на печать документов многоуровневой структуры, поэтому по виду выходной информации ПП относится к группе 21.

Работы по созданию системы можно классифицировать следующим образом:

Постановка задачи (Бизнес-анализ объекта автоматизации).

Написание программного продукта на встроенном языке системы AnyLogic: Java (язык программирования данной системы относится к языкам высокого уровня, группе интерпретаторов и языковых описателей).

В разработке данной системы принимают участия специалисты двух категорий, на первом этапе – разработчик постановки задачи. Современное наименование разработчика постановки задач – бизнес-аналитик. На втором – разработчик программного обеспечения.

Длительность разработки программного продукта определена на основе нормативного метода определения трудоемкости, потому, что в настоящее время нет достаточно надежных критериев и расчетных зависимостей для определения трудоемкости процесса изготовления программных изделий. Используемые на практике методы нормирования основываются на экспертных оценках. Но можно применить и укрупненные методы расчета трудоемкости, которые обычно применяются для определения трудоемкости НИР. Наиболее распространен нормативно-статистический метод.

Расчет трудоемкости, себестоимости и цены разработки и внедрения системы диспетчеризации.

### **10.1. Расчет трудоемкости разработки программного продукта**

Все работы по разработке программного продукта можно разделить на следующие этапы:

Техническое задание.

Постановка задачи

Определение состава ПП

Согласование технического задания

Эскизный проект.

Согласование использования стандартных методов решения задачи

Предварительная разработка алгоритма решения задачи

Техно-рабочий проект проект.

- Выбор конфигурации технических средств
- Разработка структуры программы
- Согласование разработанной структуры программы
- Отладка программы
- Тестирование программы
- Оформление программного продукта
- Внедрение.
  - Подготовка программной документации
  - Отчет о проделанной работе и подготовка доклада

Трудоемкость разработки программной продукции  $\tau_{пп}$  может быть определена как сумма величин трудоемкости выполнения отдельных этапов разработки ПП из выражения:

$$\tau_{пп} = \tau_{тз} + \tau_{эп} + \tau_{тп} + \tau_{рп} + \tau_{в}, \quad (1)$$

где  $\tau_{тз}$  – трудоемкость разработки технического задания на создание ПП;

$\tau_{эп}$  - трудоемкость разработки эскизного проекта ПП;

$\tau_{тп}$  - трудоемкость разработки технического проекта ПП;

$\tau_{рп}$  - трудоемкость разработки рабочего проекта ПП;

$\tau_{в}$  – трудоемкость внедрения разработанного ПП.

### 10.1.1. Трудоемкость разработки технического задания

Рассчитывается по формуле:

$$\tau_{тз} = T_{пз}^3 + T_{пн}^3, \quad (2)$$

где  $T_{пз}^3$  - затраты времени бизнес-аналитика на этапе разработки ТЗ, чел.-дни;

$T_{пн}^3$  - затраты времени разработчика программного обеспечения на этапе разработки ТЗ, чел.-дни.

Значение величин  $T_{пз}^3$  и  $T_{пн}^3$  рассчитывают по формулам:

$$T_{пз}^3 = t_3 \cdot K_{пз}^3; \quad (3)$$

$$T_{пн}^3 = t_3 \cdot K_{пн}^3, \quad (4)$$

где  $t_3$  – норма времени разработки ТЗ на ПП в зависимости от функционального назначения и степени новизны разрабатываемого ПП, чел.-дни (Таблица 9.1);

$K_{pz}^3$  - коэффициент, учитывающий удельный вес трудоемкости работ, выполняемых бизнес-аналитиком на этапе разработки ТЗ. В случае совместной работы с разработчиком ПО  $K_{pz}^3=0,65$ , в случае самостоятельной работы ТЗ  $K_{pz}^3=1,0$ .

$K_{pn}^3$  - коэффициент, учитывающий удельный вес трудоемкости работ, выполняемых разработчиком программного обеспечения на этапе разработки ТЗ. В случае совместной работы с бизнес-аналитиком  $K_{pn}^3=0,35$ , в случае самостоятельной работы  $K_{pn}^3=1,0$ .

Таблица 9.1. Нормы времени на разработку ТЗ при создании ПП

Функциональное назначение	Группа новизны ПП			
	А	Б	В	Г
Техническая подготовка производства	64	47	31	22
Задачи расчетного характера	92	69	47	29

На этапе разработки ТЗ работы ведутся бизнес-аналитиком и разработчиком ПП совместно, поэтому  $K_{pz}^3$  и  $K_{pn}^3$  выбираются равным 0,65 и 0,35 соответственно. Поскольку задача, решаемая ПП, носит расчетный характер и относится к группе новизны В, норма времени на разработку ТЗ выбирается равной  $t_3=47$ .

$$T_{pz}^3 = 47 \cdot 0,65 = 30,55 \text{ чел.- дней}; \quad T_{pn}^3 = 47 \cdot 0,35 = 16,45 \text{ чел.- дней.}$$

$$\tau_{ТЗ} = 30,55 + 16,45 = 47 \text{ чел.- дня.}$$

### 10.1.2. Трудоемкость разработки эскизного проекта ПП

Рассчитывают по формуле:

$$\tau_{эн} = T_{pz}^э + T_{pn}^э, \quad (5)$$

где  $T_{pz}^э$  - затраты времени бизнес-аналитика на этапе разработки ЭП, чел.-дни;

$T_{pn}^э$  - затраты времени разработчика программного обеспечения на этапе разработки ЭП, чел.-дни.

Значение величин  $T_{pz}^э$  и  $T_{pn}^э$  рассчитывают по формулам:

$$T_{pz}^э = t_э \cdot K_{pz}^э; \quad (6)$$

$$T_{pn}^э = t_э \cdot K_{pn}^э, \quad (7)$$

где  $t_э$  – норма времени разработки ЭП на ПП в зависимости от функционального назначения и степени новизны, чел.-дни (Таблица 9.2);

$K_{pz}^3$  - коэффициент, учитывающий удельный вес трудоемкости работ, выполняемых бизнес-аналитиком на этапе разработки ЭП. В случае совместной работы с разработчиком ПО  $K_{pz}^3 = 0,7$ , в случае самостоятельной работы  $K_{pz}^3 = 1,0$ .

$K_{pn}^3$  - коэффициент, учитывающий удельный вес трудоемкости работ, выполняемых разработчиком программного обеспечения на этапе разработки ЭП. В случае совместной работы с бизнес-аналитиком  $K_{pn}^3 = 0,3$ , в случае самостоятельной работы  $K_{pn}^3 = 1,0$ .

Таблица 9.2. Нормы времени на разработку ЭП при создании ПП

Функциональное назначение	Группа новизны ПП			
	А	Б	В	Г
Техническая подготовка производства	157	99	67	44
Задачи расчетного характера	155	94	67	41

На этапе разработки ЭП работы ведутся бизнес-аналитиком и разработчиком программного обеспечения совместно, поэтому  $K_{pz}^3$  и  $K_{pn}^3$  выбираются равными 0,7 и 0,3 соответственно. Поскольку задача, решаемая ПП, носит расчетный характер и относится к группе новизны В, норма времени на разработку ЭП выбирается равной  $t_3 = 67$ .

$$T_{pz}^3 = 67 \cdot 0,7 = 46,9 \text{ чел.-дней}; T_{pn}^3 = 67 \cdot 0,3 = 20,1 \text{ чел.-дней.}$$

$$\tau_{\text{пп}} = 46,9 + 20,1 = 67 \text{ чел.-дней.}$$

### 10.1.3. Трудоемкость разработки ТП

Трудоемкость разработки ТП  $\tau_{\text{тп}}$  зависит от функционального назначения ПП, количества разновидностей форм входной и выходной информации и определяется как сумма времени, затраченного бизнес-аналитиком и разработчиком программного обеспечения, т.е.:

$$\tau_{\text{тп}} = (t_{pz}^T + t_{pn}^T) K_{\text{в}} \cdot K_{\text{р}}, \quad (8)$$

где  $t_{pz}^T$ ,  $t_{pn}^T$  - норма времени, затрачиваемого на разработку ТП бизнес-аналитиком и разработчиком программного обеспечения соответственно, чел.-дни (Таблица 9.3, Таблица 9.4);

$K_{\text{в}}$  – коэффициент учета вида используемой информации;

$K_{\text{р}}$  - коэффициент учета режима обработки информации (Таблица 9.5.).

Таблица 9.3. Нормы времени на выполнение работ при разработке ТП по управлению технической подготовкой производства

Количество разновидностей форм входной информации	Количество разновидностей форм выходной информации									
	1	2	3-4	5-6	7-9	1	2	3-4	5-6	7-9
	Нормы времени на работы, выполняемые									
	Бизнес-аналитиком					Разработчиком программного обеспечения				
1	34	43	51	58	66	12	13	14	16	17
2	46	57	67	78	87	18	21	22	24	25
3	54	67	80	92	103	23	26	28	30	32
4	61	75	89	103	116	27	29	33	36	38
5	66	83	98	113	127	31	34	37	40	43
6	72	89	106	122	137	33	37	41	44	47
7	76	95	113	130	146	37	41	44	47	51
8	81	100	119	137	154	39	44	48	52	55
9	85	105	125	143	162	42	47	52	56	59
10	88	110	130	150	169	44	49	54	58	62

Таблица 9.4. Нормы времени на выполнение работ при разработке ТП для задач расчетного характера

Группа сложности алгоритма	Степень новизны программной продукции							
	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г
	Нормы времени на работы, выполняемые							
	Бизнес-аналитиком				Разработчиком программного обеспечения			
1	119	89	57	36	90	64	43	27
2	40	30	21	13	36	27	19	12
3	32	23	14	9	27	19	12	8

Таблица 9.5. Значения коэффициента учета режима обработка информации ( $K_p$ )

Этап разработки ПП	Режим обработки информации	Группа новизны ПП			
		А	Б	В	Г
Технический проект	РВ	1,67	1,45	1,26	1,10
	ТОУ	1,75	1,52	1,36	1,15
Рабочий проект	РВ	1,75	1,52	1,32	1,15
	ТОУ	1,92	1,67	1,44	1,25
Внедрение	РВ	1,60	1,39	1,21	1,05
	ТОУ	1,67	1,45	1,26	1,10

Значение коэффициента  $K_B$  определяется из выражения:

$$K_B = \frac{K_{II} \cdot n_{II} + K_{HC} \cdot n_{HC} + K_B \cdot n_B}{n_{II} + n_{HC} + n_B}, \quad (9)$$

где  $K_{П}$ ,  $K_{НС}$ ,  $K_{Б}$  – значения коэффициентов учета вида используемой информации для переменной, нормативно-справочной информации и баз данных соответственно (Таблица 9.6.);

$n_{П}$ ,  $n_{НС}$ ,  $n_{Б}$  – количество наборов данных переменной, нормативно-справочной информации и баз данных соответственно.

Таблица 9.6. Значения коэффициентов учета вида используемой информации ( $K_{П}$ ,  $K_{НС}$ ,  $K_{Б}$ )

Вид используемой информации	Группа новизны ПП			
	А	Б	В	Г
Переменная информация	1,70	1,20	1,00	0,50
Нормативно-справочная информация	1,45	1,08	0,72	0,43
База данных	4,37	3,12	2,08	1,25

Т.к. группа сложности алгоритма – 1, а степень новизны программы - В, выбираем норму времени, затрачиваемого бизнес-аналитиком на этапе разработки ТП  $t_{pz}^T = 57$  чел.-дней,

а норму времени, затрачиваемого разработчиком программного обеспечения на этапе разработки ТП  $t_{pn}^T = 43$ , чел.-дней,

Учитывая то, что рассчитывается трудоемкость работ на этапе разработки технического проекта, режим обработки информации РВ, степень новизны программы – В, выбираем  $K_p = 1,26$ .

Количество наборов данных переменной информации = 0,

Количество наборов данных нормативно-справочной информации = 0,

Количество наборов данных баз данных = 12.

Учитывая также, что степень новизны программы – В, получается:

$$K_b = (1*0 + 0,72*0 + 2,08*12)/12 = 2,08$$

Таким образом,  $\tau_{тп} = (57 + 43) * 1,26 * 2,08 = 262$  чел.-дней.

#### 10.1.4. Трудоемкость разработки рабочего проекта

Трудоемкость разработки рабочего проекта  $\tau_{рп}$  зависит от функционального назначения ПП, количества разновидностей форм входной и выходной информации, сложности алгоритма функционирования, сложности контроля информации, степени



использования готовых программных модулей, уровня алгоритмического языка программирования и определяется по формуле:

$$\tau_{pn} = K_K \cdot K_P \cdot K_Y \cdot K_3 \cdot K_{ИА} \cdot (t_{pz}^B + t_{pn}^B), \quad (10)$$

где  $K_K$  – коэффициент учета сложности контроля информации (Таблица 9.7);

$K_Y$  – коэффициент учета уровня используемого алгоритмического языка программирования (Таблица 9.8);

$K_3$  – коэффициент учета степени использования готовых модулей (Таблица 9.9);

$K_{ИА}$  – коэффициент учета вида используемой информации и сложности алгоритма

ПП.

$K_c$  – коэффициент пересчета норм времени, затрачиваемого разработчиком программного обеспечения, в зависимости от его квалификации.

Таблица 9.7. Значение коэффициента учета сложности контроля информация ( $K_K$ )

Степень сложности контроля входной информации	Степень сложности контроля выходной информации	
	21	22
11	1,16	1,07
12	1,08	1,00

Таблица 9.8. Значения коэффициента учета уровня алгоритмического языка программирования ( $K_Y$ )

Уровень превалирующего алгоритмического языка программирования	Значение коэффициента ( $K_Y$ )
Интерпретаторы, языковые описатели	0,80
Алгоритмический язык высокого уровня (типа PL /I)	1,00
Алгоритмический язык низкого уровня (типа АССЕМБЛЕР)	1,15

Таблица 9.9. Значения коэффициента учета степени использования готовых программных модулей ( $K_3$ )

Степень использования готовых программных модулей (ТПР, ППП и т.п.)	Значение коэффициента ( $K_3$ )
Более 60 %	0,5
40 - 60 %	0,6
25 - 40%	0,7

20 - 25 %	0,8
-----------	-----

Значение алгоритма  $K_{ИА}$  определяется из выражения:

$$K_{ИА} = \frac{K'_{П}n_{П} + K'_{НС}n_{НС} + K'_{Б}n_{Б}}{n_{П} + n_{НС} + n_{Б}}, \quad (11)$$

где  $K'_{П}$ ,  $K'_{НС}$ ,  $K'_{Б}$  - значения коэффициентов учета сложности алгоритма ПП и вида используемой информации для переменной, нормативно-справочной информации и баз данных соответственно (Таблица 9.10),

$t_{рз}^p$ ,  $t_{рн}^p$  - норма времени, затраченного бизнес-аналитиком и разработчиком программного обеспечения на этапе разработки РП соответственно, чел.-дни (Таблица 9.10, Таблица 9.11, Таблица 9.12).

Таблица 9.10. Значения коэффициентов учета сложности алгоритма ПП и вида используемой информации ( $K_{П}$ ,  $K_{НС}$ ,  $K_{Б}$ .)

Вид используемой информации	Сложность алгоритма ПП	Группа новизны ПП			
		А	Б	В	Г
Переменная информация	1	2,27	1,62	1,20	0,65
	2	2,02	1,44	1,10	0,58
	3	1,68	1,20	1,00	0,48
Нормативно-справочная информация	1	1,36	0,97	0,65	0,40
	2	1,21	0,86	0,58	0,34
	3	1,01	0,72	0,48	0,29
База	1	1,14	0,81	0,54	0,32
	2	1,05	0,72	0,48	0,29
	3	0,85	0,60	0,40	0,24

Таблица 9.11. Нормы времени на выполнение работ при разработке РП по управлению технической подготовкой производства

Количество разновидностей форм Входной информации	Количество разновидностей форм выходной информации									
	1	2	3-4	5-6	7-9	1	2	3-4	5-6	7-9
	Нормы времени на работы, исполняемые									
	Бизнес-аналитик					Разработчиком программного обеспечения				
1	13	17	23	28	32	61	80	99	118	136
2	17	23	30	37	44	80	104	129	153	176
3	21	28	36	44	62	94	122	150	179	206
4	23	31	40	48	58	104	136	168	199	229

5	28	35	44	54	63	113	147	183	216	250
6	26	37	47	58	68	122	158	195	232	268
7	29	39	51	81	73	129	167	207	246	284
8	30	41	53	64	77	135	176	218	258	298
9	32	44	55	68	81	142	184	228	271	312
10	33	45	58	71	84	147	192	237	281	325

Таблица 9.12. Нормы времени на выполнение работ при разработке РП для задач расчетного характера (работы выполняются бизнес-аналитиком (разработчиком постановки задач))

Затраты времени на разработку рабочего проекта, чел.-дни	Группа сложности		
	1	2	3
9	9	7	5
13	14	10	7
14	16	12	8
21	22	16	12
23	25	18	13
30	32	24	16
32	36	28	18
36	43	32	22
40	48	35	24
57	69	46	35
89	107	81	53
119	138	106	71

Работа разработчика программного обеспечения на этапе разработки РП программного модуля заключается в конфигурировании системы диспетчеризации.

Для расчета нормы времени  $t_{pn}^p$ , затрачиваемого разработчиком программного обеспечения на этом этапе, используется следующую методику по нормированию трудоемкости.

Построение системы стандартных норм основано на следующих принципах:

Любую работу по конфигурированию системы диспетчеризации, независимо от задачи и специфики конфигурации, можно декомпозировать на более мелкие (элементарные) работы. К таким работам относятся, например, следующие: редактирование структуры объекта, построение запроса, математические вычисления, формирование отчета и так далее.

Т.к. степень сложности контроля входной информации равна 12, степень сложности контроля выходной информации – 21, коэффициент учета сложности контроля информации  $K_k=1,08$ .

Учитывая то, что рассчитывается трудоемкость работ на этапе рабочего проекта, режим обработки информации РВ, степень новизны программы – В, выбираем  $K_p=1,32$ .

Т.к. встроенный язык системы AnyLogic: Java относится к группе интерпретаторов и языковых описателей высокого уровня, коэффициент учета уровня используемого алгоритмического языка программирования  $K_{\alpha}=0,8$ .

Степень использования готовых программных модулей (ТПР, ППП и т.п.) более 60%, следовательно, коэффициент учета степени использования готовых модулей  $K_3=0,5$ .

Группа сложности алгоритма равна 1, степень новизны программной продукции – В, следовательно:

коэффициент учета сложности алгоритма ПП и вида используемой информации для переменной информации  $K'_{II}=1,20$ ,

коэффициент учета сложности алгоритма ПП и вида используемой информации для нормативно-справочной информации  $K'_{ИЗ}=0,65$ ,

коэффициент учета сложности алгоритма ПП и вида используемой информации для баз данных  $K'_B=0,54$ ,

Количество наборов данных переменной информации =0

Количество наборов данных нормативно-справочной информации =0

Количество наборов данных баз данных =12

Следовательно, коэффициент учета вида используемой информации и сложности алгоритма ПП:

$$K_{ИА}=(1,2*0+0*0,65+0,54*12)/12 = 0,54$$

Т.к. степень новизны программной продукции – В, а затраты времени на разработку технического проекта  $\tau_{ТП} = 262$  чел.-дней, норма времени, затраченного бизнес-аналитиком на этапе разработки РП ПП на языке, относящемся к группе интерпретаторов и языковых описателей,  $t_{ps}^p=138$ .

Норма времени, затрачиваемого разработчиком программного обеспечения на этапе разработки РП,  $t_{pn}^B=78,4$  чел.-дней,

Следовательно:

$$\tau_{рп} = 1,08*1,32*0,8*0,5*0,54*(138+78,4) = 66,7 \text{ чел.-дней}$$

Если при разработке программой продукции этапы «Разработка Технического Проекта» и «Разработка Рабочего Проекта» объединены в этап «Разработка Техно-рабочего проекта», то трудоемкость его выполнения  $\tau_{ТП}$  определяют по формуле:

$$\tau_{ТП} = 0.85\tau_{ТП} + \tau_{ТР} \quad (12)$$

Так как этапы разработки ТП и РП объединены, то:

$$\tau_{ТП} = 0,85 * 262 + 66,7 = 284 \text{ чел.-дней}$$

### 10.1.5. Трудоемкость выполнения стадии внедрения

Рассчитывается по формуле

$$\tau_B = (t_{pz}^B + t_{pn}^B) \cdot K_K \cdot K_P \cdot K_3, \quad (13)$$

где  $t_{pz}^B$ ,  $t_{pn}^B$  - норма времени, затрачиваемого бизнес-аналитиком и разработчиком программного обеспечения соответственно на выполнения процедуры внедрения ПП, чел.-дни (Таблица 9.13, Таблица 9.14).

Таблица 9.13. Нормы времени на выполнение работ при внедрении ПП по управлению технической подготовкой производства

Количество разновидностей форм входной информации	Количество разновидностей форм выходной информации									
	1	2	3-4	5-6	7-9	1	2	3-4	5-6	7-9
	Нормы времени на работы, выполняемые									
	Бизнес-аналитиком					Разработчиком программного обеспечения				
1	8	10	12	15	17	12	16	21	32	39
2	11	14	17	20	24	15	21	28	34	41
3	13	17	21	24	28	18	25	33	40	48
4	15	19	23	28	32	19	27	36	45	54
5	16	21	26	31	36	20	29	39	49	59
6	17	23	28	33	39	21	32	41	53	63
7	18	25	31	36	42	22	34	43	56	68
8	19	26	32	38	45	23	36	46	60	71
9	20	28	34	40	48	25	39	48	62	74
10	21	29	36	42	50	26	40	50	64	77

Таблица 9.14. Нормы затрачиваемого времени на этапе внедрения ПП

для задач расчетного характера

Специалист	Группа сложности		
	1	2	3
Бизнес-аналитик	33	25	8
Разработчик программного обеспечения	98	73	24

Т.к. группа сложности алгоритма – 1, норма времени, затрачиваемого бизнес-аналитиком на этапе внедрения ПП  $t_{pz}^B = 33$  чел. дней,  $t_{pn}^B = 98$

Учитывая то, что рассчитывается трудоемкость работ на этапе внедрения, режим обработки информации РВ, степень новизны программы – В, выбираем  $K_p=1,21$ .

Степень использования готовых программных модулей (ТПР, ППП и т.п.) более 60%, следовательно, коэффициент учета степени использования готовых модулей  $K_3=0,5$

Т.к. степень сложности контроля входной информации равна 12, степень сложности контроля выходной информации – 21, коэффициент учета сложности контроля информации  $K_k=1,08$ .

$$\tau_b = (33+98) * 1,26 * 0,5 * 1,08 = 90 \text{ чел.-дней}$$

Таблица 9.15. Сводная таблица трудоемкости этапов разработки ПП

Название работ	Трудоемкость поведения работ чел.-дни
Разработка технического задания на создание ПП	47
Разработка эскизного проекта	67
Разработка технико-рабочего проекта	284
Внедрение ПП	90

$$\text{Следовательно, } \tau_{пп} = 47+67+283,9+90 = 488 \text{ чел.-дней.}$$

Трудоемкость дополнительных работ, выполняемых исполнителем на каждом этапе принимается равной 0. Количество исполнителей на каждом этапе - 1.

## **10.2. Определение себестоимости программной продукции**

Для определения стоимости работ необходимо на основании плановых сроков выполнения работ и численности исполнителей рассчитать общую сумму затрат на разработку программного продукта.

Себестоимость продукции (работ, услуг) представляет собой стоимостную оценку используемых в процессе производства продукции (работ, услуг) природных ресурсов, сырья материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов, а также других затрат на ее производство и реализацию.

Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

Затраты на оплату труда;

Единый социальный налог;

Амортизационные отчисления;

Накладные расходы.

Производственные командировки, накладные расходы, контрагентские расходы:

$$Ц = C_m + C_{co} + C_{эвм} + C_{зо} + C_{зд} + C_{сс} + C_n$$

Расчет сметной стоимости ПП ведется по каждой статье затрат и результаты сводятся в таблицу.

### 10.2.1. Основная заработная плата

В статью включается основная заработная плата всех исполнителей, непосредственно занятых разработкой данного ПП, с учетом их должностного оклада и времени участия в разработке. Расчет ведется по формуле:

$$C_{зо} = \sum_i \frac{З_i}{d} \tau_i, \quad (19)$$

где  $З_i$  – среднемесячный оклад  $i$ -го исполнителя, руб.;

$d$  – среднее количество рабочих дней в месяце;

$\tau_i$  – трудоемкость работ, выполняемых  $i$ -м исполнителем, чел.-дни (определяется из календарного плана-графика).

Среднемесячный оклад бизнес-аналитика  $З_1 = 20.000$  руб.

Среднемесячный оклад разработчика ПО  $З_2 = 15.000$  руб.

Среднее количество рабочих дней  $d = 22,5$  дней.

Трудоемкость работ, выполняемых бизнес-аналитиком  $\tau_1 = 284$  дней.

Трудоемкость работ, выполняемых разработчиком программного обеспечения  $\tau_2 = 204$  дней.

Итого:

$$C_{зо} = (20.000 * 284 + 15.000 * 204) / 22,5 = 389\,000 \text{ руб.}$$

### 10.2.2. Дополнительная заработная плата

В статье учитываются все выплаты непосредственным исполнителям за время (установленное законодательством), не проработанное на производстве, в том числе: оплата очередных отпусков, компенсации за недоиспользованный отпуск, оплата льготных часов подросткам и др. Расчет ведется по формуле:

$$C_{зд} = C_{зо} \cdot \alpha_{д}, \quad (20)$$

где  $\alpha_{д}$  – коэффициент отчислений на дополнительную зарплату,  $\alpha_{д}=0,2$ .

$$C_{зд} = 389.000 * 0,2 = 77.800 \text{ руб.}$$

Итого:

$$C_з = 389.000 + 77.800 = 466.800 \text{ руб.}$$

### 10.2.3. Отчисления на социальное страхование

В статье учитываются отчисления в бюджет социального страхования по установленному законодательством тарифу от суммы основной и дополнительной заработной платы:

$$C_{сс} = \alpha_{сс} (C_{зо} + C_{зд}), \quad (21)$$

где  $\alpha_{сс}$  – единый социальный налог.

$$26\% + \text{СНС} = 26\% + 7\% = 33\%$$

Всего получаем отчислений:  $\alpha_{сс} = (33\%) / 100\% = 0,33$

$$C_{сс} = 0,33 * 466\,800 = 154\,044 \text{ руб.}$$

### 10.2.4. Накладные расходы

В статье учитываются затраты на общехозяйственные расходы, непроизводительные расходы и расходы на управление. Накладные расходы определяют в процентном отношении к основной заработной плате:

$$C_{н} = \alpha_{н} \cdot C_{зо}, \quad (22)$$

где  $\alpha_{н}$  – коэффициент накладных расходов ( $\alpha_{н}=1,8 \dots 2,5$ ).

$$\alpha_{н} = 2,0$$

$$C_{н} = 2,0 * 389.000 = 778.000 \text{ руб.}$$

### 10.2.5. Амортизационные отчисления оборудования и ПО

В элементе “Амортизация основных фондов” отражается сумма амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, исчисленная из балансовой стоимости и утвержденных в установленном порядке норм, включая и ускоренную амортизацию их активной части, производимую в соответствии с законодательством.



$$C_A = A \cdot T / F_d,$$

где:  $A$  - годовые амортизационные отчисления;

$F_d$  - действительный годовой фонд рабочего времени на ЭВМ, час./год.

$T$  - время работы оборудования;

Цена ЭВМ (на 1 января 2008 года) 16000 руб.

Цена ПО AnyLogic (на 1 января 2008 года) 170900 руб.

% на амортизационные отчисления 20%

Годовой фонд рабочего времени на ПЭВМ при 5-и дневной неделе и 8-и часовом рабочем дне 2080 час.

$$A = 16000 * 0,2 = 3200 \text{ руб.}$$

$$T = 488 * 8 = 3904 \text{ час.}$$

$$C_A^{\text{об.}} = 3200 * 3904 / 2080 = 6006 \text{ руб.}$$

Годовой фонд рабочего времени ПО AnyLogic при 5-и дневной неделе и 8-и часовом рабочем дне 2080 час.

$$A = 170900 * 0,2 = 34180 \text{ руб.}$$

$$T = 488 * 8 = 3904 \text{ час.}$$

$$C_A^{\text{ПО}} = 34180 * 3904 / 2080 = 64153 \text{ руб.}$$

$$\text{Итого } C_A = 6006 + 64153 = 70159 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов затрат на разработку программного продукта приведены в Таблица 9.16.

Таблица 9.16. Результаты расчетов затрат

№ пп	Наименование статьи	Сметная стоимость, руб.
1	Затраты на оплату труда	466800
2	Отчисления в ФСС	154044
3	Амортизационные отчисления	70159
4	Накладные расходы	778000
.	Итого	1469003

### 10.3. Определение цены программной продукции

Если ПП рассматривается и создается как продукция производственно-технического назначения, допускающая многократное тиражирование и отчуждение от непосредственных разработчиков, то существуют две возможности такого отчуждения:

Продажа права собственности на систему диспетчеризации фирме либо ее дистрибьюторам. В таком случае, минимально приемлемая цена продажи:

$$Ц = C*(1+П),$$

Где П – минимальная норма прибыли (П=0,15)

$$Ц=1469003*1,15 = 1.689.353,45 \text{ руб.}$$

Распространение специальной конфигурации системы диспетчеризации на CD.

Требуется приобретение лицензии. Тогда:

$$Ц = \frac{C(1 + П_p)}{n},$$

где С – затраты на разработку программной продукции;

n – количество единиц товара. Чтобы определить количество единиц товара, которые можно продать. Предположим, что 10% от желающих приобрести систему диспетчеризации перевозок, предпочтут версию с модулем прогноза. Тогда:

$$n=N*0,1,$$

где N – количество внедрений системы диспетчеризации в 2008 году.

$$n = 10000*0,1 = 1000 \text{ шт.}$$

$$C = C_{\text{пост}} + C_{\text{перем}} * n,$$

где  $C_{\text{пост}}$  – постоянные затраты:

$$C_{\text{пост.}} = (C_a + C_z + C_n + C_{\text{ЭВМ}} + C_{\text{марк.}} + C_{\text{сс}}) * K_{\text{тир.}}$$

$K_{\text{тир}}$  – коэффициент учета затрат на тиражирование ( $K_{\text{тир.}}=1,1$ ),

$C_{\text{марк}}$  – затраты на маркетинг – проведение рекламной компании в СМИ ( $C_{\text{марк}} = 600.000 \text{ руб.}$ ).

$$C_{\text{пост.}} = 2069003*1,1 = 2275903,3 \text{ руб.}$$

$C_{\text{перем}}$  – переменные затраты:

$$C_{\text{перем}} = C_{\text{м.}} + C_{\text{лиц.}}$$

Стоимость лицензии AnyLogic для дистрибьютеров равна 170900 руб.

$$C_{\text{перем}} = 170900 \text{ руб.}$$

$$C = 2275903,3 + 170900 * 1000 = 173.175.903,3 \text{руб.}$$

$P_p$  – предполагаемая норма прибыли ( $P_p = 0,15$ )

$$Ц = 173.175.903,3 (1 + 0,15) / 1000 = 199152 \text{руб.}$$

Для расчета цены продажи воспользуемся ценами на аналоги:

230000 руб.

Расчет рентабельности:

$$P = Ц * n / C$$

$$P = 230000 * 1000 / 173.175.903,3 = 1,33.$$

Конкурентоспособность

Выводы:

Произведенный расчет показал:

В разработке участвуют следующие исполнители:

– Бизнес-аналитик. – Разработчик программного обеспечения (в одном лице)

Суммарная трудоемкость создания программного продукта составляет 488 чел.-день;

Затраты на создание программного продукта составляют 1469003 руб.

Цена программного продукта составляет 199152 руб.

## 11.ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ

### 11.1. Введение

Усложнение производственной деятельности в связи с применением ПЭВМ предъявляют новые требования к организму человека. Неправильное или невнимательное отношение к выполнению требований техники безопасности при работе на ПЭВМ неизбежно отражается на показателях деятельности и здоровье работников. Основные требования к факторам рабочей среды заключаются в следующем:

- факторы рабочей среды при их комплексном воздействии на человека не должны оказывать отрицательного влияния на его здоровье при профессиональной деятельности его в течение длительного времени;
- факторы рабочей среды не должны вызывать снижения надежности и качества деятельности оператора при действии их в течение рабочего дня.

На человека, работающего в зоне действия ПЭВМ, действует большое количество вредных факторов. Такими являются:

- повышенный уровень шума, источниками которого являются вентиляционные устройства ПЭВМ, устройства ввода-вывода, агрегаты кондиционирования и вентилирования воздуха, другие электрические приборы, внешние источники шума;
- высокие уровни электростатического и электромагнитного излучения, источниками которого являются видеотерминалы.

В настоящее время основной документ, определяющий требования к условиям работы с ПЭВМ СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Также необходимо обеспечивать благоприятный микроклимат, чистоту воздуха, освещенность в помещении, где проходят работы с применением ПЭВМ.

Кроме того, очевидна необходимость проведения мероприятий не только для уменьшения перечисленных вредных факторов, но и для удовлетворения требованиям эргономики, пожаро- и электробезопасности.

Ниже приведен перечень продукции и контролируемых гигиенических параметров вредных и опасных факторов – Таблица 10.1.

Таблица 10.1. Перечень продукции и контролируемых гигиенических параметров вредных и опасных факторов

№ п/п	Вид продукции	Код ОКП	Контролируемые гигиенические параметры
1	Машины вычислительные электронные цифровые, машины вычислительные электронные цифровые персональные (включая портативные ЭВМ)	40 1300, 40 1350, 40 1370	Уровни электромагнитных полей (ЭМП), акустического шума, концентрация вредных веществ в воздухе, визуальные показатели ВДТ, мягкое рентгеновское излучение <*>
2	Устройства периферийные: принтеры, сканеры, модемы, сетевые устройства, блоки бесперебойного питания и т.д.	40 3000	Уровни ЭМП, акустического шума, концентрация вредных веществ в воздухе
3	Устройства отображения информации (видеодисплейные терминалы)	40 3200	Уровни ЭМП, визуальные показатели, концентрация вредных веществ в воздухе, мягкое рентгеновское излучение <*>

<\*> Контроль мягкого рентгеновского излучения осуществляется только для видеодисплейных терминалов с использованием электронно-лучевых трубок.

Ниже приведены требования, определенные в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, к рабочему месту диспетчера, работающего с «Системой диспетчеризации перевозок серы».

## **11.2. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы**

### **11.2.1. Требования к помещениям для работы с ПЭВМ**

Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение. Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при соответствующем обосновании и наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения, выданного в установленном порядке.

Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям действующей нормативной документации. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

Не допускается размещение мест пользователей ПЭВМ в цокольных и подвальных помещениях.

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее  $6 \text{ м}^2$ . При использовании ПЭВМ с ВДТ на базе ЭЛТ (без вспомогательных устройств - принтер, сканер и др.), отвечающих требованиям международных стандартов безопасности компьютеров, с продолжительностью работы менее 4-х часов в день допускается минимальная площадь  $4,5 \text{ м}^2$  на одно рабочее место пользователя.

Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка - 0,7 - 0,8; для стен - 0,5 - 0,6; для пола - 0,3 - 0,5.

Полимерные материалы используются для внутренней отделки интерьера помещений с ПЭВМ при наличии санитарно-эпидемиологического заключения.

Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ.

### 11.2.2. Требования к микроклимату, содержанию аэроионов и вредных химических веществ в воздухе на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

В помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. Вид работы с компьютером зависит от задач решаемых программным комплексом. В нашем случае, вид работы – основной, так как работа диспетчера с программным продуктом подразумевает непрерывную работу и занимает более 50% времени от смены.

При работе с программным продуктом «Системой диспетчеризации перевозок серы» характер труда диспетчера относится к категории 1а, потому что работы производятся сидя и не требуют физического напряжения, расход энергии составляет до 120 ккал/ч, следовательно, необходимо проектировать помещение с учетом оптимальных норм микроклимата для категории работ 1а – Таблица 10.2.:

Таблица 10.2. Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	1а (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

*СанПиН 2.2.4.548-96*

Данный микроклимат может обеспечиваться системой общеобменной приточно-вытяжной механической вентиляции, которая должна обеспечить объём подаваемого воздуха в единицу времени не менее 20 м.куб./час и температуру подаваемого воздуха не ниже 10° Цельсия. В приточной ветви нужно предусмотреть использование фильтров очистки воздуха, для удаления из воздуха вредных веществ перед его подачей на рабочие места. Для повышения влажности воздуха в помещениях с ВДТ и ПЭВМ следует применять увлажнители воздуха, заправляемые ежедневно дистиллированной или прокипяченной питьевой водой.

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Уровни положительных и отрицательных аэроионов в воздухе помещений, где расположены ПЭВМ, должны соответствовать действующим санитарно-эпидемиологическим нормативам, приведенным в Таблица 10.3.

Таблица 10.3. Уровни аэроионов

Нормируемые показатели	Концентрация n+ (ион/см <sup>3</sup> )	Концентрация n- (ион/см <sup>3</sup> )	Коэффициент униполярности Y
Минимально допустимые	n+ ≥ 400	n- ≥ 400	0,4 ≤ Y ≤ 1,0
Максимально допустимые	n+ < 50000	n- < 50000	

*СанПиН 2.2.4.1294-03*

Содержание вредных химических веществ в производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (в нашем случае – диспетчерские работы), не должно превышать среднесуточных предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами – Таблица 10.4.

Таблица 10.4. Среднесуточные предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

N	Наименование вещества	N CAS	Формула	Предельно допустимые Концентрации, мг/м <sup>3</sup>	Лимитирующий показатель	Класс опасности
				Среднесуточная		
1	Углерод оксид	630-08-0	CO	3	рез.	4
2	Азот (II) оксид	10102-43-9	NO	0,06	рефл.	3
3	Азота диоксид	10102-44-0	NO <sub>2</sub>	0,04	рефл.-рез.	2
4	Углерод оксид	630-08-0	CO	3	рез.	4
5	Свинец и его неорганические соединения	7439-92-1	Pb	0,0003	рез.	1

*ГН 2.1.6.1338-03*

Помещения с ВДТ и ПЭВМ должны оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

Системы отопления, кондиционирования воздуха или приточно-вытяжная вентиляция необходимы для обеспечения оптимальных норм микроклимата и воздушной среды помещения с ВДТ и ПЭВМ. Рекомендуется:



- применять увлажнители воздуха, заправляемые ежедневно дистиллированной или прокипяченной питьевой водой (для повышения влажности воздуха)
- проветривать помещения с ВДТ и ПЭВМ (обеспечивает улучшение качественного состава воздуха, в том числе и аэроионный режим).
- устраивать системы общеобменной приточно-вытяжной механической вентиляции.

Последняя должна обеспечивать:

- объём подаваемого воздуха в единицу времени не менее 20 м.куб./час;
- температура подаваемого воздуха должна быть не ниже 10° Цельсия;
- использовать фильтры очистки воздуха для удаления из воздуха вредных веществ перед его подачей на рабочие места (ветвь притока системы вентиляции).

### 11.2.3. Требования к уровням шума и вибрации на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами (Таблица 10.5).

Таблица 10.5. Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	50

Измерение уровня звука и уровней звукового давления производится на расстоянии 50 см от поверхности оборудования и на высоте расположения источника (ов) звука.

*СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03*

Шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПЭВМ.

Снизить уровень шума в помещениях с ВДТ и ПЭВМ можно использованием звукопоглощающих материалов для отделки стен и потолков помещений с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63 - 8000 Гц.

Дополнительным звукопоглощением могут служить однотонные занавеси из плотной ткани, гармонирующие с окраской стен и подвешенные в складку на расстоянии 15 - 20 см от ограждения. Ширина занавеси должна быть в 2 раза больше ширины окна.

Помещения, в которых для работы используются преимущественно ВДТ и ПЭВМ (диспетчерские, операторские, расчетные и др.) не должны граничить с помещениями, в которых уровни шума и вибрации превышают нормируемые значения (механические цеха, мастерские и т.п.). При использовании программного продукта работа ведется в помещениях, где исключено соседство с помещениями, где уровни шума превышают нормируемые значения.

Уровень звука в помещениях ВЦ не должен превышать 50 дБА; в помещениях, где размещаются агрегаты, создающие повышенный звуковой фон, - не более 75 дБА.

При выполнении работ с использованием ПЭВМ в производственных помещениях уровень вибрации не должен превышать допустимых значений вибрации для рабочих мест (категория 3, тип "в") в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами - Таблица 10.6.

Таблица 10.6. Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест

Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории 3 - технологической типа "в"

Среднегеометрические частоты Гц	Предельно допустимые значения по осям $X_0$ , $Y_0$ , $Z_0$							
	вброускорения				вброскорости			
	полос,	м/с <sup>2</sup>		дБ		м/с x 10 <sup>(-2)</sup>		дБ
	1/3 окт	1/1 окт	1/3 окт	1/1 окт	1/3 окт	1/1 окт	1/3 окт	1/1 окт
1,6	0,0130		82		0,130			
2,0	0,0110		81	86	0,089	0,180	88	91
2,5	0,0100	0,020	80		0,063		85	
3,15	0,0089		79		0,045		82	
4,0	0,0079		78	83	0,032	0,063	79	82
5,0	0,0079	0,014	78		0,025		76	
6,3	0,0079		78		0,020		74	
8,0	0,0079		78	83	0,016	0,032	72	76
10,0	0,0100	0,014	80		0,016		70	
12,5	0,0130		82		0,016		70	
16,0	0,0160		84	89	0,016	0,028	70	75
20,0	0,0200	0,028	86		0,016		70	
25,0	0,0250		88		0,016		70	
31,5	0,0320		90	95	0,016	0,028	70	75
40,0	0,0400	0,056	92		0,016		70	
50,0	0,0500		94		0,016		70	
63,0	0,0630		96	101	0,016	0,028	70	75

80,0	0,0790	0,110	98	0,016	70
					70
Корректиро- ванные и эквивалентные корректиро- ванные значения и их уровни	0,014		83	0,028	75

#### *СН 2.2.4/2.1.8.566-96*

Для снижения вибрации в помещениях оборудование, аппараты и приборы – источники вибрации необходимо устанавливать на амортизирующие прокладки.

### **11.2.4. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ**

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м<sup>2</sup>.

Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м<sup>2</sup> и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м<sup>2</sup>.

Показатель дискомфорта в помещениях - не более 15.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м<sup>2</sup>, защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 - 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования - 10:1.

В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). В светильниках местного освещения допускается применение ламп накаливания, в том числе галогенных.

Для освещения помещений с ПЭВМ следует применять светильники с зеркальными параболическими решетками, укомплектованными электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА). Допускается использование многоламповых светильников с электромагнитными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА), состоящими из равного числа опережающих и отстающих ветвей.

Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается.

При отсутствии светильников с ЭПРА лампы многоламповых светильников или рядом расположенные светильники общего освещения следует включать на разные фазы трехфазной сети.

Общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении видеодисплейных терминалов. При периметральном расположении компьютеров линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4.

Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

### 11.2.5. Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах пользователей, представлены в таблице 6.3.

#### Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ.

Временные допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых ПЭВМ, не должны превышать значений, представленных в Таблица 10.7.

Таблица 10.7. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемые ПЭВМ

Наименование параметров		В ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2, 5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 0 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		50 0 В

*СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03*

### 11.2.6. Требования к визуальным параметрам ВДТ, контролируемым на рабочих местах

Предельно допустимые значения визуальных параметров ВДТ, контролируемые на рабочих местах, представлены в Таблица 10.8.

Таблица 10.8. Допустимые визуальные параметры устройств отображения информации

п/п	Параметры	Допустимые значения
	Яркость белого поля	Не менее 35 кд/кв. м
	Неравномерность яркости рабочего поля	Не более +/- 20%

	Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3:1
	Временная нестабильность изображения (непреднамеренное изменение яркости изображения на экране дисплея)	Не должна фиксироваться
	Пространственная нестабильность изображения (непреднамеренные изменения положения фрагментов изображения на экране)	Не более $2 \times 1E(-4L)$ , где L - проектное расстояние наблюдения, мм

Для дисплеев на ЭЛТ частота обновления изображения должна быть не менее 75 Гц при всех режимах разрешения экрана, гарантируемых нормативной документацией на конкретный тип дисплея, и не менее 60 Гц для дисплеев на плоских дискретных экранах (жидкокристаллических, плазменных и т.п.). *СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03*

### **11.2.7. Общие требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ**

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

### **11.2.8. Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ для пользователей**

Помещения для работы оборудуются одноместными столами, предназначенными для работы с ПЭВМ.

Конструкция одноместного стола для работы с ПЭВМ должна предусматривать:

- две отдельные поверхности: одна горизонтальная для размещения ПЭВМ с плавной регулировкой по высоте в пределах 520 – 760 мм и вторая – для клавиатуры с плавной регулировкой по высоте и углу наклона от 0 до 15 градусов с надежной фиксацией в оптимальном положении (12 – 15 градусов);

- ширину поверхностей для ВДТ и клавиатуры не менее 750 мм (ширина обеих поверхностей должна быть одинаковой) и глубину не менее 550 мм;

- опору поверхностей для ПЭВМ или ВДТ и для клавиатуры на стойку, в котором должны находиться провода электропитания и кабель локальной сети. Основание стойки следует совмещать с подставкой для ног;

- отсутствие ящиков;

- увеличение ширины поверхностей до 1200 мм при оснащении рабочего места принтером.

Высота края стола, обращенного к работающему с ПЭВМ и высота пространства для ног должны соответствовать росту оператора в обуви .

При наличии высокого стола и стула, несоответствующего росту обучающихся, следует использовать регулируемую по высоте подставку для ног.

Линия взора должна быть перпендикулярна центру экрана и оптимальное ее отклонение от перпендикуляра, проходящего через центр экрана в вертикальной плоскости не должна превышать +5 градусов, допустимое +- 10 градусов.

Рабочее место с ПЭВМ оборудуют стулом, основные размеры которого должны соответствовать росту обучающихся в обуви .

### **11.2.9. Требования к организации медицинского обслуживания пользователей ПЭВМ**

Лица, работающие с ПЭВМ более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПЭВМ), должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке.

Женщины со времени установления беременности переводятся на работы, не связанные с использованием ПЭВМ, или для них ограничивается время работы с ПЭВМ (не более 3-х часов за рабочую смену) при условии соблюдения гигиенических требований, установленных СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Трудоустройство беременных женщин следует осуществлять в соответствии с законодательством Российской Федерации.

### **11.2.10. Требования к проведению государственного санитарно-эпидемиологического надзора и производственного контроля**

Государственный санитарно-эпидемиологический надзор за производством и эксплуатацией ПЭВМ осуществляется в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Не допускается реализация и эксплуатация на территории Российской Федерации типов ПЭВМ, не имеющих санитарно-эпидемиологического заключения.

Инструментальный контроль за соблюдением требований СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 осуществляется в соответствии с действующей нормативной документацией.

Производственный контроль за соблюдением санитарных правил осуществляется производителем и поставщиком ПЭВМ, а также предприятиями и организациями, эксплуатирующими ПЭВМ в установленном порядке, в соответствии с действующими санитарными правилами и другими нормативными документами.

### **11.2.11. Требования электробезопасности**

В соответствии с правилами устройства электрических установок в помещениях без повышенной электрической опасности заземлению подлежат токоприемники с напряжением  $U \geq 380\text{В}$  при переменном токе, а в помещениях с повышенной электрической опасностью – токоприемники с напряжением  $U \geq 42\text{В}$  при переменном токе. К помещениям с повышенной электрической опасностью относятся помещения с токопроводящими полами или при наличии токопроводящей пыли, с повышенной влажностью ( $>75\%$ ) или жаркие помещения ( $>35^\circ\text{C}$ ), а также помещения, где существует опасность касания токоприемников или их элементов.



### 11.2.12. Требования пожарной безопасности

Так как в помещении имеется электрооборудование, следовательно, есть опасность возгорания. По классификации пожарной опасности помещение отдела отгрузки относится к категории В, так как там находится мебель, как мягкая, содержащая обивку и поролон, так и из ДСП, пластика и дерева. Следовательно, помещение должно быть оборудовано порошковым огнетушителем, планом эвакуации при пожаре и аптечкой первой помощи. В помещении должен быть ответственный за пожарную безопасность.

### 11.3. Типовой расчет виброизоляции вентиляционного агрегата

Приведен расчет опорной системы виброизоляции роторной машины - вентилятора и электропривода. Вентилятор и электропривод относятся к машинам с конструктивно уравновешенными движущимися частями.

По ГОСТ 12.4.093-80 должно выполняться условие: отношение частоты вынужденных колебаний агрегата  $f$  к собственной частоте агрегата  $f_0$  должно быть равно 3:

$$\frac{f}{f_0} = 3 \quad (1)$$

Число оборотов  $n=1200$  об/мин.

$$\text{Частота вынужденный колебаний } f = \frac{n}{60} = 20 \text{Гц};$$

$$\text{Собственная частота агрегата из (1) } f_0 = \frac{f}{3} = \frac{20}{3} = 6,66 \text{Гц};$$

$$f_0 = \left( \frac{1}{2\pi} \right) \sqrt{q_1 * N / m} \quad (2), \text{ где } q_1 - \text{ жесткость виброопоры, } N - \text{ количество опор, } m -$$

масса агрегата, кг.

$$m = M_{\text{эл.дв.}} + m_{\text{вент.}} \quad (3), \text{ где } M_{\text{эл.дв.}} - \text{ масса электродвигателя, кг, } m_{\text{вент.}} - \text{ масса вентилятора, кг.}$$

Таблица 10.9. Характеристики электродвигателя АИР63А6

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, об./мин.	Ток статора, А	КПД, %	Коэф. Мощности	Ипуск./Ином.	Масса, кг (ИМ1081)
АИР63А6	0,18	1200	0,79	56	0,62	4	<b>4,6/4,7</b>

Таблица 10.10. Характеристики вентилятора ВО-2,3-220

Тип вентилятора	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Мощность, Вт	Частота вращения, об/мин	Уровень шума*, дБ	Питание	Степень защиты	Масса, кг
ВО-2,3-220	750	10	1200	58	220В 50Гц	IP 42	<b>3,2</b>

$$M_{\text{эл.дв}} = 4,7 \text{ кг};$$

$$m_{\text{вент}} = 3,2 \text{ кг};$$

N=16 - количество опор;

$$\text{Из (3) } m = 7,9 \text{ кг};$$

Из (2) получим жесткость виброопоры  $q_1 = \frac{(2\pi f_0)^2 \cdot m}{N}$ ;

$$q_1 = \frac{(2\pi \cdot 6,66)^2 \cdot 7,9}{16} = 863,72 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

По табл.3.1 из справочника «Средства защиты машиностроения при проектировании» выбираем тип виброизолятора АКСС М-220с техническими характеристиками:

Таблица 10.11. Технические характеристики виброизолятора

Номинальная нагрузка, Н			Жесткость, Н/м					
			Статическая			Динамическая		
F <sub>z</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	q <sub>z</sub>	q <sub>x</sub>	q <sub>y</sub>	q <sub>z</sub>	q <sub>x</sub>	q <sub>y</sub>
2156	1862	784	460,6	245	73,5	<b>980</b>	294	274,4

Деформация сжатия под нагрузкой, мм	Свободный ход, м			Число собственных колебаний f <sub>0z</sub> , Гц
0,6	2	0	0	34

## 12.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В приведенном дипломном проекте была рассмотрена разработка системы диспетчеризации движения вагонов по РЖД. Было проведено обследование организации ООО «Газпромтранс», в ходе которого были выявлены недостатки в организации управления перевозками. В разделе концептуального проектирования разработаны функциональные модели системы диспетчеризации перевозок серы, описание последовательности действий модулей системы диспетчеризации и диспетчера, разработана информационная модель системы, структура программных компонентов и архитектура системы. Которые позволяют устранить выявленные недостатки и улучшить процесс диспетчеризации перевозок в целом. На этапе технического этапа разработки системы разработаны алгоритмы имитационной модели и блочная структура модели системы, сценарий диалогового интерфейса пользователя – диспетчера, а также разработаны экранные формы интерфейса системы диспетчеризации. На этапе рабочего проектирования разработан программный код имитационной модели, осуществляющий работу с параметрами групп вагонов, с характеристиками станции и путей сообщения и код записи данных в файл, создающий отчеты по перевозкам и станциям. В исследовательской части дипломного проекта рассмотрено исследование процесса организации железнодорожных перевозок, анализ имитационной модели системы диспетчеризации перевозок, исследованы пакеты имитационного моделирования, а также проведение экспериментов на тестовых примерах и исследование работы диспетчера с моделью. Проведена организационно-экономическая оценка проекта внедрения системы, входе которой была рассчитана стоимость проекта внедрения системы диспетчеризации перевозок серы в ООО «Газпромтранс». В разделе промышленной экологии и безопасности был проведен анализ требований безопасности в помещении операторов системы и расчет виброизоляции вентиляционного агрегата.

### 13. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянов В.В., Ясиновский С.И.  
Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. Язык РДО. – М.: «АНВИК», 1998. – 427 с., ил. 136.
2. Кельтон В., Лоу А.  
Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.: ил.
3. Томашевский В., Жданова Е.  
Имитационное моделирование в среде GPSS. – М.: Бестселлер, 2003. – 416 с.
4. Черемных С.В. и др.  
Структурный анализ систем: IDEF – технологии/ С.В. Черемных, И.О. Семенов, В.С. Ручкин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 208 с.: ил. – (Прикладные информационные технологии).
5. Карпов Ю.  
Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic5. – СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 400с.: ил.
6. Управление парками вагонов стран СНГ и Балтии на железных дорогах России: Учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта/ В.И.Ковалёв, С.Ю.Елисеев, А.Т.Осьминин и др.; Под ред. В.И.Ковалёва, С.И.Елисеева, Е.Ю.Мокейчева.- М.: Маршрут, 2006.- 245 с.
7. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.
8. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения.
9. ГОСТ 34.603-92. Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем.

10. ГОСТ 34.201-89. Информационная технология. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.

11. РД 50-34.698.90. Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов.

12. ISO 12207 (ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99). Процессы жизненного цикла программных средств.

13. ISO 9000-3:1997. Стандарты в области административного управления качеством и обеспечения качества. Часть 3. Руководящие положения по применению стандарта ISO 9001 при разработке, поставке и обслуживании программного обеспечения.

14. ISO 9001:1994. Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании.

15. Арсеньев В. В., Сажин Ю. Б., Методические указания к выполнению организационно-экономической части дипломных проектов по созданию программной продукции. М: МГТУ, 1994.

16. Смирнов С. В. , Учебное пособие по выполнению организационно – экономической части дипломных проектов исследовательского профиля. М:МГТУ, 1988.

17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования персональным электронно- вычислительным машинам и организации работы».

18. ГН 2.1.6.1338 – 03 «Гигиенические нормативы ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе», М.-Минздрав РФ, 2003г.

19. Справочник «Средства защиты машиностроения при проектировании»- Машиностроение, 1989.