

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Управление эксплуатационной работой»

Е. А. ФЕДОРОВ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ В ЛОГИСТИКЕ

*Одобрено научно-методической комиссией
гуманитарно-экономического факультета
в качестве практикума для студентов
специальности «Транспортная логистика»*

Гомель 2015

УДК 004(075.8):656.064
ББК 32.81+39.18
Ф33

Р е ц е н з е н т – д-р техн. наук, профессор *А. К. Голович* (УО «БелГУТ»)

Федоров, Е. А.

Ф33 Информационные технологии и системы в логистике : практикум для студентов специальности «Транспортная логистика» / Е. А. Федоров ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 83 с.
ISBN 978-985-554-461-7

Приведено описание выполняемых практических работ, даны краткие сведения из теории, рассмотрены практические примеры расчета для каждого типа задач.

Предназначен для выполнения практических работ студентов гуманитарно-экономического факультета по дисциплине «Информационные технологии и системы в логистике». Может быть использован инженерно-техническими работниками железной дороги.

УДК 004(075.8):656.064
ББК 32.81+39.18

ISBN 978-985-554-461-7

© Федоров Е. А., 2015
© Оформление. УО «БелГУТ», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
<i>Практическая работа № 1</i> Идентификация объектов транспорта в системах доставки грузов и перемещения подвижного состава собственников.....	5
<i>Практическая работа № 2</i> Формирование информационных сообщений и методы контроля данных в информационных системах.....	10
<i>Практическая работа № 3</i> Анализ информационных потоков при оперативном управлении процессами перевозок грузов и пассажиров.....	23
<i>Практическая работа № 4</i> Применение логических схем информационных процессов на железнодорожном транспорте.....	31
<i>Практическая работа № 5</i> Расчет глубины информации и определение периодов планирования в системах принятия оперативных управленческих решений транспортных организаций.....	38
<i>Практическая работа № 6</i> Моделирование технологических процессов в цепях доставки грузов.....	43
<i>Практическая работа № 7</i> Применение методов сетевого планирования и управления для анализа информационного обеспечения системы доставки грузов	52
<i>Практическая работа № 8</i> Оценка эффективности внедрения информационных технологий в транспортных системах	61
Список использованной и рекомендуемой литературы.....	71
Приложение А Основные типы грузовых вагонов и их нумерация	72
Приложение Б Перечень ошибок структурного и логического контроля входных сообщений	76

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное функционирование транспортно-логистического комплекса в современных условиях невозможно без применения информационных технологий и систем. Транспортный комплекс в настоящее время претерпевает качественные изменения, отражающие современные тенденции развития логистических технологий: концентрируется управление перевозочным процессом в диспетчерских центрах, в крупных транспортных узлах создаются транспортные логистические центры, решаются вопросы повышения эффективности работы транспорта, снижения издержек, уменьшения стоимости перевозок, обеспечения сохранности грузов. На транспорте разработаны и успешно внедряются информационные системы, обеспечивающие реализацию эксплуатационных и коммерческих процедур перевозок на базе электронного обмена данными.

Оптимальное использование возможностей информационных систем транспорта позволяет снизить затраты на управление, обеспечивает существенное повышение качества транспортных услуг.

Внедрение информационных технологий на транспорте способствует повышению производительности труда, улучшению качества реализации логистических технологий, исключению потерь времени при доставке грузов, более рациональному использованию трудовых и материальных ресурсов.

Цель данного практикума – ознакомить студентов специальности «Транспортная логистика» с основными информационными системами, используемыми на транспорте; методами разработки, создания и использования результатов автоматизированного решения задач в условиях функционирования современных информационных технологий, а также с методами оценки эксплуатационной и экономической эффективности мероприятий по автоматизации управления перевозками в современных условиях.

Практическая работа № 1

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА В СИСТЕМАХ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА СОБСТВЕННИКОВ

Цель работы. Ознакомиться с системой идентификации объектов транспорта. Научиться определять контрольные знаки по различным модулям.

Сведения из теории

Использование информационных технологий и систем на транспорте невозможно без единой системы кодирования (нумерации) объектов инфраструктуры, подвижного состава, грузов и клиентов. Система кодирования имеет принципиальное значение для широкого использования информационных технологий на всех элементах логистических цепочек и уровнях управления процессом доставки грузов. Работа по идентификации объектов транспорта (однозначному определению, распознаванию в информационных системах) направлена на дальнейшую унификацию, повышение надежности однозначного распознавания и защиту документов и реквизитов на эти документы от помех в процессе передачи и переработки, развитие электронного документооборота.

Единая сетевая разметка

Работники железнодорожного транспорта в своей работе пользуются единой сетевой разметкой (ЕСР). Она заключается в шифровке станций цифровыми кодами и предназначена для унификации разметки перевозочных документов на всех станциях сети. Это позволяет существенно ускорить работу, обеспечить более четкую и надежную информацию о подходе и назначении вагонов и грузов, значительно уменьшить загрузку сети передачи данных (СПД) при передаче сведений о поездах и вагонах. Основное

достоинство ЕСР – ориентация ее на использование в различных автоматизированных системах управления (АСУ) железнодорожным транспортом.

С 1971 года введена четырехзначная ЕСР. В ней вся сеть железных дорог СНГ и Балтии разделена на 99 сетевых районов, нумерация которых возрастает с запада на восток. Первый район охватывает станции Кольского полуострова и Карелии, а 99-й – о. Сахалин.

В каждый сетевой район включена одна опорная (районная) станция. Всем станциям, входящим в сетевой район, вначале присваивается четырехзначный код, в котором первые две цифры означают номер сетевого района, а вторые две – номер станции внутри района. За каждым участком закреплен ряд номеров. Номера станций на участках возрастают, как правило, в четном направлении. Например, Гомельский сетевой район имеет номер 15. Внутри района присвоены номера станциям: Новобелицкой – 02, Жлобину – 50, на участках Овруч – Калинковичи – от 10 до 18, Калинковичи – Житковичи – от 33 до 37, Калинковичи – Гомель – от 44 до 49 и т. д. Следовательно, ЕСР станций Новобелецкая – 1502, Жлобин – 1550, станций на участке Калинковичи – Гомель – 1544, 1545 и т. д.

Важнейшие станции районов имеют цифры номера района и нули в двух младших разрядах. Поэтому у станции Гомель ЕСР – 1500, Брест – 1300, Минск-Сортировочный – 1400. Для пограничных и некоторых портовых станций кроме основного кода ЕСР выделены дополнительные номера. Например, вагоны назначением для выгрузки на станции Брест-Центральный имеют разметку 1300, а вагоны с экспортными грузами, передаваемые на железные дороги Германии, – 1305, Польши – 1306 и т. д.

Требование совпадения границ ЕСР с границами дорог и отделений целесообразно, но не обязательно. Этим исключаются изменения ЕСР при изменениях границ дорог и отделений.

Для сохранения стабильности ЕСР на перспективу было предусмотрено в каждом районе иметь резервные номера, которые предназначены для идентификации вновь вводимых объектов. Резервные номера выделяются для узлов и участков – по одному-два номера. Кроме того, в целом для района предусматривается резерв номеров при намечающемся строительстве новых.

Однако емкости ЕСР в определенный момент стало не хватать. В качестве выхода было предложено добавить дополнительный знак в сетевой номер станции. Таким образом, в настоящее время *первые два* разряда, как и ранее, несут информацию о номере сетевого района, а *последующие три* – о номере станции внутри района.

Еще ранее изменениями ЕСР 1984 года предусмотрено дополнение кода станции **защитным знаком**, который приписывают справа к номеру станции.

На железных дорогах СНГ и стран Балтии существует ряд методов проверки достоверности информации, наиболее распространенным из которых является **метод контрольных чисел**, устанавливающий защиту кода объекта.

Пусть $a_1, a_2, \dots, a_i, a_n$ – некоторая цифровая последовательность. Цифра a_{n+1} является контрольной для этой последовательности, если для нее выполняется условие

$$\sum_{i=1}^{n+1} Z_i a_i = 0 \pmod{K}; i = 1, 2, \dots, n;$$

$$0 < Z_i < K; Z_{n+1} = 1,$$

где $\{Z_i\}$ – весовой ряд; K – модуль.

Вариантов защиты, основанных на этом принципе, может быть сколько угодно. Для защиты кодов станций широко используется метод с модулем $K = 11$. Весовой ряд имеет вид $\{Z_i\} = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 1, 2, \dots$. В том случае, если контрольное число получается двузначным, например, $a_{n+1} = 10$, весовой ряд сдвигают на две позиции. Он принимает вид 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 1, 2, 3, 4, ..., и расчеты повторяются. Если контрольное число вновь окажется равным 10, то ему присваивается значение 0. Защитный знак определяется как остаток числа от деления суммы поразрядных произведений весового ряда и цифр номера станции на модуль K .

Идентификация поездов

В настоящее время на сети железных дорог действует трехзначная нумерация для скорых, скоростных и пассажирских поездов (с 1 по 998) и четырехзначная – для пригородных (с 6001 по 6998) и грузовых различных категорий. В действующей системе нумерации поездов следует отметить ряд недостатков. Для пассажирских поездов она имеет малую емкость, не соответствующую размерам движения. Из-за этого одинаковые номера используют для различных поездов, что осложняет управление движением и обслуживание пассажиров на основе использования подсистем АСУЖТ, предполагающих высокую степень централизации управления и конкретизации объектов.

Хотя емкость системы нумерации грузовых поездов значительно больше, она допускает повторное использование номера поезда на одном направлении, а также изменение номера поезда при переходе с одного участка на другой. Для однозначного определения конкретного поезда используется система, в которой кроме номера поезда вводится информация о категории поезда, его признаках, станциях отправления и назначения. Для этого каждому грузовому поезду присваивается неизменяемый *индекс*, однозначно характеризующий данный состав на всем пути следования – от станции формирования до станции назначения (расформирования). Индекс

состоит из десяти цифр, первые четыре из них – код станции в соответствии с ЕСП, три следующие – номер состава, остальные четыре – код станции назначения по ЕСП. Составы нумеруют по каждому направлению или назначению порядковыми номерами от 001 до 999. После присвоения очередному составу номера 999 следующим составам присваиваются номера 001, 002, 003 и т. д. Номера составов фиксируют в специальном журнале.

При составлении натурального листа на составы из порожних вагонов, следующих по регулировочному заданию, вместо кода станции назначения проставляется четырехзначный цифровой код, характеризующий род вагонов в составе: крытые – 0020, платформы – 0040, полувагоны – 0060, цистерны – 0070 и т. д. При наличии в составе поезда порожних вагонов двух родов проставляется комбинированный код, при этом первым ставится меньший код. Например, для составов из крытых вагонов и платформ – 0024, платформ и полувагонов – 0046, цистерн и прочих – 0079.

В сочетании с номером поезда, характеризующим его категорию, индекс обеспечивает достаточно полную характеристику состава поезда.

Нумерация подвижного состава

С 1963 года на железных дорогах действует семизначная *нумерация грузовых вагонов*, по которой можно установить род вагона, осьность, объем кузова и другие характеристики. В связи с появлением новых типов вагонов (двухъярусных платформ, зерновозов и т. д.) и исключением из парка двухосных вагонов в 1984 году в систему нумерации вагонов были внесены изменения. Значительно полнее, чем раньше, в номере вагона отражены такие важные его характеристики, как длина, масса тары, грузоподъемность. Всего выделено более 180 типов грузовых вагонов, в том числе более 60 типов транспортеров.

В каждом роде подвижного состава типы вагонов сгруппированы по объединяющим их признакам. Как правило, внутри группы вагоны «расставлены» по длине, т. е. для типов вагонов, имеющих большую длину, установлена большая по значимости нумерация. Внутри групп предусмотрена резервная емкость, которая используется для перспективных вагонов или при увеличении числа вагонов данного типа. Так, первая цифра означает род вагона: 2 – крытые грузовые вагоны; 4 – платформы; 6 – полувагоны, 7 – цистерны; 8 – изотермические; 3 и 9 – прочие вагоны (специальные и другие); 5 – вагоны – собственность других министерств; 0 – пассажирские вагоны; 1 – локомотивы, путевые машины, краны и другие механизмы на железнодорожном ходу.

Вторая цифра для всех видов вагонов, кроме прочих, номер которых начинается с 3, кодирует осьность: цифры 0–8 означают четырехосные, 9 –

восьмиосные вагоны. Все шестиосные вагоны и транспортеры отнесены к прочим вагонам (у шестиосных вагонов вторая цифра номера – 6, у транспортеров – 9). Седьмая цифра номера вагона несет информацию о наличии у вагона переходной площадки.

Основные типы грузовых вагонов и их нумерация приведены в приложении А.

С 1984 года введена «защита» номера вагона, которая предусматривает добавление восьмой (контрольной) цифры номера вагона. С ее помощью проверяют правильность передачи и записи номера в документах. Для защиты номеров вагонов с целью стандартизации методов контроля на железных дорогах СНГ и Западной Европы использован способ, предложенный комиссией ОСЖД-МСЖД в 1963 году (модуль $K = 10$). Весовой ряд имеет вид $\{Z_i\} = 2, 1, 2, 1, \dots$, при этом каждая нечетная цифра номера вагона, считая справа, умножается на 2, а четная – на 1. Затем выполняется поразрядное сложение полученных произведений и определяется цифра, дополняющая полученную сумму до ближайшего числа, кратного 10.

В 1984 году изменена также система нумерации пассажирских вагонов с четырехзначной на семизначную с восьмым контрольным знаком. Номер пассажирского вагона, как отмечено выше, начинается с нуля, две следующие цифры несут информацию о дороге приписки, 5–7-й знаки составляют порядковый номер вагона. Четвертый знак означает: 0 – мягкий и мягко-жесткий; 1 – купейный; 2 – жесткий открытый; 3 – с креслами и местами для сидения; 4 – почтовый и банковский; 5 – багажный и почтово-багажный; 6 – ресторан; 7 – служебно-технический; 8 – специальный вагон других министерств и ведомств; 9 – резерв.

Номера локомотивов, электропоездов, дизель-поездов, мотовозов, автомотрис и т. д., а также специальных машин и механизмов на рельсовом ходу начинаются всегда с 1. Второй знак является признаком локомотива или машины; 0 – паровозы; 1 – электровазны односекционные; 2 – электровазны многосекционные; 3 – электропоезда; 4 – метрополитен; 5 – тепловозы односекционные; 6 – тепловозы многосекционные; 7 – дизель-поезда и автомотрисы; 8 – специальный тяговый подвижной состав (мотовозы, автодрезины и т. д.); 9 – путевые машины.

По третьему и четвертому знакам номера локомотива можно установить его основную техническую характеристику: для какого вида движения используются, серия локомотива, тип передачи и т. д. Аналогично для путевых машин эти знаки означают назначение машины и ее серию.

Пример расчета

Контрольная цифра для остановочного пункта, имеющего код 34562, определяется умножением на весовой ряд 1, 2, 3, 4, 5 ...

$$\begin{array}{r} 34562 \\ \times \underline{12345} \\ \hline 38152410 \end{array}$$

Результат произведений складывается и делится на модуль $K = 11$, т. е. $3 + 8 + 15 + 24 + 10 = 60$; $60 : 11 = 5(5)$. Остаток от деления (5) и есть искомая контрольная цифра. Защитный код станции будет 345625.

С помощью этого метода кодовой защиты можно выявить все случаи неправильного указания цифр и их перестановок, а также ошибки других видов.

Контрольная цифра для номера вагона 2467766 определяется поразрядным умножением цифр номера на весовой ряд:

$$\begin{array}{r} 2467766 \\ \times \underline{2121212} \\ \hline 4412714612 \end{array}$$

Рассчитывается поразрядная сумма: $4 + 4 + 1 + 2 + 7 + 1 + 4 + 6 + 1 + 2 = 32$. Последующим за 32 числом, кратным десяти, является 40. Дополняющим до 40 будет число 8 ($K_{зн} = 40 - 32 = 8$). Оно и является контрольной восьмой цифрой номера вагона. Номер вагона будет выглядеть так: 24677668.

Контрольные вопросы

- 1 Какова основная цель кодирования объектов транспорта? Какие объекты подлежат кодированию?
- 2 С какой целью были введены контрольные знаки для кодов станций и номеров вагонов?
- 3 Какую информацию несет в себе номер подвижного состава?
- 4 Что такое весовой ряд?
- 5 Какие недостатки имеются в существующей системе идентификации поездов?

Практическая работа № 2

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СООБЩЕНИЙ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Цель работы. Освоить основные методы обнаружения ошибок. Изучить структуру сообщения о составе поезда. Получить навыки определения форматных и логических ошибок в информационных сообщениях.

Сведения из теории

Совокупность единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации, унифицированных систем документации (УСД), массивов технико-экономической информации, методов их организации, хранения и контроля представляет собой *информационное обеспечение*. Это одна из важнейших частей информационных систем.

Для удобства пользования и создания условий эффективной обработки информацию классифицируют и кодируют.

Основой функционирования информационной системы является информационный процесс, характеризующийся определенными фазами преобразования информации, основные из которых нашли отражение в подсистемах комплекса технических средств.

Классификация оказывается необходимой в ряде случаев, например, при хранении информации, когда накапливаемые данные должны храниться в форме, удобной для последующего их извлечения. При этом выбираются определенные классификационные признаки, которые вносятся в саму информацию и хранятся вместе с основной информацией. Весьма существенной операцией работы с данными является *синтез*. Эта операция необходима в случае, когда требуется объединить отдельные составляющие данные по одному и тому же вопросу в совокупность данных для получения единой логически связанной информационной фразы. Независимо от фазы преобразования информации каждый вид ее обладает определенными характеристиками.

Во время подготовки, передачи и обработки информация может искажаться, вследствие чего снижается достоверность выходной информации и эффективность функционирования системы. В терминологии информационных систем различают понятия «верность» и «достоверность» информации. Под *верной* понимают информацию, правильно (точно), адекватно отражающую описываемый процесс, состояние объекта управления. Термин «верность» характеризует информацию о производственно-хозяйственной деятельности предприятия с качественной стороны. *Достоверность* же определяет информацию с точки зрения неискаженности ее формального содержания в процессе преобразования. Термин «достоверность» главным образом применяют для оценки степени точности (неискаженности) информации после очередной фазы ее преобразования, т. е. характеризует информацию с количественной

стороны. Достоверность информации достигается соответствием информации действительному положению дел на объекте управления и заданным уровнем обеспечения надежности преобразования ее различными техническими средствами на разных фазах переработки.

Основные причины снижения достоверности выходной информации в информационных системах – искажение из-за сбоев и отказов аппаратуры подготовки данных (АПД), передачи, обработки и отображения ее; воздействие электромагнитных и других помех при передаче, хранении и обработке информации; алгоритмические и программные ошибки; ошибки человека-оператора как звена информационной системы.

Чтобы оценить возможность безошибочной подготовки, передачи, обработки информации на всех этапах технологического процесса ее переработки, вводят *коэффициент достоверности преобразования информации*, который равен отношению достоверно принятых знаков к общему числу переданных знаков.

Методы обнаружения ошибок

Обеспечение необходимого уровня достоверности преобразования информации включает методы обнаружения допущенных ошибок и мероприятия по предотвращению их возникновения.

Методы обнаружения ошибок базируются на анализе информации по синтаксическому и семантическому содержанию. В первом случае контролируют элементарные составляющие информации – знаки, во втором – смысловое содержание информации, ее логичность, согласованность данных.

Мероприятия по обнаружению ошибок в первичной информации должны способствовать выявлению максимально возможного числа видов ошибок (в реквизитах, формате сообщения и т. п.); использованию минимальной информационной избыточности; применению наименьшего числа дополнительных технических средств по сравнению с основным оборудованием; обеспечению сквозного контроля информации на всех фазах ее преобразования; возможности использования для широкого круга задач с различным характером информации и разными схемами технологии преобразования; обеспечению минимальных текущих и капитальных затрат.

Универсального метода контроля, который удовлетворял бы всем перечисленным требованиям, нет. Поэтому обеспечение заданной достоверности итоговых данных достигается только комплексным применением ряда конкретных методов.

Необходимая достоверность подготовки первичной информации и ее дальнейшая переработка обеспечиваются при использовании

информационной и аппаратурной избыточности, усложнении алгоритмов и программ для внутрисистемного контроля правильности информации, увеличении трудовых затрат на подготовку данных.

К *основным методам обнаружения ошибок* в информации, которые базируются на информационной и программной избыточности, относят метод контрольных сумм, защиту кодов и реквизитов контрольным разрядом, контроль формата сообщения, программно-логические методы контроля.

Метод контрольных сумм получил широкое распространение при подготовке первичной информации и контроле правильности ввода массивов данных в систему, контроле правильности считывания и записи информации на внешние накопители. Контрольной суммой при обработке первичных документов с одновременным занесением информации на носители можно охватывать все реквизиты строки, столбца документа или их часть. При использовании контрольной суммы по строке документа вначале пореквизитно суммируют все показатели строки. Итоговую сумму заносят в соответствующую графу документа. В дальнейшем при занесении информации на машинный носитель эту контрольную сумму вводят в счетчик устройства регистрации, регистрируемые данные пореквизитно вычитают из контрольной суммы. Регистрацию считают правильной при нулевом значении счетчика после занесения на машинный носитель последнего реквизита.

Для контроля правильности ввода информации определяют контрольные суммы по массивам вводимой информации. Программным путем предусматривают суммирование разрядов вводимых массивов информации и сравнение результата с занесенной контрольной суммой в конце массива. При совпадении контрольных сумм информацию считают введенной правильно.

Преимущества метода контрольных сумм – высокая эффективность, возможность выявления ошибок различного характера, реализации аппаратным (в точках регистрации информации) и программным (при вводе информации в ЭВМ) путем.

При *методе защиты реквизитов контрольным разрядом* их кодовое обозначение дополняют рассчитанным по определенному алгоритму контрольным разрядом. Если правильность записи кода контролируется автоматически, то по тому же алгоритму вычисляется значение контрольного разряда и сравнивается с имеющимся в коде. Совпадение их указывает на отсутствие ошибок. Данный метод контроля характеризуется достаточной эффективностью, возможностью реализации автоматически в местах регистрации информации и программным путем при вводе и обработке информации в ЭВМ. Метод обеспечивает контроль информации, защищенной контрольным разрядом, на всех фазах ее преобразования, не

требует дополнительных трудовых затрат для контроля регистрируемой информации. Вместе с тем контролем охватываются только реквизиты, защищенные контрольным разрядом.

Метод контроля формата сообщения основан на использовании внутренней избыточности информации и проверяет ее формальное содержание. Внутренняя избыточность информации обусловлена различными связями и закономерностями, существующими внутри макетов сообщений и между отдельными сообщениями. Контроль состоит в проверке структуры сообщения на соответствие ее определенному макету. Число реквизитов в документе (или число входящих в него групп реквизитов)

$$D = d_n + ml, \quad (2.1)$$

где d_n – число информационных слов постоянной части документа; m – число групп; l – число реквизитов в группе.

Разновидностью метода контроля формата сообщения является метод шаблонов. Им проверяют наличие у реквизитов определенных формальных признаков. Например, если известно, что реквизит состоит из трех букв и пяти цифр, проверяют его в сообщении на соответствие данному условию. Могут быть предусмотрены операции контроля числа разрядов в реквизитах постоянной длины, наличие в передаваемом сообщении определенных служебных знаков и др.

Программно-логические методы контроля основаны на использовании внутренней избыточности экономической информации и проверяют ее формальное содержание. Внутренняя избыточность информации обусловлена различными связями и закономерностями, существующими внутри макета сообщения и между отдельными сообщениями. Контроль состоит в проверке структуры сообщения на соответствие ее определенному макету, числа реквизитов в документе (или числа входящих в него групп реквизитов).

К важным мероприятиям по обнаружению и уменьшению ошибок в первичной информации относят *введение аппаратной избыточности* и увеличение трудовых затрат на контроль правильности занесения данных на машинные носители. Введение, например, блока индикации набираемой информации в устройствах ввода позволяет обеспечить визуальный контроль регистрируемой информации. Большой эффект дает введение в устройства ввода данных блока отображения вводимой информации. Блок позволяет получить электронную копию вводимой информации (данную информацию можно позже вывести на печать), которая является документом и может участвовать в документообороте. Подобная аппаратная избыточность также обнаруживает ошибки, допущенные оператором.

Методы обнаружения ошибок и повышения достоверности при передаче информации по каналам связи можно разделить на три группы:

- основанные на повторении передачи символа или сообщения с последующим сравнением принятых текстов;
- предусматривающие использование избыточного кодирования;
- основанные на передаче данных с применением обратной связи.

В первой группе методов сообщение или отдельные символы информации передаются по каналу связи трижды. Приемная аппаратура запоминает и сопоставляет все три комбинации и принимает решение по «большинству», т. е. если два сообщения из трех совпали, то их и считают истинными. Вероятность того, что все три комбинации окажутся различными, очень мала. Вторую группу методов применяют для проверки правильности передачи кодированной информации, защищенной контрольным разрядом. В месте приема контрольный разряд кода реквизита автоматически вычисляется повторно по тому же алгоритму, что и был использован при кодировании информации, и сравнивается с принятым по каналу связи. Третью группу используют для посылки по обратному каналу от приемника к отправителю переспроса обнаруженной ошибки в месте приема, после чего переданное сообщение в исправленном виде передается повторно. Разновидностью этой группы методов является передача сообщений с информационно обратной связью. Сущность ее состоит в следующем. Каждый символ (или сообщение), прежде чем быть окончательно принятым в пункте приема, передается по обратному каналу в пункт передачи для сравнения. Только после получения из пункта передачи подтверждающего сигнала о правильности комбинации сообщение принимается окончательно. При таком методе одновременно используются прямой и обратный каналы, что увеличивает стоимость передачи данных. Однако при этом обеспечивается довольно высокая достоверность (до $1 \cdot 10^{-8}$). Методы контроля с обратной связью можно использовать при оснащении каналов связи специальной аппаратурой.

Мероприятия по предотвращению ошибок могут дать значительно больший эффект в сравнении с мероприятиями по обнаружению ошибок, поскольку исправление допущенных ошибок при машинной обработке информации обходится дороже исправления ошибок, допущенных при ручной обработке. Источниками ошибок в первичной информации являются технические средства и оператор. В связи с этим большое значение для уменьшения ошибок из-за технических средств имеет улучшение параметров средств регистрации, сбора и подготовки информации путем высокого уровня их конструирования и изготовления, соблюдения требований по режиму эксплуатации и технического обслуживания.

Таким образом, повышение достоверности информации, как правило, связано с введением информационной, структурной и алгоритмической (программной) избыточностей. *Информационная избыточность*

$$r_n = \left(1 - \frac{n_0}{n}\right), \quad (2.2)$$

где n_0 – число всех символов в кодовой комбинации, включая контрольные; n – число чисто информационных символов в кодовой комбинации.

Структурная избыточность

$$r_Q = \left(1 - \frac{Q_0}{Q}\right), \quad (2.3)$$

где Q_0 – число всех элементов в системе, включая введенные для контроля, резервные и т. д.; Q – число минимально необходимых элементов в системе.

Алгоритмическая избыточность

$$r_A = \left(1 - \frac{A_0}{A}\right), \quad (2.4)$$

где A_0 – число команд в алгоритме без специально введенных для повышения достоверности; A – число используемых в алгоритме команд, включая команды, обеспечивающие повышение достоверности.

При обосновании методов повышения достоверности передачи и переработки информации необходимо использовать комплексный подход, который базируется на принципах системности, экономичности и равнокомпонентности. *Принцип системности* состоит в том, что для существенного повышения достоверности необходимо учитывать все основные причины ошибок в информации, выдаваемой системой, независимо от причин их возникновения и этапов процесса переработки информации. Методы повышения достоверности, применяемые в системе, согласно *принципу экономичности* должны сравниваться и отбираться не только по их эффективности для повышения показателя достоверности информации, но и по затратам на реализацию. В соответствии с *принципом равнопрочности* затраты на повышение достоверности в системе нужно распределять так, чтобы максимально улучшить общий показатель достоверности выходной информации, не допуская при этом завышения одних характеристик системы по сравнению с другими. Комплексный подход позволяет выявить наиболее эффективные и экономически выгодные методы повышения достоверности результативной информации.

Формирование сообщения 02

и составление корректировочного сообщения

Сообщения, используемые в информационных системах на железнодорожном транспорте состоят из полей, объединяемых во фразы.

Поле – совокупность символов, которая для определенных целей рассматривается как целое.

Фраза – минимальная, логически законченная порция информации, объединенная общим смыслом (строка документа). В сообщении 02 различают три типа фраз: служебную, информационную и итоговую.

Структура служебной фразы наиболее массового сообщения в информационных системах на железнодорожном транспорте – телеграммы – натурального листа грузового поезда (сообщения 02) приведен в таблице 2.1.

Правила формирования структуры сообщения сводятся к следующему:

- сообщение образует совокупность символов информации, заключенных между кодами начала – «(:» и конца – «:»» сообщения;

- сообщение содержит одну фразу, первым словом которой является цифровой код номера сообщения *Ns*;

- сообщение может содержать одну или несколько информационных фраз, размещаемых последовательно за заглавной фразой;

- структуру заглавной и информационной фраз для условий последовательного списка определяет *Ns*;

- разделителем фраз является символ «Ввод»;

- разделителем слов выступает код «Пробел»;

- кроме отдельных, строго определенных полей, вся информация передается на цифровом регистре;

- после строго определенных слов допустимо применение служебного символа, устанавливающего пропуск некоторых полей в информационной фразе;

- определяются комбинации исправления: слова в фразе (=), фразы (??), всей ранее переданной части информации (:).

Структура телеграммы натурального листа состоит из трех основных частей:

- служебной фразы (первая строка сообщения);

- информационной фразы (все последующие строки);

- итоговой.

Т а б л и ц а 2.1 – Структура служебной фразы сообщения 02

П1	П2	П3	П4	Индекс поезда			П8	Дата	Время	П13	П14	П15	П16		
				отправления поезда											
				П5	П6	П7		П9	П10					П11	П12
(:	02	15000	2102	15000	001	18006	1	10	11	12	05	060	3200	...	ВК

Служебная фраза состоит из 19 показателей (без учета позиций начала и окончания сообщения) и имеет следующую структуру.

Позиция 1 – признак начала сообщения.

Позиция 2 – код сообщения 02.

Позиция 3 – код станции передачи информации, кодируется пятью знаками по единой разметке (ЕСР).

Позиция 4 – номер поезда (4 знака). При вводе ТГНЛ в АСУ до отправления поезда разрешается указывать фиктивный номер – 2222.

Позиция 5 – код станции формирования поезда, кодируется пятью знаками по ЕСР.

Позиция 6 – порядковый номер состава, кодируется тремя знаками от 001 до 999; нулевого номера состава не должно быть.

Позиция 7 – код станции назначения поезда, кодируется пятью знаками до ЕСР. Для поездов из порожних вагонов проставляется условный код станции назначения (0020, 0040, 0060 и т. п.).

Совокупность позиций 5–7 образует индекс поезда, который не должен меняться на всем пути следования поезда до станции расформирования. Не допускается повторение индексов поездов, находящихся в пределах дороги. Если со станции, являющейся станцией формирования поезда, поступает ТГНЛ с индексом, уже имеющимся по другому поезду, то система присваивает третий знак порядковому номеру этого состава (слева относительно двух основных) и информирует об этом абонента. При запросе документов на такой поезд в индексе надо указывать трехзначный порядковый номер состава. В натурном листе, следующем с документами, надо добавить третий знак в порядковом номере состава.

Позиция 8 – признак списывания состава: 1 – с головы, 2 – с хвоста.

Позиции 9, 10 – дата отправления поезда. В позиции 9 с двумя знаками проставляется число и через пробел в позиции 10 двумя знаками – месяц.

Позиции 11, 12 – время окончания формирования состава. В позиции 11 двумя знаками проставляются часы и через пробел в позиции 12 двумя знаками – минуты окончания формирования состава на станции формирования.

Позиция 13 – условная длина поезда, указывается трехзначным числом. При длине меньше 100 впереди добавляются нули до трех знаков.

Позиция 14 – масса брутто поезда, указывается 4- или 5-значным числом. При массе меньше 1000 впереди добавляются нули до четырех знаков.

Позиция 15 – код прикрытия поезда. Одним знаком проставляется код прикрытия наиболее опасного груза в составе поезда. Приоритеты кодов прикрытия определяются такой последовательностью: 9, 3, 5, 6, 4, 8, 1, 2. В случае отсутствия прикрытия у поезда в этой позиции ставится 0.

Позиции 16, 17 – код верхней негабаритности (позиция 16) и код боковой негабаритности (позиция 17). Одним знаком проставляется код наибольшей степени негабаритности груза из имеющихся в сведениях о вагонах в графе «Примечания».

Позиция 18 – отметка о живности. При наличии в составе поезда вагонов с живностью указывается код 1, в противном случае ставится 0.

Позиция 19 – отметка о маршруте:

0 – поезд не является маршрутом;

1 – отправительский или ступенчатый маршрут прямой;

2 – отправительский или ступенчатый маршрут в распыление;

3 – отправительский или ступенчатый маршрут с переломом массы;

4 – маршрут кольцевой.

Условную длину, массу брутто, особые отметки в служебной фразе ТГНЛ, кроме отметки о маршруте, ЭВМ вычисляет на основе особых отметок у вагонов. Поэтому у всех поездов, кроме маршрутов, разрешается передавать только 11 показателей.

Информационная фраза состоит из 15 показателей, обязательным является наличие первых трех (по «ролики» включительно). Общий вид информационной фразы приведен в таблице 2.2. У первого вагона обязательными являются первые четыре показателя. Количество информационных фраз соответствует количеству вагонов в составе поезда.

Т а б л и ц а 2.2 – Структура информационной фразы сообщения 02

П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11	П12	П13	П14	П15
01	28543460	1	040	82003	16124	2965	0	0	0	0	00/00	00000	000	ПРВ

Позиция 1 – номер вагона по порядку (2–3 знака), начинается с 01 и непрерывно увеличивается на единицу.

Позиция 2 – инвентарный номер вагона (8 знаков).

Позиция 3 – отметка о роликовых подшипниках (1 знак): 0 – подшипники скольжения; 1 – роликовые подшипники.

Позиция 4 – масса груза в тоннах, указывается трехзначным числом. При массе меньше 100 тонн впереди добавляются нули до трех знаков.

Позиция 5 – код станции назначения по единой сетевой разметке (5 знаков), находится в пределах от 01000 до 99999.

Позиция 6 – код груза (5 знаков) в соответствии с единой тарифно-статистической номенклатурой грузов. Условные коды грузов:

00100 – мелкие отправки;

00200 – среднетоннажные контейнеры;

00300 – крупнотоннажные контейнеры.

Позиция 7 – код получателя (4 знака). Проставляется для всех груженых вагонов на основании вагонного листа. В этой позиции проставляются также условные коды:

- 0011 – мелкие отправки под выгрузку;
- 0021 – мелкие отправки под сортировку;
- 0031 – мелкие отправки под выгрузку и сортировку;
- 0012 – контейнеры под выгрузку;
- 0022 – контейнеры под сортировку;
- 0032 – контейнеры под выгрузку и сортировку;
- 0013 – вагоны в речной порт под перевалку во внутреннем сообщении;
- 0023 – вагоны в речной порт под перевалку в международном сообщении;
- 0033 – вагоны в морской порт под перевалку в международном сообщении;
- 0043 – вагоны в морской порт под перевалку в третьи страны;
- 0053 – под перегрузку на узкую колею;
- 0004 – под переадресовку.

Позиция 8 – маршрут, нерабочий парк. В этой позиции для маршрутов должен быть проставлен код 2, для групп вагонов, следующих по одной накладной, – код от 3 до 6, для вагонов сцепа – коды 7, 8, для вагонов нерабочего парка – код 9, для категорий перевозки «груз на своих осях» (вагоны, начинающиеся с цифры 3) – код 1.

Позиция 9 – код прикрытия, проставляется одним знаком и принимает значения от 1 до 9. Для вагонов, не требующих прикрытия, в этой позиции указывается 0.

Позиция 10 – негабаритность, живность, длиннобазные вагоны, вагоны, не подлежащие роспуску с горки. Эта графа заполняется в соответствии с таблицей 2.3.

Т а б л и ц а 2.3 – Коды заполнения позиции 10 информационной фразы сообщения 02

Признак вагона (груза)	Код
Живность	1
Вагоны с негабаритным грузом	3
Длиннобазные вагоны	5
Вагоны, требующие осторожности при роспуске с горки	6
Вагоны с грузом, не подлежащие роспуску с горки	7
Вагоны с грузом, а также подвижной состав, не подлежащие пропуску через горку	9

Если вагон (груз) обладает несколькими признаками, то проставляется код с бóльшим значением.

Позиция 11 – количество пломб. Одним знаком указывается количество пломб на вагоне.

Позиция 12 – сведения о контейнерах. Указывается количество перевозимых контейнеров в физических единицах. Числителем показываються груженые, а знаменателем – порожние контейнеры. В одном вагоне не могут быть и среднетоннажные, и крупнотоннажные контейнеры.

Позиция 13 – входная пограничная станция. Указывается код входной пограничной станции согласно ЕСР (5 знаков). Во внутривнутриреспубликанском сообщении данная графа не заполняется.

Позиция 14 – тара вагона. Проставляется трехзначный код массы тары вагонов, локомотивов в недействующем состоянии (для 7-значной нумерации), путевых машин и механизмов (для 7-значной нумерации) в соответствии с приложением 2 [11].

Позиция 15 – примечание (дополнительные сведения, характеризующие вагон). Указывается не более чем шестью алфавитно-цифровыми символами без пробелов:

ОХР – сопровождение военизированной охраны;

СКР60 – требование ограничения скорости (например, до 60 км);

ПАСС – пассажирские вагоны всех типов для перевозки пассажиров;

ПЧТ – почтовые и почтово-багажные вагоны;

БАГ – багажные вагоны;

ПР – остальные пассажирские вагоны;

ПРВ – вагон с проводником;

ПЕРЕСЛ – вагон, пересылаемый в ремонт по сопроводительным листам формы ВУ-26;

МЕТАНЛ – вагон загружен метанолом;

СЦЕП – отметка о сцепе;

АРЕНДА – арендованные вагоны;

ПРГ – прикрытие опасного груза;

ПЗ – повышенная загрузка вагона;

ПРЧ – прицепная часть к маршруту с переломом массы;

ПОР – порожний вагон в составе груженого маршрута или в составе группы вагонов, идущих по одной накладной.

Для рефрижераторных секций и поездов указываются тип и номер секций, например:

210051 – рефрижераторный поезд номер 51 из 21 вагона;

050536 – рефрижераторная секция номер 536 из 5 вагонов.

Для вагонов, начинающихся с цифры 3, указываются род вагона (первый знак) и осьность (второй знак), например:

- 24 – крытый 4-осный;
- 66 – полувагон 6-осный;
- 94 – прочий 4-осный.

Для маршрутов указывается номер маршрута – от 010001 до 999999, для кольцевых маршрутов – от 010010 до 997109.

NXXXX – вагоны с негабаритным грузом, например H3528. Пятизначный индекс негабаритности обозначает:

- 1-й знак – всегда буква «Н»;
- 2-й знак – степень нижней негабаритности (от 1 до 6);
- 3-й знак – степень боковой негабаритности (от 1 до 6);
- 4-й знак – степень верхней негабаритности (от 1 до 3);
- 5-й знак – вертикальная сверхнегабаритность (8). Отсутствие негабаритности в любой зоне отмечается знаком «0» в соответствующем знаке индекса негабаритности.

Первичная программная обработка сообщения включает следующие процедуры: поиск начала и конца текста сообщения в массиве введенных данных по кодовым комбинациям начала «(:» и конца «:») сообщения; анализ размещенных вслед за комбинацией «(:» цифрового кода типа сообщения и выбор по коду соответствующего предписания (паспорта) порядка обработки сообщения; перекодировка сообщения к виду машинного макета для последующего использования; логический контроль сообщения; корректировка (с участием операторов) обнаруженных ошибок.

На этапе обработки информационные системы предоставляют широкие возможности для контроля информации, включающего не только такие простые проверки, как контроль формата реквизитов сообщения и сопоставление их значений с возможными (граничными) значениями, но и более сложные проверки, выявляющие логическую противоречивость элементов внутри сообщения, а также информационных моделей и вновь поступивших сообщений. Например, при контроле телеграмм-натурных листов информационная система делает несколько десятков типов проверок. Каждый выявленный случай нарушения формата или обнаружения логической ошибки сообщается оператору, который должен передать корректировочное сообщение 09. В результате обработки программой этого сообщения в ТГНЛ могут быть проведены замена ошибочной фразы или поля, вставка пропущенной фразы, дополнение натурального листа в случае прицепки вагонов к поезду и т. д.

В результате форматного и логичного контроля сообщения 02 могут быть выявлены ошибки. Перечень ошибок структурного и логического контроля приведен в приложении Б.

Пример расчета

Выполним форматный и логический контроль телеграммы-натурного листа (сообщение 02).

1 Служебная фраза (приведена с сокращениями):

(: 02 2800 1221 86004 77 2221 2 71 10 01 76

Описание обнаруженных ошибок приведено в таблице 2.4.

Т а б л и ц а 2.4 – Перечень ошибок, обнаруженных в служебной фразе

Номер ошибки	Характер ошибки
11	Несоответствие пункта передачи информации пункту свершения операции
16	Недопустимое значение показателя (число месяца не может быть > 31, величина минут не может быть > 60)
17	Количество знаков в коде пункта передачи информации и станции назначения меньше допустимого (должны иметь пять знаков)

2 Информационная фраза:

05 004823 4 32 7010 01048 2243 ВКПС

Описание обнаруженных ошибок приведено в таблице 2.5.

Т а б л и ц а 2.5 – Перечень ошибок, обнаруженных в информационной фразе

Номер ошибки	Характер ошибки
16	Указан несуществующий номер вагона
17	Количество знаков в номере вагона < 8
16	Неверно указаны сведения о роликовых подшипниках (должны быть "1" или "2")
17	Код массы груза должен иметь 3 знака
17	Код станции назначения должен иметь 5 знаков

Контрольные вопросы

1 Как Вы понимаете термины «верность информации» и «достоверность информации»?

2 Какие методы обнаружения ошибок Вы знаете?

3 Каким образом рассчитываются информационная, структурная и алгоритмическая избыточности?

4 Какая информация содержится в служебной фразе сообщения 02? Что такое индекс поезда?

Практическая работа № 3

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ И ПАССАЖИРОВ

Цель работы. Изучить методологию исследования информационных потоков и используемый математический аппарат. Усвоить необходимые практические навыки инженерных расчетов.

Сведения из теории

Информационный поток – это последовательность однородных сообщений, документов, запросов. Поток можно характеризовать следующими показателями:

интенсивностью потока – средним числом сообщений, поступающих в единицу времени (например, в течение одного часа). Если интенсивность потока не изменяется во времени, то поток является стационарным;

средним объемом информации (числом символов), поступающих в единицу времени (например, в течение одного часа);

коэффициентом концентрации потока – показателем неравномерности в течение заданного периода, характеризующимся отношением среднего числа сообщений (или объема информации), поступающих в определенный период (например, в течение часа) наибольшей нагрузки, к среднему числу сообщений в течение заданного периода (например, суток).

Перечисленные характеристики потока могут быть определены на основе данных наблюдений (экспериментальных данных).

При аналитических расчетах характеристик информационных систем, проводимых на этапе проектирования, необходимо использовать ту или иную модель потока сообщений. Модель потока определяется следующей совокупностью свойств:

– *ординарностью* – события появляются поодиночке, вероятность того, что на интервале длиной Δt появится два и более события, стремится к нулю при уменьшении Δt ;

– *отсутствием последействия* – поток событий называется потоком без последействия, если для любых непересекающихся интервалов времени числа событий, попадающих на эти интервалы, являются независимыми случайными величинами;

– *стационарностью* – вероятностные характеристики не меняются во времени. Если поток ординарный и без последействия и, следовательно, числа событий на непересекающихся интервалах одной и той же длины являются независимыми случайными величинами, то в случае стационарного потока все эти величины будут иметь один и тот же пуассоновский закон распределения, т. е. интенсивность потока будет постоянной.

Стационарный ординарный поток без последействия называется *стационарным пуассоновским или простейшим* потоком события.

На железнодорожном транспорте потоки сообщений часто можно рассматривать как периодически нестационарные. Это означает, что количественные характеристики потока (интенсивность) меняются в течение периода заданной длины (например, в течение суток), а затем эта закономерность периодически повторяется. Суточную периодичность имеют потоки сообщений о прибытии поездов, потоки запросов в информационно-справочные системы вокзалов, потоки заявок на приобретение или резервирование билетов и т. д. При этом в течение суток часто можно выделить интервал времени, где поток имеет наибольшую и неизменную интенсивность.

Периодическое (суточное) повторение закономерностей изменения характеристик потока позволяет рассматривать реализацию, полученную в течение n суток, как n реализаций суточного процесса.

В АСУ железнодорожного транспорта имеются вполне установившиеся потоки информации, которые циркулируют по каналам связи. Информация в системах передается, принимается и перерабатывается. Следовательно, система может иметь количественные характеристики информационных сообщений. Такими характеристиками являются производительность системы в целом, ее уровень и элементов, их пропускная способность, скорость передачи данных и другие параметры.

При оценке количества информации, прежде всего, возникает вопрос о виде исходной информации, поэтому измерение ее количества в значительной степени зависит от подхода к самому понятию информации, т. е. к ее содержанию. В настоящее время существуют три основные теории, в которых к понятию содержательного характера информации подходят с разных позиций.

Статистическая теория оценивает информацию в системе управления с позиции меры неопределенности, снимаемой при получении информации. Как правило, она не затрагивает смысла передаваемой информации, т. е. семантического содержания. В статистической теории основное внимание

обращается на распределение вероятностей отдельных квантов слов, фраз, сообщений информации и построение на его основе некоторых обобщенных характеристик, позволяющих оценить качество информации о каком-то кванте.

Семантическая теория учитывает в основном ценность информации, ее полезность и тем самым помогает связать ценность информации и ее количество с эффективностью управления в системе.

Структурная теория рассматривает структуру построения отдельных информационных массивов, при этом за единицу информации принимают элементарные структурные единицы – кванты, и количество информации оценивается простейшим подсчетом квантов в информационном массиве.

В теории информации за единицу количества информации принято число сведений, которое передается двумя равновероятными символами или сообщениями. Она называется *двоичной системой информации*.

Расчет количества информации с помощью статистической меры

Статистическая мера информации связывает вероятность появления каждого информационного сообщения и количество информации. Для расчета среднего количества информации в информационном сообщении при равновероятностных появлениях событий используется формула, предложенная американским ученым Клодом Шенноном,

$$I = -\sum_{i=1}^k [(x_i) \log_2 P(x_i)], \quad (3.1)$$

где $P(x_i)$ – вероятность наступления события i ; k – число всех возможных исходов.

Из формулы (3.1) видно, что количество информации зависит от вероятности появления всех возможных событий, которая может быть установлена статистическим методом. Количество информации и появление каждого события определяется по формуле

$$I = -\log_2 I(x_{0i}). \quad (3.2)$$

Общее количество информации, обращаемой в АСУ, согласно статистической теории оценки информации может быть определено из условия

$$H_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^m f_{1i}(m_i) f_{2i}(t), \quad (3.3)$$

где $f_{1i}(m_i)$ – функция из числа контролируемых объектов; $f_{2i}(t)$ – функция времени, характеризующая частоту получения сведений о контролируемых объектах.

Общее количество информации $H_{\text{общ}}$ характеризует энтропию источника сообщений (парков станции, станций, узла, участка дороги) за определенный отрезок времени, функция $f_{1i}(m_i)$ – энтропию на один символ, а функция $f_{2i}(t)$ – число символов, выдаваемых i -м источником сообщений в единицу времени. Для получения аналитического вида функции $f_{1i}(m_i)$ необходимо иметь перечень контролируемых объектов и установить возможные их состояния. Источником этих данных являются статистические выборки. Для определения функции времени $f_{2i}(t)$ устанавливается частота поступления информации о ходе эксплуатационной работы на контролируемых объектах. Эта информация также может быть получена на основе обработки статистических данных наблюдений на АРМ работников.

Расчет количества информации с использованием семантической меры

Использование для расчетов количества информации, циркулирующей в автоматизированной системе управления, семантической теории базируется на таком свойстве информационного обеспечения оперативного руководства эксплуатационной работой, как ценность представляемой информации. Это свойство достаточно хорошо определяется энтропией. Энтропия – мера неопределенности состояния. Например, в информационной системе диспетчерского управления эксплуатационной работой неопределенность снимается за счет принятой диспетчером информации. Численно энтропия равна количеству информации, т. е. *энтропия является количественной мерой информации*. Понятие энтропии позволяет характеризовать функционирование системы с позиции целевой неупорядоченности в системе.

Целевую энтропию, т. е. неупорядоченность в управляющей информации, можно определить в следующем виде. Например, в системе диспетчерского управления эксплуатационной работой на дороге имеется три этапа преобразования информации: станционный, отделенческий, дорожный. Если возникает рассогласование выходного вектора системы относительно вектора цели на i -м этапе в виде q_i , то энтропия состояния объекта

$$H_y = \sum_{i=1}^n p_i \log_2 \frac{1}{q_i + 1}, \quad (3.4)$$

где p_i – вероятность появления рассогласования данных величиной q_i , равная 1.

Информация, используемая в системе оперативного планирования, эквивалентна энтропии, так как на начало планового периода она несет

сведения, полностью или частично выясняющие состояние каждой подсистемы, расположение поездов и вагонов, а также поездных локомотивов на полигоне дороги. Количество информации, получаемое при поступлении сведений о состоянии объектов планирования и дающее полное выяснение этого состояния, равно энтропии состояния объекта или может быть приравнено к ней, т. е.

$$I(X) = H(X). \quad (3.5)$$

Так как энтропия объекта планирования

$$H(X) = -\sum (p_i \log_2 p_i), \quad (3.6)$$

то

$$I(X) = -\sum (p_i \log_2 p_i). \quad (3.7)$$

Это означает, что в суммарном количестве информации, получаемой с объекта управления и планирования и из отдельных сообщений, имеются сведения о том, что объект планирования x находится в состоянии $X(t_{сб})$ на момент сбора информации $t_{сб}$.

В процессе разработки оперативного плана и управленческих решений наблюдения за объектами железнодорожного транспорта и сбор информации о состоянии этих объектов проводятся по отдельным периодам времени, когда это состояние выяснено в достаточной степени. В таких случаях собирается полная информация об объекте планирования, но при этом имеет место непосредственное использование для планирования работы подразделений вторичной информации, дополнительно доработанной на нижних уровнях управления и приведенной в соответствие с целями и задачами станционного и регионального уровней управления и планирования. Количество же информации, передаваемой на вышестоящий уровень управления, может быть либо меньше, либо больше количества информации, действительно получаемой при отражении перевозочного процесса в нижестоящих подсистемах.

Для железнодорожных систем характерно, что состояние установленной совокупности подсистем нижестоящего уровня управления $\sum X_i$ определяет общее состояние системы вышестоящего уровня управления (Z) (совокупное состояние станций определяет положение на отделении, а состояние отделений является определяющим для дорожной оперативной ситуации). При этом подсистемы $\sum X_i$ не могут однозначно определять состояние системы (Z). Это в конечном итоге приводит к тому, что энтропия подсистемы

$\sum X_i$ меньше, чем системы (Z).

Полная взаимная информация I_z , имеющаяся в подсистемах управления различных уровней, будет равна энтропии подсистемы нижестоящего уровня, т. е.

$$I_{(Z)} = H\{X\} + \Delta H(Z). \quad (3.8)$$

В большинстве случаев неопределенность информации возникает при информационном обмене:

- между станциями, когда имеет место искажение информации для достижения ранее поставленных целей;
- между станциями и диспетчерским центром управления, когда станции ставят себя в более выгодное положение по отношению к планируемым общерегиональным задачам;
- между диспетчерским центром управления и верхним уровнем управления на дороге, когда работники диспетчерского центра могут исказить передаваемую на верхний уровень информацию.

В этом случае энтропия информации определяет то ее количество, которое приходит к потребителю от источника. Это количество информации представляет собой разность между входной (начальной) и полученной потребителем информацией.

Расчет количества информации с помощью структурной меры

С помощью структурной теории в АСУ можно определить объемы потоков информации, циркулирующих между работниками оперативного персонала в виде макетов информационных сообщений, специальных отчетов, справок, характеристик, а также письменных указаний, распоряжений, приказов. Для определения числовых значений количества информации, содержащейся в этих документах, в каждом из них выделяется элементарная единица, на базе которой строится информационный массив документа. Такая элементарная единица несет постоянный объем информации, характеризующий конкретный показатель эксплуатационной работы участка или состояние одного из контролируемых объектов.

Простейшим подсчетом числа элементарных единиц в информационном массиве определяется объем информации в документе. Например, объем информации по используемым в работе поездного диспетчера показателям

$$I_{\text{вх}}^{\text{ДПЦ}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m I_{ji} k_{ji}, \quad (3.9)$$

где I_{ji} – объем информации о j -м показателе, поступающем к диспетчеру от i -го работника; k – периодичность поступления информации о m -м показателе за смену; m – количество показателей, поступающих от i -го работника; n – число оперативных работников, источников АСУ диспетчерского центра станции и других подразделений, передающих документы с показателями работы.

Как видно из формулы (3.9), в данном случае информационный массив о m -м показателе формируется за счет периодического поступления информации о нем в течение смены от соответствующих оперативных работников. По подобным формулам определяется объем информации в документах, характеризующих состояние контролируемых объектов (например, положение путей в парках технических станций) или их характеристики (например, характеристики состава поездов). При представлении в документах информации в виде десятичных знаков и текста производится перерасчет по принятой единице измерения информации.

Исходя из анализа функциональной деятельности оперативных работников и экспертных оценок информационных потоков сообщений устанавливается номенклатура необходимой информации для формирования и реализации оптимальных управленческих решений. Перечень необходимой информации устанавливается как для дорожного, так и для линейного уровней информации по согласованию с верхними и нижними уровнями управления. В соответствии с номенклатурой рассчитываются объемы информации. Расчеты производятся с использованием структурной теории, учитывающей объем информации на одну структурную единицу информационного сообщения.

Пример расчета

Рассмотрим пример расчета объемов информации. Для расчета принимаем следующие данные. На АРМ оперативного работника поступает информация двух видов: о поездах (β_1^1) и о грузовой работе (β_2^1). Длина сообщения о поезде составляет 200 символов, а о грузовой работе – 40. В таблице 3.1 приведена интенсивность поступления информации в течение суток по часовым периодам.

Т а б л и ц а 3.1 – Интенсивность поступления информации

Час суток	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
β_1^1	2	1	2	3	2	4	2	3	3	2	1	3	3	4	3	4	7	6	3	2	3	1	1	2
β_2^1	0	1	4	2	3	2	5	6	12	10	14	12	13	12	10	13	16	7	5	3	4	2	1	1

По формуле (3.9) определяется объем информации, поступающей на АРМ в течение каждого часа, символов в час:

$$V_1 = 2 \cdot 200 + 0 \cdot 40 = 400; V_2 = 1 \cdot 200 + 1 \cdot 40 = 240; V_3 = 2 \cdot 200 + 4 \cdot 40 = 560;$$

$$V_4 = 3 \cdot 200 + 2 \cdot 40 = 680; V_5 = 2 \cdot 200 + 3 \cdot 40 = 520; V_6 = 4 \cdot 200 + 2 \cdot 40 = 880;$$

$$V_7 = 2 \cdot 200 + 5 \cdot 40 = 600; V_8 = 3 \cdot 200 + 6 \cdot 40 = 840; V_9 = 3 \cdot 200 + 12 \cdot 40 = 1080;$$

$$V_{10} = 2 \cdot 200 + 10 \cdot 40 = 800; V_{11} = 1 \cdot 200 + 14 \cdot 40 = 760; V_{12} = 3 \cdot 200 + 12 \cdot 40 = 1080;$$

$$V_{13} = 3 \cdot 200 + 13 \cdot 40 = 1120; V_{14} = 4 \cdot 200 + 12 \cdot 40 = 1280; V_{15} = 3 \cdot 200 + 10 \cdot 40 = 1000;$$

$$V_{16} = 4 \cdot 200 + 13 \cdot 40 = 1320; V_{17} = 7 \cdot 200 + 16 \cdot 40 = 2040; V_{18} = 6 \cdot 200 + 7 \cdot 40 = 1480;$$

$$V_{19} = 3 \cdot 200 + 5 \cdot 40 = 800; V_{20} = 2 \cdot 200 + 3 \cdot 40 = 520; V_{21} = 3 \cdot 200 + 4 \cdot 40 = 760;$$

$$V_{22} = 1 \cdot 200 + 2 \cdot 40 = 280; V_{23} = 1 \cdot 200 + 1 \cdot 40 = 240; V_{24} = 2 \cdot 200 + 1 \cdot 40 = 440.$$

Проанализировав полученные данные, можно сказать, что часом наибольшей нагрузки является 17-й (т. е. период времени с 16 до 17 часов). Именно его, в случае необходимости, нужно применять при расчетах потребного количества устройств передачи и обработки данных, оценки загрузки оперативных работников и решении других задач.

Суммарный среднесуточный объем информации, поступающей на выбранный АРМ,

$$V = \sum_{i=1}^{24} V_i = 19720 \text{ символов/сут.}$$

Кроме того, во многих случаях полезно знать *коэффициент концентрации информационного потока*, который показывает, какая доля от суммарной среднесуточной информации приходится на час наибольшей нагрузки.

Коэффициент концентрации рассчитывается по формуле

$$S_k = \frac{V_{\max}}{V} \cdot 100 \% . \quad (3.10)$$

В нашем случае

$$S_k = \frac{2040}{19720} \cdot 100 \% = 10,34 \% .$$

Контрольные вопросы

- 1 Что такое информационный поток? Какие показатели его характеризуют?
- 2 Какие теории оценки количества информации Вы знаете? Какова их суть?
- 3 Что Вы понимаете под неопределенностью информации? В каких случаях она возникает?
- 4 Что такое коэффициент концентрации информационного потока?

Практическая работа № 4

ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Цель работы. Ознакомиться с основными методами анализа информационных потоков. Научиться разрабатывать логические схемы и с их помощью рассчитывать временные характеристики информационных процессов на железнодорожном транспорте.

Сведения из теории

Анализ информационных процессов осуществляется с целью выявления свойств и получения количественных оценок показателей, характеризующих свойства процесса. Для систем управления наибольший интерес представляют временные параметры процесса: среднее время завершения информационного процесса; дисперсия длительности процесса; среднее время получения ответа на запрос, направляемый в информационную систему. Знание временных характеристик информационных процессов позволяет определить соответствие параметров информационной системы требованиям, сформулированным в техническом задании.

Существуют два способа получения оценок временных характеристик: путем построения и анализа математической модели информационного процесса и с помощью эксперимента, проводимого с информационной системой. Последний способ предполагает, что информационная система либо уже существует, либо в ходе проектирования создается макет системы (в этом случае макет системы является объектом экспериментальных исследований).

Математическая модель описывает информационный процесс на языке математических и логических отношений (в виде алгебраических или дифференциальных уравнений, систем уравнений, логических операторов и т. д.). Один и тот же информационный процесс может иметь много различных моделей. Вид модели определяется задачами моделирования (какие характеристики процесса необходимо оценить). Различный вид будут иметь, например, модели процесса расчета заработной платы для работников некоторой организации в случаях, когда модель предполагается использовать для оценки времени решения задачи или вероятности ошибки при начислении заработной платы (достоверности информации). В каждом из этих случаев в модели присутствуют только те показатели процесса расчета заработной платы, которые важны именно для данного использования. Для оценки времени решения задачи надо знать порядок выполнения операций и длительность каждой операции, для оценки достоверности – вероятность появления ошибок при осуществлении каждой операции, используемые

методы контроля и показатели их эффективности (вероятности пропуска ошибок).

Обычно процедура анализа информационного процесса начинается с его словесного описания (описательной модели). Далее переходят к модели графической, а от графической – к математической.

Важнейшая проблема использования для анализа информационных процессов их математических моделей – это проблема правильности (или адекватности) выбранной модели. Проверить адекватность модели можно, сопоставляя результаты расчетов по модели (результаты моделирования) с результатами эксперимента (наблюдений) над реальной (действующей) системой.

Рассмотрим основные понятия описания модели.

Логическая схема информационного процесса – это графическая модель, предназначенная для оценки временных характеристик. Сочетание логической схемы с правилами представления информационного процесса набором типовых элементов и моделями расчета временных характеристик типовых элементов представляет собой модель математическую (аналитического типа).

Граф состояний информационной системы – графическая модель, описывающая процессы изменения состояний информационной системы. Правила перехода к системе дифференциальных уравнений для вероятностей состояний позволяют построить математическую аналитическую модель информационного процесса.

Сеть Петри – графическая модель, описывающая системы, в которых одновременно реализуется множество параллельных информационных процессов. Эта графическая модель в сочетании с логическими правилами изменения состояний (маркировки) сети Петри, позволяющими воспроизвести динамику функционирования информационной системы, представляет собой математическую модель имитационного типа.

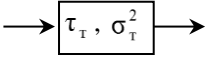

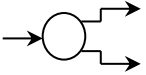
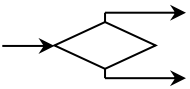
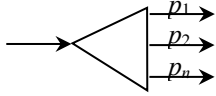
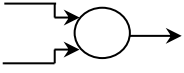
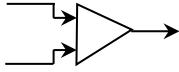
Система условных обозначений

Рассмотренные ниже модели предназначены для оценки временных характеристик информационных процессов: времени завершения (при детерминированной модели), среднего времени и дисперсии времени завершения процесса (при вероятностных моделях, содержащих элементы неопределенности).

При оценке временных характеристик несущественны сведения о том, где, когда и с помощью каких средств реализуется та или иная операция. Зато необходимо знать характеристики длительности выполнения операции и правила, определяющие характер их следования.

Для оценки временных характеристик информационных процессов удобно использовать модели с символикой (таблица 4.1.)

Т а б л и ц а 4.1 – Условные обозначения на логических схемах

Графическое изображение	Название элемента	Примечания
	Операция	τ_T – среднее время выполнения операции; σ_T^2 – дисперсия времени выполнения операции. Допускается вместо τ_T, σ_T^2 указывать функцию плотности распределения времени выполнения операции $f_T(t)$ или, в случае детерминированной операции, ее длительность T
	Фиктивная операция	Операция, не требующая затрат времени на выполнение (допускается не изображать прямоугольник вообще)
	Разветвитель И	Все выходящие связи инициируются одновременно
	Разветвитель ИЛИ (по условию)	Внутри ромба записывается условие ветвления. В схемах, подготовленных для расчетов, этот символ заменяется символом 5
	Разветвитель ИЛИ (по вероятности)	$\sum_{i=1}^n p_i = 1$
	Объединитель И	Выходная связь инициируется после инициализации всех входных связей
	Объединитель ИЛИ	Выходная связь инициируется любой входной

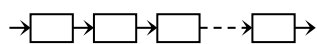
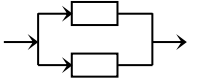
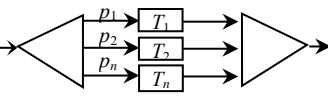
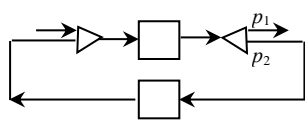
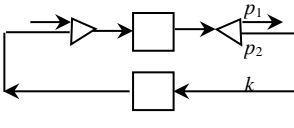
В позиции 1 таблицы 4.1 в прямоугольнике, обозначающем операцию, указываются ее характеристики. Как правило, это средняя длительность τ_T и дисперсия длительности σ_T^2 . При детерминированных операциях указывается ее длительность T ; при случайной длительности допускается вместо τ_T и σ_T^2 приводить плотность распределения вероятностей длительности операции.

Для получения для τ_t и σ_t^2 какой-либо операции требуется детально описать ее в терминах логических схем.

Аналогичные пояснения даны и ко всем остальным символам таблицы 4.1.

На основе символики таблицы 4.1 могут быть описаны типовые элементы логических схем информационных процессов (таблица 4.2). Основное требование к перечню типовых элементов – это требование полноты: совокупность вводимых элементов должна быть достаточной для представления выбранного класса информационных процессов.

Т а б л и ц а 4.2 – Типовые элементы моделей процессов обработки данных

Графическое изображение	Наименование	Примечания
	Последовательное соединение	–
	Параллельные операции	–
	Схема ветвления	$\sum_{i=1}^n p_i = 1$
	Цикл	Если число повторений цикла фиксировано (например, всегда равно N), то следует элемент 1 с N прямоугольниками
	Цикл с ограниченным числом k повторений	–

В таблице 4.3 приведены выражения для длительностей T , средних длительностей τ_t и дисперсий длительностей σ_t^2 выполнения действий, представленных в виде типовых элементов таблицы 4.2 для случая, когда время выполнения каждой элементарной операции типовой схемы детерминированное (не случайное).

Т а б л и ц а 4.3 – Расчет временных характеристик для типовых элементов логических схем при детерминированных длительностях операций

Наименование	Графическое изображение	T, τ_T	$D(T) = \sigma_T^2$
Последовательное соединение		$T = \sum_{i=1}^n T_i$	—
Параллельные операции		$T = \max[T_1, T_2]$	—
Схема ветвления		$m_T = \sum_{i=1}^n p_i T_i$	$D(T) = \sum_{i=1}^n p_i (T_i - m_T)^2$
Цикл		$m_T = \frac{T_1 + p_2 T_2}{p_1}$	$D(T) = (T_1 + T_2)^2 \frac{1 + p_2}{p_1^2} - 2T_2(T_1 + T_2) \frac{1}{p_1} + T_2^2 - \left(\frac{T_1 + p_2 T_2}{p_1} \right)^2$

Расчетные формулы для оценки временных характеристик типовых элементов моделей информационных процессов и область применения логических схем

Расчет временных характеристик для последовательного соединения элементов логических схем при случайных длительностях операций производится по формулам

$$\tau_T = \sum_{i=1}^n \tau_i ; \quad \sigma_T^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 .$$

Пользуясь таблицей 4.3, любой типовой элемент логической схемы можно заменить символом «операция» с характеристиками τ_T и σ_T^2 , определяемыми расчетным путем. Если при этом модель информационного процесса представлена в виде множества типовых элементов, связанных между собой по входам и выходам (вход одного является выходом другого и т. д.), то расчет временных характеристик сводится к последовательности преобразований исходной логической схемы, при которых типовые элементы заменяются символом *операция*. При таких преобразованиях могут возникнуть трудности, требующие реконфигурации исходной логической схемы. При этом допустимыми являются любые преобразования исходной схемы, при которых не изменяются результирующие оценки временных характеристик.

Рассмотренные модели предназначены для оценки только временных характеристик: длительности информационного процесса, средней длительности и дисперсии длительности. При этом речь идет о ситуации, когда все ресурсы информационной системы используются для решения одной задачи. Иными словами, область применения этих моделей – оценка временных затрат на реализацию информационного процесса в условиях, когда не возникают конфликты между задачами (заявками) из-за ресурсов системы. Если на вход системы поступает поток заявок или в системе одновременно обрабатывается несколько заявок, требующих одних и тех же ресурсов, то следует использовать другие модели (модели систем и сетей массового обслуживания).

Пример расчета

При прохождении поезда с одной дороги на другую в стыковом пункте готовится сообщение объемом k_1 алфавитно-цифровых символов. Это сообщение передается по каналам связи в ИВЦ дороги, сдающей поезд. В ИВЦ формируется телеграмма-натурный лист (ТГНЛ) объемом k_2 алфавитно-цифровых символов, который по каналам связи передается в ИВЦ принимающей дороги. Требуется оценить математическое ожидание и дисперсию времени T между моментом прохода поездом стыкового пункта и получением ТГНЛ ИВЦ принимающей дороги при следующих условиях:

- время подготовки сообщения о прохождении поездом стыкового пункта – случайная величина со средним значением 2 мин и дисперсией 1 мин²;
- объем сообщения $k_1 = 250$ алфавитно-цифровых символов, объем ТГНЛ $k_2 = 2500$ алфавитно-цифровых символов, каждый символ кодируется 8 двоичными разрядами;
- передача сообщений осуществляется блоками по 250 алфавитно-цифровых символов ($N = 250 \cdot 8 = 2000$ двоичных разрядов);
- при передаче возможно искажение передаваемых данных; вероятность искажения одного двоичного символа $q = 10^{-3}$;
- скорость передачи $v = 1200$ бит/с;
- при обнаружении ошибки в принятой информации (полагается, что метод контроля достоверности принятой информации не допускает пропуска ошибок) передача блока, содержащего ошибочные данные, повторяется до тех пор, пока блок не будет принят без ошибок;
- среднее время подготовки ТГНЛ составляет 8 мин, дисперсия – 2 мин².

На рисунке 4.1 приведена логическая схема описанного информационного процесса. Штриховыми линиями обозначены контуры типовых схем, соответствующих таблицам 4.2 и 4.3.

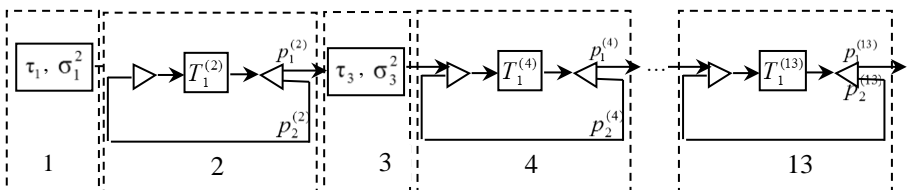


Рисунок 4.1 – Логическая схема информационного процесса

Схема 1 отображает операцию подготовки сообщения: $\tau_1 = 2$ мин; $\sigma_1^2 = 1$ мин².

Схема 2 – цикл, описывающий передачу сообщения в ИВЦ сдающей дороги. Объем сообщения совпадает с объемом блока. Время передачи блока

$$T_1^{(2)} = \frac{2000}{1200} \cong 1,67 \text{ с.}$$

Время повторной обработки блока из-за неправильной передачи $T_2^{(2)}$ принимается равным нулю.

Вероятность $p_1^{(2)}$ правильной передачи блока из 2000 двоичных символов при вероятности $q = 10^{-3}$ искажения каждого символа

$$p_1^{(2)} = (1 - q)^{2000} = 0,999^{2000} = 0,14.$$

Схема 3 отражает операцию подготовки ТГНЛ: $\tau_3 = 8$ мин; $\sigma_3^2 = 2$ мин².

Схемы 4–13 соответствуют *циклам*, отражающим процессы передачи 10 блоков данных, содержащих сведения из ТГНЛ (2500 алфавитно-цифровых символов ТГНЛ при объеме блока 250 символов). Очевидно, что

$$p_1^{(4)} = p_1^{(5)} = \dots = p_1^{(13)} = p_1^{(2)} = 0,999^{2000} = 0,14,$$

$$T_1^{(4)} = T_1^{(5)} = \dots = T_1^{(13)} = T_1^{(2)} = 1,67 \text{ с.}$$

Расчет проводят в такой последовательности:

1) находят характеристики времени выполнения циклов, пользуясь формулами таблицы 4.3:

$$m_2 = m_4 = m_5 = \dots = m_{13} = \frac{T_1^{(2)}}{p_1^{(2)}} = \frac{1,67}{0,14} = 11,92 \text{ с.},$$

$$\sigma_2^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2 = \dots = \sigma_{13}^2 = (T_1^{(2)})^2 \frac{1 + p_2^{(2)}}{(p_1^{(2)})^2} - \frac{(T_1^{(2)})^2}{(p_1^{(2)})^2} = \frac{(T_1^{(2)})^2}{(p_1^{(2)})^2} (1 - p_1^{(2)}) = 122,2 \text{ с}^2.$$

2) преобразовывают логическую схему (см. рисунок 4.1) в схему последовательного соединения операций (рисунок 4.2);

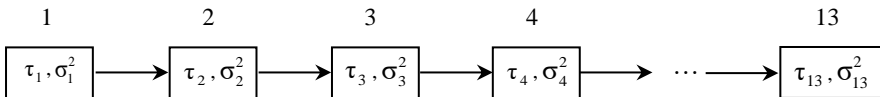


Рисунок 4.2 – Преобразованная схема информационного процесса

3) находят характеристики (τ_T и σ_T^2) случайного периода времени между моментами прохода поездом стыкового пункта и получения ТГНЛ ИВЦ принимающей дороги:

$$\tau_T = \sum_{i=1}^{13} \tau_i = 120 + 11,92 + 480 + 10 \cdot 11,92 = 731,12 \text{ с} = 12,12 \text{ мин},$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^{13} \sigma_i^2 = 3600 + 122,2 + 7200 + 10 \cdot 122,2 = 12144,2 \text{ с}^2 = 3,37 \text{ мин}^2.$$

В данном случае можно принять, что случайная величина T распределена по нормальному (Гауссовому) закону, поскольку T образуется в результате суммирования большого числа (13) независимых случайных величин. При этом оказывается возможным определить, например, такие характеристики информационного процесса, как вероятность его завершения в течение заданного времени T^* (например, в течение 10 мин) или период, в течение которого с заданной вероятностью p^* (например, $p^* = 0,95$) процесс будет завершен.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое логическая схема информационного процесса?
- 2 Перечислите типовые элементы моделей информационных процессов.
- 3 Какова область применения логических схем?
- 4 Какие временные характеристики информационных процессов можно рассчитать с помощью логических схем и какие исходные данные для этого требуются?

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ ИНФОРМАЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ ОПЕРАТИВНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ТРАНСПОРТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Цель работы. Ознакомиться с методикой определения глубины информации. Изучить основные факторы, влияющие на глубину информации. Научиться определять полигон сбора информации для решения задач оперативного управления

Сведения из теории

Для обеспечения своевременности и полноты расчетов, связанных с планированием и прогнозированием, необходимо, чтобы информация поступала в ИАС ПУР ГП заблаговременно. Продолжительность опережения поступления информации зависит от продолжительности периода прогнозирования, времени сбора ее и производства необходимых расчетов. В общем виде срок получения информации о подходе последнего поезда должен удовлетворять неравенству

$$T_{\text{пл}} + T_{\text{рп}} \leq \frac{L}{v} + t_{\text{тех}}^{\text{рп}} + t_{\text{тех}}^{\text{пер}}, \quad (5.1)$$

где $T_{\text{пл}}$ – период планирования; $T_{\text{рп}}$ – время на сбор информации, разработку плана и доведение его до исполнителя; L – расстояние до станции передачи информации, км; v – участковая скорость движения поездов, км/ч; $t_{\text{тех}}^{\text{рп}}$ – суммарное время стоянок поездов на технических станциях, расположенных между станциями передачи и получения информации, ч; $t_{\text{тех}}^{\text{пер}}$ – суммарное время нахождения вагонов под переработкой, ч.

На рисунке 5.1 показан графический расчет глубины информации и времени ее опережения при разработке планов для направления Минск – Гомель. По оси абсцисс в масштабе откладываются расстояния от станции, для которой разрабатывается план, до ближайших технических станций. По оси ординат также в масштабе откладывается время $T_{\text{пл}} + T_{\text{рп}}$, после чего от оси абсцисс по оси ординат откладывается один час, а по оси абсцисс – величина участковой скорости на этом участке. Полученная точка в системе координат соединяется с началом, и линия продолжается до пересечения с перпендикуляром, проведенным с места нахождения первой технической станции. Новая точка покажет время следования поезда на последнем участке. Далее, на перпендикуляре вверх откладывается продолжительность стоянки поезда на этой станции и строится линия следования поезда на предпоследнем участке тем же порядком, только принимается скорость этого участка. Построение продолжается вплоть до достижения периода планирования или до пересечения с перпендикуляром, проведенным с места нахождения крайней станции, с которой возможно получить информацию. Если вагоны перерабатываются на технических станциях, то откладывается время, необходимое для их переработки, а не время стоянки поезда.

В случае если станция передачи информации находится на небольшом расстоянии от станции планирования, необходимо, чтобы информация поступала заблаговременно (до момента отправления поезда со станции). В общем виде время опережения передачи информации

$$T_{\text{оп}} = (T_{\text{пл}} + T_{\text{рп}}) - \left(\frac{L}{v} + t_{\text{тех}}^{\text{тр}} + t_{\text{тех}}^{\text{пер}} \right). \quad (5.2)$$

С течением времени разработанный сменно-суточный план работы станции требует корректировок: в пути следования вагоны могут быть отцеплены от состава поезда, количество зарождающихся на полигоне корреспонденций больше либо меньше плановых значений, поезд прибыл с отклонением относительно графика.

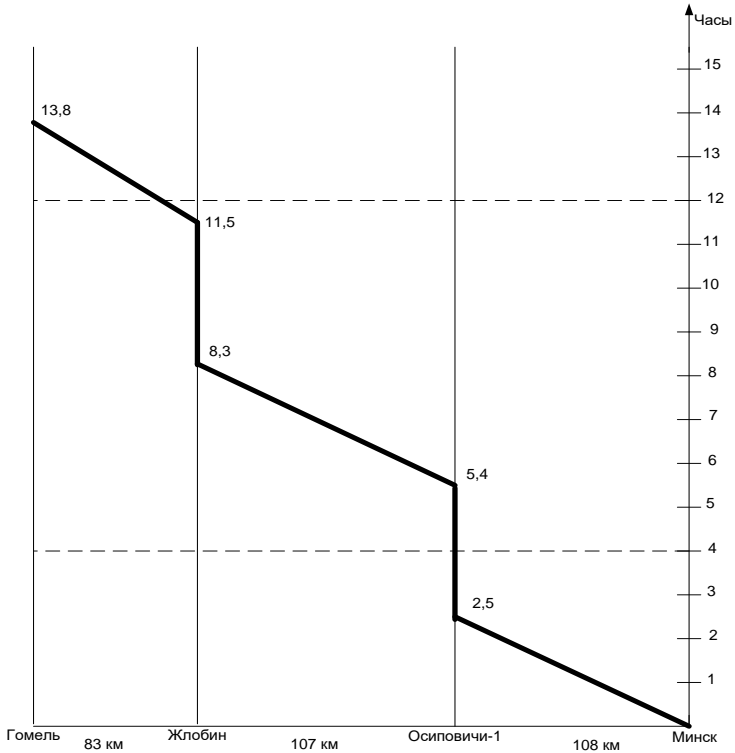


Рисунок 5.1 – Графический расчет глубины информации на направлении Минск – Гомель

Следовательно, производить детальное планирование выполнения операций на станции на весь период $T_{\text{пл}}$ не представляется возможным. В связи с этим необходимо установить периоды разработки текущих планов выполнения станционных операций.

Для станционного уровня максимально возможная продолжительность периода текущего планирования $T_{пл}$ устанавливается исходя из обеспеченности полной и достоверной информацией. Увеличение периода планирования позволяет предвидеть ожидаемое поездное положение на больший срок. Это расширяет возможности предупреждения затруднений в работе и своевременного проведения необходимых регулировочных мер.

Недостаточная продолжительность периода планирования приводит к тому, что мероприятия проводятся с опозданием. Точная информация может быть получена только на те поезда, которые уже находятся в движении на момент составления плана либо на которые сформированы телеграмм-натурные листы. В зависимости от конкретных условий продолжительность периода текущего планирования $T_{пл}^{тек}$ может быть рассчитана по формуле

$$T_{пл}^{тек} = \frac{L}{v} + \Delta T_{тгнл-отпр} - T_{рп} + T_{оп}, \quad (5.3)$$

где $\Delta T_{тгнл-отпр}$ – затраты времени на технологические операции, выполняемые на технической станции с момента формирования ТГНЛ на отправляемый состав до момента отправления поезда со станции.

Графически расчет периода текущего планирования приведен на рисунке 5.2. Продолжительность периода текущего планирования $T_{пл}^{тек}$ может быть рассчитана по каждому из примыкающих к станции направлению в условиях передачи информации о составах как до, так и после их отправления со станций формирования поездов. Информация с промежуточных станций участка о прибытии корреспонденций в составах сборных поездов должна передаваться заблаговременно. В условиях создания опорных станций и линейных районов поступление корреспонденций в сборных поездах является одной из задач планирования поездообразования и рассматривается при разработке текущего плана.

Пример расчета

Произведем расчет глубины информации для направления Минск – Гомель. Длина участков: Минск – Осиповичи – 108 км; Осиповичи – Жлобин – 107 км; Жлобин – Гомель – 83 км. Участковая скорость на направлении равна 43 км/ч. Время на сбор информации, разработку плана и доведение его до исполнителя составляет 0,8 ч. Простой транзитного вагона без переработки по станции Осиповичи равен 2,9 ч; по станции Жлобин – 3,2 ч. Затраты времени на технологические операции, выполняемые на станции Осиповичи с момента формирования ТГНЛ на отправляемый состав до момента отправления поезда со станции составляют 1,5 часа.

Графически расчет глубины приведен на рисунке 5.1.

Время опережения передачи информации в соответствии с формулой (5.2) составит:

– для станции Осиповичи:

$$T_{\text{оп}}^{(4)} = (0,8 + 4) - (108/43,5 + 0 + 0) = 2,3 \text{ ч};$$

– для станции Жлобин:

$$T_{\text{оп}}^{(4)} = (0,8 + 4) - (108/43,5 + 107/37,1 + 2,9 + 0) = - 3,5 \text{ ч};$$

$$T_{\text{оп}}^{(12)} = (0,8 + 12) - (108/43,5 + 107/37,1 + 2,9 + 0) = 4,5 \text{ ч};$$

– для станции Гомель:

$$T_{\text{оп}}^{(4)} = (0,8 + 4) - (108/43,5 + 107/37,1 + 83/ 36,2 + 6,1 + 0) = - 9,0 \text{ ч};$$

$$T_{\text{оп}}^{(12)} = (0,8 + 12) - (108/43,5 + 107/37,1 + 83/ 36,2 + 6,1 + 0) = - 1,0 \text{ ч};$$

$$T_{\text{оп}}^{(24)} = (0,8 + 24) - (108/43,5 + 107/37,1 + 83/ 36,2 + 6,1 + 0) = 11 \text{ ч}.$$

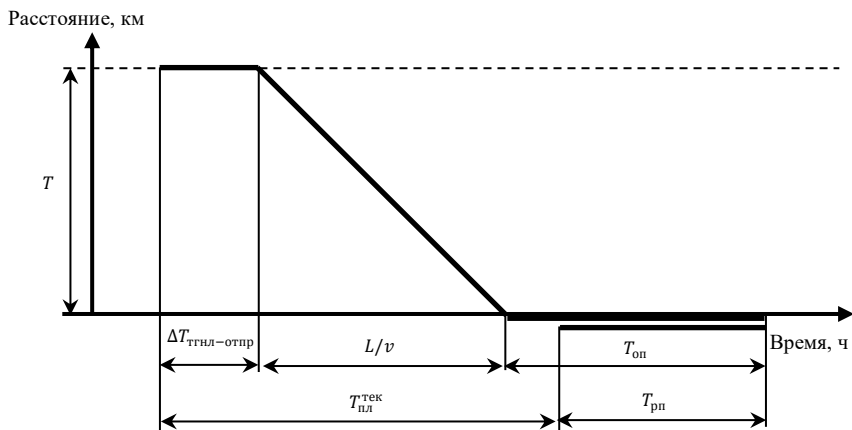


Рисунок 5.2 – Графическая интерпретация расчета периода текущего планирования

Из расчетов видно, что для текущего планирования (на 4 часа) на станции Минск-Сортировочный можно использовать информацию, поступающую только со станции Осиповичи. Для сменного планирования (на 12 часов) можно использовать информацию со станций Осиповичи и Жлобин. Для суточного планирования (на 24 часа) можно использовать информацию со станций Осиповичи, Жлобин и Гомель.

Период текущего планирования для станции Минск-Сортировочный в соответствии с формулой (5.3)

$$T_{\text{пл}}^{\text{тек}} = \frac{108}{43} + 1,5 - 0,5 = 3,5 \text{ часа.}$$

Контрольные вопросы

- 1 Опишите методику аналитического расчета глубины информации.
- 2 Опишите методику графического расчета глубины информации.
- 3 Для чего необходимо опережение информации?
- 4 Опишите методику графического расчета периода текущего планирования.

Практическая работа № 6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕПЯХ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

Цель работы. Ознакомиться с методикой моделирования технологических процессов и определения характеристик транспортного процесса с заданным законом распределения. Получить навыки определения случайных величин для моделирования технологических процессов.

Сведения из теории

Многообразие факторов, воздействующих на транспортный процесс, делает процесс функционирования транспортных систем сложноформализуемым. Поэтому, для исследования специфики таких процессов или корректировки результатов аналитического расчета часто применялось статистическое моделирование.

Широкое распространение информационных технологий наряду с многократно возросшими возможностями компьютерной техники привело к массовому использованию в научных исследованиях имитационного моделирования. Имитационное моделирование основывается на статистическом моделировании, но помимо этого включает элементы эвристических и аналитических методов. Это, в свою очередь, позволяет не только проводить испытания и эксперименты моделируемых процессов для последующей верификации результатов, но и использовать имитационное моделирование непосредственно как метод определения зависимостей параметров, отражающих процесс функционирования сложной системы.

Сущность имитационного моделирования заключается в том, что процесс функционирования сложной системы (например, транспортной) имитируется при помощи арифметических, логических операций и неформальных процедур

посредством компьютерных технологий в той последовательности элементарных актов, которая характерна для моделируемого процесса.

В любой транспортной системе происходит непрерывный сложный динамический процесс, изменяющийся во времени, т.е. к каждому фиксированному моменту времени исследуемая система занимает вполне определенное состояние. Следовательно, процесс функционирования такой системы можно рассматривать как последовательную смену ее состояний.

Построение моделирующих алгоритмов функционирования систем осуществляется на основании двух принципов («принцип Δt », особого состояния) и их комбинирования.

Наиболее универсальным принципом построения моделирующих алгоритмов, охватывающих широкий круг эксплуатационных задач различных видов транспорта, является «принцип Δt ». Данный принцип базируется на последовательном определении состояний системы и ее элементов через равные промежутки времени – Δt . В этом случае моменты времени, для которых определяется состояние системы, выражаются рекуррентным соотношением:

$$\begin{aligned}t_0 &= t_0; \\t_1 &= t_0 + \Delta t; \\t_2 &= t_0 + \Delta t + \Delta t; \\&\dots\dots\dots\end{aligned}$$

В зависимости от длительности функционирования исследуемой транспортной системы значение Δt выбирается таким образом, чтобы результаты моделирования соответствовали требуемой точности вычислений.

Моделируемую систему можно охарактеризовать двумя принципиальными типами состояний: неособым и особым. Под неособым состоянием понимается состояние системы, в котором в течение определенного времени не происходят процессы, которые оказывают влияние на результат моделирования с учетом требуемой точности вычислений (т.е. в течение этого времени состояние системы остается условно неизменным). Под особым состоянием системы понимается ее состояние в некоторые изолированные моменты времени, когда наблюдается резкое изменение процессов, наблюдаемых в системе, с учетом требуемой точности вычислений.

Например, при моделировании процесса расформирования железнодорожного состава с сортировочной горки можно утверждать, что особыми состояниями системы являются: момент начала заезда маневрового локомотива в парк прибытия к составу, начало снятия средств закрепления, начало вытягивания состава на горочные вытяжные пути, начало надвига состава до горба горки, начало осаживания вагонов на сортировочных путях, начало процесса окончания формирования состава.

В соответствии с установленной точностью моделирования, сам процесс заезда маневрового локомотива в парк прибытия рассматривается как неособое состояние, в деталях «не интересующее» исследователя. В этом случае при моделировании продолжительность заезда есть промежуток времени между двумя особыми состояниями (начало заезда маневрового локомотива в парк прибытия к составу и начало снятия средств закрепления), являющийся случайной, изменяемой во времени величиной. Аналогичные процедуры формируют процесс моделирования по принципу особых состояний.

Практика моделирования транспортных систем показывает, что построение моделирующего алгоритма по «принципу Δt » для сложных систем, где длительность неособых состояний очень значительна, как правило, неэффективно. Это вызвано тем, что при малом значении Δt (высокие затраты и высокая точность моделирования) затрачивается время на определение значительного количества неособых состояний, как было сказано ранее, «не интересующих» исследователя в соответствии с заданной точностью моделирования (рисунок 6.1, а). При увеличении же величины Δt (снижение точности моделирования и снижение затрат) возрастает вероятность пропуска особого состояния, что также недопустимо (рисунок 6.1, б).

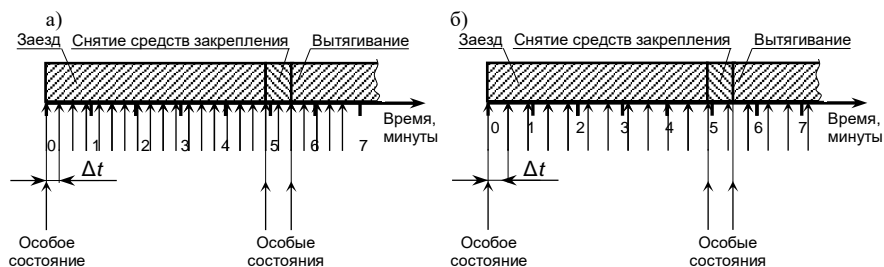


Рисунок 6.1 – Фрагменты схемы моделирования по «принципу Δt »:
а – при малом значении Δt ; б – при увеличении Δt

Применение «принципа Δt » рекомендуется в случаях, когда требуемая точность моделирования высока, число особых состояний – значительно, а время функционирования системы – невелико.

Естественно, что комбинированный способ построения моделирующих алгоритмов рекомендуется применять в тех случаях, когда недостатки принципа особых состояний и «принципа Δt » оказывают влияние на точность

или трудоемкость моделирования в худшую сторону.

Учитывая, что исследование транспортной системы осуществляется на основании изучения технологических процессов, состоящих из последовательно и параллельно соединенных элементов, выполнение каждого из которых продолжается определенное количество времени, рекомендуется осуществлять моделирование такой системы по принципу особых состояний.

Методика получения временных характеристик транспортного процесса с заданным законом распределения

Необходимым условием моделирования стохастических процессов транспортных систем является учет влияния случайных факторов. Каждый элемент моделируемого транспортного процесса характеризуется продолжительностью его выполнения и эта продолжительность есть случайная величина. Данная случайная величина, наблюдаемая во времени, с некоторым приближением может быть подчинена одному из законов распределения. Выбор объективного закона распределения случайных величин является важнейшей составляющей адекватности модели своему реальному аналогу.

При моделировании реально существующих систем вид закона распределения устанавливается на основании обработки статистических материалов о работе системы. В случае моделирования систем, о работе которых нет статистических материалов, можно руководствоваться имеющимся опытом решения подобных эксплуатационных задач.

Практикой исследования сложных транспортных систем установлены виды законов распределения случайных величин, наиболее часто характеризующих определенные транспортные операции. Например, продолжительность маневровых операций, как правило, подчиняется закону нормированного распределения Эрланга, грузовых операций – закону Гаусса (нормальному), а продолжительность различного рода ожиданий – показательному распределению.

Случайные величины с заданным законом распределения обычно получают путем преобразования случайных чисел, имеющих некоторое исходное распределение. В качестве исходного распределения случайных чисел наиболее удобно использовать равномерное в интервале от 0 до 1 (такое распределение формируется генераторами случайных чисел в современной компьютерной технике и функционально представлено в программном обеспечении (языках и средах программирования, математических пакетах, стандартных офисных приложениях)).

Случайные числа, равномерно распределенные в интервале от 0 до 1, служат исходным материалом для формирования возможных значений случайных величин $x_{св}$ с заданным законом распределения.

Для получения случайных временных характеристик показательного распределения можно воспользоваться формулой

$$x_{\text{СВ}}^{\text{пок}} = -T \ln \xi, \quad (6.1)$$

где T – норма продолжительности выполнения операции; ξ – случайная величина с равномерным распределением в интервале от 0 до 1.

Для получения временных характеристик нормированного распределения Эрланга k -го порядка пользуются формулой

$$x_{\text{СВ}}^{\text{Эрл}} = -\frac{T}{k} \sum_{i=1}^k \ln \xi_i, \quad (6.2)$$

где ξ_i – i -я случайная величина с равномерным распределением в интервале от 0 до 1; k – параметр распределения Эрланга, определяемый по формуле

$$k = \left[\frac{1}{v^2} \right], \quad (6.3)$$

где v – коэффициент вариации случайной величины,

$$v = \frac{\sigma}{T}, \quad (6.4)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение случайной величины от нормы продолжительности выполнения операции.

Для получения временных характеристик приближенно-нормального распределения рекомендуется пользоваться следующей расчетной формулой:

$$x_{\text{СВ}}^{\text{норм}} = T + \sigma \sqrt{2} \left(\sum_{i=1}^6 \xi_i - 3 \right). \quad (6.5)$$

Рассмотрим примеры получения случайных величин вышеописанных законов распределения с размером выборки 60 значений.

Пример расчета

Допустим, норма ожидания выдачи груза, возникающая в результате оформления документов, установленная исследователем, составляет 2,5 часа. Для получения 60 случайных величин показательного закона распределения потребуется сгенерировать 60 случайных чисел, равномерно распределенных в интервале от 0 до 1 (таблица 6.1). Распределение данных случайных чисел

графически представлено на рисунке 6.2.

Воспользовавшись формулой (6.1), получаем случайные величины (таблица 6.2):

$$x_{св\ 1}^{пок} = -2,5 \ln 0,2382 = 3,59 \text{ ч;}$$

$$x_{св\ 2}^{пок} = -2,5 \ln 0,1675 = 4,47 \text{ ч;}$$

$$x_{св\ 60}^{пок} = -2,5 \ln 0,4514 = 1,99 \text{ ч.}$$

Распределение полученных случайных величин близко к показательному закону распределения (рисунок 6.3).

Т а б л и ц а 6.1 – Случайные числа, равномерного закона распределения

Номер	Случайное число	Номер	Случайное число	Номер	Случайное число	Номер	Случайное число
1	0,2382	16	0,6627	31	0,2871	46	0,1430
2	0,1675	17	0,6879	32	0,2174	47	0,6395
3	0,9690	18	0,7584	33	0,4408	48	0,8051
4	0,9635	19	0,0481	34	0,9933	49	0,7128
5	0,4706	20	0,8028	35	0,1693	50	0,8125
6	0,3986	21	0,6440	36	0,0339	51	0,2680
7	0,5693	22	0,8349	37	0,1839	52	0,2480
8	0,7785	23	0,4314	38	0,8796	53	0,9699
9	0,9734	24	0,3494	39	0,7210	54	0,1806
10	0,8169	25	0,8688	40	0,8182	55	0,8918
11	0,9570	26	0,5624	41	0,6120	56	0,1467
12	0,8856	27	0,6771	42	0,1411	57	0,1780
13	0,1434	28	0,8874	43	0,3618	58	0,9666
14	0,4747	29	0,7338	44	0,4061	59	0,7888
15	0,7442	30	0,5469	45	0,4055	60	0,4514

Статистические характеристики выборки

Число элементов	60
Дисперсия	0,086
Максимальное значение	0,993
Минимальное значение	0,034
Число исследуемых диапазонов	8
Ширина диапазона	0,120

Среднеквадратическое отклонение	0,293
Математическое ожидание	0,565



Рисунок 6.2 – Гистограмма распределения случайных чисел и характеристики выборки

Как пример получения случайных величин, подчиняемых закону Эрланга, рассмотрим в качестве моделируемого параметра техническую норму продолжительности движения поезда между двумя техническими станциями, приняв ее, например, равной 14,3 часа, а среднеквадратическое отклонение – равным 4 часа (т.е. с коэффициентом вариации, равным 0,28).

Таблица 6.2 – Моделируемые значения продолжительности ожидания выдачи груза

В часах							
Номер	Значение	Номер	Значение	Номер	Значение	Номер	Значение
1	3,59	16	1,03	31	3,12	46	4,86
2	4,47	17	0,94	32	3,82	47	1,12
3	0,08	18	0,69	33	2,05	48	0,54
4	0,09	19	7,59	34	0,02	49	0,85
5	1,88	20	0,55	35	4,44	50	0,52
6	2,30	21	1,10	36	8,46	51	3,29
7	1,41	22	0,45	37	4,23	52	3,49
8	0,63	23	2,10	38	0,32	53	0,08
9	0,07	24	2,63	39	0,82	54	4,28
10	0,51	25	0,35	40	0,50	55	0,29
11	0,11	26	1,44	41	1,23	56	4,80
12	0,30	27	0,97	42	4,90	57	4,31
13	4,86	28	0,30	43	2,54	58	0,08
14	1,86	29	0,77	44	2,25	59	0,59
15	0,74	30	1,51	45	2,26	60	1,99

Статистические характеристики выборки

Число элементов	60
Дисперсия	3,662
Максимальное значение	8,460
Минимальное значение	0,020
Число исследуемых диапазонов	7
Ширина диапазона	1,206

Среднеквадратическое отклонение	1,914
Математическое ожидание	1,956



Рисунок 6.3 – Гистограмма распределения случайных величин и характеристики выборки

Для получения одной случайной величины, как видно из формулы (6.2), потребуется k случайных чисел, равномерно распределенных в интервале от 0 до 1. Для моделируемых условий параметр распределения Эрланга составляет

$$k = \left[\frac{1}{v^2} \right] = \left[\frac{T^2}{\sigma^2} \right] = 13.$$

Генерируемые случайные числа, сводятся в таблицу 6.3.

Т а б л и ц а 6.3 – Получение значений продолжительности движения поезда по участку

Порядковый номер	Равномерно распределенные случайные числа						Продолжительность движения поезда, ч
	1	2	3	...	12	13	
1	0,4434	0,1046	0,2456	...	0,9890	0,6709	15,27
2	0,3092	0,0590	0,0942	...	0,3986	0,4134	20,46
3	0,3691	0,0048	0,1436	...	0,2708	0,5230	24,66
4	0,8042	0,0740	0,3934	...	0,9650	0,9242	10,63
5	0,9370	0,3606	0,4530	...	0,7584	0,2187	11,41
6	0,2318	0,6814	0,4481	...	0,9452	0,6171	11,10
...
59	0,4016	0,3113	0,2719	...	0,8692	0,1034	14,63
60	0,9812	0,8945	0,5163	...	0,9138	0,5145	13,09

По формуле (6.2) рассчитываются продолжительности движения поезда на участке, а гистограмма их распределения приведена на рисунке 6.4:

$$x_{св 1}^{Эрл} = -\frac{14,3}{13} (\ln 0,4434 + \ln 0,1046 + \dots + \ln 0,9890 + \ln 0,6709) = 15,27 \text{ ч};$$

$$x_{св 2}^{Эрл} = -\frac{14,3}{13} (\ln 0,3092 + \ln 0,0590 + \dots + \ln 0,3986 + \ln 0,4134) = 20,46 \text{ ч};$$

.....

$$x_{св 60}^{Эрл} = -\frac{14,3}{13} (\ln 0,9812 + \ln 0,8945 + \dots + \ln 0,9138 + \ln 0,5145) = 13,09 \text{ ч}.$$

Статистические характеристики выборки

Число элементов	60
Дисперсия	18,817
Максимальное значение	33,892
Минимальное значение	7,777
Число исследуемых диапазонов	7
Ширина диапазона	3,731

Среднеквадратическое отклонение	4,338
Математическое ожидание	14,797



Рисунок 6.4 – Гистограмма распределения случайных величин и характеристики выборки

Как видно из рисунка 6.4, распределение полученных значений близко к эрланговскому, математическое ожидание составляет 14,8 часа, при норме – 14,3 часа, среднеквадратическое отклонение полученных значений – 4,3 часа, при задаваемом в условии значении – 4 часа.

Для примера получения случайных величин нормального распределения воспользуемся следующими условиями: норма выполнения грузовых операций на станции составляет 22 часа, а среднеквадратическое отклонение – 4 часа; требуется получить 60 значений продолжительности грузовых операций.

Для получения одной случайной величины нормального распределения требуется 6 случайных чисел, равномерно распределенных в интервале от 0 до 1. Генерируемые случайные числа сводятся в таблицу 6.4.

Т а б л и ц а 6.4 – Получение значений продолжительности грузовых операций

Порядковый номер	Равномерно распределенные случайные числа						Продолжительность грузовых операций, ч
	1	2	3	4	5	6	
1	0,6832	0,8263	0,6670	0,2385	0,7245	0,3615	24,83
2	0,8413	0,7238	0,0174	0,6011	0,0654	0,4831	20,48
3	0,5889	0,4707	0,5956	0,9265	0,7411	0,0686	24,21
4	0,9487	0,6903	0,6867	0,4556	0,2368	0,9343	27,39
5	0,8226	0,4716	0,3289	0,6586	0,4634	0,3482	22,53
6	0,1723	0,4603	0,0518	0,9187	0,3599	0,6726	19,94
...
59	0,7595	0,6579	0,5580	0,0992	0,4043	0,8522	23,87
60	0,0032	0,9641	0,8760	0,9734	0,8091	0,1920	26,63

По формуле (6.5) рассчитываются значения продолжительностей грузовых операций:

$$x_{\text{св } 1}^{\text{норм}} = 22 + 4\sqrt{2}(0,6832 + 0,8263 + \dots + 0,3615 - 3) = 24,83 \text{ ч};$$

$$x_{\text{св } 60}^{\text{норм}} = 22 + 4\sqrt{2}(0,0032 + 0,9641 + \dots + 0,1920 - 3) = 26,63 \text{ ч}.$$

Как видно из рисунка 6.5, полученные значения продолжительности грузовых операций распределены по закону, близкому к нормальному и при этом математическое ожидание составляет 22,07 часа, при установленной норме – 22 часа, а среднеквадратическое отклонение – 3,99 часа, при норме – 4 часа.

Статистические характеристики выборки

Число элементов	60
Дисперсия	15,955
Максимальное значение	32,759
Минимальное значение	11,188
Число исследуемых диапазонов	8
Ширина диапазона	2,696

Среднеквадратическое отклонение	3,994
Математическое ожидание	22,074



Рисунок 6.5 – Гистограмма распределения случайных величин и характеристики выборки

Контрольные вопросы

- 1 В чем сущность имитационного моделирования?
- 2 Назовите принципы построения моделирующих алгоритмов.
- 3 Назовите основные типы состояний моделируемой системы.
- 4 Какие законы распределения используются при моделировании транспортных операций?

Практическая работа № 7

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

Цель работы. Произвести анализ технологии обработки поездов и

документов на поезда различных категорий в парках сортировочной станции и определить оптимальное время обработки составов с использованием методов сетевого планирования.

Сведения из теории

Сетевое планирование и управление основывается на разработке «сетевых графиков».

Сетевой график – наглядное графическое изображение по определенным установленным правилам последовательности и взаимной логической связи всех работ (операций) технологического процесса, с принятой степенью детализации.

Основными элементами сетевых графиков являются «работы» и «события».

«Работа» имеет несколько интерпретаций:

а) «действительная работа» – операции, требующие затрат времени и ресурсов (осмотр состава в техническом и коммерческой отношении);

б) «ожидание работы» – операции не требующие затрат труда, но занимающие время (ожидание надвига состава на горку);

в) «зависимость», или «фиктивная работа», – логическая связь, между двумя или несколькими событиями, не требующая ни затрат времени, ни ресурсов, но указывающая, что возможность начала одной работы непосредственно зависит от выполнения другой (зависимость между приготовлением маршрута для приема поезда и приемом поезда).

Действительные работы графически изображаются сплошными стрелками, ожидание работы – волнистыми, зависимость – штриховыми (рисунок 7.1). Цифры под стрелками указывают продолжительность работ, выражающуюся в минутах.

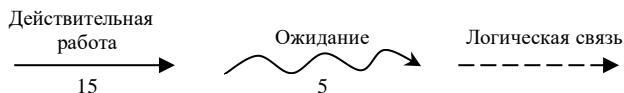


Рисунок 7.1 – Графическая интерпретация работ

Завершение выполнения работы представляет собой второй основной элемент графика – «событие». В отличие от работ событие не является процессом, оно совершается мгновенно и определяет факт получения конечных результатов данной работы или нескольких предшествующих ему работ (состав в техническом и коммерческом отношении осмотрен, состав расформирован).

«События» – конечные результаты работ – на сетевом графике изображаются кружками или прямоугольниками. Каждый кружок

разделяется на четыре сектора, в которых указывается следующая информация: в нижнем секторе – номер события; в верхнем – номер предшествующего события; в левом – самый ранний срок окончания работ; в правом – самый поздний допустимый срок окончания работ (рисунок 7.2, а).

Событие, которое наступает в результате одной работы, называется простым, двух или более работ – сложным (рисунок 7.2, б).

Исходные события изображаются кружками (прямоугольниками) слева, а от них вправо проводится столько работ, сколько их начинается после совершения данного события. В левом секторе исходного события ставится 0. Последовательно идя от события к событию, складывается значение левого сектора начального события с продолжительностью работы и записывается в левом секторе конечного события (например, $0 + 15 = 15$; $15 + 10 = 25$ и т.д., рисунок 7.3, а). Если в событие входит две или более работы, то в левый сектор конечного события записывается максимальное из значений, просчитанных по каждой входящей в это событие работе (событие № 3, рисунок 7.3, б). Для заверщенного события значение левого сектора переписывается в правый (рисунок 7.3, в).

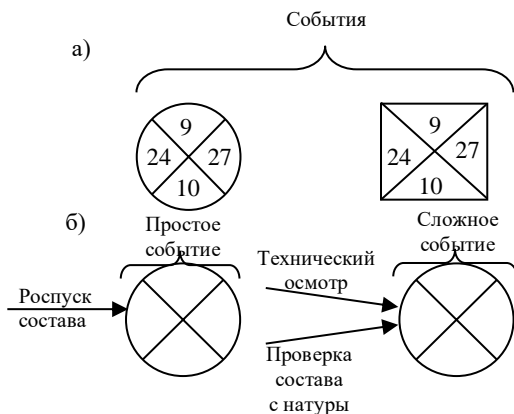


Рисунок 7.2 – Графическая интерпретация событий

При определении значений правого сектора событий расчет ведут от завершающего события к исходному. Вычитая из значений правого сектора конечного события продолжительность работы, записывают результат в правый сектор начального для этой работы события. Если событие разветвляется на несколько работ, то значение правого сектора такого события определяется по минимальному из всех значений, полученных по всем выходящим из него работам. Значение правого и левого секторов показывает сроки выполнения работ. Цифры в правом и левом секторах

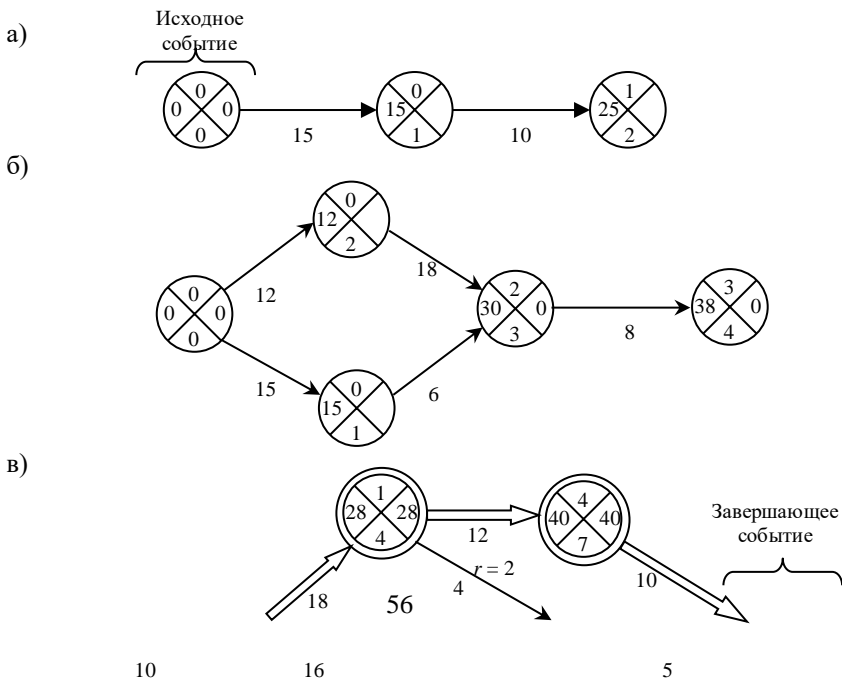
событий, ограничивающих рассматриваемую работу, показывают возможный (допустимый) диапазон колебаний в сроках выполнения работ, при котором не нарушается общий установленный срок выполнения всего комплекса технологических операций. Если цифры в правом и левом секторах одинаковы, то диапазон колебаний в выполнении этой работы равен нулю. Это значит, что срок выполнения этой операции является «жестким», а его завышение приведет к замедлению выполнения всего комплекса технологических операций. Например, работы 0–1–4–7–8 (см. рисунок 7.3, в) должны выполняться в строго установленные сроки, с тем чтобы не изменять срока наступления завершающего события.

Одним из основных понятий сетевого графика, является понятие пути.

Путем называют любую последовательность в сети, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы.

Полным путем называют непрерывную последовательность взаимосвязанных работ и событий, начинающуюся от исходного и заканчивающуюся у завершающего события. Длина любого пути равна сумме продолжительности составляющих его работ.

Критический путь – путь от исходного до завершающего события, для которого суммарная продолжительность выполнения работ является наибольшей по сравнению с любыми другими путями, соединяющими исходное и завершающее события.



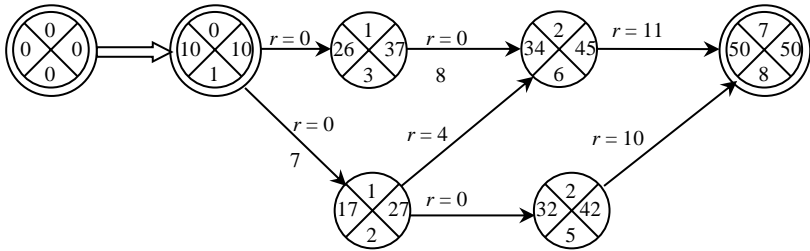


Рисунок 7.3 – Порядок построения сетевых графиков

Критический путь определяет продолжительность всего комплекса работ, предусмотренного сетевым графиком. Любая задержка работ, лежащих на критическом пути, приведет к увеличению общего срока выполнения всего комплекса операций. Для событий, лежащих на критическом пути, самые ранние и поздние сроки начала и окончания работ совпадают. Так, например, критический путь на сетевом графике (см. рисунок 7.3, в) проходит через события 0–1–4–7–8.

Работы, лежащие на некритическом пути, имеют резервы времени их выполнения. Различают резервы времени работ и событий. Резервы времени работ подразделяются на полный и свободный.

Полный резерв – максимальное время, на которое можно увеличить продолжительность данной работы, не изменяя критического пути.

Полный резерв является общим для всех работ того или иного пути. Он образуется за счет более длительного выполнения работ, лежащих на критическом пути.

Полный резерв работы можно выразить следующей зависимостью:

$$R = T_l(j) - [T_E(i) + t(ij)], \quad (7.1)$$

где $T_l(j)$ – поздний допустимый срок наступления j -го события (значение правого сектора конечного события данной работы); $T_E(i)$ – ранний срок наступления события i (значение левого сектора начального события данной работы); $t(ij)$ – расчетное время выполнения работы от i -го начального события до j -го конечного.

Например, для сетевого графика, приведенного на рисунке 7.4 полный резерв времени работы 1–3 определяется так: $T_l(3) = 23$ мин; $T_E(1) = 10$ мин; $t(1-3) = 7$ мин. и составит $R = 23 - [10 + 7] = 6$ мин. Все работы, лежащие на некритическом пути этого графика 1–3–4, имеют одинаковый резерв времени – 6 мин.

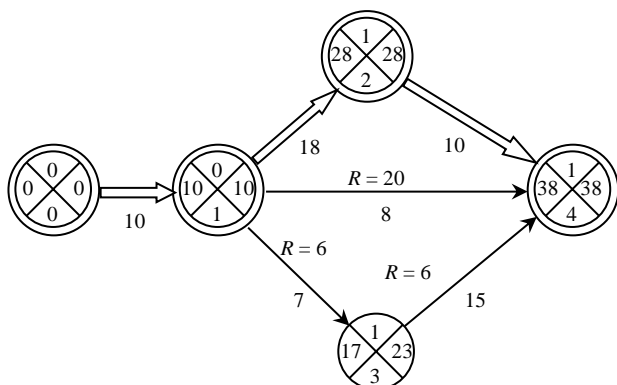


Рисунок 7.4 – Критический путь и резервы сетевых графиков

Свободный резерв – время, на которое можно увеличить продолжительность данной работы, не изменяя раннего начала последующих работ. Свободный резерв возникает за счет более длительного выполнения параллельных работ, лежащих на некритическом пути. Следовательно, свободный резерв будут иметь те работы, которые заканчиваются сложным событием. Свободный резерв времени определяется по следующей формуле:

$$r = T_E(j) - [T_E(i) + t(ij)] \quad (7.2)$$

Свободный резерв операции представляет собой разность самого раннего из ожидаемых времен наступления следующего за ней события $T_E(j)$ и самого раннего времени ее начала. Например, работа 2–6 (рисунок 7.3, в) имеет свободный резерв времени $r = 34 - [17 + 13] = 4$ мин.

Резерв времени события – разность между поздним и ранним сроком наступления этого события. Для события k резерв времени будет выражаться зависимостью

$$r_c = T_l(k) - T_E(k). \quad (7.3)$$

Резерв времени любого события показывает, на какой предельно допустимый период времени можно задержать наступление этого события, не увеличивая при этом общего времени окончания работ.

Сетевые графики разрабатываются как для станции или сортировочной системы в целом, так и для отдельных парков или технологических процессов работы цехов станций. Цель разработки станционных сетевых графиков:

- 1) определение мер и установление очередности работ по сокращению

продолжительности операций, лежащих на критическом и околоскритических путях;

2) анализ выполнения технологического процесса и нахождение оптимального времени между исходными данными и завершающими событиями с учетом комплексного взаимодействия всех технологических операций;

3) использование сетевых графиков при оперативном планировании работы станций;

4) оперативный контроль за ходом технологического процесса станционным и маневровым диспетчерами.

Основными элементами сетевых графиков являются «работы» и «события».

Пример расчета

Требуется разработать сетевой график обработки поезда, поступившего в расформирование во внутриреспубликанском сообщении (рисунок 7.5).

Операция	Последовательность выполнения и время, мин		Исполнитель
	до прибытия	после прибытия	
Получение ТГНЛ и планирование работы с поездом	Заблажно		ДСЦ, ДСП, СТЦ, приемосдатчик ПКО
Получение сообщения об отправлении поезда с соседней станции	1		ДСП
Оповещение причастных работников о пути приема, времени и назначении поезда	1		
Задание на закрепление состава	1		
Выход причастных работников к пути приема поезда	3		Работники ПТО, ПКО, СПК, СТЦ
Закрепление состава и доклад об этом ДСП		2	Сигналист
Уборка поезда локомотива		3	Локомотивная бригада
Ограждение состава		1	Оператор ПТО
Техническое обслуживание		60	ПТО
Коммерческий осмотр		60	ПКО, СПК

Снятие ограждения			1	Оператор ПТО
Проверка состава с «натуры»		15		Операторы СТЦ
Прием документов от локомотивной бригады и доставка их в СТЦ		5		Работник СТЦ
Обработка документов	в СТЦ	20		Операторы СТЦ
	в ПКО	10		Приемосдатчи к ПКО
Корректировка ТГНЛ по результатам обработки			5	Оператор СТЦ
Выдача сортировочного листа			5	
Общая продолжительность		67		

Рисунок 7.5 – Технологический график обработки поезда, поступившего в расформирование во внутриреспубликанском сообщении

Перед составлением сетевого графика необходимо составить перечень работ и событий обработки поезда в парке приема, а также установить нормы времени на выполнение всех операций, для чего можно воспользоваться технологическим графиком обработки поезда (рисунок 7.5). При установлении перечня работ выбирается необходимая степень их детализации. Например, технический осмотр состава принимается как единая операция, хотя она является сложной. Расчленение этой операции на более элементарные, производится при разработке сетевого графика технического осмотра поезда работниками ПТО. Перечень работ сетевого графика обработки поезда поступившего в расформирование во внутриреспубликанском сообщении представлен в таблице 7.1.

Т а б л и ц а 7.1 – Перечень работ по обработке поезда, поступившего в расформирование во внутриреспубликанском сообщении

Определяющие события (коды)	Наименование работ (операций)	Исполнители
0-1	Закрепление состава и доклад об этом ДСП	Сигналист
0-2	Проверка состава с «натуры»	Операторы СТЦ
0-3	Прием документов от локомотивной бригады и доставка их в СТЦ	Операторы СТЦ
1-4	Уборка поездного локомотива	Локомотивная бригада
4-7	Ограждение состава	Оператор ПТО

2-5	Зависимость между проверкой состава с натуры и окончанием обработки документов в СТЦ	Операторы СТЦ
3-5	Обработка документов в СТЦ	Операторы СТЦ
3-6	Обработка документов в ПКО	Приемосдатчик ПКО
5-8	Корректировка ТГНЛ по результатам обработки	Операторы СТЦ
6-8	Зависимость между окончанием обработки документов в ПКО и началом корректировки ТГНЛ	Приемосдатчик ПКО, Операторы СТЦ
7-9	Технический и коммерческий осмотры	ПТО, ПКО, СПК
8-10	Выдача сортировочного листа	Оператор СТЦ
9-11	Снятие ограждения	Оператор ПТО
10-11	Зависимость между выдачей сортировочного листка и окончанием обработки состава в парке приема	Оператор СТЦ, Локомотивная бригада, ДСП

Далее на основании установленных работ таблицы 7.1, разрабатывается сетевой график рассматриваемого процесса (рисунок 7.6).

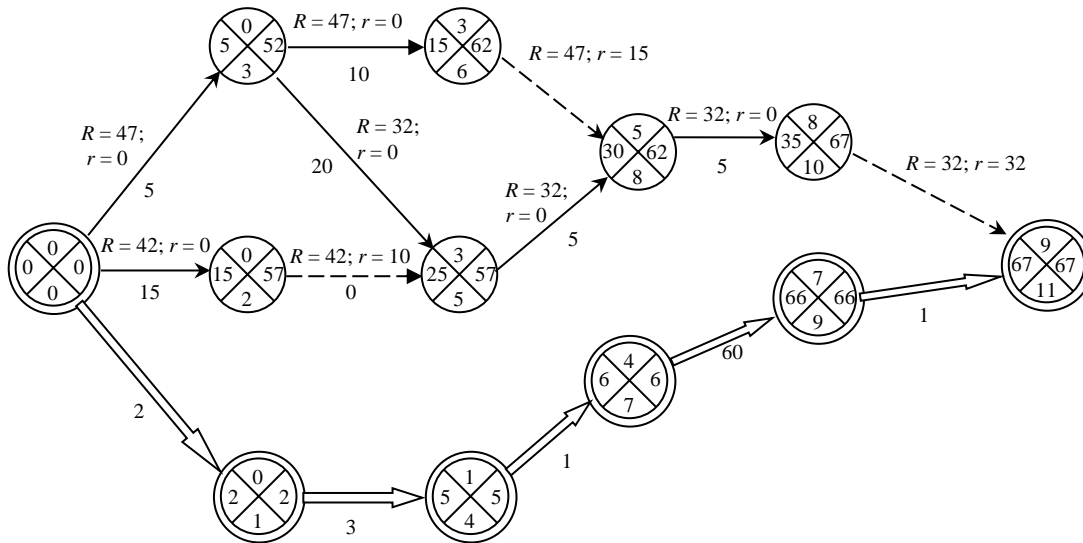


Рисунок 7.6 – Сетевой график и резервы обработки поезда, поступившего в расформирование во внутриреспубликанском сообщении

Как видно из разработанного графика, на критическом пути лежат следующие работы: 0-1; 1-4; 4-7; 7-9; 9-11. Общая продолжительность их составляет 67 минут. Таким образом, критический путь проходит через работы, которые выполняются непосредственно с составом: закрепление состава, ограждение состава, технический и коммерческий осмотры, снятие ограждения. Операции, выполняемые с документами или одновременно с документами или составом имеют резервы времени (см. рисунок 7.6.) Таким образом, для обеспечения заданных нормативов обработки составов в парке приема, необходимо обеспечить данный технологический процесс ресурсами – бригадами ПТО и ПКО, маневровыми локомотивами и бригадами, операторами ПТО.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте понятие сетевого графика?
- 2 Из каких основных элементов состоит сетевой график? Виды работ и событий в сетевом графике.
- 3 Дайте понятие пути в сетевом графике. Полный и критический пути.
- 4 Что такое резерв времени работ и событий? Как определяется полный и свободный резервы времени работ?

Практическая работа № 8

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

Цель работы. Ознакомиться с методикой оценки эффективности автоматизации технологических процессов. Изучить основные факторы, влияющие на эффективность автоматизации. Научиться определять срок окупаемости и экономическую эффективность внедрения информационных систем на транспорте.

Сведения из теории

К основным факторам, определяющим воздействие информационных систем на показатели производственно-хозяйственной и управленческой деятельности, относят:

- оптимизацию плана и регулировочных решений в результате использования экономико-математических методов;
- расчет нескольких вариантов плана;
- улучшение сбалансированности плана;

- повышение точности плановых расчетов;
- решение новых задач;
- увеличение объема выдаваемой полезной информации и доли аналитической информации, а также число обслуживаемых пользователей;
- сокращение срока выдачи выходной информации;
- повышение достоверности отчетно-учетной информации;
- совершенствование нормативной базы;
- высвобождение времени работников аппарата управления;
- сокращение трудоемкости расчетов, сбора и обработки информации.

Эти факторы влияют на следующие основные показатели производственно-хозяйственной деятельности железнодорожного транспорта:

- увеличение объема перевозок, объема перегрузочных работ и выпуска промышленной продукции;
- снижение эксплуатационных расходов;
- сокращение размера оборотных средств;
- увеличение дополнительных доходов;
- повышение производительности труда;
- сокращение непроизводительных расходов.

Изменение указанных показателей достигают сокращением потребности в подвижном составе; повышением ритмичности работы станций; сокращением порожних пробегов вагонов, сокращением простоев в ожидании выполнения операций, а также за счет оптимизации работы перегрузочных машин и оборудования; уменьшением потерь рабочего времени работников станции и улучшением использования станционного оборудования; увеличением доходов от сдачи подвижного состава в аренду; сокращением сроков финансовых расчетов, сверхнормативных запасов сырья и материалов; снижением расходов промышленных материалов, топлива, электроэнергии, заработной платы; уменьшением времени нахождения грузов в пути.

Автоматизация также влияет на показатели управленческой деятельности: относительное сокращение численности аппарата управления, снижение административно-управленческих расходов, сокращение трудоемкости ручной обработки информации, совершенствование структуры аппарата управления, ликвидацию излишних звеньев.

Следует также учитывать, что помимо эффекта, получаемого на железнодорожном транспорте от внедрения информационных систем, создается дополнительный экономический эффект в народном хозяйстве из-за ускорения доставки грузов в результате сокращения времени нахождения их в процессе перевозки, т.е. уменьшения оборотных средств в сфере

обращения; сокращения простоев подвижного состава смежных видов транспорта; уменьшения оборота контейнеров вследствие оптимизации технологии их обработки.

Методы определения экономической эффективности внедрения информационных систем

В качестве оценок экономической эффективности внедрения информационных технологий (ИТ) принимаются следующие показатели: годовой прирост прибыли (или годовая экономия), годовой экономический эффект, расчетный коэффициент эффективности или срок окупаемости затрат.

1 Годовой прирост прибыли (годовая экономия от внедрения ИТ является результатом снижения себестоимости перевозок (погрузочно-разгрузочных работ, промышленной продукции) и получения прибыли от освоения дополнительного объема работ в связи с оптимизацией планов, улучшением использования производственных мощностей. Так как на железнодорожном транспорте выполняются различные виды работ (перевозка грузов и пассажиров, погрузка-выгрузка, промышленная деятельность, сдача в аренду складов и подвижного состава и др.), годовой прирост прибыли определяется суммированием по каждому виду деятельности.

Годовой прирост прибыли определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \sum \left[\left(\frac{A_{2j} - A_{1j}}{A_{1j}} \right) \Pi_{1j} + \frac{(C_{1j} - C_{2j}) A_{2j}}{100} \right], \quad (8.1)$$

где A_{1j}, A_{2j} – годовой объем работ по j -му виду деятельности до и после внедрения информационной системы соответственно в натуральном и стоимостном (доходы) выражении; C_{1j}, C_{2j} – затраты на единицу годового объема j -го вида деятельности (на 1 т·км, на 1 т, на 1 руб. доходов) до и после внедрения информационной системы соответственно, руб.; Π_{1j} – прибыль по j -му виду деятельности до внедрения АСУ, руб.

Каждая из частей прироста прибыли от внедрения конкретной подсистемы информационной системы определяется путем суммирования элементов экономии по основным задачам или комплексам задач, решаемых в подсистемах информационной системы.

В дальнейших расчетах годового прироста прибыли от функционирования более удобно пользоваться формулой, полученной после преобразований формулы (8.1) и с учетом специфики этих информационных систем:

$$\Theta_{\text{год}} = \sum D_j dA_j - \sum \Delta C_j, \quad (8.2)$$

где D_j – доходы от j -го вида деятельности, тыс. руб.; ΔC_j – общее изменение эксплуатационных расходов по j -му виду деятельности после внедрения информационной системы, тыс. руб. dA_j – относительный прирост объема работ (доходов) по j -му виду деятельности; характеризуется соотношением $dA_j = \frac{A_{2j} - A_{1j}}{A_{1j}}$. В случае, когда не предусматривается увеличение объема работ, $dA_j = 0$.

2 Годовой экономический эффект информационных систем различных уровней определяется по формуле

$$\Theta = \Theta_{\text{год}} - E_n K_d^A, \quad (8.3)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений на железнодорожном транспорте, $E_n = 0,12$; K_d^A – дополнительные затраты, связанные с созданием и внедрением информационной системы, руб.

Эффективность затрат определяется по выражениям

$$E_p = \frac{\Theta_{\text{год}}}{K_d^A}; \quad T = \frac{K_d^A}{\Theta_{\text{год}}}, \quad (8.4), (8.5)$$

где $\Theta_{\text{год}}$ – расчетный коэффициент эффективности затрат; T – срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет.

3 Расчетный коэффициент эффективности сопоставляется с нормативным значением коэффициента эффективности информатизации, и в случае, когда расчетный коэффициент больше него, информационная система считается эффективной, т. е.

$$E_p \geq E_{\text{н.вт}} = 0,3. \quad (8.6)$$

4 Срок окупаемости затрат на информационную систему T характеризует период времени, в течение которого дополнительные затраты возмещаются за счет экономии от снижения себестоимости и прибыли от прироста объемов работ.

Дополнительными показателями экономической эффективности информационной системы могут служить показатели, которые характеризуют изменения в аппарате управления и объемах обрабатываемой и используемой информации до и после внедрения системы. К таким показателям относятся: сокращение общей численности работников органов управления подразделений отрасли, достигнутое в результате внедрения системы; уменьшение расходов на содержание аппарата управления

подразделений отрасли; снижение трудоемкости ручной обработки информации в ходе решения задач управления в результате внедрения информационной системы (в трудо-часах и в процентах).

Кроме экономического эффекта, создаваемого непосредственно на железнодорожном транспорте в результате внедрения информационных систем, в ряде случаев возникает дополнительный эффект, реализуемый на других видах транспорта и на более высоком уровне – в народном хозяйстве в целом (народнохозяйственный эффект). Этот эффект достигается за счет автоматизации решения задач, приводящих к ускорению обработки подвижного состава смежных видов транспорта и сокращению сроков доставки народнохозяйственных грузов благодаря уменьшению времени в пути. При расчете обобщающих показателей экономической эффективности информационных систем следует учитывать эффект в народном хозяйстве и на смежном виде транспорта. При этом:

а) суммарный годовой прирост прибыли или годовую экономию $\mathcal{E}_{\text{год}}^{\Sigma}$ определяют по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{год}}^{\Sigma} = \mathcal{E}_{\text{год}} + \mathcal{E}_{\text{год}}^{\text{пс}}, \quad (8.7)$$

где $\mathcal{E}_{\text{год}}$ – годовой прирост прибыли или экономия, получаемая предприятиями железнодорожного транспорта, без учета экономического эффекта на других видах транспорта, тыс. руб.; $\mathcal{E}_{\text{год}}^{\text{пс}}$ – годовой прирост прибыли на смежных видах транспорта в связи с увеличением объема перевозок высвобожденным подвижным составом, руб.;

б) срок окупаемости с учетом народнохозяйственного эффекта $T_{\text{ок}}^{\Sigma}$ определяется по формуле

$$T_{\text{ок}}^{\Sigma} = \frac{K_{\text{д}}^{\Lambda\Sigma}}{\mathcal{E}_{\text{год}}^{\Sigma}}, \quad (8.8)$$

где $K_{\text{д}}^{\Lambda\Sigma}$ – затраты, связанные с созданием и внедрением информационных систем с учетом экономического эффекта в народном хозяйстве от ускорения доставки грузов:

$$K_{\text{д}}^{\Lambda\Sigma} = K_{\text{д}}^{\Lambda} - K_{\text{гр}}^{\text{н.х}}, \quad (8.9)$$

где $K_{\text{гр}}^{\text{н.х}}$ – уменьшение оборотных средств народного хозяйства за счет сокращения сроков доставки грузов, тыс. руб.:

$$K_{\text{гр}}^{\text{н.х}} = \frac{\Pi Q_0^{\Lambda}}{365} \Delta t_{\text{гр}}^{\Lambda}, \quad (8.10)$$

где Π – средняя стоимость 1 т груза, перевозимого железнодорожным транспортом, руб.; Q_0^{Λ} – грузооборот за год, тыс. т; $\Delta t_{\text{гр}}^{\Lambda}$ – сокращение

среднего времени нахождения груза на станции и в пути в условиях функционирования информационной системы, сут:

$$\Delta t_{\text{гр}}^{\text{А}} = t_{\text{гр}} - t_{\text{гр}}^{\text{А}}, \quad (8.11)$$

где $t_{\text{гр}}$, $t_{\text{гр}}^{\text{А}}$ – среднее время нахождения.

Пример расчета

Рассмотрим методику расчета затрат на примере модернизации АСУ СС. Затраты по модернизации АСУ СС подразделяются на два вида: единовременные (разовые) на их создание и внедрение и постоянные – на эксплуатацию.

В состав единовременных входят затраты на научную и проектную разработки этих систем управления (предпроизводственные), на строительно-монтажные работы и оборудование (ЭВМ, периферийное оборудование и т.д.) информационно-вычислительных центров и информационных пунктов. Таким образом, единовременные затраты, связанные с созданием и внедрением АСУ, определяются по формуле

$$K_{\text{д}}^{\text{А}} = K_{\text{п}}^{\text{А}} + K_{\text{о}}^{\text{А}}; \quad (8.12)$$

где $K_{\text{п}}^{\text{А}}$ – предпроизводственные затраты, у. д. е.; $K_{\text{о}}^{\text{А}}$ – затраты на оборудование и строительно-монтажные работы для АСУ, у. д. е.;

Предпроизводственные затраты $K_{\text{п}}^{\text{А}}$ предназначены на предпроектные и научные исследования, разработку проектов АСУ, включая разработку, отладку и внедрение программ, составление инструкций, справочников и других руководящих документов по эксплуатации АСУ, подготовку и переподготовку кадров. Они определяются исходя из сметы расходов по договору между разработчиком и заказчиком или берутся по фактическим расходам. В случае тиражирования АСУ для других объектов или использования проектов по какой-либо системе (подсистеме) как типовых для других уровней управления, затраты перераспределяются между объектами тиражирования. Порядок перераспределения определяется в каждом конкретном случае в зависимости от количества объектов тиражирования и полноты первоначального проекта.

Затраты на оборудование и строительно-монтажные работы $K_{\text{о}}^{\text{А}}$ для АСУ СС предусматривают расходы на приобретение вычислительной техники, периферийных устройств, средств связи, вспомогательного оборудования и прочей оргтехники (с учетом затрат на транспортировку, монтаж, накладку и пуск), производственно-хозяйственного инвентаря, а также расходы на

строительство (реконструкцию) зданий и сооружений, необходимых для функционирования АСУ. Расчет ведется по формуле

$$K_o^A = K_{\text{КТС}}^A + K_c^A + K_{\text{м.н}}^A, \quad (8.13)$$

где $K_{\text{КТС}}^A$ – затраты на приобретение оборудования (технические средства ВЦ и средства связи), включая серийно выпускаемые и разрабатываемые средства, у. д. е.; K_c^A – затраты на строительство (реконструкцию) зданий СТП (в рассматриваемом варианте модернизации эти расходы равны нулю); $K_{\text{м.н}}^A$ – затраты на монтажно-наладочные работы, пуск и транспортировку комплекса технических средств, у. д. е.

Расходы на монтажно-наладочные работы, пуск и транспортировку КТС принимаются равными 9 % от стоимости КТС.

Затраты на приобретение оборудования определяются по формуле

$$K_{\text{КТС}}^A = N_{\text{комп}} \Pi_{\text{комп}} + N_{\text{принт}} \Pi_{\text{принт}} + \Pi_{\text{сеть}} + \Pi_{\text{сервер}}, \quad (8.14)$$

где $N_{\text{комп}}$, $N_{\text{принт}}$ – количество дополнительно необходимых соответственно компьютеров, принтеров; $\Pi_{\text{комп}}$, $\Pi_{\text{принт}}$, $\Pi_{\text{сеть}}$, $\Pi_{\text{сервер}}$ – стоимость соответственно компьютеров, принтеров, сетевого оборудования, сервера;

$$K_{\text{КТС}}^A = 12 \cdot 700 + 12 \cdot 100 + 5000 + 5000 = 19600 \text{ у. д. е.}$$

Расходы на монтажно-наладочные работы, пуск и транспортировку КТС принимаются равными 9 % от стоимости КТС и составляют:

$$K_{\text{м.н}}^A = 19600 \cdot 9 / 100 = 1768 \text{ у. д. е.}$$

Данные о предпроизводственных затратах и затратах на оборудование и строительно-монтажные работы сводятся в таблицу 8.1.

Т а б л и ц а 8.1 – Предпроизводственные затраты

Вид затрат	Условное обозначение	Количественное значение
1 Предпроизводственные затраты (стоимость НИР и проектных работ)	$K_{\text{п}}^A$	70000
2 Стоимость реконструкции здания СТП	K_c^A	0
3 Стоимость комплекса технических средств АСУ (ЭВМ, периферийные устройства, средства связи и другие технические средства)	$K_{\text{КТС}}^A$	19600
4 Затраты на монтаж и наладку технических средств и их транспортировку	$K_{\text{мн}}^A$	1764
И т о г о		91364

Затраты на оборудование и строительные-монтажные работы

$$K_O^A = 19600 + 1764 = 21384 \text{ у. д. е.}$$

Таким образом, единовременные затраты, связанные с созданием и внедрением АСУ, составляют:

$$K_D^A = 70000 + 21364 = 92364 \text{ у. д. е.}$$

В состав затрат по эксплуатации АСУ $C_{АСУ}$ входят расходы на содержание ЭВМ и компьютерной техники, заработную плату, амортизационные отчисления, текущий ремонт, на электроэнергию, аренду помещений и пр.

Расчет общих затрат, связанных с эксплуатацией АСУ, производится в соответствии с методикой определения экономической эффективности АСУ предприятиями и методикой оценки экономической эффективности отраслевых автоматизированных систем управления в промышленных министерствах и промышленных объединениях:

$$C_{АСУ} = Z_{ЭВМ} + Z_{ЗПл} + Z_{актс} + Z_{апом} + Z_{тр} + Z_э + Z_{пр}, \quad (8.15)$$

где $Z_{ЭВМ}$ – расходы на содержание ЭВМ, которые составляют 5 % стоимости технических средств; $Z_{ЗПл}$ – заработная плата персонала, связанного с обслуживанием АСУ, определяется прямым счетом на основании штатного расписания (в рассматриваемом случае увеличения штата работников не предполагается); $Z_{актс}$, $Z_{апом}$ – амортизационные отчисления соответственно по периферийным техническим средствам, составляют 12,5 % стоимости технических средств; $Z_{тр}$ – затраты на текущий ремонт периферийной техники (3–4 % стоимости технических средств); $Z_э$ – затраты на электроэнергию, потребляемую периферийными техническими средствами, определяются исходя из установленной мощности технических средств, фактического годового фонда рабочего времени и стоимости 1 кВт·ч; $Z_{пр}$ – прочие затраты на содержание персонала АСУ, составляют 8–12 % от суммарных затрат.

Затраты, связанные с эксплуатацией АСУ приведены в таблице 8.2.

Т а б л и ц а 8.2 – Затраты, связанные с эксплуатацией АСУ СС

Статья затрат	Условное обозначение	Количественное значение
Расходы на содержание ЭВМ	$Z_{ЭВМ}$	280
Годовой фонд заработной платы с отчислениями на социальное страхование	$Z_{ЗПл}$	0
Амортизационные отчисления от стоимости периферийного оборудования	$Z_{актс}$	672

Затраты, необходимые для текущего ремонта технических средств	$Z_{тр}$	224
Стоимость электроэнергии, потребляемой периферийной техникой	$Z_{э}$	800
Прочие затраты	$Z_{пр}$	237
Итого		2213

Расчет экономического эффекта и срока окупаемости АСУ

Экономический эффект от повышения безопасности. Повышение безопасности движения, равно как и повышение качества управления, не приносит прямой экономии денежных средств, за исключением косвенной экономии за счет снижения браков и порчи. Следовательно, экономический эффект в данном случае рассчитывают по правилам расчета экономического эффекта от внедрения рационализаторских предложений (по табличным коэффициентам):

$$\mathcal{E}_{без} = K_1 K_2 K_3 0,5M \cdot 12, \quad (8.16)$$

где K_1 – коэффициент достигнутого положительного эффекта, равен 2; K_2 – коэффициент объема использования, равен 2; K_3 – коэффициент сложности технического решения, равен 4; M – минимальный оклад работника оперативного управления (125 у. д. е.);

$$\mathcal{E}_{без} = 2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot 125 \cdot 12 = 12000 \text{ у. д. е.}$$

Экономический эффект от ускорения оборота вагонов на станции рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{об} = \frac{24 \cdot 365 n E_{пр} \Delta O}{100}, \quad (8.17)$$

где n – среднее количество обрабатываемых вагонов за сутки; $E_{пр}$ – стоимость одного вагоно-часа, 0,49 у. д. е.; ΔO – сокращение простоя вагона на станции за счет внедрения новых задач, 3 %:

$$\mathcal{E}_{об} = 24 \cdot 365 \cdot 1600 \cdot 0,49 \cdot 3 / 100 = 206000 \text{ у. д. е.}$$

Годовая экономия эксплуатационных затрат приведена в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Годовая экономия эксплуатационных затрат при внедрении АСУ

Показатель	Экономия, у. д. е.
Повышение безопасности движения	12000
Ускорение оборота вагонов на станции	206000
Итого	218000

В процессе эксплуатации новых функциональных подсистем АСУ СС возможны и другие источники экономической эффективности.

Срок окупаемости проекта $T_{ок}$ находят по формуле

$$T_{ок} = \frac{K_D^A}{\Theta - C_{АСУ}}, \quad (8.18)$$

$$T_{ок} = \frac{91364}{218000 - 2213} = 0,45 \text{ года} .$$

Расчеты показывают, что внедрение новых функциональных задач является выгодным не только с производственной, но и с экономической точки зрения.

Контрольные вопросы

1 Назовите основные факторы, определяющие воздействие информационных систем на показатели производственно-хозяйственной и управленческой деятельности.

2 На какие основные показатели производственно-хозяйственной деятельности железнодорожного транспорта оказывает влияние внедрение информационных систем?

3 Какие показатели характеризуют экономическую эффективность внедрения информационных систем?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Автоматизированные диспетчерские центры управления эксплуатационной работой железных дорог / П. С. Грунтов [и др.] ; под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1990. – 228 с.

2 Автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / П. С. Грунтов [и др.]. – Гомель : БелИИЖТ, 1993. – Ч. IV. – 52 с.

3 **Буянов, В. А.** Автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте / В. А. Буянов, Г. С. Ратин. – М. : Транспорт, 1984. – 239 с.

4 **Ерофеев, А. А.** Информационные технологии на железнодорожном транспорте : пособие по выполнению практических работ / А. А. Ерофеев, В. Г. Кузнецов. – Гомель : БелГУТ, 2003. – 83 с.

5 **Ерофеев, А. А.** Информационные технологии на железнодорожном транспорте : практикум для студентов специальности «Организация движения и управление на железнодорожном транспорте» / А. А. Ерофеев ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 97 с.

6 **Ерофеев, А. А.** Интегрированная информационная поддержка перевозочного процесса : учеб.-метод. пособие / А. А. Ерофеев, Е. А. Федоров, Е. А. Ерофеева ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 114 с.

7 Информационные технологии на железнодорожном транспорте / под ред. Э. К. Лецкого, Э. С. Поддавашкина, В. В. Яковлева. – М. : УМК МПС России, 2001. – 668 с.

8 Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах : учеб. для вузов / В. А. Гапанович [и др.] ; под ред. В. И. Ковалева, А. Т. Осьминина, Г. М. Грошева. – М. : Маршрут, 2006. – 544 с.

9 Расчеты автоматизированных систем управления (на примере автоматизированных систем управления железнодорожным транспортом) / под ред. Г. В. Дружинина. – М. : Транспорт, 1985. – 223 с.

10 Управление и информационные технологии на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / Л. П. Тулупов [и др.] ; под ред. Л. П. Тулупова. – М. : Маршрут, 2005. – 467 с.

11 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.

12 **Юшкевич, Ю. П.** Основные принципы разработки АСУ перевозочным процессом на железной дороге : учеб. пособие / Ю. П. Юшкевич, З. Н. Рогачева. – Гомель : БелИИЖТ, 1990. – 67 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(информационное)

Основные типы грузовых вагонов и их нумерация

1-й знак – род вагона		2-й знак – осьность и основная характеристика вагона		3-й знак – дополнительная характеристика вагона			
2	Крытый	0	4-осн. с объемом кузова менее 120 м ³	0–9	Характеристики не содержит		
		1–3	4-осн. с объемом кузова 120 м ³ и более				
		4–7	4-осн. с объемом кузова 120 м ³ и более, уширенный				
4	Платформа	0	4-осн. с длиной рамы до 13,4 м	0–9	Характеристики не содержит		
		2–6	4-осн. с длиной рамы 13,4 м и более				
6	Полувагон	0–2	4-осн. с люками в полу и торцевыми дверями	0–9	Характеристики не содержит		
		4–7	4-осн. с люками в полу без торцевых дверей				
		8	4-осн. с глухим кузовом				
		9	8-осн.	0	С люками в полу и торцевыми дверями	2–6	С люками в полу без торцевых дверей
				8	С глухим кузовом		
7	Цистерна	0	Для нефтебитума и вязких нефтепродуктов	0	Для нефтебитума (бункерный с облегченной рамой)		
				1–3	Для нефтебитума (бункерный полувагон)		
				5–6	Для вязких нефтепродуктов		
		1	4-осн. для нефти и темных нефтепродуктов	0–9	Характеристики не содержит		
		2	4-осн. для нефти, темных и светлых нефтепродуктов				
		3–4	4-осн. для светлых нефтепродуктов				
		6	4-осн. для химических грузов	0–6	С объемом котла 73,1 м ³	0	Для серной кислоты
				9	С объемом котла 88,6 м ³	1	Для улучшенной серной кислоты
				0		3	Для меланжа
				4		4	Для метанола

Продолжение приложения А

1-й знак – род вагона		2-й знак – оснсть и основная характеристика вагона		3-й знак – дополнительная характеристика вагона	
7	Цистерна	6	4-осн. для химических грузов	5–8	Для остальных химических грузов
				0	Для спирта
		7	4-осн. для пищевых продуктов	1	Для молока
				2	Для растительного масла
				3–4	Для виноматериалов
				5	Для патоки
				8	Для остальных пищевых продуктов
		9	8-осн. нефтебензиновая	0–1	Для нефти и нефтепродуктов
				4–5	Для светлых и темных нефтепродуктов
8	Изотермический	0	4-осн. вагон-термос	0–1	Характеристики не содержит
				0	С пристенными карманами
		1	4-осн. вагон-ледник	4	С потолочными баками
				7	Для вина
				0	Со служебным отделением для бригады
		3	4-осн. автономный рефрижераторный вагон (АРВ)	1	Без служебного отделения для бригады, 19 м
				3–4	Без служебного отделения для бригады, 21 м
				0	21-вагонный поезд
		4	4-осн. грузовой вагон в составе рефрижераторных	1	12-вагонный поезд
				7	4-осн. грузовой вагон в составе 5-вагонных
		1	Для секции ЗА-5 постройки ГДР с дизельным отделением со служебным техническим отделением		
		2–6	Грузовой вагон секции постройки БМЗ с одним служебно-техническим отделением		

				7-9	Грузовой вагон секции ЗБ-5 постройки ГДР с одним служебно- техническим отделением
--	--	--	--	-----	--

Продолжение приложения А

1-й знак – род вагона		2-й знак – оснсть и основная характеристика вагона		3-й знак – дополнительная характеристика вагона	
8	Изотермический	9	8-осный вагон в составе рефрижераторной секции	0-9	Характеристики не содержит
9	Прочие	0	4-осн. для перевозки грузов	0	Для апатитового концентрата, с поднимающимся кузовом
				1	Для сырья минеральных удобрений
				3-6	Для минеральных удобрений
		1	4-осн. для перевозки грузов	0	Для агломерата и окатышей длиной 10 м
				2-4	Для агломерата и окатышей длиной 12 м
				6	Для технологической щепы
				8	Сборно-раздаточный
		2	4-осн. для перевозки грузов	0-4	Для среднетоннажных контейнеров на базе крытого полувагона
				5	Крытый для легковесных грузов (ЦМГВ)
				7	Крытый для автомобилей
				8	2-ярусная платформа для автомобилей
		3	4-осн. для перевозки грузов	0-6	Хоппер для цемента
				7-9	Цистерна для цемента
		4	4-осн. (платформа) для перевозки грузов	0-2	Для большегрузных контейнеров длиной рамы менее 13,4 м
				3	Для большегрузных контейнеров длиной рамы 13,4 м
		4	4-осн. (платформа) для перевозки грузов	4-9	Для большегрузных контейнеров длиной рамы 18,4 м
		5	4-осн. для перевозки грузов	0-8	Для зерна (хоппер)
		6	4-осн. для перевозки грузов	9	Для зерна на базе цементовоза (временно под зерно)
0	Для живой рыбы грузовой вагон 2-вагонной секции				

Окончание приложения А

1-й знак – род вагона		2-й знак – осность и основная характеристика вагона		3-й знак – дополнительная характеристика вагона			
9	Прочие	6	4-осн. для перевозки грузов	1	Для живой рыбы одиночный вагон		
				3	Для скота, с верхним расположением люков		
				4	Для скота, 2-ярусный		
				5	Для скота, с нижним расположением люков		
				6	Платформа для рулонной стали		
		7	4-осн. для перевозки грузов	0	Цистерна для кальцинированной соды		
5	Собственные						
3	Прочие	0–1	4-осн. хоппер-дозатор	0–4	ЦНИИ-2; ЦНИИ-3		
				5–8	ЦНИИ-ДВЗМ		
				2	4 осн. думпкары	0–9	4ВС-50
				3	4 осн. думпкары	0–9	5ВС-60
				4–5	4 осн. думпкары	0–9	6ВС-60, 7-ВС-70
		6	6-осн. вагон для перевозки грузов	4	Платформа		
				6	Полувагон		
				7	Цистерна		
				8	3-вагонная рефрижераторная секция		
				9	Остальные вагоны		
		7	4-осн. служебно-технические вагоны рефрижераторных поездов и секции не для перевозки грузов	1	Вагон-машинное отделение 12-вагонной секции		
2	Вагон-машинное отделение 21-вагонной секции или вагон-служебное помещение						
4	5-вагонная секция ЗБ-5 постройки ГДР						
3	Прочие	7	4-осн. служебно-технические вагоны рефрижераторных поездов и секции не для перевозки грузов	5	5-вагонная секция постройки БМЗ		
				6	Служебный вагон 2-вагонной секции для живой рыбы		
		7	Служебный вагон 3-вагонной секции, отдельный дизель-служебный вагон				
9	Транспортеры						

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(информационное)

Перечень ошибок структурного и логического контроля входных сообщений

Номер ошибки	Номер исходного сообщения	Текст ошибки	Характер ошибки	Краткая аннотация ошибки
01	02, 09, 200–205, 333, 241, 242, 244, 249, 555	Ю2 000.01	Несуществующий номер исходного сообщения	Исправить номер сообщения и ввести его заново в ЭВМ
02	02, 09, 200–205, 333, 241, 242, 244, 248, 249, 555	.02 NC	Количество показателей в фразе больше или меньше допустимого	<p>Для сообщения 02: служебная фраза может содержать минимум 11 показателей («дата и время» включительно) и максимум 15 показателей («Маршрут» включительно). Информационная фраза – минимум 3 показателя («Ролики» включительно), максимум 15 показателей («Примечание» включительно)</p> <p>Для сообщения 09: а) служебная фраза – минимум 11 показателей («Минуты» включительно) и максимум 12 показателей («Номер парка / номер пути» включительно). Информационная фраза – минимум 2 показателя («Номер вагона» включительно), максимум 15 показателей («Примечание» включительно); б) по операции прицепки (код 14): после информационной фразы с кодом корректировки 14 должна следовать информационная фраза с кодом корректировки 00,</p>

02	02, 09, 200–205, 333, 241, 242, 244, 248, 249, 555	.02 NC	Количество показателей в фразе больше или меньше допустимого	<p>которая включает номер вагона и необходимые сведения о нем</p> <p>Для сообщения 241: служебная фраза должна содержать 8 показателей («Код операции» включительно). Информационная фраза – минимум 4 показателя («Масса груза» включительно), максимум 13 показателей («Примечание» включительно).</p> <p>Для сообщения 242: служебная фраза должна содержать 8 показателей («Код операции» включительно). Информационная фраза – минимум 2 показателя («Номер вагона» включительно), для первой фразы – минимум 4 показателя («Код грузополучателя» включительно) и максимум 7 показателей («Примечание» включительно).</p> <p>Для сообщений 200, 201, 204: служебная фраза может содержать минимум 11 показателей («Дата и время» включительно) и максимум 13 показателей (для 200 «Номер пути перегона»; 201, 204 «Признак работы с локомотивом» включительно).</p> <p>Для сообщений 202, 203, 205: может содержать минимум 11 показателей («Минута» включительно) и максимум 15 показателей («Номер парка / номер пути» включительно).</p> <p>Для сообщений 200, 201: информационная фраза может содержать минимум 7 показателей</p>
----	--	--------	--	---

«Табельный номер машиниста» включительно) и
максимум 8 показателей («Фамилия машиниста»
включительно)

Продолжение приложения Б

Номер ошибки	Номер исходного сообщения	Текст ошибки	Характер ошибки	Краткая аннотация ошибки
03	02, 09, 200–205, 333, 241, 242, 244, 248, 249, 555	.03	Отсутствуют информационные фразы или все информационные фразы ошибочны	–
04	02, 09 241, 555	.04	Неверно оформлен маршрут, группа вагонов, следующих по одной накладной, сцеп, рефрижераторные секции и поезда	Маршрут, группа вагонов, следующих по одной накладной, сцеп, рефрижераторные секции и поезда оформляются согласно инструкции по ДУ-1
05	02, 09, 241, 242, 248, 249, 555	.05	Не возрастают номера информационных фраз исходного сообщения	Для сообщений 02, 241, 242 : если в сообщении нет других ошибок, то сообщение принимается к расчету, при этом ЭВМ нумерует информационные фразы в порядке возрастания фраз (ошибка является предупреждающей) Для сообщений 09, 248, 249 : а) после информационной фразы с кодами корректировки 02, 04, 14, 33, 81, 83, 86, 88, 91 должна следовать информационная фраза с кодом корректировки 00, содержащая номер вагона и необходимые сведения о нем; б) в первой информационной фразе код корректировки не может быть равен 00
07	02, 200–205, 333, 241, 242, 244, 248, 249, 555	.07 NC	Отсутствует значение требуемого показателя исходного сообщения	Необходимо дополнить фразу требуемыми показателями (NC – номер показателя)
08	02, 200–205, 333, 241, 242, 244, 248, 249, 555	.08 NC1-NC2	Значения показателей во фразе не	К фразе исходного сообщения показатель NC1 должен соответствовать показателю NC2

09	02	.09 18	соответствуют друг другу Неверно оформлен маршрут	Если в служебной фразе сообщения 02 признак маршрута проставлен от 1 до 4, то в информационной фразе принадлежность вагона к маршруту указывается цифрой 2. Общую массу маршрута против первого вагона разрешается проставлять только при перевозке грузов прямыми и кольцевыми маршрутами. При формировании маршрутной групповой отправки с признаком от 3 до 6 масса груза должна быть указана напротив каждого вагона
09	200–205, 241, 242, 244, 248, 249, 555	.09 NC1-NC2	Значение показателей служебной и информационной фраз не соответствуют друг другу	Показатель NC1 служебной фразы должен соответствовать показателю NC2 информационной фразы
10	02, 09, 241, 242, 248, 249, 555	.10	Одинаковые инвентарные номера вагонов	–
11	02, 09, 200–205, 333, 241, 242, 244, 248, 249, 555	.11	Код пункта передачи из автоответа не соответствует станции совершения операций из сообщения	–
12	02, 09, 200–205, 333, 241, 242, 244, 248, 249, 555	.12	Сбой ЭВМ	–
13	02, 09, 200–205, 333, 241, 242, 244, 248, 249, 555	.13	Нет начала «(:» или конца «:»)» исходного сообщения	–

Продолжение приложения Б

Номер ошибки	Номер исходного сообщения	Текст ошибки	Характер ошибки	Краткая аннотация ошибки
14	02	.14	В ЭВМ для сообщения 02 есть информация о поезде с подробным индексом	Если при поступлении сообщения 02 установлено, что в ЭВМ есть сведения о поезде с таким же индексом (на который не передавались другие сообщения) и совпадают инвентарные номера хотя бы у трех вагонов, то сообщение принимается к расчету, заменяя предыдущее; в противном случае сообщение принимается к обработке, присваивая третий знак порядковому номеру этого состава (слева относительно двух основных) и информирует об этом абонента
14	09, 200–205, 244, 333, 555	.14	Информации о данном поезде нет в ЭВМ или в ней имеются ошибки. В ЭВМ нет информации о вагонах, на которые пришло информационное сообщение	–
15	02, 09, 241, 555	.15 NC	Недопустимое значение служебных символов Щ1, Щ2, апостроф	NC – номер показателя, который принимает недопустимое значение. Символ Щ1 используется для пропуска показателей с 4 по 8 включительно; Щ2 – для пропуска нулевых показателей с 9 по 14 включительно; ‘(апостроф) – для разделения (начиная с 4-го показателя включительно) буквенного и буквенно-цифрового примечания от остальной информации в случае, когда нужно

				опустить незначащие реквизиты строки до графы «Примечание»
--	--	--	--	---

16	02, 09, 200–205, 333, 241, 242, 244, 248, 249, 555	.16 NC	Недопустимое значение показателя исходного сообщения	NC – номер показателя, который принимает недопустимое значение. Для сообщений 09 : а) код корректировки может принимать только значения 01, 02, 03, 04, 06, 08, 11, 14, 33, 81, 83, 86; б) нельзя удалять группу вагонов из маршрута с одной массой в голове, если масса груза после удаления группы больше, чем суммарная масса вагонов в маршруте
17	02, 09, 200–205, 333, 241, 242, 244, 248, 249, 555	.17 NC	Количество знаков в показателе больше или меньше допустимого или недопустимый (нецифровой) символ	–
19	09, 248, 249, 555	.19	Корректируемых фраз нет в исходном сообщении	Для сообщения 09 ошибка возникает, когда в составе поезда нет отцепляемого, перецепляемого вагона, вагона, у которого корректируются данные, или вагона, за которым (перед которым) вставляются или прицепляются вагоны. Для сообщений 248, 249 ошибка возникает, когда в ЭВМ нет удаляемого вагона или вагона, за которым должны вставляться вагон или группа вагонов
20	241, 242, 244, 248, 249	.20	Нарушена порядковая нумерация сообщений	–
21	200, 201, 202	.21	Локомотив отсутствует в числе контролируемых	–
22	02, 09, 248, 249	.22	Недопустимый интервал времени между текущей и	Дата и время в сообщении, переданном со станции, не могут быть меньше текущих более чем на 12 часов

			предыдущими операциями	
--	--	--	---------------------------	--

Окончание приложения Б

Номер ошибки	Номер исходного сообщения	Текст ошибки	Характер ошибки	Краткая аннотация ошибки
23	200–205	.23	Нарушена логическая операция с поездом	Текущая операция, указанная в сообщении, не может следовать непосредственно за предыдущей операцией с поездом
25	02, 09, 200–205	.25	Время совершения операций дольше текущего	Для сообщений 02, 09 время, указанное в служебной фразе, не должно превышать время ЭВМ больше чем на 10 мин. Для сообщений 200–205 время, указанное в служебной фразе, не должно превышать время ЭВМ
26	09, 200–205	.26	Дата и время совершения операций меньше времени предыдущего сообщения	Дата и время совершения операций меньше или равны дате и времени предыдущего сообщения
33	02, 09, 200, 201, 202, 241, 242, 248, 249, 555	.33 02	Неверно указан контрольный знак в инвентарном номере вагона (локомотива)	–
34	02	.34	Количество фраз в сообщении больше допустимого предела	–
90	02, 09	.90	Нарушение плана формирования поездов или вагонов	–

92	02, 09	.92 XXX	Поезд недогружен (указывается масса недогруза в тоннах – XXX)	Ошибка является предупреждающей и исправлений не требует
93	02, 09	.93 XX	Поезд следует с нарушением нормы длины (указывается количество недогруженных вагонов)	Ошибка является предупреждающей и исправлений не требует
P1	200–205	.P1	Повторный ввод	В ЭВМ вводится сообщение, которое уже принято

Учебное издание

ФЕДОРОВ Евгений Александрович

Информационные технологии и системы в логистике

Практикум для студентов специальности
«Транспортная логистика»

Редактор *А. А. Павлюченкова*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Компьютерный набор и верстка – *Е. А. Федоров*

Подписано в печать 03.09.2015 г. Формат 60 × 84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 4,77. Тираж 100 экз.
Зак. № Изд. № 72

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский государственный университет транспорта.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя
и распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/140 от 01.04.2014.

Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель.