

1. Исходные данные

Исходные данные:

- схема транспортной сети (рис. 1);
- марка автомобиля (2);
- вид груза (3);
- коэффициент выпуска автомобилей на линию (8);
- время в наряде (9);
- расстояние перевозок (табл. 1.2).

Режим работы пунктов погрузки-разгрузки - односменный, начало работы – 8.00 ч.

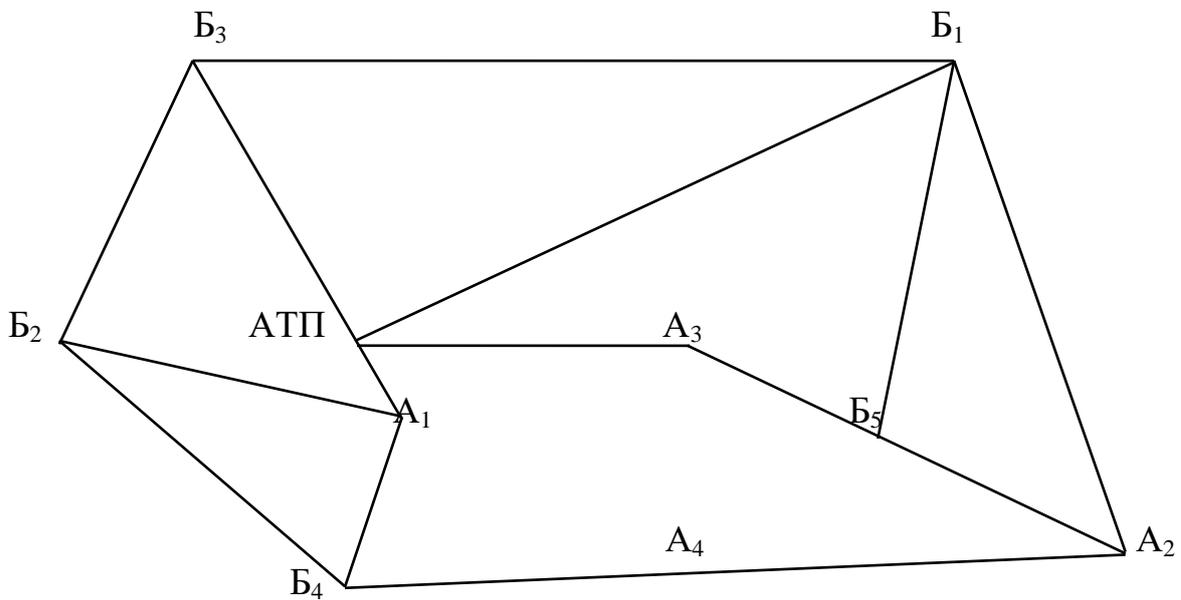


Рис. 1. Схема транспортной сети

Таблица 1.1

Варианты заданий

Номер варианта	Марка автомобиля	Вид груза	Грузо-отправитель	Наличие груза, т	Грузо-получатель	Потребность в грузе, т	Коэф-т выпуска $\alpha\beta$	Время в наряде T_n , ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ГАЗ 53-12	Ванны фаянсовые	A1	150	Б1	150	0,85	8,0
			A2	120	Б2	120		
			A3	175	Б3	175		
			A4	305	Б4	200		
					Б5	105		
2	ГАЗ-3307	Блоки деревянные оконные, балконные, фрамужные	A1	185	Б1	185	0,83	8,5
			A2	155	Б2	155		
			A3	140	Б3	140		
			A4	280	Б4	100		
					Б5	140		
3	ЗИЛ- 431510	Блоки деревянные дверные, шкафные, антресольные	A1	300	Б1	140	0,80	9,0
			A2	175	Б2	160		
			A3	120	Б3	175		
			A4	180	Б4	120		
					Б5	180		
4	ЗИЛ-431410	Блоки керамические	A1	140	Б1	140	0,87	8,0
			A2	190	Б2	190		
			A3	340	Б3	120		
			A4	165	Б4	220		
					Б5	165		

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	ЗИЛ- 431410	Доски подоконные из дерева	A1 A2 A3 A4	350 200 160 195	Б1 Б2 Б3 Б4 Б5	105 245 200 160 195	0,7	9,5
6	ЗИЛ-433100	Кафель	A1 A2 A3 A4	210 175 380 165	Б1 Б2 Б3 Б4 Б5	210 175 130 250 165	0,75	9,0
7	ЗИЛ- 433100 + ГКБ 8328-01	Рубероид	A1 A2 A3 A4	185 570 230 155	Б1 Б2 Б3 Б4 Б5	185 265 305 230 155	0,80	10,0
8	ЗИЛ- 43310 + ГКБ 8328-01	Линолеум	A1 A2 A3 A4	140 205 400 225	Б1 Б2 Б3 Б4 Б5	140 205 210 190 225	0,82	9,5
9	ЗИЛ- 433100 + ГКБ 8328	Блоки фундаментные	A1 A2 A3 A4	215 175 120 480	Б1 Б2 Б3 Б4 Б5	215 175 120 195 285	0,85	10,5

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	ЗИЛ-133ГЯ	Доски паркетные	A1	560	Б1	310	0,78	9,0
			A2	135	Б2	250		
			A3	195	Б3	135		
			A4	210	Б4	195		
					Б5	210		
11	МАЗ-53371	Паркет	A1	145	Б1	145	0,7	8,0
			A2	340	Б2	150		
			A3	205	Б3	190		
			A4	160	Б4	205		
					Б5	160		
12	МАЗ-53362	Шифер	A1	190	Б1	190	0,72	8,0
			A2	155	Б2	155		
			A3	405	Б3	170		
			A4	180	Б4	235		
					Б5	180		
13	МАЗ-53363	Капуста ранняя в ящиках	A1	210	Б1	210	0,75	8,5
			A2	175	Б2	175		
			A3	125	Б3	125		
			A4	550	Б4	250		
					Б5	300		
14	КамАЗ-5320	Брусчатка мостовая каменная	A1	320	Б1	320	0,78	9,0
			A2	400	Б2	195		
			A3	140	Б3	205		
			A4	180	Б4	140		
					Б5	180		

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	КамАЗ - 5320+СЗАП 83551	Кирпич на поддонах	A1	205	Б1	205	0,8	12,0
			A2	170	Б2	170		
			A3	540	Б3	260		
			A4	155	Б4	280		
					Б5	155		
16	КамАЗ- 53212	Плиты цементно- бетонные	A1	610	Б1	315	0,82	8,0
			A2	160	Б2	295		
			A3	285	Б3	160		
			A4	310	Б4	285		
					Б5	310		
17	КамАЗ-53212 + СЗАП- 83571	Плиты железо- бетонные	A1	600	Б1	270	0,85	9,0
			A2	305	Б2	330		
			A3	160	Б3	305		
			A4	225	Б4	160		
					Б5	225		
18	ЗИЛ-441510 + ОдАЗ- 93571	Доски подо- конные мо- заичные	A1	120	Б1	120	0,87	8,5
			A2	205	Б2	205		
			A3	480	Б3	220		
			A4	255	Б4	260		
					Б5	255		
19	КамАЗ-5410 + мод.9370- 01	Блоки гранитные	A1	300	Б1	300	0,8	11,0
			A2	285	Б2	285		
			A3	225	Б3	225		
			A4	640	Б4	310		
					Б5	330		

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	КамАЗ-54112 + мод.9385	Плиты гипсовые	A1 A2 A3 A4	300 820 350 280	Б1 Б2 Б3 Б4 Б5	300 390 430 350 280	0,73	12,0
21	МАЗ-54323 + МАЗ-9397	Лесомате- риалы	A1 A2 A3 A4	315 400 860 310	Б1 Б2 Б3 Б4 Б5	315 400 405 455 310	0,7	12,5
22	МАЗ-64221 + МАЗ-93866	Блоки мраморные	A1 A2 A3 A4	380 510 460 780	Б1 Б2 Б3 Б4 Б5	380 510 460 400 380	0,75	12,0
23	УРАЛ-44202-01 + мод.9370-01	Доски подоконные гранитные	A1 A2 A3 A4	385 315 520 890	Б1 Б2 Б3 Б4 Б5	385 315 520 440 450	0,8	8,0
24	ЗИЛ-ММЗ- 554М	Грунт	A1 A2 A3 A4	390 180 155 160	Б1 Б2 Б3 Б4 Б5	180 210 180 155 160	0,82	8,0

Продолжение табл. 1.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	ЗИЛ-ММЗ-554М + ГКБ 819-01	Гравий	A1	175	Б1	175	0,78	8,5
			A2	420	Б2	235		
			A3	190	Б3	185		
			A4	250	Б4	190		
					Б5	250		
26	ЗИЛ-ММЗ-4502	Глина	A1	125	Б1	125	0,83	8,0
			A2	200	Б2	200		
			A3	510	Б3	245		
			A4	175	Б4	265		
					Б5	175		
27	ЗИЛ-ММЗ-4505	Гравий керамзито- вый	A1	145	Б1	145	0,85	8,0
			A2	165	Б2	165		
			A3	240	Б3	240		
			A4	500	Б4	230		
					Б5	270		
28	МАЗ-5549	Гипс строи- тельный	A1	530	Б1	255	0,7	9,5
			A2	285	Б2	275		
			A3	240	Б3	285		
			A4	125	Б4	240		
					Б5	125		
29	МАЗ-5551	Асфальт	A1	130	Б1	130	0,75	9,5
			A2	550	Б2	210		
			A3	295	Б3	340		
			A4	235	Б4	295		
					Б5	235		

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	КамАЗ-55111	Песок	А1	180	Б1	180	0,8	10,0
			А2	265	Б2	265		
			А3	460	Б3	220		
			А4	205	Б4	240		
					Б5	205		
31	КамАЗ-55102	Картофель свежий	А1	500	Б1	200	0,82	10,5
			А2	285	Б2	300		
			А3	225	Б3	285		
			А4	190	Б4	225		
					Б5	190		
32	КамАЗ-55102 + ГКБ-8551	Навоз	А1	320	Б1	320	0,87	10,0
			А2	240	Б2	240		
			А3	380	Б3	380		
			А4	400	Б4	180		
					Б5	220		
33	КамАЗ-55111	Щебень	А1	570	Б1	250	0,7	11,5
			А2	215	Б2	320		
			А3	240	Б3	215		
			А4	320	Б4	240		
					Б5	320		
34	ЗИЛ-ММЗ- 554М	Уголь	А1	140	Б1	140	0,8	8,0
			А2	480	Б2	230		
			А3	165	Б3	250		
			А4	150	Б4	165		
					Б5	150		

Таблица 1.2

Расстояние перевозок, км

Номер вари- анта	Расстояние перевозок, км														
	A ₁ B ₂	A ₁ B ₄	A ₁ АТП	A ₂ B ₁	A ₂ B ₄	A ₂ B ₅	A ₃ B ₅	A ₃ АТП	B ₄ B ₂	A ₄ B ₄	B ₁ АТП	B ₃ АТП	B ₂ B ₃	B ₃ B ₁	B ₅ B ₁
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	5.5	3.0	1.0	4,0	5.5	0.5	1,5	2.0	2,0	2.5	4.0	3.5	3.0	6,0	3.5
2	7.0	5.5	2.0	6.5	7.5	2.5	3.5	4.0	4.5	4.5	6.0	5.5	6.0	9.0	5.0
3	9.0	7.5	1.5	10,0	4.0	1.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.5	7.0	8.0	12.0	7.0
4	12.0	6.0	4.0	8.0	15.0	4.0	5.0	2.0	6.0	7.0	9.0	2.0	2.0	6.0	5.0
5	15.0	20.0	3.0	11.0	26.0	10.0	3.5	3.0	9.5	10.0	12.0	8.0	7.0	18.0	16.0
6	10.0	17.0	5.0	14.0	20.0	12.0	1.5	4.0	8.0	9.5	11.0	13.0	8.5	12.0	9.0
7	17.0	19.0	6.0	9.5	25.0	15.0	7.0	8.5	7.5	9.0	13.0	15.5	7.0	17.0	19.0
8	28.0	15.0	2.5	20.0	25.0	10.0	8.0	5.5	23.0	17.0	20.0	10.0	11.0	18.0	16.0
9	25.0	27.0	4.0	23.0	15.0	6.0	12.0	4.0	13.0	19.0	21.0	10.0	8.0	22.0	17.0
10	9.0	12.0	2.5	11.0	8.0	3.0	6.0	3.0	8.0	10.0	13.0	8.0	9.0	12.0	10.0
11	14.0	10.0	2.0	13.0	7.0	5.0	4.0	2.0	10.0	8.0	12.0	7.0	13.0	9.0	12.0
12	16.0	12.0	3.0	17.0	18.0	4.0	6.0	6.0	9.0	7.0	17.0	9.0	10.5	20.0	15.0
13	10.0	22.0	2.5	13.0	5.0	1.5	3.5	2.0	16.0	14.0	9.0	11.0	9.0	18.0	11.0
14	11.0	6.0	2.0	8.0	11.0	1.0	3.0	4.0	4.0	5.0	8.0	6.0	5.0	13.0	6.5
15	16.5	10.0	2.5	13.0	15.0	2.0	5.0	8.0	6.0	9.0	13.0	11.5	9.0	17.0	10.0
16	12.0	9.0	3.0	9.0	13.0	4.5	5.5	3.0	11.5	8.5	10.0	14.0	11.0	10.0	12.0
17	28.0	25.0	3.0	20.0	10.0	8.0	11.0	2.0	12.0	17.0	22.0	12.0	6.0	20.0	15.0
18	28.0	15.5	2.0	17.0	20.0	6.5	10.0	3.5	13.0	19.0	21.0	10.0	8.0	22.0	17.0
19	15.0	20.0	3.5	14.0	24.0	4.0	6.0	2.5	10.0	13.0	19.0	9.0	14.0	18.0	7.0
20	25.0	28.0	4.5	18.0	14.0	3.0	4.5	4.0	13.0	15.0	6.0	10.0	9.0	12.0	15.0
21	19.0	21.0	4.0	14.0	21.0	4.5	1.5	5.0	23.0	18.5	17.0	8.0	11.0	15.0	17.0
22	28.0	24.0	2.5	15.0	10.0	3.5	3.0	4.5	13.0	8.0	18.0	15.5	11.5	12.0	19.0

Окончание табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
23	17.0	21.0	5.0	13.5	18.0	2.0	6.0	3.0	10.0	16.0	20.0	12.5	9.5	10.0	12.0
24	6.0	4.0	2.0	7.0	8.5	4.5	3.0	2.5	5.0	4.5	4.0	5.0	4.5	8.0	4.0
25	12.0	7.0	3.0	10.0	15.0	4.0	5.0	5.5	9.5	10.0	12.0	13.5	11.0	18.0	16.0
26	9.0	7.5	1.5	6.0	5.0	1.0	2.5	3.0	4.0	5.5	4.0	5.0	3.0	6.0	3.5
27	5.0	4.0	2.5	5.0	6.5	3.0	3.0	4.0	5.0	4.5	3.5	4.0	4.5	6.0	5.0
28	8.0	6.0	3.5	6.5	6.0	2.5	4.0	5.5	4.0	5.5	4.0	5.5	6.5	8.0	5.5
29	7.0	8.5	3.0	8.0	5.5	1.5	6.0	3.5	5.0	4.5	3.0	4.5	4.0	7.0	6.0
30	12.0	9.0	4.0	6.0	13.5	3.0	4.0	2.5	8.0	9.5	11.5	4.5	7.5	12.0	9.0
31	9.0	11.0	2.5	8.0	15.0	6.0	8.0	6.0	9.0	12.0	10.5	14.0	11.0	10.0	12.0
32	15.0	12.0	2.0	7.0	13.0	11.0	5.0	4.5	10.0	8.0	11.0	7.0	13.0	9.0	9.0
33	13.0	7.5	3.5	6.5	12.0	10.0	9.0	5.0	7.5	10.0	8.0	11.0	9.0	11.5	10.0
34	11.0	3.0	2.0	5.0	6.5	1.5	2.0	3.0	2.0	3.5	4.0	3.5	4.0	5.5	4.0

2. Порядок выполнения работы

Порядок исполнения работы представлен на рис. 2.1.

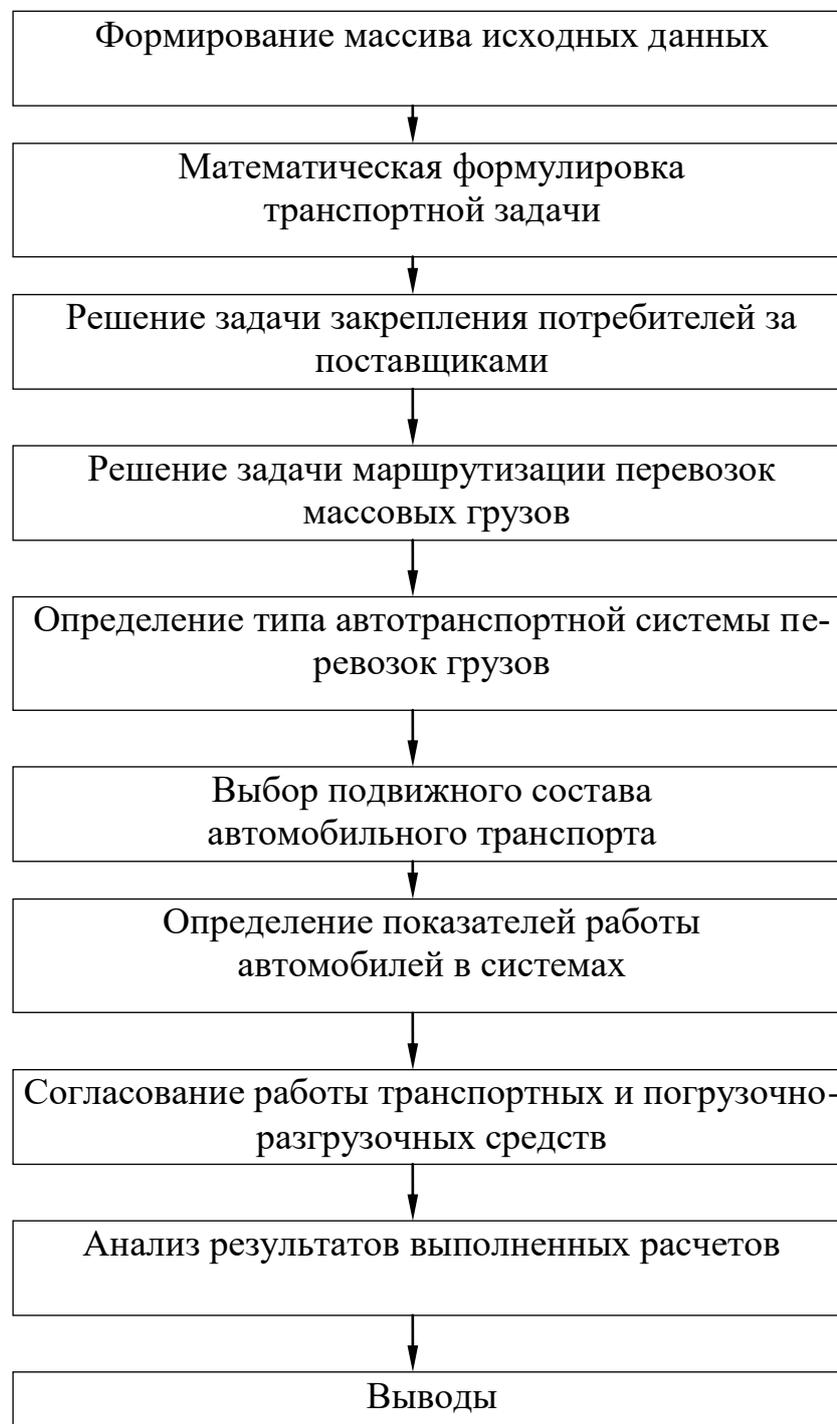


Рис. 2.1. Порядок выполнения комплексной задачи

3. Модель транспортной задачи

При решении планово-экономических задач наибольшее распространение получили методы линейного программирования.

Для любых задач линейного программирования характерны три следующих условия (по акад. Немчинову В.С.):

- наличие системы взаимосвязанных факторов ;
- строгое определение критерия оценки оптимальности ;
- точная формулировка условий, ограничивающих использование наличных ресурсов.

Классическая модель транспортной задачи формулируется так: имеется m пунктов производства с фиксированными ресурсами груза a_i ($i = 1, \dots, m$) ; n пунктов назначения с заданными объемами потребления данного груза b_j ($j = 1, \dots, n$) ; при этом предполагается, что суммарный спрос равен суммарному предложению (закрытая модель транспортной задачи) :

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad . \quad (3.1)$$

Все пункты связаны транспортной сетью, и для каждой транспортной коммуникации известны удельные показатели эффективности ее использования C_{ij} . Требуется организовать систему перевозок, обеспечивающую полное удовлетворение потребностей с наибольшим эффектом .

Показатели эффективности в транспортной задаче могут быть различными: например, расстояние от поставщиков до потребителей в том случае, если необходимо обеспечить минимум транспортной работы (ткм); стоимостные показатели (тарифы, себестоимость перевозок и т.д.), если задачи решаются с целью обеспечения минимизации транспортных затрат; временные показатели (доставка грузов в кратчайшие сроки) при перевозке скоропортящихся грузов и др .

Экономико-математическая модель транспортной задачи в общем виде выглядит следующим образом .

Найти величины x_{ij} , минимизирующие функционал:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad ; \quad (3.2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, \dots, m ; \quad (3.3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, \dots, n . \quad (3.4)$$

Объемы перевозок должны быть неотрицательны: $x_{ij} \geq 0$.

где i - количество поставщиков ;
 j - количество потребителей ;
 a_i - ограничения по предложению ;
 b_j - ограничения по спросу ;
 C_{ij} - элементы целевой функции, км ;
 x_{ij} - объем корреспонденции между i -й и j -й точками .

Для решения транспортной задачи линейного программирования разработаны специальные методы, позволяющие из множества возможных решений найти оптимальное. Одним из таких методов является модифицированный распределительный метод (метод МОДИ), который достаточно прост и не требует большой специальной подготовки исполнителей.

Вопросы для самопроверки:

1. Как формулируется классическая модель транспортной задачи?
2. Какие критерии эффективности используются при решении транспортной задачи?
3. Какие методы разработаны для решения транспортной задачи линейного программирования?
4. Какие задачи решаются с помощью методов линейного программирования?

4. Решение транспортной задачи методом МОДИ

4.1. Последовательность решения транспортной задачи линейного программирования методом МОДИ можно представить схематически (рис. 4.1) .

Процедуру решения транспортной задачи методом МОДИ рассмотрим на примере решения задачи закрепления потребителей за поставщиками груза.

4.2. Задача закрепления потребителей за поставщиками груза формулируется следующим образом: имеется несколько поставщиков и получателей транспортно-однородного груза. Известны объемы наличия груза у каждого поставщика и потребности в нем у каждого получателя, а также расстояния между грузоотправителями и грузополучателями. Необходимо закрепить потребителей за поставщиками так, чтобы объем транспортной работы (в тонно-километрах) был минимальным.

4.3. Решим задачу закрепления потребителей за поставщиками для трех грузоотправителей и четырех грузополучателей. Пусть имеется три грузообразующих точки A_1, A_2, A_3 , из которых следует вывезти однородный груз четырем потребителям (B_1, B_2, B_3, B_4) в объеме соответственно 400, 600, 1000 т. При этом потребителю B_1 необходимо доставить 200 т груза, B_2 - 400, B_3 - 800 и B_4 - 600.



Рис. 4.1. Схема выполнения расчета

4.1. Расстояние между грузоотправителями и потребителями указаны в табл.

Таблица 4.1
Расстояние между грузоотправителями и потребителями

Грузополучатель	Грузоотправитель		
	A1	A2	A3
Б1	16	8	2
Б2	6	2	18
Б3	10	12	8
Б4	4	14	6

Необходимо так закрепить потребителей за грузоотправителями, чтобы общая транспортная работа была минимальной.

Матрица исходных данных имеет следующий вид (табл. 4.2).

В представленном примере наличие груза равно потребности в грузе (2000 т), т.е. имеем закрытый тип транспортной задачи.

Таблица 4.2

Матрица исходных данных

Грузополучатель	Грузоотправитель			Потребность в грузе, т
	A1	A2	A3	
Б1	16	8	2	200
Б2	6	2	18	400
Б3	10	12	8	800
Б4	4	14	6	600
Наличие груза, т	400	600	1000	2000

4.4. Итерационный процесс по отысканию оптимального плана транспортной задачи начинают с нахождения опорного плана перевозок. От качества построения допустимого плана, т.е. насколько он будет близок к оптимальному, во многом зависит трудоемкость последующих вычислений. Существует несколько методов построения опорного плана. Рассмотрим построение опорного плана методами минимума по строке и двойного предпочтения .

4.5. При построении допустимого плана методом минимума по строке порядок распределения груза по клеткам матрицы следующий:

- отыскивают клетку с минимальным расстоянием C_{ij} в первой строке и в ней записывают возможную загрузку;

- если наличие груза по первой строке не исчерпано ($b_j < a_i$), то в этой же строке отыскивают следующую клетку с минимальным расстоянием и заносят в нее возможную загрузку;

- после распределения всего груза по первой строке переходят к распределению груза по следующей строке, причем только в клетках тех строк, которые еще полностью не загружены, и такие действия производят до полного распределения всего груза по клеткам матрицы;

- в последней строке записывают загрузку в клетки тех потребителей, которые остались еще неудовлетворенными, независимо от величины C_{ij} .

Рассмотрим построение опорного плана методом минимума по строке на примере вышеприведенных данных.

Таблица 4.3

Построение опорного плана методом минимума по строке

Грузополучатель	Грузоотправитель			Потребность в грузе, т
	A1	A2	A3	
Б1	16	8	2	200
Б2	6	2	18	400
Б3	10	12	8	800
Б4	4	14	6	600
Наличие груза, т	400	600	1000	2000

В строке Б1 минимальное расстояние имеет клетка А3Б1. Потребность в грузе у Б1 (200 т) полностью удовлетворяется наличием в А3 (1000 т), после этого у грузоотправителя осталось 800 т.

В строке Б2 минимальное расстояние имеет клетка А2Б2. Потребность в грузе у Б2 (400 т) полностью удовлетворяется наличием в А2 (600 т), после этого у грузоотправителя осталось 200 т.

В строке Б3 минимальное расстояние имеет клетка А3Б3. Потребность в грузе у В3 (800 т) полностью удовлетворяется остатком груза в А3 (800 т).

В строке Б4 потребность в грузе удовлетворяется наличием груза в пункте А1 (400 т) и остатком груза в пункте А2 (200 т).

4.6. Построение опорного плана методом двойного предпочтения заключается в следующем:

- вначале выбирают и отмечают знаком (х) наименьшее расстояние в каждой строке;
- затем это же делают по столбцам;
- клетки, имеющие две отметки, загружают в первую очередь, помещая в них максимально возможные объемы перевозок;
- затем загружают клетки, отмеченные один раз;
- нераспределенный груз направляют в неотмеченные клетки, расположенные на пересечении неудовлетворенных строки и столбца.

Количество груза, помещаемое в каждую клетку, определяется наименьшей величиной груза у соответствующего поставщика или потребностью в грузе у соответствующего потребителя. Так, в табл. 4.4 в клетку А3Б1, отмеченную дважды, следует поместить 200 т груза, хотя наличие груза у грузоотправителя А3 составляет 1000 т. В клетку А2Б2 вписываем 400 т груза по максимальной потребности, хотя наличие груза в пункте А2 600 т. Следующая клетка, отмеченная дважды, - А1Б4, в нее помещаем 400 т, что соответствует максимальному наличию груза у грузоотправителя. Все дважды отмеченные клетки загружены. Следующей загружается клетка с одним значком А3Б3 - 800 т, что

соответствует максимальной потребности в грузе и остатку груза у грузоотправителя. Все отмеченные значками клетки загружены, но осталась неудовлетворенной потребность грузополучателя Б4, а у грузоотправителя А2 остался нераспределенный груз. На пересечении строки Б4 и столбца А2 загружаем клетку - 200 т.

После того, как указанными способами груз будет распределен по клеткам матрицы, можно рассчитать объем транспортной работы в тонно-километрах для каждого из полученных опорных планов. Для дальнейших операций выбирается опорный план, которому соответствует минимальная транспортная работа.

4.7. После получения допустимого плана перевозок производится промежуточная проверка: необходимо, чтобы количество груза, записанное по клеткам каждого столбца матрицы, равнялось объему производства в данном столбце, а количество груза, записанное по клеткам каждой строки матрицы, равнялось объему потребления в этой строке.

4.8. Пока остается неясным, является ли полученное в табл. 4.4 распределение перевозок оптимальным. Для проверки оптимальности полученного распределения находят цифровые индексы (α_i), проставляемые в клетках вспомогательных строки и столбца (табл. 4.5).

Таблица 4.4

Построение опорного плана методом двойного предпочтения

Грузополучатель	Грузоотправитель			Потребность в грузе, т
	А1	А2	А3	
Б1	16	8	xx 2 200	200
Б2	6	xx 2 400	18	400
Б3	10	12	x 8 800	800
Б4	xx 4 400	14 200	6	600
Наличие груза, т	400	600	1000	2000

В клетке вспомогательного столбца, соответствующей первой строке, записывают ноль. Остальные индексы рассчитывают исходя из того, что величина расстояния, записанная в загруженной клетке (загруженными называются те клетки матрицы, в которых проставлены цифры загрузки), должна быть равна сумме индексов в соответствующих клетках вспомогательных строки и столбца, т.е.

$$\alpha_i + \beta_j = C_{ij}^* \quad , \quad (4.1)$$

где α_i - индекс в клетке вспомогательной строки ;
 β_j - индекс в клетке вспомогательного столбца ;
 C_{ij}^* - расстояние в загруженной клетке .

Для нахождения всех числовых значений индексов необходимо, чтобы число загруженных клеток в матрице равнялось числу

$$m + n - 1 , \quad (4.2)$$

где m - число столбцов в матрице ;
 n - число строк в матрице .

Если количество загруженных клеток в матрице будет меньше числа ($m + n - 1$), то необходимо искусственно догрузить недостающее количество клеток, для этого в них записывают ноль. Ноль следует ставить в такую незагруженную клетку матрицы, в которой имеется минимальное расстояние (из числа незагруженных клеток) и один индекс для нее известен.

В соответствии с правилом в клетке вспомогательного столбца β_1 записываем ноль, затем находим индекс α_3 для столбца А3 :

$$\alpha_3 + \beta_1 = C_{ij} ; \beta_1 = 0 ; \alpha_3 + 0 = 2 , \text{ следовательно, } \alpha_3 = 2 .$$

В столбце А3 имеем загруженную клетку А3Б3, по ней можем определить индекс строки Б3 : $\alpha_3 + \beta_3 = 8, 2 + \beta_3 = 8$, следовательно $\beta_3=6$.

Дальнейшие индексы пока определить нельзя, так как число ($m+n-1$) равно 6, а загруженных клеток в матрице 5, поэтому необходимо искусственно догрузить одну клетку.

Таблица 4.5

Построение оптимального плана

Грузополучатель	Вспомогательные строка	Грузоотправитель				Потребность в грузе, т
		А1	А2	А3		
	столбец	0	10	2		
Б1	0	16	+2 8	0 2	200	
Б2	-8	6	400	2 18	400	
Б3	6	10	+4 12	+ 8	800	
Б4	4	4	14	6		
		400	+ 200	- 0	600	
Наличие груза, т		400	600	1000	2000	

Среди незагруженных клеток находим клетку с минимальным расстоянием и одним известным индексом (АЗБ4) и в ней записываем ноль, в дальнейших расчетах эта клетка рассматривается как загруженная. Теперь можем найти недостающие индексы.

Аналогично вышеприведенным расчетам определяем индексы столбца А1 ($\alpha_1 = 0$), строки Б4 ($\beta_4 = 4$), столбца А2 ($\alpha_2 = 10$), строки Б2 ($\beta_2 = -8$).

5.9. После определения вспомогательных индексов находим в матрице потенциальные клетки.

Потенциальной называется незагруженная клетка, у которой сумма цифровых индексов вспомогательных строки и столбца больше проставленного в ней расстояния, т.е.

$$\alpha_i + \beta_j > C_{ij}. \quad (4.3)$$

Рассматриваем последовательно незагруженные клетки матрицы (см. табл. 4.5). Находим две потенциальные клетки: А2Б1 и А2Б3. Для клетки А2Б1 сумма индексов $\alpha_2 + \beta_1 = 10+0=10$, а расстояние - 8, величина потенциала равна 2 ($10-8=2$). Для клетки А2Б3 потенциал равен 4 ($10+6-12 = 4$). Величины потенциала записывают в левых верхних углах потенциальных клеток в кружочке или со знаком «+». Величина потенциала показывает, что если перераспределить загрузку в потенциальные клетки, то на каждую тонну перемещенного груза может быть получена экономия в расстоянии перевозок по 2 км для клетки А2Б1 и 4 км для клетки А2Б3.

Наличие потенциальных клеток в матрице говорит о том, что составленный вариант закрепления получателей за поставщиками не является оптимальным и может быть улучшен. Улучшение плана перевозок достигается перемещением загрузки в потенциальные клетки.

4.10. В связи с тем, что непосредственное перемещение грузов из занятых клеток в потенциальные нарушило бы итоги по строкам и столбцам, применяется специальный способ перемещения грузов. Он заключается в составлении контура возможных перемещений и определении величин грузов, подлежащих перемещению.

Контур строится следующим образом. От клетки с наибольшим по величине потенциалом ведется прямая линия по строке или столбцу до загруженной клетки, которой, в свою очередь, должна соответствовать еще одна загруженная клетка под прямым углом, и так до тех пор, пока линия не замкнется в исходной клетке. Движение при построении контура совершается строго под прямым углом. В табл. 4.5 получили четырехугольный контур с вершинами в клетках А2Б3, А2Б4, АЗБ4, АЗБ3.

Вершины контура обозначаются попеременно знаками «+» и «-», начиная с потенциальной (А2Б3), которой присваивается знак «-». Потом из всех клеток, обозначенных знаком «+», выбирается наименьшая цифра загрузки (в А2Б4). Это количество груза (200 т) вычитается из загрузки, указанной в клетках со знаком «+», и прибавляется к загрузке в клетках со знаком «-». Полу-

ченные цифры записывают в новую матрицу (табл. 4.6), куда без изменений переносят загрузки тех клеток, которые не являются вершинами контура.

Улучшенный план вновь проверяют на оптимальность. Для этого находят индексы вспомогательных строки и столбца и ищут в данном плане потенциальные клетки. В матрице (см. табл. 4.6) потенциальных клеток нет, следовательно, получен оптимальный вариант закрепления потребителей за поставщиками.

Однако часто такой оптимальный план не является единственно возможным. Если в матрице, где записан оптимальный план, имеются незагруженные клетки, для которых величина потенциала равна нулю, то можно получить и другие варианты оптимального распределения. Это делается путем построения контура для клетки с нулевым потенциалом и соответствующего перераспределения загрузки. Таким образом, будет получен оптимальный вариант, равноценный данному по объему транспортной работы, но закрепление потребителей за поставщиками будет иное.

Таблица 4.6

Оптимальный план закрепления потребителей за поставщиками

Грузополучатель	Вспомогательные	Грузоотправитель			Потребность в грузе, т
	строка	A1	A2	A3	
	столбец	0	10	2	
Б1	0	16	8	2	200
Б2	-4	6	2	18	400
Б3	6	10	12	8	800
Б4	4	4	14	6	600
Наличие груза, т		400	600	1000	2000

Вопросы для самопроверки:

1. В чем состоит сущность метода МОДИ?
2. Как формулируется задача закрепления потребителей за поставщиками груза?
3. Какой критерий эффективности используется при закреплении потребителей за поставщиками груза?
4. Какие методы построения опорного плана вам известны?
5. В чем сущность построения опорного плана методом минимума по строке?
6. В чем сущность построения опорного плана методом минимума по столбцу?

7. В чем сущность построения опорного плана методом двойного предпочтения?
8. В чем сущность построения опорного плана методом северо-западного угла?
9. Какое правило существует при нахождении вспомогательных индексов?
10. Какая клетка называется потенциальной?
11. Каким образом производится построение контура перемещений?

5. Маршрутизация перевозок массовых грузов

В практике оперативного планирования перевозок необходимо решать задачу маршрутизации – построения рациональных маршрутов по выбранному критерию. Критериями формирования маршрутов могут быть минимизация транспортной работы, пробега, времени, себестоимости и др. В любом случае критерии и результаты решения задачи маршрутизации должны быть согласованы с заказчиками транспортных услуг.

В рассматриваемой задаче составляются такие маршруты движения, при которых суммарный порожний пробег автомобилей является минимальным.

За смену каждый автомобиль совершает несколько ездов с грузом и после каждой ездки (кроме последней) возвращается в пункт отправления, выполняя холостой пробег. Сокращение холостого пробега автомобилей возможно, если автомобили после доставки груза по назначению следуют в ближайший грузо-образующий пункт, а не возвращаются обратно к первоначальному пункту погрузки. Таким образом, холостой (порожний) пробег автомобилей сокращается до минимума.

Рассмотрим решение задачи маршрутизации на примере оптимального плана закрепления потребителей за поставщиками, полученного выше методом совмещенных планов.

Для разработки рациональных маршрутов в матрицу оптимального закрепления (см. табл. 4.6) вписываем план-заявку завоза груза, (см. табл. 4.2.). Эти цифры пишем в скобках. Таким образом, получаем матрицу совмещенных планов (табл. 5.1).

По плану необходимо завести из А1 в Б2 - 400т, из А2 в Б4 - 600т, из А3 в Б1 - 200т. и в Б3 - 800т.

В первую очередь выявляются маятниковые маршруты с обратным порожним пробегом. Если в клетке матрицы записано два числа, то это указывает на наличие маятникового маршрута. Объем перевозок на таком маршруте определяется меньшим числом, записанным в данной клетке. Так, в клетке А3Б1 получен маятниковый маршрут А3Б1-Б1А3. Так как величина чисел вне скобки и в скобках одинакова, то на данном маршруте должно быть перевезено 200 т груза. При дальнейшем рассмотрении использованные цифры из матрицы исключаются и в последующих распределениях не участвуют.

Таблица 5.1

Матрица совмещенных планов

Грузополучатель	Вспомогательные	Грузоотправитель			Объем перевозок, т
		А1	А2	А3	
	строка	0	10	2	
Б1	0	16	8	2 200 (200)	200
Б2	-8	6 (400)	2 400	18	400
Б3	6	10	12 200	8 600 (800)	800
Б4	4	4 400	14 (600)	6 200	600
Наличие груза		400	600	1000	2000

После выявления всех маятниковых маршрутов составляют кольцевые маршруты. Для этого из загруженной клетки матрицы совмещенных планов, означающей наличие груза, строят замкнутые контуры. Контур строят таким образом, чтобы все его вершины лежали в клетках матрицы, в которых имеется число (либо в скобках, либо без скобок), причем вершины с наличием груза должны чередоваться с клетками, в которых цифра находится в скобках. Замкнутый маршрут, построенный таким образом, будет обозначать кольцевой маршрут с определенным числом пунктов погрузки и разгрузки.

Объем перевозок по составленному маршруту определяется меньшим числом в одной из вершин контура.

Таблица 5.2

Порядок построения кольцевого маршрута

Грузополучатель	Грузоотправитель		
	А1	А2	А3
Б1			
Б2			
Б3		200	(200)
Б4		(200)	200

Из табл. 5.1 видно, что можно построить два кольцевых маршрута.

№1. А1Б2-Б2А2-А2Б4-Б4А1 с объемом перевозок 400 т.

№2. А2Б3-Б3А3-А3Б4-Б4А2 с объемом перевозок 200 т.

При составлении кольцевых маршрутов следует проверять длину оборота, чтобы пробег за оборот не превышал среднесуточный. Если длина маршрута превышает среднесуточный пробег, то его следует разбить на два маршрута или более, приводя пробег за оборот к величине, не превышающей среднесуточный.

Для кольцевых маршрутов критерием их целесообразности является коэффициент использования пробега β . Если коэффициент использования пробега на маршруте β_m превышает значение 0,5, то маршрут имеет право на существование, в противном случае организуется перевозка по маршруту маятниковой конфигурации. Коэффициент использования пробега на маршруте определяется по формуле

$$\beta = l_{ze} / (l_{ze} + l_x). \quad (5.1)$$

Характеристики спроектированных маршрутов перевозки груза представляются в таблице (см. таблицу 5.3.).

Таблица 5.3

Характеристика маршрутов перевозки груза

№ п/п	Схема исполнения доставки груза	Q, т	l _г , км	l _х , км	l _м , км	l _н , км	β_m
Маятниковые схемы							
1	АЗБ1-Б1А3	200	2	2	4		0,50
2	АЗБ3-Б3А3	600	8	8	16		0,50
Кольцевые схемы							
1	А1Б2-Б2А2-А2Б4-Б4А1	400	20	6	26		0,77
2	А2Б3-Б3А3-А3Б4-Б4А2	200	22	18	40		0,55

Вопросы для самопроверки:

1. Какие виды задач маршрутизации вы знаете?
2. С какой целью решается задача маршрутизации перевозок?
3. Какие методы решения задачи маршрутизации вам известны?
4. В чем сущность метода совмещенных планов?
5. Каким образом происходит построение маятниковых и кольцевых маршрутов?
6. Какие критерии целесообразности существуют при образовании кольцевого маршрута?

6. Идентификация автотранспортных систем

Ранее ученые полагали, что по итогам решения задачи маршрутизации получаются изолированные маятниковые маршруты с обратным негруженным пробегом и кольцевые маршруты. В действительности [1] результаты более сложные. Поскольку некоторые маршруты начинаются в одном пункте, то это говорит об образовании радиальной схемы, отдельные ветви которой подобны маятниковым и кольцевым схемам.

В общем виде классификацию автотранспортных систем перевозки грузов можно представить в виде таблицы 6.1.

Сопоставляя действующую схему выполнения работы с положениями классификации автотранспортных систем перевозки грузов, устанавливается тип системы, ее особенности, а также математический аппарат описания функционирования автомобилей, т.е. математическую модель, которую необходимо использовать для расчета результатов функционирования подвижного состава и ресурсов для выполнения плана перевозок грузов.

Как видно из таблицы 5.3. некоторые спроектированные схемы начинаются или заканчиваются в одном грузовом пункте. Данный факт указывает на наличие радиальной конфигурации технологической схемы доставки груза, а не просто изолированных друг от друга маятниковых или кольцевых схем.

Характеристика полученных технологических схем перевозки груза представляется в таблице (см. таблицу 6.1.).

Таблица 6.1

Характеристика технологических схем перевозки груза

№ п/п	Схема исполнения доставки груза	Объем перевозок, т	Пробег с грузом, км	Общий пробег, км	L_{H1} , км	L_{H2} , км	n
1	2	3	4	5	6	7	8
Кольцевые схемы							
1	A1B2-B2A2-A2B4-B4A1	400	20	26			2
2	A2B3-B3A3-A3B4-B4A2	200	22	40			2
Радиальные схемы							
1	A3B1-B1A3	200	2	4			1
	A3B3-B3A3	600	8	16			1

Таким образом, получены 2 кольцевые и одна радиальная схем перевозки груза.

Согласно классификации автотранспортных систем доставки грузов [1] радиальные схемы являются основой средних систем доставки грузов. При этом в зависимости от конфигурации ветвей радиальных схем средние системы могут быть простыми и комбинированными. Для описания работы автомобилей в данных системах была разработана математическая модель, изложенная в [1].

Вопросы для самопроверки:

1. Какие виды автотранспортных систем перевозок грузов вам известны?

2. Что представляет собой радиальная схема (радиальный маршрут)?
3. Почему при организации перевозок грузов из одного пункта нельзя использовать положения и модели, разработанные для изолированных маршрутов?
4. Дайте определение средней системы перевозки грузов.

7. Выбор рационального типа транспортного средства

Выбор подвижного состава (автотранспортного средства) производится с целью минимизации ресурсов, привлекаемых для перевозок грузов.

Первичный подбор подвижного состава осуществляется студентом исходя из:

- условия сохранности перевозимого груза;
- соответствия габаритов возможностям проезда и разворота;
- соответствия нагрузки на ось и полной массы дорожным регламентациям;
- приспособленности кузова исполнению погрузочно-разгрузочных работ;
- практического использования в известных технологиях.

Для решения поставленной задачи может быть использована методика выбора подвижного состава, основанная на системной связи факторов условий эксплуатации, разработанная Д.П. Великановым [6]. Схема выбора подвижного состава, составляющая основную часть методики, представлена на рис. 7.1.

В настоящей работе выбор осуществляется по натуральным и стоимостным критериям. В качестве натурального критерия используется количество задействованных транспортных средств, в качестве экономического – затраты на перевозку. При решении задачи должно быть рассмотрено использование не менее трех марок автомобилей.

Выбор подвижного состава выполняется на примере расчета показателей работы на одном из радиальных маршрутов (самом сложном). Для этого на основе использования модели функционирования средней системы перевозки грузов [1] производится последовательный расчет потребности в транспортных средствах для каждой из рассматриваемых марок подвижного состава.

Транспортная система согласуется с преподавателем.

Далее выполняется расчет затрат на перевозку грузов на выбранном маршруте. Затраты определяются путем умножения тарифной ставки за час работы автомобиля (автопоезда) на суммарное время нахождения подвижного состава в системе.

$$C_{mp} = T_{1ч} \cdot T_{мф};$$

где C_{mp} – стоимость транспортировки, руб.;

$T_{1ч}$ – тариф за 1 ч работы автомобиля, руб.;

$T_{мф}$ – суммарное фактическое время нахождения автомобилей на маршруте, ч.

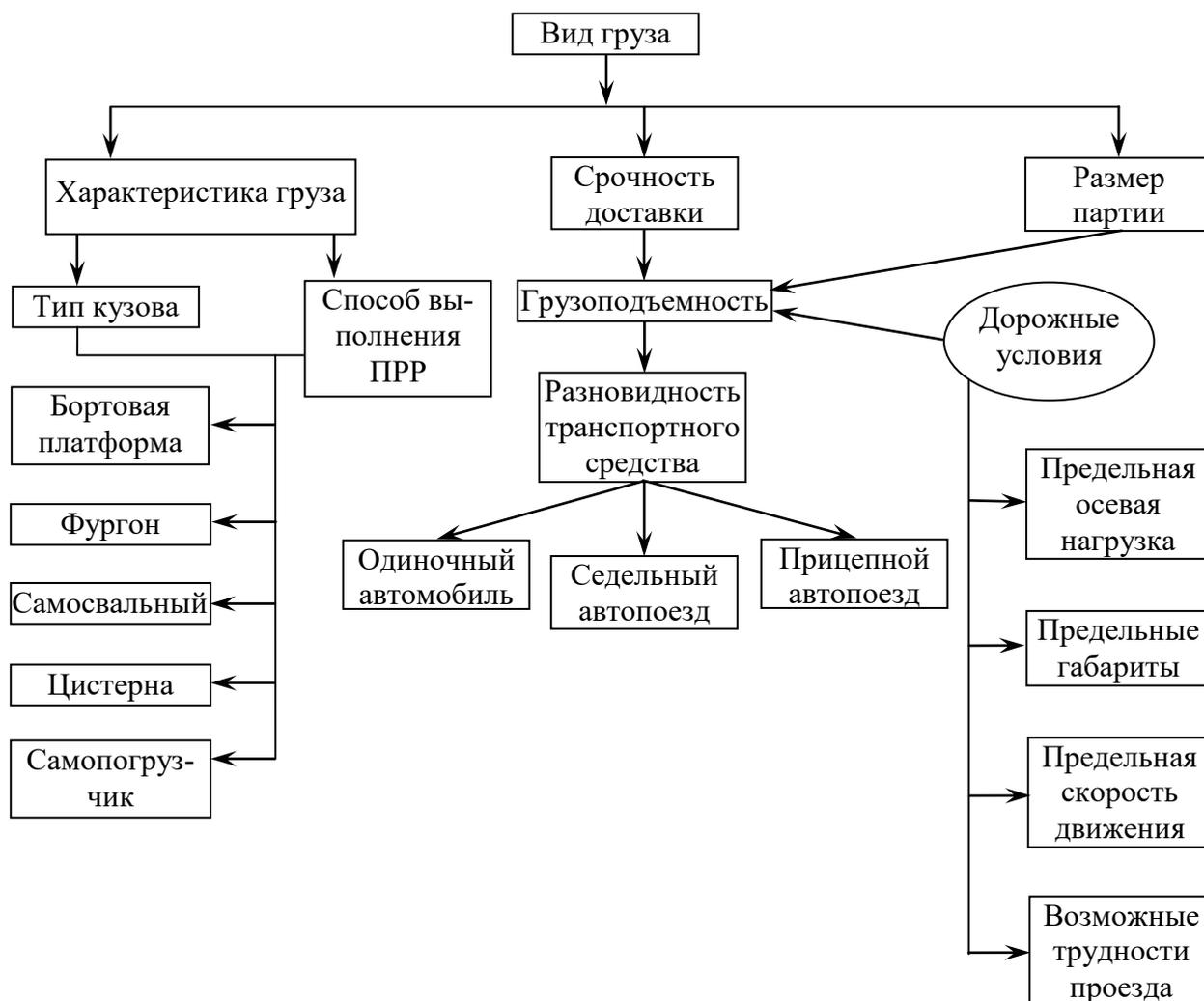


Рис. 7.1 Схема взаимосвязи факторов, влияющих на выбор подвижного состава для перевозки грузов

Результаты расчетов оформляются в виде таблицы 7.1.

Таблица 7.1

Показатели работы автомобилей в системе

Марка АТС	Грузоподъемность АТС, т	Объем перевозок, т	Выработка, ткм	Общий пробег, км	Время работы, ч	Количество АТС, ед.	Затраты на перевозку, руб.

Окончательный выбор подвижного состава производится по критерию затрат на перевозку. Дальнейшие расчеты выполняются только для случая применения выбранного подвижного состава.

Вопросы для самопроверки:

1. По каким критериям проводится выбор автотранспортных средств? Охарактеризуйте эти критерии.
2. Опишите основные этапы методики выбора подвижного состава.
3. Укажите факторы, оказывающие влияние на выбор подвижного состава.
4. Какие факторы учитывают при выборе типа кузова подвижного состава?
5. Как подбирается грузоподъемность транспортного средства?
6. Какие ограничения существуют при решении задачи выбора подвижного состава автомобильного транспорта?

8. Расчет потребности в транспортных средствах и показателей их работы

Разработанные модели описания функционирования автомобилей и систем указывают, что для расчета потребности в транспортных средствах, для выполнения массовых перевозок в рассмотренных системах, в общем случае необходимо воспользоваться определенной системой зависимостей.

1. Расчет показателей работы автомобилей в малых системах.

Если перевозки выполняются на изолированных маршрутах, то для определения показателей работы автомобилей используется модель функционирования малой автотранспортной системы:

$$\left. \begin{aligned}
 & A_m \sum_{i=1}^{A_m} \sum_{s=1}^{Z_{eij}} Q_{i1s} \in \{Q_{пл1}; Q_{пл1} + \Delta Q_1\} \\
 & A_m \sum_{i=1}^{A_m} \sum_{s=1}^{Z_{eij}} Q_{ijs} \in \{Q_{плj}; Q_{плj} + \Delta Q_j\} \\
 & A_m \sum_{i=1}^{A_m} \sum_{s=1}^{Z_{eij}} Q_{ims} \in \{Q_{плm}; Q_{плm} + \Delta Q_m\}
 \end{aligned} \right\} (8.1)$$

где A_m – потребное количество автомобилей для выполнения перевозок на m – звенном маршруте;

Z_{eij} – количество ездов i -го автомобиля на j – м звене маршрута;

Q_{ijs} – объем груза, перевозимого i -м автомобилем на j – м звене маршрута за s – ю езду;

$Q_{плj}$ – плановый объем перевозок на j – м звене маршрута;

ΔQ_j – предельное отклонение возможного объема перевозимого груза на j – м звене маршрута от плановой величины за счет не кратности планового объема и фактической грузоподъемности подвижного состава $q\gamma$.

Представленная система зависимостей показывает, что расчет должен выполняться по определенной процедуре, которая заключается в том, что рассчитывается возможный объем работы первого запускаемого в систему автомо-

биля, сравнивается с плановым заданием для системы и, если плановый объем оказывается больше, то рассчитывается объем работы второго автомобиля, и затем суммарный объем работы обоих автомобилей сравнивается с плановым и так далее. Эти операции выполняются до тех пор, пока не окажется ситуация, что

$$Q_{\text{пл}} \leq \sum_{i=1}^{Aэ} Q_i \quad (8.2)$$

где $\sum_{i=1}^{Aэ} Q_i$ – суммарный объем, который может выполнить $Aэ$ автомобилей, выпущенных на маршрут, т.

Для того, чтобы сократить трудоемкость вычислений, особенно при достаточно большой потребности в транспортных средствах, необходимо выполнять расчеты с использованием ЭВМ, что в свою очередь требует на первом этапе разработать алгоритм, соответствующий указанной математической записи и процедуре счета.

Описательное содержание алгоритма представляет собой следующее:

1. Ввод исходной информации. Для выполнения расчетов необходима следующая информация:

- информация о маршруте перевозки:

$l_{гj}$; $l_{хj}$ – величины пробега автомобиля соответственно с грузом и без груза на j – м звене маршрута ($j \in 1 ; m$), км;

$l_{н1j}$; $l_{н2j}$ – величины нулевого пробега соответственно при выходе на линию и возврате в АТП на j – м звене маршрута, км;

$V_{тj}$ – средняя техническая скорость автомобилей на j – м звене маршрута, км/ч;

$t_{пj}$; $t_{вj}$ – время выполнения соответственно погрузочных и разгрузочных работ на j – м звене маршрута, ч;

$X_{пj}$; $X_{вj}$ – количество постов соответственно погрузки и разгрузки на j – м звене маршрута;

T_c – плановое время работы системы в течение суток, ч;

$Q_{\text{пред}j}$ – суточный объем предъявленного к перевозке груза на j – м маршруте на планируемый период;

γ_j – коэффициент использования грузоподъемности подвижного состава на j – м звене маршрута;

q – грузоподъемность подвижного состава, т.

2. Определение ритма системы.

Определяется как максимальная величина ритма погрузочных или разгрузочных работ на звеньях маршрута

$$R = \max\{R_{пj} ; R_{вj}\} \quad (j \in 1 ; m) \quad (8.3)$$

Ритм грузоперерабатывающих постов определяется по формулам

$$R_{пj} = \frac{t_{ij}}{X_{ij}} \quad R_{Bj} = \frac{t_{\hat{a}j}}{X_{\hat{a}j}} \quad (8.4)$$

3. Определение времени оборота автомобиля на маршруте.

Определяется как суммарное время выполнения операций транспортного процесса без учета возможных простоев транспортных средств в ожидании погрузки

$$t'_o = l_M/V_T + \sum_1^m t_{пвj} \quad (8.5)$$

4. Определение времени ожидания выполнения погрузочно-разгрузочных работ участниками транспортного процесса за оборот автомобиля на маршруте.

При обеспечении полного исключения простоев транспортных средств в грузоперерабатывающих пунктах, в случае не кратности времени оборота ритму работы системы, каждый из грузоперерабатывающих пунктов будет простаивать время

$$t''_{ож} = mod(t'_o; R) \quad (8.6)$$

В случае, если требуется исключить потери времени грузоперерабатывающими пунктами, то каждый автомобиль за оборот на маршруте будет простаивать в ожидании грузовых операций время

$$t^a_{ож} = R - mod(t'_o; R) \quad (8.7)$$

В этом случае необходимо скорректировать время оборота

$$t_o = t'_o + t^a_{ож} \quad (8.8)$$

5. Определение возможного количества оборотов автомобилей на маршруте и объема перевозимого груза. Так как при построении кольцевых и маятниковых маршрутов с обратным груженым пробегом объемы перевозок на звеньях маршрута устанавливаются исходя из целого количества оборотов автомобилей на маршрутах, то исходя из условий пропускной способности грузоперерабатывающих пунктов

$$Z_{оmax} = \left[\frac{T_c - t_{вм} - (l_{Гm}/V_{Гm}) - t''_{ож}(T_c/t_o)}{R} \right] \quad (8.9)$$

Тогда за плановое время работы будет перевезено груза

$$Q_{max} = Z_{оmax} \cdot q \sum_1^m \gamma_i \quad (8.10)$$

6. Определение планового объема перевозок на маршруте за сутки.

Выбирается минимальная величина из предъявленного объема перевозок и пропускной способности системы

$$Q_{пл1} = \min (Q_{пред}; Q_{max}) \quad (8.11)$$

7. Организация цикла рассмотрения объема перевозок, выполняемого автомобилями. Переменной цикла i присваивается значение 1.

8. Определение возможного времени работы i -го автомобиля на маршруте. Рассчитывается с учетом очередности выхода из автопредприятия и ритма работы системы

$$T_{mi} = T_c - R (i - 1) \quad (8.12)$$

9. Определение числа оборотов и объема перевозимого груза на маршруте i -м автомобилем. Исходя из целочисленности количества оборотов и условия выполнения последнего оборота на маршруте

$$Z_{ei} = \left[\frac{T_{mi}}{t'_o} \right] \cdot n + Z_{oi}' \quad (8.13)$$

где

$$Z_{oi}' = \begin{cases} 1, & \text{если } \text{mod} (T_{mi}; t'_o) \geq t_o - \frac{l_{xm}}{V_{tm}} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (8.14)$$

10. Проверка условия выполнения плана перевозок.

Производится сравнение общего объема перевозимого груза i -ми автомобилями с плановой величиной.

Если $Q_{пл} \leq \sum Q_i$, то план перевозок выполнен и работает блок 12, в противном случае работает блок 11.

11. Переход на следующий шаг цикла. Переменная цикла увеличивается на единицу $i = i+1$.

12. Определение показателей работы каждого из $i-1$ автомобилей и объема работы i -го автомобиля Q_i .

$$Q_s = Z_{os} \cdot q \sum_{j=1}^m \gamma_j \quad (8.15)$$

$$P_s = Z_{os} \cdot q \sum_{j=1}^m \gamma_j \cdot l_{rej} \quad (8.16)$$

$$L_s = Z_{os} \cdot l_M - l_{xm} + l_{H1m} + l_{H2m} \quad (8.17)$$

$$Q_i = Q_{\text{пл}} - \sum_{s=1}^{i-1} Q_s \quad (8.18)$$

13. Определение показателей работы i -го автомобиля на маршруте

$$Z_{oi} = \frac{Q_i}{q \sum_1^m \gamma_j} \quad (8.19)$$

$$P_i = Z_{oi} \cdot q \sum_{j=1}^m \gamma_j \cdot l_{\text{rej}} \quad (8.20)$$

$$L_i = Z_{oi} \cdot l_m - l_{xm} + l_{n1m} + l_{n2m} \quad (8.21)$$

$$A_s = i \quad (8.22)$$

14. Печать результатов расчета.

На печать выводится информация: A_s ; Q_s ; P_s ; L_s ; ($s \in 1$; A_s)

Для иллюстрации порядка выполнения процедур расчетов на рис. 8.1 приведена блок-схема алгоритма.

Как следует из описания алгоритма, одновременно с расчетом потребности в транспортных средствах получают научно-обоснованные плановые задания на каждый автомобиль.

Для всех последовательно запускаемых в систему автомобилей, за исключением последнего, плановое задание равняется рассчитанному объему перевозок.

$$Q_s; (s \in 1; i - 1)$$

Плановое задание для каждого автомобиля определяется остатком объема перевозок, который равен

$$Q_i = Q_{\text{пл}} - \sum_{s=1}^{i-1} Q_s \quad (8.23)$$

Следует заметить, что на маятниковых маршрутах с грузеным обратным пробегом и кольцевых, за время, оставшееся для выполнения последнего оборота, может быть выполнен ряд ездов на части маршрута.

Этим можно улучшить использование транспортных средств, сократить потери рабочего времени. Но при этом, объем перевозимого груза на звеньях маршрута будет различен, что может привести к ситуации, когда на некоторых звеньях план перевозок будет выполнен, а на других еще не будут удовлетворены потребности в перевозках.

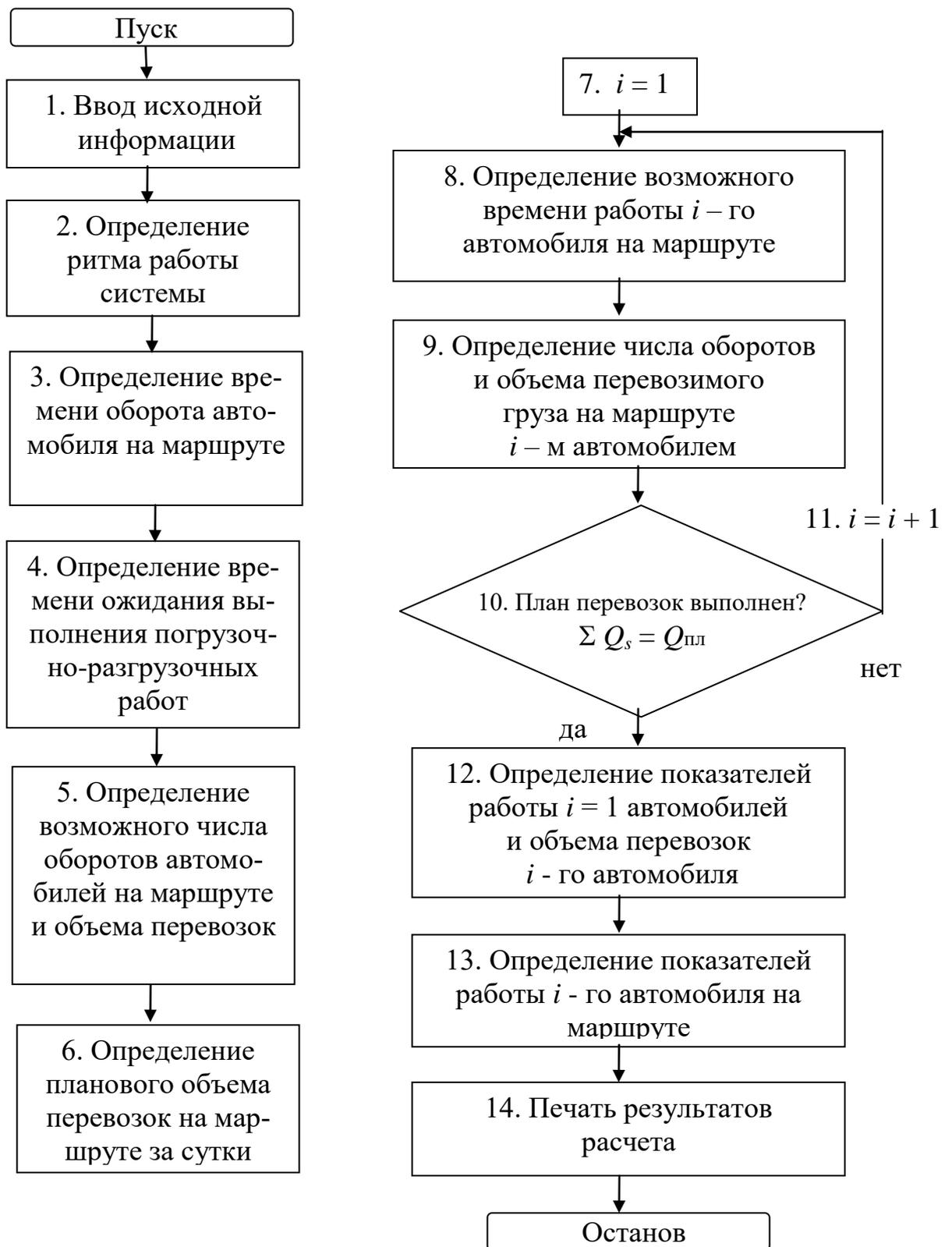


Рис. 8.1. Блок-схема алгоритма расчета потребности в транспортных средствах в малых системах

Применение предлагаемого алгоритма позволит более рационально распределять подвижной состав по маршрутам перевозок и выдавать научно обоснованные напряженные плановые задания каждому водителю.

2. Расчет показателей работы автомобилей в средних системах.

Если перевозки выполняются на радиальных маршрутах, то для определения показателей работы автомобилей используется модель функционирования средней ненасыщенной автотранспортной системы.

Математический аппарат малых автотранспортных систем не подходит для описания средних систем перевозки грузов (ССПГ) по следующим причинам:

- невозможно определить момент возникновения и продолжительности ожидания автомобилей в центральном пункте;
- не кратность продолжительности оборота по каждой ветви системы;
- невозможность учета влияния автомобилей между собой через общие посты погрузки и разгрузки;
- невозможность учета назначения вновь прибывшего в центральный пункт автомобиля на очередную езду из имеющихся невыполненных на данный момент времени.

При описании функционирования автомобилей по ветвям системы необходимо принять следующие приоритеты обслуживания:

1) при одинаковой значимости периферийных пунктов за приоритет берутся эксплуатационные или экономические факторы, ими могут быть следующие: удаленность периферийного пункта (совершаемый пробег и продолжительность оборота), объем заявленного груза, выполняемая транспортная работа, затраты на перевозку и др.;

2) значимость периферийных пунктов данной ветви системы, например, в результате приоритетности сдачи объекта в эксплуатацию и других факторов.

В нормальных условиях функционирования ССПГ принимается первый вариант, поэтому, в первую очередь, планируются отправки по тем ветвям системы, которые имеют наибольшую удаленность от центрального пункта и которые заявили наибольшее количество груза.

Подход к построению модели описания ненасыщенных ССПГ заключается в развертывании работы автомобиля в системе в соответствии с последовательностью выполнения операций транспортного процесса за все время работы системы (T_c) для последующего обобщения полученного результата работы нескольких автомобилей.

Формулировка модели функционирования ненасыщенной ССПГ производится следующим образом.

Имеется система доставки грузов с одним центральным и множеством периферийных пунктов, соединенных между собой транспортной сетью. На постах погрузки сосредоточен транспортно-однородный груз. Ежедневно в систему поступают заявки на перевозку такого груза. В зависимости от сложившейся или проектируемой организации перевозок конфигурация ветвей системы соответствует радиальным транспортным схемам помашинных отправок.

В модели приняты следующие допущения и ограничения:

- грузовые пункты одновременно начинают и заканчивают свою работу;
- количество периферийных пунктов и ветвей системы (Н) известно;
- расстояния между грузовыми пунктами известны;
- время на совершение ездки с грузом не превышает времени работы системы;
- суммарная потребность в грузе должна быть меньше пропускной способности центрального пункта;
- вид груза, грузоподъемность транспортного средства, режим работы грузовых пунктов и продолжительность операций транспортного процесса по каждой ветви известны;

Режим (продолжительность) работы центрального пункта является фактором, определяющим пропускную способность системы. В соответствии с этим продолжительность работы центрального пункта $T_{ц.п}$ определяет плановую продолжительность функционирования всей системы T_c , следовательно

$$T_c = T_{ц.п}. \quad (8.24)$$

В первую очередь необходимо определить условие не превышения объема груза, предъявляемого к перевозке по всем ветвям ССПГ $\sum_1^H Q_h$, максимально возможному количеству груза, которое может пропустить центральный пункт $Q_{ц.п}$.

$$Q_{ц.п} > \sum_1^H Q_h, \quad (8.25)$$

где $Q_{ц.п}$ – максимально возможное количество груза, которое может пропустить центральный пункт системы, t (технологическая характеристика центрального пункта); Q_h – объем груза, предъявленный к перевозке по h -ой ветви системы, $t, (h=1, 2, \dots, H)$.

На основании данных о количестве груза рассчитывается число оборотов (ездок) по каждой ветви системы:

$$Z_h = \frac{Q_h}{q_t \cdot \gamma_{\bar{n}}}. \quad (8.26)$$

Полученное значение округляют до целого: в большую сторону при необходимости обязательного вывоза груза заданного объема или в меньшую сторону, если остаток груза, получившийся в результате некратности объема перевозок и грузоподъемности, является несущественным и его можно доставить в последующий период планирования.

Максимально возможное количество машинозаявок, которое может обслужить центральный пункт системы ($Z_{ц.п}$) за время работы, определяется по формуле:

$$Z_{ц.п} = \left[\frac{T_{ц.п}}{t_{ц.п}} \right] \cdot X_{ц.п}, \quad (8.27)$$

где $[x]$ – целая часть числа X ; $t_{ц.п.}$ – продолжительность погрузки (разгрузки) на посту в центральном пункте, ч; $T_{ц.п.}$ – продолжительность функционирования центрального грузового пункта, ч; $X_{ц.п.}$ – количество грузовых постов в центральном пункте системы.

Если количество ездов (оборотов), которое необходимо совершить в ненасыщенной системе для перевозки груза заданного объема $\sum_1^H Z_h$, меньше максимально возможного количества машинозаяздов, которые может обслужить центральный пункт системы $Z_{ц.п.}$ за время функционирования, тогда выполняется следующее условие:

$$\sum_1^H Z_h < Z_{ц.п.}, \quad (8.29)$$

Если условие (8.25 и 8.29) выполняется, то система ненасыщенная.

В целях исключения образования первоначальной очереди транспортные средства на первую погрузку должны поступать согласно ритму работы центрального пункта.

$$R = \frac{t_{ц.п.}}{X_{ц.п.}}, \quad (8.28)$$

Тогда плановое время пребывания в системе каждого автомобиля будет определяться по формуле

$$T_{mi} = T_c - t_{ц.п.} \cdot [(i-1)/X_{ц.п.}] \quad (8.30)$$

где $[Y]$ – целая часть числа Y ; i – порядковый номер выхода автомобиля на линию; $X_{ц.п.}$ – количество грузовых постов в центральном пункте системы.

За время T_{mi} автомобиль сможет выполнить определенное количество ездов (оборотов) в системе. Продолжительность оборота автомобиля по ветви системы будет зависеть от конфигурации ветви (маятниковая или кольцевая) и продолжительности выполнения операций транспортного процесса.

Время оборота автомобиля по h -ой ветви определяется по формуле

$$t_{oh} = \sum_1^n \frac{l_{zej}}{V_{Tj}} + \sum_1^m \frac{l_{xr}}{V_{Tr}} + \sum_1^n t_{ne j}, \quad (8.31)$$

где j – переменная количества ездов автомобиля, совершаемое по h -ой ветви системы, $j=1,2,\dots,n$; r – переменная количества звеньев, которое должен пройти автомобиль по h -ой ветви, чтобы выполнить n ездов с грузом, $r=1,2,\dots,m$.

Количество оборотов, которое может выполнить i -ый автомобиль по h -ой ветви системы, определяется по следующей формуле:

$$Z_{oih} = \left[\frac{T_{mi}}{t_{oh}} \right]. \quad (8.32)$$

где $[x]$ – целая часть числа X ,

Остаток времени автомобиля после совершения полных оборотов определяется по формуле:

$$\Delta T_{M_i} = T_{M_i} - Z_{oih} \cdot t_{oh} \quad (8.33)$$

Количество ездов, которое может выполнить i -й автомобиль по h -ой ветви системы за время, оставшееся после исполнения целого количества оборотов, определяется следующим образом:

$$Z'_{ei} = \begin{cases} n, \text{ если } \frac{\Delta T_{M_i}}{\frac{\sum_1^n l_{zej} + \sum_1^m l_{xr}}{V_{Th}} + \sum_1^n t_{nsj}} \geq 1 \\ 1, \text{ если } \frac{\Delta T_{M_i}}{\frac{l_{ze1}}{V_{Th}} + t_{ns1}} \geq 1 \\ 0, \text{ в противном случае,} \end{cases} \quad (8.34)$$

Количество ездов, которое может выполнить i -ый автомобиль по h -ой ветви системы, определяется по формуле:

$$Z_{eih} = Z_{oih} \cdot n + Z'_{ei}, \quad (8.35)$$

Количество груза, которое возможно перевезти i -ым автомобилем по h -ой ветви системы определяется по следующей формуле:

$$Q_{ih} = q \cdot Z_{oih} \cdot \sum_1^n \gamma_{cj} + q \sum_1^{Z'_{ei}} \gamma_{cj}, \quad (8.36)$$

а транспортная работа при этом составит следующую величину:

$$P_{ih} = q \cdot Z_{oih} \cdot \sum_1^n \gamma_{cj} \cdot l_{zej} + q \sum_1^{Z'_{ei}} \gamma_{cj} \cdot l_{zej}. \quad (8.37)$$

Пробег автомобиля в системе (без нулевых) составит:

$$L_{общih} = Z_{oih} \cdot l_h + \left(\sum_1^{Z'_{ei}} l_{zej} + \sum_1^m l_{xr} \right). \quad (8.38)$$

Фактические затраты времени i -го автомобиля на выполнение перевозок заданного объема составят:

$$T_{ih} = Z_{oih} \cdot t_{oh} + \frac{\sum_1^{Z'_{ei}} l_{zej} + \sum_1^m l_{xr}}{V_{Th}}. \quad (8.39)$$

Используя математические выражения (8.32-8.39), можно рассчитать выработку каждого автомобиля, направленного в систему.

Фактическое количество доставляемого груза по h -ой ветви определяется:

$$Q_h \leq \sum_1^f Q_{ih}, \quad (8.40)$$

где f - количество автомобилей работающих по h -ой ветви, $i=1,2,\dots,f$.

Выражение (8.40) может принимать вид неравенства в том случае, когда сумма предъявленного к перевозке объема грузов не кратна грузоподъемности

транспортных средств, и тогда расчетный объем перевозок $\sum_1^f Q_{ih}$ будет несколько больше, чем Q_h .

Транспортная работа по h -ой ветви составит:

$$P_h = \sum_1^f P_{ih}. \quad (8.41)$$

Общий пробег будет равен сумме всех пробегов автомобилей, направляемых для перевозок грузов по h -ой ветви системы:

$$L_{общh} = \sum_{i=1}^f L_{общih}. \quad (8.42)$$

Система может быть не насыщенной в результате отсутствия необходимого количества автомобилей для обеспечения пропускной способности системы и может быть ненасыщенной ввиду ограниченного количества груза [1].

В первом случае достаточно ограничиться расчетом выработки, которая может быть получена имеющимися автомобилями, а во втором необходимо рассчитать количество транспортных средств для освоения предъявленного к перевозке объема груза.

Выражение (8.40) как раз указывает, что расчет должен проводиться по той же процедуре, что и для малой системы.

Процедура вычислений заключается в следующем. Производится расчет числа ездов (Z_{e1}) первого выходящего на линию автомобиля. Определяется количество груза (Q_1), которое может доставить автомобиль за Z_{e1} . Производится сравнение заявленного к перевозке количества груза и Q_1 . Если оказывается, что $Q_{пл.} > Q_1$, то в систему привлекается второй автомобиль. Производится корректировка объема перевозок в N -ый грузовой пункт h -ой ветви ССДГ: $\Delta Q_{Nh} = Q_{Nh} - Q_1$, количества периферийных пунктов для h -ой ветви системы (в случае выполнения плана перевозок в данный пункт), ее протяженности. Рассчитывается Z_{e2} и Q_2 . Производится проверка выполнения неравенства $Q_{Nh.} > Q_1 + Q_2$. Если неравенство не выполняется, то для выполнения работы на данной ветви необходимо ввести третий автомобиль. Расчеты выполняют до тех пор, пока не будет выполнено условие (8.40).

Аналогичные расчеты производят для всех ветвей ненасыщенной ССДГ, после чего определяют потребность в подвижном составе в целом для ССДГ путем суммирования потребности в автомобилях, рассчитанной для всех ветвей системы отдельно. Такой подход справедлив, когда пропускная способность системы больше (в 1,5 и более раз), чем предъявлено груза к перевозке или когда система может обслужить значительно больше машинозаявдов, чем выполняемое направленным количеством автомобилей.

В этих условиях возможным влиянием автомобилей друг на друга на грузовых постах центрального пункта, при повторном прибытии, в результате не кратности затрат времени на перевозку груза по различным ветвям, можно пренебречь. Возможные потери времени автомобилей в ожидании обслуживания, как это показывает практика работы, в результате таких накладок незначительны и не достигают даже одного процента рабочего времени.

Казалось бы, что, рассчитав выработку автомобилей и потребность в них по зависимостям, сходным с математическими выражениями для малых систем, можно получить искомое решение путем простого суммирования результатов расчета. Однако здесь есть два момента, которые подчеркивают существенные различия этих расчетов с расчетами по модели малых систем.

Во-первых, в малых системах первый вышедший автомобиль возвращается первым на повторное обслуживание в центральный пункт в силу связанности системы, которая таким образом обладает таким свойством синергетики, как саморегулирование.

Этого свойства нет в средней системе, т.к. в целях устранения образования очереди транспортных средств в периферийных пунктах, где ритм работы ($R_{п(в)j}$) может быть значительно больше, чем в центральном, нельзя последовательно друг за другом направлять автомобили на выполнение перевозок по одной и той же ветви системы. Если же очередной автомобиль направить на другую ветвь, то в силу некратности затрат времени на исполнение оборотов t_{oh} (ездок t_{eh}) по различным ветвям системы автомобили могут прибывать на повторное обслуживание в центральный пункт одновременно, что вызовет образование очереди и приведет к потерям рабочего времени. Это может, в свою очередь, привести к тому, что расчетное количество автомобилей не будет соответствовать реальному протеканию транспортного процесса. Поэтому автомобили должны направляться в адрес разных периферийных пунктов, но при этом руководствоваться принятым приоритетом обслуживания.

На ветвь с приоритетным обслуживанием второй автомобиль может быть направлен не ранее, чем через интервал R_h максимального ритма работы одного из периферийных грузовых пунктов, находящихся на данной ветви.

$$R_h = \max \{ R_{пj}, R_{вj} \}, \quad (8.43)$$

где $R_{пj}, R_{вj}$ – ритм работы периферийных погрузочных и разгрузочных пунктов, ч.

Во-вторых, в условиях, когда автомобили должны для исполнения первой ездки работать на разных ветвях (с разной длительностью ездки (оборота)), после исполнения первой ездки (оборота) у них остается остаток планового времени, за который каждый автомобиль может исполнить ездку (оборот) на этой же или другой ветви. Поэтому уже на стадии расчета выработки каждого автомобиля появляется необходимость решения дополнительной задачи – задачи набора плановых работ каждому автомобилю, а для этого необходимо выполнять расчет остатка времени:

$$\Delta T_{M_i} = T_{M_i} - t_{oh} \quad (8.44)$$

Выявленная таким образом величина остатка планового времени работы автомобиля сравнивается с множеством величин времени оборотов (при кольцевой схеме ветви) или ездок (при маятниковой с обратным негруженным пробегом схеме), и если среди этого множества есть такая ездка (оборот), затраты времени на исполнение перевозок по которой меньше или равны остатку вре-

мени T_{mi} , то в план работы автомобиля включается и такая ездка. Может оказаться, что таких оборотов(ездок) несколько, тогда для выполнения следующего оборота необходимо выбрать оборот(ездку) с наибольшей продолжительностью. Такая процедура должна выполняться для всех автомобилей по формуле:

$$\Delta T_{mi} \geq \in(t_{oh}; t_{eh}) \quad (8.45)$$

Если выполняется условие (8.45), то тогда следующий оборот(ездка) рассчитывается так:

$$Z'_e = \begin{cases} 1, \text{ если } \frac{\Delta T_{mi}}{\in(t_{oh}; t_{eh})} \geq 1 \\ 0, \text{ в противном случае,} \end{cases} \quad (8.46)$$

Включенный оборот (ездка) Z'_e из дальнейшего рассмотрения исключается, а массив оборотов (ездок) корректируется за минусом ранее включенных в плановое задание автомобилей.

Описанная процедура должна выполняться для всех автомобилей до тех пор, пока не будет исчерпана величина T_{mi} , т.е когда не будет выполняться условие (8.45).

Количество груза, которое будет перевезено i -ым автомобилем по h -ой ветви системы, находится по формуле (8.36), а количество груза, перевозимое i -ым автомобилем в системе, - по формуле:

$$Q_i = \sum_{h=1}^S Q_{ih} \quad (8.47)$$

Транспортная работа, выполняемая i -ым автомобилем по h -ой ветви системы, рассчитывается по формуле (8.37), а общая величина транспортной работы i -го автомобиля в системе по формуле:

$$P_i = \sum_{h=1}^S P_{ih} \quad (8.48)$$

Общий пробег, совершаемый i -ым автомобилем по h -ой ветви системы, рассчитывается по формуле (8.38), а пробег в системе по формуле:

$$L_{общ_i} = \sum_{h=1}^S L_{ih} \quad (8.49)$$

Количество груза, транспортная работа, общий пробег, выполненный всеми автомобилями, определяется по формулам:

$$Q_c = \sum_{i=1}^f Q_i \quad (8.50)$$

$$P_c = \sum_{i=1}^f P_i \quad (8.51)$$

$$L_{общ_c} = \sum_{i=1}^f L_{общ_i} \quad (8.52)$$

Блок-схема расчета по модели ненасыщенной средней системы представлена на рис. 8.2.

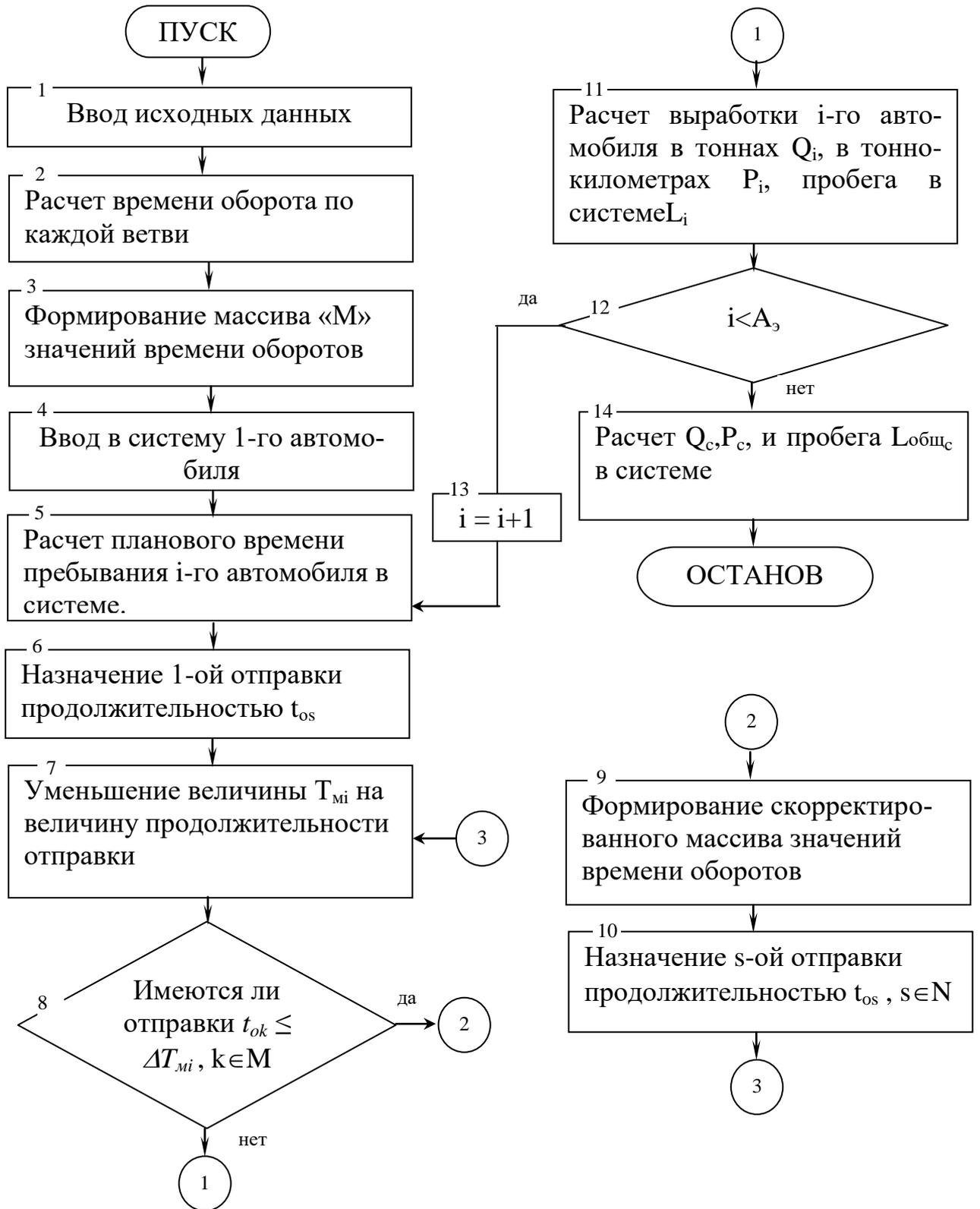


Рис. 8.2 – Блок-схема расчета по модели ненасыщенной средней системы

Блок 1. Ввод исходных данных.

Входными данными являются следующие показатели работы:

- количество ветвей в системе , $h=1,2,\dots,N$;
- наличие подвижного состава A_s (ед.) и его номинальная грузоподъемность подвижного состава q_h (т);
- вид груза и статический коэффициент использования грузоподъемности γ_c для каждой ездки по h -ой ветви;
- пробег автомобиля по h -ой ветви системы l_{mh} (км) и средняя техническая скорость подвижного состава V_{th} (км/ч);
- количество грузовых постов в центральном ($X_{ц.п}$) и периферийных пунктах ($x_{п.п}$), ед;
- продолжительность работы системы T_c (ч);
- время на погрузку $t_{п}$ и выгрузку груза (t_p) единицы подвижного состава, ч.

Блок 2. Расчет времени оборота по каждой ветви.

Расчет производится по формуле 8.31.

Блок 3. Формирование массива M .

Формируется массив расчетных значений времени оборота по всем N ветвям средней системы. $M=\{t_{o1}, t_{o2}, \dots, t_{ok}, \dots, t_{oh}\}$, $h=1,2,\dots,N$.

Блок 4. В систему вводится первый автомобиль. Переменной i присваивается значение 1.

Блок 5. Расчет планового времени пребывания i -го автомобиля в системе производится по формуле 8.30.

Блок 6. Назначение 1-ой отправки i -му автомобилю.

Из имеющегося массива продолжительности оборота по ветвям системы выбирается 1-ая отправка продолжительностью t_{os} , где s - номер ветви в соответствии с принятым приоритетом.

При назначении первой отправки последующим, вышедшим на линию автомобилям и при назначении отправок, следующих за первой, всем автомобилям в соответствии с принятым приоритетом обслуживания необходимо, чтобы интервал между отправками по одной ветви был равен или больше R_h .

Блок 7. Уменьшение величины T_{mi} на величину продолжительности выбранной отправки. Производится расчет остатка времени на маршруте i -го автомобиля по формуле 8.44.

Блок 8. Осуществляется сравнение остатка времени ΔT_{mi} с продолжительностью оборота по каждой h -ой ветви системы. Если такая отправка имеется, то она заносится в массив N , работает блок 9. В противном случае набор отправок i -му автомобилю заканчивается, работает блок 11.

Блок 9. Формирование массива отправок N из массива M , $N \in M$.

В массив включаются все отправки, продолжительностью не более остатка времени ΔT_{mi} i -го автомобиля. $N=\{t_{o1}, t_{o2}, \dots, t_{ok}\}$, $k=1,2,\dots,K$, $K \in N$.

Блок 10. Назначение очередной s -ой отправки продолжительностью t_{os} .

Процедура назначения отправки изложена в блоке 6.

Блок 11. Расчет выработки i -го автомобиля в тоннах (Q_i) по формуле 8.37, в тонно-километрах (P_i) по формуле 8.38, пробега (L_i) по формуле 8.39.

Блок 12. Проверка возможности привлечения очередного автомобиля для работы в системе.

Производят сравнение количества задействованных в системе автомобилей с имеющимся в наличии. Если имеются незадействованные автомобили, то в систему вводится очередной автомобиль, работает блок 13. В противном случае работает блок 12.

Блок 13. В систему вводится очередной автомобиль. Переменная i увеличивается на 1.

Блок 14. Расчет количества перевезенного груза (в тоннах) в системе Q_c по формуле 8.47, величина транспортной работы (в тонно-километрах) P_c по формуле 8.48, пробега автомобилей в системе (км) ($L_{общc}$) по формуле 8.49. Останов вычислений.

При проведении расчетов следует учитывать, что на маятниковых с обратным груженым пробегом и кольцевых ветвях средней системы на последнем обороте может быть выполнено несколько ездов. Таким образом, автомобиль может перевезти разное количество груза по каждому звену ветви.

В результате исполнения разного по величине объема перевозок на звене ветви системы транспортная схема перевозок для автомобиля может трансформироваться в транспортные схемы с меньшим количеством звеньев. Например, по мере вывоза груза из первого пункта погрузки транспортная схема для этого автомобиля может трансформироваться из трехзвенной кольцевой схемы в двухзвенную, и далее – в маятниковую с обратным негруженым пробегом транспортную схему.

Такая организация выполнения перевозок позволяет улучшить использование транспортных средств, сократить потери рабочего времени и объясняет ситуации, когда на некоторых звеньях план перевозок не выполняется.

Для проверки выполнения плана перевозок необходимо произвести построение графиков работы автомобилей в системе. Процедура построения графиков представлена в п. 9.

Таблица 8.1

Сводная таблица показателей работы автомобилей на маршрутах

Шифр маршрута	Порядковый номер а/м	l_m , км	t_o , ч	T_m , ч	Z_c	ΔT_m , ч	l_c , км	l_{H1} , км	l_{H2} , км	T_ϕ , ч	$Q_{пл}$, т	P , ткм
А3Б1-Б1А3	1-й	4	0,76	8,33	11	0,73	57	6	9	8,9	60	220
	2-й	4	0,76	8,04	10	0,44	53	6	9	8,15	50	200
	3-й	4	0,76	7,74	10	0,14	53	6	9	8,15	50	200
	4-й	4	0,76	7,45	9	0,61	49	6	9	7,38	40	180
А3Б3-Б3А3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
А1Б2-Б2А2- А2Б4-Б4А1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
А2Б3-Б3А3- А3Б4-Б4А2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

9. Построение графиков работы автомобилей на линии

Соблюдение графиков работы автомобилей позволяет свести к минимуму простой подвижного состава и погрузочно-разгрузочных средств вследствие несогласованной их работы.

График строится следующим образом. Продолжительность операций транспортного процесса известна. Время погрузки и разгрузки задано, время движения автомобиля с грузом и без груза рассчитывается исходя из пройденного расстояния и технической скорости.

По оси абсцисс, в принятом масштабе, откладываются длительности операций каждого оборота на соответствующей ветви радиальной схемы, по оси ординат – порядковые номера автомобилей. Сначала производят построение графика для первого автомобиля, потом для второго и т.д. При построении необходимо отслеживать моменты прибытия автомобилей в грузовые пункты, и если окажется так, что по прибытии автомобиля грузовой пост занят, в графике делается раздвижка на время ожидания погрузочно-разгрузочных операций. Раздвижку можно осуществлять в графике, как у очередного автомобиля, так и в графиках предыдущих автомобилей. Однако при этом должны выполняться условия не превышения окончания времени работы автомобиля и времени окончания работы разгрузочного пункта, к которому направляется автомобиль на последней езде.

При построении графика работы может оказаться так, что из-за потерь времени в ожидании погрузочно-разгрузочных операций расчетным количеством транспортных средств невозможно осуществить плановый объем перевозок или, наоборот, что запланировано излишнее количество автомобилей. Тогда для того, чтобы обеспечить вывоз груза, можно применить один из следующих способов:

- изменить приоритет начала погрузки при совершении очередного оборота в графике автомобиля, приводящего к длительным простоям. Например, переназначить время начала исполнения оборота по одной ветви оборотом по другой ветви системы;
- если система ненасыщенная и другие мероприятия не привели к желаемому результату, то возможно добавление еще одного автомобиля в систему, который осуществит перевозку остатка не вывезенного груза;
- использовать на маршруте подвижной состав большей грузоподъемности, если возможно;
- изменить техническую скорость транспортных средств или время простоев под погрузкой и разгрузкой.

Если же запланировано излишнее количество автомобилей на ветвях радиальной транспортной схемы, то часть автомобилей будет работать неполное время в наряде и иметь значимые остатки неиспользуемого времени. Для повышения эффективности работы автомобилей необходимо при построении графиков осуществить переключение автомобилей с той ветви, где работа закончилась, на ту ветвь, где данный автомобиль сможет выполнить хоть часть запланированной работы другого автомобиля.

Более сложной в описании функционирования является другая система, которая представляет собой насыщенную комбинированную среднюю систему. В таких системах в силу возможной не кратности расстояния доставки груза по отдельным ветвям системы, а также разных величин затрат времени на выполнение погрузочно-разгрузочных операций могут возникать дополнительные потери времени в результате одновременного прибытия транспортных средств в «узкое звено» с разных ветвей системы. Время ожидания также может возникнуть при одновременном прибытии автомобиля в любой другой грузовой пункт системы, тем самым его производительное время может быть снижено. Уменьшение производительного времени может быть таким, что за отведенное плановое время автомобиль не сможет выполнить свою работу, что в конечном итоге может привести к невыполнению планового задания в системе. Особенно ярко это будет выражено в перенасыщенной системе, в которой одна или многие ветви будут представлять собой перенасыщенные подсистемы. Поэтому в расчетах потребности в транспортных средствах в насыщенных и перенасыщенных средних системах необходимо предусмотреть возможность расчета расписания.

При расчете расписания принимаются следующие приоритеты: при назначении отправки автомобилю следует отдавать приоритет отправке с наибольшим количеством не вывезенного груза. Для того чтобы отправка с наибольшей продолжительностью выполнения не оказалась последней для выполнения, они тоже должны рассматриваться в числе первых. Таким же образом следует поступать с отправками в адрес клиентов, время работы которых заканчивается раньше всех остальных.

Поскольку время начала и окончания работы автомобилей, а также величина потерь рабочего времени в ожидании погрузочно-разгрузочных операций могут быть известны после построения расписания работы системы, то до начала расчетов точно определить необходимую потребность в транспортных средствах не представляется возможным. В то же время, если невозможно произвести расчеты и построить расписание без определения потребности в транспортных средствах, решение поставленной задачи связано с использованием итеративного процесса, т.е. с повторным проведением расчетов на модели с именованными выходными параметрами и получением расписания. Расчет должен быть организован следующим образом. На первом этапе определяют минимально возможное количество автомобилей (нижняя граница потребности транспортных средств) исходя из времени выполнения всех заявок и планового времени в наряде. Далее производят расчет и построение расписания работы. На втором этапе производят проверку выполнения плана перевозок и, если его для освоения данным количеством автомобилей недостаточно, рассчитываются показатели очередного автомобиля, на который приходится наибольшее количество невыполненных отправок. Данную операцию повторяют до тех пор, пока не будет достигнута основная цель решения задачи.

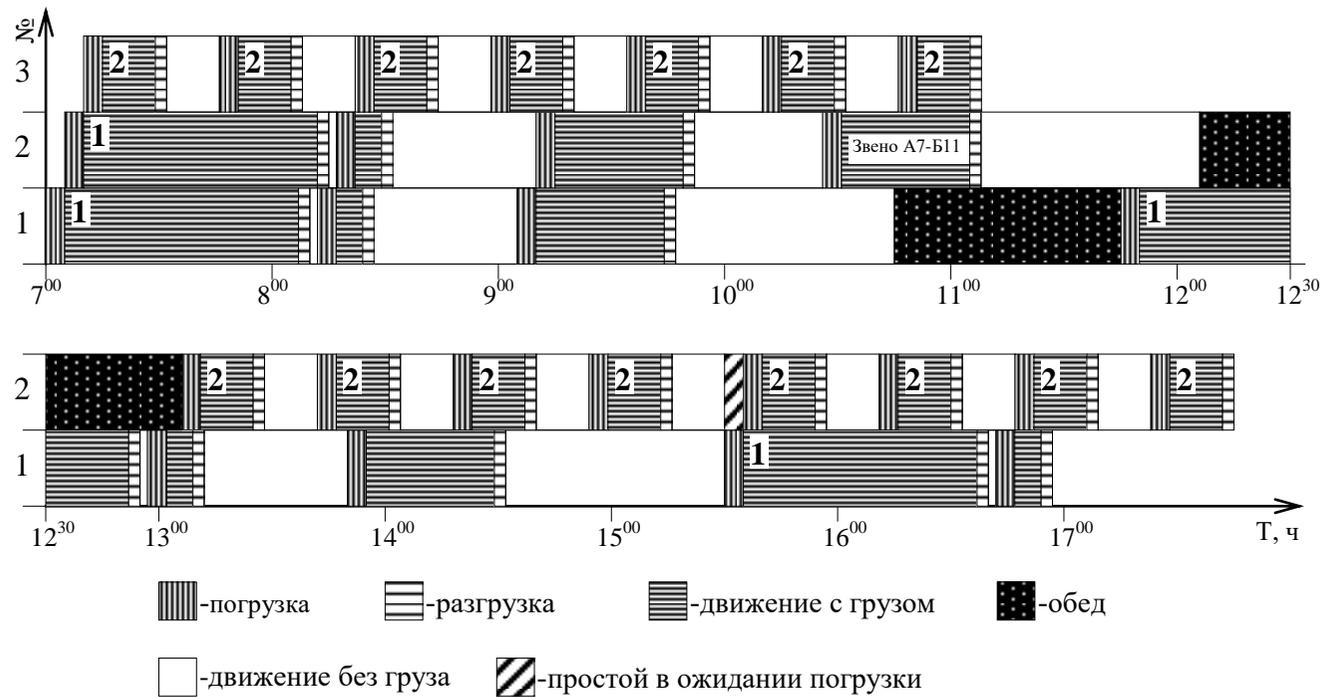


Рис. 9.1. График транспортировки грузов автомобилями в цепи поставок.

Библиографический список

1. Николин В.И., Витвицкий Е.Е., Мочалин С.М. Грузовые автомобильные перевозки: Монография / В.И. Николин, Е.Е. Витвицкий, С.М. Мочалин. – Изд-во «Вариант-Сибирь», 2004. – 480 с.
2. Вельможин А.В., Гудков В.А., Миротин Л.Б., Куликов А.В. Грузовые автомобильные перевозки. Учеб. для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с.
3. Николин В.И. и др. Проектирование автотранспортных систем доставки грузов. – Омск Издательство СибАДИ, 2001. – 184 с.
4. Кожин А.П., Мезенцев В.Н. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками. М.: Транспорт, 1994. – 304 с.
5. Геронимус Б.Л., Цафрин Л.В. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте М.: Транспорт, 1988. – 192 с.
6. Ширяев С.А., Гудков В.А., Миротин Л.Б. Транспортные и погрузочно-разгрузочные средства: учебник для вузов. Под ред. С.А. Ширяева С.А.. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 848 с.