

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ В АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

Предлагаемая методика расчета потребности в транспортных средствах позволяет устранить ряд недостатков методик С.Р. Лейдермана, Б.Л. Геронимуса и А.П. Кожина. Используемые в методике теоретические положения и математический аппарат вооружают научных и практических работников грузового автотранспорта необходимыми знаниями и инструментарием для осуществления адекватного планирования и управления в автотранспортных системах доставки грузов.

В работах [1, 2, 3] изложены различные методики расчета потребности в транспортных средствах. Однако во всех указанных методиках не учитывается тот факт, что многие спроектированные, пока еще технологические схемы доставки грузов начинаются или заканчиваются в одном грузовом пункте. Данный факт указывает на наличие радиальной конфигурации транспортной схемы доставки груза, а не просто изолированных друг от друга маятниковых или кольцевых схем, как изложено в многочисленной учебной и научной литературе. Неверное представление о конфигурации схемы исполнения перевозок приводит к использованию теоретических подходов и математических моделей, описывающих работу единицы подвижного состава на маятниковых или кольцевых маршрутах, рассматривая при этом транспортный процесс как непрерывный.

В работе [4] доказано, что транспортный процесс в действительности дискретный и требует применения соответствующего математического аппарата. Основываясь на классификации [5], можно говорить о том, что транспорт-

ный процесс осуществляется в определенной автотранспортной системе доставки груза, а маршрут в ней является лишь определенной конфигурацией транспортной схемы выполнения перевозок между грузовыми пунктами. Поэтому необходимо в первую очередь правильно распознать (идентифицировать) полученные транспортные схемы.

В качестве примера рассмотрим следующее решение задачи маршрутизации перевозок массовых навалочных грузов.

Пусть имеется восемь грузоотправителей и двенадцать получателей трех видов транспортно-однородного груза (песка, гравия и угля). Перевозка грузов осуществляется на сложившейся в регионе транспортной сети. Суммарная потребность потребителей и объемы производства груза заданы и равны между собой (решается закрытая транспортная задача) (см. табл. 1).

Показатели, представленные в табл. 1, являются сводной заявкой на доставку грузов.

При решении задачи были приняты следующие условия и ограничения: груз (песок, гравий, уголь) 1-го класса и $\gamma_c = 1$; $V_T = 25$ км/ч (го-

Таблица 1. Потребность потребителей и объемы производства груза (заявка на перевозку грузов)

Грузоотправители (поставщики), количество груза в тоннах	Условные обозначения	Грузополучатели (потребители)	Условные обозначения	Наименование и количество груза в тоннах
Речной порт (200т)	A ₁	ЗСЖБИ-1	Б ₁	Гравий – 200
Камнедробильный завод (200т)	A ₂	Железнодорожная станция КСК	Б ₂ Б ₄	Гравий – 200 Гравий – 100
Гравийный карьер (350т)	A ₃	ЗСЖБИ-3 СМУ-13	Б ₃ Б ₅	Гравий – 100 Гравий – 250
Песчаный карьер1 (275т)	A ₄	Речной порт Строительный объект 1	Б ₈ Б ₇	Песок – 250 Песок – 25
Песчаный карьер2 (275т)	A ₅	Строительный объект 2 Строительный объект 1 ЗСЖБИ-2	Б ₆ Б ₇ Б ₉	Песок – 100 Песок – 25 Песок – 150
Песчаный карьер3 (150т)	A ₆	Строительный объект 1	Б ₇	Песок – 150
Универсальная база (200т)	A ₇	Кирпичный завод Мебельная фабрика	Б ₁₁ Б ₁₂	Уголь – 50 Уголь – 150
Угольная база (250т)	A ₈	Кирпичный завод Котельная ПТСК	Б ₁₁ Б ₁₀	Уголь – 100 Уголь – 150

родские условия эксплуатации); продолжительность погрузки и выгрузки автомобиля $t_{\text{пв}} = 0,13$ ч; тип автомобиля – КамАЗ-55102 грузоподъемностью $q = 7$ т.

В данном примере транспортная задача решалась методом МОДИ по критерию минимума транспортной работы, а маршрутизация перевозок массовых грузов – методом совмещенных планов. Процедура построения маршрутов подробно изложена в литературе [1, 2].

Согласно методу решения задачи маршрутизации считается, что получены маршруты. Однако полученные в результате решения маршруты – это только конфигурация транспортных схем доставки грузов с определенным объемом груза, который должно быть доставлен от определенного поставщика определенному потребителю, входящему в данную схему.

Характеристики спроектированных схем доставки грузов представлены в табл. 2.

Далее необходимо произвести расчет потребности в транспортных средствах для перевозки грузов по данным схемам доставки.

В рассматриваемом примере маятниковая схема №5, кольцевые схемы №2, №3, №5, №6 (см. табл. 2) имеют один общий пункт погрузки A_8 , что указывает на наличие радиальной схемы доставки грузов. Аналогично выявляется вторая радиальная схема доставки с общим пунктом погрузки A_5 , объединяющим маятниковую схему №3 и кольцевую №4.

В рамках общей классификации транспортных систем радиальная схема с позиций системного подхода рассматривается как средняя система доставки грузов (ССДГ), а составляющие ее транспортные схемы – как ветви данной системы. Для проведения расчета выработки автомобилей в средних системах необходимо провести идентификацию таких систем с учетом возможного их многообразия.

В результате действий по расшифровке решения задачи маршрутизации получаются следующие транспортные схемы, характеристика которых представлена в табл. 3.

Первейшей задачей при расшифровке спроектированных транспортных схем доставки грузов является расчет потребности в автотранспортных средствах. Для изолированных маятниковых и кольцевых схем доставки грузов необходимо использовать математический аппарат малых транспортных систем [6].

В работе [6] доказано, что независимо от применяемого метода решения транспортной задачи получаются сопоставимые друг с другом результаты, а ошибки, получаемые в решении задачи маршрутизации, закладываются в другой области расчета.

В соответствии с положениями, изложенными в работах [4, 5, 6], для того чтобы учитывать выявленные особенности функционирования автотранспортных систем при расшифровке реше-

Таблица 2. Характеристика схем доставки грузов

№ п/п	Схема исполнения доставки груза	Объем перевозок, т	Пробег с грузом, км	Пробег без груза, км	Общий пробег, км	Нулевой пробег, км	β_m
Маятниковые схемы							
1	$A_1B_1-B_1A_1$	200	3	3	6	35	0,5
2	$A_2B_2-B_2A_2$	150	3	3	6	63	0,5
3	$A_5B_6-B_6A_5$	100	6	6	12	15	0,5
4	$A_4B_8-B_8A_4$	200	4	4	8	46	0,5
5	$A_8B_{11}-B_{11}A_8$	50	24	24	48	28	0,5
6	$A_7B_{12}-B_{12}A_7$	150	4	4	8	20	0,5
Кольцевые схемы							
1	$A_3B_5-B_5A_6-A_6B_7-B_7A_3$	150	32	16	48	38	0,67
2	$A_3B_3-B_3A_8-A_8B_{11}-B_{11}A_4-A_4B_8-B_8A_3$	50	43	20	63	39	0,68
3	$A_2B_4-B_4A_3-A_3B_5-B_5A_8-A_8B_{10}-B_{10}A_5-A_5B_9-B_9A_2$	100	63	17	80	60	0,80
4	$A_2B_2-B_2A_7-A_7B_{11}-B_{11}A_5-A_5B_9-B_9A_2$	25	43	41	84	60	0,52
5	$A_3B_3-B_3A_8-A_8B_{10}-B_{10}A_5-A_5B_7-B_7A_3$	25	49	20	69	38	0,71
6	$A_2B_2-B_2A_7-A_7B_{11}-B_{11}A_4-A_4B_7-B_7A_3-A_3B_3-B_3A_8-A_8B_{10}-B_{10}A_5-A_5B_9-B_9A_2$	25	76	45	121	60	0,63

Примечание. β_m – маршрутный коэффициент использования пробега.

Таблица 3. Характеристика технологических схем доставки грузов

№ п/п	Схема исполнения доставки груза	Q, Т	L _м , км	n	V _т , км/ч	t _{пр} · n, ч	γ
Маятниковые схемы							
1	A ₁ B ₁ -B ₁ A ₁	200	6	1	25	0,13	1
2	A ₂ B ₂ -B ₂ A ₂	150	6	1	25	0,13	1
3	A ₄ B ₈ -B ₈ A ₄	200	8	1	25	0,13	1
4	A ₇ B ₁₂ -B ₁₂ A ₇	150	8	1	25	0,13	1
Кольцевые схемы							
1	A ₃ B ₅ -B ₅ A ₆ -A ₆ B ₇ -B ₇ A ₃	150	48	2	25	0,26	1
Радиальные схемы							
1	A ₅ B ₆ -B ₆ A ₅	100	12	1	25	0,13	1
	A ₂ B ₂ -B ₂ A ₇ -A ₇ B ₁₁ -B ₁₁ A ₅ -A ₅ B ₉ -B ₉ A ₂	25	83	3	25	0,39	1
2	A ₈ B ₁₁ -B ₁₁ A ₈	50	48	1	25	0,13	1
	A ₃ B ₃ -B ₃ A ₈ -A ₈ B ₁₁ -B ₁₁ A ₄ -A ₄ B ₈ -B ₈ A ₃	50	63	3	25	0,39	1
	A ₂ B ₄ -B ₄ A ₃ -A ₃ B ₅ -B ₅ A ₈ -A ₈ B ₁₀ -B ₁₀ A ₅ -A ₅ B ₉ -B ₉ A ₂	100	80	4	25	0,52	1
	A ₃ B ₃ -B ₃ A ₈ -A ₈ B ₁₀ -B ₁₀ A ₅ -A ₅ B ₇ -B ₇ A ₃	25	69	3	25	0,39	1
	A ₂ B ₂ -B ₂ A ₇ -A ₇ B ₁₁ -B ₁₁ A ₄ -A ₄ B ₇ -B ₇ A ₃ -A ₃ B ₃ -B ₃ A ₈ -A ₈ B ₁₀ -B ₁₀ A ₅ -A ₅ B ₉ -B ₉ A ₂	25	121	6	25	0,78	1

Здесь n – количество ездов за оборот.

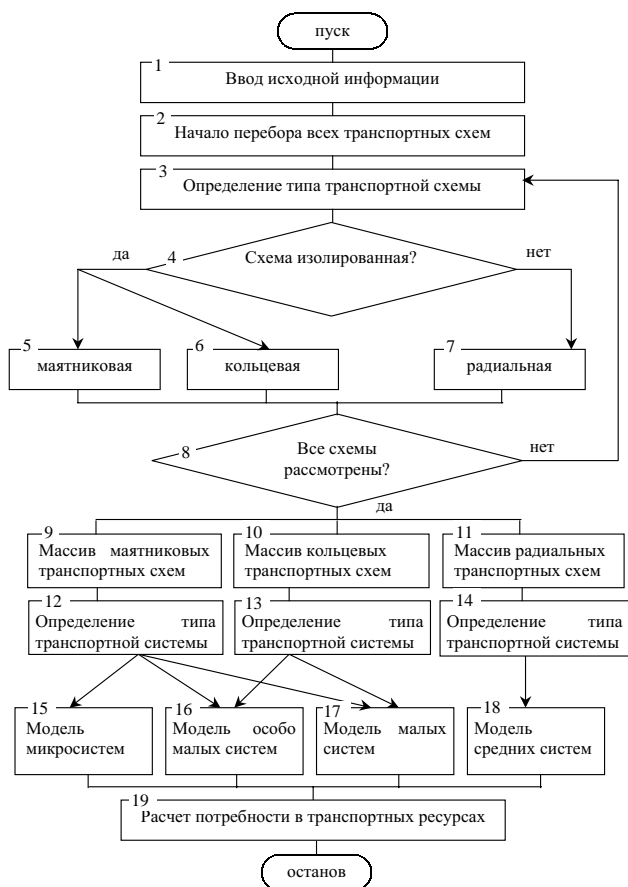


Рисунок 1. Предлагаемая методика расчета потребности в транспортных средствах в спроектированных автотранспортных системах доставки грузов

ния задачи маршрутизации, была создана методика проведения расчетов.

Данная методика представляет собой следующую последовательность процедур (рис. 1).

Блок 1. Ввод исходной информации. Вводят исходную информацию по всем спроектированным транспортным схемам доставки грузов.

Блок 2. Начало перебора всех спроектированных транспортных схем для идентификации их типа.

Блок 3. Определение типа транспортной схемы. Маятниковая или кольцевая.

Блок 4. Уточнение типа транспортной схемы. Если схема изолированная, т. е. не имеет общих грузовых пунктов с другими схемами, то работает блок 5 или 6. В противном случае схема имеет общие грузовые пункты и работает блок 7.

Блок 5. Изолированная маятниковая транспортная схема.

Блок 6. Изолированная кольцевая транспортная схема.

Блок 7. Радиальная транспортная схема.

Блок 8. Проверка условия перебора всех спроектированных транспортных схем. Если рассмотрены все транспортные схемы, то последовательно работают блоки 9, 10, 11, в противном случае работает блок 3.

Блок 9. Формирование массива маятниковых транспортных схем.

Блок 10. Формирование массива кольцевых транспортных схем.

Таблица 4. Результаты расчета потребности в подвижном составе по предлагаемой методике

№ системы	Шифр маршрута	$N_{авт}$	$Q_{ф, T}$	$Q_{i, T}$	$Z_{план}$	Z_{ei}	$T_{ми, ч}$	$P_{фi, T \cdot км}$	$Z_{возм}$	Z_{max}	
Микросистемы											
1	A ₇ B ₁₂ -B ₁₂ A ₇	1	150	150	22	22	10,00	600	22	125	
2	A ₂ B ₂ -B ₂ A ₂	1	150	150	22	22	10,00	450	22	125	
Малые транспортные системы (маятниковая схема доставки)											
1	A ₁ B ₁ -B ₁ A ₁	1	200	189	29	27	10,00	567	27	125	
		2		11		2		9,92			33
2	A ₄ B ₈ -B ₈ A ₄	1	200	154	29	22	10,00	616	27	125	
		2		46		7		9,92			184
Малая транспортная система (кольцевая схема доставки)											
3	A ₆ B ₇ -B ₇ A ₃ -A ₃ B ₅ -B ₅ A ₆	1	300	35+28	44	5+4	10,00	1036	5+4	125	
		2		35+28		5+4		9,92	1036		5+4
		3		35+28		5+4		9,84	1036		5+4
		4		35+28		5+4		9,76	1036		5+4
		5		10+38		2+6		9,68	656		4+4
Средние системы доставки грузов											
4	Комбинированная система (ненасыщенная)	1	175	56	27	6+2	10,00	805	6+2	125	
		2		75		4+8		9,92	606		6+2
		3		44		7+0		9,84	264		16
5	Комбинированная система (насыщенная)	1	825	70	118	10	10,00	973	10	125	
		2		70		10		9,92	973		10
		3		70		10		9,84	973		10
		4		52		8		9,76	745		10
		5		63		9		9,68	1050		9
		6		63		9		9,60	1050		9
		7		63		9		9,52	1050		9
		8		63		9		9,44	1050		9
		9		63		9		9,36	1050		9
		10		50		8		9,28	770		8
		11		56		8		9,20	938		8
		12		63		9		9,12	945		9
		13		45		7		9,04	645		7
		14		34		6		8,96	563		6

Здесь $N_{авт}$ – порядковый номер автомобиля в системе; Z_{ei} – количество ездов i -го автомобиля за оборот: (5+4) – пять ездов по первой и четыре ездки по второй ветви кольцевой схемы; $Z_{возм}$ – возможное количество ездов, которое может совершить i -й автомобиль в системе за плановое время в наряде.

Блок 11. Формирование массива радиальных транспортных схем.

Блок 12. Определение типа транспортной системы (для маятниковой транспортной схемы).

Если перевозка планового количества груза осуществляется одним автомобилем по маятниковой транспортной схеме с обратным негруженным пробегом, то работает блок 15.

Если перевозка планового количества груза осуществляется одним автомобилем по маятниковой транспортной схеме другого типа, то работает блок 16. Если перевозка планового количества груза осуществляется по маятниковой транспортной схеме любого типа и необходимо более одного автомобиля, то работает блок 17.

Блок 13. Определение типа транспортной системы (для кольцевой транспортной схемы).

Если перевозка планового количества груза осуществляется одним автомобилем по кольцевой транспортной схеме, то работает блок 16. Если перевозка планового количества груза осуществляется по кольцевой транспортной схеме и необходимо более одного автомобиля, то работает блок 17.

Блок 14. Определение типа транспортной системы (для радиальной транспортной схемы). Переход на блок 18.

Блок 15. Применение модели для микросистем [4].

Блок 16. Применение модели особо малых систем [4].

Блок 17. Применение модели малых систем [5, 6].

Блок 18. Применение моделей средних систем [6].

Блок 19. Расчет потребности в транспортных ресурсах для всех спроектированных автотранспортных систем доставки грузов.

$$Q_{\text{общ}} = \sum_{c=1}^{TC} Q_{\text{сист. } c}, \quad (1)$$

$$P_{\text{общ}} = \sum_{c=1}^{TC} P_{\text{сист. } c}, \quad (2)$$

$$A_{\text{э общ.}} = \sum_{c=1}^{TC} A_{\text{э сист. } c}, \quad (3)$$

$$L_{\text{общ}} = \sum_{c=1}^{TC} L_{\text{сист. } c}, \quad (4)$$

где c – переменная количества автотранспортных систем, $c=1, 2, \dots, TC$.

Остановка вычислений.

В соответствии с предлагаемой методикой определения потребности в подвижном составе были проведены расчеты, результаты которых представлены в табл. 4.

В процессе проведения исследований применения экономико-математических методов в практике планирования и управления грузовы-

ми автомобильными перевозками установлено, что в результате решения задачи маршрутизации получаются не маятниковые или кольцевые маршруты в чистом виде, а автотранспортные системы доставки грузов со своими особенностями протекания транспортного процесса, требующие применения соответствующего математического аппарата для расчета потребности транспортных ресурсов.

Выявлено, что некоторые спроектированные транспортные схемы начинаются или заканчиваются в одном и том же грузовом пункте; это указывает на то, что мы имеем дело со средней системой, где перевозка грузов осуществляется по ветвям, конфигурация которых соответствует маятниковым или кольцевым транспортным схемам перевозки.

Установлено, что на практике средние системы есть объективная реальность, и неучет закономерностей, свойственных этим системам, в планировании, организации и эксплуатации неизбежно приводит к негативным последствиям.

Разработанный теоретический и математический аппарат вооружает научных и практических работников грузового автотранспорта необходимыми знаниями и инструментарием для осуществления адекватного планирования и управления в средних системах доставки грузов.

Список использованной литературы:

1. Геронимус Б.Л., Царфин Л.В. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1988. – 192 с.
2. Кожин А.П. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками / А.П. Кожин, В.Н. Мезенцев. – М.: Транспорт, 1994. – 304 с.
3. Лейдерман С.Р. Эксплуатация грузовых автомобилей. – М.: Транспорт, 1966. – 150 с.
4. Николин В.И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов. – М.: Транспорт, 1990. – 191 с.
5. Николин В.И., Витвицкий Е.Е., Мочалин С.М., Ланьков Н.И. Основы теории автотранспортных систем (грузовые автомобильные перевозки). – Омск: Изд-во ОмГПУ, 1999. – 281 с.
6. Николин В.И., Мочалин С.М., Витвицкий Е.Е., Николин И.В. Проектирование автотранспортных систем доставки грузов. – Омск. Изд-во СибАДИ, 2001. – 187 с.