



**РОСЖЕЛДОР**

**Федеральное бюджетное государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Ростовский государственный университет путей сообщения»  
(ФБГОУ ВПО РГУПС)**

---

**А.И. Филоненков, Б.Б. Самсонов, В.Н. Семенов**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ**

Учебное пособие

Ростов-на-Дону

2009

УДК 681.5(07)+06

**Филоненков А.И.**

Автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте. Информационные технологии на транспорте : учеб. пособие / А.И. Филоненков, Б.Б. Самсонов, В.Н. Семенов; Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2009. – 182 с. : ил. Библиогр. : 10 назв.

В работе приведены теоретические основы и необходимые указания к подготовке и написанию курсовой работы по дисциплинам «Корпоративные информационные системы. Автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте. Информационные технологии на транспорте». Приведено описание эффективных автоматизированных систем управления на железнодорожном транспорте.

Предназначено студентам РГУПСа.

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. Э.В. Тучков (ИВЦ СКЖД)  
канд. техн. наук, проф. В.Н. Зубков (РГУПС)

### Содержание

1 Работа № 1.....	3
2 Работа № 2.....	22
3 Работа № 3.....	57
4 Работа № 4.....	69
5 Работа № 5.....	100
5.1 АРМ ДСП.....	106
5.2 ОСКАР.....	108
5.3 АСОУП.....	117
5.4 ДИСПАРК.....	128
5.5 ДИСКОН.....	138
5.6 ЕК ИОДВ.....	140
5.7 АСУ МР.....	145
5.8 АИС ЭДВ.....	151
5.9 АСУ Грузовой Экспресс.....	170
6.0 АСУ СС и АСУ порт.....	176
Библиографический список.....	181

## Работа № 1

### Задание и исходные данные

**Цель работы:** Определить оптимальное число скорых и пассажирских поездов, при которых число перевозимых пассажиров достигает максимума.

Из пункта А в пункт В ежедневно отправляются пассажирские и скорые поезда. На станции формирования имеется наличный парк вагонов разных типов, из которых ежедневно комплектуются поезда, известно количество пассажиров в каждом из типов вагонов. Всё это задано в соответствии с вариантами в табл. 1.3 и 1.4.

Необходимо:

- определить оптимальное число скорых и пассажирских поездов, при котором число перевозимых пассажиров достигает максимума.
- найти оптимальное число поездов, при котором число перевозимых пассажиров максимально, для случая, когда в связи с ограничением по пропускной способности направление может пропустить заданное в табл. 1.5 число поездов.

Номер варианта исходных данных определяется из табл. 1.1 и 1.2. Для выбора номера варианта студент использует начальную букву своей фамилии и цифру нулевого и первого разряда шифра. Далее, в соответствии с номером варианта студент выбирает исходные данные из табл. 1.3 и 1.5.

Например, у студента Петрова Н.М. шифр 83-Э-004. Начальной букве фамилии «П» и шифру 004 соответствует вариант «2» из табл. 1.5.

Данные о количестве пассажиров в каждом типе вагонов для всех вариантов содержатся в табл. 1.4.

При оформлении задачи студенту следует представить в записке:

- все принятые по своему варианту исходные данные, необходимые для решения задачи;
- составить математическую модель перевозки пассажиров по дороге;
- исследовать полученную математическую модель графически и с помощью метода линейного программирования и сделать выводы.

Таблица 1.1

Варианты исходных данных о наличном парке вагонов разных типов

Начальная буква фамилии	Последняя цифра шифра студента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А-Б	7	19	1	19	11	8	5	4	15	15
В-Д	17	18	10	9	16	18	6	18	19	6
Е-З	12	10	4	7	4	8	12	10	9	18
И-К	7	9	3	5	3	8	20	16	12	5
Л-Н	2	17	1	11	20	19	15	8	15	19
О-П	15	13	6	14	2	8	20	1	11	14
Р-У	1	6	1	13	20	13	2	17	6	16
Ф-Ш	12	5	10	14	18	11	3	13	12	3
Щ-Э	16	9	7	16	15	9	17	4	11	4
Ю-Я	10	2	3	5	2	17	13	7	14	5

Таблица 1.2

Варианты данных о числе поездов, пропускаемых на направлении

Средняя цифра	Последняя цифра шифра студента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	19	12	6	14	3	2	5	9	12	16
1	18	6	5	2	10	14	8	13	7	4
2	14	18	15	19	7	14	16	15	5	18
3	19	19	1	9	18	6	17	4	12	6
4	14	3	20	8	17	13	15	13	2	12
5	12	18	11	14	13	18	19	3	18	4

6	16	10	18	4	8	8	18	7	16	11
---	----	----	----	---	---	---	----	---	----	----

Окончание табл. 1.2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	12	14	17	18	18	13	9	5	17	3
8	17	18	16	17	1	6	17	15	8	5
9	20	20	10	20	19	13	2	11	19	9

Таблица 1.3

Наличный парк вагонов и композиция состава (количество вагонов разных типов, обязательно включаемых в состав скорого и пассажирского поездов)

Номер варианта		Вагоны				
		багажные	почтовые	плацкартные	купейные	мягкие
I	II	III	VI	V	VI	VII
1	парк	11	12	81	95	96
	с. скор.	-	-	3	5	6
	с. пасс.	1	1	6	5	3
2	парк	12	8	81	98	26
	с. скор.	1	1	5	8	3
	с. пасс.	1	-	8	7	1
3	парк	15	12	88	75	45
	с. скор.	1	1	6	6	4
	с. пасс.	2	1	9	5	1
4	парк	13	9	37	90	20
	с. скор.	1	1	1	7	2
	с. пасс.	1	-	4	6	1
5	парк	9	9	21	91	13
	с. скор.	-	1	1	7	1
	с. пасс.	1	-	2	6	1

Продолжение табл. 1.3

I	II	III	VI	V	VI	VII
6	парк	9	21	120	39	11
	с.скор.	-	1	8	3	1
	с.пасс.	1	2	7	2	-
7	парк	13	14	84	60	30
	с.скор.	1	-	6	6	4
	с.пасс.	1	2	9	5	1
8	парк	8	12	46	48	38
	с.скор.	-	1	2	3	3
	с.пасс.	1	-	4	3	1
9	парк	18	25	37	132	32
	с.скор.	1	1	1	8	2
	с.пасс.	1	2	3	6	1
10	парк	15	12	90	81	45
	с.скор.	1	1	5	6	4
	с.пасс.	2	1	8	4	1
11	парк	8	11	21	105	39
	с.скор.	-	1	1	7	3
	с.пасс.	1	-	2	7	2
12	парк	13	20	27	133	116
	с.скор.	-	-	1	7	8
	с.пасс.	1	2	2	7	2
13	парк	18	25	55	96	42
	с.скор.	1	1	-	6	3
	с.пасс.	1	2	5	4	-
14	парк	8	18	75	66	64
	с.скор.	-	1	3	4	4
	с.пасс.	1	1	6	3	2
15	Парк	14	18	74	50	96
	с.скор.	1	1	2	2	6
	с.пасс.	-	12	6	4	4

Окончание табл. 1.3

I	II	III	VI	V	VI	VII
16	Парк	14	10	84	60	30
	с.скор.	1	-	6	6	4
	с.пасс.	1	1	9	5	1
17	Парк	9	12	46	32	38
	с.скор.	-	1	2	2	3
	с.пасс.	1	-	4	2	1
18	Парк	9	14	21	140	10
	с.скор.	-	1	1	10	1
	с.пасс.	1	1	2	9	-
19	Парк	25	18	74	132	64
	с.скор.	1	1	2	8	4
	с.пасс.	2	1	6	6	2
20	Парк	18	25	111	96	28
	с.скор.	1	1	3	6	2
	с.пасс.	1	2	9	4	-

где:

парк – парк вагонов;

с.скор. – состав скорого поезда;

с.пасс. – состав пассажирского поезда.

Таблица 1.4

## Вместимость вагонов разного типа

	Вагоны				
	багажный	почтовый	плацкартный	купейный	мягкий
Число перевозимых пассажиров	-	-	56	36	24

## Ограничения пропускной способности направления\*

Номер варианта	Направление может пропустить поездов не больше:		
	пассажирских	скорых	всего
1	6	-	-
2	-	5	-
3	-	-	10
4	2	-	-
5	-	7	-
6	-	-	9
7	2	-	-
8	-	11	-
9	-	-	7
10	7	-	-
11	-	5	-
12	-	-	13
13	8	-	-
14	-	12	-
15	-	-	10
16	9	-	-
17	-	11	-
18	-	-	14
19	7	-	-
20	-	9	-

\* Незаполненная графа означает, что на данную категорию поездов ограничения не накладываются.



## Методические указания к работе № 1

При решении оптимизационных задач планирования и управления транспортными процессами на железных дорогах широко используют методы математического программирования, позволяющие решать задачи нахождения максимума и минимума целевой функции с учетом заданных ограничений. Широкий класс задач планирования – задачи линейного программирования – характеризуется тем, что их целевая функция и ограничения, задающие область оптимизации, являются линейными.

### Геометрический смысл задачи линейного программирования

В общем виде задача линейного программирования записывается следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Найти} \quad X \geq 0 \\ \text{при} \quad AX \geq B \\ \text{так, чтобы} \quad f = CX \rightarrow \text{extr} \end{array} \right\} \quad (1.1)$$

Дадим геометрическую интерпретацию этой задачи.

1 Случай с одной переменной.

$$\text{В этом случае } X = (x_1) \quad (1.2)$$

и задача (1.1) превращается в следующую:

$$\left. \begin{array}{l} x_1 \geq 0 \\ a_{11} \geq b_1 \\ \dots \\ a_{m1} \geq b_m \end{array} \right\} \quad (1.3)$$

$$f = c_1 x_1 \rightarrow \text{extr}.$$

Так как здесь имеется одна неотрицательная переменная  $x_1$ , то для геометрической иллюстрации достаточно взять положительную полуось  $OX$  (рис. 1.1).

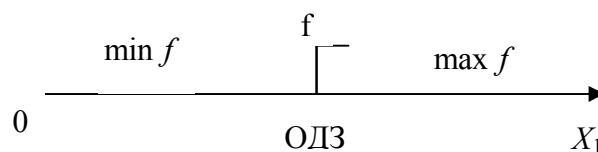


Рис. 1.1

Каждое из условия (1.3), очевидно, представляет собою некоторую полуось, а все вместе эти условия геометрически дают отрезок, расположенный на оси  $OX_1$ . Множество точек этого отрезка называется областью допустимых значений (ОДЗ). Точки, не принадлежащие ОДЗ, решениям быть не могут, функция  $f$  пропорциональна переменной  $x_1$  и поэтому  $\min f$  и  $\max f$  достигаются в крайних точках отрезка.

2 Случай двух переменных.

В этом случае

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}. \quad (1.4)$$

Тогда задача (1.1) записывается в виде:

$$\left. \begin{array}{l} x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0 \\ a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \geq b_1 \\ \dots\dots\dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 \geq b_m \end{array} \right\} \quad (1.5)$$

$$f = c_1x_1 + c_2x_2 \rightarrow \text{extr.}$$

Здесь для геометрической интерпретации достаточно взять первую четверть  $OX_1X_2$  плоской прямоугольной системы координат (рис. 1.2).

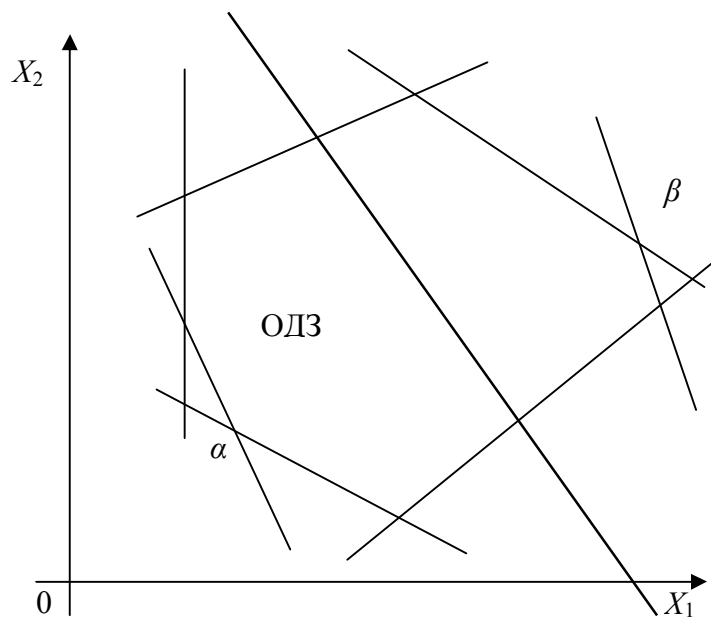


Рис. 1.2

Каждое из условий (1.5) дает некоторую полуплоскость в системе координат, а все вместе они, очевидно, отсекают в плоскости выпуклый многоугольник, точки которого также определяют область допустимых значений, вне этого многоугольника решение быть не может.

Функция  $f$  линейна и, следовательно, представляет собою прямую линию с постоянными угловыми коэффициентами  $C_1$  и  $C_2$  и расстоянием этой прямой от начала  $O$  пропорциональным величине  $f$ .

В общем случае найдутся в области допустимых значений (ОДЗ) две такие точки  $\alpha$  и  $\beta$ , в которых прямая ( $f$ ) пройдет ближе всего и, соответственно, дальше всего от начала. В первой точке реализуется минимум функции, во второй точке – максимум.

### 3 Случай трех переменных.

В случае трех переменных имеем:

$$X = \left. \begin{array}{l} (x_1) \\ (x_2) \\ (x_3) \end{array} \right\} \quad (1.6)$$

и задача запишется в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0 \\ a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 \geq b_1 \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 \geq b_m \end{array} \right. \quad (1.7)$$

$$f = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 \rightarrow \text{extr.}$$

Придется расширить размерность пространства и взять для иллюстрации задачи пространственную прямоугольную систему координации  $Ox_1x_2x_3$  (рис. 1.3).

Так как переменные неотрицательны, то достаточно ограничиться первым октантом.

Каждое из условий ограничений (1.7) геометрически представляет собою часть пространства, лежащую по одну сторону плоскости, т.е. полупространство, а все условия в совокупности образуют в пространстве

некий выпуклый многогранник. Множество его точек определяет область допустимых значений переменных. Ясно, что точки, выходящие за пределы этого многогранника, в решения войти не могут.

Целевая функция изображается плоскостью в пространстве с постоянными угловыми коэффициентами  $C_1, C_2, C_3$  и переменным расстоянием ее, пропорциональным  $f$ , от начала координат.

При параллельном смещении этой плоскости найдутся, вообще, две такие точки  $\alpha$  и  $\beta$ , в которых эта плоскость будет наименее и, соответственно, наиболее удалена от начала отсчета. В этих точках и будут зафиксированы  $\min f$  и  $\max f$ .

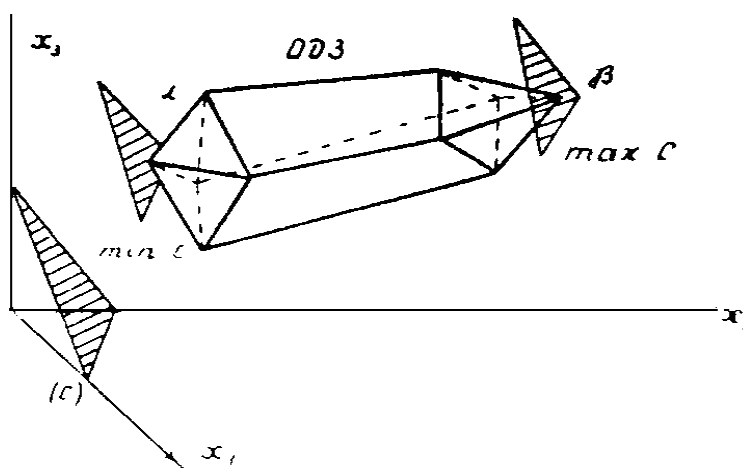


Рис. 1.3

#### 4 Общий случай.

Как мы видим для частных случаев, когда  $n = 1, 2, 3$  для задачи линейного программирования дается простая и наглядная геометрическая картина. Но она не может быть столь же просто продолжена и для числа измерений  $n > 3$ . Здесь наглядность изображения теряется.

Однако можно и здесь дать геометрическое толкование общей задачи.

Условия неотрицательности вместе с условиями ограничения в формулировке (1.1) выделяют в  $n$ -мерном пространстве некоторое множество точек, которое мы по-прежнему назовем областью допустимых значений. В этом пространстве ОДЗ должна представлять собой выпуклый многогранник в рассматриваемом пространстве.

Целевая функция – это гиперплоскость в  $n$ -мерном пространстве.

Сдвигом этой гиперплоскости, вообще говоря, определяются точки, в которых она наименее или наиболее удалена от начала. Эти точки и есть решения задачи линейного программирования.

Рассмотрим более подробно случай двух переменных. Математическая формулировка задачи программирования может быть записана следующим образом.

Дана система линейных ограничений – неравенств:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \leq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \leq b_2, \\ \dots\dots\dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 \leq b_m. \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{array} \right. \quad (1.8)$$

и целевая линейная функция

$$f = c_1x_1 + c_2x_2 \rightarrow \text{extr} \quad (1.10)$$

Требуется найти такое неотрицательное решение ( $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$ ) системы (1.8), при котором функция (1.10) принимает наименьшее (наибольшее) значение.

В такой постановке задача линейного программирования может быть решена графическим методом, суть которого состоит в следующем.

Если  $i$ -е неравенство из (1.8) заменим равенством  $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 = b_i$ , то оно определит на плоскости прямую линию, которая делит всю плоскость на две полуплоскости. Одна из этих полуплоскостей является областью решения неравенства:

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 \leq b_i.$$

Областью решения всей системы (1.8) является пересечение всех полученных таким образом  $m$  полуплоскостей. Если ограничиться только допустимыми ( $x_1 \geq 0; x_2 \geq 0$ ) решениями системы, то следует оставить только ту часть области решений, которая лежит в I квадранте. Область допустимых

решений  $R$  при этом превращается в выпуклый многоугольник на плоскости (рис 1.4).

Для того чтобы найти ту точку области решения, в которой достигается минимум (максимум) функции  $f$ , рассмотрим линии уровня этой функции, то есть такие множества точек, на которых  $f$  имеет одно и то же значение  $C$ :

$$C_1x_1 + C_2x_2 = C. \quad (1.11)$$

Если изменять  $C$  от  $(-\infty)$  до  $(+\infty)$ , то прямая уровня (3) функции  $f$  будет перемещаться по плоскости параллельно самой себе в направлении возрастания значений  $f$ . При этом она зачертит всю плоскость. Поэтому при таком перемещении первая точка встречи прямой с областью допустимых решений  $R$  будет соответствовать минимальному значению  $f$ , а точка выхода прямой уровня из области допустимых решений – максимальному значению  $f$ . Возможны случаи (рис 1.4), когда максимальное значение функции не существует ( $\min = +\infty$ ) либо когда оптимальное решение не единственно ( $\min f$  или  $\max f$  достигается не в одной точке, т.е. линия уровня проходит по стороне многоугольника).

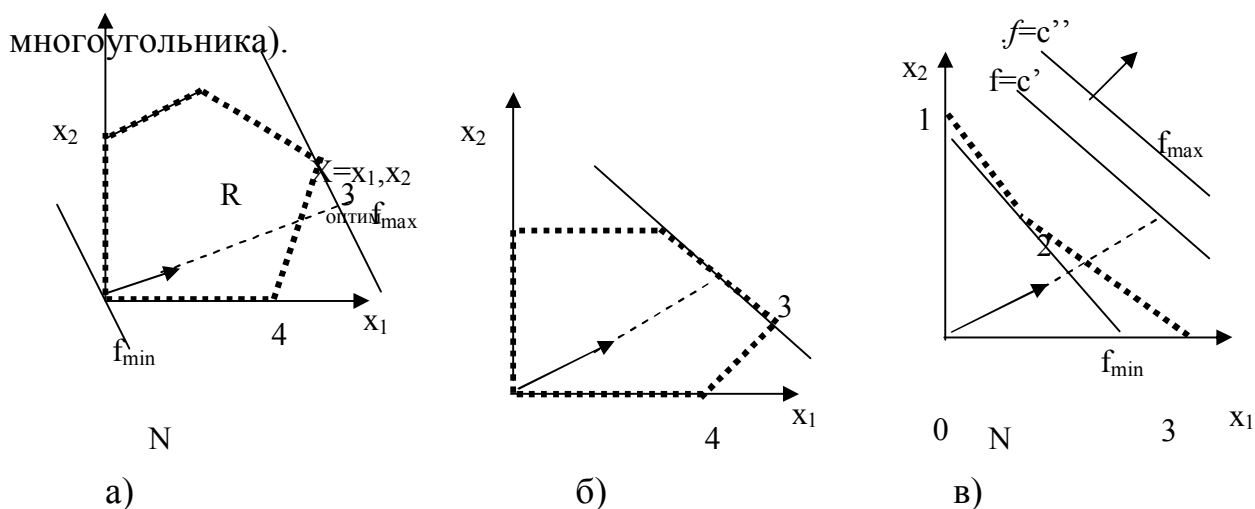


Рис. 1.4

На рис. 1.4 приводятся следующие обозначения и построения:

$R$  – допустимое множество решений, определяемое (1.1) и (1.3);

$N$  – вектор нормали к целевой функции  $f(x_1, x_2)$ ;

1.4, а –  $f(x_1, x_2)$  и  $R$  будут иметь лишь одну общую точку (крайнюю точку  $R$ ), эта точка определяет единственное оптимальное решение;

координаты точки  $(x_1, x_2)$  находим, решая систему уравнений прямых (2–3) и (4–3);

1.4, б –  $f(x_1, x_2)$  и  $R$  имеют целое множество общих точек – множество оптимальных решений задачи;

1.4, в – прямая  $f(x_1, x_2) = \text{const}$  не выходит на границу множества  $R$ , сколько бы ее не перемещали (это будет в случае, если множество  $R$  – неограниченно, тогда целевая функция  $f(x_1, x_2)$  имеет  $\min$ , а  $f_{\max} \rightarrow \infty$ ).

Прямая, которая имеет с областью, по крайней мере, одну общую точку, причем такую, что вся область лежит по одну сторону от прямой, называется опорной по отношению к этой области. Таким образом, геометрически задача может быть сформулирована так:

среди прямых уровня функции  $f$  найти опорную по отношению к области допустимых решений системы, такую, что вся область лежала бы со стороны больших (меньших) значений  $f$ ; тогда точка пересечения этой прямой с областью решений дает минимальное (максимальное) решение.

Пример. Из пункта А в пункт В ежедневно отправляются пассажирские и скорые поезда. Наличный парк вагонов разных типов, из которых ежедневно комплектуются поезда, и количество пассажиров в каждом из типов вагонов заданы в табл. А1 и Б1.

Необходимо:

- 1 Определить оптимальное число скорых и пассажирских поездов, при котором число перевозимых пассажиров достигает максимума.
- 2 Найти оптимальное число поездов, при котором число перевозимых пассажиров максимально, для случая, когда в связи с ограничением по пропускной способности направление не может пропустить не более заданного числа поездов.

Таблица А1

Наличный парк вагонов и композиций составов

	Вагоны
--	--------

	багажные	почтовые	плацкартные	купейные	мягкие
Парк вагонов	13	9	81	70	27
Состав скорого поезда	1	-	5	6	4
Состав пассажирского поезда	1	1	8	4	1

Вместимость вагонов разных типов приведена в табл. Б1.

Таблица Б1

Вместимость вагонов разного типа

	Вагоны				
	багажный	почтовый	плацкартный	купейный	мягкий
Число перевозимых пассажиров	-	-	56	36	24

Обозначим количество скорых поездов через  $x_1$ , пассажирских поездов –  $x_2$ , тогда очевидны ограничивающие неравенства, вытекающие из таблицы А1:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 + x_2 \leq 13 \text{ – ограничения по парку багажных вагонов;} \\ x_2 \leq 9 \text{ – ограничения по парку почтовых вагонов;} \\ 5x_1 + 8x_2 \leq 81 \text{ – ограничения по парку плацкартных вагонов;} \\ 6x_1 + 4x_2 \leq 70 \text{ – ограничения по парку купейных вагонов;} \\ 4x_1 + x_2 \leq 27 \text{ – ограничения по парку мягких вагонов;} \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{array} \right. \quad (1.12)$$

$$(1.13)$$

Строим целевую функцию. В нашей задаче следует определить оптимальное число скорых и пассажирских поездов, при котором число перевозимых пассажиров достигает максимума. Математически это можно записать так:

$$F = a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 \rightarrow \max,$$

где  $a_1$ ,  $a_2$  – вместимости скорого и пассажирского поездов соответственно.

В нашем случае с учетом табл. А1 и Б1 имеем:  $a_1 = 56 \cdot 5 + 36 \cdot 6 + 24 \cdot 4 = 592$ ;  
 $a_2 = 56 \cdot 8 + 36 \cdot 4 + 24 \cdot 1 = 616$ .

Целевая функция  $f$  – число перевозимых пассажиров, будет следующей:

$$F = 592x_1 + 616x_2 \rightarrow \max.$$



Построим многоугольник решений (рис. 1.5). Для этого в системе координат  $x_1, x_2$  на плоскости изобразим граничные прямые:

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 &= 13; \\ x_2 &= 9; \\ 5x_1 + 8x_2 &= 81; \\ 6x_1 + 4x_2 &= 70; \\ 4x_1 + x_2 &= 27; \quad x_1 = 0; \quad x_2 = 0. \end{aligned} \tag{1.14}$$

Взяв какую-нибудь точку, например, начало координат, установим, какую полуплоскость определяет соответствующее неравенство (эти полуплоскости на рис. 1.5 показаны стрелками). Многоугольником решений данной задачи является отмеченный штриховкой ограниченный пятиугольник OABCD.

Для построения прямой ( $f = 592x_1 + 616x_2 = 0$ ) строим радиус-вектор  $N = (592; 616) = 100(5,92; 6,16)$ , указывающий направление возрастания  $f$ , и через точку 0 проводим прямую, перпендикулярную ему. Построенную прямую  $f=0$  перемещаем параллельно самой себе в направлении вектора  $N$ . Из рис. 1.5 следует, что опорной по отношению к многоугольнику решений эта прямая остановится в точке С, где функция  $f$  принимает максимальное значение. Точка С лежит на пересечении прямых ( $5x_1 + 8x_2 = 81$ ) и ( $4x_1 + x_2 = 27$ ). Для определения ее координат решим систему уравнений:

$$\begin{cases} 5x_1 + 8x_2 = 81, \\ 4x_1 + x_2 = 27. \end{cases} \tag{1.15}$$

Получим оптимальное решение:  $x_1 = 5; x_2 = 7$ . Подставляя значения  $x_1$  и  $x_2$  в линейную функцию, получаем  $f_{max} = 592 \cdot 5 + 616 \cdot 7 = 7272$  пассажира. Из графика (рис. 1.5) видно, что прямые  $x_1 + x_2 = 13$  и  $6 \cdot x_1 + 4x_2 = 70$  (наличие багажных и купейных вагонов) находятся вне многоугольника OABCD и практически не вносят ограничений в задачу. С математической точки зрения эти условия являются лишними, а с точки зрения планирования – отражают

резерв по этим типам вагонов, который может быть использован для других целей.

***Таким образом, при назначении 5 скорых и 7 пассажирских поездов наибольшее количество перевозимых пассажиров составит 7272.***

Для случая, когда железная дорога не может пропустить более указанного в таблице 1.5 числа поездов, в систему ограничивающих неравенств включается еще одно дополнительное неравенство, далее строится соответствующий многоугольник решений и находится оптимальное число скорых и пассажирских поездов.

Например, для случая, когда направление не может пропустить более 3 пассажирских поездов, получим ограничивающее неравенство  $x_2 \leq 3$ , а оптимальным решением (аналогично рассмотренной выше методике) будет:  $x_1=6$ ;  $x_2=3$ ;  $f=5400$ . Для случая, когда дорога не может пропустить более 14 поездов всего, получим дополнительное ограничивающее неравенство  $x_1+x_2 \leq 14$ , а оптимальным решением будет:  $x_1, x_2=7$ ;  $f=7272$ .

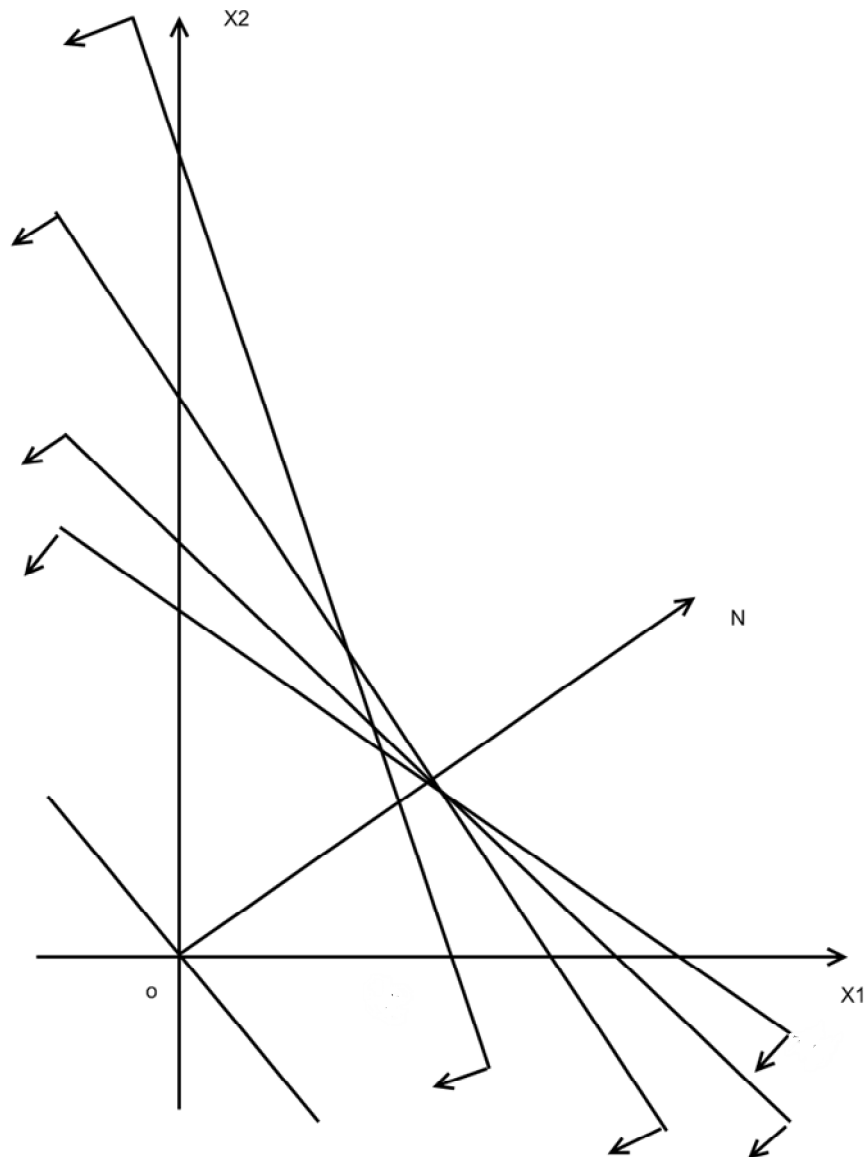


Рис. 1.5

### Решение нашей задачи с использованием пакета MAPLE

*restfrt*

>  $a1 := 5 \cdot 56 + 6 \cdot 36 + 4 \cdot 24;$

$a1 := 592$

>  $a2 := 8 \cdot 56 + 4 \cdot 36 + 1 \cdot 24;$

$a2 := 616$

>  $F := a1 \cdot x1 + a2 \cdot x2;$

$F := 592 \cdot x1 + 616 \cdot x2$

>  $1 \cdot x1 + 1 \cdot x2 \leq 13;$

$x1 + x2 \leq 13$

```
> 1*x1<=9;
```

$$x1 \leq 9$$

```
> 5*x1+8*x2<=81;
```

$$5x1 + 8x2 \leq 81$$

```
> 6*x1+4*x2<=70;
```

$$6x1 + 4x2 \leq 70$$

```
> 4*x1+1*x2<=27;
```

$$4x1 + x2 \leq 27$$

```
> x1>=0;
```

$$0 \leq x1$$

```
> x2>=0;
```

$$0 \leq x2$$

```
> with(simplex):
```

Warning, the protected names maximize and minimize have been redefined and unprotected

```
>
```

```
maximize(F, {1*x1+1*x2<=13, 1*x1<=9, 5*x1+8*x2<=81, 6*x1+4*x2<=70, 4*x1+1*x2<=27, x1>=0, x2>=0});
```

$$\{x2 = 7, x1 = 5\}$$

```
> x1:=5; x2:=7;
```

$$x1 := 5$$

$$x2 := 7$$

```
> F;
```

$$7272$$

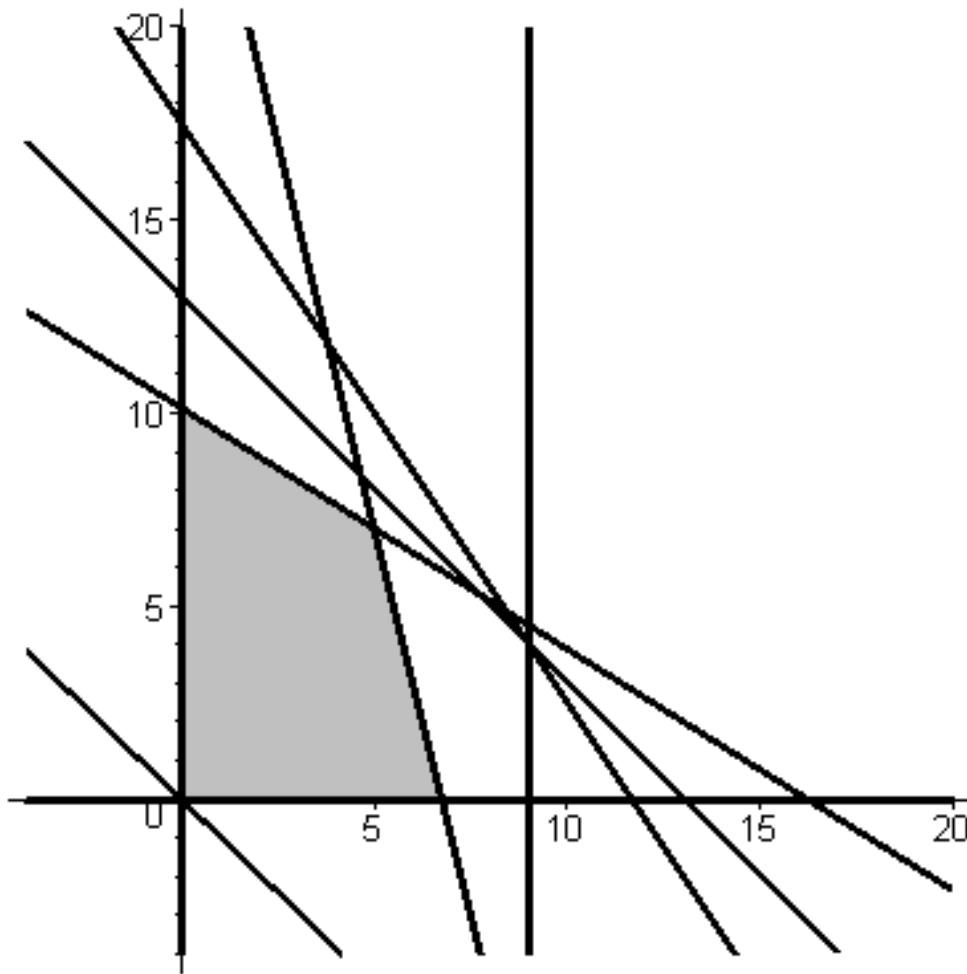
```
> restart; with (plots):
```

Warning, the name changecoords has been redefined

```
>
```

```
inequal({1*x1+1*x2<=13, 1*x1<=9, 5*x1+8*x2<=81, 6*x1+4*x2<=70, 4*x1+1*x2<=27, x1>=0, x2>=0, 592*x1+616*x2}, x1=-4..20, x2=-
```

```
4..20, optionsfeasible=(color=gray), optionsopen=(color=blue, thickness=2), optionsclosed=(color=black, thickness=3), optionsexcluded=(color=white));
```



> Если направление не может пропустить более 14 поездов  
всего, вводим дополнительное ограничивающее неравенство  
 $x_1+x_2 \leq 14$ .

Error, missing operator or `;`

> **with(simplex):**

Warning, the name display has been redefined

Warning, the protected names maximize and minimize have been redefined and unprotected

>

```
maximize(592*x1+616*x2, {1*x1+1*x2<=13, 1*x1<=9, 5*x1+8*x2<=81, 6*x1+4
*x2<=70, 4*x1+1*x2<=27, x1>=0, x2>=0, x1+x2<=14});
{x2 = 7, x1 = 5}
```

> **x1:=5;**

$x_1 := 5$

> **x2:=7;**

$x_2 := 7$

> **F:= 592\*x1+616\*x2;**

$F := 7272$

> **restart; with (plots):**

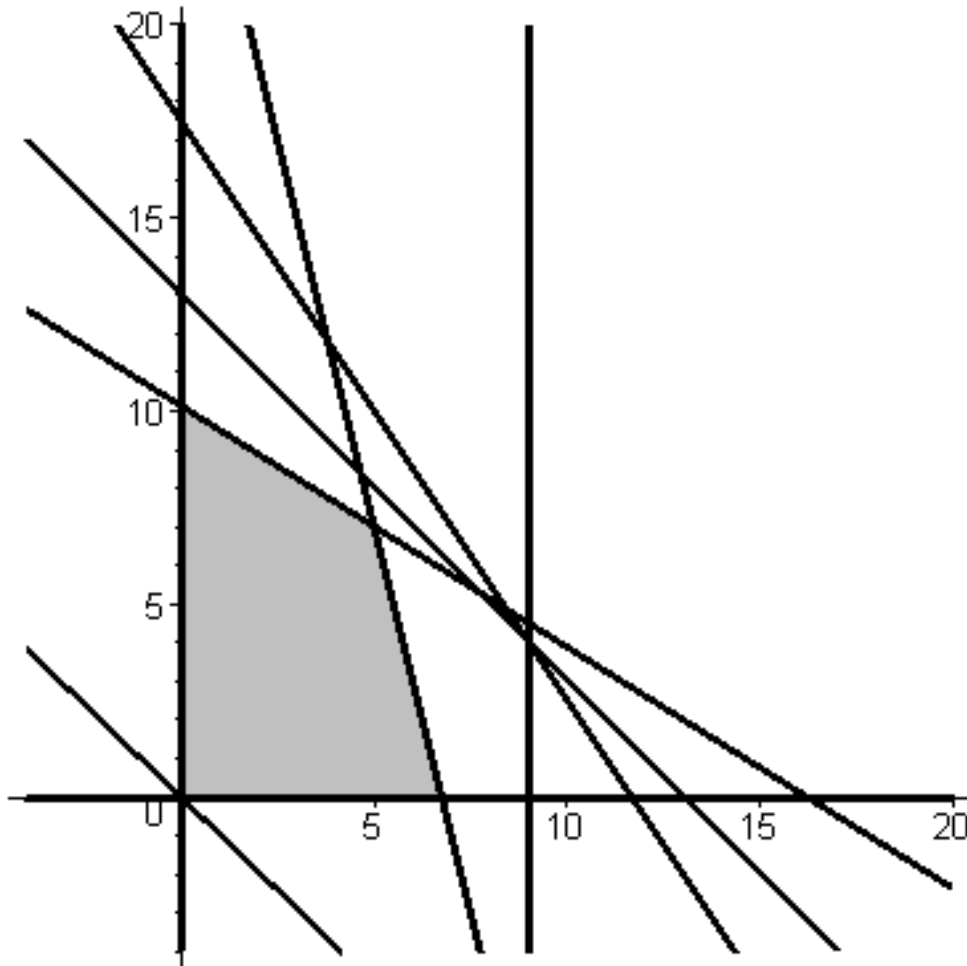
Warning, the name changecoords has been redefined

&gt;

```

inequal ({1*x1+1*x2<=13,1*x1<=9,5*x1+8*x2<=81,6*x1+4*x2<=70,4*x1+1*
x2<=27,x1>=0,x2>=0,592*x1+616*x2},x1=-4..20,x2=-
4..20,optionsfeasible=(color=gray),optionsopen=(color=blue,thickne
ss=2),optionsclosed=(color=black,thickness=3),optionsexcluded=(col
or=white));

```



### ➤ Выводы

- При заданных ограничениях оптимальное число скорых и пассажирских поездов не изменится, т.е. число скорых поездов равно 5, число пассажирских поездов равно 7, количество перевозимых пассажиров составит 7272.

**Цель работы:** определение закона распределения интервалов прибытия поездов в парк приема станции.

Исходные данные для расчетов (моменты фактического прибытия поездов в расформирование) выбираются из таблиц 2.7–2.11 по последней цифре учебного шифра студента.

При оформлении задачи студенту следует представить в записке:

- все принятые по своему варианту исходные данные, необходимые для решения задачи;
- составить статистический ряд интервалов прибытия грузовых поездов на сортировочную станцию;
- построить гистограмму распределения вероятностей появления интервалов между поездами;
- установить основные временные параметры входящего на станцию поездопотока;
- определить параметры в эрланговском распределении интервалов прибытия поездов в парк приёма;
- построить сглаживающую кривую и проверить по критерию согласия Пирсона и условию Романовского правдоподобность гипотезы об эрланговском распределении интервалов прибытия поездов в расформирование;
- проанализировать выполнение работы и сделать выводы.

Таблица 2.7

Последняя цифра шифра 0				Последняя цифра шифра 1			
№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0-30	49	23-40	1	7-00	49	3-10
2	0-55	50	1-25	2	8-50	50	3-12
3	1-25	51	1-37	3	8-59	51	3-24
4	2-13	52	1-45	4	9-10	52	3-54
5	2-25	53	2-50	5	9-20	53	4-00
6	2-55	54	2-32	6	9-45	54	4-20
7	3-28	55	3-45	7	9-47	55	5-20
8	4-16	56	4-25	8	10-20	56	5-45
9	4-48	57	5-01	9	10-53	57	6-55
10	4-53	58	5-42	10	11-30	58	7-15
11	5-49	59	6-32	11	11-41	59	7-48
12	5-59	60	6-45	12	11-52	60	7-55
13	6-40	61	6-50	13	12-10	61	8-10
14	6-59	62	7-00	14	13-30	62	8-15
15	7-27	63	7-42	15	14-01	63	8-15
16	7-35	64	8-00	16	14-15	64	8-27
17	7-45	65	9-00	17	14-16	65	8-37
18	7-59	66	10-02	18	14-27	66	8-59
19	9-00	67	10-25	19	14-38	67	9-10
20	9-57	68	10-30	20	14-59	68	9-40
21	10-47	69	10-55	21	16-20	69	9-58
22	11-25	70	11-15	22	16-20	70	10-20
23	12-17	71	11-57	23	16-40	71	10-59
24	14-09	72	12-22	24	17-35	72	11-06



25	15-03	73	12-22	25	17-40	73	11-18
26	15-15	74	12-22	26	17-50	74	11-30
27	15-28	75	13-07	27	17-59	75	11-41
28	15-40	76	13-25	28	18-41	76	11-49
29	15-52	77	14-57	29	18-58	77	11-59
30	16-37	78	14-57	30	19-25	78	12-08
31	16-50	79	15-50	31	19-37	79	12-48
32	17-30	80	15-57	32	19-48	80	12-54
33	17-57	81	15-58	33	19-55	81	13-10
34	18-10	82	16-30	34	21-20	82	13-25
35	18-37	83	16-47	35	21-31	83	13-55
36	18-47	84	17-47	36	21-42	84	14-40
37	18-57	85	17-57	37	22-58	85	14-50
38	19-22	86	19-12	38	23-15	86	14-59
39	19-22	87	19-22	39	23-19	87	15-30
40	19-50	88	19-32	40	23-22	88	15-41
41	20-00	89	19-50	41	23-50	89	15-53
42	20-40	90	19-57	42	23-57	90	16-07
43	21-00	91	21-10	43	0-59	91	17-10
44	21-35	92	21-37	44	1-10	92	17-35
45	21-58	93	22-10	45	1-20	93	17-55
46	22-42	94	22-47	46	1-31	94	18-00
47	23-15	95	23-00	47	1-58	95	18-15
48	23-30	96	23-40	48	2-41	96	18-26

Таблица 2.8

Последняя цифра шифра 2				Последняя цифра шифра 3			
№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия
1	2	3	4	5	6	7	8
1	18-00	49	17-28	1	7-40	49	23-57
2	18-40	50	17-50	2	8-53	50	0-56
3	19-05	51	18-00	3	8-55	51	0-57
4	19-35	52	18-49	4	9-00	52	1-10
5	20-10	53	18-55	5	9-17	53	1-27
6	20-45	54	19-25	6	9-38	54	1-50
7	20-59	55	19-40	7	9-47	55	2-23
8	21-35	56	20-50	8	10-10	56	2-25
9	22-14	57	21-07	9	10-43	57	2-45
10	22-25	58	21-50	10	10-48	58	3-10
11	22-55	59	22-37	11	11-20	59	3-15
12	23-10	60	22-37	12	11-40	60	3-40
13	0-00	61	22-51	13	11-50	61	4-02
14	0-00	62	0-09	14	12-03	62	4-15
15	0-18	63	0-20	15	13-37	63	5-15
16	0-50	64	0-32	16	14-00	64	5-20
17	0-59	65	0-57	17	14-05	65	5-43
18	1-17	66	1-20	18	14-05	66	6-55
19	1-40	67	1-35	19	14-25	67	7-07
20	3-20	68	1-50	20	14-30	68	7-38
21	3-50	69	2-30	21	14-42	69	7-45
22	4-20	70	2-45	22	14-45	70	7-55

23	4-50	71	3-40	23	15-42	71	8-10
24	5-20	72	3-40	24	16-15	72	9-25
25	5-35	73	4-30	25	16-17	73	9-40
26	6-20	74	4-59	26	16-35	74	9-45
27	6-40	75	5-37	27	17-25	75	9-55
28	7-20	76	5-47	28	17-35	76	9-57
29	7-30	77	6-30	29	17-40	77	10-45
30	7-35	78	6-55	30	17-46	78	11-20
31	7-50	79	6-57	31	17-53	79	11-30
32	7-50	80	7-57	32	18-32	80	11-35
33	9-30	81	8-35	33	19-15	81	11-55
34	10-10	82	9-10	34	19-30	82	12-50
35	10-25	83	9-20	35	19-40	83	13-02
36	11-40	84	9-31	36	19-55	84	13-20
37	11-50	85	9-45	37	21-13	85	13-55
38	12-41	86	10-01	38	21-18	86	14-30
39	12-55	87	11-07	39	21-30	87	14-50
40	13-25	88	12-10	40	21-40	88	15-20
41	13-41	89	12-28	41	21-57	89	15-30
42	14-38	90	12-37	42	22-50	90	15-40
43	14-46	91	13-00	43	23-07	91	15-45
44	15-40	92	13-50	44	23-15	92	15-50
45	16-30	93	14-10	45	23-20	93	15-57
46	16-51	94	14-22	46	23-22	94	16-05
47	17-10	95	14-49	47	23-40	95	17-15
48	17-25	96	15-07	48	23-50	96	17-30

Таблица 2.9

Последняя цифра шифра 4				Последняя цифра шифра 5			
№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1-03	49	20-47	1	22-35	49	14-15
2	1-26	50	21-08	2	0-45	50	14-15
3	1-33	51	21-27	3	0-50	51	15-55
4	1-43	52	21-40	4	1-20	52	15-57
5	1-57	53	21-53	5	2-01	53	16-03
6	2-05	54	22-02	6	2-12	54	16-10
7	2-32	55	22-19	7	2-23	55	16-21
8	3-01	56	22-30	8	2-30	56	16-32
9	3-15	57	22-38	9	2-45	57	16-35
10	3-42	58	23-45	10	3-40	58	16-55
11	4-20	59	0-06	11	4-01	59	18-01
12	4-38	60	0-24	12	4-03	60	18-08
13	5-01	61	0-42	13	4-05	61	19-09
14	5-24	62	1-05	14	4-28	62	19-20
15	6-05	63	1-25	15	4-39	63	19-35
16	7-15	64	1-55	16	4-39	64	20-06
17	8-40	65	2-17	17	4-45	65	20-11
18	9-08	66	2-51	18	5-07	66	20-23
19	9-16	67	3-10	19	5-18	67	20-50
20	9-40	68	3-32	20	5-20	68	22-15
21	10-03	69	4-12	21	5-33	69	22-55
22	10-20	70	5-08	22	5-45	70	23-58
23	10-30	71	5-31	23	6-05	71	1-09

Окончание табл. 2.9

24	10-48	72	6-10	24	6-12	72	1-59
25	11-12	73	6-23	25	6-25	73	2-40
26	12-35	74	6-48	26	6-30	74	2-40
27	12-53	75	7-15	27	6-36	75	2-55
28	13-15	76	8-57	28	7-20	76	4-35
29	13-25	77	9-18	29	8-01	77	5-50
30	13-40	78	9-34	30	8-05	78	5-55
31	13-58	79	10-07	31	8-45	79	6-10
32	14-57	80	10-48	32	8-56	80	6-59
33	15-22	81	11-12	33	9-10	81	7-19
34	16-27	82	11-15	34	10-10	82	7-50
35	16-32	83	11-42	35	11-15	83	7-55
36	17-06	84	12-20	36	11-20	84	8-05
37	17-35	85	12-38	37	11-20	85	8-40
38	17-45	86	13-17	38	11-31	86	8-49
39	17-55	87	13-30	39	11-41	87	9-49
40	18-02	88	13-46	40	11-45	88	10-20
41	18-21	89	13-59	41	11-56	89	10-31
42	18-35	90	14-27	42	12-01	90	10-45
43	19-04	91	14-52	43	12-13	91	10-57
44	19-20	92	15-12	44	12-30	92	11-05
45	19-33	93	15-30	45	12-41	93	11-17
46	19-47	94	16-01	46	12-55	94	11-25
47	19-58	95	16-10	47	13-25	95	11-30
48	20-32	96	17-10	48	14-01	96	11-49

Таблица 2.10

Последняя цифра шифра 6				Последняя цифра шифра 7			
№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия
1	2	3	4	5	6	7	8
1	18-35	49	11-35	1	18-01	49	9-01
2	18-41	50	12-10	2	18-22	50	9-30
3	20-15	51	12-47	3	18-40	51	9-41
4	20-20	52	12-52	4	19-15	52	10-05
5	20-40	53	13-22	5	19-30	53	11-06
6	20-50	54	13-52	6	20-05	54	11-15
7	20-55	55	14-20	7	20-10	55	11-26
8	21-56	56	14-35	8	20-40	56	11-30
9	22-03	57	14-46	9	20-42	57	13-10
10	22-18	58	15-00	10	20-56	58	13-25
11	22-25	59	15-02	11	21-15	59	13-30
12	22-35	60	15-20	12	21-17	60	13-45
13	23-45	61	15-22	13	21-32	61	13-56
14	23-50	62	16-40	14	21-48	62	14-15
15	23-56	63	17-05	15	21-59	63	14-18
16	0-10	64	17-10	16	22-05	64	14-29
17	0-20	65	17-25	17	22-15	65	14-41
18	0-35	66	17-48	18	22-35	66	15-20
19	0-44	67	17-58	19	22-47	67	15-32
20	2-03	68	18-40	20	22-58	68	15-58
21	2-17	69	18-49	21	23-15	69	16-30
22	2-35	70	19-03	22	23-40	70	17-10
23	2-40	71	19-15	23	23-49	71	17-20
24	3-30	72	19-30	24	0-40	72	17-50

25	3-40	73	19-35	25	0-48	73	18-10
26	3-45	74	19-44	26	1-06	74	18-50
27	3-52	75	21-03	27	2-06	75	18-55
28	5-05	76	21-08	28	2-20	76	19-20
29	5-10	77	21-30	29	2-35	77	19-47
30	5-15	78	22-20	30	2-47	78	19-59
31	6-05	79	22-28	31	3-05	79	20-30
32	6-26	80	22-43	32	4-45	80	20-57
33	6-27	81	23-30	33	5-00	81	21-38
34	6-45	82	23-37	34	5-15	82	22-07
35	7-10	83	23-42	35	5-20	83	22-10
36	7-55	84	0-10	36	5-35	84	22-46
37	8-13	85	0-13	37	5-47	85	22-47
38	8-20	86	0-15	38	5-58	86	22-59
39	8-25	87	1-13	39	6-02	87	23-25
40	8-40	88	1-10	40	6-10	88	23-46
41	8-55	89	1-25	41	6-43	89	23-59
42	9-04	90	1-28	42	7-05	90	0-10
43	9-18	91	1-38	43	7-25	91	0-45
44	10-44	92	1-48	44	7-33	92	1-20
45	10-46	93	2-08	45	8-01	93	2-40
46	11-00	94	2-25	46	8-08	94	2-50
47	11-02	95	2-45	47	8-25	95	2-59
48	11-20	96	3-05	48	8-30	96	3-20

Таблица 2.11

Последняя цифра шифра 8				Последняя цифра шифра 9			
№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0-04	49	16-25	1	0-07	49	13-30
2	0-10	50	16-35	2	0-10	50	14-24
3	0-21	51	16-35	3	0-23	51	15-08
4	0-32	52	16-50	4	1-06	52	15-15
5	1-15	53	17-40	5	1-18	53	15-17
6	1-30	54	18-01	6	1-30	54	15-46
7	2-01	55	18-15	7	1-50	55	15-50
8	2-15	56	18-36	8	2-12	56	16-15
9	2-26	57	18-50	9	2-25	57	16-20
10	2-40	58	19-20	10	2-30	58	16-48
11	2-45	59	19-59	11	2-40	59	16-51
12	2-50	60	20-10	12	2-50	60	17-05
13	3-48	61	20-45	13	3-15	61	17-12
14	3-50	62	22-45	14	3-36	62	17-20
15	3-58	63	22-49	15	3-50	63	17-40
16	4-15	64	22-54	16	4-15	64	18-15
17	4-44	65	22-59	17	4-32	65	18-37
18	5-02	66	23-15	18	4-55	66	18-50
19	5-08	67	23-25	19	5-08	67	19-18
20	5-43	68	23-36	20	5-15	68	19-40
21	6-01	69	23-47	21	5-22	69	19-45
22	6-26	70	23-51	22	6-01	70	20-09
23	7-12	71	0-09	23	6-15	71	20-11
24	7-22	72	0-30	24	7-05	72	20-20



25	7-40	73	0-35	25	7-25	73	20-26
26	8-01	74	1-01	26	7-35	74	21-01
27	8-15	75	1-48	27	7-45	75	21-05
28	9-15	76	2-38	28	8-10	76	21-10
29	9-35	77	3-01	29	8-20	77	21-25
30	9-44	78	3-05	30	8-26	78	22-40
31	9-53	79	3-10	31	8-38	79	22-45
32	10-05	80	3-52	32	8-53	80	22-50
33	10-15	81	4-02	33	9-00	81	22-54
34	10-26	82	4-18	34	9-22	82	23-00
35	10-34	83	4-30	35	9-35	83	23-15
36	11-12	84	5-05	36	9-44	84	23-20
37	11-37	85	5-35	37	10-10	85	23-35
38	11-53	86	5-35	38	10-34	86	23-45
39	12-04	87	6-05	39	10-53	87	23-50
40	12-20	88	6-55	40	11-05	88	23-55
41	12-43	89	7-35	41	11-18	89	0-35
42	13-00	90	7-40	42	11-22	90	0-43
43	14-10	91	7-48	43	11-45	91	1-03
44	14-22	92	8-15	44	12-10	92	1-20
45	14-23	93	8-25	45	12-34	93	1-27
46	14-50	94	9-15	46	13-15	94	2-15
47	15-55	95	9-35	47	13-18	95	2-20
48	16-01	96	9-53	48	13-24	96	2-30

**Методические указания к работе № 2**  
**ОБРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ И УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНА**  
**РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН**

Математическая статистика охватывает ряд вопросов, относящихся к характеру проявления закономерностей в массовых процессах. Она тесно связана с теорией вероятностей, на предельных теоремах которой базируется большинство ее выводов.

Установление статистических закономерностей и законов распределения случайных величин необходимо для использования их при моделировании транспортных процессов и в других технико-экономических расчетах.

**Выбор величины интервала группирования**

Конкретное изучение работы станции или ее отдельных элементов начинается с анализа потока требований (поездов, составов) и характеристики их обслуживания (обработки). В результате анализа определяется закон распределения, например, прибытия поездов, и закон распределения времени их обработки, а также числовые характеристики этих распределений, такие, как математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации и т.д.

Число разрядов, на которое целесообразно разделить вариационный размах изменения интервалов, при котором не будут слишком громоздкими расчеты и не будут утрачены характерные особенности данного распределения, можно определить по формуле

$$R = 1 + 3.2 \lg n.$$

Интервал группирования в каждом разряде при этом определится делением всего диапазона изменения интервалов на число разрядов  $R$ , т.е.

$$J = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,2 \lg n},$$

где  $x_{\max}, x_{\min}$  – наибольшее и наименьшее значение случайной величины;

$n$  – общее число наблюдений.

Поскольку исходные данные в нашем случае содержат по 95 наблюдений, то число разрядов можно принять равным

$$R = 1 + 3.2 \lg 95 \approx 8 \text{ разрядов.}$$

Рассмотрим кратко законы распределения, интервалов в потоках требований и обслуживания. Так как интервалы времени не могут иметь отрицательных значений, то они характеризуются законами распределения неотрицательных случайных величин. В теории массового обслуживания и теории надежности наибольшее распространение получили следующие часто встречающиеся в практике распределения: показательное (экспоненциальное), Эрланга, гамма-распределение, гиперэкспоненциальное, вейбулловское и нормальное. Часто, однако, для решения практических задач достаточно иметь только числовые характеристики интервалов в потоках, такие, как среднее значение (математическое ожидание), среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации.

Коэффициент вариации интервалов характеризует степень неравномерности потока. Он равен отношению среднего квадратического отклонения к математическому ожиданию и выражает относительное отклонение интервалов от среднего значения. При регулярном потоке, когда все интервалы равны, коэффициент вариации равен нулю, так как нет отклонения интервалов от среднего значения. С увеличением неравномерности потока возрастает и коэффициент вариации, ухудшаются условия использования устройств станции и увеличивается потребность в резервах мощности для смягчения влияния неравномерности.

В нашей работе рассмотрим распределение Эрланга и нормальное.

## Распределение Эрланга

Каждый интервал в потоке Эрланга состоит из  $K$  подынтервалов, распределенных по показательному закону с интенсивностью  $\lambda'$ . На рис. 2.1 по оси  $\Pi$  нанесен поток событий с показательным распределением интервалов (пуассоновский поток) и интенсивностью  $\lambda'$ . На оси  $\mathcal{E}$  показан поток с эрланговским распределением порядка  $K=2$  и интенсивностью  $\lambda$ , у которого каждый интервал состоит из двух подынтервалов. Математическое ожидание интервалов в потоке Эрланга равно  $\frac{1}{\lambda}$ , а математическое ожидание подынтервалов равно  $\frac{1}{\lambda'}$ .

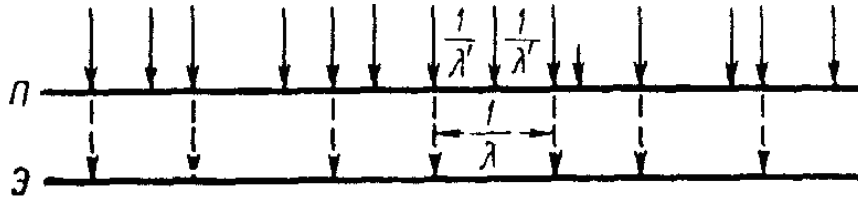


Рис. 2.1. Схема образования потока Эрланга:

$\Pi$  – пуассоновский поток;  $\mathcal{E}$  – эрланговский поток второго порядка

Следовательно, среднее значение интервалов в эрланговском потоке

$$\bar{t} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda'} + \frac{1}{\lambda'} = \frac{2}{\lambda'} \quad \text{и} \quad \lambda = \frac{\lambda'}{2}$$

или в общем виде  $\lambda = \frac{\lambda'}{K}$ .

Для потока Эрланга порядка  $K$ :

плотность распределения интервалов

$$f(t) = \frac{\lambda' (\lambda' t)^{K-1}}{(K-1)!} e^{-\lambda' t}; \quad (2.1)$$

дисперсия интервалов  $\sigma^2 = \frac{K}{\lambda'^2}$ ;

среднее квадратическое отклонение  $\sigma = \frac{\sqrt{K}}{\lambda'}$ ;

коэффициент вариации  $V = \frac{\sigma}{\bar{t}} = \frac{1}{\sqrt{K}}$ .

Формула (2.1) выражает плотность распределения интервалов эрланговского потока при фиксации интенсивности  $\lambda'$  исходного пуассоновского потока и поэтому с увеличением порядка  $K$  увеличивается среднее значение интервалов ( $\bar{t} = \frac{K}{\lambda'}$ ) т.е. поток как бы прореживается, делается более редким. Для устранения этого применяется нормированное распределение Эрланга, которое можно получить, подставив в зависимость (2.1) интенсивность эрланговского потока  $\lambda = \frac{\lambda'}{K}$  вместо интенсивности исходного потока  $\lambda' = \lambda K$ .

$$f(t) = \frac{\lambda K (\lambda K t)^{K-1}}{(K-1)!} e^{-\lambda K t}. \quad (2.2)$$

В этом случае с увеличением параметра  $K$  поток сохраняет свою интенсивность неизменной, а будет меняться лишь величина рассеивания интервалов в потоке.

Числовые характеристики нормированного распределения Эрланга примут вид:

среднее значение интервалов	$\bar{t} = \frac{1}{\lambda};$
дисперсия	$\sigma^2 = \frac{1}{K\lambda^2};$
среднее квадратическое отклонение	$\sigma = \frac{1}{\lambda\sqrt{K}};$
коэффициент вариации	$V = \frac{1}{\sqrt{K}};$
мода	$M_0 = \frac{K-1}{K\lambda}.$

При  $K=1$  эрланговское распределение принимает вид показательного распределения с коэффициентом вариации, равным единице, а при  $K \rightarrow \infty$  поток Эрланга сходится к регулярному потоку с одинаковыми интервалами и коэффициентом вариации, равным нулю. Зависимость степени неравномерности эрланговских потоков от порядка  $K$  приведена в следующем ряду:

$K \dots$	1;	2;	3;	4;	5;	6;	7;	8;	9;	10;	$\dots \infty$
$V \dots$	1;	0,71;	0,58;	0,5;	0,45;	0,41;	0,38;	0,35;	0,33;	0,31;	$\dots 0$

На рис. 2.2 приведены кривые плотности распределения нормированных потоков Эрланга при различных значениях порядка  $K$  и интенсивности  $\lambda=4$ , а, значит, среднем значении интервалов  $\bar{t} = 0,25$ . Для примера последовательность расчета при  $K=2$  приведена в табл. 2.1. Как видно из рис. 2.2, с увеличением порядка  $K$ , уменьшается рассеивание интервалов относительно среднего значения, уменьшается положительная правосторонняя (хвост справа) асимметрия, а мода перемещается от нуля до среднего значения. Так, при  $K=1$ ,  $M_0=0$  – показательное распределение:

$$K = 2 \quad M_0 = 0,125$$

$$K = 5 \quad M_0 = 0,2$$

.....

$$K = 25 \quad M_0 = 0,24$$

.....

$$K \rightarrow \infty$$

$$M_0 = \bar{t} = 0,25 \text{ – регулярный поток.}$$

При большом значении  $K$  эрланговское распределение приближается к нормальному (Гаусса) и может быть заменено последним (при  $K \geq 9$ ).

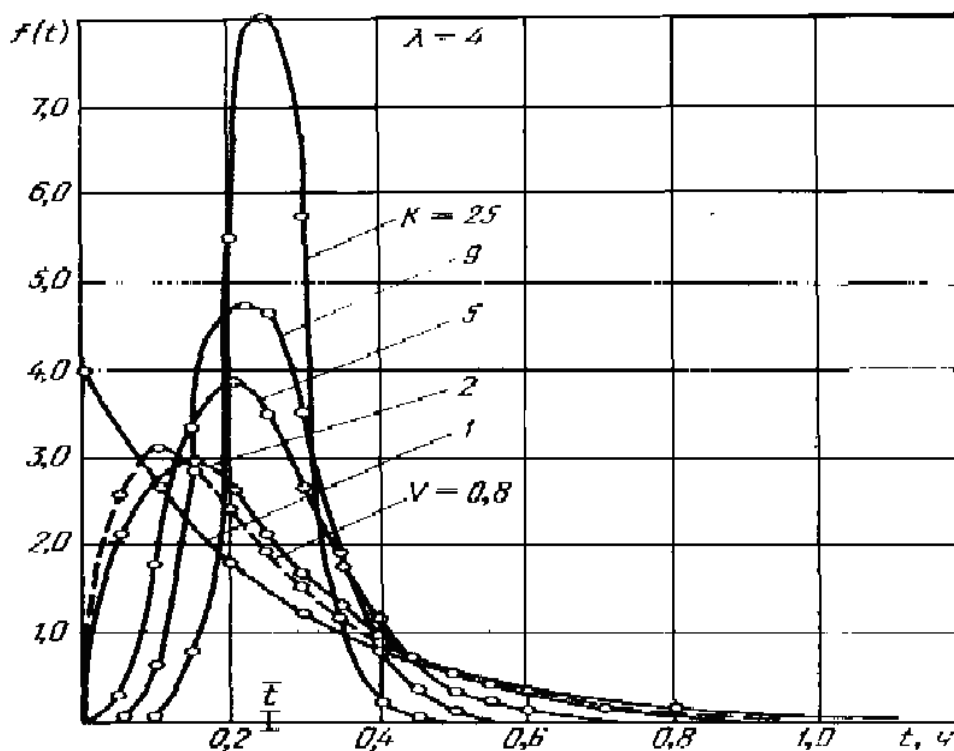


Рис. 2.2. Зависимость плотности распределения от параметра  $K$  при нормированном законе Эрланга

Сумма всех элементов вероятностей (вероятностей попадания случайной величины в данный разряд), выражающая площадь под кривой плотности распределения, должна быть равна единице (итог последней графы табл. 2.1).

Таблица 2.1

Расчет значений вероятности тех или иных интервалов поступления требований в эрланговском потоке при  $\lambda = 4$ ,  $K = 2$

Границы интервалов, ч	Середина интервала группировки	$f(t)$ по формуле (2.1)	Элемент вероятности $f(t) \Delta t$
0–0,1	0,05	2,14	$2,145 \cdot 0,1 = 0,214$
0,1–0,2	0,15	2,80	0,218
0,2–0,3	0,25	2,16	0,216
0,3–0,4	0,35	1,30	0,130
0,4–0,5	0,45	0,78	0,078
0,5–0,6	0,55	0,40	0,040
0,6–0,7	0,65	0,22	0,022
0,7–0,8	0,75	0,11	0,011
0,8–0,9	0,85	0,05	0,005
0,9–1,0	0,95	0,03	0,003
1,0–1,1	1,05	0,01	0,001
1,1–1,2	1,15	0,00	0,000

**Нормальное распределение** широко применяется в самых различных областях. Плотность распределения имеет вид

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.3)$$

где  $\bar{t}$  – математическое ожидание;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение. Область значений нормально распределяемой случайной величины есть вся числовая прямая. Но так как интервалы в потоках прибытия поездов не могут быть отрицательными, то аппроксимировать их нормальным распределением можно в случае, когда



коэффициент вариации не превышает 0,33. В этом случае согласно правилу трех сигм в положительной области будут находиться практически все интервалы. Вероятность того что, что интервал попадет в область отрицательных значений, определится из зависимости

$$P(t < 0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-\frac{1}{V}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \hat{O} * \left( -\frac{1}{V} \right),$$

где  $\hat{O}^*$  – табулированная функция нормального распределения.

Здесь  $\frac{1}{V} = \frac{\bar{t}}{\sigma}$  выражает расстояние центра рассеивания до начала координат, представленное в средних квадратических отклонениях. Так, если коэффициент вариации интервалов составляет  $V = 0,4$ , то верхний предел интегрирования будет равен величине 2,5, т.е. расстояние от начала координат до центра рассеивания составляет 2,5  $\sigma$ . Согласно таблице нормальной функции распределения вероятность отрицательных значений интервалов будет

$$P(t < 0) = \hat{O}^*(-2,5) = 0,0062, \text{ или } 0,62 \%$$

При  $V = 0,33$  расстояние от начала координат до центра рассеивания уже будет равно 3  $\sigma$  и вероятность попадания интервалов в область отрицательных значений составит только 0,14 %.

Нормальным законом распределения можно аппроксимировать распределения случайных величин при малых значениях коэффициентов вариации интервалов. При этом значительно упрощаются вычисления, появляется возможность использовать специальные таблицы дифференциальных и интегральных функций нормального распределения. Замена эрланговских распределений нормальным осуществляется из следующих условий. Известно, что среднее значение интервала при распределениях Эрланга порядка  $K$  имеет вид  $\bar{t} = \frac{1}{\lambda}$ , а среднее квадратическое

отклонение  $\sigma = \frac{1}{\lambda\sqrt{K}}$ . Если подставить эти параметры в формулу плотности

нормального распределения (2.3), то получим

$$f(t) = \frac{\lambda\sqrt{K}}{\sqrt{2\pi}} e^{-0,5K(\lambda t-1)^2} \quad (2.4)$$

Вычисления по этой формуле значительно проще, чем по формулам (2.2) и (2.3). На рис. 2.3 приведены кривые плотности распределения интервалов по закону Эрланга (кривая Э) порядка  $K=9$  и нормальному (кривая N) с тем же коэффициентом вариации  $V=0,33$  для интенсивности потока  $\lambda=4$ , т.е. при среднем  $\bar{t} = 0,25$ . Ординаты линии эрланговского распределения определены по формуле (2.2), а линии нормального распределения по формуле (2.4) или по таблице функций  $f'(t)$  нормального распределения с параметрами  $\bar{t} = 0$  и  $\sigma=1$ .

В последнем случае ордината получается из зависимости  $f(t) = \frac{1}{\sigma} f' \left( \frac{t-\bar{t}}{\sigma} \right)$ .

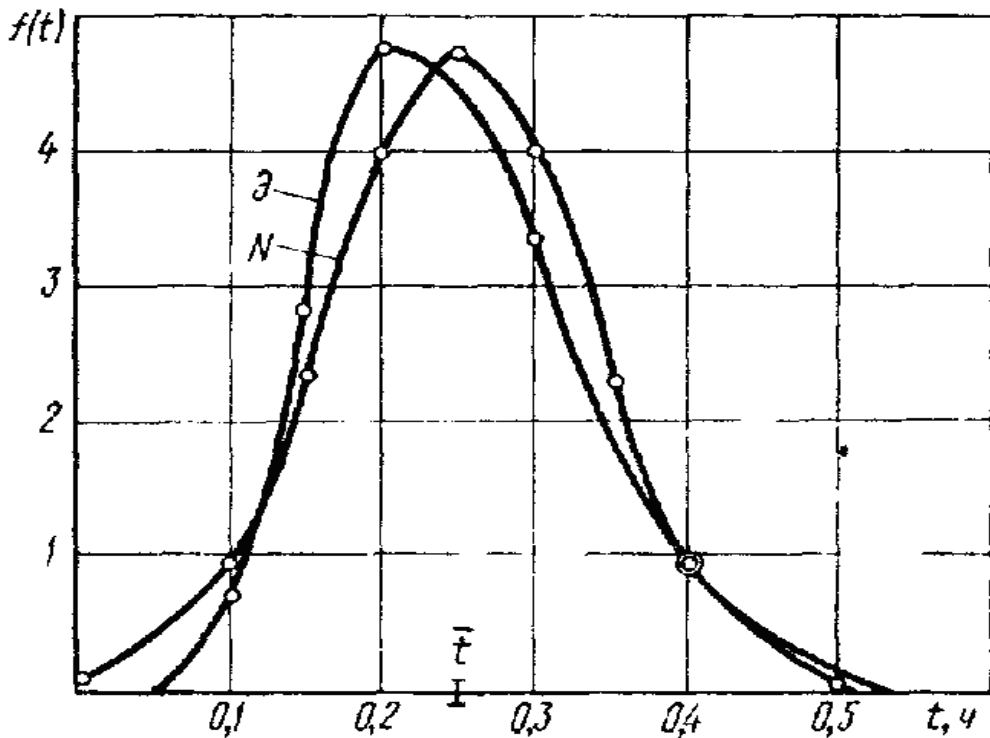


Рис. 2.3. Плотность распределения интервалов по нормальному (N) Эрланговскому (Э) закону

Здесь по полученной в скобках величине находится значение функции по таблице. Для нашего случая среднее квадратическое отклонение при заданном коэффициенте вариации 0,33 составит  $\sigma = 0,33 \cdot 0,25 = 0,083$ . Для значения,

например  $t = 0,3$ , по таблице находим  $f' \left( \frac{0,3 - 0,25}{0,083} \right) = f'(0,6) = 0,333$  и значение ординаты определится  $f(t) = \frac{1}{0,083} 0,333 \approx 4$ .

В ряде случаев для приближенных расчетов рекомендуется заменять нормальным распределением эрланговское при  $K \geq 5$ .

Целесообразно иметь ввиду следующие особенности нормального распределения. Если в формулу (2.3) подставить  $t = \bar{t}$ , то получим максимальное значение ординаты, которое равно  $\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \approx \frac{0,4}{\sigma}$ , а если подставить значение абсциссы точки перегиба кривой, т.е.  $t = \bar{t} + \sigma$ , то получим ординату точки перегиба, равную  $\frac{2,43}{\sigma}$ . Вероятность попадания в область от  $\bar{t} - \sigma$  до  $\bar{t} + \sigma$  равна 0,683, в область от  $\bar{t} - 2\sigma$  до  $\bar{t} + 2\sigma$  равна 0,954 и в область от  $\bar{t} - 3\sigma$  до  $\bar{t} + 3\sigma$  равна 0,997. При  $\sigma = 0$  распределение сосредоточено в одной точке  $t = \bar{t}$  и все интервалы с вероятностью, равной единице, имеют одинаковую величину. Это будет вырожденное или несобственное нормальное распределение, соответствующее регулярному потоку.

**Таким образом, по величине коэффициента вариации можно подобрать гипотезу о законе распределения интервалов, которую затем необходимо проверять по критерию согласия.** С увеличением неравномерности потока увеличивается количество интервалов, меньших по величине среднего, т.е. сгущенно поступающих требований. Это значит, что с увеличением коэффициента вариации при фиксированном среднем увеличивается правосторонняя асимметрия (хвост справа) кривой распределения плотности вероятностей в связи с тем, что увеличение разброса слева ограничено нулем как границей положительных значений, которые могут принимать интервалы, в то время как вправо разброс не ограничен. Это

наглядно видно из рис.10, на котором приведены кривые плотности распределения интервалов с коэффициентом вариации от 1,5 до 0,2 для среднего значения интервалов 0,25. Особо характерно поведение плотности распределения относительно центра рассеивания  $\bar{t} = 0,25$ . При большом значении коэффициента вариации левая часть распределения прижимается к нулевой оси ординат, а с уменьшением коэффициента вариации и левая, и правая части все больше приближаются к центру распределения. Максимальная ордината (мода) при этом перемещается слева направо и стремится к среднему значению (математическому ожиданию).

Обработка большого количества статистических выборок показывает, что потоки требований на сортировочных, участковых грузовых и пассажирских станциях, таких как прибытие грузовых поездов, накопление составов, поступление грузов и пассажиров к отправлению и т.д., имеют чаще всего коэффициент вариации интервалов, близкий к единице. Потоки обслуживания более управляемы и имеют значительно меньшее рассеивание с коэффициентом вариации, близким к 0,2–0,3. Все сказанное выше относится к наиболее распространенным одномодальным распределениям.

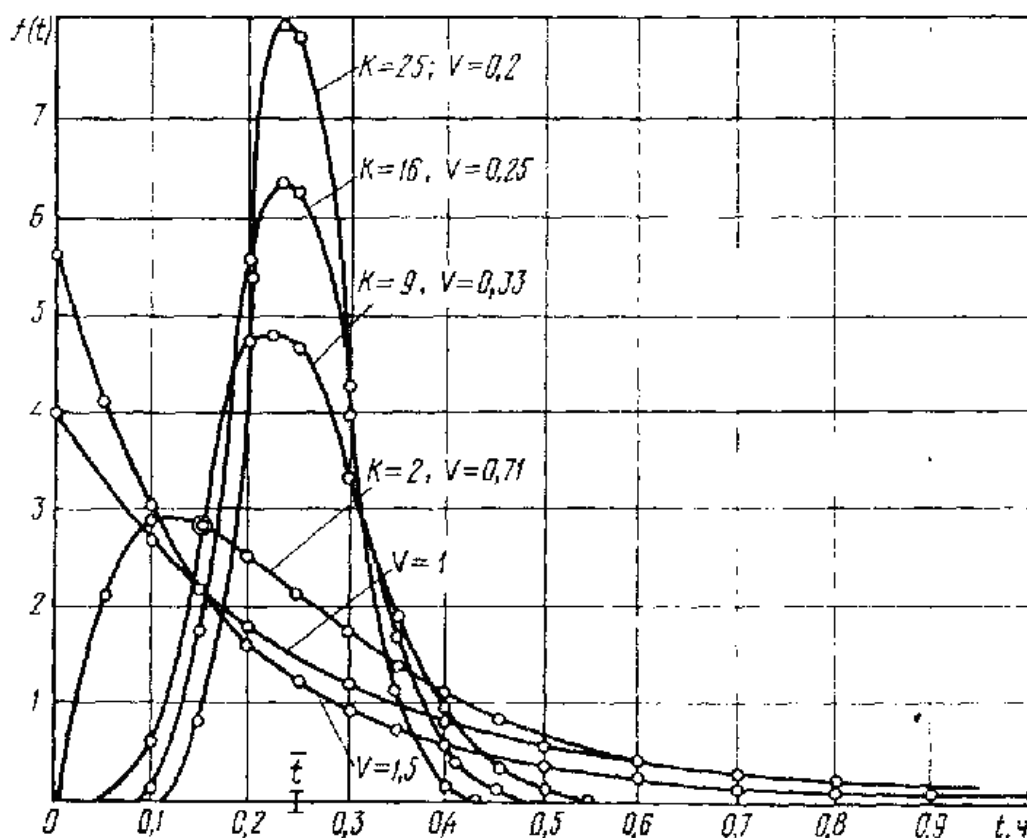


Рис. 2.4. Зависимость плотности распределения интервалов от коэффициента вариации

### Критерии согласия

Рассмотрим вопросы, связанные с проверкой предположения о согласованности теоретического и статистического распределения.

Положим, что статистическое распределение аппроксимировано с помощью некоторой теоретической функции. Между теоретической кривой и статистическим распределением неизбежны некоторые расхождения. Для ответа на вопрос, обусловлены ли эти расхождения случайными обстоятельствами, связанными с ограниченным числом наблюдений, или они вызваны тем, что подобранная функция плохо приближает эмпирическое распределение, служат так называемые критерии согласия.

**Критерий Саркади.** Если нет достаточной уверенности в однородной точности наблюдений, то для проверки гипотезы о нормальном характере ошибок наблюдений целесообразно воспользоваться критерием Саркади, для которого не требуются параметры распределения. Суть этого критерия

сводится к следующему. По результатам наблюдений для рассматриваемой выборки вычисляются случайные величины

$$\eta_i = x_i - \frac{1}{\sqrt{N+1}} \left( \sqrt{N} x^* + x_i \right), i = \overline{1, N},$$

где  $x^*$  – среднее, по которым рассчитывают, новые случайные величины

$$\bar{\xi}_i = \eta_i \sqrt{N-i-1}; i = \overline{1, N-2}, \xi_i = \bar{\xi}_i / \sqrt{\sum_{k=i+1}^{N-1} \eta_k^2}$$

Далее с помощью таблиц распределения Стьюдента находят случайные величины  $\delta_{v_i} = S_{v_i}(\xi_i), i = \overline{1, N-2},$

где  $S_{v_i}(\xi_i)$  – функция Стьюдента с числом степеней  $v_i = N-i-1, i = \overline{1, N-2}$ .

Если распределение результатов наблюдений в рассматриваемой выборке согласуется с гипотезой о нормальном характере распределения, то случайные величины  $\delta_{v_i}$  должны подчиняться равномерному распределению на отрезке  $[0,1]$ . Таким образом, чтобы проверить гипотезу о нормальном характере распределения величины  $x_i (i = \overline{1, N})$  необходимо установить, подчиняются ли случайные величины  $\delta_{v_i}$  равномерному распределению. Это можно сделать с помощью критерия  $\omega^2$ , рассчитав величину  $(N-2)\omega_{N-2}$  по формуле

$$(N-2)\omega_{N-2}^2 = \frac{1}{12(N-2)} + \sum_{i=1}^{N-2} \left\{ \delta_{v_i} - \frac{2i-1}{2(N-2)} \right\}$$

и сравнив полученное значение с граничной величиной критической области. В частном случае (надежность  $P = 0,95$ ) критическая область для этого критерия удовлетворяет неравенству  $(N-2) \cdot \omega_{N-2}^2 \geq 0.4614$ .

Если рассчитанное значение  $(N-2) \cdot \omega_{N-2}^2$  будет меньше граничной величины, то можно с заданной вероятностью распределение ошибок измерений наблюдений считать нормальным.

**Критерий Колмогорова.** Для применения этого критерия необходимо на одном графике построить теоретическую кривую  $F_0(x)$  и при достаточно малом

шаге  $h$  эмпирическую кривую  $F_{\hat{Y}}(x)$ . Из этого графика следует определить величину  $D_N = \max_x |F_{\hat{O}}(x) - F_{\hat{Y}}(x)|$

Введем обозначения

$$P_{\lambda} = \hat{A}\hat{A}\hat{D}\{D_N\sqrt{N} \leq \lambda_N\} \quad (2.5)$$

$$\text{тогда } 1 - P_{\lambda} = \hat{A}\hat{A}\hat{D}\{D_N\sqrt{N} > \lambda_N\}. \quad (2.6)$$

Если вероятность  $1 - P_{\lambda}$  получается малая (меньше 0.05–0,10), это означает малую вероятность случайного отклонения эмпирической функция распределения от теоретической.

Таким образом, наблюдаемое отклонение  $F_{\hat{Y}}(x)$  от  $F_{\hat{O}}(x)$  по-видимому не случайно, т.е. функция  $F_{\hat{Y}}(x)$  недостаточно согласуется с  $F_{\hat{O}}(x)$ . Если  $1 - P_{\lambda} = 0.30 \dots 0.40$ , это свидетельствует о хорошей согласованности функций  $F_{\hat{Y}}$  и  $F_{\hat{O}}$ .

Критерий согласия Колмогорова предполагает параметры теоретического распределения известными заранее (до опыта). Если же они определяются по тем же опытными данным, по которым получена функция  $F_{\hat{Y}}$ , то оценка согласованности может получиться завышенной.

Уравнение (2.6) позволяет построить доверительные границы для неизвестной функции  $F_{\hat{Y}}$  при помощи известной из опыта функции  $F_{\hat{O}}$ . Для этого перепишем его в следующем виде:

$$P_{\lambda} = \hat{A}\hat{A}\hat{D}\{F_{\hat{Y}}(x) - \lambda_N / \sqrt{N} \leq F_{\hat{O}}(x) \leq F_{\hat{Y}}(x) + \lambda_N / \sqrt{N}\}.$$

Отсюда получаем следующие выражения для нижней и верхней доверительных границ:

$$F_H = F_{\hat{Y}}(x) - \lambda_N / \sqrt{N}; F_B(x) = F_{\hat{Y}}(x) + \lambda_N / \sqrt{N}.$$

Следует иметь в виду, что  $F_H(x) \geq 0$ , а  $F_B(x) \leq 1$ .

**Критерий согласия Пирсона  $\chi^2$ .** Пусть на отрезке  $[a, b]$  имеется  $n$  опытных данных  $(x_i, i = \overline{1, n})$ . Для того чтобы оценить согласованность опытных значений с теоретической функцией распределения  $F_{\hat{O}}(x)$ , разделим область от

$a$  до  $b$  на  $r$  интервалов. Длины интервалов подберем так, чтобы в каждый попало не менее 5 или 10 опытных значений (длины интервалов могут быть не одинаковыми).

Обозначим через  $m_i$ , число опытных значений случайной величины  $x$ , попавших в  $i$ -й интервал. Получим уравнение

$$m_1 + m_2 + \dots + m_r = N \cdot \sum_{i=1}^r m_i = n .$$

Пусть далее  $P_i$  вероятность попадания случайной величины в  $i$ -интервал. Очевидно, что имеет место уравнение

$$P_1 = F_0(a_1), P_i = F_0(a_i) - F_0(a_{i-1}), F_r = 1 - F_0(a_{r-1}). \quad \text{Математическое}$$

ожидание числа опытных значений случайной величины  $x$ , попавших в  $i$ -интервал, будет  $nP_i$ . Согласованность опытных значений  $x$  с теоретической функцией распределения, очевидно, зависит от разностей  $\Delta_i = m_i - nP_i, i = \overline{1, r}$ . Чем меньше эти разности, тем лучше согласованность между  $F_Y(x)$  и  $F_0(x)$ .

Составим сумму

$$S = \sum_{i=1}^r \frac{(m_i - nP_i)^2}{nP_i} .$$

Чем лучше согласованность экспериментальных данных с  $F_0(x)$ , тем меньше величина  $S$ . Из теории вероятности известно, что случайная величина  $S$  имеет распределение  $\chi^2$  с  $r-1-m$  степенями свободы, где  $m$  – число параметров теоретического распределения, определяемых опытным путем. Например, если выберем в качестве  $F_0(x)$  нормальное распределение, то  $m = 2$  и число степеней свободы будет равно  $r-3$ . Для данного критерия разработаны подробные таблицы, связывающие для различных степеней свободы величину  $S$  с  $1-P$  вероятностью получить значение  $S$  большее или равное наблюдаемому при распределении  $F_0(x)$  (эту величину называют уровнем значимости).



Вопрос о том, какую величину  $I-P$  можно считать приемлемой для того, чтобы положительно решить вопрос о совпадении распределений, достаточно сложен. На практике считают удовлетворительным значение  $I-P$ , большее 0,4...0,5. Критерий  $\chi^2$ , несмотря на несколько большую сложность в применении по сравнению с критерием Колмогорова, дает более высокую точность результата.

Заметим, что, по Колмогорову, критерием является только степень различия в одной (максимально отличающейся) точке, а по Пирсону в функцию  $\chi^2$  входят с весами значения функций на всем исследуемом отрезке.

**Критерий Романовского.** В.И. Романовский предложил использовать критерий Пирсона по-особому. Вычисляя величину  $R_\sigma = \frac{|\chi^2 - r|}{\sqrt{2r}}$ ,

где  $r$  – число степеней свободы, делаем соответствующие выводы. Там, где эта величина по абсолютному своему значению меньше 3, расхождение между эмпирическим и теоретическим распределением несущественно и принятый закон распределения отражает существенные черты опытных данных. Его можно принять в качестве модели эмпирического распределения. Если же отношение  $R$  больше 3, расхождение между распределениями существенно. Теоретическое распределение не может служить моделью взятых эмпирических данных.

Отношение Романовского основывается на том, что математическое ожидание  $\chi^2$  равно числу  $r$ , а дисперсия – удвоенному числу степеней свободы ( $2r$ ). Поэтому вероятность отклонения  $\chi^2$  – квадрат на  $3\sigma^2 = 3\sqrt{2r}$  близка к 1.

Несколько замечаний по определению числа степеней свободы  $r$ . Число степеней свободы определяется для данного ряда распределения и равно числу групп в нем минус число вычисленных статистических характеристик (средняя, дисперсия, моменты распределения и т.д.), – используемых при вычислении теоретического распределения.

Можно предложить следующий метод нахождения  $r$ :

$$r = R - z - 1,$$

где  $R$  – число разрядов.

Здесь  $R$  – число параметров выбранного закона распределения, в частности, показательный закон имеет один параметр  $\lambda$ , закон распределения Эрланга – два параметра  $\lambda$  и  $k$ .

**Критерий Ястремского** основан на том, что он использует не число степеней свободы, а число групп  $n$ - и особую величину  $\Theta$ , зависящую от числа групп.

Согласно критерию Ястремского, расхождения между эмпирическим и теоретическим распределениями могут быть случайными при условии, что

$$J = \frac{|C - n|}{\sqrt{2n + 40}} < 3 \quad \text{или} \quad J = \frac{|C - n|}{\sqrt{2n + 40}} \text{ и неслучайными, если } J > 3,$$

$$\text{где } C = \sum_{i=1}^N \frac{(m_i - NP_i)^2}{Ng_i}$$

$n$  – число групп.

При  $n < 20$ ,  $\Theta = 0,6$ ,  $g_i = 1 - P_i$ . Следовательно, в этом случае отношение Ястремского может быть выражено формулой  $\frac{|\chi^2 - n|}{\sqrt{2n + 2,4}}$ . Напомним, что  $P_i$  – вероятность того, что случайная величина примет при испытании какое-либо значение из  $i$ -го интервала.

### Пример

Рассмотрим пример «определение закона распределения интервалов прибытия поездов в парк приема станции».

Исходные данные (моменты фактического прибытия поездов в расформирование) выбираются из таблицы 2.2.

На первом этапе обработки статистических данных производится их уплотнение путем объединения в группы, в каждой из которых цифры колеблются в каких-либо заданных пределах. В задаче эти цифры образуют ряд интервалов между поступлением грузовых поездов на сортировочную станцию. Составление статистического ряда интервалов целесообразно вести с помощью таблицы, имеющей форму таблицы 2.3.

Сами интервалы определяются путем вычитания предыдущего времени из последующего.

Величину интервала группирования можно определить по формуле

$$J = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3.2 \lg n}, \quad (2.7)$$

где  $x_{\max} = 94$  мин,  $x_{\min} = 0$  – наибольшее и наименьшее значение случайной величины;

$n$  – общее число наблюдений.

Кроме того, знаменатель формулы (2.7) означает число разрядов. Поскольку исходные данные содержат по 95 наблюдений, то число разрядов можно принять равным  $R = 1 + 3.2 \lg 95 \approx 8$  разрядов.

**Наличие нулевых интервалов между прибытием грузовых поездов** позволяет преобразовать формулу (1) для условия решения задачи, т.е. после установления интервалов из их ряда выбирается больший из них и делится на восемь разрядов ( $x_{\max} = 94$  и  $x_{\min} = 0$ ).

$$J = \frac{94}{8} = 11,75 \approx 12.$$

## Исходные данные

№ п/п	Время прибытия	№ п/п	Время прибытия
1	7:40	49	23:57
2	8:53	50	0:56
3	8:55	51	0:57
4	9:00	52	1:10
5	9:17	53	1:27
6	9:38	54	1:50
7	9:47	55	2:23
8	10:10	56	2:25
9	10:43	57	2:45
10	10:48	58	3:10
11	11:20	59	3:15
12	11:40	60	3:40
13	11:50	61	4:02
14	12:03	62	4:15
15	13:37	63	5:15
16	14:00	64	5:20
17	14:05	65	5:43
18	14:05	66	6:55
19	14:25	67	7:07
20	14:30	68	7:38
21	14:42	69	7:45
22	14:45	70	7:55
23	15:42	71	8:10
24	16:15	72	9:25
25	16:17	73	9:40
26	16:35	74	9:45
27	17:25	75	9:55
28	17:35	76	9:57
29	17:40	77	10:45
30	17:46	78	11:20
31	17:53	79	11:30
32	18:32	80	11:35
33	19:15	81	11:55
34	19:30	82	12:50
35	19:40	83	13:02
36	19:55	84	13:20
37	21:13	85	13:55
38	21:18	86	14:30
39	21:30	87	14:50

40	21:40	88	15:20
41	21:57	89	15:30
42	22:50	90	15:40
43	23:07	91	15:45
44	23:15	92	15:50
45	23:20	93	15:57
46	23:22	94	16:05
47	23:40	95	17:15
48	23:50	96	17:30

Таблица 2.3

Составление статистического ряда интервалов между моментами прибытия грузовых поездов на сортировочную станцию

№ п/п	Время прибытия	Интервал	№ п/п	Время прибытия	Интервал
1	7:40		49	23:57	0:07
2	8:53	1:13	50	0:56	0:59
3	8:55	0:02	51	0:57	0:01
4	9:00	0:05	52	1:10	0:13
5	9:17	0:17	53	1:27	0:17
6	9:38	0:21	54	1:50	0:23
7	9:47	0:09	55	2:23	0:33
8	10:10	0:23	56	2:25	0:02
9	10:43	0:33	57	2:45	0:20
10	10:48	0:05	58	3:10	0:25
11	11:20	0:32	59	3:15	0:05
12	11:40	0:20	60	3:40	0:25
13	11:50	0:10	61	4:02	0:22
14	12:03	0:13	62	4:15	0:13
15	13:37	<b>1:34</b>	63	5:15	1:00
16	14:00	0:23	64	5:20	0:05
17	14:05	0:05	65	5:43	0:23
18	14:05	<b>0:00</b>	66	6:55	1:12
19	14:25	0:20	67	7:07	0:12
20	14:30	0:05	68	7:38	0:31
21	14:42	0:12	69	7:45	0:07
22	14:45	0:03	70	7:55	0:10
23	15:42	0:57	71	8:10	0:15
24	16:15	0:33	72	9:25	1:15

Окончание табл. 2.3

25	16:17	0:02	73	9:40	0:15
26	16:35	0:18	74	9:45	0:05
27	17:25	0:50	75	9:55	0:10
28	17:35	0:10	76	9:57	0:02
29	17:40	0:05	77	10:45	0:48
30	17:46	0:06	78	11:20	0:35
31	17:53	0:07	79	11:30	0:10
32	18:32	0:39	80	11:35	0:05
33	19:15	0:43	81	11:55	0:20
34	19:30	0:15	82	12:50	0:55
35	19:40	0:10	83	13:02	0:12
36	19:55	0:15	84	13:20	0:18
37	21:13	1:18	85	13:55	0:35
38	21:18	0:05	86	14:30	0:35
39	21:30	0:12	87	14:50	0:20
40	21:40	0:10	88	15:20	0:30
41	21:57	0:17	89	15:30	0:10
42	22:50	0:53	90	15:40	0:10
43	23:07	0:17	91	15:45	0:05
44	23:15	0:08	92	15:50	0:05
45	23:20	0:05	93	15:57	0:07
46	23:22	0:02	94	16:05	0:08
47	23:40	0:18	95	17:15	1:10
48	23:50	0:10	96	17:30	0:15

Далее производится группирование интервалов по разрядам. В процессе группирования устанавливается, сколько интервалов  $t$  попало в разряд  $t_i \div t_{i+1}$ . Последующие расчеты основных параметров статистического ряда целесообразно проводить в форме заполнения табл. 2.4.

В первой колонке таблицы 2.4 записываются значения интервалов в разряде, а в третьей – среднее значение интервалов в разряде. Во вторую колонку заносится число интервалов, которое попало в тот или иной разряд, и

подсчитывается их общее значение  $(\sum_{i=1}^R m_i)$ . После заполнения четвертой

колонки таблицы 3 определяется среднее значение (математическое ожидание) интервала между грузовыми поездами, поступающими в расформирование.

$$\bar{t} = M(t) = \frac{\sum_{i=1}^R m_i t_i^{cp}}{\sum_{i=1}^R m_i}. \quad (2.8)$$

Далее в графе 5 производится расчет величины  $(t_i^{cp} - \bar{t})^2 m_i$ . В графе 6 находятся частоты попадания, случайной величины в каждый разряд.

Помимо математического ожидания, к характеристикам статистического распределения относятся дисперсия, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации интервалов между моментами поступления поездов в расформирование. Дисперсия интервалов определяются по формуле.

$$D(t) = \frac{\sum_{i=1}^R (t_i^{cp} - \bar{t})^2 m_i}{\sum_{i=1}^R m_i}. \quad (2.9)$$

Среднее квадратическое отклонение

$$\partial(t) = \sqrt{D(t)}. \quad (2.10)$$

А коэффициент вариации интервалов

$$V(t) = \frac{\partial(t)}{M(t)}. \quad (2.11)$$

По данным 6 колонки таблицы 3 строится гистограмма (Рис. 2.5). По оси абсцисс откладываются разряды. На каждом из разрядов, как на основании, строится прямоугольник, площадь которого равна частоте данного разряда. Высота прямоугольника получается путем деления частоты данного разряда на его длину. Середины верхних сторон прямоугольников можно соединить плавной линией.

Группирование интервалов по разрядам

Значение интервалов в разряде	Число интервалов, $m_i$	Среднее значение интервалов в разряде, $t_i^{cp}$	$m_i t_i^{cp}$	$(t_i^{cp} - \bar{t})^2 m_i$	Частота попадания случайной величины в разряд, $P_i$
0–12	44	6	264	8404,95	0,463
13–25	29	19	551	19,55	0,305
26–38	9	32	288	1334,94	0,095
39–51	4	45	180	2535,92	0,042
52–64	5	58	290	7288,16	0,053
65–77	3	71	213	7857,85	0,032
78–90	0	84	0	0,00	0,000
91–103	1	97	97	5956,59	0,011
Сумма	95	412	1883	33397,96	1

$$\bar{t} = M(t) = \frac{1883}{95} = 19,82;$$

$$D(t) = \frac{33397,96}{95} = 351,56;$$

$$\sigma(t) = \sqrt{351,56} = 18,75;$$

$$V(t) = \frac{18,75}{19,82} = 0,95.$$



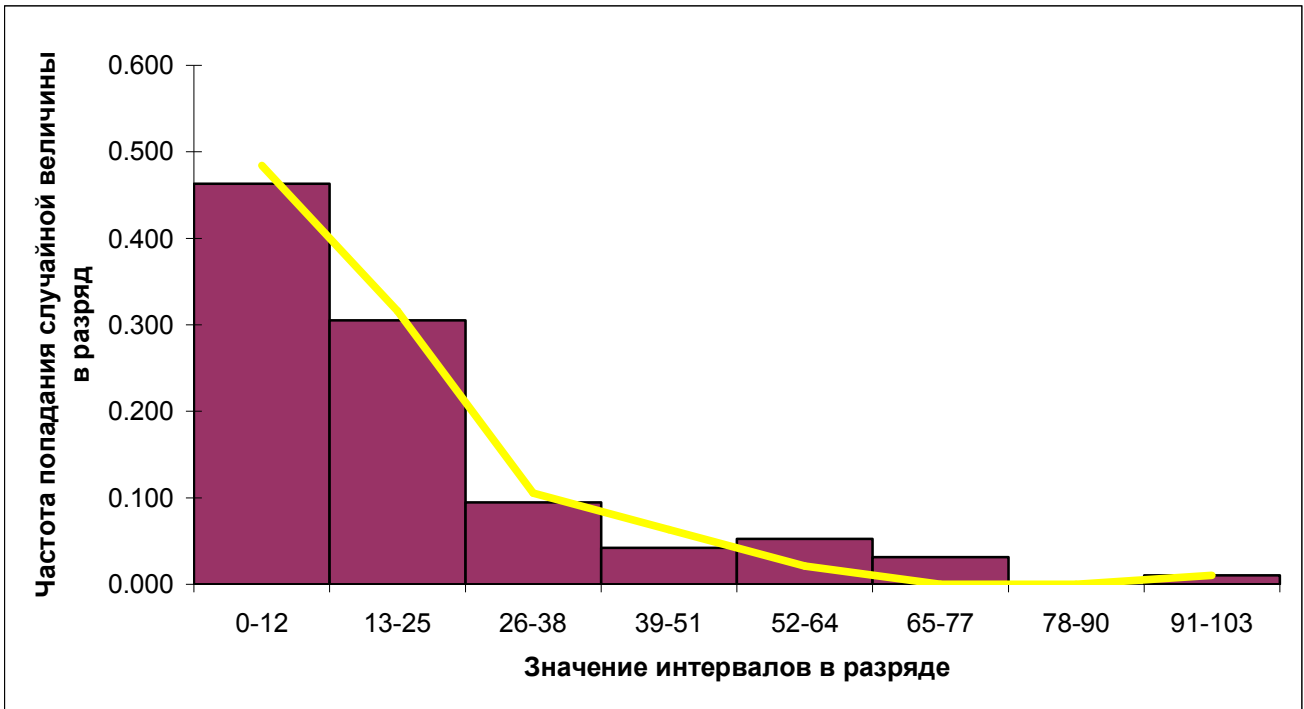


Рис. 2.5. Частота попадания случайной величины в разряд

После построения гистограммы на неё наносится сглаживающая кривая функции распределения Эрланга.

$$f(t) = \frac{(\lambda K)^k}{(K-1)!} t^{k-1} e^{-\lambda K t}, \quad (2.12)$$

где  $\lambda$  – интенсивность входящего поездопотока, равная обратной величине математического ожидания,  $K$  – параметр в распределении Эрланга.

$$\lambda = \frac{60}{M(t)}, \quad (2.13)$$

$$K = \frac{1}{[V(t)]^2} = \frac{[M(t)]^2}{D(t)}. \quad (2.14)$$

(с округлением до целого значения)

$t_i$  – текущее значение интервала.

$$\lambda = \frac{60}{19,82} = 3,03;$$

$$K = \frac{19,82^2}{351,56} = 1.117 \approx 2.$$

Расчет значений для плотности вероятности удобно свести в таблицу, составленную по форме таблицы 2.5.

## Расчет значений плотности вероятностей в распределении Эрланга

№ п/п	$\frac{t_i - t_i^{cp}}{60}$	$t_i^{k-1}$	$\lambda kt_i$	$e^{-\lambda kt_i}$	$t_i^{k-1} e^{-\lambda kt_i}$	f(t)
1	0,10	0,10	0,61	0,54585	0,05458	2,00069
2	0,32	0,32	1,92	0,14702	0,04656	1,70648
3	0,53	0,53	3,23	0,03960	0,02112	0,77414
4	0,75	0,75	4,54	0,01067	0,00800	0,29323
5	0,97	0,97	5,85	0,00287	0,00278	0,10180
6	1,18	1,18	7,16	0,00077	0,00092	0,03357
7	1,40	1,40	8,48	0,00021	0,00029	0,01070
8	1,62	1,62	9,79	0,00006	0,00009	0,00333

Для проверки правдоподобности гипотезы о том, что подобранная теоретическая кривая распределения достаточно хорошо согласовывается со статическим распределением, служат критерии согласия.

Воспользуемся одним из них – критерием согласия Пирсона  $\chi^2$ , который служит мерой расхождения мерой теоретического и статистического распределений.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^R \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (2.15)$$

где  $R$  – число разрядов в статистическом ряде ( $R=8$ );

$m_i$  – статистическое число попаданий случайной величины на данный разряд;

$p_i$  – теоретическая вероятность попадания случайной величины на данный разряд;

$n$  – общее число испытаний или наблюдений ( $n=95$ );

$np_i$  – теоретическое число попаданий случайной величины на данный разряд.

№ п/п	$t_i$ , мин	$t_i$ , ч	$k\lambda t_i$	$e^{-k\lambda t_i}$	$F(t)$	$p_i$	$np_i$	$m_i$	$\frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}$
1	12	0,200	1,116	0,32759	0,428	0,428	40,627	44	0,280
2	25	0,417	2,325	0,09778	0,687	0,260	24,667	29	0,761
3	38	0,633	3,534	0,02919	0,829	0,142	13,477	9	1,487
4	51	0,850	4,743	0,00871	0,907	0,078	7,363	4	1,536
5	64	1,067	5,952	0,00260	0,949	0,042	4,023	5	0,237
6	77	1,283	7,161	0,00078	0,972	0,023	2,198	3	0,293
7	90	1,500	8,37	0,00023	0,985	0,013	1,201	0	1,201
8	103	1,717	9,579	0,00007	0,992	0,007	0,656	1	0,180
									=5,976

Для определения мер расхождения  $\chi^2$  необходимо знать вероятности  $p_i$  попадания случайной величины (в нашем случае – интервала прибытия поездов) на данный разряд при принятом гипотетическом законе распределения. Эта вероятность равна разности значений интегральной функции распределения на границах разряда (7 столбец):

$$p_i = F(t_{i+1}) - F(t_i).$$

Значения интегральной функции распределения Эрланга для значений

$K = 1, 2, 3, 4$  имеют вид:

$$K=1; \quad F(t) = 1 - e^{-\lambda t};$$

$$K=2; \quad F(t) = 1 - (1 + 2\lambda t) e^{-2\lambda t};$$

$$K=3; \quad F(t) = 1 - 0,5 (9\lambda^2 t^2 + 6\lambda t + 2) e^{-3\lambda t};$$

$$K=4; \quad F(t) = 1 - ((32\lambda^3 t^3 + 24\lambda^2 t^2 + 12\lambda t + 3) e^{-4\lambda t}) / 3.$$

В нашем задании:

$$K = 2; F(t) = 1 - (1 + 2\lambda t) e^{-2\lambda t}.$$

По критерию Романовского, гипотеза о принятом теоретическом распределении считается правдоподобной, если соблюдается неравенство:

$$R_0 = \frac{\chi^2 - r}{\sqrt{2r}} < 3 ,$$

где  $r$  – число «степеней свободы».

$$r = R - z - 1$$

здесь  $z$  число параметров выбранного закона распределения.

В частности, закон Эрланга имеет два параметра –  $\lambda$  и  $k$ .

В нашем примере  $R = 8$ ,  $r = 8 - 2 - 1 = 5$

$$R_0 = \frac{5,976 - 5}{\sqrt{2 \cdot 5}} = 0,308 < 3$$

### **Выводы**

В нашем случае неравенство выполняется. Следовательно, принятая гипотеза правдоподобна и в дальнейших расчетах можно использовать эрланговский закон второго рода распределения интервалов прибытия поездов в парк приема станции.

### Задания на работу № 3

#### «Расчет характеристик информационных потоков и необходимого количества устройств для приема и передачи информации»

**Цель работы:** исходя из объема работы сортировочной станции выполнить расчёт характеристик информационных потоков и рассчитать необходимое количество устройств сбора и передачи информации, для чего:

- построить ступенчатые диаграммы (гистограммы) зависимости интенсивности потока сообщений каждого типа от часа суток;
- определить час наибольшей нагрузки (ЧНН);
- считая, что информация должна оперативно передаваться по каналам связи в ЭВМ, определить необходимое число устройств сбора и передачи информации.

Обозначим сообщения разных типов (телеграмма – натуральный лист, сообщения о примере, отправлении поездов и др.) следующим образом:  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  и т.д. По количеству сообщений, подготавливаемых абонентским пунктом, определены средние значения числа сообщений типа  $C_{1j}$ ,  $C_{2j}$ ,  $C_{3j}$ , передаваемые в течение  $j$ -го часа ( $j_m=1, \dots, 24$ ), которые приведены в табл. 3.3 задания. Вариант исходных данных выбирается из табл. 3.1 и 3.2.

Например, начальной букве фамилии студента «М» и шифру «000105» из табл. 3.2 соответствуют порядковые номера сообщений  $C_1=2$ ,  $C_2=3$ ,  $C_3=8$  из табл. 3.3 в соответствии с этими номерами выбираются средние значения числа сообщений каждого типа, передаваемые абонентским пунктом в течение  $j$ -го часа ( $j = 1, 24$ ). Из табл. 3.3 по начальной букве фамилии и предпоследней цифре учебного шифра студента получим номер варианта 18, а из табл. 3.4 для этого варианта выбираем данные о среднем числе знаков в сообщениях каждого типа  $C_1=250$ ,  $C_2=100$ ,  $C_3=50$ .

**Таблица 3.3**

Варианты исходных данных о количестве символов в сообщениях, поступающих на абонентский пункт

Начальная буква фамилии студента	Предпоследняя цифра учебного шифра студента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А, Б	4	20	6	3	4	8	15	17	5	1
В–Д	3	17	5	4	18	12	15	2	1	11
Е–З	10	5	11	5	15	13	14	2	4	6
И, К	20	13	8	17	19	6	4	20	13	14
Л–Н	18	9	3	8	7	2	1	10	11	9
О, П	13	20	11	1	10	15	16	8	16	6
Р–У	7	10	12	3	19	16	14	12	18	7
Ф–Ш	8	1	17	7	10	19	7	9	13	20
Ш–Э	17	12	14	18	15	2	11	16	4	6
Ю, Я	12	2	19	5	19	9	9	18	16	3

Порядковые номера сообщений каждого типа  
( $C_1, C_2, C_3$ ), поступающих на абонентский пункт

Начальная буква фамилии студента	Последняя цифра учебного шифра студента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>А, Б</i>	1, 2, 3	2, 3, 4	3, 4, 5	4, 5, 6	5, 6, 7	6, 7, 8	7, 8, 9	8, 9, 10	9, 10, 1	10, 1, 2
<i>В–Д</i>	10, 4, 2	1, 5, 3	2, 6, 4	3, 7, 5	4, 8, 6	5, 9, 7	6, 10, 8	7, 1, 9	8, 2, 10	9, 3, 1
<i>Е–З</i>	9, 2, 8	10, 3, 9	1, 4, 10	2, 5, 1	3, 6, 2	4, 7, 3	5, 8, 4	6, 9, 5	7, 10, 6	8, 1, 7
<i>И, К</i>	8 10, 6	9 1, 7	10 2, 8	1 3, 9	2 4, 10	3 5, 1	4 6, 2	5 7, 3	6 8, 4	7 9, 5
<i>Л–Н</i>	7, 8, 3	8, 9, 4	9, 10, 5	10, 1, 6	1, 2, 7	2, 3, 8	3, 4, 9	4, 5, 10	5, 6, 1	6, 7, 2
<i>О, П</i>	6, 5, 9	7, 6, 10	8, 7, 1	9, 8, 2	10, 9, 3	1, 10, 4	2, 1, 5	3, 2, 6	4, 3, 7	5, 4, 8
<i>Р–У</i>	5, 3, 6	6, 4, 7	7, 5, 8	8, 6, 9	9, 7, 10	10, 8, 1	1, 9, 2	2, 10, 3	3, 1, 4	4, 2, 5
<i>Ф–Ш</i>	4, 1, 3	5, 2, 4	6, 3, 5	7, 4, 6	8, 5, 7	9, 6, 8	10, 7, 9	1, 8, 10	2, 9, 1	3, 10, 2
<i>Щ–Э</i>	3, 9, 10	4, 10, 1	5, 1, 2	6, 2, 3	7, 3, 4	8, 4, 5	9, 5, 6	10, 6, 7	1, 7, 8	2, 8, 9
<i>Ю, Я</i>	2, 7, 1	3, 8, 2	4, 9, 3	5, 10, 4	6, 1, 5	7, 2, 6	8, 3, 7	9, 4, 8	10, 5, 9	1, 6, 10

Таблица 3.5

Средние значения числа сообщений каждого типа ( $C_1, C_2, C_3$ ), поступающих на абонентский пункт в течение часа  $j$ , ( $j=1,24$ )

Час суток $j$	Порядковый номер сообщения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	2	1	1	0	2	0	2	1
2	2	1	3	0	2	1	1	1	1	0
3	2	4	2	1	1	4	2	0	2	2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	1	3	4	1	2	2	3	1	3	1
5	2	2	3	2	1	3	2	2	2	3
6	1	5	2	1	3	2	4	1	4	2
7	3	4	4	3	2	5	2	3	5	1
8	2	6	5	2	4	6	3	2	6	4
9	1	3	4	3	3	12	3	4	8	5
10	4	4	6	4	5	10	2	2	9	4
11	2	3	7	3	4	14	1	5	8	6
12	3	2	8	2	7	12	3	4	10	5
13	1	3	6	4	8	13	3	3	12	4
14	2	4	5	5	7	12	4	5	14	9
15	3	5	10	4	9	10	3	6	16	10
16	4	7	9	6	8	13	4	6	15	12
17	6	10	12	8	10	16	7	8	15	14
18	7	12	14	10	11	7	6		10	12
19	4	9	8	7	9	5	3	3	9	10
20	2	8	7	6	6	3	2	4	5	7
21	1	6	8	7	3	4	3	2	3	5
22	2	3	6	4	1	2	1	1	1	6
23	1	1	5	2	1	1	1	2	2	2
24	1	2	3	1	1	1	2	1	2	1



**Таблица 3.6**Средняя длина сообщений каждого типа ( $C_1, C_2, C_3$ ) в символах

№ варианта	$C_1$	$C_2$	$C_3$	№ варианта	$C_1$	$C_2$	$C_3$
1	100	70	50	11	180	100	50
2	200	30	50	12	200	120	140
3	250	50	100	13	300	200	150
4	240	80	70	14	200	180	140
5	260	100	90	15	200	250	80
6	250	80	80	16	250	360	100
7	140	80	80	17	200	120	100
8	200	100	60	18	250	100	50
9	160	150	100	19	200	150	50
10	180	70	80	20	220	120	80

При оформлении задачи студент обязан представить в записке:

- принятые по своему варианту исходные данные в виде таблиц (см. пример);
- расчёты по определению объемов информации, передаваемые в течение каждого часа;
- построить ступенчатые диаграммы (гистограммы) зависимости интенсивности потока сообщений каждого типа от часа суток;
- определить час наибольшей нагрузки (ЧНН);
- считая, что информация должна оперативно передаваться по каналам связи в ЭВМ, определить необходимое число устройств сбора и передачи информации;
- проанализировать выполнение работы и сделать выводы.

### Методические указания к работе № 3

#### Расчет информационных потоков на станции

Объёмы информации являются исходными данными для расчёта комплекса технических средств, а также необходимого числа работников, участвующих в сборе, подготовке и передаче информации.

Информационные потоки существуют параллельно материальным потокам, а следовательно, и параметры их определяются объёмами и динамикой эксплуатационных процессов и присущей ей зонной, суточной и внутрисуточной неравномерностью. Для определения внутрисуточной неравномерности информационного потока фиксируется число документов (сообщений) каждого типа, подготавливаемых и передаваемых на абонентский пункт за определённый интервал времени (обычно – один час) в любой день наблюдения.

Обозначим это число документов (сообщений) через  $m_{jk}^i$  (см. табл. 3.1), где  $i = \overline{1, n}$  – тип документа,  $n$  – общее число документов (сообщений);  $j = \overline{1, 24}$  – номер часа в течение для наблюдения;  $k = \overline{1, N}$  – номер для наблюдения,  $N$  – общее число дней наблюдения (в задаче принимаем  $N=1$ ).

Составив таблицу 3.1, определим:

$\alpha_k^i$  – общее число сообщений  $i$ -го типа, поступивших в течение  $k$ -го дня наблюдения;

$$\alpha_k^i = \sum_{j=1}^{24} m_{jk}^i, \quad (k = \overline{1, n}); \quad (3.1)$$

$\beta_j^i$  – среднее число сообщений  $i$ -го типа, поступающих в течении  $j$ -го часа суток (интенсивность потока сообщений  $i$ -го типа),

$$\beta_j^i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N m_{jk}^i, \quad j = \overline{1, 24}. \quad (3.2)$$

Вычисленные значения  $\beta_j^i$  позволяют построить ступенчатую функцию зависимости интенсивности потока сообщений  $i$ -го типа от часа суток и найти интервал, на котором интенсивность информационного потока имеет максимальное значение.

Если обозначить среднее число символов, входящих в сообщение  $V_i$ , то средний объем  $V_j$  информации в символах, содержащихся во всех сообщениях, поступающих в течение  $j$ -го часа суток,

$$V_j = \sum_{i=1}^n \beta_j^i V_i, \quad j = \overline{1, 24}. \quad (3.3)$$

Таблица 3.1

Определение внутрисуточной неравномерности потока информации

Дни наблюдений	Число сообщений по часам наблюдений						Общее число сообщений за день
	1	2	...	$j$	...	24	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$m_{1,1}^i$	$m_{2,1}^i$	...	$m_{j,1}^i$	...	$m_{24,1}^i$	$\alpha_1^i$
2	$m_{1,2}^i$	$m_{2,N}^i$	...	$m_{j,2}^i$	...	$m_{24,2}^i$	$\alpha_2^i$
.	.		.		.		.
.	.		.		.		.
.	.		.		.		.
$N$							
Среднее число сообщений за $j$ -й час дня	$\beta_1^i$	$\beta_2^i$	...	$\beta_j^i$	...	$\beta_{24}^i$	$\bar{\alpha}^i = \frac{\sum_{k=1}^N \alpha_k^i}{N}$

Для оценки внутрисуточной неравномерности информационного потока неравномерности информационного потока вводят коэффициент концентрации  $S_k$ , показывающий отношение объема информации  $V_{max}$ , поступающий в «час наибольшей нагрузки» (ЧНН), к общему суточному объему информации  $V$ , т.е.

$$S_k = (V_{max}' / V) \cdot 100 \%, \quad (3.4)$$

где 
$$V'_{\max} = \max \{V_1, V_2, \dots, V_{24}\}, \quad (3.5)$$

$$V = \sum_{j=1}^{24} V_j. \quad (3.6)$$

В большинстве АСУ коэффициент равен в среднем 10–15 %.

Расчёт необходимого числа устройств подготовки информации на данном абонентском пункте выполняется для часа наибольшей нагрузки. При этом, учитывая перерывы в работе и выполнение оператором вспомогательных функций по контролю информации, необходимое число устройств сбора информации, необходимое число устройств сбора информации определится из формулы:

$$C \geq (V \cdot S_k) / (60 \cdot S_n \cdot S_B \cdot B), \quad (3.7)$$

где  $S_n$  – коэффициент перерыва в работе оператора, учитывающий выполнение технологических процессов обслуживания устройств (включение, проверка, заправка носителя информации и т.п.), равен доле времени, непосредственно используемой для полезной (основной) работы (принимается  $S_n=0,75$ );

$S_e$  – коэффициент, учитывающий затраты времени оператора на выполнение функций контроля и исправления передаваемой информации. Так как при передаче передаваемой информации исправление ошибок происходит в режиме реального времени, будем считать  $S_B=0,4$ ;

$B$  – скорость работы оператора на клавиатуре устройства (символ/мин).

Скорость работы оператора зависит от типа клавиатуры (цифровая или алфавитно-цифровая), квалификации оператора и ряда других факторов. При проведении расчетов можно считать, что в среднем  $B = 100$  символов/мин.

### Пример расчета

Средние значения числа сообщений каждого типа ( $C_1, C_2, C_3$ ), поступающих на абонентный путь в течение часа ( $j=\overline{1,24}$ ) указаны в таблице:

Таблица 1.2

№	Час суток $j$											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$C_1$	1	2	2	1	2	1	3	2	1	4	2	3
$C_2$	0	1	4	3	2	5	4	6	3	4	3	2
$C_3$	2	1	2	3	2	4	2	3	3	2	1	3
№	Час суток $j$											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$C_1$	1	2	3	4	6	7	4	2	1	2	1	1
$C_2$	3	4	5	7	10	12	9	8	6	3	1	2
$C_3$	3	4	3	4	7	6	3	2	3	1	1	2

Длина сообщений:  $C_1=160, C_2=150, C_3=100$ .

По произведению количества информации типов  $C_1, C_2, C_3$ , передаваемых абонентским пунктом станции в течение каждого часа суток, на среднюю длину сообщений каждого типа определён поток информации  $V_j^1, V_j^2, V_j^3$ . (см. рис. 5.1, 5.2, 5.3 соответственно).

Средний объём информации, знаков/ч, передаваемых в течение каждого  $j$ -го часа определяем по формуле:

$$V_j = V_j^1 + V_j^2 + V_j^3, \quad j = \overline{1,24}.$$

Из рис. 4 видно, что ЧНН 17–18 часов, при этом  $V_{max} = 3490$ .

Для оценки внутрисуточной неравномерности информационного потока ввели коэффициент  $S_k$ , показывающий отношение объёма информации  $V_{max}$ , поступающей в «час наибольшей нагрузки» (ЧНН), к общему суточному объёму информации  $V$ , т.е.

$$S_k = \frac{V_{\max}}{V} \cdot 100\%; \quad V = \sum_{j=1}^{24} V_j.$$

Расчёт необходимого числа устройств подготовки информации на данном абонентском пункте выполняется для часа наибольшей нагрузки. При этом, учитывая перерывы в работе и выполнение оператором вспомогательных функций по контролю информации, необходимое число устройств сбора информации определяется по формуле:

$$C \geq \frac{V \cdot S_k}{60 \cdot S_n \cdot S_e \cdot B},$$

где  $S_n$  – коэффициент перерывов в работе оператора, учитывающий выполнение технологических процессов обслуживания устройств, равен доле времени, непосредственно используемой для полезной работы (принимается  $S_n = 0,75$ ).

$S_e$  – коэффициент, учитывающий затраты времени оператора на выполнение функций контроля и исправления передаваемой информации. Так как при передаче оперативной информации исправление ошибок происходит в реальном времени, считаем  $S_e = 0,4$ .

$B$  – скорость работы оператора на клавиатуре устройства (символов/мин). Скорость работы оператора зависит от типа клавиатуры, квалификации оператора и ряда других факторов. Для проведения расчёта берём  $B = 100$ .

Проводим вычисления:

$$V = 31870, \quad S_k = \frac{3490}{31870} 100\% = 10,95\%$$

$$C = \frac{31870 \cdot 0,1095}{60 \cdot 0,75 \cdot 0,4 \cdot 100} = 1,93 \approx 2 \text{ устройства.}$$

### Выводы

1 ЧНН находится между 17–18 часов.  $V_{\max}$  при этом составляет 3490 единиц информации.

2 Расчетное число устройств передачи информации  $C = 2$ .

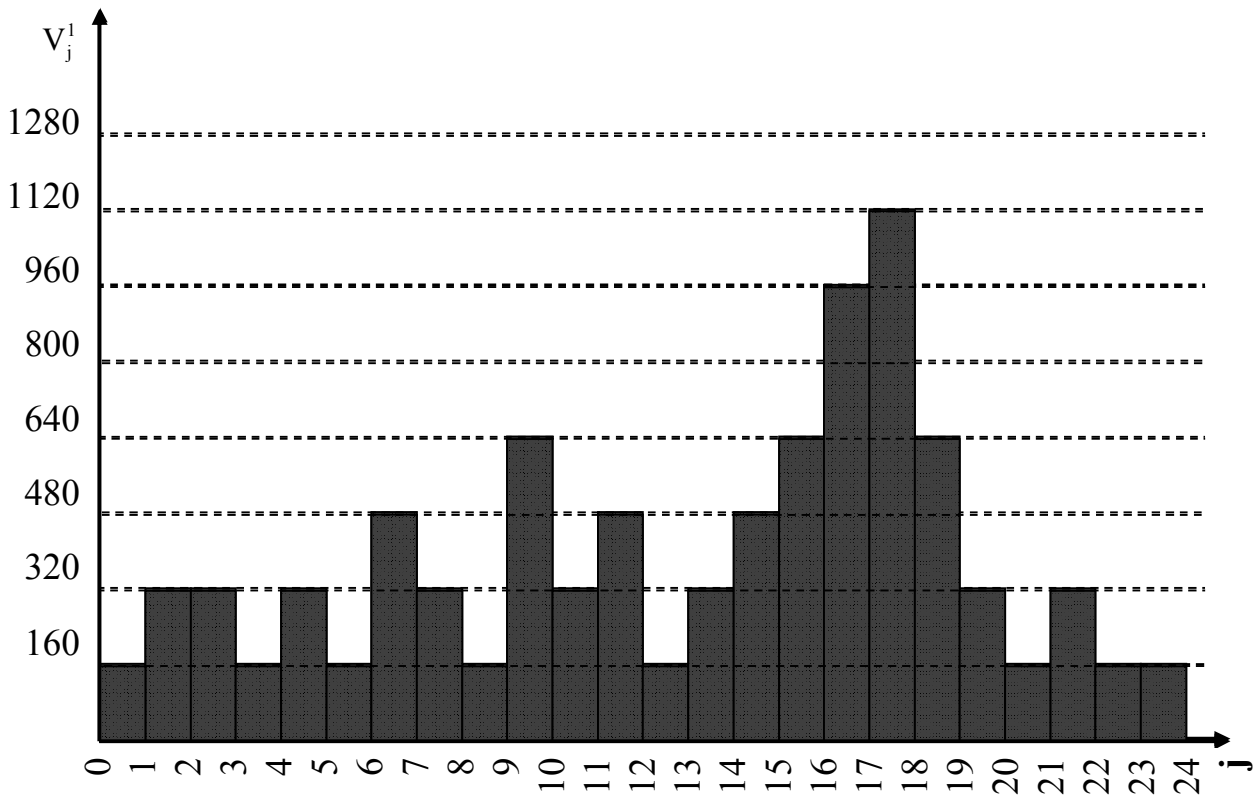


Рис. 3.1. Гистограмма интенсивности потока сообщений типа  $C_1$

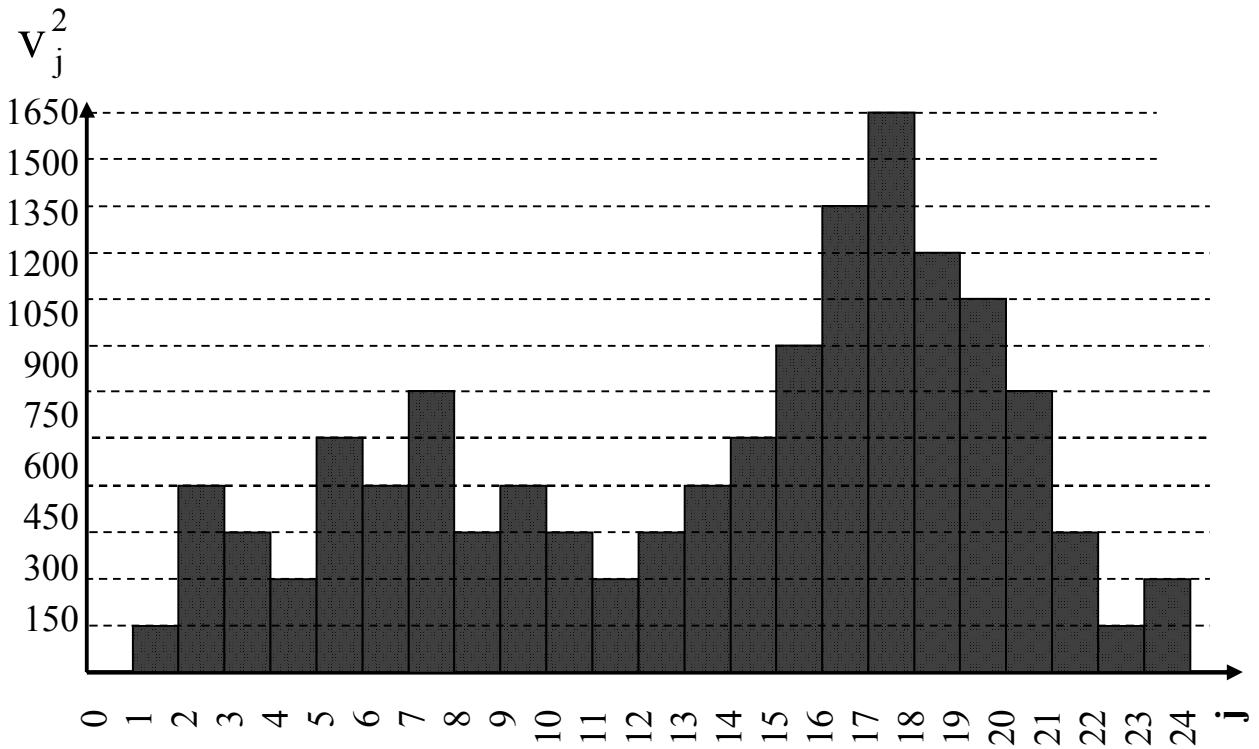


Рис. 3.2. Гистограмма интенсивности потока сообщений типа  $C_1$

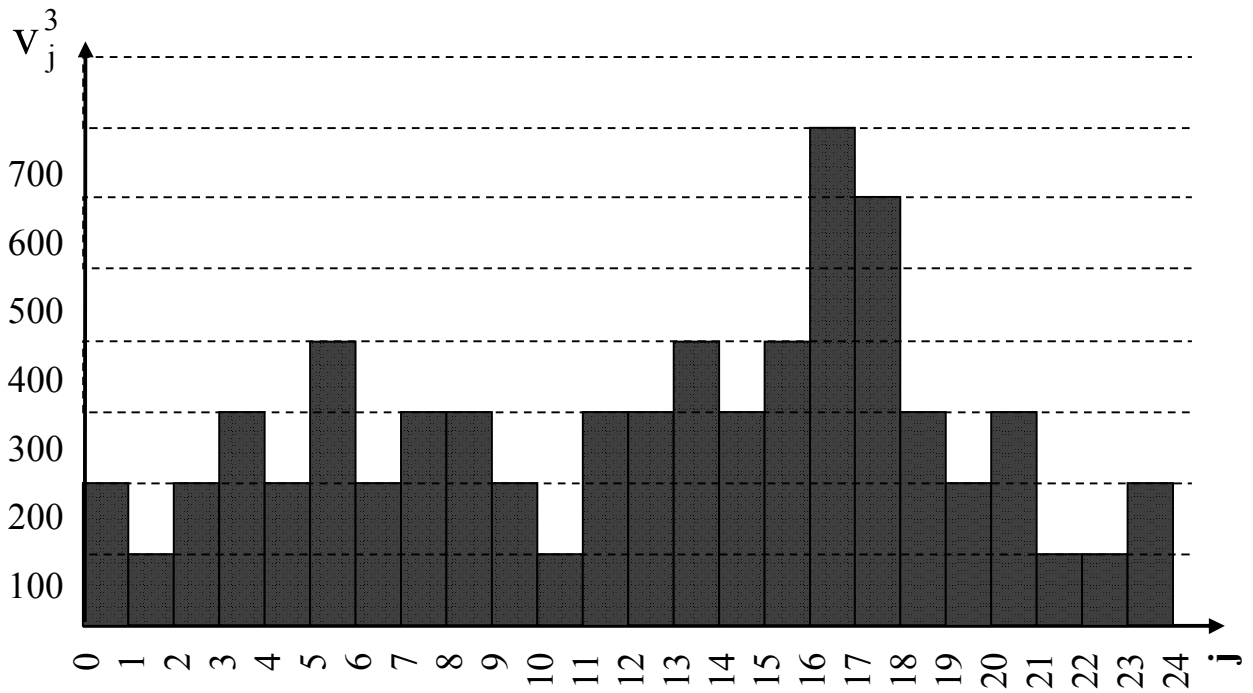


Рис. 3.3. Гистограмма интенсивности потока сообщений типа  $C_3$

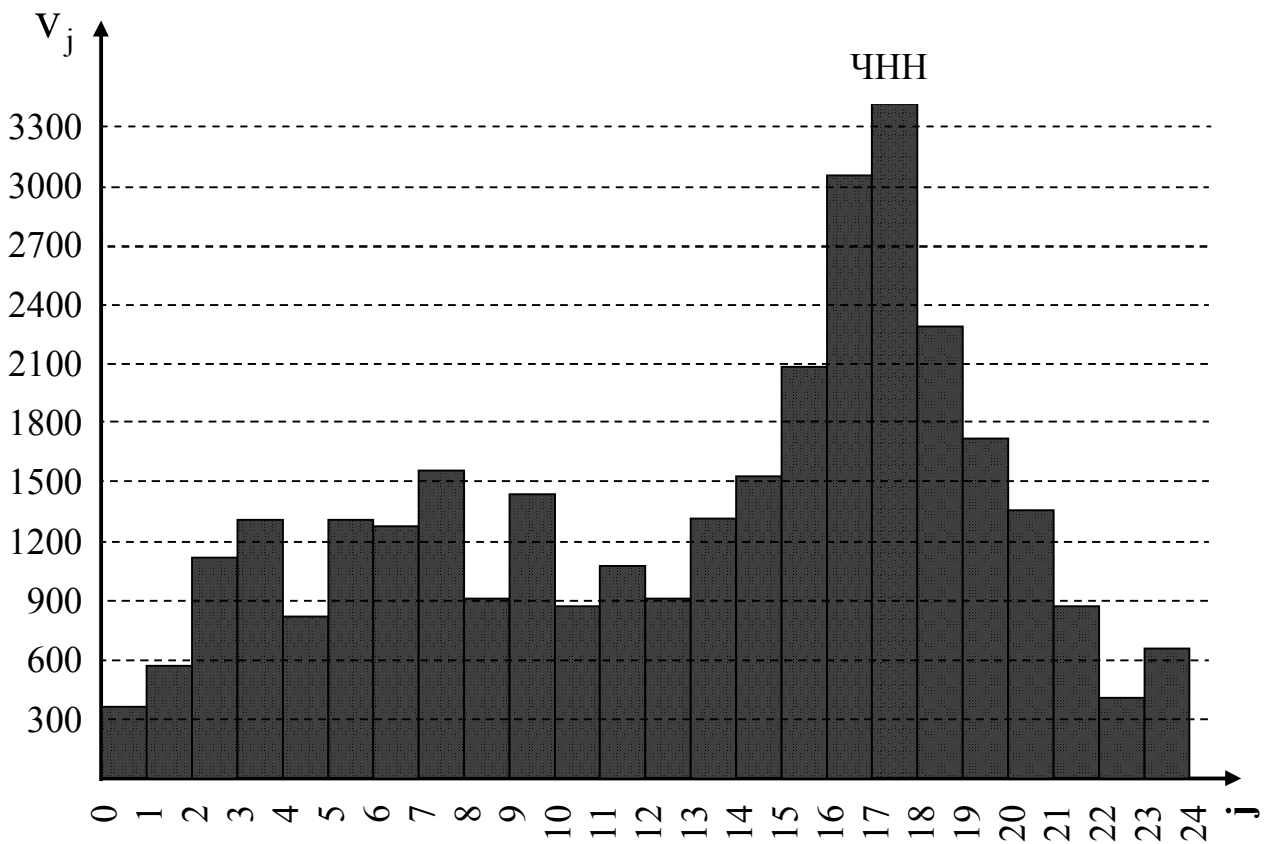


Рис. 3.4. Гистограмма интенсивности общего потока сообщений



## Задания на работу № 4 «Транспортная задача»

**Цель работы:** составить оптимальный план перевозок грузов между станциями отправления и назначения, т.е. следует найти такую совокупность перевозок, которая полностью обеспечивает потребности пунктов назначения при вывозе всего продукта из пунктов отправления при минимальных транспортных расходах.

Для определения исходных данных следует заполнить специальную матрицу, представленную на рис. 4.1. Обозначение  $a_i$  соответствует запасам продукта в  $i$ -м пункте отправления, а обозначение  $b_j$  – потребности в продукте на  $j$ -м пункте получения.

Перенумерованными клетками матрицы моделируются пути между пунктами отправления и пунктами получения.

Например, *клетка с номером 43 соответствует пути между пунктом отправления 4 и пунктом получения 3.*

По шифру студента с помощью табл. 4.1. определяется номер варианта запаса и потребности в продукте.

Например, *по шифру 043 выбирается номер 8, стоящий на пересечении строки 4 и столбца 3.*

Аналогично по начальной букве фамилии студента и последней цифре шифра из табл. 4.2 находится номер варианта матрицы стоимостей.

	Наличие груза	Пункты назначения							
		B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>
		Потребности в грузе							
		b <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>6</sub>	b <sub>7</sub>	b <sub>8</sub>
A <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	11	12	13	14	15	16	17	18
A <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	21	22	23	24	25	26	27	28
A <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	31	32	33	34	35	36	37	38
A <sub>4</sub>	a <sub>4</sub>	41	42	43	44	45	46	47	48
A <sub>5</sub>	a <sub>5</sub>	51	52	53	54	55	56	57	58
A <sub>6</sub>	a <sub>6</sub>	61	62	63	64	65	66	67	68
A <sub>7</sub>	a <sub>7</sub>	71	72	73	74	75	76	77	78
A <sub>8</sub>	a <sub>8</sub>	81	82	83	84	85	86	87	88

Рис. 4.2. Матрица с исходными данными для транспортной задачи

Данные по запасам и потребностям груза представлены в табл. 4.3. Их следует выбирать по номеру варианта.

Так, например, для шифра 043 (вариант № 8) имеем следующие значения  $a_i$ ,  $b_j$ :

$$a_1 = 40, a_2 = 160, a_3 = 350, a_4 = 100, a_5 = 270;$$

$$b_1 = 185, b_2 = 170, b_3 = 200, b_4 = 410, b_5 = 180, b_6 = 100.$$

Исходная матрица для данного примера будет состоять из 5-ти строк и 6-ти столбцов. После получения числа пунктов отправления и назначения, запасов и потребностей в продукте в каждом пункте следует найти соответствующую матрицу стоимости. Матрицы стоимости даны в табл. 4.4–4.23 и тоже определяются по номеру варианта ( табл. 4.2 ).

В последней строке матрицы стоимости приведены значения ущерба (штрафа), приходящегося на единицу не поставленного в пункт  $B_j$  груза:

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

Эти значения записываются вместо стоимостей в строку фиктивного пункта  $B_{n+1}$ .

Таблица 4.1

## Варианты запасов и потребностей в продукте

Средняя цифра шифра студента	Последняя цифра шифра студента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10	2	15	14	8	9	4	9	12	16
1	13	16	18	2	10	14	8	13	7	4
2	14	18	5	9	7	1	16	15	5	18
3	19	10	1	15	18	6	11	4	12	6
4	4	13	20	8	7	3	15	3	2	12
5	10	8	1	12	13	11	19	3	20	4
6	15	20	17	1	7	6	8	7	16	11
7	2	11	14	12	6	13	9	5	17	3
8	14	17	16	17	1	6	17	5	8	5
9	20	19	10	20	19	3	2	11	19	9

Таблица 4.2

## Варианты матрицы стоимостей

Начальная буква фамилии студента	Последняя цифра шифра студента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А, Б	7	19	1	19	11	8	5	4	15	15
В–Д	17	18	10	9	16	18	6	18	19	6
Е–З	12	10	4	7	4	8	12	10	9	18
И, К	7	9	3	5	3	8	20	16	12	5
Л–Н	2	17	1	11	20	19	15	8	15	19
О, П	15	13	6	14	2	8	20	1	11	14
Р–У	1	6	1	13	20	13	2	17	6	16
Ф–Ш	12	5	10	14	18	11	3	13	12	3
Щ–Э	16	9	7	16	15	9	17	4	11	4
Ю, Я	10	2	3	5	2	17	13	7	14	5

## Определение запасов и потребностей в грузе по номеру варианта

Номер вариан- та	Значение запасов и потребностей							
	$\frac{a_1}{b_1}$	$\frac{a_2}{b_2}$	$\frac{a_3}{b_3}$	$\frac{a_4}{b_4}$	$\frac{a_5}{b_5}$	$\frac{a_6}{b_6}$	$\frac{a_7}{b_7}$	$\frac{a_8}{b_8}$
—	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$\frac{200}{140}$	$\frac{156}{60}$	$\frac{112}{100}$	$\frac{152}{100}$	$\frac{—}{70}$	$\frac{—}{50}$	$\frac{—}{70}$	$\frac{—}{50}$
2	$\frac{120}{400}$	$\frac{185}{160}$	$\frac{245}{270}$	$\frac{170}{50}$	$\frac{160}{40}$	$\frac{120}{—}$		
3	$\frac{145}{200}$	$\frac{560}{250}$	$\frac{610}{295}$	$\frac{—}{180}$	$\frac{—}{170}$	$\frac{—}{100}$	$\frac{—}{210}$	$\frac{—}{70}$
4	$\frac{75}{290}$	$\frac{90}{120}$	$\frac{345}{80}$	$\frac{60}{70}$	$\frac{190}{50}$	$\frac{—}{80}$		
5	$\frac{130}{85}$	$\frac{50}{100}$	$\frac{180}{150}$	$\frac{240}{200}$	$\frac{420}{250}$	$\frac{—}{380}$		
6	$\frac{70}{130}$	$\frac{60}{100}$	$\frac{90}{156}$	$\frac{140}{204}$	$\frac{60}{—}$	$\frac{100}{—}$	$\frac{20}{—}$	$\frac{50}{—}$
7	$\frac{90}{80}$	$\frac{100}{120}$	$\frac{90}{70}$	$\frac{120}{40}$	$\frac{80}{70}$	$\frac{—}{20}$	$\frac{—}{80}$	
8	$\frac{40}{185}$	$\frac{160}{170}$	$\frac{350}{200}$	$\frac{100}{410}$	$\frac{270}{180}$	$\frac{—}{100}$		
9	$\frac{280}{350}$	$\frac{35}{400}$	$\frac{41}{300}$	$\frac{300}{—}$	$\frac{220}{—}$	$\frac{35}{—}$	$\frac{200}{—}$	139 —
10	$\frac{400}{300}$	$\frac{450}{600}$	$\frac{550}{450}$	$\frac{350}{650}$	$\frac{300}{250}$	$\frac{350}{150}$		
11	$\frac{215}{250}$	$\frac{150}{180}$	$\frac{290}{295}$	$\frac{160}{100}$	$\frac{120}{200}$	$\frac{—}{170}$		
12	$\frac{263}{120}$	$\frac{300}{200}$	$\frac{332}{180}$	$\frac{155}{350}$	$\frac{190}{140}$	$\frac{—}{150}$		
13	$\frac{280}{156}$	$\frac{300}{190}$	$\frac{35}{202}$	$\frac{176}{137}$	$\frac{310}{155}$	$\frac{39}{300}$		
14	$\frac{100}{370}$	$\frac{240}{400}$	$\frac{160}{330}$	$\frac{198}{—}$	$\frac{190}{—}$	$\frac{158}{—}$	$\frac{104}{—}$	110 —
15	$\frac{190}{120}$	$\frac{120}{98}$	$\frac{160}{142}$	$\frac{190}{160}$	$\frac{150}{100}$	$\frac{—}{180}$	$\frac{—}{200}$	
16	$\frac{210}{165}$	$\frac{275}{60}$	$\frac{180}{126}$	$\frac{90}{255}$	$\frac{120}{96}$	$\frac{—}{75}$	$\frac{—}{93}$	
17	$\frac{105}{30}$	$\frac{175}{25}$	$\frac{100}{95}$	$\frac{65}{114}$	$\frac{125}{100}$	$\frac{—}{146}$	$\frac{—}{80}$	

Окончание табл. 4.3

1	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>
18	$\frac{145}{80}$	$\frac{210}{50}$	$\frac{170}{71}$	$\frac{—}{60}$	$\frac{—}{100}$	$\frac{—}{49}$	$\frac{—}{90}$	
19	$\frac{160}{210}$	$\frac{142}{100}$	$\frac{180}{190}$	$\frac{200}{150}$	$\frac{100}{160}$	$\frac{120}{—}$	$\frac{98}{—}$	
20	$\frac{420}{300}$	$\frac{325}{35}$	$\frac{175}{41}$	$\frac{540}{140}$	$\frac{—}{220}$	$\frac{—}{200}$	$\frac{—}{35}$	$\frac{—}{139}$

Выбор матрицы стоимостей по номеру варианта

Таблица 4.4

Вариант 1

12	7	18	5	6	17	10	13
5	14	3	1	13	14	8	15
18	6	3	10	16	15	2	17
20	17	19	14	14	7	16	17
9	10	17	11	8	16	11	19
9	4	15	12	11	7	15	9
2	8	1	10	18	8	4	7
13	20	13	18	5	11	20	14

Таблица 4.5

Вариант 2

15	16	18	14	12	15	19	16
11	9	15	14	10	9	14	13
12	17	9	19	9	11	13	12
10	7	19	13	17	14	11	18
10	14	13	15	19	10	8	8
11	12	18	16	12	8	18	16
11	17	8	15	14	11	19	13
12	8	9	16	11	17	9	13

Таблица 4.6

## Вариант 3

13	12	7	18	5	6	17	10
15	5	14	3	1	13	14	8
17	18	6	3	10	16	15	2
17	20	17	19	14	14	7	16
19	9	10	17	11	8	16	11
9	9	4	15	12	11	7	15
7	2	8	1	10	18	8	4
14	13	20	13	18	5	11	20

Таблица 4.7

## Вариант 4

2	14	2	11	3	1	17	17
7	20	17	15	15	12	12	10
8	13	2	14	7	10	3	3
3	12	19	9	12	7	8	18
16	18	14	14	17	20	6	19
17	18	9	8	4	19	12	6
20	5	15	10	9	13	14	7
8	16	19	11	19	6	16	20

Таблица 4.8

## Вариант 5

17	17	13	7	17	19	6	14
15	5	6	6	12	9	13	7
10	14	14	4	10	15	12	17
19	19	15	8	16	9	6	7
8	15	12	4	11	16	5	13
3	14	2	6	13	2	16	5
15	18	18	8	2	10	11	17
3	18	20	5	2	14	11	6

Таблица 4.9

## Вариант 6

3	18	17	8	2	10	14	17
9	15	8	10	10	3	7	15
16	1	12	16	11	13	17	9
5	3	14	20	4	11	6	7
15	4	20	15	12	14	18	6
20	20	19	2	19	7	10	11
10	4	5	2	6	12	11	16
19	5	7	8	19	16	12	2

Таблица 4.10

## Вариант 7

7	16	5	2	1	10	19	11
8	5	8	14	13	16	18	8
16	10	3	10	5	17	9	7
7	13	20	19	19	18	17	2
15	3	10	14	20	20	18	19
3	1	13	18	17	15	8	12
18	2	11	16	5	6	4	6
17	15	14	15	10	12	2	15

Таблица 4.11

## Вариант 8

4	15	12	9	1	3	4	13
8	19	9	17	14	12	4	4
16	11	9	11	16	5	17	4
13	9	4	11	10	20	3	6
19	13	20	19	2	1	15	8
1	14	18	8	18	16	10	15
9	11	14	17	12	8	4	11
19	14	5	7	2	17	19	13

Таблица 4.12

## Вариант 9

14	9	19	8	6	5	20	5
14	5	12	6	13	3	10	10
3	8	2	16	1	7	15	13
12	18	15	16	12	15	6	4
11	12	18	2	18	7	16	1
2	9	3	7	1	10	20	6
10	1	9	8	10	6	4	5
20	11	10	18	15	4	12	6

Таблица 4.13

## Вариант 10

8	18	19	5	19	11	8	12
17	4	11	7	10	19	12	20
16	11	10	8	18	10	17	11
18	16	15	14	13	6	19	9
10	13	7	7	5	4	6	17
17	12	12	16	5	7	9	14
16	9	12	8	20	15	14	15
9	15	20	5	7	14	14	14

Таблица 4.14

## Вариант 11

8	11	1	5	19	13	6	19
16	5	13	8	9	18	14	9
2	14	2	11	3	1	17	17
7	20	17	15	17	12	12	10
8	13	2	14	7	10	3	3
3	12	19	9	12	7	8	18
16	18	14	14	17	20	6	19
5	17	15	12	9	10	8	10



Таблица 4.15

## Вариант 12

16	7	8	8	7	17	5	6
9	13	16	12	6	5	17	13
18	7	17	6	9	12	15	7
19	16	13	19	14	15	11	17
20	6	20	6	15	14	10	8
8	7	18	15	20	11	12	16
10	14	18	6	11	20	11	18
13	10	12	10	16	15	4	19

Таблица 4.16

## Вариант 13

13	14	6	7	6	18	5	11
15	6	8	15	4	15	10	5
16	8	18	8	9	16	19	13
7	17	19	6	14	17	17	13
6	12	9	13	7	15	5	6
4	10	15	12	17	10	14	14
8	16	9	6	7	19	19	15
16	11	4	12	8	7	10	20

Таблица 4.17

## Вариант 14

16	15	5	6	11	18	15	18
9	4	9	18	7	8	7	9
12	8	8	20	5	15	10	16
13	6	14	20	15	17	20	5
7	12	13	9	19	6	7	19
14	19	19	10	13	20	10	12
15	11	19	5	13	8	8	6
16	17	19	13	14	20	11	8

Таблица 4.18

Вариант 15

11	20	11	18	10	145	18	6
16	15	4	19	13	10	12	10
9	4	9	5	7	20	14	9
7	17	5	6	16	7	8	8
6	5	17	13	9	13	16	12
9	12	15	7	18	7	17	6
14	15	11	17	19	16	13	19
15	14	10	8	20	6	20	6

Таблица 4.19

Вариант 16

13	18	8	9	6	14	7	18
16	11	9	9	18	19	20	12
15	11	10	16	11	14	14	12
4	8	14	7	10	20	15	20
16	16	6	11	6	13	8	5
12	13	10	9	20	12	17	10
17	8	12	11	15	13	7	13
8	18	6	13	11	9	8	10

Таблица 4.20

Вариант 17

12	9	11	11	19	7	12	12
10	14	15	17	18	6	7	14
14	11	19	8	15	13	16	10
12	16	14	17	19	9	8	9
18	10	6	7	13	7	16	17
18	14	6	16	15	17	19	5
7	16	6	14	17	12	9	12
15	18	9	12	14	4	19	8

Таблица 4.21

## Вариант 18

9	6	14	7	18	13	18	8
9	18	19	20	12	16	11	9
16	11	4	14	12	15	11	19
7	10	20	15	20	4	8	14
11	6	13	8	5	16	16	6
9	20	12	17	10	12	13	10
14	15	13	7	13	17	8	12
13	11	9	8	10	8	18	6

Таблица 4.22

## Вариант 19

14	16	19	19	7	4	19	8
5	17	13	10	12	15	6	15
5	15	7	15	18	6	10	16
10	8	5	14	17	20	9	6
3	19	20	11	16	19	9	16
12	9	11	11	19	7	12	12
10	14	15	17	18	6	7	14
14	11	19	8	15	13	16	10

Таблица 4.23

## Вариант 20

20	11	12	16	8	7	18	15
11	20	11	18	10	14	18	6
16	15	4	19	13	10	12	10
8	11	19	17	13	14	9	15
11	10	8	7	11	16	16	18
4	15	5	9	12	8	19	16
6	10	8	20	16	14	12	12
17	17	16	5	7	5	18	9

При оформлении задачи студенту следует представить в записке:

- все принятые по своему варианту исходные данные, необходимые для решения задачи;
- составить математическую модель перевозки грузов по дороге;
- исследовать полученную математическую модель с помощью метода линейного программирования;
- проанализировать выполнение работы и сделать выводы.

## Методические указания к работе № 4

### Транспортная задача

#### Математическая постановка транспортной задачи

В практике оптимального планирования и управления транспортными процессами в АСУ наиболее часто используется линейное программирование в форме транспортной задачи. Задача такого типа может быть записана следующим образом. Пусть на  $m$  пунктах (станциях) отправления  $A_1, A_2, \dots, A_m$  сосредоточено соответственно,  $a_1, a_2, \dots, a_m$  единиц однородного груза. Этот груз необходимо доставить по железной дороге в  $n$  пунктов назначения  $B_1, B_2, \dots, B_n$ . В каждый из пунктов необходимо завести соответственно  $b_1, b_2, \dots, b_n$  единиц груза. Стоимость перевозки единиц груза из пункта  $A_i$  в пункт  $B_j$  считается известной и равной  $c_{ij}$ . Требуется составить такой план перевозок, при котором общая (суммарная) стоимость перевозок будет минимальная.

Условия транспортной задачи сводят в специальную таблицу (табл. 4.1), называемую матрицей перевозок.

Исходная матрица перевозок

Пункты отправлени я	Запасы груза	Пункты назначения					
		$B_1$	$B_2$	...	$B_j$	...	$B_n$
		Потребности в грузе					
		$b_1$	$b_2$	...	$b_j$	...	$b_n$
$A_1$	$a_1$	$c_{11}$ $x_{11}$	$c_{12}$ $x_{12}$	...	$c_{1j}$ $x_{1j}$	...	$c_{1n}$ $x_{1n}$
$A_2$	$a_2$	$c_{21}$ $x_{21}$	$c_{22}$ $x_{22}$	...	$c_{2j}$ $x_{2j}$	...	$c_{2n}$ $x_{2n}$
...	...			...		...	
	$a_i$	$c_{i1}$ $x_{i1}$	$c_{i2}$ $x_{i2}$	...	$c_{ij}$ $x_{ij}$	...	$c_{in}$ $x_{in}$
...	...			...		...	
$A_m$	$a_m$	$c_{m1}$ $x_{m1}$	$c_{m2}$ $x_{m2}$	...	$c_{mj}$ $x_{mj}$	...	$c_{mn}$ $x_{mn}$

Каждая строка матрицы перевозок соответствует определенному пункту отправления, а каждый столбец – определенному пункту назначения. Клетки матрицы перевозок, разделенные на 2 части – верхнюю и нижнюю, соответствуют маршрутам перевозок (число маршрутов  $m \cdot n$ ). В верхних отделениях клеток записываются стоимости перевозок единицы груза по каждому маршруту  $a_{ij}$ , а в нижних – элементы решения, показывающие количество единиц груза, планируемого к перевозке из  $i$ -го пункта отправления в  $j$ -й пункт назначения, который обозначен через  $x_{ij}$ .

Под планом перевозок понимается совокупность перевозок, обеспечивающая все потребности пунктов назначения за счет вывоза всего продукта из пунктов отправления.

Любой план перевозок определяется совокупностью чисел  $x_{ij}$ , т.е. перечислением величин перевозок, совершаемых по каждому маршруту. Эти числа должны удовлетворять следующим условиям:

1 Из каждого пункта отправления должен вывозиться весь имеющийся там продукт:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} = a_1; \\ x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n} = a_2; \\ \dots \dots \dots \dots \\ x_{m1} + x_{m2} + \dots + x_{mn} = a_m. \end{array} \right. \quad (4.1)$$

2 В каждом пункте назначения должна быть удовлетворена вся потребность в рассматриваемом продукте

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{11} + x_{21} + \dots + x_{m1} = b_1; \\ x_{12} + x_{22} + \dots + x_{m2} = b_2; \\ \dots \dots \dots \dots \\ x_{1n} + x_{2n} + \dots + x_{mn} = b_n. \end{array} \right. \quad (4.2)$$

3 Числа  $x_{ij}$  должны быть не отрицательными (обратных перевозок нет):

$$\forall x \geq 0. \quad (4.3)$$

Подсчитаем общую стоимость перевозок по плану табл. 4.1. По маршруту, соединяющему  $i$ -й пункт отправления и  $j$ -й пункт назначения, перевозится  $x_{ij}$  единиц продукта, а стоимость перевозки по данному маршруту пропорциональна количеству единиц перевозимого продукта, т.е. она равна произведению  $c_{ij} \cdot x_{ij}$  денежных единиц. Отсюда суммарная стоимость перевозок по всем маршрутам может быть записана так:

$$F = c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + \dots + c_{ij}x_{ij} + \dots + c_{mn}x_{mn} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}. \quad (4.4)$$

Решение транспортной задачи заключается в отыскании такого плана перевозок, при котором суммарная стоимость перевозок минимальна, т.е.

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij} \rightarrow \min.$$

При решении транспортной задачи условия (4.1) и (4.2) могут быть выполнены, если общее количество грузов в пунктах отправления равно суммарной потребности в этом грузе во всех пунктах назначения (баланс наличия и потребления). Это может быть записано в виде равенства:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j . \quad (4.5)$$

В этом случае транспортная задача всегда решается и называется закрытой. На практике часто приходится решать задачи, в которых наличие груза и потребность в нем не являются сбалансированными, т.е.

$$\sum_{i=1}^m a_i \neq \sum_{j=1}^n b_j . \quad (4.6)$$

Такая транспортная задача называется открытой. Методы ее решения в настоящее время разработаны еще недостаточно. Поэтому при решении открытой транспортной задачи ее необходимо привести к закрытой. Рассмотрим наиболее часто встречающийся случай открытой модели.

**Случай 1.** Требуется найти оптимальный план перевозок при условии, что суммарные запасы груза больше общих потребностей, т.е.

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

Для приведения такой задачи к закрытой модели введем некоторый фиктивный пункт назначения  $B_{n+1}$  с потребностями  $b_{n+1}$

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$$

и будем предполагать, что стоимость перевозки единицы груза из любого пункта  $A_i$  в фиктивный пункт  $B_{n+1}$  равна нулю, т.е.  $c_{i,n+1} = 0, i = \overline{1..m}$ .

Оптимальное решение этой приведенной задачи является также оптимальным решением исходной задачи.

**Случай 2.** Требуется найти оптимальный план перевозок при условии, что суммарные запасы меньше общих потребностей, т.е.

$$\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$$

В этом случае полное удовлетворение всех пунктов назначения  $B_j$  невозможно. Поэтому перевозки необходимо организовывать так, чтобы наиболее важные пункты обеспечивались грузом в первую очередь и суммарные издержки (суммарный штраф за недоставку груза) были минимальными.

Пусть  $r_{ij}$  – величина ущерба (штраф, который измеряется в тех же единицах, что и стоимость перевозки  $c_{ij}$ , приходящегося на одну единицу не поставленного в пункт  $B_j$  груза).

Для приведения такой задачи к закрытой модели введем фиктивный пункт отправления  $A_{m+1}$  с запасами  $a_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i$  и будем полагать, что стоимость перевозок единицы груза между любым пунктом  $B_j$  и фиктивным пунктом  $A_{m+1}$  равно нулю, т.е.  $c_{m+1, j} = 0, j = \overline{1, n}$

Далее минимизируются общие затраты:

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} + \sum_{j=1}^n r_j \cdot y_j.$$

где  $y_j$  – величина недопоставки в пункт  $B_j$  и определяется как

$$y_j = b_j - \sum_{i=1}^m x_{ij}, j = \overline{1, n}$$

Величина штрафа  $r_j$ , приходящегося на единицу недопоставленного груза в пункт  $B_j$ , необходимо выбирать из последней строки исходной матрицы стоимостей, соответствующей своему варианту (табл. 4.4 – 4.23).

## МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Одним из эффективных методов решения транспортной задачи является метод потенциалов. Суть метода заключается в том, что оптимальный план получают способом последовательного приближения, начиная с некоторого



предварительного плана перевозок. Он может быть выбран произвольно, но с соблюдением условий (4.1), (4.2), (4.3).

### Нахождение предварительного плана перевозок

Существует много методов построения предварительного плана перевозок: диагональный (метод северо-западного угла), наименьшей стоимости и др.

Однако количество приближений к оптимальному плану может быть значительно меньше, если для принятия предварительного плана воспользоваться методом двойного предпочтения.

Идея этого метода состоит в выборе по матрице стоимости клеток с минимальными значениями и в последующем назначении перевозок по маршрутам, определяемым выбранными клетками. В каждой строке (столбце) найдем клетку со стоимостью, отвечающей условию:

$$c_{kj} = \min c_{ij} (c_{ik} = \min c_{ij}),$$

и отметим её.

Далее проведём такой же выбор по столбцам (строкам):

$$c_{ik} = \min c_{ij} (c_{kj} = \min c_{ij}).$$

В результате все клетки матрицы стоимости разделяются на три категории:

клетки с двумя отметками, с одной отметкой, без отметки.

Теперь составим предварительный план, пользуясь следующим правилом. Основной поток перевозок осуществляется по маршрутам, определяемым клетками матрицы с двумя отметками; потом используются маршруты, определяемые клетками с одной отметкой.

Если с помощью этих маршрутов не удастся выполнить условие (4.1) и (4.2), то назначаются маршруты, определяемые клетками без отметок.

### Проверка плана на оптимальность

Является ли полученное распределение оптимальным, пока остается неясным. Поэтому осуществляется проверка оптимальности полученного распределения *методом потенциалов* и, если оно не удовлетворяет критерию оптимальности, производится улучшение полученного распределения. Эта процедура продолжается до получения оптимального плана.

***В ТЗ потенциалы имеют простой экономический смысл. Они выступают как локальные поясные цены (или наценки к единой цене), создающие заинтересованность в правильном направлении перевозок. Если какая-то перевозка выполняется, то цена на станции назначения должна быть равна цене на станции отправления плюс транспортные издержки, в остальных случаях цена  $V_j$  не может быть больше, чем  $U_i + C_{ij}$ , так как груз на станции  $j$  можно было получить по той же цене привозя его с затратами  $C_{ij}$  из станции  $i$ . Таким образом, в обоих указанных случаях разность цен не превышает затрат по перевозке.***

### **Корректировка плана перевозок**

Использование потенциалов каждый раз переводит ТЗ к новой задаче с другой матрицей тарифов. На каждом шаге идет проверка плана на оптимальность по выражениям:  $U_i + V_j + C_{ij} = 0$  в загруженных клетках и  $U_i + V_j + C_{ij} > 0$  в незагруженных клетках. Такое преобразование называют эквивалентным преобразованием матрицы тарифов. Такое преобразование выполняют до тех пор, пока план не окажется оптимальным. Если в матрице тарифов, среди незагруженных клеток  $(ij)$ , имеются отрицательные, т.е.  $U_i + V_j + C_{ij} < 0$ , то перераспределение грузопотоков может быть выполнено с помощью цикла пересчета или просто цикла.

*Циклом в таблице стоимостей в ТЗ называют ломаную линию, вершины которой располагаются в загруженных клетках таблицы, а звенья – вдоль строк и столбцов таблицы, причем в каждой вершине цикла встречаются ровно два звена, одно из которых находится в строке, а другое в столбце. Число вершин в цикле четно. Если ломаная линия, образующая цикл, пересекается, то точки самопересечения не являются вершинами (рис. 4.1).*

Цикл образуется из загруженных и одной незагруженной клетки. Для построения цикла выбирают отрицательную стоимость, максимальную по модулю  $C_{ij}^* = -\max|C_{ij}|$ . Используя эту и другие загруженные клетки преобразованной матрицы, строят цикл, пользуясь вышеописанными правилами.

Затем, начиная с отрицательного элемента ( $C_{ij}^* = -\max|C_{ij}|$ ), нумеруют вершины цикла по порядку по часовой или против часовой стрелки. Вид цикла может быть самым разным. Примеры некоторых циклов показаны на рис. 4.1 .

Цикл обладает свойством не нарушать ограничивающих условий ТЗ. И так, если из всех клеток с четными номерами вершин перенести какую-нибудь поставку, то сумма грузопотоков во всех строках и столбцах не изменится: в клетке с четной вершиной уменьшится, а в нечетной увеличится на то же самое значение. Следовательно, цикл используется для построения нового плана перевозок в ТЗ.

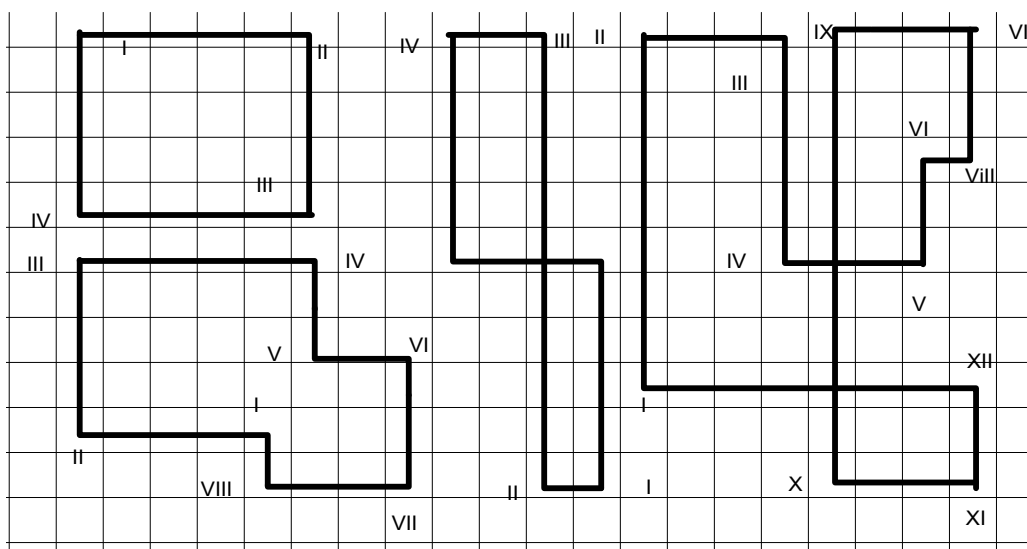


Рис. 4.1. Виды циклов

### 4.3 Алгоритм метода потенциалов

1 Записать условие ТЗ в виде таблицы.

2 Проверить условие  $\sum_{j=1}^n b_j = \sum_{i=1}^m a_i$ .

3 Построить опорный план, при этом число загруженных клеток должно быть равным  $r = m + n - 1$  и соблюдаются условия:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i = \overline{1, m}; \quad \text{и} \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = \overline{1, n}.$$

4 Проверить план на отрицательность, для чего выписать матрицу стоимостей и подобрать потенциалы таким образом, чтобы  $U_i + V_j + C_{ij} = 0$  в загруженных клетках. Такое преобразование называют эквивалентным преобразованием матрицы тарифов. Следовательно, эквивалентное преобразование матрицы тарифов заключается в прибавлении (или вычитании) какого-либо числа (потенциала) ко всем элементам одной и той же строки или одного и того же столбца матрицы. Если во всех незагруженных клетках  $C_{ij} \geq 0$ , то план является оптимальным.

5 Если план отрицательный, т.е.  $U_i + V_j + C_{ij} < 0$  в незагруженных клетках, то его надо улучшать. Для этого следует выбрать из всех  $C_{ij} < 0$  максимальный по модулю, т.е.  $C_{ij} = -\max[C_{ij}], C_{ij} < 0$ .

6. Начиная с этой выбранной клетки матрицы стоимостей построить цикл, пользуясь данными выше определениями. Потом, начиная с выбранной клетки, перенумеровать вершины цикла, двигаясь, например, по часовой стрелке.

7 Из всех маршрутов, проходящих на вершины цикла с четными номерами, найти маршрут с минимальной перевозкой  $X_{ij}^* = \min\{X_{ij}\}$ .

Затем объем этой перевозки вычесть из всех объемов перевозок, проходящих на четные номера цикла, и прибавить к объемам перевозок, проходящих на нечетные номера.

Такие перераспределения приводят к появлению нового плана, который, в свою очередь, следует проверить на оптимальность.

8 Перейти к пункту 4.

Рассмотрим решение транспортной задачи в MAPLE

*Пример.* На складах  $A_1, A_2, A_3$  хранится  $a_1 = 100, a_2 = 200, a_3 = 120$  единиц одного и того же груза, соответственно. Требуется доставить его трем потребителям  $B_1, B_2, B_3$ , заказы которых составляют  $b_1 = 190, b_2 = 120, b_3 = 60$  единиц груза, соответственно. Стоимости перевозки  $c_{ij}$  единицы груза с  $i$ -го

склада  $j$ -му потребителю указаны в левых верхних углах клеток транспортной таблицы 4.34.

Таблица 4.34

	$b_1 = 190$	$b_2 = 120$	$b_3 = 60$
$a_1 = 100$	4	2	6
$a_2 = 200$	7	5	3
$a_3 = 120$	1	7	6

1 Установить, является ли модель транспортной задачи, заданная таблицей, открытой или закрытой. Если модель является открытой, то ее необходимо закрыть.

2 Составить план перевозок, обеспечивающий минимальную стоимость перевозок.

3 Найти минимальную стоимость перевозок.

Решение 1 Суммарные запасы груза – 420, а суммарные потребности – 370. Следовательно, задача является задачей открытого типа и ее необходимо закрыть, вводя фиктивного потребителя с потребностями 50 единиц груза, при нулевых стоимостях перевозок. Приходим к задаче табл. 4.35.

Таблица 4.35

	$b_1 = 190$	$b_2 = 120$	$b_3 = 60$	$b_4 = 50$
$a_1 = 100$	4	2	6	0
$a_2 = 200$	7	5	3	0
$a_3 = 120$	1	7	6	0

2 Задаем матрицу перевозок, матрицу стоимостей и целевую функцию:

```
> x := matrix(3, 4);
```

```
      x := array(1..3, 1..4, [])
```

```
> C := matrix([[4, 2, 6, 0], [7, 5, 3, 0], [1, 7, 6, 0]]);
```

$$C := \begin{bmatrix} 4 & 2 & 6 & 0 \\ 7 & 5 & 3 & 0 \\ 1 & 7 & 6 & 0 \end{bmatrix}$$

>  $z := \text{sum}(\text{sum}(C[i, j]*x[i, j], i = 1..3), j = 1..4);$

$$z := 4x_{1,1} + 2x_{1,2} + 6x_{1,3} + 7x_{2,1} + 5x_{2,2} + 3x_{2,3} + x_{3,1} + 7x_{3,2} + 6x_{3,3}$$

Решаем задачу линейного программирования:

> *with (simplex);*

*[basis, convexhull, cterm, define\_zero, display, dual, feasible, maximize, minimize, pivot, pivoteqn, pivotvar, ratio, setup, standardize]*

> *minimize*(z, {*sum*(x[1, j], j = 1..4) = 100, *sum*(x[2, j], j = 1..4) = 200, *sum*(x[3, j], j = 1..4) = 120, *sum*(x[i, 1], i = 1..3) = 190, *sum*(x[i, 2], i = 1..3) = 120, (x[i, 3], i = 1..3) = 60, *sum*(x[i, 4], i = 1..3) = 50}, *NONNEGATIVE*);

$$\{x_{3,4} = 0, x_{1,4} = 0, x_{1,3} = 0, x_{1,1} = 0, x_{3,3} = 0, x_{3,2} = 0, x_{2,3} = 60, x_{2,4} = 50, x_{2,1} = 70, x_{3,1} = 120, x_{2,2} = 20, x_{1,2} = 100\}$$

*Матричный вид полученного решения:*

>  $v := \text{matrix}([[0, 100, 0, 0], [70, 20, 60, 50], [120, 0, 0, 0]]);$

$$v := \begin{bmatrix} 0 & 100 & 0 & 0 \\ 70 & 20 & 60 & 50 \\ 120 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

3. *Минимальная стоимость перевозок:*

>  $Z := \text{sum}(\text{sum}(C[i, j]*v[i, j], i = 1..3), j = 1..4);$

$$Z := 1090$$

**Ответ:** *Минимальная стоимость перевозок равна 1090,*

**план перевозок  $X$  равен:**

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 100 & 0 \\ 70 & 20 & 60 \\ 120 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Если убрать требование перехода к задаче закрытого типа, то решение будет иметь вид:

>  $x := \mathbf{matrix}(3, 3);$

$x := \mathbf{array}(1..3, 1..3, [])$

>  $C := \mathbf{matrix}([[4, 2, 6], [7, 5, 3], [1, 7, 6]]);$

$$C := \begin{pmatrix} 4 & 2 & 6 \\ 7 & 5 & 3 \\ 1 & 7 & 6 \end{pmatrix}$$

>  $z := \mathbf{sum}(\mathbf{sum}(C[i, j]*x[i, j], i = 1..3), j = 1..3);$

> *with (simplex);*

> *minimize*( $z$ , { $\mathbf{sum}(x[1, j], j = 1..3) \leq 100$ ,  $\mathbf{sum}(x[2, j], j = 1..3) \leq 200$ ,  $\mathbf{sum}(x[3, j], j = 1..3) \leq 120$ ,  $\mathbf{sum}(x[i, 1], i = 1..3) = 190$ ,  $\mathbf{sum}(x[i, 2], i = 1..3) = 120$ ,  $\mathbf{sum}(x[i, 3], i = 1..3) = 60$ }, *NONNEGATIVE*);

{ $x_{3,3} = 0$ ,  $x_{3,2} = 0$ ,  $x_{1,1} = 0$ ,  $x_{3,1} = 120$ ,  $x_{2,1} = 70$ ,  $x_{1,2} = 100$ ,  $x_{2,3} = 60$ ,  $x_{2,2} = 20$ ,  $x_{1,3} = 0$ }

*Матричный вид полученного решения:*

>  $v := \mathbf{matrix}([[0, 100, 0, 0], [70, 20, 60, 50], [120, 0, 0, 0]]);$

$$v := \begin{bmatrix} 0 & 100 & 0 & 0 \\ 70 & 20 & 60 & 50 \\ 120 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

*Минимальная стоимость перевозок:*

>  $Z := \mathbf{sum}(\mathbf{sum}(C[i, j]*v[i, j], i = 1..3), j = 1..4);$

$Z := 1090$

**Ответ: Минимальная стоимость перевозок равна 1090,**

**план перевозок  $X$  равен:**

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 100 & 0 \\ 70 & 20 & 60 \\ 120 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Рассмотрим транспортную задачу с ограничениями на пропускные способности.

*Пример.* Найти план перевозок по следующим исходным данным:

$$a_1 = 25, a_2 = 55, a_3 = 20, b_1 = 45, b_2 = 15, b_3 = 20, b_4 = 20.$$

$$C = \begin{pmatrix} 9 & 5 & 3 & 10 \\ 6 & 3 & 3 & 2 \\ 3 & 8 & 4 & 8 \end{pmatrix}, (d_{ik}) = \begin{pmatrix} \infty & \infty & 15 & \infty \\ 15 & \infty & \infty & 10 \\ \infty & \infty & \infty & \infty \end{pmatrix}.$$

Символ  $\infty$  в матрице  $(d_{ik})$  указывает, что для данной коммуникации нет ограничений по пропускной способности.

Решение.

>  $x := \mathbf{matrix}(3, 4);$

$x := \mathbf{array}(1..3, 1..4, [])$

>  $C := \mathbf{matrix}([[9, 5, 3, 10], [6, 3, 3, 2], [3, 8, 4, 8]]);$

$$C := \begin{bmatrix} 9 & 5 & 3 & 10 \\ 6 & 3 & 3 & 2 \\ 3 & 8 & 4 & 8 \end{bmatrix}$$

>  $z := \mathbf{sum}(\mathbf{sum}(C[i, j]*x[i, j], i = 1..3), j = 1..4);$

$$z := 9x_{1,1} + 6x_{2,1} + 3x_{3,1} + 5x_{1,2} + 3x_{2,2} + 8x_{3,2} + 3x_{1,3} + 3x_{2,3} + 4x_{3,3} + 10x_{1,4} + 2x_{2,4} + 8x_{3,4}$$

> *with (simplex);*

> *minimize*( $z$ , { $\mathbf{sum}(x[1, j], j = 1..4) = 25$ ,  $\mathbf{sum}(x[2, j], j = 1..4) = 55$ ,  $\mathbf{sum}(x[3, j], j = 1..4) = 20$ ,  $\mathbf{sum}(x[i, 1], i = 1..3) = 45$ ,  $\mathbf{sum}(x[i, 2], i = 1..3) = 15$ ,  $\mathbf{sum}(x[i, 3], i = 1..3) = 20$ ,  $\mathbf{sum}(x[i, 4], i = 1..3) = 20$ ,  $x[1, 3] \leq 15$ ,  $x[2, 1] \leq 15$ ,  $x[2, 4] \leq 10$ }, *NONNEGATIVE*);



$$\{x_{3,3} = 0, x_{3,2} = 0, x_{2,2} = 15, x_{2,4} = 10, x_{2,1} = 15, x_{1,3} = 5, x_{2,3} = 15, x_{1,4} = 10, x_{1,1} = 10, x_{3,4} = 0, x_{3,1} = 20, x_{1,2} = 0\}$$

Ответ: план перевозок  $X$  имеет вид

$$X = \begin{pmatrix} 10 & 0 & 5 & 10 \\ 15 & 15 & 15 & 10 \\ 20 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Транспортной задачей с фиксированными доплатами называется транспортная задача, в которой дополнительно задана матрица доплат  $d_{ij}$  за проезд от  $i$ -го поставщика к  $j$ -му потребителю и требуется минимизировать суммарные расходы. Математическая модель задачи:

$$z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (c_{ij}x_{ij} + d_{ij}y_{ij}) \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, y_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{если } x_{ij} = 0 \\ 1, & \text{если } x_{ij} > 0 \end{cases} \\ x_{ij} \geq 0, \end{cases}$$

*Пример.* Пусть числовые данные задачи имеют вид:  $a_1 = 50, a_2 = 30, a_3 = 120, b_1 = 60, b_2 = 40, b_3 = 120$ .

$$(c_{ij}) = \begin{pmatrix} 7 & 5 & 12 \\ 4 & 6 & 8 \\ 10 & 9 & 6 \end{pmatrix}, (d_{ij}) = \begin{pmatrix} 2 & 3 & 3 \\ 4 & 0 & 5 \\ 0 & 1 & 4 \end{pmatrix}.$$

Найти план перевозок.

Решение.

Ввод данных:

> C := **matrix**([[7, 5, 12], [4, 6, 8], [10, 9, 6]]);

$$c := \begin{bmatrix} 7 & 5 & 12 \\ 4 & 6 & 8 \\ 10 & 9 & 6 \end{bmatrix}$$

>  $d := \mathbf{matrix}([[2, 3, 3], [4, 0, 5], [0, 1, 4]]);$   $a := [50, 30, 120];$   $b := [60, 40, 100];$

$$d := \begin{bmatrix} 2 & 3 & 3 \\ 4 & 0 & 5 \\ 0 & 1 & 4 \end{bmatrix}$$

$$a := [50, 30, 120]$$

$$b := [60, 40, 100]$$

Ввод матрицы планируемых перевозок:

>  $C := \mathbf{matrix}([[x11, x12, x13], [x21, x22, x23], [x31, x32, x33]]);$

$$x := \begin{bmatrix} x11 & x12 & x13 \\ x21 & x22 & x23 \\ x31 & x32 & x33 \end{bmatrix}$$

Ввод целевой функции:

>  $z := \mathbf{sum}(\mathbf{sum}(c[i, j]*x[i, j] + d[i, j]*\mathbf{signum}(x[i, j]), i = 1..3), j = 1..3);$

$z := 7 x11 + 2 \mathbf{signum}(x11) + 4 x21 + 4 \mathbf{signum}(x21) + 10 x31 + 5 x12 + 3 \mathbf{signum}(x12) + 6 x22 + 9 x32 + \mathbf{signum}(x32) + 12 x13 + 3 \mathbf{signum}(x13) + 8 x23 + 5 \mathbf{signum}(x23) + 6 x33 + 4 \mathbf{signum}(x33)$

С помощью ограничений-равенств можно уменьшить число переменных:

>  $p := \mathbf{seq}(\mathbf{sum}(x[i, j], j = 1..3) = a[i], i = 1..3);$

>  $q := \mathbf{seq}(\mathbf{sum}(x[i, j], i = 1..3) = b[j], j = 1..3);$

$p := x11 + x12 + x13 = 50, x21 + x22 + x23 = 30, x31 + x32 + x33 = 120$

$q := x11 + x21 + x31 = 60, x12 + x22 + x32 = 40, x13 + x23 + x33 = 100$

```
> r := solve({p, q});
```

```
r := {x22 = x22, x23 = x23, x32 = x32, x33 = x33, x11 = -90 + x22 + x32 +
x23 + x33, x21 = 30 - x22 - x23, x12 = 40 - x22 - x32, x31 = 120 - x32 - x33, x13
= 100 - x23 - x33}
```

Тогда целевая функция принимает вид:

```
> w := subs(r, z);
```

```
w := 2090 + 4 x22 - x23 + x32 - 9 x33 + 5 signum(x23) + 4 signum(x33) +
signum(x32) + 2 signum(-90 + x22 + x32 + x23 + x33) + 4 signum(30 - x22 - x23) +
3 signum(40 - x22 - x32) + 3 signum(100 - x23 - x33)
```

Программа вычисления *min w*:

```
> m[1] := 5000;
```

```
for v22 from 0 to 30 do
```

```
for v23 from 0 to 30 do
```

```
for v32 from 0 to 40 do
```

```
for v33 from 0 to 100 do
```

```
u := 2090 + signum(v32) + 4 signum(v33) + 5 signum(v23) + 3 signum(40 - v22
- v32) + 3 signum(100 - v23 - v33) + 2 signum(-90 + v22 + v32 + v23 + v33) + 4
signum(30 - v22 - v23) + 4 v22 - v23 + v32 - 9 v33;
```

```
if 40 - v22 - v32 >= 0 and 100 - v23 - v33 >= 0 and -90 + v22 + v32 + v23 +
v33 >= 0 and 30 - v22 - v23 >= 0 and u < m[1] then m := [u, v22, v23, v32, v33] fi;
```

```
od od od od;
```

Вывод результатов:

```
> m;
```

```
[1203, 0, 0, 0, 100]
```

```
> subs(x22 = m[2], x23 = m[3], x32 = m[4], x33 = m[5], r);
```

{0 = 0, x21 = 30, x12 = 40, 100 = 100, x13 = 0, x31 = 20, x11 = 10}

> **subs**(%, x22 = m[2], x23 = m[3], x32 = m[4], x33 = m[5], **matrix**(x));

Ответ: получен следующий план перевозок:

$$X = \begin{bmatrix} 10 & 40 & 0 \\ 30 & 0 & 0 \\ 20 & 0 & 100 \end{bmatrix}.$$

В частности, замена в матрице доплат  $d_{11} = 2$  на  $d_{11} = 100$  дает следующие результаты:

> **m**;

[1294, 0, 0, 0, 90]

> **subs**(x22 = m[2], x23 = m[3], x32 = m[4], x33 = m[5], r);

{x21 = 30, x12 = 40, x13 = 10, x11 = 0, x31 = 30, 90 = 90, 0 = 0}

> **subs**(%, x22 = m[2], x23 = m[3], x32 = m[4], x33 = m[5], **matrix**(x));

Ответ: получен следующий план перевозок:

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 40 & 10 \\ 30 & 0 & 0 \\ 30 & 0 & 90 \end{bmatrix}.$$

Рассмотрим следующую транспортную задачу.

#### *Варианты запасов и потребностей в продукте*

Средняя цифра шифра студента										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10	2	15	14	8	9	4	9	12	16

Для определения исходных данных заполним специальную матрицу. Обозначение  $a_i$  соответствует запасам продукта в  $i$ -м пункте отправления, а обозначение  $b_j$  – потребностям в продукте в  $j$ -м пункте получения.

Перенумерованными клетками матрицы моделируются пути между пунктами отправления и получения.

По шифру студента с помощью таблицы 1 определяется номер варианта запаса и потребности в продукте.

Аналогично по начальной букве фамилии студента и последней цифре шифра из таблицы 2 устанавливается номер варианта матрицы стоимостей.

В соответствии с вариантами матрицы стоимостей, определением запасов и потребностей в грузе по номеру варианта получаем следующую матрицу:

	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$
$a_1$	15	16	18	14	12	15
$a_2$	11	9	15	14	1	9
$a_3$	12	17	9	19	9	11
$a_4$	10	7	19	13	17	14
$a_5$	10	14	13	15	19	10
$a_6$	11	12	18	16	12	8

Нашу задачу решаем с помощью программы MAPLE

> **restart;**

> **a:=[400,450,550,350,300,350];**

$a := [400, 450, 550, 350, 300, 350]$

> **Sum('a[i]',i=1..6)=sum('a[i]',i=1..6);**

$$\sum_{i=1}^6 a_i = 2400$$

> **b:=[300,600,450,650,250,150];**

$b := [300, 600, 450, 650, 250, 150]$

> **Sum('b[j]',j=1..6)=sum('b[j]',j=1..6);**

$$\sum_{j=1}^6 b_j = 2400$$

> **x:=matrix(6,6);**

$x := \text{array}(1..6, 1..6, [ ])$

>

**c:=matrix([[15,16,18,14,12,15],[11,9,15,14,10,9],[12,17,9**

```
,19,9,11],[10,7,19,13,17,14],[10,14,13,15,19,10],[11,12,18,16,12,8]]);
```

$$c := \begin{bmatrix} 15 & 16 & 18 & 14 & 12 & 15 \\ 11 & 9 & 15 & 14 & 10 & 9 \\ 12 & 17 & 9 & 19 & 9 & 11 \\ 10 & 7 & 19 & 13 & 17 & 14 \\ 10 & 14 & 13 & 15 & 19 & 10 \\ 11 & 12 & 18 & 16 & 12 & 8 \end{bmatrix}$$

```
> f:=sum(sum(x[I,j]*c[I,j],i=1..6),j=1..6);
```

$$\begin{aligned} f := & 15x_{1,1} + 11x_{2,1} + 12x_{3,1} + 10x_{4,1} + 10x_{5,1} + 11x_{6,1} + 16x_{1,2} + 9x_{2,2} + 17x_{3,2} \\ & + 7x_{4,2} + 14x_{5,2} + 12x_{6,2} + 18x_{1,3} + 15x_{2,3} + 9x_{3,3} + 19x_{4,3} + 13x_{5,3} + 18x_{6,3} \\ & + 14x_{1,4} + 14x_{2,4} + 19x_{3,4} + 13x_{4,4} + 15x_{5,4} + 16x_{6,4} + 12x_{1,5} + 10x_{2,5} + 9x_{3,5} \\ & + 17x_{4,5} + 19x_{5,5} + 12x_{6,5} + 15x_{1,6} + 9x_{2,6} + 11x_{3,6} + 14x_{4,6} + 10x_{5,6} + 8x_{6,6} \end{aligned}$$

```
> with(simplex):
```

Warning, the protected names maximize and minimize have been redefined and unprotected

```
>
```

```
minimize(f, {sum(x[1,j],j=1..6)=400, sum(x[2,j],j=1..6)=450,
sum(x[3,j],j=1..6)=550, sum(x[4,j],j=1..6)=350, sum(x[5,j],
j=1..6)=300, sum(x[6,j],j=1..6)=350, sum(x[I,1],i=1..6)=300,
sum(x[I,2],i=1..6)=600, sum(x[I,3],i=1..6)=450, sum(x[I,4],
i=1..6)=650, sum(x[I,5],i=1..6)=250, sum(x[I,6],i=1..6)=150},
NONNEGATIVE);
```

$$\begin{aligned} \{ & x_{1,1} = 0, x_{2,1} = 0, x_{3,1} = 0, x_{4,1} = 0, x_{1,2} = 0, x_{1,3} = 0, x_{5,2} = 0, x_{6,2} = 0, x_{4,3} = 0, x_{3,4} = 0, \\ & x_{6,6} = 150, x_{2,2} = 250, x_{1,4} = 400, x_{3,5} = 100, x_{1,5} = 0, x_{1,6} = 0, x_{3,3} = 450, x_{4,2} = 350, \\ & x_{5,4} = 200, x_{5,1} = 100, x_{6,1} = 200, x_{2,5} = 150, x_{2,4} = 50, x_{3,2} = 0, x_{2,3} = 0, x_{5,3} = 0, \\ & x_{6,3} = 0, x_{4,4} = 0, x_{6,4} = 0, x_{4,5} = 0, x_{5,5} = 0, x_{6,5} = 0, x_{2,6} = 0, x_{3,6} = 0, x_{4,6} = 0, \\ & x_{5,6} = 0 \} \end{aligned}$$

```
> v:=matrix([[0,0,0,400,0,0],[0,250,0,50,150,0],[0,0,450,0,0,100,0],
[0,350,0,0,0,0],[100,0,0,200,0,0],[200,0,0,0,0,150]]);
```

103

$$v := \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 400 & 0 & 0 \\ 0 & 250 & 0 & 50 & 150 & 0 \\ 0 & 0 & 450 & 0 & 100 & 0 \\ 0 & 350 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 100 & 0 & 0 & 200 & 0 & 0 \\ 200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 150 \end{bmatrix}$$

здесь  $v$ - оптимальный план перевозок;

Суммарные транспортные расходы  $F$  составят:

```
> F:=sum(sum(c[I,j]*v[I,j],i=1..6),j=1..6);
```

```
F:=24850
```

## Выводы

Получены оптимальный план перевозок  $v$  и суммарные минимальные транспортные расходы составляют  $F := 24850$ .

## Работа № 5

Рассмотрим ряд применяемых автоматизированных систем управления на железнодорожном транспорте.

### 5.1 Автоматизированное рабочее место дежурного по станции (АРМ ДСП)

АРМ ДСП обеспечивает фиксацию операций с поездами и локомотивами:

- прибытие, отправление, проследование;
- объединение, разъединение;
- бросание;
- отправление на перегон;
- формирование, расформирование;
- изменение индекса поезда;
- перестановки с пути на путь;
- выход в депо /из депо;
- прицепка/отцепка локомотива к поезду /от поезда.

Источниками информация является:

- АСОУП: информация о поездах, движущихся в направлении данной станции;
- АРМ ТК: информация о составах прибывших или формируемых поездов;
- информация об операциях с поездами на станции (прибытие, бросание, перестановка и т.п.) вводится оператором непосредственно с клавиатуры на основании показаний табло.

В процессе обработки АРМ ДСП формирует и передает сообщения об операциях с поездами в ФС и другие АРМы, описанные в АРМ ДСП; ведет и распечатывает журнал ДУ-3; выдает справку сведенисту станции о составе поезда.



### ***Нормативно-справочная информация***

Нормативно-справочная информация (НСИ) является частью информационного обеспечения АСОУП. Она выполняет двоякую роль: с одной стороны, действительно данные, необходимые при обработке исходных оперативных данных, выполнении расчетов и формировании выходных форм, а с другой – это элементы настройки типового комплекса АСОУП на конкретный полигон эксплуатации и функциональный состав.

В АСОУП различаются **системная и дорожная НСИ**.

**Системная НСИ** формируется и настраивается разработчиком (ПКТБ АСКЖТ) и не требует дополнительной настройки на дороге. Она включает в себя описание или взаимодействие объектов, не зависящее от конкретного полигона эксплуатации АСОУП (технические характеристики единиц подвижного состава, соответствие рода поезда его номеру, таблица допустимых соотношений между реквизитами в сообщении и т.д.). **Дорожная НСИ** специально подготавливается для каждого полигона эксплуатации.

Все массивы дорожной НСИ можно разделить на три группы.

Первая группа – словари: станций, отделений, стыковых пунктов дорог, перечень выделенных станций дорог, таблицы: назначений плана формирования, соответствия кодов ЕСП станций кодам отделений и т. д.

Вторая группа массивов НСИ – это массивы, необходимые для решения отдельных задач. Например, массивы уточнения рода поезда по сведениям о вагоне, серий локомотивов и т. д. Они подготавливаются и вводятся в ЭВМ при определенных условиях.

Массивы НСИ третьей группы ориентированы на организацию вычислительного процесса.

Массивы НСИ являются частью базы данных АСОУП и доступ к ним разрешен только специально выделенным работникам ИВЦ.

#### **НСИ для АРМ ДСП**

- список станций, при проследовании которых дастся подход на станцию внедрения КСАРМ;

- список станционных путей и их длина в условных вагонах;
- список серий локомотивов;
- перечень направлений следования и соответствующие им коды ЕСП;
- расписание движения пассажирских поездов.

## **5.2 Оперативная система контроля и анализа работы железных дорог (ОСКАР-М)**

В системе оперативного управления перевозочным процессом, включающей в себя центры управления на сетевом (ЦУП ОАО «РЖД»), дорожном (ДЦУПы) уровнях, а также на уровне организации местной работы (ЦУМРы), требуется постоянное обеспечение диспетчеров и других оперативных работников информацией о ходе перевозочного процесса.

В современных условиях начинается осуществление перехода от информационной системы к информационно-управляющей системе управления. Поэтому данные, выдаваемые на конкретные АРМы, должны содержать не только интересующие пользователей результаты эксплуатационной работы, но также и их анализ. В дальнейшем система оперативного управления должна обеспечивать выдачу рекомендаций по управляющим воздействиям на ход перевозочного процесса.

Этим требованиям в полной мере отвечает оперативная система контроля и анализа эксплуатационной работы железных дорог ОСКАР-М, которая включена в программно-технический комплекс диспетчерских центров управления всех уровней и активно используется оперативным персоналом.

Следует отметить, что система ОСКАР-М постоянно развивается. Задуманная как информационная с некоторыми элементами аналитики, сегодня она стала полностью информационно-аналитической. Идет подготовка к реализации в системе информационно-управляющей модели, наращиваются ее функции.

Принципиальная архитектура системы ОСКАР-М (с АРМ пользователей верхнего уровня) приведена на рис. 5.1.

Достоверность и полнота выдаваемой пользователям информации обеспечивается подключением системы ОСКАР-М к центральной (ГВЦ) и дорожным (ИВЦ) базам данных существующей версии АСОУП и к АСОУП-2, в которых в режиме реального времени отслеживается ход перевозочного процесса на сети железных дорог. Единая дорожно-сетевая система АСОУП-2, созданная на базе DB-2, как известно, создает принципиально новую среду информационного обеспечения эксплуатационной работы сети. Это обеспечивается использованием новых возможностей современных средств телекоммуникации, оборудования информационных систем, баз данных и средств разработки программного обеспечения.

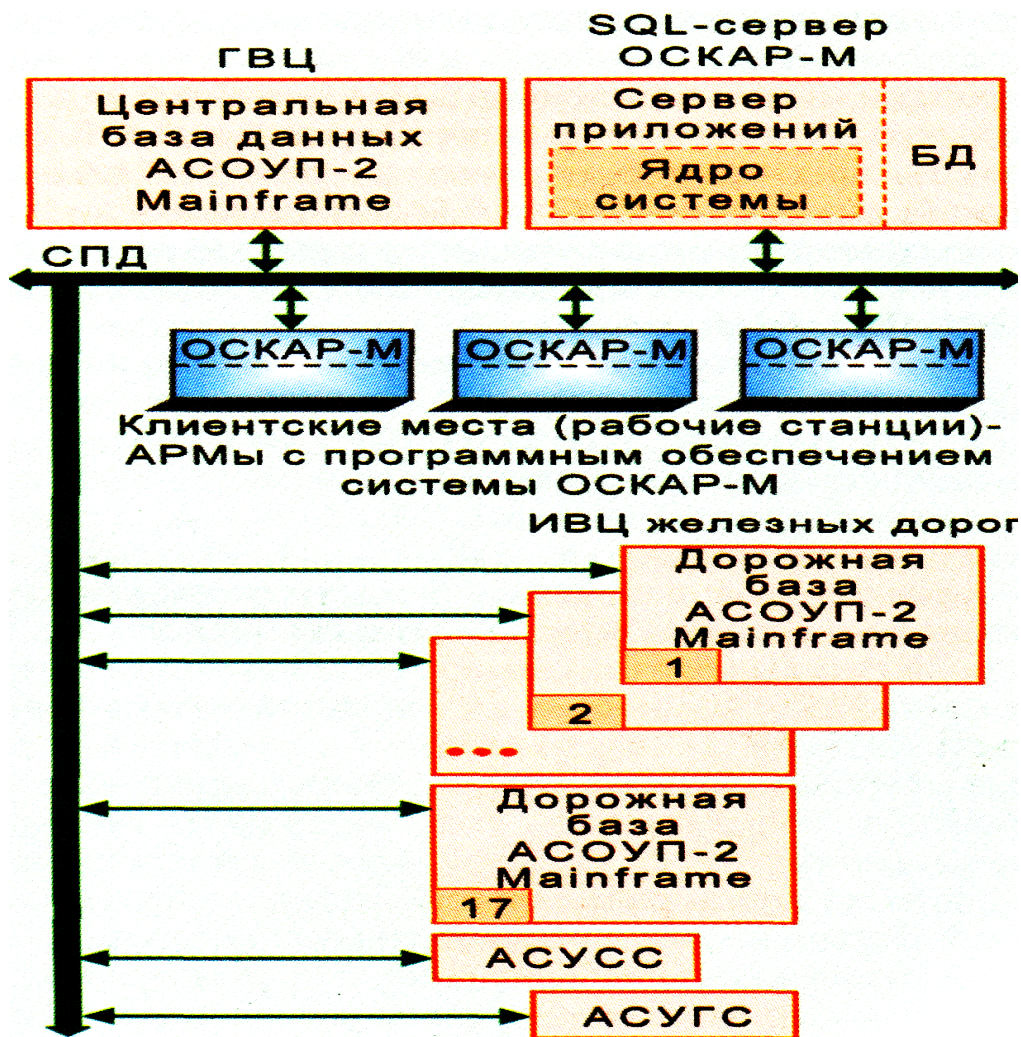


Рис. 5.1. Архитектура системы ОСКАР-М

Интегрирующая информационная среда АСОУП-2 включает семь динамических моделей баз данных: поездную, вагонную, контейнерную,

локомотивную, бригадную, отправочную и модель заявок на отправление грузов (рис. 5.2).

При обслуживании запросов, связанных непосредственно с работой сортировочных, грузовых станций или других линейных объектов, система ОСКАР-М может обращаться непосредственно к автоматизированным системам управления такими объектами – АСУСС, АСУГС и др.

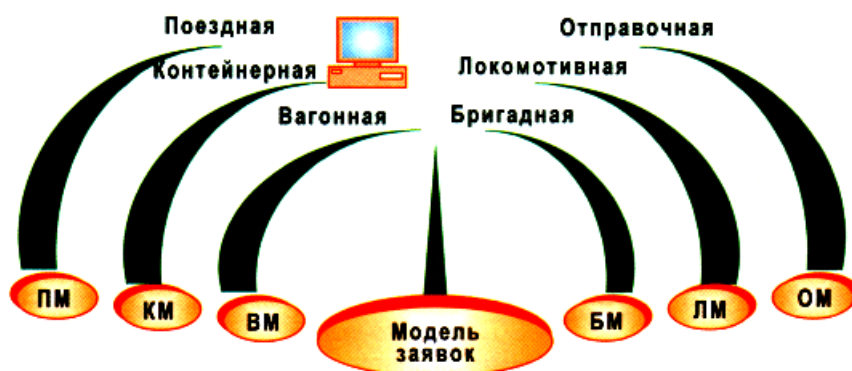


Рис. 5.2. Интегрирующая информационная среда АСОУП-2

Используя базы данных, система ОСКАР-М формирует для пользователей информационные и информационно-аналитические сообщения, а в ряде случаев выдает рекомендации по конкретным задачам управления перевозочным процессом.

Программно-технический комплекс системы ОСКАР-М состоит из SQL-сервера, где формируется собственная база данных и приложения. Здесь имеется так называемое ядро системы, с которым информационно сопряжены строго ориентированные под конкретных пользователей рабочие станции (АРМы). Каждый такой АРМ имеет программное обеспечение системы ОСКАР-М.

Ядро в системе является центром всех взаимодействий между базами данных, загрузчиком и модулями, так как в нем реализованы все механизмы общения модулей и загрузчика, а также механизмы передачи информации из

баз данных к загрузчику и модулям АРМа. Связь между загрузчиком АРМа и базой данных ОСКАР-М также происходит при помощи ядра. Загрузчиком АРМов является программа «ARMLoader.exe».

Ядро получает исходные данные, перерабатывает их, готовит всю необходимую выходную информацию, сортирует ее по пользователям и хранит у себя. Рабочие станции выполняют роль АРМов, с помощью которых пользователи обращаются к хранилищу ядра, где уже находится подготовленная для них необходимая оперативная информация, и забирают ее для своей работы. Ядро программного комплекса создано по модульному принципу, что облегчает построение всей программной конструкции. Этот принцип позволяет наращивать технологические возможности комплекса без нарушения той его части, разработка которой завершена и находится в эксплуатации. Кроме того, при таком принципе построения реакция программного комплекса на запрос пользователя в произвольный момент времени оказывается практически мгновенной.

Работая в информационно-аналитическом режиме, система ОСКАР-М не только представляет пользователю в реальном времени всю необходимую выходную информацию, но и анализирует ее по определенным алгоритмам. Если те или иные эксплуатационные показатели отклоняются от норм в процессе реализации перевозок, их значения на экране монитора окрашиваются в соответствующий цвет, обращая тем самым внимание пользователя на этот факт.

Система содержит также элементы прогнозирования эксплуатационной обстановки. Поэтому в ряде случаев пользователь получает тревожную информацию даже при внешне нормальной оперативной обстановке, но система ОСКАР-М уже знает, что через некоторый период возникнут затруднения.

Таким образом, программно-технический инструмент, которым оснащено рабочее место пользователя, становится в определенном смысле активным. Это означает, что пользователю не требуется держать себя в постоянном

напряжении, непрерывно занимаясь поиском «слабых» мест в тех процессах, которыми он управляет. За пользователя этот поиск осуществляет система и только тогда привлекает его внимание, когда нарушается технология эксплуатационной работы. Поэтому программный комплекс позволяет пользователю не просто видеть и воспринимать тревожную информацию. Он дает возможность оперативно осуществлять поиск источника тревожной информации, проводить более глубокий ее анализ, тем самым поднимая качество работы пользователя на более высокий уровень.

Рассмотрим технологическое содержание системы ОСКАР-М. На рис. 5.3 представлены 12 направлений, по которым пользователи обеспечиваются различными данными. Они практически охватывают все стороны эксплуатационной работы.

Система обеспечивает автоматизацию выдачи данных в режиме текущего времени по:

- достигнутым результатам хода эксплуатационной работы, включая обмена поездами и вагонами по междорожным и межотделенческим стыковым станциям, наличие вагонного парка на железных дорогах и отделениях железных дорог, погрузку, выгрузку и др.;
- оперативной оценке соответствия плановым заданиям хода выполнения количественных и качественных показателей эксплуатационной работы на сети железных дорог ОАО «РЖД» и ее подразделениях;
- прогнозированию выборочных элементов перевозочного процесса.



Рис. 5.3. Двенадцать направлений, по которым пользователи обеспечиваются данными

Система также ведет архивы по отчетным показателям и проводит статистический анализ с выдачей результатов, в том числе в графической форме.

Оценка уровня выполнения плана производится на основе статистически установленных зависимостей фактического хода эксплуатационной работы в зависимости от различных факторов.

Например, по показателю «погрузка», как правило, в ночной период выполняется 25–30 % суточного объема работы. Поэтому при меньшем фактическом объеме работы система будет сигнализировать пользователю о неблагоприятии с выполнением данного показателя.

Или другой пример.

Пусть по определенному междорожному стыку установлено задание сдать 52 поезда в сутки, а к 15 ч сдача составила 40 поездов. При этом до 18 ч (конец отчетных суток) имеется всего 6 ниток грузовых поездов в графике движения. В этом случае система указывает, что задание по сдаче поездов не будет выполнено.

По некоторым показателям выполняется многофакторный анализ, даются рекомендации, как следует изменить ход перевозочного процесса для выполнения плановых заданий.

При разработке системы особое внимание было уделено удобству работы с выдаваемой информацией, скорости получения справок и отчетов, простоте перехода от одних данных к другим, логически с ними связанными, обеспечению отказоустойчивости системы.

Рассмотрим, например, как организована работа с одной из основных форм системы – «Табло эксплуатационных показателей» (ТЭП). Здесь применен интуитивно понятный пользовательский интерфейс, что позволяет любому клиенту, имеющему минимальные знания работы с операционной системой Windows, быстро разобраться со всеми режимами комплекса.

Работа начинается с «Главной таблицы» (рис. 5.4), которая содержит цифровые значения наиболее важных показателей, характеризующих работу железных дорог сети ОАО «РЖД»:

содержание вагонных парков и их отклонение от норм;

грузовая работа (технический или суточный план и факт выполнения);

выполнение участковой, маршрутной скорости, веса и длины поездов, тонно-километровая работа;

наличие на дороге пассажирских и пригородных поездов (в том числе с опозданием);

количество сформированных поездов с нарушением веса, длины и плана формирования;

количество брошенных поездов;

обмен по стыковым пунктам дороги и отделений;

рейтинговая оценка работы отделений дорог по ряду важнейших показателей, а также набор дополнительных режимов, выведенных в виде кнопок панели навигатора в верхней части таблицы.



Табло эксплуатационных показателей - Microsoft Internet Explorer

Изменения | Слежения | Поиск | Локомотивы | Инф. системы | Анализ | Отчёт дорог | Прочее | Нормы

**ОСКАР-М** Табло эксплуатационных показателей **ОАО РЖД**

Инструктор ТЕКУЩИЕ СУТКИ 03.11 12:08:04

Дорога	Рабочий парк дорог		Погрузка (план/факт)		Выгрузка (план / факт)		ПВ в ожид. выгр./привоза более суток	У уч.	У марш	Тн. эм нетто	Длина Вес	Пас	Нарушения				
	Всего	Транзит	Местные	Порож	Вагонов	Тыс. тонн							Л/О	ПФ	Брш		
ОКТ																	
МОСК																	
ГОРЬК																	
САХ																	
КЛГ																	
Всего																	

Приём/сдача | Всего | ОКТ | МОСК | ГОРЬК | СЕВ | С-КАВ | Ю-ВОС | ПРИВ | КБШ | СВЕРД | Ю-УР | З-СИБ | КРАС | В-СИБ | ЗАБ | ДВ

Рис. 5.4. Цифровые значения наиболее важных показателей, характеризующих работу железных дорог сети ОАО «РЖД»

Одновременный вывод в главной таблице ТЭП («Табло эксплуатационных показателей») плановых показателей и их фактическое выполнение (невыполнение, как указывалось ранее, выделяется красным цветом) позволяют оперативному персоналу подразделений даже при беглом взгляде на экран быстро оценить складывающуюся ситуацию на железной дороге, что служит основанием для принятия оперативных мер по нормализации положения.

Информация по любому интересующему показателю детализируется посредством выбора ссылок. Ссылки подсвечены синим цветом. Это может быть как цифровое значение показателя, так и его наименование или наименование разделов. Щелчок левой клавиши мыши по выбранной ссылке открывает соответствующее вложение.

Для просмотра информации по текущим или истекшим суткам достаточно щелкнуть мышью по тексту «текущие сутки» или «истекшие сутки». Чтобы получить информацию за другой период (с начала месяца, декады, квартала или года), следует перейти в режим выбора требуемых данных из архива.

Информация в системе «Табло эксплуатационных показателей» обновляется посредством загрузки из базы данных АСОУП-2 срезов данных,

необходимых для расчетов. Обновление таблиц режима «Обмен по стыковым пунктам дороги» происходит каждые три минуты, остальных – с частотой один раз в 10–30 мин, в зависимости от настроек используемых серверов.

В системе ТЭП принята следующая цветовая гамма предоставления оперативной и отчетной информации: серый цвет – технический план, зеленый – суточный план, желтый – выполнение плана находится под угрозой срыва, красный – невыполнение суточного, технического плана или нарушение других показателей.

К настоящему времени система ОСКАР-М используется для информации более 5000 пользователей. К системе подключены АРМы: всех дорожных, поездных, локомотивных и других диспетчеров, организующих перевозочный процесс; работников оперативных отделов департаментов ОАО «РЖД», служб железных дорог, отделов НОД, непосредственно обеспечивающих выполнение плановых заданий эксплуатационной работы; руководителей соответствующих подразделений на всех уровнях управления оперативной работой в ОАО «РЖД».

Внедрение системы ОСКАР-М реально обеспечило повышение уровня оперативности при выдаче информации, оценке хода перевозочного процесса, принятии решений о разработке мер по выправлению положения при отклонении фактических результатов от нормативных.

В последние годы качество работы сети непрерывно улучшается. Основной эксплуатационный показатель – оборот вагона ускорен за последние два года на 14,4 ч, среднесуточная производительность вагона – на 11,1 %, а локомотива – на 6,8 %. В этом есть и доля, связанная с широким внедрением системы ОСКАР-М.

Перед разработчиками сегодня стоят большие задачи по превращению этой системы в информационно-управляющую. Для этого, прежде всего, надо продолжить научно-исследовательские и проектные работы по построению имитационных моделей процесса перевозок на основных направлениях сети и на полигонах железных дорог, выявлять методами многофакторного анализа

зависимости основных показателей от условий организации перевозочного процесса. Над этими и другими задачами работает большой отряд ученых, программистов и всех, кто связан с развитием информационных технологий в ОАО «РЖД».

Выводы:

Рассмотрена система «ОСКАР-М». Внедрение системы ОСКАР-М реально обеспечило повышение уровня оперативности при выдаче информации, оценке хода перевозочного процесса, принятии решений о разработке мер по выправлению положения при отклонении фактических результатов от нормативных.

### **5.3 Автоматизированная система оперативного управления (АСОУП) – основа информационных технологий перевозочного процесса**

АСОУП – автоматизированная система оперативного управления на железной дороге является базовой системой АСУЖТ в области управления перевозочным процессом и приоритетной, основной разработкой коллектива БФ ВНИИАС – преемника ПКТЬ АСУЖТ. Общесистемные средства АСОУП разрабатывались централизованно в виде типовых проектных решений. Это позволило унифицировать основные процессы обработки информации в дорожных информационно-вычислительных центрах.

При проектировании системы предусматривался обмен информацией с ГВЦ МПС, И ВЦ соседних дорог, включая дороги ближнего зарубежья и автоматизированными системами нижнего уровня АСУЖТ. Создание и внедрение АСОУП обеспечило построение основы вычислительной сети на железных дорогах страны.

Основной составляющей АСОУП является база данных дорожного уровня. В ее состав вошли оперативные номерные модели: поездная, вагонная, контейнерная, локомотивная, локомотивных бригад, отправочная, модель заявок, а также массивы о состоянии, дислокации и работе отдельных единиц подвижного состава. На первом этапе создания АСОУП были реализованы

модели поездов, локомотивов и специального подвижного состава. Система открыла широкие возможности для совершенствования управления эксплуатационной работой дорог. Она позволила руководству и оперативному персоналу дорог и отделений получать целостное представление об эксплуатационной обстановке на контролируемых полигонах в моменты, близкие к реальному времени.

Для этого пользователям были предоставлены данные о наличии, размещении и состоянии вагонных парков; перемещении и дислокации поездов; наличии, дислокации и состоянии локомотивов; погрузке, выгрузке и др. Имелись возможности прогнозирования и оперативного планирования предстоящей работы. Ряд прикладных задач системы позволил контролировать соблюдение технологической дисциплины и принимать оперативные меры по ликвидации выявленных нарушений.

АСОУП обеспечила выдачу оперативным работникам станций, отделений и управлений дорог комплекта технологических документов по каждому поезду. Она стала фундаментом для создания ряда новых автоматизированных систем и комплексов задач в системе управления перевозочным процессом.

Унификация основных проектных решений в области информационного, программного и технического обеспечения открыла широкие возможности для быстрого тиражирования и внедрения системы на сети железных дорог. Разработка в полном объеме технологического рабочего проекта на АСОУП была завершена в июле 1962 г., а уже в декабре 1983 г. система была сдана в промышленную эксплуатацию на Северной дороге.

В состав АСОУП входят следующие эксплуатируемые системы и комплексы задач (Рис.1):

- автоматизированная система пономерного учета контроля дислокации, анализа использования и регулирования вагонного парка на железных дорогах России (ДИСПАРК);

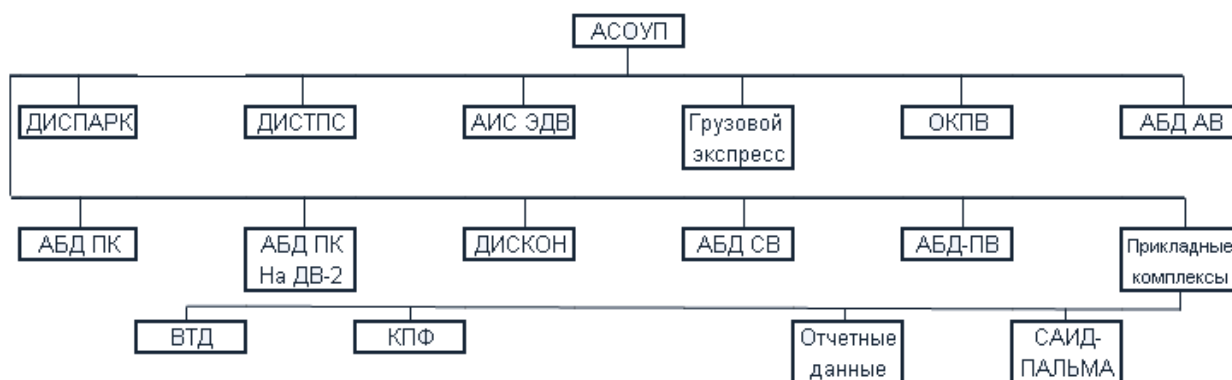


Рис. 5.5.

- автоматизированная система управления тяговыми ресурсами (ДИСТПС), включающая оперативный контроль наличия, состояния и дислокации локомотивов грузового движения и организацию их подвода на техническое обслуживание (ОКДП-1), дислокацию и работу локомотивных бригад грузового движения (ОКДБ-1);
- автоматизированная информационная система организации перевозок грузов по безбумажной технологии с использованием электронной накладной (АИС ЭДВ);
- Грузовой Экспресс в части ведения подсистем контроля погрузки экспортных грузов в адрес портов и пограничных переходов и информационного взаимодействия с автоматизированными системами регионов припортовых, пограничных станций и регионов примыкания к крупным промышленным комплексам;
- система оперативного полнономерного контроля погрузки и выгрузки вагонов, включая распределение по типам и категориям годности (ОКПВ);
- автоматизированный банк данных инвентарного парка вагонов железных дорог и вагонов, принадлежащих предприятиям и другим организациям (АБД-ПВ), имеющий в своем составе информационную систему определения собственника вагонов (СОСВАГ);
- автоматизированный банк данных собственных вагонов, включающий данные о районах курсирования и других условиях эксплуатации собственных вагонов (АБД СВ);

- автоматизированный банк данных арендованных вагонов, включающий сведения об условиях эксплуатации этих вагонов (АБД АВ);
- автоматизированный банк данных инвентарного парка контейнеров (АБДПК);
- автоматизированный банк данных вагонов инвентарного парка, собственных и арендованных (АБДПВ на DB2);
- автоматизированная система контроля за использованием и продвижением контейнеров (ДИСКОН).

Прикладные комплексы:

- выдача технологических документов (ВТД);
- контроль плана формирования (КПФ);
- контроль веса и длины поезда (КВД);
- подготовка отчетных данных на основе пономерных моделей;
- обработка информации САИД «ПАЛЬМА» и др.

В состав АСОУП входит около 6000 программ и 150 томов технической документации.

Объем входной и выходной информации (среднесуточные данные) в АСОУП приведен в табл. 5.1, количество абонентов, включенных в систему, – в табл. 5.2.

На каждом ИВЦ за редким исключением функционирует уникальный набор прикладных задач АСОУП. Это накладывает дополнительные трудности на сопровождение, так как БФ ВНИИАС фактически сопровождает 17 различных АСОУП на территории РФ и 14 на территории стран ближнего зарубежья.

К сожалению, АСОУП обладает существенным недостатком: ее база данных закрыта для других автоматизированных систем. Вследствие этого при разработке информационных и управляющих систем долгое время каждая система строила под себя собственную базу данных, хотя единственным средством, объединяющим все данные от первоисточников, т.е. линейных подразделений, является АСОУП. Статистика показывает, что 69 % всего выхода АСОУП направленно на повышение локальных баз данных.

Каждая автоматизированная система, получая результаты из АСОУП, обрабатывает их по собственным алгоритмам и, как следствие, на всех уровнях управления мы имеем разные данные об одних и тех же событиях. На вопросы сходимости баз данных тратятся большие ресурсы, но результаты остаются неутешительным.

На протяжении нескольких лет была проведена огромная работа в рамках системы ДИСПАРК по сходимости вагонных моделей дорожного и сетевого уровней. В результате мы имеем почти полную сходимость, но расхождения все-таки есть. Это связано как с ошибками в программном обеспечении, так и с различным толкованием одних и тех же ситуаций. Сходимость линейного и дорожного уровней еще хуже.

Если говорить о сходимости информации по поездам, контейнерам, локомотивам, локомотивным бригадам, отправкам, то здесь целенаправленная работа по сходимости не проводилась и результаты представления данных пользователям неутешительны.

Таблица 5.1

Дорога	Количество входных сообщений, тыс.	Количество выходных документов, тыс.	Объем исходной информации, Мбайт	Объем выходной информации, Мбайт
Октябрьская	169	312,8	44,9	641,3
Калининградская	110	18,9	3,6	25,1
Московская	189,5	454,3	52,В	106,4
Горьковская	124,6	403,9	36,0	644,9
Северная	228,8	575,9	39,1	964,9
Сахалинская	84,3	12,9	1,2	13,9
Северо-Кавказская	109,2	180,2	25,0	347,5
Юго-Восточная	133,5	234,9	28,3	371,3
Приволжская	73,5	150,8	21	419
Свердловская	160,6	391,3	43	612,2
Южно-Уральская	106,3	299,6	37	585,3
Западно-Сибирская	105,9	406,8	44	859,5
Красноярская	52,6	133,г	19,5	275,0

Дальневосточная	100,5 •	280,2	22,5	4687
Восточно-Сибирская	110,9	239,4	17,2	196,6
Забайкальская	641,0	140,9	21,5	353,9
Куйбышевская	120,9	361,2	29,4	420,6

Таблица 5.2

Железная дорога	Количество абонентов
Октябрьская	2602
Калининградская	432
Московская	5029
Горьковская	4717
Северная	4027
Сахалинская	320
Северо-Кавказская	2953
Юго-Восточная	1965
Приволжская	2449
Свердловская	3575
Южно-Уральская	1800
Западно-Сибирская	3225
Красноярская	1646
Дальневосточная	2697
Восточно-Сибирская	1100
Забайкальская	1829
Куйбышевская	4736
<b>ИТОГО</b>	<b>45102</b>

Другая проблема – пользовательский интерфейс. При наличии существенного количества разработок по одним и тем же технологическим процессам наличие собственных баз данных и «собственных» интерфейсов приводит к невозможности создания единого интерфейса на всех уровнях управления без существенной переделки многих внедрённых комплексов.

Всё это привело к тому, что начиная с 2000-го года активно начал обсуждаться вопрос о создании единой дорожно-сетевой базы перевозочного процесса на основе базы данных АСОУП.

На протяжении последних трёх лет поэтапно разрабатывается и внедряется БД АСОУП на DB/2 (БД АСОУП-2), которая ведётся на основе информации АСОУП, с переводом на неё прикладных комплексов АСОУП. На последующих этапах планируется полностью ввести БД АСОУП-2 взамен АСОУП. Такая стратегия выбрана, в первую очередь, для обеспечения



открытости БД АСОУП. И в результате мы уже имеем автоматизированные системы отделенческого дорожного и сетевого уровней – СИРИУС, ОСКАР-М и другие, функционирующие на основе БД АСОУП-2. При этом следует отметить, что БД АСОУП-2 функциональностью намного превосходит БД АСОУП.

БД АСОУП-2 – это единая дорожно-сетевая база данных (рис. 5.2), которая включает оперативную, прогнозную, архивную, плановую и нормативную составляющие по всем объектам слежения – поезд, вагон, контейнер. Причём некоторые элементы базы данных или средства их ведения со временем могут модифицироваться. Так, нормативно-справочная информация может быть получена из ЕНСИ или через объектный интерфейс.

Архитектура БД АСОУП-2- строится по принципу идентичных структур на дорожном и сетевом уровнях. Выполнение этого принципа позволит кардинально перестроить разработку: перейти от горизонтального принципа к вертикальной реализации технологии.

Единая дорожно-сетевая база данных включает в себя динамические модели: поездную, вагонную, локомотивную, бригадную, контейнерную, отправочную модель заявок. Перечисленные модели с максимальной детализацией обеспечивают пользователей информацией о динамике продвижения единиц транспортного потока – поездов, вагонов, локомотивов, поездо-, вагоно-, и грузопотоков (рис. 5.2).

Совокупность таблиц Единой дорожно-сетевой базы данных на DB2 является моделью, обеспечивающей как ведение цепочек операции со всеми объектами перевозочного процесса, так и единство в подготовке отчётных данных.



Рис 5.2

При этом надо иметь ввиду, что когда речь идет о базе данных АСОУП и взаимодействии со смежными системами, то подразумеваем только небольшую составляющую БД АСОУП-2 (рис. 5.3). Здесь показана принципиальная схема построения БД АСОУП-2 как интеграционной информационной среды всех систем перевозочного процесса. Принципиальное отличие от существующей системы состоит в том, что если информация необходима для решения более чем одной задачи, она должна находиться в БД АСОУП-2. При таком построении нет необходимости стыковать различные системы между собой, организовывать свои правила обмена. Поэтому разработки ведутся именно в этом направлении, что бы сделать БД АСОУП-2 эталоном (первичной базой данных) по всем эксплуатационным показателям. При таком подходе мы имеем единую дорожно-сетевую базу данных, связанную с эксплуатацией подвижных

единиц, что особенно важно в условиях разделения эксплуатационной и ремонтной составляющих. Следует отметить, что информация БД АСОУП-2 может и должна использоваться другими автоматизированными системами – ЭТРАН, АСУТ, АСУВ и др. На сегодняшний день на сети уже внедрено ведение БД АСОУП-2 на основе информации АСОУП, а остальные элементы практически находятся в стадии реализации.

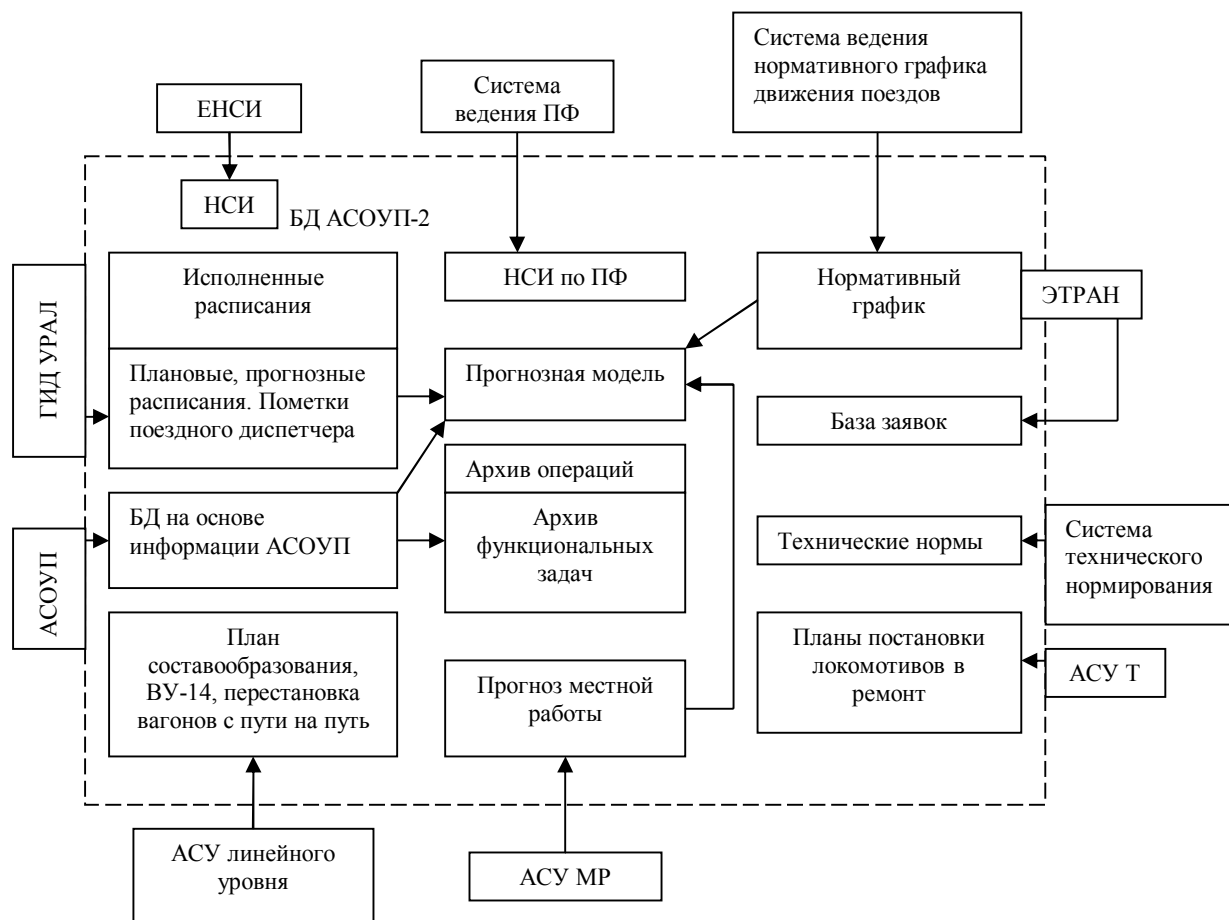


Рис. 5.3

Переменная часть единой дорожно-сетевой базы данных DB2 содержит: таблицы текущего состояния и тематические, функциональных задач, архив тематических таблиц дорожного уровня, архив таблиц функциональных задач.

Таблицы текущего состояния и тематические таблицы предназначены для отражения актуальных данных о поездах, вагонах, контейнерах, локомотивах, бригадах, отправлениях, а так же историй этих объектов в течение текущих и последних отчётных суток. Эти таблицы содержат все имеющуюся в АСОУП информацию.

Дополнительно в тематические таблицы включается прогнозная составляющая по всем объектам (поезд, вагон, контейнер и др.).

Чистка таблиц по всем объектам осуществляется: на дорожном уровне – по прекращению «жизни» объекта на дороге и по истечении срока использования операции с объектом в оперативных задачах; на сетевом уровне – по исключению объекта.

Дополнительная чистка может быть осуществлена принудительно по заданным параметрам (номер поезда, его индекс, номер вагона, номер контейнера, код дороги расчёта).

Архив тематических таблиц и архивы таблиц функциональных задач заполняются в сеансовом режим, т.е. в таблицы архивов задач сбрасываются все записи, которые являются актуальными в прошедшие отчётные сутки. Структуры таблиц архива и функциональных задач аналогичны. Один раз в сутки производится сброс из таблиц задач в таблицы архива, в которых информация хранится в течение 3 лет.

Как уже отмечалось выше, наличие многочисленных баз данных переменной информации приводит к тому, что при выборке однородных данных, получаемых из различных систем, возможно существенное расхождение. Та же самая проблема и с плановой информацией. При внедрении системы контроля за погрузкой экспортных грузов мы столкнулись с ситуацией, когда один и тот же плановый показатель у разных пользователей имеет различные источники и, естественно, различные значения. По этому одной из основных проблем при создании плановой составляющей БД АСОУП-2 является определение первоисточника получения плановой информации и её детализация. При этом, создание переменной составляющей «информационные потоки» идут с дорожного уровня на дорожный, там детализируется, и детальная информация возвращается на сетевой.

Создание Единой дорожно-сетевой базы данных – сложный и трудоёмкий процесс. Поэтому при определении этапов её создания исходили из принципа: в

первую очередь ликвидировать узкие места в существующих разработках, а во вторую – перейти на современные средства ведения БД АСОУП-2. Исходя из этого, на первом этапе разрабатывается структура БД и реализуется система ведения её на основе БД АСОУП. При таком подходе недоработки при ведении БД АСОУП переходят и в БД АСОУП-2. Поэтому на последующих этапах будет разрабатываться система ведения БД АСОУП-2 на основе достоверных сообщений и осуществляется переход к реализации логического контроля в новой среде и ведения базы на основе современных средств взаимодействия с линейным уровнем.

Первоочерёдными задачами по созданию БД АСОУП-2 и прикладных комплексов на её основе являются:

- реализация системы взаимодействия с автоматизированными системами других видов транспорта, т.е. создание информационной основы для функционирования логистических центров;

- реализация обработки в АСОУП-2 входного потока сообщений, прошедших логистический контроль в АСОУП;

- разработка автоматизированной системы управления погрузкой и продвижения выделенных категорий вагонов;

- разработка информационно-справочной системы контроля за ходом исполнения заявок грузоотправителей;

- реализация новой технологии ведения существующей сетевой базы данных на DB2 (на основе БД АСОУП-2);

- разработка автоматизированной системы для эффективного управления локомотивами и бригадами на уровнях ЦУП ОАО «РЖД», ДЦУ, ЦУМР, ДС, ТЧ;

- создание первой очереди информационно-аналитической системы мониторинга перевозочного процесса ДИСКОР-2;

- автоматизация переписи контейнеров на базе номерных контейнерных моделей железных дорог;

- автоматизация оперативного контроля и анализа выполнения тарифных и эксплуатационных тонно-километров;
- исключение из обращения вагонов, с которыми долгое время не производятся грузовые операции;
- реализация новой технологии централизованного формирования дорожно-сетевой корпоративной оперативной отчетности по перевозочному процессу.

#### **5.4 Автоматизированная система ДИСПАРК**

В условиях перехода к рыночной экономике и разделения парка грузовых вагонов между государствами СНГ и Балтии потребовалось создать новую систему управления вагонными парками. В этой связи вышло указание МПС № М-147у от 16.02.1995 г. «О разработке и внедрении автоматизированного пономерного учета вагонного парка» в соответствии с которым была создана автоматизированная система пономерного учета, контроля дислокации, анализа работы и регулирования вагонным парком на железных дорогах России – ДИСПАРК.

Основными целями создания системы ДИСПАРК явились: контроль за соблюдением сроков доставки грузов, работой межгосударственных стыков, использованием «чужих» вагонов; постановка вагонов в ремонт по фактически выполненному объему работ; выдача запрета на использование вагонов с неверной нумерацией; учет общего наличия вагонов резерва, запаса, неисправных вагонов и работы с ними; автоматизация отчетности о грузовой работе; автоматизация пономерного контроля вагонов на подъездных путях и создание вагонной модели для подъездных путей дорожно- сетевого уровня; контроль дислокации порожних вагонов и анализ качества их подготовки к погрузке на пункте подготовки вагонов.

Поставленные цели достигнуты благодаря созданию вагонных моделей дорог и сети, в которых содержатся полные данные о грузовой работе, общем и пономерном наличии вагонов грузового парка и составляющих его элементах.

Таким образом, в системе сформирована и поддерживается единая динамическая вагонная модель (рис. 5.4), обеспечивающая при однократном вводе данных об операциях с поездами, вагонами их многократное использование, что увеличивает достоверность информации в различных приложениях.

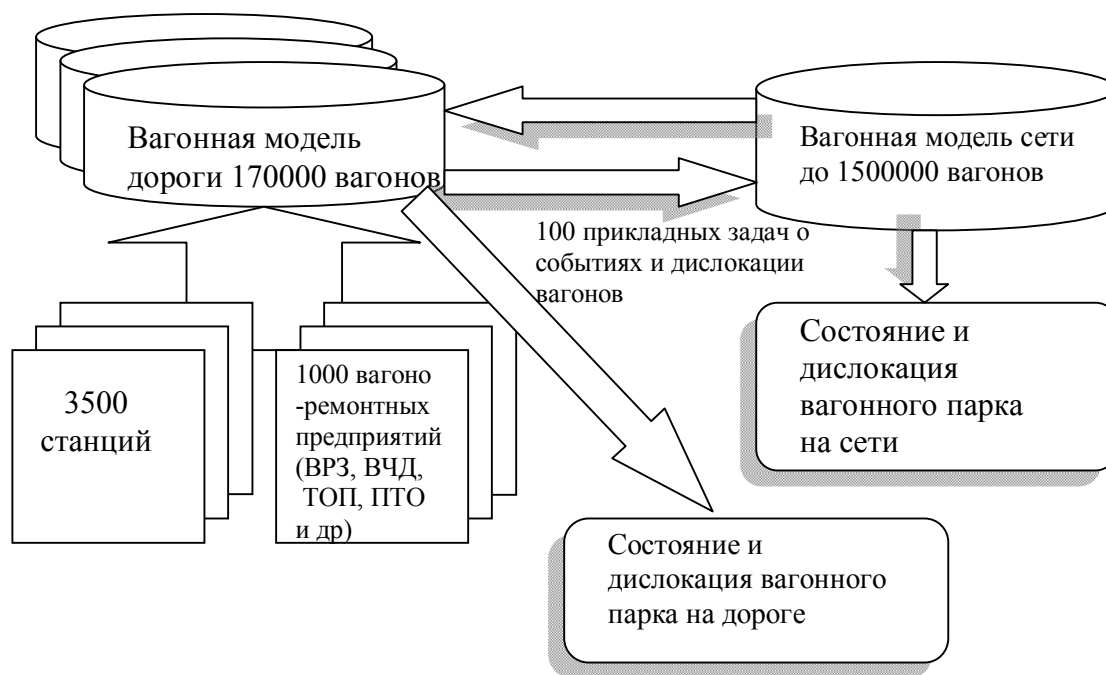


Рис. 5.4

Организационная структура системы (рис. 5.5) состоит из трех уровней. Сетевой уровень строится на базе поездной и вагонной моделей ГВЦ ОАО «РЖД» и увязан с автоматизированным банком данных парка грузовых вагонов (АБД ПВ). Дорожный уровень реализуется в ИВЦ дорог на базе средств ведения вагонной и поездной моделей. Последние увязаны с линейными системами по сбору исходной информации, в частности, с АРМ товарной конторы.

Линейный уровень основывается на АСУ сортировочных, грузовых и других крупных станций, контейнерного пункта; АРМах товарного кассира, приемосдатчиков, операторов по учету в вагонных депо, вагоноремонтных

заводах, пунктах подготовки вагонов, пунктах технического обслуживания и др.

Введение системы ДИСПАРК в эксплуатацию позволило отменить ручной учет и обработку данных; ускорить сроки доставки грузов в среднем на 10 %; сократить расходы на ремонт на 20 %; сократить число внеплановых ремонтов на 50 %.

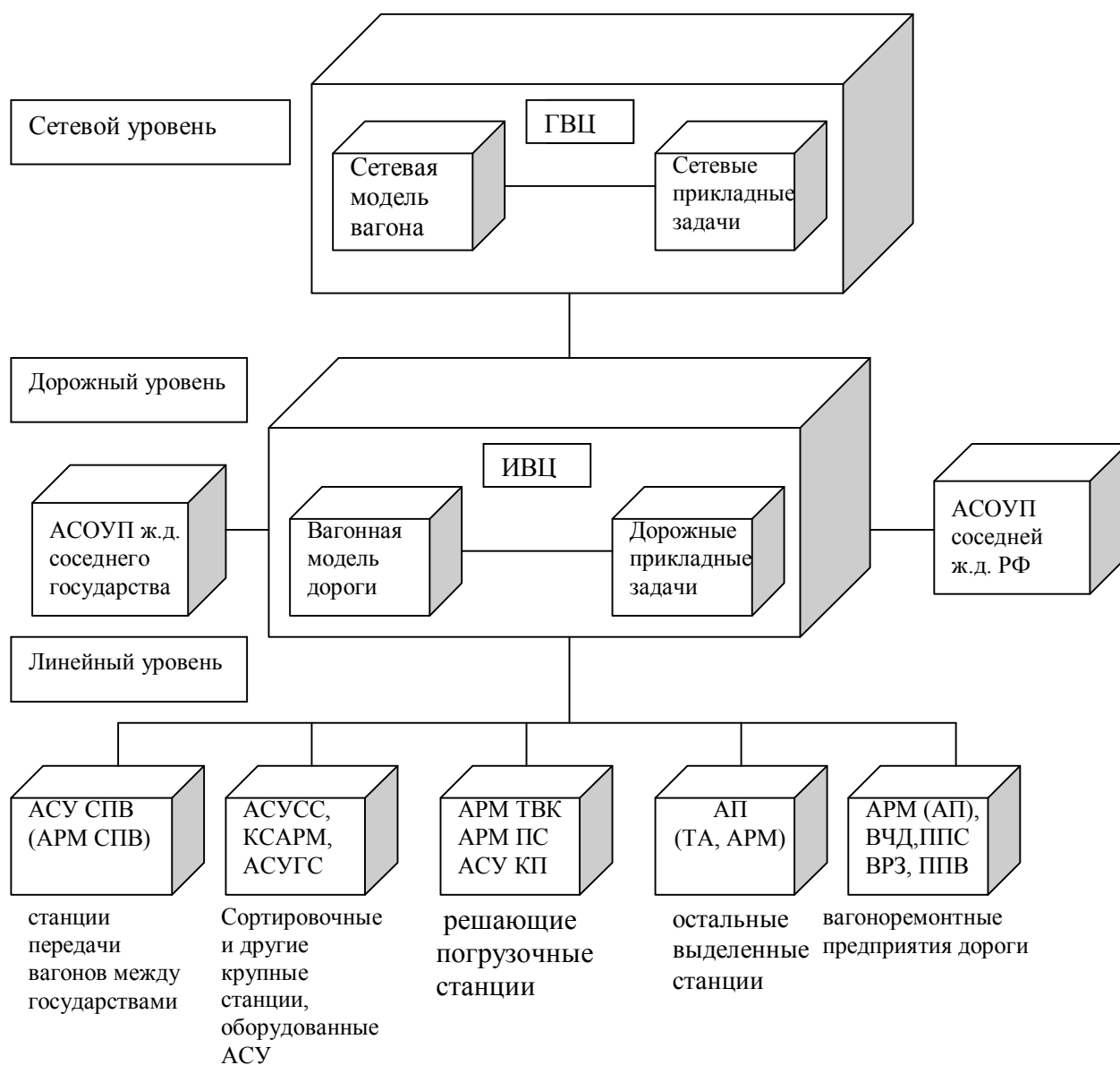


Рис. 5.5

Для обеспечения достоверности вагонной модели и условий для решения новых информационных задач создана картотека арендованных вагонов,



собственных грузовых вагонов дорог России и «чужих» вагонов, имеющих право передвижения на железных дорогах России. Для этой же цели в АБД ПВ введены признаки принадлежности вагонов компаниям-операторам и признаков оборудования вагонов датчиками САИ «Пальма».

На базе ДИСПАРК реализован взаимосвязанный комплекс информационных технологий:

- управление национальным парком вагонов;
- контроль эффективности работы выделенных родов подвижного состава;
- контроль за вагонами, простаивающими в межоперационный период сверх технологических норм;
- мониторинг использования вагонов стран СНГ и Балтии в России и российских вагонов в этих странах;
- контроль за качеством использования арендованных и собственных вагонов, вагонов компаний-операторов и других собственников;
- обеспечение эффективной системы ремонта вагонов по реальному пробегу;
- контроль за соблюдением сроков доставки грузов;
- привязка вагонов к заявкам на перевозку с учетом пригодности вагонов под отправляемый груз;
- контроль за работой вагонов на 12 000 подъездных путях промышленных предприятий и др.

В настоящее время разрабатывается технология регулирования порожних вагонов с учетом степени их годности под погрузку. Ее внедрение снизит объем отбракованных вагонов на 75 %.

Другое новшество – система расчета качественных показателей работы вагонных парков (оборот, среднесуточный пробег) на основе пономерного учета позволит получить качественные показатели по инвентарному парку, собственным, арендованным вагонам и вагонам, принадлежащим странам СНГ, а также составляющие оборота вагона.

В 2004 г. создана функциональная подсистема ДИСПАРК – управление вагонными парками стран СНГ и Балтии на основе экономических оценок. Она

представляет собой информационно-управляющий комплекс, построенный на современных Web-технологиях. Подсистема позволяет оперативным работникам на сетевом, дорожном и линейном уровнях ОАО «РЖД» с любого терминала, включенного в сеть передачи данных, получать экономически обоснованные рекомендации по использованию вагонов стран СНГ и Балтии под погрузку с учетом рода и веса груза и направления его перевозки.

Эта подсистема в 2005 г. сдана в эксплуатацию в ЦУПе ОАО «РЖД» и на Северной дороге.

Благодаря применению новых технологий в 2005 г. эффективность управления парком вагонов стран СНГ и Балтии на Российских железных дорогах повысилась. Значительно снизились выплаты РЖД иностранным железнодорожным администрациям за превышение времени пользования иностранными вагонами свыше 30 суток.

В 2005 г. в рамках системы ДИСПАРК разрабатывается новая «Система оценки и анализа эксплуатационных показателей в условиях отмены отчетного часа с целью обеспечения производственной ритмичности».

Сейчас учет работы вагонных парков за текущие сутки ведется по состоянию на 18 часов. Методика расчета основывается на балансовом методе, при котором рабочий парк определяется суммой вагонов, оставшихся от предыдущих суток и прибывших в текущие сутки, за вычетом убывших в течение суток вагонов.

Эта методика страдает множеством недостатков, главный из которых состоит в том, что при расчете величины рабочего парка не учитывается время нахождения вагона на дороге. Привязка к «отчетному часу» вызывает сгущенный подвод поездов, что отрицательно сказывается на эксплуатационных расходах.

Исследования показали, что потери из-за сгущения подвода поездов к отчетному часу по сети дорог составляют в год не менее 145 млн. руб.

Новая методика разработана с учетом фактора времени. По ней вагонный парк подразделения (сеть РЖД, железная дорога, отделение) средствами

системы ДИСПАРК предполагается рассчитывать как среднюю величину за сутки по формуле:

$\langle \text{Рабочий парк} \rangle = \frac{\text{суммарные вагоночасы нахождения вагонов рабочего парка на подразделении}}{24}$ .

Переход на новую систему учета, основанную на современных информационных технологиях, намечено осуществлять поэтапно. Сначала пройдет опытная эксплуатация системы (параллельно с балансовым методом учета) и экспериментальная проверка и оценка методики на двух-трех дорогах, потом разработка и утверждение новой инструкции по учету технологических инструкций и программных руководств для пользователей на всех уровнях управления, а затем ввод системы в постоянную эксплуатацию на сети РЖД.

В заключение отметим, что ДИСПАРК, являясь организационно-технологической системой, позволяет перейти от обезличенных, балансовых методов управления вагонным парком к пономерному учету, непрерывному мониторингу места дислокации, анализу использования и регулирования парка на всем полигоне дорог. В качестве базовой автоматизированной системы управления на железнодорожном транспорте ДИСПАРК обеспечивает информацией о вагонах практически все основные отраслевые системы. Система ДИСПАРК, совершенствуясь, надежно выполняет свои функции и на практике доказывает свою работоспособность и экономическую эффективность.

### **5.5 Состояние и перспективы развития системы ДИСКОН**

Сегодня на Российских железных дорогах находится в постоянной эксплуатации автоматизированная система управления контейнерными перевозками (ДИСКОН), принципиально отличающаяся от более ранних версий; главной особенностью новой системы является использование в качестве информационной основы оперативной базы данных, которая содержит информацию о каждом контейнере по его номеру. Такой подход

позволяет по-новому подойти к решению вопросов управления контейнерными перевозками.

Основное назначение системы – повышение эффективности контейнерных перевозок, прежде всего, за счет наиболее рациональной работы с каждым контейнером, постоянного контроля за его дислокацией и состоянием, соблюдения правильности выполнения каждой операции. Ни один контейнер не должен выходить из поля зрения системы при нахождении его на Российских железных дорогах. Такие подходы приняты сейчас в мире и реализованы на многих железных дорогах Европы и Америки.

Контейнерные перевозки осуществляются на сети всех железных дорог ОАО «РЖД». Операции с контейнерами выполняют на 41 пограничном переходе, 63 междорожных стыковых пунктах, 54 припортовых станциях, 171 станции, к которым примыкают подъездные пути предприятий, работающих с контейнерами, 610 станциях, имеющих контейнерные пункты для погрузки, выгрузки и сортировки контейнеров на вагонах.

Ежесуточно производится погрузка более 5 тыс. контейнеров, принадлежащих Российским железным дорогам, входящим в инвентарный парк общего пользования стран СНГ и Балтии, а также частных (собственных) контейнеров.

Автоматизированная система ДИСКОН аналогично действующей системе управления в отрасли имеет трехуровневую структуру: линейный, дорожный и сетевой уровни (рис. 5.6).

На линейном уровне, т.е. на станциях, непосредственно осуществляются операции с контейнерами, документирование этих операций и ввод информации в систему. Он основан на использовании АСУ контейнерного пункта (АСУ КП), АРМов СПВ (по пунктам перехода на зарубежные железные дороги) и АРМов агента припортовой станции. АСУ КП представляет собой комплекс АРМов, основными из которых являются АРМ приемосдатчика контейнерной площадки (АРМ ПСК) и АРМ подготовки перевозочных документов товарным кассиром (АРМ ППД системы ЭТРАН). На крупных

контейнерных пунктах, например, на станции Батарейная Восточно-Сибирской дороги, АСУ КП включает в себя до 30 рабочих мест. В его состав могут входить также АРМ заведующего контейнерным пунктом (отделом), АРМ актов-претензионного отдела. Для крупных систем используется выделенный сервер, для систем с 5–6 АРМами в качестве сервера сложно использовать одно из рабочих мест.

Таким образом, АСУ КП обеспечивает автоматизацию всех технологических операций на контейнерном пункте. Система внедрена более чем на 400 станциях сети железных дорог. Линейный уровень системы как основной источник информации обеспечивает регистрацию операций с каждым контейнером на всем полигоне российских железных дорог.

Система ДИСКОН – это совокупность территориально и иерархически распределенных, взаимодействующих как единое целое компонентов, обеспечивающих решение функциональных задач системы. Структурная схема ДИСКОН представлена на рисунке.

Информация с линейного уровня в ДИСКОН поступает на дорожный уровень системы, где в каждом из 17 ИВЦ железных дорог ведутся оперативные динамические модели операций с контейнерами (КМД), которые функционируют как составные части единой модели перевозочного процесса дорожной оперативной системы управления перевозками (АСОУП). Контейнерная динамическая модель информационно взаимосвязана с вагонной (ВМД), поездной (ПМД) и отправочной (МГО) моделями дороги. В результате любая операция с контейнером (оформление накладной на отправку, погрузка контейнера на вагон с оформлением вагонного листа, включение вагона с контейнерами в поезд, продвижение поезда) со всей совокупностью реквизитов размещается в модели перевозочного процесса дороги, включая ее составляющую – КМД. Например, при приеме груза к перевозке данные накладной, поступающие в систему в виде сообщения 410, полностью размещаются в модели грузовых отправок (МГО), а в КМД регистрируется соответствующая операция с установлением связи между моделями по номеру

контейнера и номеру накладной. В настоящее время в КМД регистрируется более 60 операций с контейнерами по 26 информационным сообщениям. Таким образом, завершается этап создания средств ведения номерных контейнерных моделей с обеспечением регистрации в них практически всех операций с контейнерами.

Действующее информационное обеспечение системы позволяет утверждать, что она основательно подготовлена к переходу на электронный документооборот в контейнерных перевозках. Это должно стать одной из первоочередных задач развития системы.

Создание полных номерных моделей операций с контейнерами на дорожном уровне дает возможность принципиально изменить подход к подготовке и вводу информации в систему. Теперь не требуется, как раньше, по каждой очередной операции с контейнером полностью набирать всю совокупность описывающих ее реквизитов. Достаточно с клавиатуры АРМ вводить только обновленные данные, а значительное количество реквизитов, сохранивших свои значения, поступает в АСУ КП из ИВЦ железной дороги по моменту прихода контейнера на контейнерный пункт или заблаговременно. За счет этого сокращается время и трудоемкость подготовки данных для ввода в систему, а также повышается качество информации, поскольку исключаются возможные ошибки при повторном наборе реквизитов.

Одним из важнейших качеств системы ДИСКОН является наличие в ней мощной системы контроля входной информации. Информация об очередной операции с контейнером проверяется как на соответствие отдельных реквизитов НСИ, включая автоматизированный банк данных паспортов контейнеров, так и на соответствие ранее введенной в систему информации. Контроль допустимой последовательности операций с контейнером (контроль цепочек операций) стал возможен в полной мере только после расширения состава регистрируемых операций. Теперь в информационной системе нет «черных дыр». Такой «черной дырой» в системе до последнего времени было отсутствие информации о завозе-вывозе контейнеров на площадки, из-за этого

на станциях «зависали» контейнеры после выгрузки из вагона. Следует подчеркнуть, что только комплексная система, включающая взаимодействующие информационные модели основных динамических объектов – поезд, вагон, контейнер, отправка, может обеспечить необходимый уровень качества информации для решения прикладных задач.

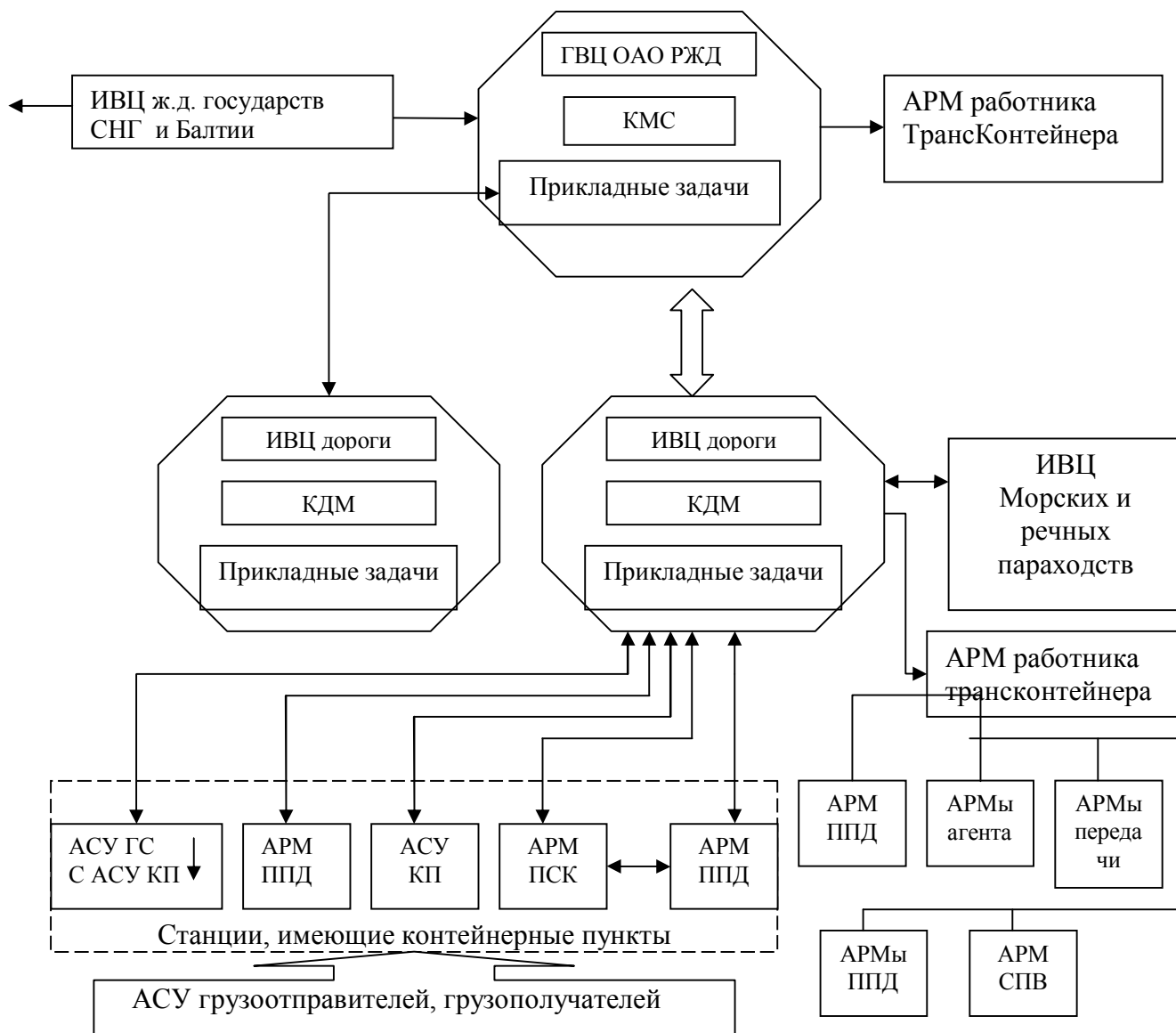


Рис. 5.6

Система ДИСКОН пока является информационно-справочной системой с элементами управления по ограничениям. В ней нет чисто управляющих задач, но в системе контроля входной информации имеются элементы, не позволяющие работникам линейного уровня выполнять запрещенные

действия. Например, существуют правила использования контейнеров инвентарного парка общего пользования стран СНГ и Балтии, в которых имеются ограничения на погрузку контейнеров собственности других государств по назначению.

Эти ограничения присутствуют в системе ДИСКОН в виде НСИ и при вводе информации о приеме груза к перевозке не допускается оформление накладной на контейнер, если направление его следования противоречит правилам использования этого контейнера. Наличие такого контроля позволяет минимизировать потери Российских дорог от переплаты за пользование контейнерами по повышенным ставкам.

Уже на первых этапах создания системы ДИСКОН номерные контейнерные модели на дорожном и сетевом уровнях позволили по-новому, более эффективно решать ряд важнейших задач, а именно:

обеспечение сохранности инвентарного парка контейнеров;

контроль за возвратом контейнеров РЖД, сданных на зарубежные дороги;

обоснованный и точный расчет платы за пользование контейнерами как «чужими» на РЖД, так и принадлежности ОАО «РЖД» на других дорогах СНГ и Балтии;

информирование контрагентов перевозки о состоянии и дислокации контейнеров на любой момент времени;

контроль за соблюдением графика движения ускоренных контейнерных поездов.

Ежегодный экономический эффект от внедрения задач первой очереди системы ДИСКОН составляет не менее 80 млн руб.

Выходная информация из системы ДИСКОН на дорожном и сетевом уровнях выдается на рабочие места пользователей как в регламенте по времени или совершаемым операциям, так и по запросам пользователей. При этом выдача может осуществляться в виде сформированных выходных документов с использованием запросной системы АСОУП или посредством



специализированных АРМов: в АРМе «ТрансКонтейнер», АРМе работника территориального отделения «ТрансКонтейнер» на дороге и АРМе по слежению за ускоренными контейнерными поездами.

Одной из важнейших задач дальнейшего развития должна стать разработка системы автоматического считывания номеров контейнеров. За рубежом практически используется несколько типов систем автоматического считывания информации с контейнеров. Основными из них являются системы двух типов: с использованием датчиков, устанавливаемых на контейнеры, и оптические системы считывания номеров контейнеров. Каждая из названных систем имеет свои достоинства и недостатки, и для условий Российских железных дорог, возможно, следует вести проработки по обоим направлениям. Однако оптическая система имеет одно неоспоримое преимущество, которое, безусловно, говорит о необходимости скорейшего практического опробования именно этого варианта считывания, например, для крупнотоннажных контейнеров. Это преимущество – возможность работы с контейнерами любой принадлежности. Дело в том, что доля контейнеров принадлежности РЖД в контейнерных перевозках не является доминирующей и имеет тенденцию к снижению. А это значит, что альтернативный вариант с установкой датчиков помимо более существенных затрат на реализацию не обеспечит автоматизации ввода кодов для значительной части контейнеров.

Структура контейнеропотоков и порядок организации и перевозки контейнеров на вагонах претерпевают в последнее время на РЖД существенные изменения. Поэтому ставится задача оптимизации порядка формирования вагонов с контейнерами с целью концентрации сортировочной работы с контейнерами, а также увеличения доли контейнеропотока, следующего в ускоренных поездах. В связи с этим должны быть методически проработаны и решены две задачи: составление оптимального плана формирования вагонов с контейнерами и контроль за его соблюдением. Решение первой задачи должно обеспечить сокращение затрат транспорта на

перевозку контейнеров, а второй – избежать потерь от нарушений установленного оптимального порядка пропуска вагонов с контейнерами.

В связи с созданием дочернего общества ОАО «РЖД» – «Транс-Контейнер» – возникают новые задачи по развитию системы ДИСКОН, а именно: ведение раздельного учета и отчетности по контейнерам различной принадлежности; информационное взаимодействие с вновь создаваемой АСУ «Транс-Контейнер»; дальнейшее развитие функций управления на контейнерных терминалах, переданных в состав «ТрансКонтейнер», с отражением их в системе ДИСКОН. При участии всех заинтересованных сторон эти задачи, несомненно, будут решены.

### **5.6 Общесетевая информационная система ЕК ИОДВ**

Единый комплекс интегрированной обработки дорожной ведомости (ЕК ИОДВ) представляет собой информационную систему дорожно-сетевого уровня. За время эксплуатации комплекс зарекомендовал себя как надежный программно-технологический узел АСУ железнодорожного транспорта, работающий в круглосуточном режиме в ГВЦ, а также на ИВЦ всех дорог России и ряде дорог СНГ.

ЕК ИОДВ обрабатывает входные сообщения станций об отправлении и прибытии грузов и информацию ТехПД о поступлениях дебетовых и кредитовых сумм на лицевые счета плательщиков. Он поддерживает работу более 200 тыс. плательщиков, заключивших договора на безналичное обслуживание. Кроме того, производится обработка перевозочных документов с оплатой через экспедиторов, контрагентов Рефсервис и ТрансКонтейнер ОАО «РЖД».

Основной технологической задачей ЕК ИОДВ является сбор информации, подготавливаемой всеми системами линейного уровня, в единую дорожно-сетевую базу данных. Для этого формат входных и диагностических сообщений унифицирован и согласован со всеми смежными системами. Комплекс выполняет функции контроля входной информации, гарантируя при

этом полноту и достоверность обрабатываемых данных. Это достигнуто, в основном, за счет организации логичного технологического процесса, который обеспечивается системой подготовки информации на линейном уровне, рабочими местами ТехПД и НФ, подсистемой дорожного уровня и информационно-технологическим блоком в ГВЦ ОАО «РЖД».

На каждом этапе прохождения информации осуществляются ежедневные сверки ее полноты и достоверности между линейным уровнем и дорогой, между дорогами и ГВЦ. Такая технология позволяет своевременно и в полном объеме взыскивать доходы за перевозки. В ЕК ИОДВ контролируются в режиме реального времени данные по лицевым счетам плательщиков, готовятся данные для формирования финансовой и бухгалтерской отчетности, выдаваемой как системой ЕК ИОДВ, так и ЕК АСУФР.

Рассмотрим вкратце основные функции комплекса (рис. 5.7).

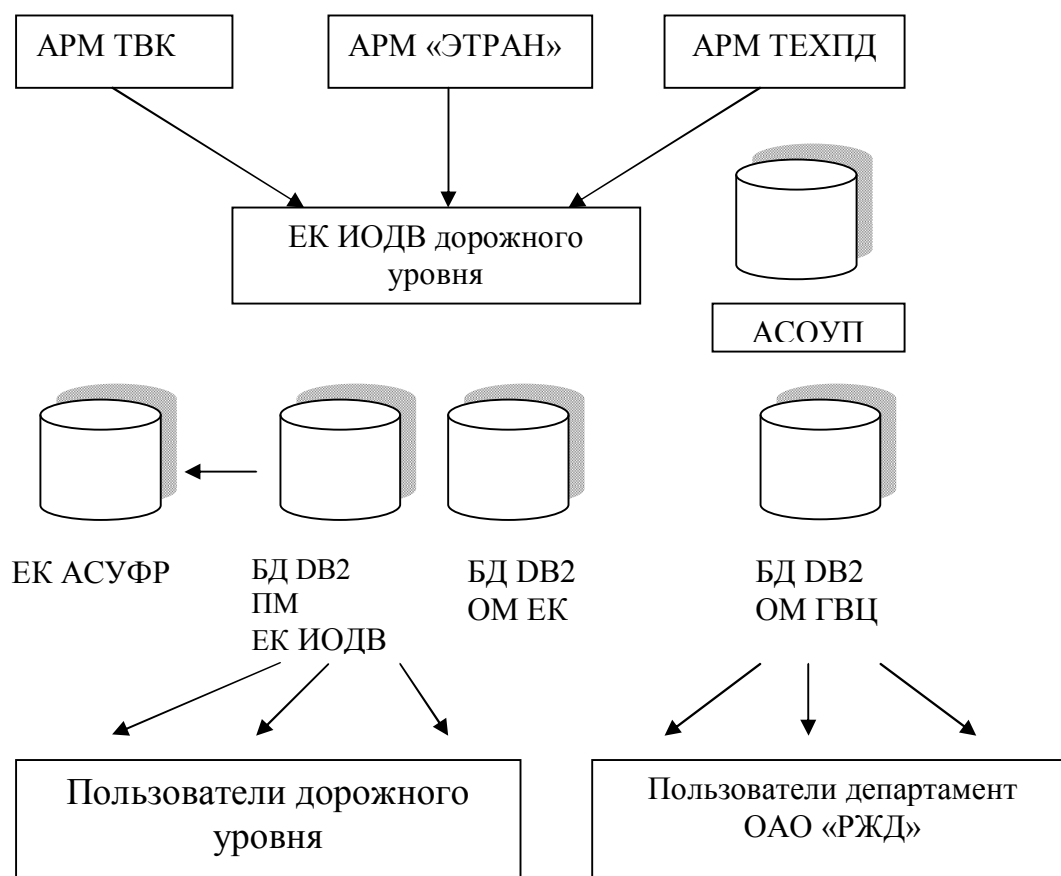


Рис. 5.7

Обеспечение полноты обработки информации о дебете и кредите плательщиков. В процессе эксплуатации ЕК ИОДВ создан такой программно-технологический процесс обработки информации, который исключает ее потерю и искажение. Это достигается путем перекрестных автоматизированных проверок сообщений, подготовленных станцией и ТехПД с наборами документов в базу данных дорожного и сетевого уровней. Полнота информации, поступающей с перевозочных документов на дорожном и сетевом уровнях, обеспечивается благодаря системе формирования и сверки контрольных файлов, которые формируются независимыми программами отдельно на каждом ИВЦ и в ГВЦ ОАО «РЖД». Полнота информации с линейных станций отслеживается системами анализа готовых документов комплекса.

Обеспечение достоверности информации, поступившей в систему, поддерживается развитой подсистемой логического контроля входной информации. Подготовленные на линейном уровне сообщения проходят многоступенчатый информационный аудит и анализ. В процессе первичной обработки подключается более ста справочников с нормативно-справочной информацией, посылаются запросы в смежные автоматизированные системы (АСОУП, базы данных вагонов, заявок и разрешающих телеграмм). Сообщения о прибытии груза сравниваются с сообщениями об отправлении, чем обеспечивается контроль идентичности информации. В случае обнаружения ошибки проводится полная диагностическая проверка АРМа товарного кассира или работника ТехПД.

Решение расчетных задач происходит в режиме реального времени, благодаря чему обеспечивается выполнение технологического процесса перевозки грузов ОАО «РЖД». Сюда относится «Расчет провозной платы» по прейскурантам № 10-01, ТП СНГ и ЕВТ. Комплекс обращается к расчету тарифа по отправлению и прибытию груза. В процессе обработки отправителю выставляется тариф и дополнительные сборы, а также рассчитываются недоборы/переборы тарифа. Независимая от линейного уровня контрольная

таксировка выполняется в точках отправления и прибытия груза, за счет чего обеспечивается правильность начисления провозных платежей и исключаются манипуляции с тарифом. Комплекс ЕК ИОДВ исключает умышленное или неумышленное недовзыскание выручки за грузовые перевозки.

Среди других реализуются следующие расчетные задачи:

расчет тарифных расстояний;

ведение контрольных данных лицевого счета плательщиков в режиме реального времени;

контроль дебиторской задолженности при оформлении документов;

проставление электронного маршрута следования;

контроль исполнения заявок грузоотправителей и разрешающих телеграмм; расчет пени за просрочку в доставке грузов.

Обеспечение вычислительного процесса обработки информации во взаимодействии со смежными автоматизированными системами. Комплекс ЕК ИОДВ взаимодействует с системой АСОУП на этапе обработки входной информации, проставлении электронного маршрута следования по междорожным стыковым пунктам. При этом используется единый формат входного сообщения 410 об отправлении груза и поэтапная совместная диагностика этого сообщения. При непрохождении логического контроля любой из систем обработка сообщения отклоняется. В части передачи информации о дебете плательщиков дорожного уровня ЕК ИОДВ взаимодействует с ЕК АСУФР как в пакетном режиме, так и в реальном времени. В первом случае ежедневно формируется сообщение 342 для пополнения ЕК АСУФР суточной информацией от каждой дороги. Во втором – информация передается посредством встроенных системных средств. Отключение передачи дебета в ЕК АСУФР приводит к невыдаче этой системой финансовых сводок и другой отчетной информации. Кроме того, в ЕК АСУФР передаются сведения о плательщиках дороги.

Формирование и выдача финансовой и экономической информации дорожно-сетевого уровня осуществляются в виде суточных, месячных и

квартальных установленных финансовых выходных форм. К ним относятся девять документов, среди которых свод доходных поступлений формы ФДУ-3 с приложениями; справка о доходных поступлениях; перечень перевозочных документов, оплаченных по квитанциям РС-97; реестр перевозочных документов, включающих сборы за сопровождение и охрану грузов и др.

Следует отметить совместные проекты ВНИИАС и ВНИИЖТ, в которых крупные экономические задачи решены на основании информации ЕК ИОДВ:

мониторинг доходов отрасли;

информационно-аналитическая система многофакторного анализа объемных и макроэкономических показателей грузовых перевозок;

оценка рентабельности перевозок грузов в вагонах парка ОАО «РЖД» и иных собственников;

информационная система для таможенно-брокерского управления;

анализ использования арендованных вагонов;

слежение за захимичиванием и расхимичиванием зерновозов;

нарушения сроков доставки при отправлении скоропортящихся грузов.

Помимо этого ИВЦ дорог совместно с ГВЦ ОАО «РЖД» разработано и внедрено в эксплуатацию программное обеспечение формирования и выдачи других экономических отчетов и отдельных систем, статистической и аналитической информации дорожно-сетевого уровня. Комплекс выдает большое число аналитических справок и отчетов дорожного и сетевого уровня. Среди них:

- отчеты об использовании грузоподъемной силы вагона при погрузке грузов и использовании технических норм загрузки вагонов формы ЦО-29;
- количественный анализ отправленных и прибывших на дорогу грузов по номенклатуре ЕТ СНГ формы ЦО-11;
- отчеты об отправлении груженых и порожних контейнеров формы КЭО-2, КЭО-7;
- отчет об отправлении грузов по дорогам назначения формы ГО-6;
- форма установленной статистической отчетности Ф-65ЖЕЛ;

- данные для формирования сетевых отчетов ЦО-15, 16, 17.

Помимо этого практически каждая дорога разработала собственные приложения и подключила к ним специалистов и руководителей служб и предприятий. Совершенствование комплекса ЕК ИОДВ. Разработчики не только поддерживают общесетевой комплекс в актуальном состоянии в ГВЦ ОАО «РЖД», на дорогах России и СНГ, но и продолжают его развивать и совершенствовать.

Осуществляется перевод комплекса на современную базу данных СУБД DB2, которая является информационным стандартом отрасли для систем дорожного и сетевого уровней. Современные базы данных развернуты на всех ИВЦ и в ГВЦ ОАО «РЖД». Их использование позволяет дополнить ЕК ИОДВ стандартными интерфейсами обмена как с АРМами линейного уровня, так и с общесетевыми комплексами в составе ЕМПП.

Реализована выдача отчетности с использованием Internet-технологий. Практически вся отчетная документация переведена на выдачу из-под порталов дорожного и сетевого уровней.

Выполнена интеграция комплекса в систему единой нормативно-справочной информации ЕНСИ. Это важнейший этап развития, поскольку позволяет отказаться от устаревшей системы хранения и поддержки нормативно-справочной информации.

Ведутся работы по интеграции вычислительного процесса комплекса ЕК ИОДВ в единую среду с АСОУП-2, благодаря чему будет организовано не только технологическое, но и программное взаимодействие систем, что позволит придать существующей технологии обработки перевозочных документов новое информационное качество.

### **5.7 АСУ местной работой на единой базе данных**

Местная работа – один из важнейших, относительно самостоятельных этапов перевозочного процесса в целом. На нее приходится больше половины времени оборота вагона. К сожалению, значительная часть этого времени

неоправданно теряется из-за недостаточной организации перевозочного процесса. Эти потери можно сократить за счет автоматизации процесса управления местной работой и принятия оптимальных решений.

Автоматизация управления местной работой включает два направления: сквозной контроль состояния местной работы (административный контур управления) и информатизацию диспетчерского управления местной работой (технологический контур).

Первое направление реализуется в рамках системы СИРИУС, охватывает все уровни перевозочного процесса (сетевой, дорожный, отделенческий, станционный) и предусматривает выдачу в единых интерфейсах пользователей показателей, характеризующих состояние и итоги местной работы (развоз, выгрузка, наличие порожних вагонов, погрузка, оборот местного вагона, простои, динамика работы по периодам суток и др.). Эффект этого направления заключается в создании системы оценки состояния местной работы и повышении на ее основе ответственности по вертикали управления. Только введение сквозного контроля за вагонами, находящимися под выгрузкой свыше двух суток, позволило резко сократить число этих вагонов.

Второе направление реализуется в рамках специализированной системы АСУ МР и предусматривает создание информационно-управляющих технологий, обеспечивающих планирование и организацию собственно местной работы. Это назначение местных поездов, формирование заказ-нарядов для станций на прицепку вагонов к ним, согласование работы с каждым местным вагоном по всей цепочке операций, включая подачу и уборку с мест выполнения грузовых операций, своевременное обеспечение каждой заявки годным для ее выполнения подвижным составом, организацию эффективной работы локомотивов, выделенных на местную работу и др.

АСУ МР охватывает три уровня организации перевозочного процесса (дорожный, отделенческий и станционный) и предполагает концентрацию основных функций планирования и организации местной работы в рамках созданных в отделах перевозок отделений железных дорог ЦУМРов.



Работы по созданию и внедрению базовой версии АСУ МР были начаты в 2003 г. на Омском отделении Западно-Сибирской дороги в соответствии с указанием МПС России от 23.05.2003 г. № Н-488у «О создании автоматизированной системы управления местной работой». Базовая версия АСУ МР разрабатывалась на основе АСУ станций, созданной специалистами НТЦ «Транссистемотехника». Параллельно на Свердловском отделении начала реализовываться аналогичная система разработки ЦИТ-Транс.

Основная цель тиражирования базовых версий АСУ МР на сеть железных дорог в 2004–2005 гг. – создание необходимой инфраструктуры (АРМы для всех диспетчеров и других работников, участвующих в управлении и организации МР, с включением этих АРМов в общую СПД) и «подъем» до уровня отделений и дороги необходимой дополнительной информации по операциям местной работы на станциях.

Конечная цель создания АСУ МР – оптимизация местной работы, обеспечивающая сокращение затрат на ее выполнение. Средство достижения – создание полнофункциональной системы, обеспечивающей оптимальное планирование и диспетчерский контроль за выполнением планов и установленных нормативов.

АСУ МР реализуется как единая система, включающая расширенную базу данных АСОУП-2 под потребности управления местной работой и комплекс задач по организации, планированию, диспетчерскому контролю, регулированию и анализу МР. В прикладной части Единая АСУ МР существенно расширяет функциональный состав базовых версий системы.

Наличие большого числа объектов управления (тысячи вагонов, десятки локомотивов и местных поездов), огромное число вариантов выполнения работы не поддающееся охвату умом самого опытного управленца. Требуют введения следующей схемы управления: чисто машинное планирование работы с минимальным, строго регламентированным вмешательством человека в этот процесс, последующий диспетчерский контроль и регулирование операций с целью максимально полного выполнения сформированных ЭВМ планов.

Технология оперативного управления местной работой при внедрении АСУ МР основывается на строгой иерархии построения функционального состава системы по следующей схеме: оптимизирующее сменно-суточное планирование (ССП МР); текущее планирование (ТП МР), детализирующее задания ССП МР и обеспечивающее перевыполнение этих заданий или компенсацию отставаний от них; диспетчерский контроль и регулирование местной работы (ДКР МР), обеспечивающие выполнение и перевыполнение текущих планов за счет оптимизации пооперационных заданий на маневровую работу и другие элементы МР; оперативный анализ местной работы (ОА МР), обеспечивающий выявление потерь и дополнительных резервов по итогам выполнения местной работы за каждую смену и сутки.

Система АСУ МР требует перехода от объектов управления типа «парки» на объекты «вагон», «местный поезд», «вывозной локомотив», «маневровый локомотив» с фиксацией в общедорожной базе данных всех операций с этими объектами и прогноза дальнейшей работы с ними. Прогнозные операции с каждым местным вагоном формируются на 30 ч вперед по каждой новой фактической операции, требующей пересчета. При этом прогноз работы рассчитывается с использованием технологической модели организации местной работы (НСИ, включающей правила развоза и сбора вагонов, графики движения местных поездов и работы маневровых локомотивов и нормативы времени на выполнение операций. По сути, эта НСИ является «электронным суточным планом-графиком местной работы», отражающим все допустимые варианты МР).

График местной работы (ГМР) является важнейшим связующим звеном в единой сквозной многоуровневой технологии управления местной работой и одним из базовых элементов создаваемой АСУ МР. Разрабатываемый принципиально новый ГМР на основе организации местных вагонопотоков по «твердому графику» позволит улучшить использование маневровых и вывозных локомотивов, ускорить оборот местных вагонов, стабилизировать

режим работы промышленных предприятий, обеспечить равномерность грузовой работы в течение суток.

Данный график является единым нарядом-заданием для его выполнения на линейном, отделенческом и дорожном уровне управления. График должен стать связующим звеном в единой дорожной технологии местной работы, которое было потеряно при выводе ДНЦ в ДЦУ.

Для непрерывного учета и контроля он доступен всем специалистам, участвующим в процессе местной работы от линейных предприятий до ДЦУ П. Сменно-суточное планирование местной работы основывается на сформированной в базе данных АСУ МР прогнозной модели и, по сути, представляет собой информационную технологию совместного рассмотрения машинного проекта плана лицами, участвующими в планировании, с внесением в него санкционированных корректировок. Подготовленный в результате план включает данные по каждому объекту, и рассчитанные по этим данным показатели как количественные (план выгрузки, развоза, сбора), так и качественные (оборот местного вагона, оборот порожнего вагона и др.). ССП местной работы должен быть тесно увязан с комплексом задач по управлению погрузочными ресурсами.

Важнейший элемент ССП МР – выбор варианта суточного плана-графика местной работы (СПГ МР) на основе оценки фактической обстановки и объема предстоящих работ, пересчет прогнозной модели мирной модели операций с каждым объектом МР с учетом выбранного варианта СПГ МР и расчет показателей ССП МР.

При этом все показатели формируются по данным пообъектной модели и могут меняться человеком только путем изменения СПГ МР и действующих нормативов на операции местной работы.

Текущее планирование МР детализирует задания ССП (с учетом прогноза выполнения суточного и сменного плана на конец периода) и представляет собой информационную технологию совместной работы диспетчерского аппарата трех уровней управления по отработке плана. В текущем

планировании важно согласовать местную работу с поездной, что требует реализации необходимого взаимодействия АСУ МР с ГИД-Урал.

Основной результат ТП МР – уточнение на ближайшие несколько часов времени отправления каждого местного поезда с формированием по нему пономерных заданий на включение и подборку в группы вагонов. Для работы с этими поездами формируются пономерные задания на отцепки/прицепки групп вагонов.

Машинный диспетчерский контроль МР обеспечит формирование на АРМах отклонений от принятых планов и нормативов времени. При этом машина будет формировать (с периодичностью приблизительно 10 мин) прогноз выполнения количественных и качественных показателей на конец смены и суток. Работа по отклонениям должна стать основной формой диспетчерского контроля.

АСУ МР предполагает создание активных АРМов диспетчеров, обеспечивающих непрерывный контроль соблюдения планов, прогноз их выполнения, выдачу данных об отклонениях от установленных нормативов.

Методики реализации всех функциональных задач АСУ МР ориентированы на общедорожную пообъектную модель местной работы, создаваемую в рамках развития АСОУП-2 и отражающую полный набор операций с каждым груженым и порожним вагоном, участвующим в местной работе.

На нижнем уровне управления местной работой требует существенного улучшения организация подачи вагонов на места выполнения грузовых операций и уборки с них. Действующие и новые средства автоматизации на сортировочных и других крупных станциях позволяют реализовать динамическую модель маневровой работы станции с отражением в ней установленных маршрутов, положения стрелок и сигналов, перемещения маневровых групп и отдельных локомотивов.

Эти новые возможности позволили приступить к реализации автоматизированной системы оперативного управления маневровой работой

станции (MaPC), которая станет дополнительным элементом комплексной АСУ станции. Ее разработку ведут ВНИИАС, ЗАО «Центр ИНТОП» и специалисты других организаций.

В 2005 г. ведомственная комиссия ОАО «РЖД» приняла в постоянную эксплуатацию версию 1.0 единой АСУ МР, включая график исполненной местной работы (ГИМР) и контроль ее состояния с использованием схемы района. Основное назначение версии 1.0 – обкатка системных средств и отработка принципиальных технологических решений. Заканчивается также создание версии 1.1, включающей расширенный функциональный состав. В 2005 г. подготовлена для тиражирования версия 1.1 системы MaPC. Обкатка ее производится на станции Солнечная Московской дороги.

С 2006 г. внедряется на дорогах сети единая АСУ МР, в которую интегрированы все оправдавшие себя разработки по базовым версиям НТЦ «Транссистемотехника» и ЦИТТранс, а новые разработки делаются только в ее среде.

Это обеспечит сетевое единство автоматизированной системы управления местной работой, быстрее ее функциональное развитие.

## **5.7 Автоматизированная информационная система организации перевозок грузов по безбумажной технологии (АИС ЭДВ)**

### **Назначение комплекса**

АИС ЭДВ является информационно-справочной системой организации перевозок грузов на основе данных перевозочных документов в «электронном» виде, обеспечивающих интегрированную обработку всех данных, содержащихся в перевозочных документах, сопровождающих перевозку грузов, для выполнения различных производственных, коммерческих, таможенных и других операций.

Реализованная в настоящее время организационная структура системы включает два уровня – линейный и дорожный. Вся информация об отправке

(электронное досье перевозки) размещается в информационных базах дорожного вычислительного центра.

Организация перевозок грузов с использованием электронной накладной – одно из направлений новой информационной технологии перевозок грузов по железным дорогам России на базе отправочной модели перевозочного процесса.

В основе технологии лежит принцип, что с момента формирования электронная накладная выполняет функции договора перевозки. Все полученные на ее основе бумажные документы являются заверенными копиями электронной накладной. Электронная накладная предъявляется железной дороге в электронном виде, либо формируется железной дорогой при окончательном оформлении перевозочных документов на основании бумажной накладной, заполненной грузоотправителем. Электронная накладная сопровождает груз на все пути следования и выдается грузополучателю в электронном или бумажном виде. В пути следования и на станции назначения в электронную накладную вносятся все отметки, установленные Правилами перевозок грузов на железнодорожном транспорте.

### **Реализованные функции**

Созданный на настоящий момент программный комплекс АИС ЭДВ позволяет выполнить следующие технологические функции при организации перевозок грузов по безбумажной технологии с использованием электронной накладной:

- сформировать после приема груза к перевозке и передать на ИВЦ электронную накладную на отправки всех видов по сообщению 410;
- в процессе продвижения отправки от станции приема груза к перевозке к станции назначения обеспечить отражения в электронном досье всех необходимых операций с отправкой (переадресовку, перегруз груза, проследование стыковых станций и другие);
- доставить электронную накладную до станции назначения и передать на АРМ ТВК;

- произвести раскредитование отправок на станции назначения;
- для маршрутных и групповых отправок в пути следования сформировать и передать сведения об отцепки вагонов от отправки;
- в пути следования при возникновении нештатных ситуаций получить в виде документа бумажную копию электронной накладной;
- обеспечить сохранность и безопасность информации и санкционированность доступа к ней.

### **Направления развития АИС ЭДВ**

- организация перевозок грузов в условиях информационного обмена между дорогами данной электронной накладной при сопровождении груза электронной накладной и вагонным листом;
- развитие сетевого уровня АИС ЭДВ, с целью полноценной информационной поддержки перевозок в прямом сообщении;
- развитие программных средств АИС ЭДВ в рамках поэтапного перевода их на ПТК нового поколения;
- участие в реализации международных проектов в области транспортной логистики (ТЭДИМ), а также развитие взаимовыгодного информационного обмена с иностранными дорогами СНГ и ОСЖД;
- осуществления выхода на управление прямыми перевозками через порты.

### **Основные составляющие эффективности**

Снижение эксплуатационных расходов на перевозку за счет:

- сокращения трудовых затрат на подготовку, оформление и обработку перевозочных документов при отправлении, в пути следования и прибытия на станцию назначения;
- сокращения трудовых затрат на подготовку и передачу данных о местоположении и подходе груза для соседних дорого и станций назначения;
- сокращения потерь от разъединения груза от документов и утери груза.

Получение дополнительной прибыли за счет:

- привлечения дополнительных объемов перевозок путем расширения транспортных услуг, повышения надежности и сохранности перевозок, информационного обеспечения современных транспортных технологий;
- организации дополнительных транспортных услуг грузовладельцам, экспедиторам и другим участникам перевозки по слежению за состоянием и местоположением отправки;
- снижения вероятности потерь упущенной прибыли за счет информационного взаимодействия с определенными железными дорогами и другими видами транспорта.

### **Реализация**

Данная разработка представляет систему, включающую компоненты линейного и дорожного уровней.

- Программные средства введения баз данных и обработки информационных потоков располагаются на MAINFRAME (типа IBM9672) под управлением операционных систем OS 390.
- Обеспечивающие программные средства, входящие в состав комплексов автоматизированных рабочих мест работников линейных служб, располагаются на персональных компьютерах (в абонентских пунктах) с использованием РС.

### **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КОММЕРЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ ПО БЕЗБУМАЖНОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ НАКЛАДНОЙ (АИС ЭДВ)**

Информатизация на железнодорожном транспорте призвана обеспечить решение стратегических задач совершенствования транспортного обслуживания. В этом плане первоочередными направлениями являются:

развитие транспортных услуг для наиболее полного удовлетворения нужд пользователей, включая полное информационное сопровождение грузовых перевозок:

создание и использование современных технологий перевозок грузов в интересах пользователей на основе применения принципов логистики,



информатизации и использования возможностей электронного обмена данными.

Реализация этих направлений возможна в условиях дальнейшего развития и широкого применения (использования) автоматизированных информационных систем, обеспечивающих электронизацию документооборота и переход к современным, в том числе безбумажным, информационным технологиям. На российских железных дорогах такой системой является АИС ЭДВ. Однако созданная на настоящий момент система базируется на поездных и повагонных моделях АСОУП и потому не позволяет отображать в системе выполнение большинства коммерческих операций. Для развития и широкого использования АИС ЭДВ на железных дорогах Российской Федерации в первую очередь необходимо создание технологической основы выполнения коммерческих операций с соответствующим правовым обеспечением.

Принципы и положения впервые разработанной АСУЖТ технологии выполнения коммерческих операций в АИС ЭДВ охватывают все функции, выполнявшиеся традиционным способом, в то время как ранее проведенные исследования рассматривали принципы одного из подходов в создании поотправочных моделей перевозок при ограниченном наборе выполняемых коммерческих операций. При этом в новой разработке учитывается возможность поэтапного перехода на соответствующий уровень автоматизации сопредельных железных дорог и транспортных узлов.

Использование АИС ЭДВ на определенном полигоне означает, что в этих границах основные функции договора на перевозку выполняет электронный документ (электронная накладная) и его бумажная копия, выдаваемая на печать в регламентированных случаях по установленной форме. При этом все информационные сообщения и документы как в электронном виде, так и на твердом (бумажном) носителе формируются исключительно на основе электронного документа, и их подлинность может быть подтверждена только на его основе.

Поэтому основным принципом, заложенным в предлагаемые технологические решения, является принцип полного совпадения данных электронной накладной в базе данных АИС ЭДВ и бумажной ее копии после выполнения любой коммерческой операции. Выполнение любой коммерческой операции должно сопровождаться передачей в АИС ЭДВ соответствующего информационного сообщения и модификацией на его основе электронного досье по отправке в базе данных АИС ЭДВ.

Формирование электронного перевозочного документа осуществляется на основе получения соответствующих сообщений и первичных документов в электронном виде непосредственно по каналам связи или на машинном носителе.

Таким образом, предлагаемая технология выполнения коммерческих операций исходит из того, что грузоотправитель может представить накладную на визирование в виде электронного сообщения на машинном носителе или бумажной накладной установленной формы и получить визу от железной дороги в том же виде.

АИС ЭДВ обеспечивает необходимую надежность и сохранность данных, соблюдение конфиденциальности и санкционирования доступа к информации в соответствии с требованиями, изложенными в Техническом задании на систему, а также с учетом последующих изменений и дополнений.

АИС ЭДВ обеспечивает также ведение архива электронных документов и сообщений в соответствии с нормативными документами и обусловленными требованиями доступа к нему.

Предполагается также, что для эксплуатации АИС ЭДВ с применением предлагаемых технологий созданы необходимые организационные, технологические и технические условия.

Остановимся подробнее на основных принципах выполнения коммерческих операций в АИС ЭДВ, разбив их на три группы — коммерческие операции, выполняемые на станциях отправления, в пути следования, на станциях назначения отправок.

## **Операции выполняемые на станции отправления**

На станциях отправления груза выполняется ряд коммерческих операций, объединенных под общим названием «Прием груза к перевозке». Набор коммерческих операций, выполняемых с грузом, определяется видом отправки, родом груза, местом и средствами погрузки и может включать: визирование отправки; прием груза приемосдатчиком железной дороги; взвешивание на весах железной дороги; проверку правильности погрузки и крепления; оформление перевозочных документов товарным кассиром после приема груза к перевозке приемосдатчиком железной дороги; др.

### **Визирование накладной**

Накладную на груз, предъявляемый к перевозке, оформляет грузоотправитель. Накладная на визирование может быть представлена в виде электронного сообщения, переданного по каналам связи или записанного на дискету (при наличии средств автоматизации у грузоотправителя), или отпечатанного документа на бумаге установленной формы (на бланках типографского образца или по форме ГУ-27у-ВЦ).

При приеме сообщения с электронной накладной на визирование по каналам связи или с дискеты на автоматизированном рабочем месте товарного кассира (АРМ ТВК) производится логический и форматный контроль принимаемой информации. После обработки информация записывается в специальный массив АРМ ТВК. При обнаружении ошибок сообщение пересылается в АИС ЭДВ для передачи на АРМ отправителя с соответствующим кодом ошибки, а при считывании с дискеты или при вводе информации с бумажной накладной, предъявленной на визирование, перечень ошибок выводится на экран и ошибки исправляются на АРМ ТВК в присутствии представителя грузоотправителя.

Просмотрев на экране результаты работы комплекса программ визирования, товарный кассир принимает решение о присвоении номера визы отправке. Если принято положительное решение, то программно из специального счетчика отправке присваивается номер визы. На АРМ ТВК формируется и передается в АИС ЭДВ, а оттуда на АРМ грузоотправителя информационное сообщение, в котором указаны: номер визы; номер плана, в счет которого разрешена погрузка или завоз груза на станцию; дата, на которую разрешена погрузка или завоз груза на станцию; фамилия лица, завизировавшего электронную накладную. Для мелкой и малотоннажной отправок, кроме того, передается присвоенный номер железнодорожной марки.

В случае отказа в визировании на АРМ ТВК формируется и передается в АИС ЭДВ, а оттуда на АРМ грузоотправителя информационное сообщение с указанием кодов ошибок или причин отказа в визировании (в поле для номера визы – ноль).

В случае предъявления на визирование бумажной накладной товарный кассир вписывает в нее: номер визы; номер плана, в счет которого разрешается погрузка или завоз груза на станцию; дату погрузки или завоз груза на станцию; дату погрузки или завоза груза на станцию; расписывается. Накладная передается грузоотправителю.

Электронная информация с завизированной накладной хранится в АРМ ТВК под соответствующим номером визы. Информация о завизированной отправке передается в АИС ЭДВ.

### **Оформление приема груза к перевозке приемосдат- чиком железной дороги**

После погрузки груза по отправке в вагон (контейнер) грузоотправитель заполняет в бумажной накладной: данные о вагоне (контейнере); при определении массы грузоотправителем – массу погруженного груза (если она не была указана ранее); сведения о креплении грузов в соответствии с

требованиями Технических условий с подписью ответственного работника за их выполнение; информацию о пломбах (для контейнеров).

Вагоны с грузом сдаются грузоотправителем приемосдатчику железной дороги по бумажным накладным установленным бланковых форм или формы ГУ-27у-ВЦ.

Если масса груза в предъявленном вагоне определяется на весах железной дороги совместно с грузоотправителем, то приемосдатчик железной дороги, производящий взвешивание, вписывает в накладную массу груза в вагоне и расписывается в накладной вместе с представителем грузоотправителя.

При приеме к перевозке грузов, крепление которых производится по чертежам, не предусмотренным ТУ, накладная предъявляется начальнику станции (заместителю или старшему приемосдатчику) для проверки правильности крепления и подписи.

После завершения оформления накладной приемосдатчик оформляет бумажный вагонный лист (если станция назначения не работает в системе АИС ЭДВ и при отсутствии АРМ приемосдатчика), который вместе с накладной передает в товарную контору для дальнейшего оформления.

При наличии АРМ приемосдатчика, соединенного каналами связи с АРМ ТВК или работающего в составе АСУ ГС, АСУ КП или КСАРМ, а также в случае, когда станция назначения входит в систему АИС ЭДВ, бумажный вагонный лист не оформляется. Приемосдатчик вводит на АРМ с накладной: сведения, внесенные в накладную грузоотправителем при погрузке; сведения о массе груза, если она определялась на весах железной дороги; фамилии приемосдатчика железной дороги и представителя грузоотправителя, производивших взвешивание; фамилию представителя железной дороги, проверившего крепление груза (если таковое произведено по чертежам). Введенная с АРМ информация поступает в единую базу данных станции или пересылается в виде электронного сообщения на АРМ ТВК. Бумажная накладная пересылается в товарную контору для дальнейшего оформления.

## **Оформление накладной товарным кассиром после приема груза к перевозке приемосдатчиком железной дороги**

При получении от приемосдатчика накладной на принятый к перевозке груз товарный кассир проверяет полноту и правильность заполнения всех полей электронной накладной и доводит на АРМ ТВК недостающую информацию. После этого производится таксировка отправки с присвоением ей номера на АРМ ТВК.

В зависимости от уровня автоматизации системы организации перевозок грузов по безбумажной технологии, а также особенностей перевозок отдельных видов грузов перевозка груза может производиться с перевозочными бумажными документами и без них.

Сопровождение груза бумажными перевозочными документами предполагает, что в качестве накладной выступает универсальная электронная накладная формы ГУ-27у-ВЦ, являющаяся бумажной копией электронной накладной в базе данных АИС ЭДВ и подписанная товарным кассиром станции отправления, а в качестве дорожной ведомости — универсальная дорожная ведомость формы ГУ-29у-ВЦ.

В случае если в пути следования бумажные перевозочные документы груз не сопровождают (все станции на пути следования груза, а также станции отправления и назначения включены в систему АИС ЭДВ), то на АРМ ТВК выдаются на печать следующие документы: корешок универсальной накладной и грузовая квитанция.

В случае если в пути следования бумажные перевозочные документы груз сопровождают, выдача их на печать на АРМ ТВК может производиться в двух вариантах:

станция назначения включена в систему АИС ЭДВ – универсальная электронная накладная (в правом верхнем углу – «БЕЗ ДОРОЖНОЙ ВЕДОМОСТИ»); для маршрутных, групповых, повагонных, групповых

контейнерных отправок – «БЕЗ ДОРОЖНОЙ ВЕДОМОСТИ И ВАГОННОГО ЛИСТА»), корешок универсальной накладной или грузовая квитанция;

станция назначения не включена в систему АИС ЭДВ – универсальная электронная накладная, корешок универсальной накладной, универсальная дорожная ведомость или грузовая квитанция.

Корешок универсальной накладной является полной печатной копией введенной товарным кассиром (или приемосдатчиком железной дороги при наличии у него АРМ) информации с накладной, внесенной в нее грузоотправителем после погрузки, рассчитанных провозных платежей и присвоенного на АРМ ТВК номера отправки. Использование корешка универсальной накладной позволяет товарному кассиру не вписывать в накладную данные о провозных платежах и номере отправки и тем самым полностью исключает возможность внесения в документ ошибки при переносе информации с экрана. Корешок универсальной накладной, сшитый с накладной, пересылается в ТехПД при ведомостях ГУ-3 (ГУ-4) вместо корешка дорожной ведомости.

При погрузке груза на местах общего пользования в случае, если груз будет следовать с перевозочными документами, из товарной конторы на фронт погрузки приемосдатчику железной, дороги передается универсальная электронная накладная ЭДВ (и универсальная дорожная ведомость, если станция назначения не работает в системе АИС ЭДВ).

В случае следования груза при перевозочных документах в техническую контору передаются:

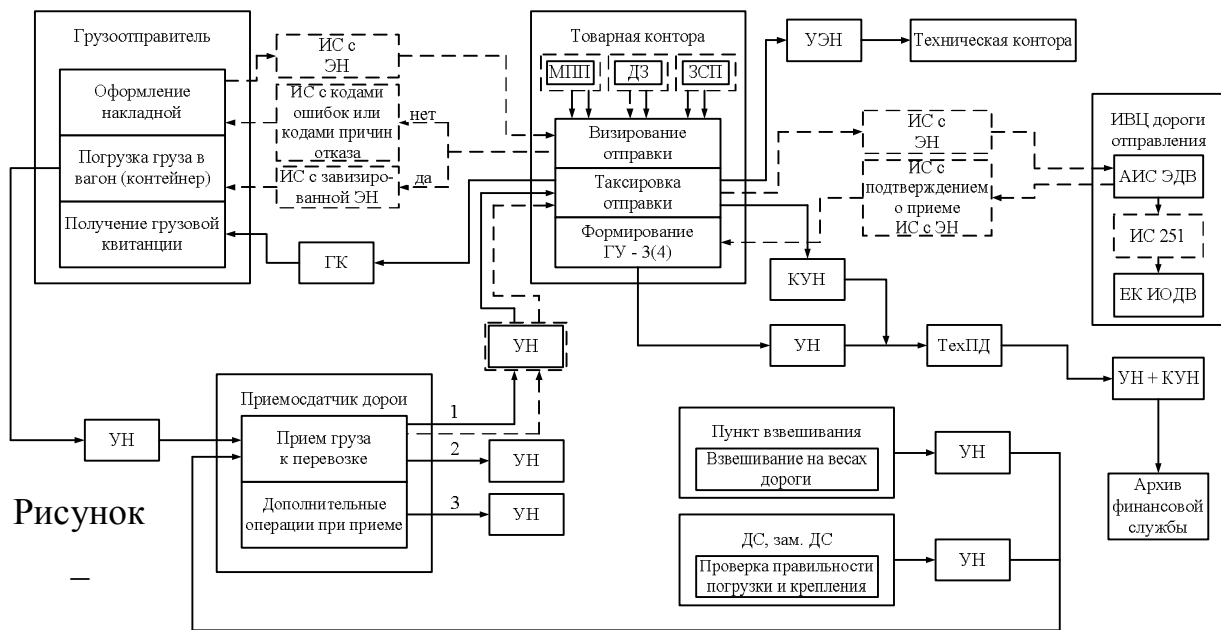
на повагонные отправки, групповые контейнерные отправки по плану повагонных и маршрутные (групповые) отправки – универсальная электронная накладная или универсальная электронная накладная с универсальной дорожной ведомостью и вагонным листом (если станция назначения отправки не включена в систему АИС ЭДВ);

на вагоны с мелкими отправками и с контейнерами – вагонный лист с подшитыми к нему универсальными электронными накладными (и

универсальными дорожными ведомостями, если станция назначения отправки не работает в системе АИС ЭДВ).

В случае следования груза без перевозочных документов информация по вагонам в техническую контору поступает из АСУ ГС, АСУ КП, КСАРМ или АИС ЭДВ дорожного уровня. При формировании натурального листа поезда по таким вагонам в примечании должна быть сделана соответствующая отметка.

Накладная, оформленная грузоотправителем и подписанная представителями грузоотправителя и железной дороги, вместе с подшитым корешком универсальной накладной хранится в архиве финансовой службы



Рисунок

Структурная схема приема груза к перевозке на местах необщего пользования и местах общего пользования при погрузке груза средствами грузоотправителя при наличии АРМ ТВК в случае, когда станция назначения отправки работает в

АИС ЭДВ

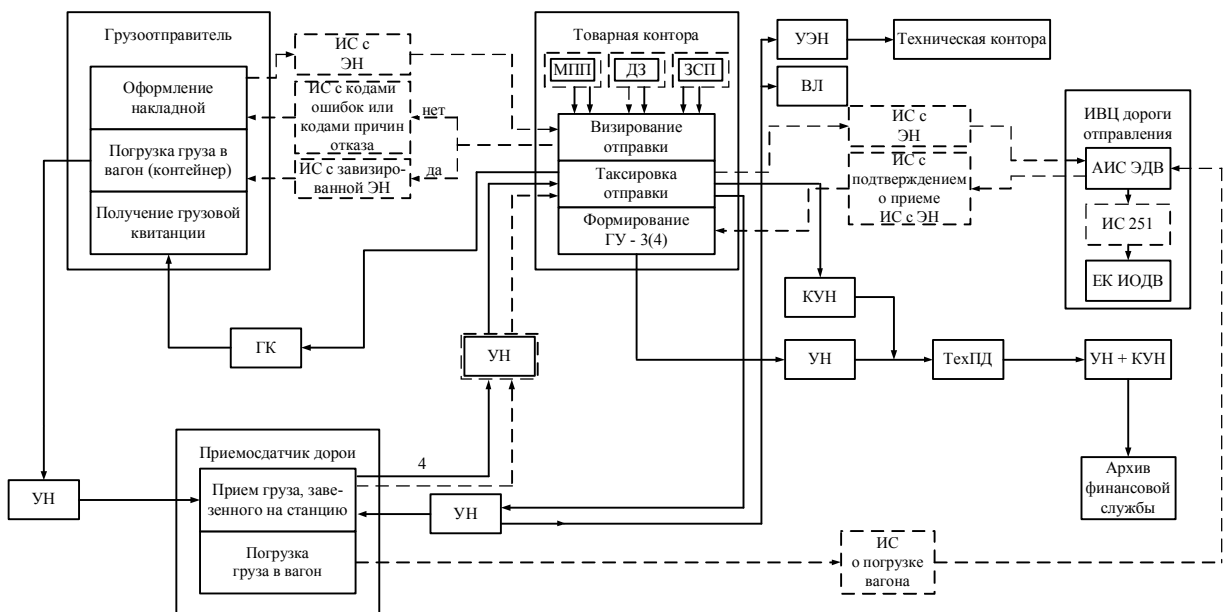




Рисунок 12 – Структурная схема приема груза к перевозке на местах общего пользования при погрузке средствами железной дороги при наличии АРМ отправителя и АРМ ТВК в случае, когда станция назначения отправки работает в АИС ЭДВ

дороги отправления.

На рисунке 11 и рисунке 12 приведены структурные схемы приема груза к перевозке соответственно на местах необщего и общего пользования при наличии АРМ отправителя и АРМ ТВК в случае, когда станция назначения отправки работает в АИС ЭДВ.

### **Коммерческие операции в пути следования**

В пути следования могут выполняться следующие коммерческие операции:

- изменение станции назначения груза (переадресовка);
- оформление перегрузки груза в другой вагон;
- оформление досылки груза к основной отправке;
- оформление отправок в пунктах коммерческого осмотра;
- оформление передачи груза другим организациям (реализация груза);
- сортировка мелких отправок и контейнеров;
- оформление случаев повреждения вагонов, произошедших по вине проводника грузоотправителя (грузополучателя);
- оформление случаев, когда проводник грузоотправителя (грузополучателя) не может сопровождать груз до станции назначения;
- оформление перегрузки груза, перевозимого по прямым документам, составленным на весь путь следования с участием железнодорожных линий широкой и узкой колеи;
- оформление случаев обнаружения документа без груза (при сопровождении груза при перевозке бумажными перевозочными документами).

Особенностью технологии выполнения коммерческих операций на станциях в пути следования является то, что в зависимости от этапности внедрения системы станции могут быть включены или не включены в АИС ЭДВ.

На станциях, включенных в АИС ЭДВ, выполнение любой коммерческой операции предполагает следующую технологическую схему. По запросу из АИС ЭДВ на станцию передается информационное сообщение с электронной накладной.

На основании полученной информации (если груз не сопровождали бумажные перевозочные документы) на соответствующем автоматизированном рабочем месте (АРМ), которое определено для каждой коммерческой операции, печатается документ определенного вида, в котором отражается ход выполнения операции. При полной автоматизации всех технологических процессов на станции печатания документа не требуется. Такие бумажные документы остаются на хранении в делах станции.

По каждой операции (каждому этапу выполнения операции) в АИС ЭДВ передается соответствующее информационное сообщение.

Если при перевозке груз сопровождали перевозочные документы, то по окончании выполнения коммерческой операции на печать выдается бумажный перевозочный документ, который является копией электронной накладной. При перевозках во внутригосударственном сообщении на печать выдается универсальная электронная накладная формы ГУ-27у-ВЦ, при перевозках в международном сообщении – перевозочный документ, форма которого установлена соответствующим международным соглашением. Этот документ заверяется подписью ответственного работника станции и календарным штампом. Документ, сопровождавший груз, с соответствующей отметкой остается на хранении в делах станции, новый бумажный документ с приложенными к нему актами сопровождает груз далее при перевозке до следующей станции выполнения коммерческой операции в пути следования.

На станциях, не включенных в АИС ЭДВ, коммерческие операции выполняются действующим порядком. Выполнение операции отражается внесением в перевозочные документы, прибывшие с грузом, отметок, предусмотренных Правилами перевозок грузов. Перевозочные документы, прибывшие с грузом, сопровождают его далее при перевозке до следующей станции выполнения коммерческой операции в пути следования. Порядок передачи информационных сообщений в этом случае устанавливается для каждой коммерческой операции исходя из ее особенностей и местных условий.

### **Коммерческие операции на станции назначения**

На станции назначения отправки выполняются коммерческие операции, связанные с выдачей груза получателю. К таким операциям относятся раскредитование отправки и оформление выгрузки груза. Кроме того, на станции назначения могут выполняться переадресовка груза, передача груза другим организациям (при отсутствии грузополучателя в районе тяготения к станции назначения), оформление приема порожних специализированных вагонов после выгрузки и случаев обнаружения прибывших неочищенных специализированных вагонов.

Для выполнения названных выше коммерческих операций при перевозке груза в АИС ЭДВ на станции назначения должны быть выполнены следующие подготовительные операции. После передачи из технической конторы станции в товарную контору универсальных электронных накладных формы ГУ-27у-ВЦ на прибывшие отправки (если бумажные перевозочные документы сопровождали груз) товарный кассир в случае отсутствия АРМ приемосдатчика распечатывает вагонные листы на отправки и передает их приемосдатчикам железной дороги (по принадлежности). На прибывшие порожние специализированные вагоны, следовавшие без перевозочных документов, товарный кассир распечатывает универсальные электронные накладные на АРМ и передает их приемосдатчику железной дороги.

Далее коммерческие операции на станции назначения выполняются следующим порядком.

### **Раскредитование отправки**

При раскредитовании отправки товарный кассир проводит таксировку отправки на АРМ ТВК по прибытии, вводит с АРМ или берет уже готовый макет данных о представителе грузополучателя, производящем раскредитование, и выводит на печать универсальную электронную накладную (если груз следовал без сопровождения бумажными перевозочными документами) и универсальную дорожную ведомость формы ГУ-29у-ВЦ с блоком кодов для ТехПД по структуре сообщения 252. Кроме того, если груз прибыл в специализированном вагоне, на печать выдается универсальная накладная на пересылку порожнего вагона по соответствующему учету по форме ГУ-27у-ВЦ.

Товарный кассир проставляет календарный штамп на универсальной дорожной ведомости, универсальной электронной накладной, а также расписывается в универсальной дорожной ведомости и универсальной электронной накладной (место для подписи для обоих документов предусмотрено в блоке со сведениями о взысканных платежах на станции назначения).

Грузополучатель расписывается за получение груза в универсальной дорожной ведомости. Универсальная электронная накладная выдается грузополучателю. Если груз прибыл в специализированном вагоне, грузополучателю также выдается универсальная накладная на пересылку порожнего вагона.

На АРМ ТВК формируется и передается в АИС ЭДВ информационное сообщение о раскредитовании отправки со взысканными платежами и кодами дополнительных сборов на станции назначения, которые будут взысканы с

грузополучателя (кроме сборов, которые будут взыскиваться по актам или отметкам в накладной, оформленным в пути следования).

После приема сообщения в АИС ЭДВ и модификации информации в базе данных по отправке информация о взысканных платежах и кодах ожидаемых к взысканию дополнительных сборов (для контроля полноты оплаты) должна быть передана в ЕК ИОДВ.

### **Оформление выгрузки груза**

В АРМ приемосдатчика железной дороги по моменту окончания выгрузки груза на местах общего пользования средствами железной дороги или при получении уведомления об окончании выгрузки на местах необщего пользования или местах общего пользования средствами железной дороги формируется и передается в АИС ЭДВ информационное сообщение о выгрузке вагона с номером акта общей формы и кодом случая, на который он был оформлен (при его оформлении). При отсутствии АРМ приемосдатчика информация передается с АРМ ТВК по мере поступления в товарную контору сведений о выгруженных вагонах.

При получении информационного сообщения с номером акта общей формы и соответствующего кода случая, на который он был оформлен, в базе данных АИС ЭДВ делается отметка об ожидании оформления коммерческого акта. Информация из АИС ЭДВ об оформленном акте должна быть передана в Автоматизированную систему по актово-претензионной работе

После оформления коммерческого акта информация об акте должна быть передана с АРМ актово-розыскного стола станции в АИС ЭДВ для внесения соответствующей отметки в базу данных, а из АИС ЭДВ в виде соответствующего информационного сообщения – в Автоматизированную систему по актово-претензионной работе.

## **Оформление приема специализированных вагонов после выгрузки**

Приемосдатчик железной дороги принимает порожние специализированные вагоны от грузоотправителя по универсальным накладным по форме ГУ-27у-ВЦ, подписанным агентом получателя груза и заверенным печатью или штампом грузополучателя. Приемосдатчик железной дороги передает универсальные накладные в товарную контору.

В случае если универсальная накладная будет сопровождать порожний специализированный вагон товарный кассир отрезает корешок универсальной накладной, который остается на хранении в делах станции, проставляет на универсальной накладной календарный штамп и передает универсальную накладную в техническую контору. На АРМ ТВК формируется и передается в АИС ЭДВ информационное сообщение с информацией в объеме пересылочной накладной.

В случае когда перевозка порожнего специализированного вагона будет производиться без бумажного перевозочного документа, товарный кассир проставляет на универсальной накладной календарный штамп и оставляет ее на хранении в делах станции. На АРМ ТВК формируется и передается в АИС ЭДВ информационное сообщение с информацией в объеме пересылочной накладной. Сведения о вагоне в техническую контору поступают из АСУ ГС, КСАРМ или АИС ЭДВ дорожного уровня.

## **Оформление случаев обнаружения не очищенных специализированных порожних вагонов, прибывших под погрузку**

При обнаружении неочищенного вагона на основании данных в универсальной накладной (универсальной электронной накладной) на пересылку порожнего вагона, заполненной приемосдатчиком станции погрузки, с АРМ приемосдатчика (или АРМ ТВК) и АИС ЭДВ передается информационное сообщение о прибытии неочищенного порожнего специализированного вагона. Это сообщение должно быть передано на дорогу

отправления вагона для внесения отметки в информацию по отправке на дороге отправления в базе данных АИС ЭДВ и передачи информации в ЕК ИОДВ об ожидаемом взыскании штрафа за неочистку вагона.

Переадресовка груза и передача груза другим организациям производятся порядком, аналогичным изложенному в разделе «в пути следования».

Структурная технологическая схема выполнения коммерческих операций на станциях назначения и схема документооборота представлены на рисунке 13.

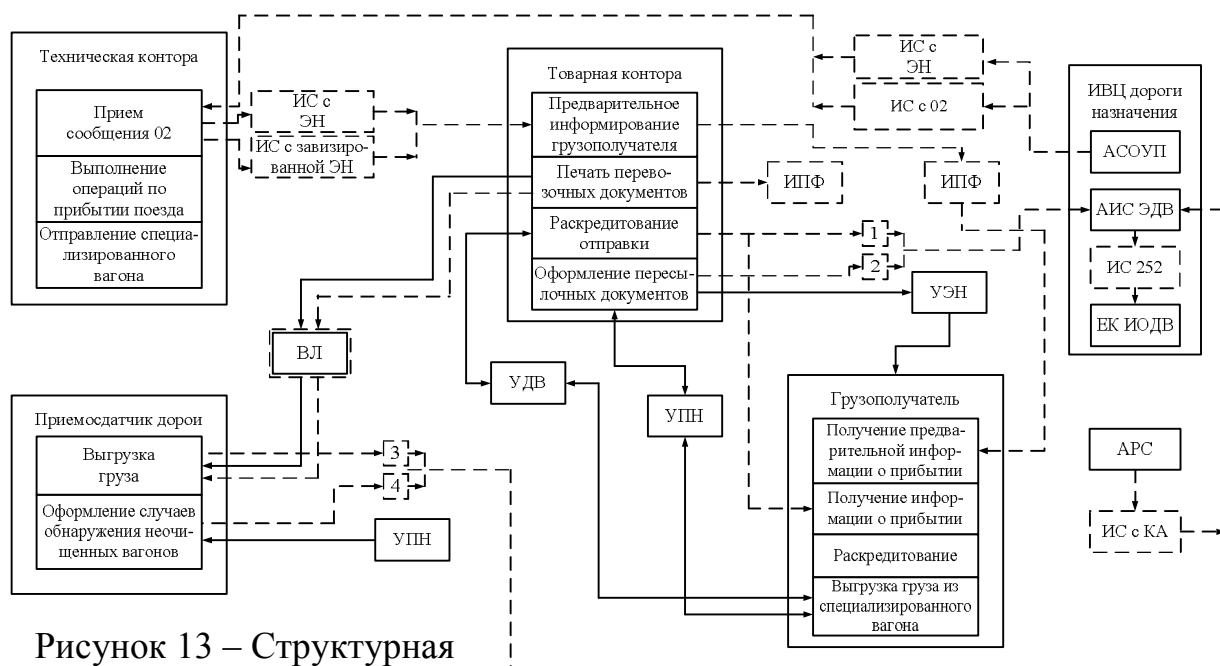


Рисунок 13 – Структурная

схема выполнения коммерческих операций в АИС ЭДВ на станции назначения (груз не сопровождали бумажные перевозочные документы)

## 5.9 АСУ Грузовой экспресс

*«Информационно-аналитическая система с элементами прогнозирования продвижения вагонов и грузов до пунктов назначения (крупных промышленных предприятий, портов, погранпереходов) на базе Автоматизированной Системы Управления станциями»* разработана Центром Информационных Технологий на Транспорте (ЦИТТранс) в рамках программы «Грузовой экспресс» - автоматизированной системы обеспечения своевременной и адресной доставки грузов - и является ее компонентом.

### *Назначение системы*

Автоматическая обработка, архивация и хранение данных о погрузке грузов, их продвижении и выгрузке с целью формирования полной модели подхода поездов, порожних вагонов, контейнеров, местного и экспортного груза с анализом выполнения срока доставки и последующего предоставления различных типов информационных выборок этих данных в регламенте и по запросу в любой момент времени.

### *Порядок информационного взаимодействия составляющих системы между собой и с другими внешними системами*

Решение задачи прогнозирования подвода грузов базируется на результатах решения других комплексов задач АСУ станциями, формирующих полные информационные модели управляемых районов, с информацией из перевозочных документов сразу после их оформления на месте погрузки. С этой целью организуется передача в АСУ станциями, в том числе за счет поступления информационных потоков извне.

Станция (припортовая, пограничная, грузовая) обеспечивается **сообщениями 410** установленной структуры со станций отправления, оборудованных АРМ ТВК или аналогичными АРМами.

В рамках АРМ ТВК (ЦИТТранс) при оформлении погрузки на станции отправления определяется необходимость и обеспечивается ввод дополнительных сведений о грузе (марка угля, сорт стали, упаковка, уточняющий код получателя) в зависимости от пункта назначения и перевозимого груза. Эта информация используется при определении **прогнозируемого места подачи** и автоматизации разметки состава по местам выполнения операций с вагонами.

Существуют объективные причины, по которым первичные сведения об отправке груза не могут быть получены (или могут быть не получены) непосредственно со станции погрузки. При реализации приема из дорожной системы АСОУП и обработки сообщения "дальнего информирования" **с. 2977** по проследованию станций, не входящих в "зону влияния" системы управления станциями, появилась возможность не только иметь полные сведения об отправке, но и отследить продвижение по сети дорог СНГ грузов (вагонов) в



интересующий пункт назначения. Свежая информация о местонахождении и состоянии груза в вагоне, контейнере поступает в АСУ станции от системы вышестоящего уровня дороги (АСОУП) при отправлении груза в составе поезда со станции погрузки, при проходе междорожных стыков, при бросании поезда независимо от того, является ли станция бросания стыковой или нет, при проследовании крупных (или важных с точки зрения дороги) станций своей дороги.

Взаимодействие со смежными информационными системами (АСОУП, ЕК ИОДВ и т.п.) определено **информационными сообщениями и стандартными интерфейсами** и обеспечивает необходимый уровень достоверности исходной информации методом логического контроля по требованиям ИС, на основании утвержденных нормативных документов.

#### ***Организация информационного взаимодействия с клиентами при приеме груза к перевозке***

Основным объектом автоматизации данного комплекса является оформление перевозочных документов с целью оптимизации эксплуатационной работы в части передачи информации о погрузке посредством электронной накладной.

В зависимости от утвержденного технологического процесса работы станции определяется порядок взаимодействия с грузоотправителем в условиях договора об электронном обмене данными.

Формирование электронной накладной выполняется поэтапно участниками процесса подготовки и оформления перевозочных документов в соответствии с закрепленными за ними функциями. Грузоотправитель заполняет свою часть данных электронной накладной: при перевозке во внутригосударственном сообщении - в соответствии с Правилами заполнения перевозочных документов на железнодорожном транспорте, при перевозке груза в международном сообщении - в соответствии с порядком, установленным соответствующим международным соглашением, и формирует

500-е сообщение, в объеме данных, которыми располагает, и передает сообщение в АСУ станциями.

Для организации информационного обмена между АСУ станциями и грузоотправителем возможны два варианта.

1. На территории клиента устанавливается система АРМов АСУ станциями (АС ОПД), которая предназначена для решения следующих основных задач:

- ✓ Автоматизация процесса формирования перевозочных железнодорожных документов, оформляемых грузоотправителем (клиентом) и товарной конторой ж.д. станции.
- ✓ Автоматизация процесса учета и контроля движения собственного подвижного состава клиента.
- ✓ Автоматизация процесса контроля выполнения грузовых операций предприятия-клиента ж.д.
- ✓ Ведение суточного и годового архива отгрузки с возможностью быстрого поиска любого перевозочного документа по различным критериям.
- ✓ Формирование и печать документов суточной отчетности.
- ✓ Повышение контроля выполнения разрядок в отделах сбыта и ВЭС.
- ✓ Оперативный контроль хода отгрузки посредством отображения на экранах текущего состояния работ.

2. При наличии у грузоотправителя локально работающей АСУ реализация информационного обмена происходит посредством специально разработанного сообщения 500. В АСУ клиента по окончании подготовки перевозочного документа формируется сообщение соответствующей структуры и передается в АСУ станциями, где после проверки полученной информации, дополнения ее, таксировки присваивается номер отправки.

Взаимодействие с клиентом включает в себя также тесно связанные с описываемым другие комплексы задач. Такие, как:

- информирование получателя о погруженном в его адрес грузе в объеме перевозочных документов;

- информирование грузополучателя и грузоотправителя о местонахождении груза.

### ***Взаимодействие с сетевой отправочной базой данных***

Данный комплекс предназначен для оптимизации процесса получения данных в объеме электронной накладной. Объектом автоматизации в системе являются данные о погрузке в адрес обслуживаемых станций, получаемые посредством электронной накладной из смежных информационных систем (АСОУП, ЕК ИОДВ и т.д.) в виде 410 сообщения.

Схема взаимодействия в рамках данного комплекса и других комплексов задач описываемой информационно-аналитической системы представлена на «Общей схеме информационного взаимодействия систем и рабочих мест в процессе перевозки грузов с целью сквозного отслеживания их состояния и дислокации».

### ***Слежение за перемещениями груза***

Целью данного комплекса является формирование полной модели подхода поездов, порожних вагонов, контейнеров, местного и экспортного груза.

Отслеживание перемещений на всей сети ж.д. России грузов в адрес контролируемого пункта назначения базируется на трех основных моментах:

#### ***Информация о приеме груза к перевозке.***

АСУ станций обеспечивается информацией из перевозочных документов сразу после их оформления на месте погрузки. С этой целью организуется передача в систему сообщений 410 установленной структуры со станций отправления, оборудованных АРМ ТВК или аналогичными АРМами.

1. ***Дальнее информирование.*** Специально разработанное сообщение, идущее от системы вышестоящего уровня дороги (АСОУП) поступает в АСУ

станциями при отправлении груза со станции погрузки, при проходе междорожных стыков, при бросании поезда независимо от того, является ли станция бросания стыковой или нет, при проследовании крупных (или важных с точки зрения дороги) станций своей дороги.

При этом неважно, в какие составы организованы вагоны. В системе накапливается информация на ВСЕ вагоны и контейнеры, назначенные контролируемому объекту, даже если они не следуют в прямых поездах с расформированием на станции примыкания. Вагон в своем движении может и будет несколько раз менять свой родительский объект, т.е. поезд, он не выпадет из области внимания системы. При нахождении груза на любой дороге Российской Федерации, в системе имеются сведения о времени и поезде, с которым он проследовал тот или назначения. Если же оказался на нашей дороге, то в силах ИВЦ дороги обозначить станции переформирования, с которых новое местоположение груза в вагоне будет передано в АСУ станциями.

### ***Ближний подход***

Начиная с определенных станций, отстоящих от границ управляемого участка на 3-5 и более часов, можно получать информацию о прибытии, отправлении, проследовании этих выделенных станций поездом, прямо следующим на станцию примыкания. В данном случае можно почти точно определить время прибытия этого вагона на станцию, а, учитывая нормы переработки, и непосредственно на контролируемый объект (комбинат, порт, пограничный переход).

### ***Информирование клиента***

Назначение комплекса - информирование грузополучателя в объеме полных перевозочных документов о дислокации его груза на сети дорог России, о грузах, прибывших на станцию примыкания, о подаче вагонов с грузом непосредственно на определенное договором место подачи.

Информирование в общем случае осуществляется через организацию передачи в АСУ (АРМ) клиента перечня оговоренных сообщений (смотри

выше «Общую схему информационного взаимодействия систем и рабочих мест в процессе перевозки грузов с целью сквозного отслеживания их состояния и дислокации»).

В частных случаях может быть достигнуто соглашение между крупным клиентом и железной дорогой о санкционированном доступе к ресурсам системы АСУ Станций для получения расширенного объема информации в виде экранных видеокadres. Справочные системы представляют пользователю информацию о дислокации и прогнозе прибытия поездов, вагонов, контейнеров, отправок в различных вариациях.

Пользователю предлагается следующая информация:

- Прогноз подхода грузов клиента с учетом дороги погрузки и дислокации
- Справка о вагонах с грузами в адрес клиента, с разложением по дорогам дислокации и указанием места дислокации и последней операции, анализом срока доставки и ожидаемой даты прибытия
- Общий прогноз прибытия груза (всех грузов или конкретной группы) на станцию примыкания по датам прибытия
- Дислокация грузов в адрес клиента на железных дорогах России
- Детальная информация по вагонам, контейнерам, грузам клиента
- Положение на подъездных путях клиента и пр.

### ***Организация информационного взаимодействия между АСУ станциями и АСУ порта***

Четкая организация слежения за грузом на сети железных дорог от момента погрузки создает вполне очевидную почву для договоренностей с портом о взаимовыгодном информационном обмене между службами порта и железной дороги, позволяющем частично повышать уровень планирования работ.

Целью информационного взаимодействия между АСУ станциями и АСУ порта является отработка четкой технологии подвода грузов к портам, согласованного с подводом судов и наличием свободных емкостей причалов и складов в портах.

Данный комплекс задач хорошо проиллюстрирован на «Общей схеме информационного взаимодействия систем и рабочих мест в процессе

перевозки грузов с целью сквозного отслеживания их состояния и дислокации» (см. выше) и представлен следующими информационными объектами:

### ***АСУ станциями -> АСУ порта***

Объектом автоматизации является процесс подготовки и передачи в автоматизированную систему управления порта сведений о местонахождении грузов и контейнеров в адрес порта, его клиентов и субклиентов (о факте и точном времени погрузки, пересечения границ железных дорог на пути приближения грузов к порту, отцепках и прицепках вагонов с грузами к составам, бросании составов, проследовании ими выделенных станций) а также информации об идущем грузе в объеме полных перевозочных документов на основе базы данных автоматизированной системы управления станций.

Перечень передаваемой информации оговаривается взаимным соглашением и может содержать:

1. Полные сведения в объеме перевозочных документов о погруженных в адрес порта грузах, вагонах, контейнерах.
2. Местоположение вагонов и контейнеров, погруженных в адрес порта, на сети железных дорог.
3. Подход поездов с грузами в порт.
4. Прибытие вагона, контейнера на станцию.
5. Подача вагона, контейнера в порт.

### ***АСУ порта -> АСУ станциями***

Объектом автоматизации является процесс приема и обработки в автоматизированной системе управления станциями накладной в электронном виде, сведений о положении на складах и причалах порта и планируемой переработке грузов.

Перечень принимаемой информации оговаривается взаимным соглашением и может содержать:

1. Объем грузов на складах.

2. Подход судов с грузами и контейнерами, перевозимыми железнодорожным транспортом.

3. Подход судов под погрузку.

4. Готовность к уборке вагонов с данными о погруженном грузе в объеме электронной накладной.

5. Переработка контейнеров в порту.

6. Предварительная разметка движущихся в адрес порта вагонов.

При приеме вагонов и контейнеров из порта и при передаче их в порт система автоматически формирует передаточную ведомость

По получению информации от порта АСУ Станциями формирует установленные сообщения в адрес ГВЦ МПС для информирования системы «Грузовой экспресс» с целью регулирования соответствующими ответственными работниками погрузки в адрес портов и своевременной доставки грузов.

Регулирование объёмов перевозок должно начинаться на стадии приёма и согласования заявок на перевозку на основе прогнозирования ситуаций в пути следования и в местах выгрузки или сдачи грузов.

Обеспечение диспетчера ЦД информацией для принятия решений по регулированию сетевой погрузки в адрес портов, пограничных переходов и крупных промышленных предприятий достигается интеграцией баз информационных хранилищ АСУ Станциями различных регионов сети железных дорог.

Разработанный АРМ работника ЦД предлагает пользователю информацию в следующих разрезах:

- Сетевая погрузка в адрес контролируемого объекта с разложением по дорогам погрузки;
- Сетевое положение грузов, направляемых на контролируемый объект по дорогам дислокации с учетом «брошенных» поездов;
- Прогноз подхода грузов к контролируемому объекту с ориентацией на время подхода по статистике продвижения (по плану формирования) и анализом срока доставки из перевозочного документа.

## *Информирование руководителей разных уровней о текущей ситуации.*

### *Планирование*

Доступ диспетчерского аппарата дороги к оперативной информации на грузовых станциях, оборудованных АСУ и возможность влияния на перевозочный процесс позволит своевременно обеспечивать станцию вагонами под погрузку, что в свою очередь даст возможность без задержек осуществлять прием грузов к перевозке и обеспечить своевременную доставку груза к потребителю.

Достоверная динамическая модель технологического процесса подразделений линейного уровня точно отражает технологическую ситуацию в каждый конкретный момент времени.

Система в состоянии функционировать на достаточно крупном районе до 30 и более станций, независимо от их классности, административной подчиненности и собственных отличных друг от друга технологических процессов.

Система предоставляет возможность станциям, имеющим достаточное формирование на припортовую станцию, поддерживать несколько назначений на станцию погрузки-выгрузки, подразделяя их по грузовым районам станции назначения, учитывая различные характеристики и состояние вагонов; формировать целиком составы в тот или иной район порта. Это означает, что формирование составов на станции отправления или переформирования может вестись с учетом топологии станции назначения.

В связи с тем, что сама станция примыкания, как правило, не имеет пунктов подготовки вагонов под погрузку и ремонтных предприятий, в район управления могут входить станции, специализирующиеся на этом. Сведения о техническом состоянии вагона, независимо от места их ввода, следуют за вагоном до следующего пункта осмотра, определяя текущую годность вагона под погрузку как грузовую, так и территориальную, и участвуя при



определении внутростанционного назначения вагона при разметке вагонов на грузовой станции.

На базе ведомых поездных, вагонных, контейнерных, отправочных моделей формируется необходимая документация, создана мощная система отображения ситуации, развиваются элементы управляющей системы.

**Задачи планирования** основываются на определении количества ожидаемых вагонов для передачи в соответствии с предъявленными заявками.

В число ожидаемого наличия включаются:

- ✓ имеющиеся в наличии порожние вагоны, которые будут оставлены для погрузки на следующие сутки;
- ✓ имеющиеся на станции груженые вагоны, которые после выгрузки могут быть использованы под погрузку в следующие сутки;
- ✓ порожние вагоны, которые должны прибыть на данную станцию для использования под погрузку;
- ✓ груженые вагоны, которые должны прибыть на данную станцию под выгрузку и могут быть использованы под погрузку в следующие сутки.

Для представления объемов выгрузки и планирования грузовых операций имеются заранее данные о подходе грузов и контейнеров в каждый грузовой район. С этой целью при первом появлении вагона в системе (в оптимальном варианте по поступлению сообщения 410 об отгруженной отправке) на каждый вагон рассчитывается Прогнозируемое Место Подачи (ПМП). ПМП указывает район станции, подъездной путь, район порта, причал или другое, более детальное, место выполнения грузовых операций.

Помимо основных установленных форм отчетности дополнительные статистические справки в закладке «Отчетность» делают срез информации на конкретно заданный час, а также подсчитывают основные итоги грузовой работы станции с разложением по интересующим показателям за любые железнодорожные сутки.

**Выводы**

Рассмотрен ряд эффективных и перспективных автоматизированных систем управления на железнодорожном транспорте и показаны пути их развития.

## **Библиографический список**

- 1 **Тулупов, Л.П.** Автоматизированные системы управления перевозочными процессами на железных дорогах / Учеб. пособие для вузов. / Л.П. Тулупов, Е.М. Жуковский, А.М. Гусятинер – М. : Транспорт, 1991. – 208 с.
- 2 **Нейлор, К.** Как построить свою экспертную систему: / Пер. с англ. К. Нейлор – М. : Энергоатомиздат, 1991.- 286 с.
- 3 **Персианов, В.А.** Моделирование транспортных систем / В.А. Персианов, К.Ю. Скалов, Н.С. Усков. – М. : Транспорт, 1972. – 208 с.
- 4 **Тишкин, Е.М.** Автоматизация управления вагонным парком / Е.М. Тишкин. – М. : Интекст, 2000. – 224 с.
- 5 Автоматизированная система управления локомотивным хозяйством. АСУТ / под ред. И.К. Лакина. – М. : ОЦВ, 2002. – 516 с.
- 6 **Ульяницкий, Е.М.** Информационные системы взаимодействия видов транспорта : учеб. пособие для вузов / Е.М. Ульяницкий, А.И. Филоненков, Д.А. Ломаш – М. : Маршрут – 2005. – 263 с.
- 7 Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации / ОАО РЖД. – М. : Транспорт – 2002. – 40 с.
- 8 Инструкция по составлению натурального листа поезда формы ДУ-1 / ОАО РЖД. – М. : Транспорт – 2004. – 42 с.
- 9 **Филоненков, А.И.** Автоматизированная система управления процессами перевозок на железных дорогах : учеб. пособие для вузов / А.И. Филоненков. – Ростов н/Д : РГУПС, 1995. – 206 с.
- 10 **Филоненков, А.И.** Автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / А.И. Филоненков, В.Н. Семенов.– Ростов н/Д : РГУПС, 2007. – 66 с.
- 11 **Филоненков, А.И.** Автоматизированные рабочие места транспортных предприятий : учеб. пособие / А.И. Филоненков, В.Н. Семенов. – Ростов н/Д : РГУПС, 2007. – 135 с.

*Учебное издание*

**Филоненков Александр Иванович  
Самсонов Борис Борисович  
Семенов Виктор Николаевич**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ**

Учебное пособие

Редактор Т.М. Чеснокова  
Корректор Т.М. Чеснокова

Подписано в печать 02.12.2009.

Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 9,05.

Уч.-изд. л. 10,3. Тираж 128 экз. Изд. № 236. Заказ № 4891.

Ростовский государственный университет путей сообщения.  
Ризография РГУПС.

---

Адрес университета: 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового  
Полка Народного Ополчения, 2.