

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра “Управление эксплуатационной работой”

А. А. ЕРОФЕЕВ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Пособие по выполнению контрольной работы
для студентов факультета безотрывного обучения

*Одобрено методической комиссией факультета
безотрывного обучения*

Гомель 2005

УДК 658.12.011.56:656
ББК 32.965
Е78

Р е ц е н з е н т – начальник Гомельского бюро автоматизированных систем
дорожного Конструкторско-технического центра
Белорусской железной дороги канд. техн. наук Е. И.
Шубин.

Ерофеев, А. А.

Е78 Информационные технологии на железнодорожном транспорте:
пособие по выполнению контрольной работы для студентов
факультета безотрывного обучения / А. А. Ерофеев. – Гомель: УО
«БелГУТ», 2005. – 62 с.
ISBN 985-468-064-9

Приведено описание выполняемой контрольной работы, даны краткие сведения из теории, рассмотрены практические примеры расчета для каждого типа задач.

Предназначено для выполнения контрольной работы студентами факультета безотрывного обучения специальности «Организация перевозок и управление на транспорте» по дисциплине «Информационные технологии на железнодорожном транспорте». Может быть использовано инженерно-техническими работниками железнодорожных станций.

УДК 658.12.011.56:656
ББК 32.965

© Ерофеев А. А., 2005

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений.....	4
Введение.....	5
Общие указания.....	6
Задача Идентификация объектов железнодорожного транспорта.....	7
1	
Задача Формирование информационных сообщений и методы контроля данных.....	13
Задача Расчеты и обеспечение надежности комплекса технических средств АСУ	27
Задача Анализ информационных потоков.....	37
4	
Список использованной и рекомендуемой литературы.....	45
Приложение А Основные типы грузовых вагонов и их нумерация.....	46
Приложение Б Перечень ошибок структурного и логического контроля входных сообщений.....	50
Приложение В Рабочая программа по дисциплине «Информационные технологии на транспорте».....	58

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АП – абонентский пункт
АПД – аппаратура подготовки данных
АРМ – автоматизированное рабочее место
АСОУП – автоматизированная система оперативного управления перевозками
АСУ – автоматизированная система управления
АСУЖТ – автоматизированная система управления железнодорожным транспортом
АСУСС – автоматизированная система управления сортировочной станцией
ВК – вычислительный комплекс
ГВЦ – Главный вычислительный центр
ДНЦ – поездной диспетчер
ЕСР – единая сетевая разметка
ИВЦ – Информационно-вычислительный центр дороги
СПД – сеть передачи данных
СТЦ – станционный технологический центр
СУБД – система управления базами данных
ТГНЛ – телеграмма-натурный лист поезда
ЭВМ – электронно-вычислительная машина

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожный транспорт является важнейшим звеном логистической цепи «производитель – транспорт – потребитель» со сложной инфраструктурой и огромными объемами зарождающейся в ее рамках информации. Информационное обеспечение процесса управления перевозками грузов обеспечивается комплексом АСУЖТ. Центральное место в АСУЖТ занимает информационное взаимодействие с грузовладельцами, построение реальной модели транспортного процесса и оперативное управление перевозочным процессом, основанное на обработке поступившей информации.

Необходимость решения поставленных задач заставляет АСУ железнодорожным транспортом находиться в непрерывном развитии. По мере создания сетей передачи данных появляется возможность обработки в реальном масштабе времени первоисточников информации (оперативные сообщения о погрузке, выгрузке, о дислокации поездов и локомотивов, натурный лист поезда, дорожная ведомость и т. д.). На этой основе формируются разделы оперативного банка данных, который является основой автоматизированного управления железнодорожным транспортом.

При решении вопросов модернизации и развития средств АСУ важную роль играет технологическая постановка задачи. Основой технологии формирования информационных баз данных является система идентификации объектов железнодорожного транспорта. Для обеспечения достоверности сообщений необходим ввод контрольных знаков, позволяющих осуществлять проверку правильности передачи данных. Параллельно важную роль приобретает проблема классификаторов, емкости которых во многих случаях уже недостаточно для однозначной интерпретации перевозочного процесса в рамках поездной модели.

Цель пособия – ознакомить студентов с методикой решения основных задач АСУ и помочь им в приобретении навыков инженерных расчетов.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении дисциплины «Информационные технологии на транспорте» студент должен выполнить контрольную работу, состоящую из четырех задач. Ее цель – обучить студентов применять на практике основные методики и положения дисциплины.

Студенты выполняют работу по индивидуальным заданиям. Исходные данные для работы выбираются из таблиц и рисунков по вариантам, указанным преподавателем и в зависимости от учебного шифра студента. Текстовый материал контрольной работы должен быть оформлен в соответствии с действующими стандартами на оформление текстовых документов. Работа должна быть выполнена на стандартной белой бумаге формата А4 и написана четким почерком чернилами (пастой) одного цвета или напечатана с помощью компьютерных средств.

При выполнении работы студент должен использовать литературу, указанную в конце задания и методические указания преподавателя. Все результаты расчетов, обоснования принятых решений, выводы должны учитывать задачи, решаемые автоматизированными системами управления на транспорте.

Контрольная работа, выполненная студентом по варианту, не отвечающему его учебному шифру, зачету не подлежит.

Задача 1 ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Цель задачи. Ознакомиться с существующей системой идентификации объектов железнодорожного транспорта. Научиться определять контрольные знаки по различным модулям.

Сведения из теории

Использование ЭВМ в АСУ было бы невозможным без единой системы кодирования (нумерации) подвижного состава, станций, отделений, дорог, грузов, диспетчерских участков, поездов, грузоотправителей и грузополучателей. Система кодирования имеет принципиальное значение для широкого использования ЭВМ на всех уровнях управления перевозочным процессом. Работа по идентификации объектов транспорта (однозначному определению, распознаванию в АСУ) направлена на дальнейшую унификацию, повышение надежности однозначного распознавания и защиту в процессе передачи и переработки машинно-ориентированных кодов от помех документов и реквизитов на эти документы, создание в перспективе бездокументной технологии перевозочного процесса.

1 Единая сетевая разметка

Работники транспорта в своей работе пользуются единой сетевой разметкой (ЕСР). Она заключается в шифровке станции назначения 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 связи при передаче сведений о поездах и вагонах. Основное достоинство ЕСР – ориентация ее на использование в различных 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: Новобелецкой – 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, ЕСП 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 ЕСП – 1500, Брест – 1300, Минск-Сортировочный – 1400. Для пограничных и некоторых портовых станций кроме основного кода ЕСП 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 ЕСП с границами дорог и отделений целесообразно, но не обязательно. Этим исключаются изменения ЕСП при изменениях границ дорог и отделений.

Для сохранения стабильности ЕСП 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 ЕСП 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 ЕСП 1984 года предусмотрено дополнение кода станции пятым защитным знаком, который приписывают справа к номеру станции. Известны статистические данные, характеризующие наиболее общее распределение ошибок: приписывание или потеря цифры – 8,7 %, искажение одной цифры – 76,5 %, перестановка двух соседних цифр – 4,9 %, перестановка двух любых цифр – 0,2 %, прочие ошибки – 9,7 %. Большинство этих ошибок позволяет обнаружить кодовая защита номера станции.

На железных дорогах СНГ и стран Балтии существует ряд методов проверки достоверности информации. Метод контрольных чисел устанавливает 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 $3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 1, 2, 3, 4, \dots$, 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 .

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

2 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-одиннадцати цифр, первые четыре из них – код станции в соответствии с ЕСП, две-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 – 0002, платформы – 0004, полувагоны – 0006, цистерны – 0007 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.

3 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, то есть для типов вагонов, имеющих большую длину, установлены 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

транспортёров – 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 – электровозы односекционные; 2 – электровозы 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.

Методика решения

Определяется контрольный знак для кода станции. Код станции принимается из таблицы 1.1 [8], согласно учебному шифру студента.

Контрольная цифра для станции, имеющей код 34562, определяется умножением на весовой ряд 1, 2, 3, 4, 5 ...:

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

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

Определяется контрольный знак для номера вагона. Номер вагона принимается из таблицы 1.2 [2], согласно учебному шифру студента.

Для определения контрольного знака для номера вагона 2467766 производится поразрядное умножение цифр номера на весовой ряд 2 1 2 1 ...:

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

Определяется 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 ($K_{\text{зн}} = 40 - 32 = 8$). Оно и является контрольной восьмой цифрой номера вагона. Номер вагона будет выглядеть так: **24677668**.

Характеристика вагона определяется согласно приложения А. Вагон 24677668 является крытым, четырехосным, уширенным с объемом кузова 120 м^3 и более.

Исходные данные для определения индекса поезда принимаются из таблицы 1.3 [8], согласно учебному шифру студента.

Станцией отправления поезда является станция 34562. Порядковый номер состава – 015. В поезде следуют крытые вагоны и платформы по регулировочному заданию. Следовательно, вместо кода станции назначения указывается пятизначный код 00024. Тогда индекс поезда будет **34562 015 00024**.

Контрольные вопросы

- 1 Какова основная цель кодирования объектов железнодорожного 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?

З а д а ч а 2 ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СООБЩЕНИЙ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ДАННЫХ

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

Сведения из теории

1 Положения теории информации

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 АСУ*. Это одна из важнейших частей АСУ.

Для удобства пользования и создания условий эффективной обработки данных в условиях функционирования АСУ информацию классифицируют и кодируют.

Основой функционирования автоматизированной системы управления 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 исказиться, вследствие чего снижается достоверность выходной

информации и эффективность функционирования АСУ. В терминологии АСУ 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, то есть характеризует информацию с количественной стороны. Достоверность информации в АСУ 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 АСУ: искажение информации 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 АСУ.

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.

2 Методы обнаружения ошибок

Обеспечение необходимого уровня достоверности преобразования информации в АСУ 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 машинных программ для внутримашинного 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 ЭВМ, контроле правильности считывания и записи информации на внешние накопители. Контрольной суммой при обработке первичных документов с одновременным занесением информации на машинные 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 в ЭВМ 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)

$$D = d_{\Pi} + ml, \quad (1)$$

где d_{Π} – 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 аппаратурная 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», то есть 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 реквизируется 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 информационной 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 в АСУ, как правило, связано с введением информационной, структурной и алгоритмической (программной) избыточностей. *Информационная избыточность*

$$r_n = \left(1 - \frac{n_0}{n}\right), \quad (2)$$

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

Структурная избыточность

$$r_Q = \left(1 - \frac{Q_0}{Q}\right), \quad (3)$$

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

Алгоритмическая избыточность

$$r_A = \left(1 - \frac{A_0}{A}\right), \quad (4)$$

где A_0 – число машинных 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 в АСУ 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 результирующей информации в АСУ.

3 Формирование сообщения 02 и составление корректировочного сообщения

Формат наиболее массового сообщения в АСУЖТ – телеграммы-натурного листа грузового поезда (сообщения 02) приведен в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Структура служебной фразы сообщения 02

П0	П1	П2	П3	Индекс поезда			П7	Дата				П12	П13	...	П19
				П4	П5	П6		отправления поезда							
								П8	П9	П10	П11				
00	00	00000	0000	0000	000	0000	0	00	00	00	00	000	0000	...	00
(:	02	15000	2102	1500	001	1800	1	10	11	12	05	060	3200	...	ВК

В таблице нулями показана шкала, определяющая обязательное количество знаков в каждом поле.

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.

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 N_s ;
- сообщение может содержать одну или несколько информационных фраз, размещаемых последовательно за заглавной фразой;
- структуру заглавной и информационной фраз для условий последовательного списка определяет N_s ;
- 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 (:).

Натурный лист поезда состоит из трех основных частей:

– служебной фразы (первая строка сообщения);

– информационной фразы (все последующие строки);

– итоговой.

Служебная фраза состоит из 18 показателей (без учета позиций начала и окончания сообщения) и имеет следующую структуру:

Позиция 0 – признак начала сообщения.

Позиция 1 – код сообщения 02.

Позиция 2 – код станции передачи информации, кодируется четырьмя знаками по ЕСР.

Позиция 3 – номер поезда (4 знака). При вводе ТГНЛ в АСУ до отправления поезда разрешается указывать фиктивный номер – 2222.

Позиция 4 – код станции формирования поезда, кодируется четырьмя знаками по ЕСР.

Позиция 5 – порядковый номер состава, кодируется тремя знаками от 001 до 999; нулевого номера состава не должно быть.

Позиция 6 – код станции назначения поезда, кодируется четырьмя знаками по ЕСР. Для поездов из порожних вагонов проставляется условный код станции назначения (0002, 0004, 0006 и т. п.).

Совокупность позиций 4–6 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 АСУ 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 7 – признак списывания состава: 1 – с головы, 2 – с хвоста.

Позиции 8, 9 – дата отправления поезда. В позиции 8 с двумя знаками проставляется число и через пробел в позиции 9 двумя знаками – месяц.

Позиции 10, 11 – время окончания формирования состава. В позиции 10 двумя знаками проставляются часы и через пробел в позиции 11 двумя знаками – минуты окончания формирования состава на станции формирования.

Позиция 12 – условная длина поезда, указывается трехзначным числом. При длине меньше 100 впереди добавляются нули до трех знаков.

Позиция 13 – масса брутто поезда, указывается 4- или 5-значным числом. При массе меньше 1000 впереди добавляются нули до четырех знаков.

Позиция 14 – 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 ноль.

Позиции 15 – код верхней негабаритности и код боковой негабаритности (четыре знака). Проставляется код наибольшей степени негабаритности груза из имеющихся в сведениях о вагонах в графе «Примечания».

Позиция 16 – отметка о живности, при наличии в составе поезда вагонов с живностью указывается код 1, в противном случае ставится 0.

Позиция 17 – 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 код собственника). Общий вид информационной фразы приведен в таблице 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 – Структура информационной фразы сообщения 02

П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11	П12	П13	
00	00000000	00	000	000000	00000000	0000	000	0	0000	000000	000	000000	00
01	28543460	20	040	320007	16112411	2965	000	2	0000	ОХР	ВкПс
...

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 – двузначный код железнодорожной администрации, которой принадлежит данный вагон. Если принадлежность вагона не установлена, то в графе проставляется код 00.

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 (6 знаков), находится в пределах от 010000 до 999999.

Позиция 6 – в соответствии с ГНГ проставляется шестизначный код груза и два дополнительных знака. Используются следующие коды для вагонов загруженных:

00000100 – мелкие отправки;

00000200 – среднетоннажные контейнеры;

00000300 – крупнотоннажные контейнеры.

Позиция 7 – код получателя (4 знака). Код 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 – тремя знаками проставляются «Особые отметки». Первая цифра устанавливает принадлежность вагона к маршруту или нерабочему парку. 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.

Второй цифрой обозначается код прикрытия (принимает значения от 1 до 9). Признаки схем прикрытия приведены в пункте 3.9.2 [6]. Для вагонов, не требующих прикрытия, в этой позиции указывается нуль.

Третий знак – негабаритность, живность, длиннобазные вагоны, вагоны, не подлежащие роспуску с горки. Эта графа заполняется в соответствии с таблицей 3.

Т а б л и ц а 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 большим значением.

Позиция 9 – количество пломб. Одним знаком указывается количество пломб на вагоне.

Позиция 10 – 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 11 – входная пограничная станция. Указывается код входной пограничной станции согласно ЕСР (6 знаков). Во внутривнутриреспубликанском сообщении данная графа не заполняется.

Позиция 12 – тара вагона. В этой позиции 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 13 – 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/ч);

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.

НХХХХ – вагоны с негабаритным грузом, например Н3528.

Пятизначный индекс негабаритности обозначает:

1-й знак – всегда буква «Н»;

2-й – степень нижней негабаритности (от 1 до 6);

3-й – степень боковой негабаритности (от 1 до 6);

4-й – степень верхней негабаритности (от 1 до 3);

5-й – вертикальная сверхнегабаритность (8). Отсутствие негабаритности в любой зоне отмечается знаком «0» в соответствующем знаке индекса негабаритности.

Раздел **«Итоговые данные»** натурального листа поезда заполняется на основании данных информационной фразы.

В строке *«Осей всего»* указывается общее число осей подвижного состава в поезде. В строке *«Количество груженных вагонов»* последовательно указывается количество груженных вагонов назначением на соответствующую дорогу. Запись производится в следующей последовательности: буквенный код дороги и через тире – количество груженных вагонов, например Окт-01. Сведения о составе поезда по родам подвижного состава отражаются в соответствии с данными *«№ вагона»*. Подсчет производится отдельно по груженным и порожним вагонам и отдельно по вагонам нерабочего парка.

При заполнении *«Прочие, всего»* сведений о 6-осных и 8-осных вагонах в числителе указывается количество 6-осных, а в знаменателе – 8-осных вагонов с включением в них транспортеров с количеством осей более восьми. В строке *«Итого»* указывается общее число вагонов рабочего и нерабочего парков. В строке *«Кроме того, физических единиц»* указывается отдельно количество пассажирских вагонов и локомотивов в недействующем состоянии. В строке *«Масса поезда в тоннах»* указывается отдельно масса тары, масса поезда нетто и брутто, а в строке *«Условная длина поезда»* указывается длина поезда в целых числах. Помимо этого в

итоговой части натурального листа в графе «Примечание» проставляется код рода и осности, а в строке «Количество контейнеров» указывается их общее число (груженых и порожних) в физических единицах с выделением среднетоннажных и крупнотоннажных.

Итоговая часть в состав ТГНЛ (сообщение 02) не входит.

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 АСУ 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 АСУ 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.

Методика решения

Требуется выявить ошибки в служебной и информационной фразах ТГНЛ. Служебная и информационная фраза принимаются из таблиц 2.1 и 2.2 [8] согласно учебному шифру.

1 Служебная фраза (приведена с сокращениями):

	17		11		17		16		16		
(:	02	2800	1221	86004	077	222	2	71	10	01	76

Номера ошибок принимаются согласно приложению Б. Описание обнаруженных ошибок приведено в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 – Перечень ошибок, обнаруженных в служебной фразе

Номер ошибки	Характер ошибки
11	Код пункта передачи из автоответа не соответствует станции совершения операции из сообщения
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 четыре-пять знаков)

2 Информационная фраза (принимается согласно таблице 2.2 [8]):

16, 17 16 17 17
05 004823 951 32 701 01048 2243 ВКПС

Описание обнаруженных ошибок приведено в таблице 5.

Т а б л и ц а 5 – Перечень ошибок, обнаруженных в информационной фразе

Номер ошибки	Характер ошибки
16	Указан несуществующий номер вагона
17	Количество знаков в номере вагона < 8
17	Неверно указаны сведения о собственнике вагона
17	Код массы груза должен иметь 3 знака
17	Код станции назначения должен иметь 4-5 знаков

Служебная фраза ТГНЛ в данной задаче составляется согласно пункта 3. Пример служебной фразы:

(: 02 13080 3758 13070 028 13060 1 11 10 12 10 072 3700 0 3 2 0 0.

Контрольные вопросы

- 1 Как вы понимаете определения «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?

3 а д а ч а 3 РАСЧЕТЫ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АСУ

Цель задачи. Изучить основные понятия теории надежности АСУ. Ознакомиться с методами расчета показателей надежности сложных систем. Получить навыки расчетов коэффициентов надежности.

Сведения из теории

1 Основные понятия теории надежности

Научную основу анализа и обеспечения надежности технических средств составляет теория надежности, предметами исследования которой являются критерии и количественные характеристики надежности, а также методы анализа и повышения надежности, синтеза систем по критериям надежности, испытания аппаратуры на надежность, эксплуатации аппаратуры с учетом ее надежности.

По ГОСТ 27.002–89 **надежность** есть «свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования».

Одним из основных понятий теории надежности является понятие отказа технического устройства (изделия). Под **отказом** изделия понимается наступление события, заключающегося в нарушении его работоспособности. Из определения следует, что отказ может наступать не только из-за механических или электрических повреждений, когда для устройства характерно лишь два состояния – исправно или неисправно, но и из-за ухода параметров (нарушение точности и т. д.) за допустимые пределы.

Различают *независимые* и *зависимые* отказы. К первым относятся отказы, не обусловленные отказами других элементов устройства, ко вторым – отказы, явившиеся следствиями отказов других элементов устройства.

Бывают также *мгновенные* (внезапные или катастрофические) отказы и *постепенные*. Последние вызываются постепенным изменением параметров устройств вследствие износа или старения материалов, из которых они

изготовлены. Следует различать *устойчивый* и *самоустраняющийся* отказы. Устойчивый отказ может быть устранен лишь с помощью специальных мер, предпринимаемых для восстановления работоспособности устройства. К самоустраняющимся отказам относятся такие, которые устраняются сами через некоторое время.

Кратковременные самоустраняющиеся отказы носят название *сбоев*.

Перечисленные выше определения дают, конечно, только некоторое качественное представление о явлениях. В теории и практике рассматриваются и другие типы отказов.

Важнейшим этапом в исследовании надежности технических устройств является установление критериев надежности, то есть признаков, по которым оценивается надежность аппаратуры. Достаточно полно оценить такое сложное свойство, как надежность, можно только с помощью нескольких критериев.

Количественное значение критерия называют количественной характеристикой, или просто характеристикой надежности. Так как факторы, определяющие надежность аппаратуры, случайны, оценки характеристик надежности имеют статистический (вероятностный) характер.

Основным показателем безотказности устройств является *вероятность безотказной работы*, представляющая собой вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает. Основной показатель ремонтпригодности – *вероятность восстановления в заданное время* или вероятность того, что время восстановления работоспособности объекта не превысит заданного. При этом подразумевается, что время восстановления включает время на обнаружение, поиск причин отказа и устранение его последствий.

Важными количественными характеристиками надежности являются *среднее время между соседними отказами* (наработка на отказ) и *среднее время восстановления*.

Процесс эксплуатации технических средств представляет собой смену работоспособного и неработоспособного состояний. Перечисленные выше характеристики дают представление о каждом состоянии, но не позволяют судить о распределении всего времени эксплуатации между состояниями. Поэтому часто дополнительно используют специальные коэффициенты (комплексные показатели) надежности и, в частности, коэффициент готовности, коэффициент технического использования, коэффициент оперативной готовности и др. *Коэффициентом готовности* называется вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусматривается. Коэффициент готовности является показателем надежности изделия, не подвергающегося профилактическому обслуживанию в процессе выполнения задачи. Если же

изделие подвергается профилактике, то для оценки надежности применяется *коэффициент технического использования* – отношение математического ожидания времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий времени пребывания объекта в работоспособном состоянии, времени простоев, обусловленных техническим обслуживанием, и времени ремонтов за тот же период эксплуатации.

Коэффициент готовности устройства является функцией времени и с течением времени стремится к постоянному значению, которое носит название «стационарный коэффициент готовности». Время установления стационарного значения этого коэффициента обычно пренебрежимо мало по сравнению с временем эксплуатации аппаратуры длительного использования. Поэтому практически всегда, за исключением специальных случаев, говоря об этом коэффициенте, имеют в виду именно стационарное значение.

Важное понятие – *элемент расчета надежности*. Это элемент, блок и вообще некоторая часть системы, которая в исследуемой конкретной задаче имеет характеристики надежности, рассматриваемые вне зависимости от характеристик надежности более мелких деталей, составляющих эту часть системы.

2 Задачи и методы теории надежности

Основная **задача** анализа надежности технических средств формулируется следующим образом: имеется система элементов расчета с их характеристиками надежности, требуется определить некоторые характеристики надежности всей системы. Следует отметить, что в практических задачах необходимо прогнозировать характеристики, выбор которых определяется использованием системы и ролью характеристик надежности в расчетах, связанных с выбором. В задачах анализа надежности используются методы теории вероятностей, теории массового обслуживания, теории восстановления, статистического моделирования.

Методы обеспечения надежности технических средств можно разбить на следующие основные группы: уменьшение интенсивности отказов устройства; внесение избыточности в устройство; уменьшение (в среднем) времени восстановления; сокращение времени непрерывной работы. *Уменьшение интенсивности отказов* устройства может быть достигнуто за счет упрощения системы, применения более надежных элементов, облегчения условий и режимов работы, проведения профилактических мероприятий и т. д.

Введение избыточности, и прежде всего *резервирование*, является важным и широко применяемым способом обеспечения надежности. Смысл резервирования заключается в том, что устройство (система) наряду с

«основными элементами», которые в соответствующем соединении, в принципе, выполняют все необходимые функции, снабжаются дополнительными «резервными» элементами, берущими на себя функции соответствующих «основных» элементов при отказе последних.

Известны различные методы резервирования. В частности, используют «горячий» резерв (резервный элемент работает под нагрузкой одновременно с основным), «холодный» резерв (резервный элемент подключается только после отказа «основного»), резервирование со скользящим резервом (резервные элементы одного типа не закреплены за определенными основными элементами, а могут заменять любой отказавший из группы основных элементов этого типа) и т. д.

Уменьшение (в среднем) времени восстановления аппаратуры улучшает ее использование и приводит к увеличению (в среднем) продолжительности исправной работы систем с резервированием (достигается, например, за счет повышения эффективности программных тестов (для АРМов) и контрольной аппаратуры, построения устройств на типовых унифицированных блоках, повышения квалификации обслуживающего персонала и т. д.).

Как метод повышения надежности возможно *отключение аппаратуры на время*, когда она не должна выполнять свою задачу. Именно так эксплуатируются многие терминальные устройства (АРМы, печатающие устройства и т. д.). Естественно, что когда устройство выключено, вероятность возникновения неисправностей в нем меньше, чем когда оно включено. Однако следует учитывать частоту включения и выключения устройств. Опыт эксплуатации электронных и электромеханических устройств показывает, что в момент переключения в результате переходных процессов в аппаратуре могут возникать неисправности, высокая частота включения-выключения может привести к снижению надежности.

3 Надежность сложных систем

Особое место в теории надежности отводится исследованию поведения так называемых «сложных» систем, для которых характерно большое количество взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов, обеспечивающих выполнение системой некоторой достаточно сложной функции. В качестве элементов сложная система может включать вычислительные машины, каналы связи, датчики, исполнительные органы, устройства контроля и сигнализации, устройства ввода и вывода, работающих с различными носителями информации людей и т. д.

Отличительной особенностью сложной системы является то, что выход из строя ее отдельного элемента, в общем случае, не приводит к потере всей системой работоспособности, а вызывает лишь некоторое ухудшение качества ее функционирования.

Для оценки надежности такой сложной системы, как АСУ линейными предприятиями, целесообразно ввести минимум два критерия: экономическую эффективность и вероятность выполнения задач, решаемых системой, имея в виду установленные технические нормы. Кроме того, для подсистем, влияющих на безопасность движения, критерием должна являться степень обеспечения безопасности управления.

Для пояснения подхода к оценке надежности сложной системы рассмотрим пример. Пусть некоторая «простая» система управления может находиться в одном из двух состояний: работоспособном S_p и неработоспособном S_n , при этом качество работы системы описывается функцией $W(S)$. Функция $W(S)$ может принимать два значения: W_p – для состояния S_p и W_n – для состояния S_n , причем можно считать, что W_n соответствует качеству работы при традиционных (ручных) методах управления.

Очевидно, что среднее качество работы Q системы за длительное время ее эксплуатации может быть рассчитано по формуле

$$Q = (W_p - W_n)k_r + W_n, \quad (1)$$

где k_r – коэффициент готовности системы.

Следовательно, при постоянных значениях W_p и W_n коэффициент готовности полностью определяет качество работы «простой» системы и может быть использован как объективный показатель ее надежности.

Рассмотрим теперь «сложную» систему. В такой системе отказ какого-либо элемента ведет к некоторому изменению качества работы системы (в общем случае – различному для отказов различных элементов). Например, отказ одного из АРМов в СТЦ ведет к задержкам в выдаче документов на отправляемые поезда, при отказе всех АРМов эти задержки резко возрастают, но, тем не менее, документы могут быть получены другим путем. Отказ терминалов на постах списывания не останавливает всю АСУ, но также ведет к задержкам в обработке документов. А вот отказ обоих вычислительных комплексов АСУСС ведет к необходимости полного перехода на традиционные методы управления.

Если в сложной системе выделяется n элементов, и каждый из них может находиться в одном из двух состояний – работоспособен или неработоспособен, – то общее число возможных состояний системы равно 2^n , причем каждому состоянию соответствует свое качество работы и, кроме того, могут иметь место переходные процессы, вызванные сменой состояний.

В практических случаях, если нет взаимного влияния последствий отказов, что, в частности, может иметь место при низкой интенсивности суммарного потока отказов всех элементов расчета, можно применить

критерий средних потерь, позволяющий оценивать надежность системы суммой потерь из-за отказов отдельных элементов расчета.

Расчет эффективности функционирования системы и средних потерь предусматривает следующие этапы:

1 Выбор количественной меры, позволяющей судить о качестве управления, представляемой в виде функции качества.

2 Разработка вариантов физической конфигурации системы (с указанием конкретных технических средств). При комплексном исследовании системы рассматриваются варианты, отобранные по производительности.

3 Разбиение сложной системы на отдельные элементы расчета. Составление перечня возможных состояний системы (режимов работы) и исследование их связи с состояниями элементов расчета.

4 Исследование характеристик надежности элементов расчета.

5 Определение вероятностных характеристик состояний системы.

6 Определение функций качества для возможных состояний системы.

7 Определение среднего значения функции качества (эффективности функционирования системы) или средних потерь.

При определении технико-экономической эффективности системы проводятся необходимые дополнительные расчеты. Если показатели качества работы не удовлетворяют предъявленным требованиям (например, срок окупаемости выше нормативного) из-за значительных потерь, связанных с отказами, необходимо принять меры по повышению надежности разрабатываемой системы.

4 Расчеты показателей надежности комплексов технических средств

Пусть некоторая техническая система состоит из n последовательно соединенных элементов расчета (рисунок 1).

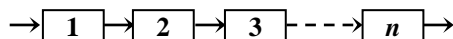


Рисунок 1 – Последовательная схема соединения элементов

Последовательность соединения означает, что отказ системы наступает при отказе любого из элементов расчета. Если для элемента с номером i интенсивность потока отказов равна λ_i , а интенсивность восстановления – μ_i (здесь и далее можно считать, что потоки отказов являются простейшими, а время восстановления распределено по экспоненциальному закону), то интенсивность потока отказов системы Λ , наработка на отказ T_c и коэффициент готовности k_r соответственно равны:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i ; \quad (2)$$

$$T_c = \Lambda^{-1}; \quad (3)$$

$$k_r = \left(1 + \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{\mu_i} \right)^{-1}. \quad (4)$$

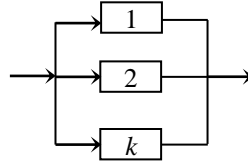
Для системы с *параллельным соединением* элементов, отказ которой наступает при отказе всех элементов расчета (рисунок 2), наработка на отказ

$$T_c = \frac{1}{k\mu} \left[\left(1 + \frac{\mu}{\lambda} \right)^k - 1 \right], \quad (5)$$

а коэффициент готовности

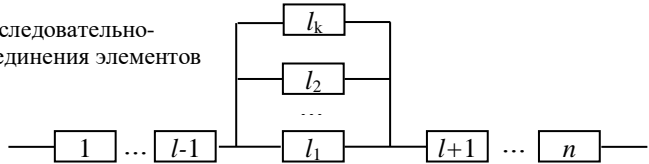
$$k_r = 1 - \prod_{i=1}^k \left(1 - \frac{\mu_i}{\lambda_i + \mu_i} \right). \quad (6)$$

Рисунок 2 – Параллельная схема соединения элементов



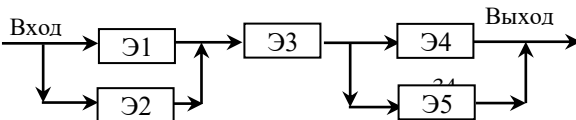
Отказ системы с *параллельно-последовательным* соединением элементов (рисунок 3) наступает в случае отказа одного из элементов расчета с номерами 1 ... (l - 1) или (l + 1) ... n или всех (k) элементов. При расчете показателей такой системы последние элементы заменяются одним эквивалентным элементом с показателями, вычисляемыми по формулам (5), (6), а затем системные показатели рассчитываются по формулам (2)–(4). Таким образом, схема расчета надежности составляется с учетом влияния отказов элементов расчета на работу системы.

Рисунок 3.3 – Последовательно-параллельная схема соединения элементов



Методика решения

Информационный вычислительный центр содержит пять устройств переработки информации (рисунок 4). Схема информационного центра принимается согласно рисунку 3.1 [8].



Определить вероятность того, что информация со входа будет передана на выход (на другие вычислительные центры), если вероятности безотказной работы устройств приведенные в таблице 1. Коэффициенты надежности устройств принимаются по таблице 3.1 [8] согласно учебному шифру студента.

Т а б л и ц а 1 – Коэффициенты надежности устройств информационного центра

Параметр	Элемент расчетной схемы				
	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5
Вероятность безотказной работы элемента k_n	0,78	0,78	0,98	0,89	0,89

Элементы Э1, Э2 и Э4, Э5 являются функционально равнозначными.

Задачу можно решить двумя способами: методом прямого перебора вариантов и аналитически.

Метод прямого перебора вариантов предполагает, что существуют два подмножества, которым может принадлежать подсистема:

- 1) F – система находится в работоспособном состоянии;
- 2) G – система находится в неработоспособном состоянии.

Соответственно p и q – вероятности нахождения элемента системы в работоспособном и неработоспособном состояниях. Для решения задачи строится вспомогательная таблица 2, в которой фиксируются все возможные работоспособные и неработоспособные состояния системы, а также производится расчет вероятности наступления данного состояния.

Таблица заполняется следующим образом. В столбце «Индекс состояния» записываются номера тех элементов системы, которые в данном состоянии неработоспособны. Например, индекс 2,3,4 показывает, что в данном состоянии системы элементы 2, 3 и 4 являются неработоспособными. Количество состояний системы определяется по формуле

$$n = 2^k,$$

где 2 – количество возможных состояний элемента (в данном случае работоспособное и неработоспособное); k – количество элементов в системе.

Для рассматриваемого промера $n = 2^5 = 32$ состояния.

В столбцах «Состояние элемента» отмечается, работоспособность каждого элемента. Если элемент работоспособен, в соответствующем ему столбце пишется 1, если не работоспособен – 0. В столбце «Вид подмножества» фиксируется состояние системы. Если сигнал со входа

системы через работоспособные системы может дойти до выхода, система принадлежит подмножеству F (работоспособна), если сигнал не может пройти – G (неработоспособна). В соответствии с состояниями элементов в столбцах «Вероятность состояния» проставляется вероятности состояний. Если i -й элемент в данном состоянии системы работоспособен, в соответствующем ему столбце записывается p_i , если не работоспособен – q_i .

Т а б л и ц а 2 – **Расчет вероятности отказов системы при различных состояниях элементов**

№ п/п	Индекс состояния	Состояние элемента						Вид подмножества	Вероятность состояния					Результат
		1	1	1	1	1	1		p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	
1	0	1	1	1	1	1	F	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	0,47228	
2	1	0	1	1	1	1	F	q_1	p_2	p_3	p_4	p_5	0,13321	
3	2	1	0	1	1	1	F	p_1	q_2	p_3	p_4	p_5	0,13321	
4	3	1	1	0	1	1	G	p_1	p_2	q_3	p_4	p_5	0,00964	
5	4	1	1	1	0	1	F	p_1	p_2	p_3	q_4	p_5	0,05837	
6	5	1	1	1	1	0	F	p_1	p_2	p_3	p_4	q_5	0,05837	
7	1, 2	0	0	1	1	1	G	q_1	q_2	p_3	p_4	p_5	0,03737	
8	1, 3	0	1	0	1	1	G	q_1	p_2	q_3	p_4	p_5	0,00272	
9	1, 4	0	1	1	0	1	F	q_1	p_2	p_3	q_4	p_5	0,01646	
10	1, 5	0	1	1	1	0	F	q_1	p_2	p_3	p_4	q_5	0,01646	
11	2, 3	1	0	0	1	1	G	p_1	q_2	q_3	p_4	p_5	0,00272	
12	2, 4	1	0	1	0	1	F	p_1	q_2	p_3	q_4	p_5	0,01646	
13	2, 5	1	0	1	1	0	F	p_1	q_2	p_3	p_4	q_5	0,01646	
14	3, 4	1	1	0	0	1	G	p_1	p_2	q_3	q_4	p_5	0,00119	
15	3, 5	1	1	0	1	0	G	p_1	p_2	q_3	p_4	q_5	0,00119	
16	4, 5	1	1	1	0	0	G	p_1	p_2	p_3	q_4	q_5	0,00721	
17	1, 2, 3	0	0	0	1	1	G	q_1	q_2	q_3	p_4	p_5	0,00077	
18	1, 2, 4	0	0	1	0	1	G	q_1	q_2	p_3	q_4	p_5	0,00464	
19	1, 2, 5	0	0	1	1	0	G	q_1	q_2	p_3	p_4	q_5	0,00464	
20	1, 3, 4	0	1	0	0	1	G	q_1	p_2	q_3	q_4	p_5	0,00034	
21	1, 3, 5	0	1	0	1	0	G	q_1	p_2	q_3	p_4	q_5	0,00034	
22	1, 4, 5	0	1	1	0	0	G	q_1	p_2	p_3	q_4	q_5	0,00203	
23	2, 3, 4	1	0	0	0	1	G	p_1	q_2	q_3	q_4	p_5	0,00034	
24	2, 3, 5	1	0	0	1	0	G	p_1	q_2	q_3	p_4	q_5	0,00034	
25	2, 4, 5	1	0	1	0	0	G	p_1	q_2	p_3	q_4	q_5	0,00203	
26	3, 4, 5	1	1	0	0	0	G	p_1	p_2	q_3	q_4	q_5	0,00015	
27	1, 2, 3, 4	0	0	0	0	1	G	q_1	q_2	q_3	q_4	p_5	0,00009	
28	1, 2, 3, 5	0	0	0	1	0	G	q_1	q_2	q_3	p_4	q_5	0,00009	
29	1, 2, 4, 5	0	0	1	0	0	G	q_1	q_2	p_3	q_4	q_5	0,00057	
30	1, 3, 4, 5	0	1	0	0	0	G	q_1	p_2	q_3	q_4	q_5	0,00004	
31	2, 3, 4, 5	1	0	0	0	0	G	p_1	q_2	q_3	q_4	q_5	0,00001	
32	1, 2, 3, 4, 5	0	0	0	0	0	G	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	0,00001	
Итого													1,00...	

В столбце «Результат» записывается вероятность нахождения системы в каждом конкретном состоянии, которая определяется как произведение вероятностей состояний элементов системы. Например, вероятность нахождения системы в состоянии 2,3,4 рассчитывается как $P_{2,3,4} = p_1 q_2 q_3 q_4 p_5$.

Вероятность работоспособности системы определяется как сумма вероятностей нахождения системы в работоспособных состояниях. В данном примере вероятность работоспособности системы:

$$P = \sum F; P = 0,9213;$$

вероятность неработоспособности:

$$Q = \sum G = 1 - \sum F; Q = 1 - 0,9213 = 0,0787.$$

Метод аналитического расчета в своей основе содержит предположение, что вероятность наступления работоспособного состояния системы равна произведению вероятностей работоспособности ее элементов.

Вероятность работоспособности системы с параллельным включением элементов

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i). \quad (7)$$

Вероятность работоспособности системы с последовательным соединением элементов определяется произведением вероятностей отказа каждого из элементов системы:

$$P = p_1 p_2 \dots p_k. \quad (8)$$

Рассмотрим работу заданной системы элементов. Схема декомпозиции системы на подсистемы приведена на рисунке 5. Элементы Э1 и Э2 подсистемы P_1 расположены относительно друг друга параллельно. Аналогичная ситуация и у элементов Э4, Э5 подсистемы P_3 . Сами подсистемы P_1 , P_2 и P_3 расположены последовательно.

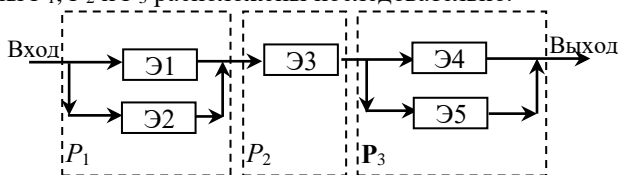


Рисунок 5 – Схема соединения элементов системы

Вероятности работоспособности подсистем системы:

$$P_1 = 1 - (1 - 0,78) \cdot (1 - 0,78) = 0,9516; P_2 = 0,98; P_3 = 1 - (1 - 0,89) \cdot (1 - 0,89) = 0,9856.$$

Тогда $P = 0,9516 \cdot 0,98 \cdot 0,9856 = 0,9186$.

Таким образом, вероятность работоспособности системы при расчете двумя способами практически равна и составляет **0,9213** и **0,9186**. При этом следует отметить, что второй способ является более точным.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое отказ? Какие виды отказов можно установить для АСУ на транспорте?
- 2 Понятия коэффициентов готовности и технического использования?
- 3 Какие методы повышения надежности технических средств используют в АСУ?
- 4 Какие этапы предусматривает расчет эффективности функционирования системы?
- 5 В чем отличие расчета параметров надежности систем с последовательным и параллельным соединением элементов.

3 а д а ч а 4 АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ

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

Сведения из теории

1 Характеристики информационных потоков

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), поступающим 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, то есть 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, то есть 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, то есть 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, полезность ее и, тем самым, помогает связать ценность информации и количество ее 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*.

2 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 разнoverоятностных появлениях событий используется формула, предложенная американским ученым Клодом Шенноном,

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

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

Из формулы (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

$$I = -\log_2 I(x_{0i}). \quad (2)$$

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

$$H_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^m f_{1i}(m_i) f_{2i}(t), \quad (3)$$

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 необходимо иметь перечень контролируемых объектов и установить возможные их состояния. Источником этих данных являются статистические выборки. Для определения $f_{2i}(t)$ функции времени 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.

3 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, то есть *энтропия является количественной мерой информации*. Понятие энтропии позволяет характеризовать функционирование системы с позиции целевой неупорядоченности в системе.

Целевую энтропию, то есть 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

$$H_y = \sum_{i=1}^n p_i \log_2 \frac{1}{q_i + 1}, \quad (4)$$

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

$$I(X) = H(X). \quad (5)$$

Так как энтропия объекта планирования

$$H(X) = -\sum (p_i \log_2 p_i), \quad (6)$$

то

$$I(X) = -\sum (p_i \log_2 p_i), \quad (7)$$

где последняя запись 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 $X(t_{c6})$ на момент сбора информации t_{c6} .

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 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 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

$$I_{(z)} = H\{X\} + \Delta H(Z). \quad (8)$$

В большинстве случаев неопределенность информации возникает при информационном обмене:

– между станциями, когда имеет место искажение информации для достижения ранее поставленных целей;

– станциями и диспетчерским центром управления, когда станции ставят себя в более выгодное положение по отношению к планируемым общерегиональным задачам;

– 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.

4 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

$$I_{\text{вх}}^{\text{ДНЦ}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m I_{ji} k_{ji}, \quad (9)$$

где n – число оперативных работников, источников АСУ диспетчерского центра станции и других подразделений, передающих документы с

показателями работы; m – количество показателей, поступающих от i -го работника; I_{ji} – объем информации о j -м показателе, поступающем к диспетчеру от i -го работника; k_{ji} – периодичность поступления информации о m -м показателе за смену.

Как видно из формулы, 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.

Методика решения

Требуется рассчитать часовые потоки информации, поступающие в АРМ, определить час наибольшей нагрузки (ЧНН), коэффициент концентрации информационного потока и построить гистограмму распределения информационного потока по часам суток. Для расчета принимаем следующие данные. На АРМ оперативного работника поступает информация двух видов: о поездах β_i^1 и о грузовой работе β_i^2 . Например, длина сообщения о поезде составляет 200 символов, а о грузовой работе – 40. Интенсивность поступления информации в течение суток по часовым периодам принимается согласно таблице 1 (таблица 4.1 [8]).

Т а б л и ц а 1 – Интенсивность поступления информации

Вид сообщения	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_i^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_i^2	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 (9) определяется объем информации, поступающей на АРМ в течение каждого часа, символов в час:

$$\begin{aligned}
 V_1 &= 2 \cdot 200 + 0 \cdot 40 = 400; & V_2 &= 1 \cdot 200 + 1 \cdot 40 = 240; & V_3 &= 2 \cdot 200 + 4 \cdot 40 = 560; \\
 V_4 &= 3 \cdot 200 + 2 \cdot 40 = 680; & V_5 &= 2 \cdot 200 + 3 \cdot 40 = 520; & V_6 &= 4 \cdot 200 + 2 \cdot 40 = 880; \\
 V_7 &= 2 \cdot 200 + 5 \cdot 40 = 600; & V_8 &= 3 \cdot 200 + 6 \cdot 40 = 840; & V_9 &= 3 \cdot 200 + 12 \cdot 40 = 1080; \\
 V_{10} &= 2 \cdot 200 + 10 \cdot 40 = 800; & V_{11} &= 1 \cdot 200 + 14 \cdot 40 = 760; & V_{12} &= 3 \cdot 200 + 12 \cdot 40 = 1080; \\
 V_{13} &= 3 \cdot 200 + 13 \cdot 40 = 1120; & V_{14} &= 4 \cdot 200 + 12 \cdot 40 = 1280; & V_{15} &= 3 \cdot 200 + 10 \cdot 40 = 1000; \\
 V_{16} &= 4 \cdot 200 + 13 \cdot 40 = 1320; & V_{17} &= 7 \cdot 200 + 16 \cdot 40 = 2040; & V_{18} &= 6 \cdot 200 + 7 \cdot 40 = 1480; \\
 V_{19} &= 3 \cdot 200 + 5 \cdot 40 = 800; & V_{20} &= 2 \cdot 200 + 3 \cdot 40 = 520; & V_{21} &= 3 \cdot 200 + 4 \cdot 40 = 760; \\
 V_{22} &= 1 \cdot 200 + 2 \cdot 40 = 280; & V_{23} &= 1 \cdot 200 + 1 \cdot 40 = 240; & V_{24} &= 2 \cdot 200 + 1 \cdot 40 = 440.
 \end{aligned}$$

Проанализировав полученные данные, устанавливается час наибольшей нагрузки. В примере ЧНН является 17-й (то есть период времени с 16 до 17 часов). Объем информации за этот час необходимо использовать 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

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

Коэффициент концентрации информационного потока показывает, какая доля от суммарной среднесуточной информации приходится на час наибольшей нагрузки.

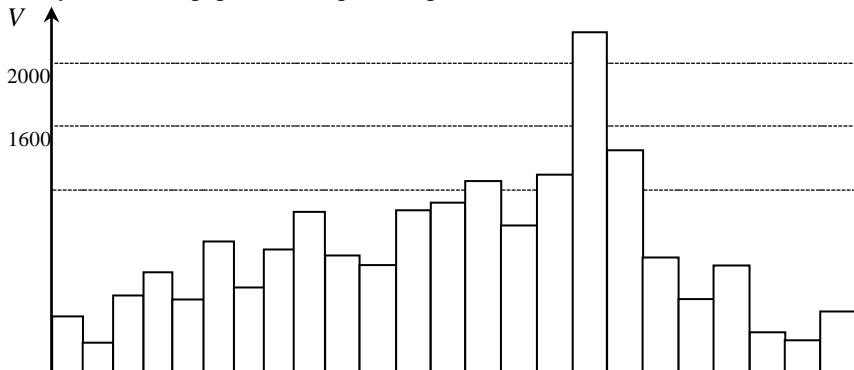
Коэффициент концентрации рассчитывается по формуле

$$S_k = \frac{V_{\max}}{V} \cdot 100 \% . \quad (10)$$

В нашем случае

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

По имеющимся данным строится гистограмма распределения информационного потока по часам суток (рисунок 1). По оси абсцисс отложено время (часы суток от 1 до 24), по оси ординат – интенсивность поступления информации за рассматриваемый час.



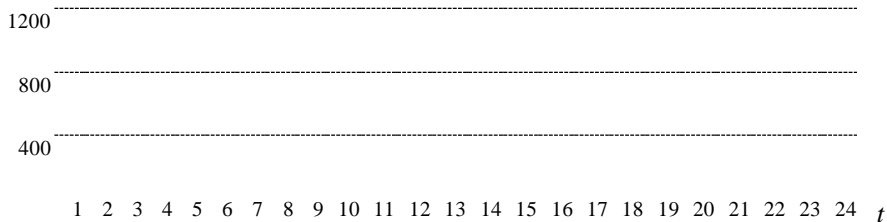


Рисунок 1 – Гистограмма распределения информационного потока по часам суток

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?

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. Ч. IV. / П. С. Грунтов [и др]; под ред. П. С. Грунтова. – Гомель: БелИИЖТ, 1993. – 52 с.
- 3 **Буянов, В. А.** Автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте / В. А. Буянов, Г. С. Ратин. – М.: Транспорт, 1984. – 239 с.
- 4 **Джонсон, Н.** Статистика и планирование эксперимента в технике и науке / Н. Джонсон, Ф. Лион. – М.: Мир, 1980. – 610 с.
- 5 **Дружинин, Г. В.** Качество информации / Г. В. Дружинин, И. В. Сергеева. – М.: Радио и связь, 1990. – 172 с.
- 6 **Ерофеев, А. А.** Информационные технологии на железнодорожном транспорте: пособие по выполнению практических работ / А. А. Ерофеев, В. Г. Кузнецов. – Гомель, 2003. – 83 с.
- 7 Инструкция по составлению натурального листа поезда формы ДУ-1: Приказ № 32Н от 20.03.2000 г.
- 8 Информационные технологии на транспорте: задание на контрольную работу. – Гомель: УО «БелГУТ», 2004. – 11 с.
- 9 Информационные технологии на железнодорожном транспорте / под ред. Э. К. Лецкого, Э. С. Поддавашкина, В. В. Яковлева. – М.: УМК МПС России, 2001. – 668 с.
- 10 Математическая статистика: лабораторный практикум / Г. Ю. Мишин [и др]; под ред. В. С. Сергиной. – Гомель: БелГУТ, 2001. – 60 с.
- 11 Расчеты автоматизированных систем управления (на примере автоматизированных систем управления железнодорожным транспортом) / под ред. Г. В. Дружинина. – М.: Транспорт, 1985. – 223 с.
- 12 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: учеб. для вузов / под ред. П. С. Грунтова. – М.: Транспорт, 1994. – 543 с.
- 13 **Хаусли, Т.** Системы передачи и телеобработки данных / Т. Хаусли. – М.: Радио и связь, 1994. – 453 с.
- 14 **Юшкевич, Е. П.** Основные принципы разработки АСУ перевозочным процессом на железной дороге: учеб. пособие / Е. 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 торцовыми 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	0-6	С объемом котла 73,1 м ³
				9	С объемом котла 88,6 м ³
		6	4-осн. для химических грузов	0	Для серной кислоты
1	Для улучшенной серной кислоты				
3	Для меланжа				
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
				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
				1	4-осн. вагон-ледник
		4	С потолочными баками		
		7	Для вина		
		3	4-осн. автономный рефрижераторный вагон (АРВ)	0	Со служебным отделением для бригады
				1	Без служебного отделения для бригады, 19 м
				3-4	Без служебного отделения для бригады, 21 м
		4	4-осн. грузовой вагон в составе рефрижераторных	0	21-вагонный поезд
				1	12-вагонный поезд
		7	4-осн. грузовой вагон в составе 5-вагонных	0	Для секции ЗА-5 постройки ГДР без служебного технического отделения
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-техни- ческим отделением
--	--	--	--	-----	---

Продолжение приложения А

1-й знак – род вагона		2-й знак – осьность 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	8	2-ярусная платформа для автомобилей
				0-6	Хоппер для цемента
		3	4-осн. для перевозки грузов	7-9	Цистерна для цемента
				4	4-осн. (платформа) для перевозки грузов
		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- служеб-ное 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-ва- гонной секции для живой рыбы		
				7	Служебный вагон 3-ва- гонной 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, которая включает номер вагона и необходимые сведения о нем</p>

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 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 («Табельный номер машиниста» включительно) и максимум 8 показателей («Фамилия машиниста» включительно).</p>
----	--	--------	--	---

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	Значение показателей во фразе не соответствует другу Неверно оформлен маршрут	К фразе исходного сообщения показатель NC1 должен соответствовать показателю NC2 Если в служебной фразе сообщения 02 признак маршрута проставлен от 1 до 4, то в информационной фразе принадлежность вагона к маршруту указывается цифрой 2. Общая масса 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 против каждого вагона
09	02	.09 18		
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 со-вершения 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 предыдущими операциями	Дата и время в сообщении, переданном со станции, не могут быть меньше текущих более чем на 12 часов

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 времени ЭВМ больше чем на 10 мин. Для сообщений 200–205 время, указанное в служебной фразе, не должно превышать времени 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 ва-гона (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

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(информационное)
Рабочая программа по дисциплине
«Информационные технологии на транспорте»

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель преподавания дисциплины и ее место в учебном процессе

Дисциплина «Информационные технологии на транспорте» изучается на завершающем этапе обучения в университете и является одной из основополагающей и составной частью науки об организации управления перевозочным процессом. Целью преподавания дисциплины является общесистемное изложение и изучение процессов автоматизации оперативного управления эксплуатационной работой транспортной сети, узлов, транспортных коридоров, станций и участков, решения основных инженерных задач при реализации перевозок на станции, отделении и железной дороге в целом, также подготовка выпускников к работе в условиях функционирования АСУ на железнодорожном транспорте.

Изучение дисциплины основывается на технологии транспортных объектов, теории информации и ранее изучаемых дисциплинах: вычислительная техника, автоматика, телемеханика и связь, управление эксплуатационной работой, основы теории транспортных систем, основы эргономики. Она развивает и дополняет отдельные положения этих дисциплин, излагает их с позиций особенностей автоматизированного управления железнодорожным транспортом. Одновременно дисциплина включает основные вопросы разработки, создания и эксплуатации функциональных информационно-управляющих систем.

1.2 Задачи изучения дисциплины

В задачу изучения дисциплины входит получение будущими инженерами по организации перевозок и управления на транспорте знаний информационных технологий и умений в использовании АСУ при решении технологических проблем, анализа информационного обеспечения процесса управления и постановке задачи использования, модернизации, оценки АСУ в новых технологиях эксплуатационной работы.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- теорию информации и роль информационных ресурсов в построении моделей и организации безубыточной работы полигонов железнодорожной сети;

- назначение, структуру и основы функционирования информационных систем на транспорте, перспективу их развития в целом и более детально систем, связанных с управлением грузовыми и пассажирскими перевозками;
- содержание задач, решаемых в системах, связанных с управлением грузовыми и пассажирскими перевозками с использованием АСУ;
- общий порядок подготовки новых задач при расширении или совершенствовании функциональных возможностей информационных систем;
- организацию информационного обеспечения автоматизированных систем, в том числе с применением безбумажных технологий;
- организацию математического и программного обеспечения информационно-управляющих систем, принципы работы и возможности комплекса технических средств;
- методику технико-экономической оценки эффективности внедрения информационных технологий на транспорте;
- функциональный состав, структуру, принципы построения, технологию работы автоматизированных систем управления на станциях, узлах, отделениях, дороге;
- функциональный состав, структуру, принципы построения, технологию процессов автоматизации основных видов деятельности на железнодорожном транспорте;
- диалоговое общение на автоматизированных рабочих местах при решении задач оперативного управления и инженерных задач; принципы подготовки унифицированных форм входных и выходных документов, нормативно-справочной информации к задачам АСУ и ПТ.

2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1 Значение информационных технологий на железнодорожном транспорте. Общие понятия о процессе управления на железнодорожном транспорте и требования, предъявляемые к нему. Цели и задачи курса.

2 Основные понятия теории систем. Системы управления и их классификация по признакам автоматизации производственных процессов. Процесс управления как процесс переработки информации.

3 Этапность развития информационных технологий на железнодорожном транспорте. Информационный, информационно-прогнозный, информационно-плановый и управленческий режимы работы систем на этапах их развития. Опыт создания и эксплуатации информационных систем на зарубежных дорогах.

4 Информационные технологии на железнодорожном транспорте: цели, критерии и принцип функционирования, организационно-техническая и функциональная структура. Особенности автоматизации сложных динамических систем на транспорте. Краткая характеристика, содержание, перспектива развития функциональных подсистем, связанных с управлением грузовыми и пассажирскими перевозками.

5 Техническое обеспечение информационно-управляющих систем. Структура комплекса технических средств. Технические средства сбора, передачи, обработки и выдачи данных. Локальные сети передачи данных. Организация работы ВЦ дорожного и сетевого уровня. Комплекс технических средств ВЦ.

6 Сетевые технологии на железнодорожном транспорте. Принципы создания и построения локальных и глобальных информационных сетей. Техническое обеспечение сетевых технологий.

7 Использование положений теории информации для анализа и синтеза. Количественная и качественная оценка информационных потоков в системах оперативного управления на железнодорожном транспорте. Классификация информации, используемой в системах управления технологическими процессами на железной дороге. Виды информационных массивов и их элементы.

8 Назначение и структура информационного обеспечения. Внутримашинное информационное обеспечение: структура, состав и решаемые задачи. Принципы интегрированной обработки данных. Банк данных, база данных, нормативно-справочная информация АСОУП дороги. Формирование моделей: поездной, повагонной, локомотивной, контейнерной, отправок.

9 Внешнее информационное обеспечение АСУЖТ и решаемые им задачи. Классификаторы, используемые на транспорте. Кодирование данных. Методы контроля и защиты информации. Требования к информационному обеспечению..

10 Программное обеспечение АСУЖТ. Структура, назначение и состав. Системы управления банками данных и пакеты прикладных программ.

11 Назначение и состав математического обеспечения решения эксплуатационных задач в АСУ. Характеристика основных математических методов, используемых для решения задач управления. Сферы и эффективность их применения.

12 Примеры использования математических методов в управлении перевозочным процессом: оптимизации плана формирования, графика движения поездов, нормирования показателей работы станций, отделений, дороги, оптимизация режимов вождения поездов, массы и скорости движения пассажирских и грузовых поездов и другие.

13 Имитационное моделирование транспортных систем различного уровня. Блок-схемы, языки моделирования. Примеры моделирования технологических процессов на железнодорожном транспорте.

14 Глобальная сеть Интернет. Структура ее построения, принципы создания и функционирования сети. Возможности Интернет. Программное и техническое обеспечение интернет-технологий. Перспективы развития.

15 Примеры использования интернет-технологий на железнодорожном транспорте: определение маршрута следования, расчет тарифа за перевозку, слежение за продвижением груза и т.д.. Информационные интернет-ресурсы железнодорожного транспорта.

16 Автоматизированная система оперативного управления перевозками: АСОУП, функциональный состав; информационное и техническое обеспечение АСОУП. Пакет прикладных задач АСОУП, их возможности. Организация взаимодействия пользователей с АСОУП.

17 Автоматизированная система управления вагонным парком ДИСПАРК. Этапность создания системы и перспективы развития. Функциональный состав, обеспечивающие части системы.

18 Системы автоматической идентификации подвижного состава (САИПС). История создания и перспективы развития. Опыт использования за рубежом. Требования к подсистемам САИПС, их функциональный состав.

19 Автоматизированные системы диспетчерской централизации. Анализ существующих ДЦ, Функциональный состав, перспективы развития.

20 Автоматизированные диспетчерские центры управления эксплуатационной работой на полигоне железных дорог (АДЦУ). Организационно-функциональное построение, информационное и техническое обеспечение. Прикладные задачи АДЦУ. Автоматизированные рабочие места (АРМ) АДЦУ, организация и анализ решения технологических задач с использованием АРМ АДЦУ. Мировой опыт реализации АДЦУ. Перспективы развития.

21 Автоматизированная система управления сортировочной станцией (АСУСС). Организационно-функциональное построение, информационное и техническое обеспечение. Прикладные задачи АСУСС.

22 Автоматизированные рабочие места (АРМ) АСУСС, организация и анализ решения технологических задач с использованием АРМ АСУСС. Мировой опыт реализации АСУСС. Перспективы развития.

23 Автоматизированная система управления линейным районом (АСУЛР). Организационно-функциональное построение, информационное и техническое обеспечение. Прикладные задачи АСУЛР. Автоматизированные рабочие места (АРМ) АСУЛР, организация и анализ решения технологических задач с использованием АРМ АСУЛР. Мировой опыт реализации АСУЛР. Перспективы развития.

24 Автоматизированная система управления грузовыми и коммерческими операциями (АСУМ). Организационно-функциональное построение, информационное и техническое обеспечение. Прикладные задачи АСУМ. Автоматизированные рабочие места (АРМ) АСУМ, организация и анализ решения технологических задач с использованием АРМ АСУМ. Мировой опыт реализации АСУМ. Перспективы развития. АСУ грузовой станцией, АСУ контейнерным терминалом. Функциональный состав. Перечень прикладных задач. Перспективы развития.

25 АСУ пограничной станции. Функциональный состав, перечень решаемых задач. Опыт использования и перспективы развития.

26 Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками (АСУЛ). Системы "Экспресс-2" и «Экспресс-3». Организационно-функциональное построение, информационное и техническое обеспечение. Прикладные задачи АСУЛ. Автоматизированные рабочие места (АРМ) АСУЛ, организация и анализ решения технологических задач с использованием АРМ АСУЛ. Мировой опыт реализации АСУЛ. Перспективы развития.

27 Автоматизированная система управления эксплуатацией локомотивов. Принципиальная структура. Этапность внедрения комплекса задач. Прикладные задачи системы.

28 Комплексы задач интегрированная обработка дорожной ведомости и интегрированная обработка маршрута машиниста.

29 Прикладные программы, используемые на железнодорожном транспорте: программа тяговых расчетов, расчета техплана дороги и отделений, расчета графиков интервалов и т.д.

30 Экспертные системы. Общие положения, принципы создания и функционирования ЭС. Примеры использования на железнодорожном транспорте.

31 Основные принципы и порядок проектирования, создание и внедрение АСУ на железнодорожном транспорте. Оформление проектных документов при разработке информационных систем. Правовые и социальные вопросы внедрения АСУ. Перспективы автоматизации технологических процессов в эксплуатационной деятельности.

32 Особенности определения экономической эффективности АСУ на железнодорожном транспорте. Определение показателей экономической эффективности при автоматизации отдельных инженерно-технических задач, технологических процессов, подсистем предприятий.

Учебное издание

ЕРОФЕЕВ Александр Александрович

Информационные технологии на железнодорожном транспорте

Пособие по выполнению контрольной работы
для студентов факультета безотрывного обучения

Редактор *Т. М. Ризевская*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Компьютерный набор и верстка – *А. А. Ерофеев*

Подписано в печать 11.11.2005 г. Формат 60×84^{1/16}.
Бумага газетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,29. Тираж 400 экз.

Изд. №. 4144 Зак. №

Редакционно-издательский отдел УО «БелГУТ», 246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.
ЛИ № 02330/0133394 от 19.07.2004 г.

Типография УО «БелГУТ», 246022, г. Гомель, ул. Кирова, 34.
ЛП № 02330/0148780 от 30.04.2004 г.