

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

Кафедра «Организация дорожного движения»

С. А. АЗЕМША, С. В. СКИРКОВСКИЙ, С. В. СУШКО

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ
ПАССАЖИРОВ И ГРУЗОВ.
ПРАКТИКУМ**

Гомель 2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Организация дорожного движения»

С. А. АЗЕМША, С. В. СКИРКОВСКИЙ, С. В. СУШКО

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ И ГРУЗОВ. ПРАКТИКУМ

С приложениями на оптическом диске

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений
по специальности "Организация перевозок и управление
на автомобильном и городском транспорте"*

2-е издание, переработанное

Гомель 2012

УДК 656.13 (075.8)
ББК 39.38
А35

Рецензенты: заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей» государственного учреждения высшего образования «Белорусско-Российский университет» канд. техн. наук, доцент *Н. А. Коваленко*; ученый секретарь БелНИИТ «Транстехника» канд. техн. наук *С. Б. Соболевский*

Аземша, С. А.

А35 Автомобильные перевозки пассажиров и грузов. Практикум : учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. / С. А. Аземша, С. В. Скиркоцкий, С. В. Сушко ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 205 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – 5,3 Мб. – Систем. требования: ПК с процессором 800 и выше; дисковод CD-ROM; Windows XP; Adobe Acrobat Reader.
ISBN 978-985-554-006-0 (отд. изд.)
ISBN 978-985-554-028-2

Приведены теоретические основы и примеры выполнения самостоятельных заданий к практическим занятиям и лабораторным работам, а также изложены некоторые материалы, необходимые при разработке курсового проекта и выполнения контрольной работы по дисциплине «Автомобильные перевозки грузов и пассажиров».

Предназначено для студентов специальности 1-44.01.01 "Организация перевозок и управление на автомобильном и городском транспорте", а также может быть полезно для студентов других специальностей.

УДК 656.13 (075.8)
ББК 39.38

ISBN 978-985-554-006-0 (отд. изд.)
ISBN 978-985-554-028-2

© Аземша С. А., Скиркоцкий С. В.,
Сушко С. В., 2009
© Аземша С. А., Скиркоцкий С. В.,
Сушко С. В., 2012, с изменениями
© Оформление. УО "БелГУТ", 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Задания	
№ 1 Управление запасами и оптимизация партионности перевозок грузов.....	5
№ 2 Оптимизация закрепления потребителей за поставщиками.....	14
№ 3 Факторное исследование производительности автотранспортных средств.....	28
№ 4 Выбор автомобилей-самосвалов для работы с заданными погрузочными средствами.....	41
№ 5 Определение оптимальной по грузоподъемности структуры парка автомобилей.....	47
№ 6 Маршрутизация перевозок мелкопартионных грузов.....	54
№ 7 Организация движения автомобилей по графику.....	88
№ 8 Выбор автомобилей-тягачей для перевозки тяжеловесных грузов.....	93
№ 9 Выбор типа подвижного состава по экономическим показателям.....	98
№ 10 Обследование пассажиропотоков на городских маршрутах.....	105
№ 11 Составление паспорта автобусного маршрута.....	122
№ 12 Выбор оптимальной автобусной маршрутной системы в городе.....	130
№ 13 Выбор типов и расчет числа автобусов на маршрутах.....	144
№ 14 Управление качеством городских автобусных перевозок.....	151
№ 15 Определение оптимального значения вместимости пассажирского транспортного средства.....	159
Список литературы.....	165
Приложение А Нормы времени на перевозку грузов автомобильным транспортом.....	167
Приложение Б Технические характеристики автомобилей.....	169
Приложение В Пассажирообмен остановочных пунктов на маршрутах.....	174
Приложение Г Пример заполнения паспорта автобусного маршрута.....	180
Приложение Д Транспортная сеть и корреспонденции пассажиров.....	191
Приложение Е Показатели маршрутной сети и работы автобусов.....	193
Приложение Ж Фрагменты улично-дорожной сети.....	194
Приложение И Номенклатура и количество перевозимого груза.....	197
Приложение К Парк грузовых автомобилей, предназначенных для перевозки грузов.....	199
Приложение Л Задачи для самоконтроля.....	200

ВВЕДЕНИЕ

Для перевозки грузов в автотранспортных предприятиях имеется различный подвижной состав: одиночные автомобили и автопоезда, автомобили с различным типом кузова, универсальные и специализированные, различной грузоподъемности и т.д. Экономические показатели перевозочного процесса во многом зависят от правильного использования подвижного состава. Для перевозки грузов необходимо выделять автомобили и прицепной состав, обеспечивающие минимальные издержки в конкретных эксплуатационных условиях. Особую актуальность приобретает рационализация использования подвижного состава автотранспортных предприятий в современных экономических условиях, когда при снижении объема перевозок требуется обеспечить финансовую устойчивость транспортного процесса. Именно поэтому инженер по организации перевозок на автомобильном транспорте должен владеть методами решения задачи выбора подвижного состава для перевозки грузов и пассажиров. Отдельную и сложную проблему представляет собой задача формирования рациональной структуры парка подвижного состава по грузоподъемности. Для ее решения используются методы математической статистики и теории вероятностей, с помощью которых исследуются размеры предъявляемых к перевозке партий грузов. Структура парка подвижного состава по грузоподъемности должна быть такой, чтобы осуществлять перевозки различных по величине партий грузов с максимальной эффективностью.

Предлагаемое учебное пособие призвано способствовать овладению студентами на конкретных примерах и задачах методов снижения издержек на осуществление транспортного процесса. Задания, представленные в пособии, выполняются на лабораторных занятиях, а задания 2, 4, 6, 7 являются разделами курсового проектирования по дисциплине «Автомобильные перевозки пассажиров и грузов».

З а д а н и е № 1

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРТИОННОСТИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

1.1 Цель работы

Освоить методику определения рационального размера запасов продукции для нормальной работы предприятия и оптимизации партионности перевозок грузов.

1.2 Методика выполнения работы

Причиной образования запасов продукции является необходимость гарантированного бесперебойного снабжения потребителей. Образование запасов объясняется также и дискретным характером транспортного процесса на всех видах транспорта. Управлять запасами – это значит определить объем и моменты поставки продукции, а также распределить вновь прибывшую партию по звеньям нижестоящей системы снабжения.

Задачи определения рационального размера запасов, необходимых для нормального функционирования предприятий, возникают во всех отраслях народного хозяйства. Избыточные запасы приводят к "омертвлению" средств, затраченных на приобретение и хранение неиспользованных сырья и материалов. Кроме того, в процессе хранения ухудшается качество некоторых товаров и возникают потери.

Большие запасы целесообразно создавать для продуктов сезонного или постоянного производства, но сезонного потребления.

Недостаточные запасы могут стать причиной нарушения производственного процесса или ритмичности снабжения. Запасы пополняют периодически. Каждое такое пополнение сопровождается определенными затратами, зависящими от условий поставки. Склад несет расходы, связанные с хранением продуктов.

Задачи управления запасами состоят в выборе объема и момента предъявления заказа на пополнение, обеспечивающих минимальные суммарные расходы по хранению и поставкам. Управление запасами предусматривает также распределение вновь прибывшей партии по нижестоящим звеньям системы снабжения. Совокупность правил, которыми руководствуются при принятии решений, называется **стратегией управления запасами**. Определение стратегий является предметом теории оптимального управления запасами.

Задачи управления запасами делятся на статистические и динамические. В статистических создание запаса выступает как единичный акт, а в динамических расходование и периодическое пополнение запасов рассматривается как процесс, развертывающийся во времени.

Основные стратегии управления запасами:

- 1) стратегия фиксированного размера заказа;
- 2) стратегия постоянной периодичности заказа;
- 3) стратегия с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня;
- 4) стратегия двух уровней.

Таким образом, размеры перевозимых партий грузов и интервалы между очередными поставками могут быть как постоянными, так и переменными и зависят от принятой стратегии управления запасами. По фактическим данным об объеме сбыта и длительности доставки заказа можно промоделировать процесс и определить вероятность возникновения дефицита и средние уровни запасов при применении определенной системы завоза грузов в течение длительного периода времени. Проще всего определить величину страхового запаса в статистической задаче, когда случайной величиной является лишь потребность в продукции в период между двумя очередными поставками.

Стратегия при минимальных общих затратах называется оптимальной.

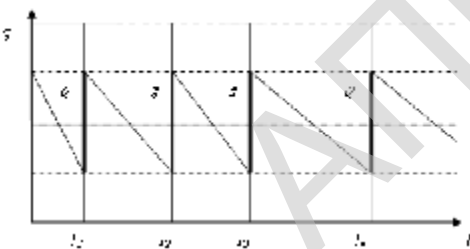


Рисунок 1.1 – Графическая интерпретация стратегии фиксированного размера заказа

Простейшая модель управления запасами (рисунок 1.1) – это система с фиксированным размером запаса продукции q .

Стратегия предусматривает непрерывный контроль за состоянием запасов, и когда уровень запасов опускается ниже какой-то величины, то заказывается новый товар. Такая необходимость возникает через различные промежутки времени.

Издержки на хранение определяются следующим образом:

$$S_{\infty} = \frac{\tilde{N}_{\infty} g}{2}, \quad (1.1)$$

где \tilde{N}_{∞} – издержки на хранение единицы товара;

g – объем товара, находящийся на хранении.

Объем груза на хранении за время t меняется в пределах от 0 до g , и для расчета издержек на хранение принимается среднее за весь период хранения значение размера партии груза, поэтому в формуле g делится на 2.

Затраты, связанные с перевозкой,

$$S_{i\dot{a}o} = \frac{D_{\dot{a}i\dot{a}}}{g} C_{\dot{a}}, \quad (1.2)$$

где $P_{\text{год}}$ – потребность в продукте за весь планируемый период времени работы предприятия;

$C_{\dot{a}}$ – издержки на доставку одной тонны груза.

Общие затраты

$$S = S_{\dot{o}o} + S_{i\dot{a}o}; \quad (1.3)$$

$$\frac{dS}{dg} = 0; \quad g_{i\dot{a}o} = \sqrt{\frac{2D_{\dot{a}i\dot{a}}\tilde{N}_{\dot{a}}}{\tilde{N}_{\dot{o}o}}}. \quad (1.4)$$

Интервалы времени между поставками

$$I_{\dot{a}} = \frac{\dot{O}g_{i\dot{a}o}}{D_{\dot{a}i\dot{a}}}. \quad (1.5)$$

При стратегии постоянной периодичности запасов заказ осуществляется через одинаковые промежутки времени.

Размеры перевозимых партий грузов и интервал между очередными поставками могут быть как постоянными, так и переменными и зависят от принятой стратегии управления запасами.

Своевременная доставка грузов характеризуется удовлетворением требований на перевозки, которое достигается рациональным согласованием работы транспорта и обслуживаемых им систем производства и потребления. Характеристикой уровня согласования служит соотношение между количеством предъявляемых к перевозке и вывозимых грузов, размерами запасов грузов, вероятностью дефицита и др.

Продолжительность доставки грузов характеризуется временем пребывания грузов в пути с момента окончания погрузки до начала ее выгрузки. Отношение расстояния ко времени характеризует скорость доставки.

Если ежедневно отправляется P тонн груза, то в каждый момент в процессе перевозки его находится

$$\dot{I} = E\dot{O}_{\dot{a}}, \quad (1.6)$$

где $T_{\dot{d}}$ – продолжительность доставки.

Стоимость грузовой массы, пребывающей в пути,

$$\tilde{N}_{\dot{o}i} = \dot{O}_{\dot{o}}E\dot{O}_{\dot{a}}, \quad (1.7)$$

где $C_{\dot{r}}$ – цена 1 т груза.

При сокращении времени доставки сумма высвобождаемых средств

$$\Delta \tilde{N}_{oi} = \tilde{N}_{oi} - \tilde{N}'_{oi} = \ddot{O}_o D (\dot{O}'_a - \dot{O}_a), \quad (1.8)$$

где \dot{O}'_a – время доставки груза после проведенных мероприятий по увеличению скорости доставки.

Иногда экономический эффект ускорения доставки груза удобнее рассчитывать по скорости доставки и годовому объему перевозок:

$$\dot{I} = \frac{D_{ai} l_a}{365 v_a}, \quad (1.9)$$

$$\Delta \tilde{N}_{oi} = \frac{\ddot{O}_o D_{ai} l_a}{365 \cdot 24} \left(\frac{1}{v_a} - \frac{1}{v'_a} \right), \quad (1.10)$$

где v_a – скорость доставки;

v'_a – скорость после увеличения доставки.

При ускорении доставки груза сокращается время нахождения груза в перевозке, и высвобожденная часть может быть дополнительно вовлечена в оборот.

Формирование партий грузов означает разделение транспортируемых единиц на составляющие или их соединение по какому-либо признаку. Под накоплением груза понимается постепенное увеличение хранимого объема продукции, предназначенной для транспортировки. Накопление заканчивается отправлением груза, после чего процесс повторяется заново. Суммарные тонно-часы в процессе накопления груза

$$Q_t = g_1 t_1 + g_2 t_2 + \dots + g_n t_n \quad (1.11)$$

или

$$Q_t = \frac{Q_1 t_{\text{ад}}^1}{2} + \frac{Q_2 t_{\text{ад}}^2}{2} + \dots + \frac{Q_n t_{\text{ад}}^n}{2}, \quad (1.12)$$

где t_i – время хранения g_i -й партии груза.

Если

$$Q_1 = Q_2 = Q_n, \text{ то } Q_t = \frac{Q}{2} (t^1 + t^2 + \dots + t^n) = 12Q. \quad (1.13)$$

Число 12 называется параметром накопления груза и может меняться в пределах 0–24:

$$Q_t = C Q. \quad (1.14)$$

Среднее время нахождения 1 т груза в процессе накопления

$$t_i = \frac{Q_i}{\sum Q_i} = \frac{CQ}{\sum Q_i}. \quad (1.15)$$

Процесс накопления – достаточно распространенная операция. Накопление осуществляется на складах поставщика и потребителя, а также на складах материально-технического снабжения. Все эти элементы транспортных систем функционируют как своеобразные накапливающие системы. Чем меньше груза в накоплении, тем меньше время его доставки потребителю. Степень удовлетворения требований на перевозки характеризуется коэффициентом удовлетворения требований на перевозки, который определяется как отношение количества груза, вывозимого за определенный период времени, к общему количеству предназначенных для перевозки грузов:

$$E_{\text{ин}} = \frac{P_n}{Z_n + X_n}, \quad (1.16)$$

где P_n – количество вывозимого груза;

Z_n – хранящийся груз;

X_n – вновь поступивший груз.

Связь операций производственного и транспортного процессов проявляется в обусловливаемой последовательности их выполнения.

Производственный и предшествующий ему транспортный процесс, в результате которого образуется запас материалов и изделий, требуют рационального согласования во времени объемов завоза с объемом потребления. Эти процессы могут выполняться последовательно, с перерывами, без перерыва, совмещенно.

1.3 Варианты заданий

Исходные данные (таблица 1.1):

а) потребность в продукте за весь планируемый период времени работы предприятия $P_{\text{год}}$;

б) расходы на хранения единицы товара за планируемый период времени $C_{\text{хр}}$;

в) цена одной тонны груза $C_{\text{т}}$;

г) скорость доставки груза $v_{\text{д}}$;

д) расстояние доставки груза $L_{\text{д}}$.

Таблица 1.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Значение показателя по вариантам				
	$P_{год}, \text{т}$	$C_{хр}, \text{руб.}$	$\text{Ц}_t, \text{руб./т}$	$v_d, \text{км/ч}$	$l_d, \text{км}$
1	3000	150	200	15	30
2	3100	160	210	16	35
3	3200	170	220	17	40
4	4400	180	230	18	45
5	4500	190	340	19	50
6	4600	290	350	42	55
7	2600	200	210	28	43
8	3700	310	460	44	65
9	3800	360	470	37	31
10	3900	370	480	38	32
11	4000	380	300	39	33
12	4100	260	310	26	34
13	4200	270	320	27	35
14	4300	280	330	28	36
15	5000	420	430	29	37
16	5100	430	440	30	38
17	5200	440	450	31	39
18	4700	320	370	20	40
19	4800	330	240	21	41
20	4900	340	250	22	55
21	3300	350	260	35	60
22	3400	230	410	23	65
23	3500	240	420	24	31
24	5300	250	270	25	32
25	5400	390	280	36	33
26	5500	400	290	40	34
27	5600	410	380	41	35
28	5700	200	390	32	40
29	5800	210	400	33	35
30	5900	220	490	34	50

Требуется:

а) установить зависимость издержек на управление запасами при выполнении одного заказа перевозки партии груза от величины массы завозимого товара;

б) рассчитать издержки на перевозку грузов за весь планируемый период времени;

в) рассчитать издержки на хранение запасов за планируемый период времени работы предприятия;

г) определить суммарные издержки управления запасами за период работы предприятия;

д) построить график зависимости издержек управления запасами и определить оптимальную величину партии груза, при которой суммарные издержки являются минимальными;

е) проверить теоретически величину оптимального размера партии груза, полученную графоаналитическим методом;

ж) определить интервал времени между очередными доставками грузов;

з) рассчитать сумму высвобождаемых средств за планируемый период работы от повышения скорости доставки грузовой массы;

и) построить зависимость суммы высвобождаемых средств в функции скорости доставки, приняв шаг ее увеличения равным 10 %;

1.4 Пример выполнения задания

Исходные данные:

а) потребность в продукте за весь планируемый период времени работы предприятия $P_{\text{год}} = 2600$ т;

б) расходы на хранения единицы товара за планируемый период времени $C_{\text{хр}} = 200$ руб.;

в) цена одной тонны груза $C_{\text{г}} = 210$ руб.;

г) скорость доставки груза $v_{\text{д}} = 28$ км/ч;

д) расстояние доставки груза $l_{\text{д}} = 43$ км.

Выполнение работы

Определяют издержки на хранение [по формуле (1.1)]:

$$S_{\text{до}} = \frac{200 \cdot 5}{2} = 500 \text{ дбá.}$$

Рассчитывают затраты, связанные с перевозкой [по формуле (1.2)]:

$$S_{\text{ид}} = \frac{2600}{5} \cdot 2,2 = 1144 \text{ дбá.}$$

Находят общие затраты [по формуле (1.3)]:

$$S = 500 + 1144 = 1644 \text{ дбá.}$$

Далее производят расчет $S_{\text{пер}}$, $S_{\text{хр}}$ и S , изменяя q от 5 до 30 с шагом 5, для получения точки перегиба, а результаты заносят в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Расчет параметров графика

Параметр	Значения					
	5	10	15	20	25	30
q , т	5	10	15	20	25	30
$C_{\text{д}}$, руб.	2,2	1,7	1,4	1,25	1,17	1,13
$S_{\text{пер}}$, руб.	1144	442	243	163	122	98
$S_{\text{хр}}$, руб.	500	1000	1500	2000	2500	3000
S , руб.	1644	1442	1743	2163	2622	3098

По данным таблицы 1.2 строят график зависимости издержек управления запасами (рисунок 1.2) и определяют оптимальную величину партии груза, при которой суммарные издержки являются минимальными.

Величину оптимального размера партии груза, полученную графоаналитическим методом, проверяют теоретически по формуле (1.4):

$$g_{\text{итд}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2600 \cdot 1,25}{200}} = 5,7 \text{ т.}$$

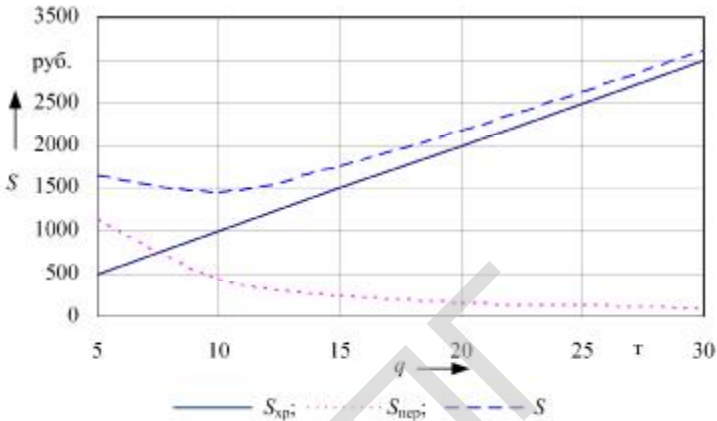


Рисунок 1.2 – Графический метод определения оптимального размера партии груза

Далее по формуле (1.5) определяют интервалы времени между поставками:

$$I_a = \frac{365 \cdot 5,7}{2600} = 1 \text{ ай.}$$

По формуле (1.10) рассчитывают сумму высвобождаемых средств за планируемый период работы от повышения скорости доставки грузовой массы:

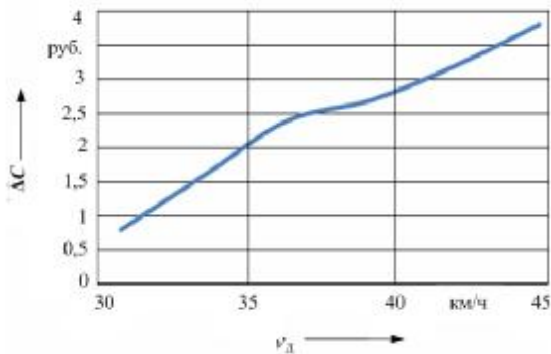
$$\Delta \tilde{N} = \frac{210 \cdot 2600 \cdot 43}{365 \cdot 24} \left(\frac{1}{28} - \frac{1}{30,8} \right) = 10,7.$$

Таблица 1.3 – Расчет параметров графика

Параметр	Значения					
	$v_{\text{д}}$, км/ч	30,8	33,6	36,4	39,2	42,0
ΔC , руб.	10,7	18,8	24,1	26,8	32,2	37,5

Далее строят график зависимости суммы высвобождаемых средств в функции скорости доставки (рисунок 1.3) с шагом увеличения, равным 10 %.

Рисунок 1.3 – График зависимости суммы высвобождаемых средств от скорости доставки



Контрольные вопросы

- 1 Какие основные задачи решаются при управлении запасами?
- 2 Назовите составляющие затрат, которые учитываются при оптимизации размера партий грузов.
- 3 Приведите формулу для расчета оптимального размера партии груза.
- 4 Как определяется интервал времени между очередными поставками продукции?
- 5 Какие факторы влияют на величину средств, находящихся в процессе перевозки?

Задание № 2

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЗА ПОСТАВЩИКАМИ

2.1 Цель работы

Освоить методику решения транспортной задачи по закреплению потребителей однородной продукции за поставщиками.

2.2 Методика выполнения работы

2.2.1 Математическая модель и особенности транспортной задачи

Транспортная задача формулируется следующим образом. В m пунктах отправления A_1, \dots, A_m сосредоточен однородный груз в количествах соответственно a_1, \dots, a_m единиц. Имеющийся груз необходимо доставить n потребителям B_1, \dots, B_n , спрос которых выражается величинами b_1, \dots, b_n единиц. Известна стоимость c_{ij} (величины c_{ij} могут иметь различный смысл: в зависимости от конкретной задачи они могут означать стоимость, расстояние, время, производительность и т. д.) перевозки единицы груза из i -го ($i = 1, \dots, m$) пункта отправления в j -й ($j = 1, \dots, n$) пункт назначения. Требуется составить план перевозок, который полностью удовлетворит спрос потребителей в грузе, и при этом суммарные транспортные издержки минимизируются.

Для построения математической модели транспортной задачи рассмотрим матрицу

$$X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,n} \\ x_{2,1} & x_{2,j} & \dots & x_{2,n} \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} \\ x_{m,1} & x_{m,2} & \dots & x_{m,n} \end{bmatrix}, \quad (2.1)$$

где x_{ij} ($i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$) – количество единиц груза, которое необходимо доставить из i -го пункта отправления в j -й пункт назначения.

Математическая модель транспортной задачи должна отражать все условия и цель задачи в математической форме. Так, переменные x_{ij} ($i = 1, \dots, m,$

$j = 1, \dots, n$) должны удовлетворять ограничениям по запасам, потребностям и условиям неотрицательности. В математической форме эти условия можно записать так:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i = 1, \dots, m); \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j = 1, \dots, n); \\ x_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n). \end{cases} \quad (2.2)$$

Цель транспортной задачи – минимизировать общие затраты на реализацию плана перевозок, которые можно представить функцией

$$A = c_{1,1}x_{1,1} + c_{1,2}x_{1,2} + \dots + c_{m,n}x_{m,n} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{i,j}x_{i,j} \rightarrow \min. \quad (2.3)$$

Итак, математически транспортная задача ставится так. Даны система ограничений (2.2) и линейная функция (2.3). Требуется среди множества решений системы (2.2) найти такое неотрицательное решение, при котором линейная функция (2.3) принимает минимальное значение (минимизируется). Будем называть план перевозок $X = [x_{ij}]_{\min}$ допустимым, если он удовлетворяет ограничениям (2.2). Допустимый план перевозок, при котором целевая функция (2.3) минимальна, называется оптимальным.

2.2.2 Решение задачи закрепления потребителей за поставщиками

Транспортная задача, в которой суммарные потребности и запасы совпадают, т. е. выполняется условие

$$\sum_{j=1}^n b_j = \sum_{i=1}^m a_i, \quad (2.4)$$

называется закрытой моделью, в противном случае – открытой. Для открытой модели могут быть два случая:

а) суммарные потребности меньше, чем суммарные запасы:

$$\sum_{j=1}^n b_j < \sum_{i=1}^m a_i; \quad (2.5)$$

б) суммарные потребности превышают суммарные запасы:

$$\sum_{j=1}^n b_j > \sum_{i=1}^m a_i . \quad (2.6)$$

Линейная функция одинакова в обоих случаях, изменяется только вид системы ограничений.

Открытая модель решается приведением к закрытой модели. В случае *a*), когда суммарные запасы превышают суммарные потребности, вводится фиктивный потребитель B_{n+1} , потребности которого равны избытку груза.

В случае *б*), когда суммарные потребности превышают суммарные запасы, вводится фиктивный поставщик A_{m+1} , запасы которого равны недостатку груза.

Стоимость перевозки единицы груза как до фиктивного потребителя, так и стоимость перевозки единицы груза от фиктивного поставщика полагают равными нулю, так как груз в обоих случаях не перевозится. После преобразований задача принимает вид закрытой модели и решается обычным способом. При равных стоимостях перевозки единицы груза от поставщиков к фиктивному потребителю затраты на перевозку груза реальным потребителям минимальны, а фиктивному потребителю будет направлен груз от наименее выгодных поставщиков. То же самое получаем и в отношении фиктивного поставщика.

Далее строится опорный план закрепления потребителей за поставщиками. Опорность плана при записи условий транспортной задачи в виде таблицы заключается в его ацикличности, т. е. в таблице нельзя построить замкнутый цикл, все вершины которого лежат в занятых клетках.

Ц и к л о м называется набор клеток вида $(i, k), (j, k), (j, t), \dots, (h, i)$, в котором две (и только две) соседние клетки расположены в одном столбце или одной строке таблицы, причем последняя клетка находится в той же строке или столбце, что и первая. Построение циклов начинают с какой-либо занятой клетки и переходят по столбцу (строке) к другой занятой клетке, в которой делают поворот под прямым углом и движутся по строке (столбцу) к следующей занятой клетке и т. д., пытаясь возвратиться к первоначальной клетке. Если такой возврат возможен, то получен цикл и план не является опорным. Клетки, в которых происходит поворот под прямым углом, определяют вершины цикла. В противном случае план является опорным.

Рассмотрим систему ограничений (2.2) транспортной задачи. Она содержит mn неизвестных и $m + n$ уравнений, связанных соотношением (2.4). Если сложить почленно уравнения отдельно первой и второй подсистем системы (2.2), то получим два одинаковых уравнения. Наличие в системе ограничений двух одинаковых уравнений говорит о ее линейной зависимости. Если одно

из этих уравнений отбросить, то в общем случае система ограничений должна содержать $m + n - 1$ линейно независимых уравнений, следовательно, невырожденный опорный план транспортной задачи содержит $m + n - 1$ положительных компонент или перевозок. Если условия транспортной задачи и ее опорный план записаны в виде таблицы, то клетки, в которых находятся отличные от нуля перевозки, называются занятыми, а остальные – незанятыми.

Однако часто бывает так, что число занятых клеток меньше $m + n - 1$. Так бывает, когда полностью исчерпывается запас груза и полностью удовлетворяется спрос (вырожденный опорный план). В этом случае в свободные клетки надо записать число «0» – «нуль-загрузка», условно считая такие клетки занятыми. Однако число «0» записывается в те свободные клетки, которые не образуют циклов с ранее занятыми клетками. Число клеток с «нуль-загрузкой» должно быть таким, чтобы в сумме с числом занятых клеток получалось число $m + n - 1$.

В случае больших размерностей эффективен способ определения первоначального опорного плана с помощью метода двойного предпочтения.

В каждом столбце отмечают знаком клетку с наименьшей стоимостью. Затем то же проделывают в каждой строке. В результате некоторые клетки имеют двойную отметку. В них находится минимальная стоимость как по столбцу, так и по строке. В эти клетки помещают максимально возможные объемы перевозок, каждый раз исключая из рассмотрения строку, соответствующую поставщику, запасы которого полностью израсходованы, или столбец, соответствующий потребителю, спрос которого полностью удовлетворен. Затем распределяют перевозки по клеткам с единичной отметкой. Остальные перевозки распределяют по наименьшей стоимости. Процесс распределения заканчивается, когда все запасы поставщиков исчерпаны, а спрос потребителей полностью удовлетворен.

План транспортной задачи является оптимальным только в том случае, когда ему соответствует система из $m + n$ чисел, удовлетворяющих условию

$$\begin{cases} u_i + v_j = c_{ij}; x_{ij} > 0, (i = 1, \mathbf{K}, m, j = 1, \mathbf{K}, n); \\ u_i + v_j \leq c_{ij}; x_{ij} = 0, (i = 1, \mathbf{K}, m, j = 1, \mathbf{K}, n). \end{cases} \quad (2.7)$$

Числа u_i, v_j называются потенциалами соответственно i -го поставщика и j -го потребителя.

Так как всех занятых клеток должно быть $m + n - 1$, т. е. на единицу меньше числа потенциалов, то для определения чисел u_i, v_j необходимо решить систему из $m + n - 1$ уравнений $u_i + v_j = c_{ij}$ с $m + n$ неизвестными. Система неопределенная, и, чтобы найти частные решения, одному из по-

тенциалов придается произвольное числовое значение, тогда остальные потенциалы определяются однозначно. Для облегчения расчетов одному из потенциалов придают обычно значение, равное нулю.

Если условие (2.7) не выполняется в занятой клетке, то потенциалы найдены неверно, если в свободной клетке – то опорный план не является оптимальным, его можно улучшить за счет загрузки этой клетки. Если таких клеток несколько, то наиболее перспективной для загрузки является клетка, для которой разность между тарифом клетки c_{ij} и суммой потенциалов $(u_i + v_j)$ является наименьшей.

Алгоритм решения транспортной задачи можно представить в виде блок-схемы, представленной на рисунке 2.1.

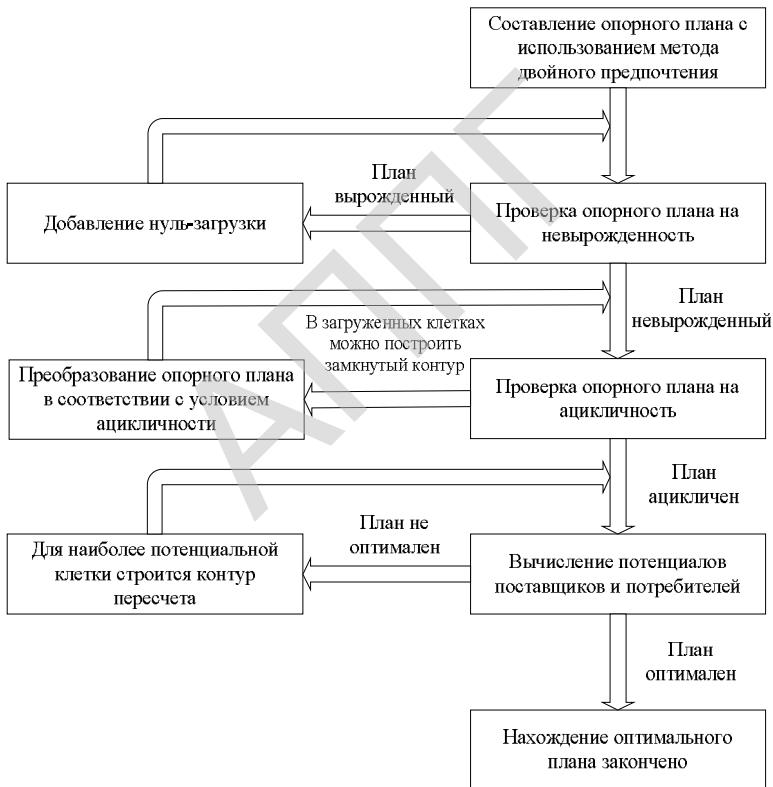


Рисунок 2.1 – Алгоритм решения транспортной задачи

Для наиболее перспективной свободной клетки строится замкнутый цикл с вершинами в загруженных клетках. Вершинам этого цикла условно

приписываются знаки: свободной клетке – плюс, следующей по часовой или против часовой стрелки занятой клетке – минус, следующей – снова плюс и т. д. Из поставок в клетках цикла с “отрицательными” вершинами выбирается наименьшее количество x_{\min} груза, которое и перемещается по клеткам этого цикла: прибавляется к поставкам в положительных вершинах и вычитается из поставок в отрицательных вершинах, в результате чего баланс цикла не нарушится. В общем случае цикл представляет собой замкнутую ломаную линию, состоящую из звеньев, пересекающихся под прямым углом. Каждое звено соединяет две клетки строки (столбца). Цикл включает одну свободную клетку, остальные клетки цикла заняты. В цикле всегда четное число клеток. Для свободной клетки всегда можно построить единственный цикл.

2.3 Варианты заданий

Исходные данные:

а) суточный объем производства груза в грузообразующих пунктах выбирается студентом по последней цифре номера зачетной книжки (таблица 2.1);

Таблица 2.1 – Суточный объем производства груза в грузообразующих пунктах
В тоннах

Шифр грузообразующего пункта	Объем производства по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
A ₁	20 ²		50 ²		50 ¹	50 ²	50 ¹			
A ₂		20 ²			50 ¹			00 ³	00 ³	80 ¹
A ₃	00 ³		00 ³	50 ³		50 ³			50 ²	
A ₄				50 ¹		50 ¹	40 ²	60 ¹		00 ⁴
A ₅		80 ²	20 ²		50 ³					
A ₆	80 ²			50 ²			00 ⁴		00 ²	60 ³
A ₇		50 ²			80 ²	20 ²		00 ³	50 ¹	80 ¹
A ₈	00 ²	00 ²	00 ²	50 ²			50 ³			
A ₉		00 ³	80 ²		50 ²	50 ³			80 ¹	
A ₁₀	60 ¹			00 ²			20 ¹	50 ¹		00 ¹

б) суточный объем потребления груза в грузообразующих пунктах выбирается студентом по предпоследней цифре номера зачетной книжки (таблица 2.2);

Таблица 2.2 – Суточный объем потребления груза в грузопоглощающих пунктах
В тоннах

Шифр грузообразующего пункта	Объем производства по вариантам, т									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Б ₁	50 ¹	00 ¹			00 ²	50 ¹			00 ³	
Б ₂			20 ¹	50 ¹				00 ²		
Б ₃						50 ¹	00 ²	40 ¹	00 ¹	50 ¹
Б ₄				40 ¹	40 ¹		00 ³		00 ¹	
Б ₅	00 ²		80 ¹			00 ²				00 ²
Б ₆	30 ¹	80 ²	50 ¹							
Б ₇				60 ¹	50 ¹		70 ¹			
Б ₈			00 ²			00 ¹		50 ²	00 ²	75 ¹
Б ₉	00 ²	50 ¹			40 ²					75 ¹
Б ₁₀				40 ²		70 ¹		60 ¹		50 ¹

в) таблица кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети принимается из таблицы 2.3.

Таблица 2.3 – Таблица кратчайших расстояний
В километрах

Пункт отправления	Пункт прибытия									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	–	6	3 ¹	7	5	9	7 ¹	8	5 ¹	0 ²
2	6	–	1 ¹	0	1	5	3	4	1	2
3	3 ¹	1 ¹	–	6	8	2 ¹	9	1	2	3

Окончание таблицы 2.3

Пункт отправления	Пункт прибытия									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
4	7	0 ¹	6	–	2	6	3 ¹	5 ¹	2	7 ²
5	5	1 ¹	8	2	–	4	2 ¹	3 ¹	0	5 ²
6	9	5 ¹	2	6	4	–	8	0	7 ¹	2 ²
7	7	3 ²	9	3 ¹	2 ¹	8	–	5 ¹	2	7 ²
8	8	4 ¹	1	5	3 ¹	0	5	–	7	2 ¹
9	5	1 ²	8	2	0	7	2	7	–	0 ¹
10	0	2 ²	3	7	5	2	7	2	1	–

Требуется:

- а) найти оптимальный план закрепления потребителей за поставщиками, при котором транспортная работа, выполняемая автомобилями при перевозке груза, будет минимальна;
- б) рассчитать показатели грузооборота в исходном (базисном) и оптимальном вариантах.

2.4 Пример выполнения задания

Исходные данные:

- 1) пункты и объемы производства груза:
 $A_{10} - 220$ т; $A_{17} - 200$ т; $A_{18} - 280$ т;
- 2) пункты и объемы потребления груза:
 $B_1 - 120$ т; $B_4 - 180$ т; $B_5 - 150$ т; $B_7 - 200$ т; $B_{12} - 200$ т; $B_{14} - 150$ т;
- 3) кратчайшие расстояния между пунктами производства и потребления.

Выполнение работы. Задача решается отдельно по каждому виду груза. Ниже рассмотрен пример решения задачи закрепления потребителей за поставщиками для щебня.

Задача открытого типа, так как объем производства щебня на 300 т меньше, чем объем потребления. Для того чтобы привести задачу к закрытому типу, вводится фиктивный производитель груза B_{ϕ} с объемом произ-

водства, равным 300 т. Расстояние от фиктивного поставщика ко всем потребителям принимаем равным 200 км. Исходные данные для решения транспортной задачи сведены в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Исходные данные для построения оптимального плана

		Грузополучатели						Вывоз
		Б ₁	Б ₄	Б ₅	Б ₇	Б ₁₂	Б ₁₄	
Грузоотправители	А ₁₀	57	80	79	36	38	54	220
	А ₁₇	71	45	35	28	51	37	200
	А ₁₈	70	16	36	28	50	36	180
	А _ф	200	200	200	200	200	200	300
Завоз		120	180	150	200	200	150	Σ = 1000

Далее строится опорный план (таблица 2.5) методом двойного предпочтения. Для этого просматриваются столбцы и строки и отмечаются знаком «+» ячейки, имеющие наименьшее расстояние перевозки. В первую очередь заполняются клетки с двумя знаками «+», затем с одним знаком, потом остальные клетки.

Таблица 2.5 – Опорный план перевозки щебня

		Грузополучатели						Вывоз
		Б ₁	Б ₄	Б ₅	Б ₇	Б ₁₂	Б ₁₄	
Грузоотправители	А ₁₀	+ 57 20	80	79	+ 36 200	+ 38 200	54	220; 20; 0
	А ₁₇	71	45	+ 35 200	++ 28 200	51	37	200; 0
	А ₁₈	70	++ 16 180	36	28	50	+ 36 100	280; 100; 0
	А _ф	+ 200 100	200	200	200	200	200	300; 200; 50; 0
Завоз		120; 100; 0	180; 0	150	200; 0	200; 0	150; 50	Σ = 1000

Проверим план на вырожденность: $m + n - 1 = 4 + 6 - 1 = 9$, а в опорном плане 8 заполненных клеток, следовательно, он является вырожденным. Поместим базисную нулевую перевозку в клетке (17; 5). План ациклический (нельзя построить замкнутый цикл).

Присвоим поставщику A_{10} потенциал $u_{10} = 0$. Далее последовательно определим потенциалы остальных поставщиков и потребителей (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Нахождение потенциалов

		Грузополучатели						Вывоз
		Б ₁	Б ₄	Б ₅	Б ₇	Б ₁₂	Б ₁₄	
		$v_1 = 57$	$v_4 = 37$	$v_5 = 57$	$v_7 = 36$	$v_{12} = 38$	$v_{14} = 57$	
Грузооправители	A_{10} $u_{10} = 0$	57 20	80	79	36 0	38 200	54	220
	A_{17} $u_{17} = -8$	71	45	35	28 200	51	37	200
	A_{18} $u_{18} = -21$	70	16 180	36	28	50	36 100	280
	A_ϕ $u_\phi = 143$	200 100	200	200 150	200	200	200 50	300
Завоз		120	180	150	200	200	150	$\Sigma = 1000$

Далее опорный план проверяется на оптимальность:

$$\begin{aligned}
 u_{10} + v_4 &= 0 + 37 = 37 < c_{10;4} = 80; & u_{10} + v_5 &= 0 + 57 = 57 < c_{10;5} = 79; \\
 u_{10} + v_{14} &= 0 + 57 = 57 > c_{10;14} = 54 (*); & u_{17} + v_1 &= -8 + 57 = 49 < c_{17;1} = 71; \\
 u_{17} + v_4 &= -8 + 37 = 29 < c_{17;4} = 45; & u_{17} + v_5 &= -8 + 57 = 49 > c_{17;5} = 35 (*); \\
 u_{17} + v_{12} &= -8 + 38 = 30 < c_{17;12} = 51; & u_{17} + v_{14} &= -8 + 57 = 49 > c_{17;14} = 37 (*); \\
 u_{18} + v_1 &= -21 + 57 = 36 < c_{18;1} = 70; & u_{18} + v_5 &= -21 + 57 = 36 = c_{17;5} = 70; \\
 u_{18} + v_7 &= -21 + 36 = 15 < c_{18;7} = 28; & u_{18} + v_{12} &= -21 + 38 = 16 < c_{18;12} = 50; \\
 u_\phi + v_4 &= 143 + 37 = 180 < c_{\phi;4} = 200; & u_\phi + v_7 &= 143 + 36 = 179 < c_{\phi;7} = 200; \\
 & & u_{10} + v_{12} &= 143 + 38 = 181 < c_{\phi;12} = 200.
 \end{aligned}$$

Условие нарушено в клетках (17; 5) и (17; 14), в которых нужно назначить новую перевозку. Для оптимизации выбираем клетку с наибольшим отклонением от условия оптимизации, т. е. клетку (17; 5). Процесс оптимизации плана представлен в таблице 2.7.

Из клеток полученного замкнутого контура, обозначенных знаком «-», выбирается минимальный объём перевозки [в данном случае – в клетке (10; 1), объём – 20 т] и прибавляется это значение к клеткам со знаком «+», а в остальных клетках со знаком «-» уменьшаем объём перевозки на эту же величину. Получаем оптимизированный план, который также должен быть подвергнут проверке на оптимальность. Полученный новый план перевозок

изображён в таблице 2.8, в которой также показаны потенциалы поставщиков и получателей груза при новом плане.

Таблица 2.7 – Оптимизация опорного плана перевозок

		Грузополучатели						Вывоз
		Б1	Б4	Б5	Б7	Б12	Б14	
		$v_1 = 57$	$v_4 = 37$	$v_5 = 57$	$v_7 = 36$	$v_{12} = 38$	$v_{14} = 57$	
Грузоотправители	А10 $u_{10} = 0$	57 20 ⊖	80	79	36 ⊕	38 200	54	220
	А17 $u_{17} = -8$	71 ⊖	45	35 ⊕	28 200 ⊖	51	37	200
	А18 $u_{18} = -21$	70 ⊖	16 180	36 ⊖	28	50 100	36	280
	Аφ $u_φ = 143$	200 100 ⊕	200	200 150 ⊖	200	200	200 50	300
Завоз		120	180	150	200	200	150	Σ=1000

Таблица 2.8 – Новый план отправок и нахождение потенциалов

		Грузополучатели						Вывоз
		Б1	Б6	Б5	Б7	Б12	Б14	
		$v_1 = 43$	$v_4 = 23$	$v_5 = 43$	$v_7 = 36$	$v_{12} = 38$	$v_{14} = 43$	
Грузоотправители	А10 $u_{10} = 0$	57	80	79	36 20	38 200	54	220
	А17 $u_{17} = -8$	71	45	35 20	28 180	51	37	200
	А18 $u_{18} = -7$	70	16 180	36	28	50 100	36	280
	Аφ $u_φ = 157$	200 120	200	200 130	200	200	200 50	300
Завоз		120	180	150	200	200	150	Σ=1000

Полученный план проверяется на оптимальность:

$$u_{10} + v_1 = 0 + 43 = 43 < c_{10;1} = 57;$$

$$u_{10} + v_4 = 0 + 23 = 23 < c_{10;4} = 80;$$

$$u_{10} + v_5 = 0 + 43 = 43 < c_{10;5} = 79;$$

$$u_{10} + v_{14} = 0 + 43 = 43 < c_{10;14} = 54;$$

$$u_{17} + v_1 = -8 + 43 = 35 < c_{17;1} = 71;$$

$$u_{17} + v_4 = -8 + 23 = 15 < c_{17;4} = 45;$$

$$u_{17} + v_{12} = -8 + 38 = 30 < c_{17;12} = 51;$$

$$u_{17} + v_{14} = -8 + 43 = 35 < c_{17;14} = 37;$$

$$u_{18} + v_1 = -7 + 43 = 36 < c_{18;1} = 70;$$

$$u_{18} + v_5 = -7 + 43 = 36 = c_{17;5} = 36;$$

$$u_{18} + v_7 = -7 + 36 = 29 > c_{18;7} = 28(*);$$

$$u_{18} + v_{12} = -7 + 38 = 31 < c_{18;12} = 50;$$

$$u_{\delta} + v_4 = 157 + 37 = 194 < c_{\delta;4} = 200;$$

$$u_{\delta} + v_7 = 157 + 36 = 193 < c_{\delta;7} = 200;$$

$$u_{1\delta} + v_{12} = 157 + 38 = 195 < c_{\delta;12} = 20.$$

Нарушение оптимальности обнаружено только в клетке (18; 7), в которой требуется назначать новую перевозку. Процесс оптимизации плана представлен в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Оптимизация опорного плана перевозок

		Грузополучатели						Вывоз	
		Б1	Б4	Б5	Б7	Б12	Б14		
		$v_1 = 57$	$v_4 = 37$	$v_5 = 57$	$v_7 = 36$	$v_{12} = 38$	$v_{14} = 57$		
Грузоотправители	А10	$u_{10} = 0$	57	80	79	36	38	54	220
	А17	$u_{17} = -8$	71	45	35	28	51	37	200
	А18	$u_{18} = -2$	70	16	36	28	50	36	280
	АФ	$u_{\phi} = 143$	200	200	200	200	200	200	300
Завоз			120	180	150	200	200	150	$\Sigma = 1000$

В очередной раз составляется замкнутый контур, одна из вершин которого лежит в клетке с нарушением. В результате оптимизации получаем новый план, который представлен в таблице 2.10.

Полученный план проверяется на оптимальность:

$$u_{10} + v_1 = 0 + 43 = 43 < c_{10;1} = 57;$$

$$u_{10} + v_4 = 0 + 24 = 24 < c_{10;4} = 80;$$

$$u_{10} + v_5 = 0 + 43 = 43 < c_{10;5} = 79;$$

$$u_{10} + v_{14} = 0 + 43 = 43 < c_{10;14} = 54;$$

$$u_{17} + v_1 = -8 + 43 = 35 < c_{17;1} = 71;$$

$$u_{17} + v_4 = -8 + 24 = 16 < c_{17;4} = 45;$$

$$u_{17} + v_{12} = -8 + 38 = 30 < c_{17;12} = 51;$$

$$u_{17} + v_{14} = -8 + 43 = 35 < c_{17;14} = 37;$$

$$u_{18} + v_1 = -8 + 43 = 35 < c_{18;1} = 70;$$

$$u_{18} + v_5 = -8 + 43 = 35 < c_{17;5} = 36;$$

$$u_{18} + v_{12} = -8 + 38 = 30 < c_{18;12} = 50;$$

$$u_{18} + v_{14} = -8 + 43 = 35 < c_{18;14} = 36;$$

$$u_{\delta} + v_4 = 157 + 24 = 181 < c_{\delta;4} = 200;$$

$$u_{\delta} + v_7 = 157 + 36 = 193 < c_{\delta;7} = 200.$$

$$u_{\delta} + v_{12} = 157 + 38 = 195 < c_{\delta;12} = 20;$$

Таблица 2.10 – Новый план отправок и нахождение потенциалов

		Грузополучатели						Вывоз
		Б1	Б4	Б5	Б7	Б12	Б14	
		$v_1 = 43$	$v_4 = 24$	$v_5 = 43$	$v_7 = 36$	$v_{12} = 38$	$v_{14} = 43$	
Грузоотправители	A ₁₀	57	80	79	36	38	54	220
	A ₁₇	71	45	35	28	51	37	200
	A ₁₈	70	16	36	28	50	36	280
	A _φ	200	200	200	200	200	200	300
Завоз		120	180	150	200	200	150	Σ=1000

Нарушений оптимальности нет, следовательно, полученный план – оптимальный. Из окончательного решения фиктивный поставщик исключается. Решение представлено в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Оптимальный план перевозок щебня

		Грузополучатели						Вывоз
		Б1	Б4	Б5	Б7	Б12	Б14	
Грузоотправители	A ₁₀	57	80	79	36	38	54	220
	A ₁₇	71	45	35	28	51	37	200
	A ₁₈	70	16	36	28	50	36	180
	Завоз	120	180	150	200	200	150	Σ=600

Рассчитываются показатели грузооборота в исходном (базисном) и оптимальном вариантах:

$$P_{\text{баз}} = 20 \cdot 57 + 200 \cdot 38 + 200 \cdot 28 + 180 \cdot 16 + 300 \cdot 200 = 80820 \text{ Т·км};$$

$$P_{\text{опт}} = 20 \cdot 36 + 200 \cdot 38 + 120 \cdot 35 + 80 \cdot 28 + 180 \cdot 16 + 100 \cdot 28 + 300 \cdot 200 = 80440 \text{ Т·км}.$$

Контрольные вопросы

- 1 Сформулируйте сущность транспортной задачи линейного программирования.
- 2 Приведите математическую формализацию транспортной задачи.
- 3 Каким требованиям должен удовлетворять базисный план?
- 4 Каким условиям должен отвечать оптимальный план перевозок грузов?

АППП

З а д а н и е № 3

ФАКТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

3.1 Цель работы

Установить и проанализировать зависимость производительности авто-транспортных средств от изменения технико-эксплуатационных показателей.

3.2 Методика выполнения работы

3.2.1 Производительность транспортных средств и факторы, ее определяющие

Одним из важнейших критериев выбора подвижного состава является его производительность. **Производительность транспортных средств** характеризуется количеством перевезенных тонн груза или выполненных тонно-километров транспортной работы в единицу времени. При прочих равных условиях тот водитель, который имеет более высокую производительность, работает более эффективно.

Производительность транспортных средств рассчитывают для условий их работы на маршруте и за время в наряде. При работе на маршруте транспортный процесс состоит из последовательно выполняемых циклов перевозки грузов или ездов.

Циклом перевозки или ездой называется законченная операция доставки грузов, включающая такие элементы, как:

- 1) подача подвижного состава к месту погрузки;
- 2) погрузка или прицепка груженого прицепа (полуприцепа);
- 3) перемещение и выгрузка грузов или отцепка прицепа (полуприцепа).

Начальный элемент цикла перевозки грузов – подача порожнего подвижного состава к месту погрузки. Необходимость в подаче как самостоятельном элементе отпадает, если новый цикл начинается с погрузки, происходящей в том же месте, где осуществлялась разгрузка в предыдущем цикле перевозки. Заключительным элементом цикла перевозки является полная разгрузка кузова автомобиля, после которой начинается следующий цикл или автомобиль возвращается на место стоянки. Промежуточные заезды для частичной догрузки или разгрузки не прерывают цикла перевозки: каждый новый цикл начинается только с подачи порожнего подвижного состава под погрузку. Последовательность выполнения операций с грузами и транспортными средствами представлена на рисунке 3.1.

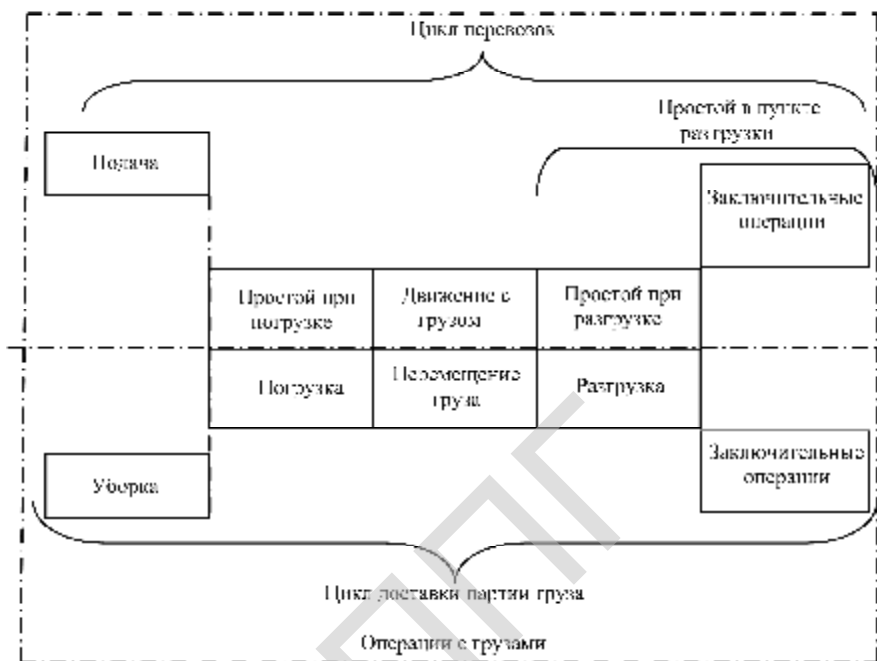


Рисунок 3.1 – Основные операции транспортного процесса

Время одной ездки можно определить по формуле

$$t_e = t_{aa}^a + t_{aa}^{aa} + t_{\tau\delta}, \quad (3.1)$$

где t_{aa}^a – время движения транспортного средства с грузом;

t_{aa}^{aa} – время движения транспортного средства без груза при подаче под погрузку;

$t_{\tau\delta}$ – время простоя транспортного средства при погрузке и разгрузке.

Во время движения условно включают простои, связанные с его регулированием (перед светофорами, на железнодорожных переездах и т. п.). Отношение пути, проходимого автомобилем (с грузом или без), ко времени движения является технической скоростью движения автомобиля v_T .

Следовательно, суммарное время движения автомобиля за ездку

$$t_{\text{дв}} = t_{\text{дв}}^{\text{г}} + t_{\text{дв}}^{\text{бг}} = \frac{L_{\text{е.г}} + L_{\text{х}}}{v_{\text{т}}}, \quad (3.2)$$

где $L_{\text{е.г}}$, $L_{\text{х}}$ – соответственно расстояние пробега автомобиля с грузом и без груза.

Эффективность использования пробега оценивается *коэффициентом использования пробега*, выражающим отношение пути, пройденного им с грузом, к общей протяженности пути, т.е.

$$\beta_{\text{а}} = \frac{L_{\text{а.а}}}{L_{\text{а.а}} + L_{\text{о}}}. \quad (3.3)$$

Общий порожний пробег автомобиля включает подачу подвижного состава к месту погрузки $L_{\text{х}}$ и нулевой пробег, который состоит из пробега от автотранспортного предприятия (АТП) к первому пункту погрузки на маршруте ($L_{\text{н1}}$) и пробега от последнего пункта выгрузки в АТП ($L_{\text{н2}}$). Весь нулевой пробег относится ко дню работы, а на одну езду можно условно отнести только его часть. Тогда

$$\beta = \frac{L_{\text{а.а}}}{L_{\text{а.а}} + L_{\text{о}} + L_{\text{а.и}}}, \quad (3.4)$$

где $L_{\text{е.н}}$ – часть нулевого пробега, приходящегося на одну езду.

Учитывая зависимости (3.2) и (3.3), выражение (3.1) можно записать в следующем виде:

$$t_{\text{а}} = \frac{L_{\text{а.а}}}{\beta_{\text{а}} v_{\text{о}}} + t_{\text{т} \text{о}}, \quad (3.5)$$

а с учетом нулевого пробега

$$t_{\text{а}} = \frac{L_{\text{е.а}}}{\beta v_{\text{о}}} + t_{\text{т} \text{о}}. \quad (3.6)$$

Количество груза, перевозимого за одну езду,

$$P_{\text{а}} = q \gamma_{\text{н} \text{о}}, \quad (3.7)$$

где q – грузоподъемность транспортного средства, т;

$\gamma_{\text{ст}}$ – статический коэффициент использования грузоподъемности, равный отношению количества погруженного в автомобиль груза к его грузоподъемности.

Часовая производительность транспортного средства при работе на маршруте, т, с учетом (3.5) и (3.7),

$$P_{\text{+}} = \frac{P_{\text{а}}}{t_{\text{а}}} = \frac{q \gamma_{\text{н} \text{о}}}{L_{\text{а.а}} / (\beta_{\text{а}} v_{\text{о}}) + t_{\text{т} \text{о}}} = \frac{q \gamma_{\text{н} \text{о}} \beta_{\text{а}} v_{\text{о}}}{L_{\text{а.а}} + \beta_{\text{а}} v_{\text{о}} t_{\text{т} \text{о}}}. \quad (3.8)$$

За одну езду автомобиль выполняет транспортную работу

$$W_{\dot{a}} = q\gamma_{\dot{a}} L_{\dot{a},\dot{a}} = q\gamma_{\dot{a}} L_{\dot{a}}, \quad (3.9)$$

где $\gamma_{\dot{a}}$ – динамический коэффициент использования грузоподъемности, равный отношению количества выполненных тонно-километров к транспортной работе, которая могла бы быть произведена при полном использовании грузоподъемности;

$L_{\dot{a}}$ – среднее расстояние перевозки одной тонны груза, определяемое отношением выполненной транспортной работы к количеству перевезенного груза.

Часовая производительность транспортного средства при работе на маршруте, т·км, с учетом (3.8) и (3.9),

$$W_{\pm} = \frac{W_{\dot{a}}}{t_{\dot{a}}} = \frac{q\gamma_{\dot{a}} L_{\dot{a}}}{L_{\dot{a},\dot{a}} / (\beta_{\dot{a}} v_{\dot{\delta}}) + t_{\dot{\delta}}} = \frac{q\gamma_{\dot{a}} L_{\dot{a},\dot{a}}}{L_{\dot{a},\dot{a}} / (\beta_{\dot{a}} v_{\dot{\delta}}) + t_{\dot{\delta}}}. \quad (3.10)$$

Часовая производительность транспортного средства за время работы в наряде с учетом выражения (3.6) определяется по формулам

$$P_{\pm}^i = \frac{q\gamma_{\dot{a}} \beta v_{\dot{\delta}}}{L_{\dot{a},\dot{a}} + \beta v_{\dot{\delta}} t_{\dot{\delta}}}; \quad W_{\pm}^i = \frac{q\gamma_{\dot{a}} L_{\dot{a},\dot{a}}}{L_{\dot{a},\dot{a}} / (\beta_{\dot{a}} v_{\dot{\delta}}) + t_{\dot{\delta}}} = \frac{q\gamma_{\dot{a}} L_{\dot{a},\dot{a}}}{L_{\dot{a},\dot{a}} / (\beta_{\dot{a}} v_{\dot{\delta}}) + t_{\dot{\delta}}}. \quad (3.11)$$

Таким образом, производительность транспортного средства зависит от его грузоподъемности и степени ее использования, коэффициента использования пробега, технической скорости движения, расстояния езды с грузом, времени простоя транспортного средства под погрузкой и разгрузкой. Причем с увеличением $v_{\dot{\delta}}$, $\gamma_{\dot{a}}$, $\gamma_{\dot{a}}$, q , β производительность как в тоннах, так и в тонно-километрах возрастает. Она также возрастает при уменьшении времени простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой. С увеличением расстояния перевозок выработка автомобиля в тоннах снижается, а в тонно-километрах возрастает.

3.2.2 Анализ влияния эксплуатационных факторов на производительность автотранспортного подвижного состава

Для того чтобы обосновать мероприятия по повышению эффективности использования транспортных средств, нужно знать характер и степень влияния отдельных эксплуатационных факторов на результативные показатели – выработку автомобиля, себестоимость перевозок и др.

Методика анализа основывается на исследовании функциональных зависимостей соответствующих результативных величин от различных факторов. Эти зависимости чаще всего имеют линейный

$$y = a_x + b_x x$$

или дробно-линейный

$$y = \frac{a_x x + b_x}{x + c_x}$$

характер.

В конкретных случаях постоянные коэффициенты a_x , b_x и c_x могут быть положительными, отрицательными или равными нулю величинами. Если задаваться значениями эксплуатационного фактора и определять соответствующие ему численные значения выработки автомобиля, то можно получить представление о влиянии этого фактора на производительность автомобиля. Однако количественные изменения производительности автомобиля зависят от коэффициентов a_x , b_x , c_x , значения которых определяются целым комплексом факторов. Каждому значению постоянных параметров a_x , b_x , c_x при изменении анализируемого фактора соответствует определенная кривая или прямая. Таким образом, зависимость производительности автомобиля от любого эксплуатационного фактора определяется семейством кривых.

Проанализировать взаимосвязанное влияние факторов на производительность путем рассмотрения семейства кривых весьма сложно. Для этих целей применяется метод определения относительных приращений. Сущность его заключается в том, что устанавливается процентное отклонение результативной величины под влиянием соответствующих изменений (также выраженных в процентах) исследуемого показателя. При этом используют следующую расчетную зависимость:

$$A_{x_1}^y = \frac{[(y_1 - y_0)/y_0] \cdot 100 \%}{[(x_1 - x_0)/x_0] \cdot 100 \%} = \frac{\Delta y}{y_0} \frac{x_0}{\Delta x}, \quad (3.12)$$

где $A_{x_1}^y$ – степень изменения результативной величины y при изменении показателя x на 1 %;

$y_0, x_0, y_1, \tilde{d}_1$ – соответственно начальные и конечные значения результативной величины и эксплуатационного показателя;

$\Delta y, \Delta x$ – приращения результативной величины и эксплуатационного показателя.

Рассчитанное по формуле (3.12) значение показателя справедливо только для заданного конкретного значения x_1 . При изменении показателя от x_0 до x_2 результативная величина изменяется на $y_2 - y_0$, а процентное отношение принимает значение $A_{x_2}^y$ и т. д.

Пусть $\Delta x \rightarrow 0$. Тогда относительное изменение результирующей величины определяется зависимостью

$$A_x^y = \frac{dy}{dx} \frac{x}{y}.$$

Соотношение A_x^y называется относительным изменением результирующей величины y по показателю x . В математической статистике ему соответствует термин **коэффициент эластичности**.

Рассмотрим влияние отдельных эксплуатационных факторов на производительность автомобиля.

Производительность автомобиля линейно зависит от его грузоподъемности и коэффициента ее использования, т. е.

$$P_* = \frac{v_\delta \beta}{L_{a.a} + v_\delta \beta t_{1\delta}} q \gamma_{\text{нб}} = \dot{a}_\delta \delta. \quad (3.13)$$

Коэффициент эластичности в этом случае

$$A_x^y = a_x \frac{x}{a_x x} = 1.$$

Это означает, что с увеличением фактической загрузки подвижного состава на 1 % его производительность также возрастает на 1 %. При этом предполагается, что остальные показатели не зависят от грузоподъемности автомобиля и ее использования. На практике же применение автомобилей определенной грузоподъемности и различная их загрузка могут влиять на длительность простоя автомобиля под погрузкой за одну езду и его техническую скорость. Поэтому производительность автомобиля имеет более сложную зависимость от грузоподъемности и коэффициента ее использования.

Время простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой определяется способом проведения погрузочно-разгрузочных работ. Если для автомобилей разной грузоподъемности используются одинаковые способ и организация погрузочно-разгрузочных работ, то затраты времени на их осуществление можно представить зависимостью

$$t_{1\delta} = a + b q \gamma_{\text{нб}}, \quad (3.14)$$

где $a = t_{1\epsilon}$ – затраты подготовительно-заключительного времени на дополнительные и вспомогательные операции (маневрирование автомобиля, оформление документов, увязка груза, открывание и закрывание бортов платформы и др.);

$b = t_\delta$ – затраты времени на погрузку и разгрузку 1 т груза.

Для этого случая зависимость **часовой выработки автомобиля**, т, по грузоподъемности описывается уравнением равнобочной гиперболы, т. е.

$$P_{\pm} = \frac{a_{q\gamma} q \gamma_{\text{нб}}}{q \gamma_{\text{нб}} + \tilde{n}_{q\gamma}}, \quad (3.15)$$

где $a_{q\gamma} = \frac{1}{t_{\delta}}$; $\tilde{n}_{q\gamma} = \frac{1}{t_{\delta}} \left(\frac{L_{\text{а.а}}}{v_{\delta} \beta} + t_{\text{т.с}} \right)$.

Относительное изменение выработки автомобиля, т, по грузоподъемности

$$A_{q\gamma}^P = \frac{dP_{\pm}}{d(q\gamma_{\text{нб}})} \frac{q\gamma_{\text{нб}}}{P_{\pm}} = \frac{1}{1 + q\gamma_{\text{нб}} / \tilde{n}_{q\gamma}} = \frac{1}{1 + v_{\delta} \beta t_{\delta} q \gamma_{\text{нб}} / (L_{\text{а.а}} + v_{\delta} \beta t_{\text{т.с}})}. \quad (3.16)$$

Отсюда следует, что изменение выработки на 1 % изменения фактической загрузки автомобиля тем значительнее, чем больше расстояние перевозок $L_{\text{с.г}}$, а также подготовительно-заключительное время $t_{\text{пз}}$ и меньше затраты времени на погрузку и разгрузку 1 т груза $t_{\text{т}}$, коэффициент использования пробега β и техническая скорость $v_{\text{т}}$.

Зависимость производительности автомобиля от коэффициента использования пробега представляет собой равнобочную гиперболу. Коэффициент эластичности в этом случае

$$A_{\beta}^P = \frac{1}{1 + \beta v_{\delta} t_{\text{т.с}} / L_{\text{а.а}}}. \quad (3.17)$$

Это значит, что влияние изменения β на производительность автомобиля усиливается при увеличении расстояния $L_{\text{с.г}}$ и снижении технической скорости автомобиля $v_{\text{т}}$, а также времени его простоя при погрузке и разгрузке $t_{\text{пр}}$.

Влияние технической скорости на производительность автомобиля аналогично влиянию коэффициента использования пробега, так как коэффициент эластичности в этом случае определяется выражением (3.17). Изменение технической скорости влияет на производительность автомобиля тем значительнее, чем больше расстояние $L_{\text{с.г}}$ и меньше простои при погрузке и разгрузке $t_{\text{т.с}}$, а также коэффициент использования пробега β .

Влияние времени простоя автомобиля при погрузке и разгрузке на производительность обратно пропорциональное. С увеличением $t_{\text{пр}}$ производительность автомобиля падает, асимптотически приближаясь к нулю. Относительное изменение производительности по времени простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой характеризуется коэффициентом эластичности, который определяется по формуле

$$A_{t_{\Gamma\delta}}^P = - \frac{1}{1 + L_{\text{а.а}} t_{\Gamma\delta} / (v_0 \beta)} . \quad (3.18)$$

Из анализа выражения (3.18) следует, что влияние изменения $t_{\text{пр}}$ на производительность автомобиля тем больше, чем меньше расстояние $L_{\text{е.г}}$ и больше коэффициент использования пробега β и техническая скорость v_T .

Влияние расстояния перевозок на выработку автомобиля, т, аналогично влиянию времени простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой $t_{\text{пр}}$. На практике анализ влияния различных эксплуатационных факторов на производительность автомобиля осуществляется посредством построения характеристического графика, пример которого приведен на рисунке 3.2.

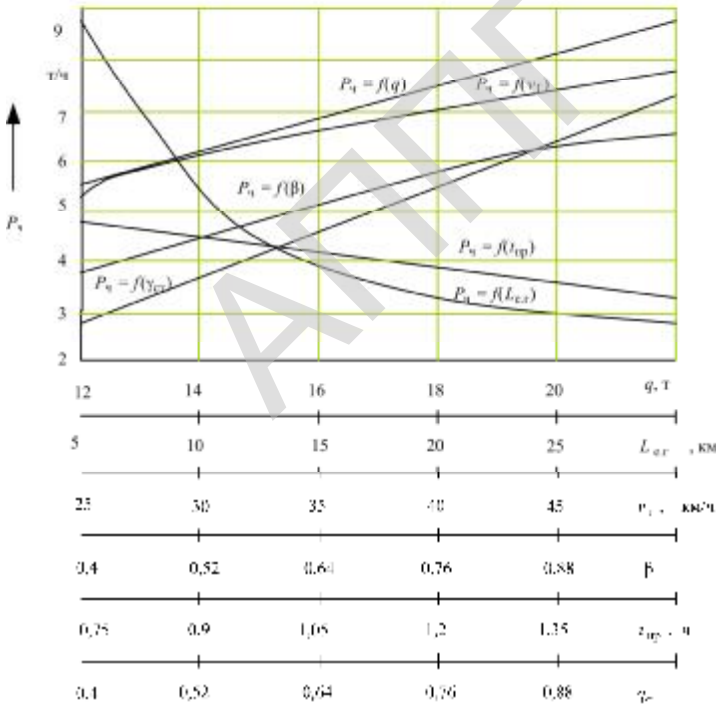


Рисунок 3.2 – Характеристический график зависимости производительности автомобиля от эксплуатационных факторов

Данный график строится на основе расчетов, сущность которых заключается в изменении одного из показателей в допустимых пределах и сохранении для остальных базовых (достигнутых) значений. С помощью характеристических графиков могут намечаться отдельные мероприятия по улучшению использования транспортных средств. Однако наиболее эффективное повышение производительности автомобиля достигается при проведении системы мероприятий, обеспечивающих улучшение использования подвижного состава.

3.3 Варианты заданий

Исходные данные (таблица 3.1):

а) коэффициент использования пробега – β . Диапазон изменения величины принимать для всех вариантов в пределах 0,5–1,0;

б) грузоподъемность автотранспортного средства – g . Начальная величина этого параметра принимается равной грузоподъемности, принятой по варианту согласно таблице 3.1. Максимальную величину грузоподъемности принять в два раза больше базовой;

в) коэффициент использования грузоподъемности – $\gamma_{ст}$. Показатель коэффициента изменять в пределах 0,4–1,0;

г) расстояние пробега автомобиля с грузом за одну езду – $L_{с.г.}$. Диапазон изменения расстояния принимать для всех вариантов от 10 до 30 км;

д) время простоя автомобиля под погрузочно-разгрузочными работами – $t_{пр}$. Максимальную величину времени погрузки и разгрузки принимать в два раза большую базовой величины;

е) средняя техническая скорость v_t , км/ч. Начальная величина этого параметра принимается равной скорости, принятой по варианту согласно таблице 3.1. Максимальную величину скорости принять в два раза больше базовой.

Вариант исходных данных определяется последней цифрой номера зачетной книжки студента. При расчете производительности в зависимости от изменения конкретного показателя остальные параметры принимаются базовыми.

Требуется:

а) рассчитать среднечасовую выработку автомобиля в тоннах при базовых значениях показателей;

б) выполнить исследование зависимости производительности автомобиля при изменении эксплуатационных параметров. Построить график зависимости производительности от этих параметров;

в) выполнить анализ влияния эксплуатационных показателей на производительность автотранспортного средства;

г) разработать рекомендации для увеличения производительности данного подвижного состава в эксплуатационных условиях.

Таблица 3.1 – Исходные данные

Показатель	Значение показателей по вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Грузоподъемность автомобиля, т	1,5	3,0	4,0	8,0	10,0	12,0	6,0	18,0	4,0	8,0
Техническая скорость, км/ч	25	30	35	40	28	33	38	43	27	37
Коэффициент использования пробега	0,50	0,52	0,55	0,58	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70	0,72
Коэффициент использования грузоподъемности	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,8	0,9	1,0
Расстояние груженого пробега автомобиля за одну езду, км	40	45	35	30	55	50	25	35	60	30
Время погрузки-выгрузки, ч	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6

3.4 Пример выполнения задания

Исходные данные: средняя техническая скорость $v_T = 27$ км/ч, коэффициент использования пробега $\beta = 0,55$, грузоподъемность автомобиля $g = 10$ т, коэффициент использования грузоподъемности $\gamma_{ст} = 0,74$, расстояние пробега автомобиля с грузом за одну езду $L_{e,r} = 22,4$ км, время простоя автомобиля под погрузочно-разгрузочными работами $t_{пр} = 0,9$.

Выполнение работы. Среднечасовая выработка автомобиля в тоннах рассчитывается по формуле (3.8) при базовых значениях:

$$P_{\pm}^i = \frac{10 \cdot 0,74 \cdot 0,55 \cdot 27}{22,4 \cdot 0,55 \cdot 27 \cdot 0,9} = 3,07 \text{ т/ч.}$$

Изменяя базовое значение грузоподъемности, рассчитывают параметры графика (рисунок 3.3) зависимости производительности от грузоподъемности. Результаты расчетов заносят в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Расчет параметров графика зависимости $P = f(q)$

Грузоподъемность автомобиля, т	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Производительность, т/ч	3,07	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	6,1

Изменяя базовое значение коэффициента использования грузоподъемности, рассчитывают параметры графика (рисунок 3.4) зависимости производительности от коэффициента использования грузоподъемности. Результаты расчетов заносят в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Расчет параметров графика зависимости $P = f(\gamma)$

Коэффициент использования грузоподъемности автомобиля, γ	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Производительность, т/ч	1,66	2,08	2,49	2,91	3,32	3,74	4,15

Изменяя базовое значение коэффициента использования пробега, рассчитывают параметры графика (рисунок 3.5) зависимости производительности от коэффициента использования пробега. Результаты расчетов заносят в таблицу 3.4.

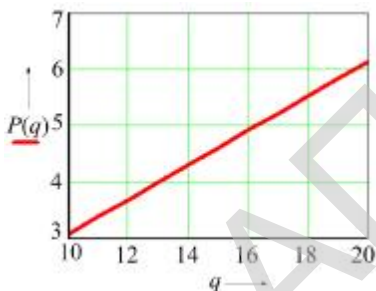


Рисунок 3.3 – График зависимости $P = f(q)$

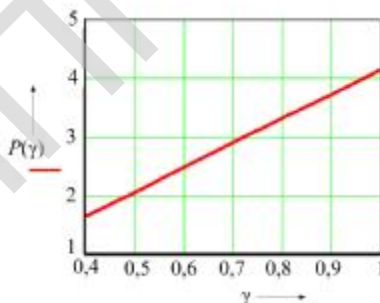


Рисунок 3.4 – График зависимости $P = f(\gamma)$

Таблица 3.4 – Расчет параметров графика зависимости $P = f(\beta)$

Коэффициент использования пробега	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Производительность, т/ч	1,66	2,08	2,49	2,91	3,32	3,74	4,15

Изменяя базовое значение технической скорости, рассчитывают параметры графика (рисунок 3.6) зависимости производительности от технической скорости. Результаты расчетов заносят в таблицу 3.5.

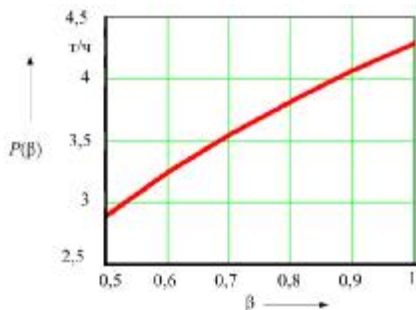


Рисунок 3.5 – График зависимости $P = f(\beta)$

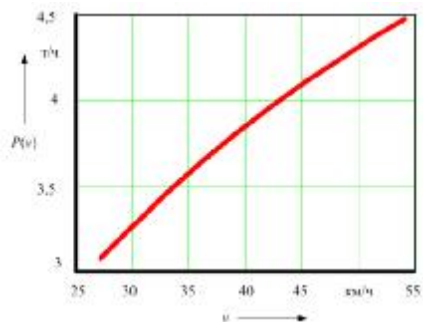


Рисунок 3.6 – График зависимости $P = f(v)$

Таблица 3.5 – Расчет параметров графика зависимости $P = f(v)$

Техническая скорость, км/ч	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
Производительность, т/ч	3,07	3,28	3,47	3,64	3,81	3,96	4,10	4,23	4,36	4,47

Изменяя базовое значение времени погрузочных работ, рассчитывают параметры графика (рисунок 3.7) зависимости производительности от технической скорости погрузочных работ. Результаты расчетов заносят в таблицу 3.6.

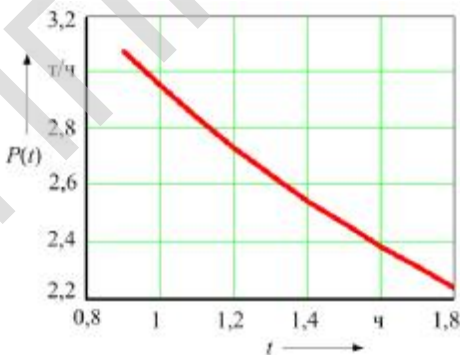


Рисунок 3.7 – График зависимости $P = f(t_{np})$

Изменяя базовое значение расстояния груженой ездки, рассчитывают параметры графика (рисунок 3.8) зависимости производительности от расстояния груженой ездки. Результаты расчетов заносят в таблицу 3.7.

Таблица 3.6 – Расчет параметров графика зависимости $P = f(t_{np})$

Время погрузки-выгрузки, ч	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Производительность, т/ч	3,07	2,95	2,84	2,73	2,64	2,54	2,46	2,38	2,31	2,24

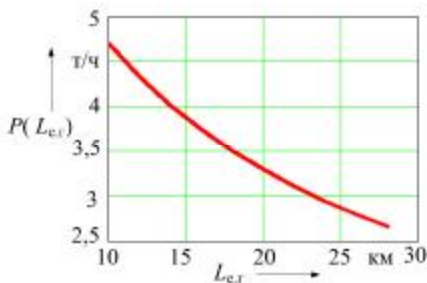


Рисунок 3.8 – График зависимости $P = f(L_{ег})$

Анализируя графики зависимости производительности от грузоподъемности автомобиля (см. рисунок 3.3) и коэффициента ее использования (см. рисунок 3.4), можно сделать вывод о том, что *производительность прямо пропорциональна увеличению грузоподъемности и коэффициента ее использования*. Для увеличения производительности необходимо применить ряд мероприятий, направленных на повышение

использования грузоподъемности грузового автомобильного транспортного средства: для насыпных и навалочных грузов – это наращивание бортов автомобиля, для тарно-штучных – пакетирование и рациональное размещение в кузове грузового автомобиля.

Таблица 3.7 – Расчет параметров графика зависимости $P = f(L_{ег})$

Расстояние груженого пробега за одну езду, км	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Производительность, т/ч	4,70	4,33	4,02	3,74	3,50	3,29	3,11	2,94	2,79	2,66

Контрольные вопросы

- 1 Какие факторы влияют на производительность автотранспортных средств?
- 2 Поясните характеристический график производительности автомобиля.
- 3 Какая зависимость производительности автомобиля от технической скорости и времени простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой?
- 4 Какая зависимость производительности автомобиля от длины ездки с грузом и коэффициента использования пробега?

З а д а н и е № 4

ВЫБОР АВТОМОБИЛЕЙ-САМОСВАЛОВ ДЛЯ РАБОТЫ С ЗАДАНЫМИ ПОГРУЗОЧНЫМИ СРЕДСТВАМИ

4.1 Цель работы

Закрепить теоретические знания по определению оптимальной грузоподъемности автомобиля-самосвала для работы с заданными погрузочными средствами исходя из минимума затрат на перемещение и разработку груза.

4.2 Методика выполнения работы

4.2.1 Критерии и общие принципы выбора подвижного состава

Перевозка грузов осуществляется с применением транспортно-технологических схем. При их обосновании одним из важнейших вопросов является выбор подвижного состава. Решение этого вопроса тесно связано с технологией подготовки и перемещения, потребления и пакования груза, применяемым транспортным оборудованием, способами и средствами выполнения погрузочно-разгрузочных и складских работ.

Грузоподъемность автотранспортных средств выбирается в зависимости от размера партии груза, срочности его доставки и дорожных условий. Подвижной состав большой грузоподъемности обладает высокой производительностью при условии полного использования грузоместимости. Поэтому во всех случаях целесообразно использование подвижного состава максимально возможной грузоподъемности, допускаемой в данных условиях эксплуатации. При этом необходимо оборудовать погрузочно-разгрузочные пункты механизмами соответствующей производительности. Принятая грузоподъемность должна обеспечивать значение показателя эффективности перевозок, наиболее близкое к экстремальному.

Перевозки грузов могут осуществляться одиночными автомобилями или автопоездами. Автопоездом называется автомобиль с одним или более прицепами, а также седельный тягач с полуприцепом. Принимаемый состав автотранспортного средства должен обеспечивать максимум эффективности перемещения груза при условии выполнения ограничений, а именно возможности перевозки длинномерных и неделимых грузов, организации работы с оборотными полуприцепами и др.

При выборе подвижного состава пользуются комплексными измерителями эффективности перевозки грузов и частичными. К комплексным показателям относятся:

- 1) производительность транспортных средств;
- 2) транспортные издержки;
- 3) себестоимость перевозок;
- 4) прибыль;
- 5) энергоёмкость перевозок (удельный расход топлива).

Рациональный подвижной состав, применяемый для перевозки грузов, должен обеспечивать максимальную производительность при минимальных значениях стоимостных показателей и энергоёмкости перевозок. В основу выбора подвижного состава могут быть включены отдельные эксплуатационные качества, например, грузоподъемность, проходимость и др. Тягачи для перевозки тяжеловесных грузов выбираются исходя из требуемых тягово-скоростных и динамических свойств автопоездов.

Для автомобиля-самосвала выбор оптимальной грузоподъемности для работы с заданными погрузочно-разгрузочными средствами (экскаваторами) производим по удельным затратам (себестоимости) на разработку и перевозку груза. При этом не имеет смысла учитывать материальные средства в обороте.

Общая себестоимость разработки и перевозки 1 т груза

$$S_{\text{н}} = S_{\text{а}} + S_{\text{д-г}} / \rho, \quad (4.1)$$

где $S_{\text{а}}$ – себестоимость транспортирования 1 т груза, руб./т;

$S_{\text{р-п}}$ – себестоимость погрузочно-разгрузочных работ, руб./м³;

ρ – объемная масса груза, т/м³.

Исходя из формулы, определяющей себестоимость перевозок грузов,

$$S_{\text{н}} = \frac{1}{q \gamma_{\text{пб}}} \left(S_{\text{г д}} \frac{L_{\text{с.г}}}{\beta} + S_{\text{г пб}} \frac{L_{\text{с.г}}}{\beta v_{\text{т}}} + S_{\text{г пб}} t_{\text{г д}} \right) + \frac{S_{\text{д-г}}}{\rho}, \quad (4.2)$$

где q – грузоподъемность автомобиля, т;

$\gamma_{\text{ст}}$ – статический коэффициент использования грузоподъемности;

$L_{\text{с.г}}$ – средняя длина ездки с грузом, км;

β – коэффициент использования пробега;

$v_{\text{т}}$ – техническая скорость движения автомобиля;

$S_{\text{пост}}$, $S_{\text{пер}}$ – соответственно удельные постоянные и переменные расходы, руб./ч и руб./км;

$t_{\text{пр}}$ – время на погрузочно-разгрузочные операции, ч.

Значения $S_{\text{пост}}$ и $S_{\text{пер}}$ рассчитываются по следующим формулам:

$$S_{\text{пост}} = a_{\text{пост}} + b_{\text{пост}} q \gamma_{\text{с}}, \quad (4.3)$$

$$S_{\text{пер}} = a_{\text{пер}} + b_{\text{пер}} q \gamma_{\text{с}}, \quad (4.4)$$

где $a_{\text{пост}}, b_{\text{пост}}$ – соответственно составляющая постоянных расходов на 1 ч работы, независимая и зависимая от грузоподъемности автомобиля, руб./ч и руб./т·ч;

$a_{\text{пер}}, b_{\text{пер}}$ – соответственно составляющая переменных расходов на 1 км пробега, независимая и зависимая от грузоподъемности автомобиля, руб./км и руб./т·км.

Затраты на разработку и погрузку грузов

$$S_{\delta-i} = \frac{\dot{a}_{\delta-i} + b_{\delta-i}}{q \gamma_{\text{с}}}, \quad (4.5)$$

где $a_{\text{р-п}}, b_{\text{р-п}}$ – параметры, определяющие удельные затраты на разработку и погрузку, руб./м³ и руб.т/м³.

Время простоя автомобильного средства под погрузкой определяем исходя из его фактической грузоподъемности и производительности погрузочного средства (экскаватора):

$$t_i = q \lambda_{\text{н}} / W_{\dot{y}} = q \lambda_{\text{н}} / (V_{\dot{y}} \rho), \quad (4.6)$$

где $W_{\dot{y}}, V_{\dot{y}}$ – производительность экскаватора, т и м³ соответственно.

Таким образом, общая себестоимость разработки и перевозки 1 т груза определится из следующего развернутого выражения:

$$S_{\text{н}} = \frac{1}{q \gamma_{\text{н}}} \left(\frac{\dot{a}_{i \dot{a} \delta} L_{\dot{a} \dot{a}}}{\beta} + \frac{\dot{a}_{i i \text{н} \delta} L_{\dot{a} \dot{a}}}{\beta v_{\delta}} + \dot{a}_{i i \text{н} \delta} t_{\delta} + \frac{b_{\delta-i}}{\rho} \right) + \frac{q \gamma_{\text{н}} b_{i i \text{н} \delta}}{V_{\dot{y}} \rho} + \frac{b_{i \dot{a} \delta} L_{\dot{a} \dot{a}}}{\beta} + \frac{b_{i i \text{н} \delta} L_{\dot{a} \dot{a}}}{\beta v_{\delta}} + \frac{\dot{a}_{i i \text{н} \delta}}{V_{\dot{y}} \rho} + b_{i i \text{н} \delta} t_{\delta} + \frac{\dot{a}_{\delta-i}}{\rho}, \quad (4.7)$$

где $t_{\text{р}}$ – затраты времени на разгрузку автомобиля-самосвала.

После дифференцирования функции (4.7) по q оптимальная грузоподъемность автомобилей-самосвалов определяется из выражения

$$q_{i i \delta} = \frac{1}{\lambda_{\text{н}}} \sqrt{\frac{V_{\dot{y}} \rho}{b_{i i \text{н} \delta}} \left(\frac{L_{\dot{a} \dot{a}}}{\beta} \left(\dot{a}_{i \dot{a} \delta} + \frac{\dot{a}_{i i \text{н} \delta}}{v_{\delta}} \right) + \dot{a}_{i i \text{н} \delta} t_{\delta} + \frac{b_{\delta-i}}{\rho} \right)}. \quad (4.8)$$

Анализ данного выражения показывает, что с увеличением производительности погрузочно-разгрузочных механизмов $V_{\dot{y}}$, расстояния перевозки грузов $L_{\text{с.г}}$, уменьшением коэффициента использования пробега β , технической скорости $v_{\text{т}}$ и коэффициента использования грузоподъемности $\gamma_{\text{ст}}$ оптимальная грузоподъемность автомобилей-самосвалов увеличивается.

4.3 Варианты заданий

Исходные данные:

- а) средняя длина ездки с грузом $L_{с.г}$ (таблица 4.1). Вариант выбирается по последней цифре номера зачетной книжки студента;
- б) часовая производительность экскаватора W , (см. таблицу. 4.1). Вариант принимается по последней цифре суммы двух последних цифр номера зачетной книжки студента, вместимость ковша экскаватора – $0,5 \text{ м}^3$;
- в) коэффициент использования пробега $\beta = 0,50$;
- г) средняя техническая скорость автомобиля-самосвала v_t (25 км/ч принимают студенты с четным номером зачетной книжки, 30 км/ч – с нечетным);
- д) время разгрузки автомобиля-самосвала $t_p = 3,0$ мин;
- е) класс перевозимого груза – первый;
- ж) объемная масса груза – $2,4 \text{ т/м}^3$;
- з) допускаемые осевые нагрузки на дорожное покрытие от одиночной оси автомобильного транспортного средства (см. таблицу 4.1). Вариант принимается по последней цифре номера зачетной книжки студента;
- и) составляющие постоянных расходов на 1 ч работы, независимые и зависящие от грузоподъемности автомобильного средства, $a_{\text{пост}} = 12907,7 \text{ руб./ч}$, $b_{\text{пост}} = 102,9 \text{ руб./т}\cdot\text{ч}$ [17];
- к) составляющие переменных расходов на 1 км пробега, независимые и зависящие от грузоподъемности автомобильного средства, $a_{\text{пер}} = 369,65 \text{ руб./км}$, $b_{\text{пер}} = 27,97 \text{ руб./т}\cdot\text{км}$ [17];
- л) составляющие затраты на погрузку 1 м^3 груза, зависящие и независимые от грузоподъемности автомобильного средства, $a_{p-п} = 3000 \text{ руб./м}^3$, $b_{p-п} = 250 \text{ руб.}\cdot\text{т/м}^3$ [17].

Таблица 4.1 – Исходные данные

Показатель	Значение показателей по вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Средняя длина ездки с грузом, км	5	4	6	7	4	8	6	9	5	7
Часовая производительность экскаватора $\text{м}^3/\text{ч}$	20	23	25	27	18	15	23	30	35	33
Допускаемые осевые нагрузки, т/ось	10	12	8	6	12	10	8	6	6	8

Требуется:

- а) построить график зависимости $S_c = f(q)$ и определить оптимальную грузоподъемность автомобильного транспортного средства;
- б) рассчитать оптимальную грузоподъемность автомобильного транспортного средства аналитически;

в) подобрать из серийно выпускаемых автомобилей-самосвалов и самосвальных автомобильных поездов тип и марку транспортного средства по принятым ограничениям.

4.4 Пример выполнения задания

Исходные данные. Для погрузки навалочных грузов принимается универсальный одноковшовый пневмоколесный погрузчик с фронтальной разгрузкой ТО-15, производительность которого $V_{\text{прм}} = 30 \text{ м}^3/\text{ч}$. Время разгрузки самосвала принимается $t_p = 3 \text{ мин} = 0,05 \text{ ч}$. Составляющие постоянных, переменных расходов на транспортировку и параметров, определяющих удельные затраты на разработку и погрузку грузов, на практике определяются для каждой группы автомобилей или для АТП в целом. Для выполнения данной работы принимаются значения вышеперечисленных параметров согласно варианту: $a_{\text{пост}} = 12907,7 \text{ руб./ч}$, $b_{\text{пост}} = 102,9 \text{ руб./т}\cdot\text{ч}$, $a_{\text{пер}} = 369,65 \text{ руб./км}$, $b_{\text{пер}} = 27,97 \text{ руб./т}\cdot\text{км}$, $a_{\text{р-п}} = 3000 \text{ руб./м}^3$, $b_{\text{р-п}} = 250 \text{ руб./т}\cdot\text{м}^3$.

Выполнение работы. Общая себестоимость разработки и перевозки одной тонны груза определяется по формуле (4.7):

$$S_n = \frac{1}{2 \cdot 0,74} \left(\frac{369,65 \cdot 4}{0,5} + \frac{12907,7 \cdot 4}{0,5 \cdot 30} + 12907,7 \cdot 0,05 + \frac{250}{2,4} \right) + \frac{2 \cdot 0,74 \cdot 102,9}{30 \cdot 2,4} + \frac{27,97 \cdot 4}{0,5} + \frac{102,9 \cdot 4}{0,5 \cdot 30} + \frac{12907,7}{30 \cdot 2,4} + 102,9 \cdot 0,05 + \frac{3000}{2,4} = 6549 \text{ руб.}$$

Далее на основании полученной зависимости рассчитываются параметры графика зависимости $S_c = f(q)$ (рисунок 4.1) и результаты заносятся в таблицу 4.2.

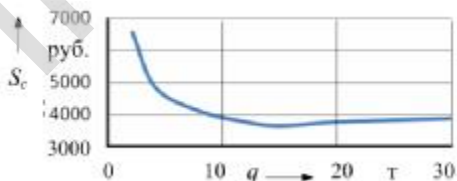


Таблица 4.2 – Параметры графика зависимости $S_c = f(q)$

Рисунок 4.1 – График зависимости $S_c = f(q)$

Параметр	Значения							
$q, \text{ т}$	2	4	8	12	14	16	20	30
S_c	6549	4843	4079	3758	3650	3650	3758	3865

Оптимальная грузоподъемность автомобиля, работающего на маршруте M_1 , определяется по формуле (4.8):

$$q_{\text{т} \delta} = \frac{1}{1} \sqrt{\frac{2,3 \cdot 2,4}{102,9} \left(\frac{4}{0,5} \left(369,65 + \frac{12907,7}{30} \right) + 12907,7 \cdot 0,05 + \frac{250}{2,4} \right)} = 18,9 \text{ т.}$$

Исходя из оптимальной грузоподъемности, выбирается автомобиль МАЗ-650108, грузоподъемность которого 20 т, технические характеристики автомобиля приведены на рисунке 4.2 и в таблице 4.3.

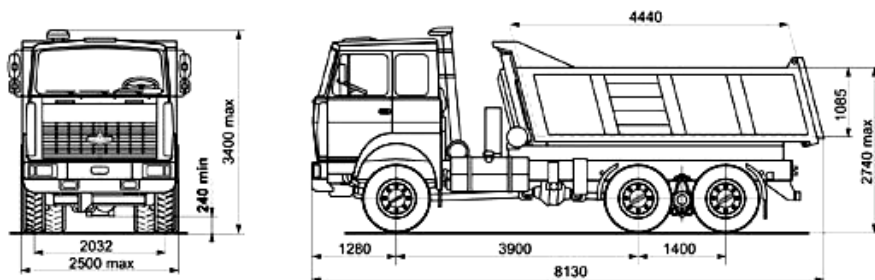


Рисунок 4.2 – Габаритные размеры автомобиля-самосвала

Таблица 4.3 – Технические характеристики автомобиля-самосвала

Параметр	Значение
Колёсная формула	6×4
Допустимая полная масса автопоезда, кг	60500
То же автомобиля, кг	33500
Распределение полной массы на переднюю ось, кг	7500
То же на заднюю ось, кг	26000
Масса снаряжённого автомобиля, кг	13350
Допустимая грузоподъёмность автомобиля, кг	20000
Объём платформы, м ³	11
Двигатель	ЯМЗ-7511.10 (Евро-2)
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	294 (400)
Максимальная скорость, км/ч	92
Топливный бак, л	300
Размер шин	12,00 R20
Основной применяемый прицеп	МАЗ-856100

Контрольные вопросы

1 Какая связь существует между удельными переменными расходами и грузоподъемностью автотранспортного средства?

2 Как влияют на оптимальную грузоподъемность автомобиля отдельные технико-эксплуатационные показатели?

3 Записать зависимость, определяющую время простоя под погрузкой через параметры автомобиля и экскаватора?

4 Перечислить возможные ограничения, которые необходимо учитывать при выборе автосамосвала для работы с заданным погрузочным средством.

Задание № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПО ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ СТРУКТУРЫ ПАРКА АВТОМОБИЛЕЙ

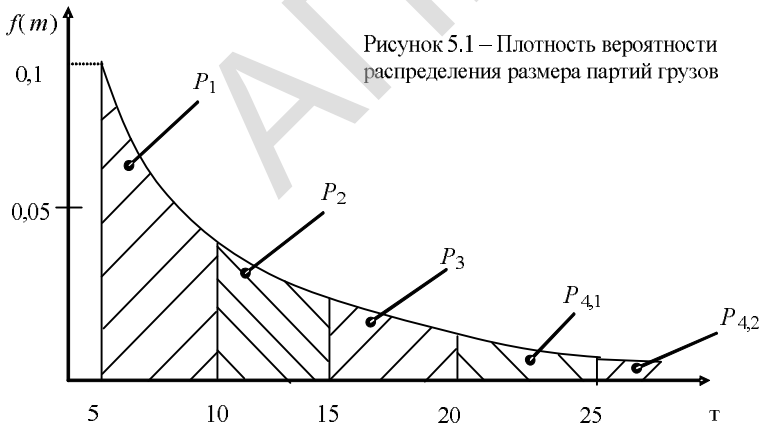
5.1 Цель работы

Изучить методику определения оптимальной по грузоподъемности структуры парка автомобилей.

5.2 Методика выполнения работы

Структура парка автомобилей по грузоподъемности должна соответствовать распределению размера партий грузов.

Для определения оптимальной по грузоподъемности структуры парка автомобилей должна быть установлена плотность вероятности распределения $f(m)$ от размера партии грузов m (в графической форме представлена на рисунке 5.1); задан ряд значений грузоподъемности автомобилей, применяемых для перевозок q_j ($j = 1, 2, \dots, n$) или рекомендуемых на основе технико-экономических расчетов.



Исходя из известной плотности распределения $f(m)$, **вероятность предъявления отправок груза**, для перевозки которого требуется автомобиль грузоподъемностью q_j ($j = 1, 2, \dots, n - 1$), определяется интегрированием $f(m)$ по грузоподъемности с учетом коэффициента ее использования $\gamma_{ст}$:

$$P_j = \begin{cases} \int_0^{(q\gamma_{c\delta})_j} f(m) dm, & j = 1; \\ \int_{(q\gamma_{c\delta})_{j-1}}^{(q\gamma_{c\delta})_j} f(m) dm, & 1 < j \leq n-1. \end{cases} \quad (5.1)$$

Вероятность $P_{n,i}$ предъявления размеров партии груза, для освоения которых необходимо выполнение i -ездок автомобиля грузоподъемностью q_n , рассчитывается аналогично вероятностям P_j :

$$P_{n,i} = \begin{cases} \int_0^{(q\gamma_{c\delta})_n} f(m) dm, & i = 1; \\ \int_{i(q\gamma_{c\delta})_{n-1}}^{i(q\gamma_{c\delta})_n} f(m) dm, & i > 1. \end{cases} \quad (5.2)$$

Число ездов с грузом Z_{ej} , подлежащих освоению автомобилем грузоподъемностью q_j , определяется по вероятностям P_j ($j = 1, 2, \dots, n-1$) и P_n из следующего выражения:

$$Z_{ej} = \begin{cases} NP_j, & \text{ако } j \leq n-1; \\ N \sum_{i=1}^{\infty} iP_{n,i}, & j = n, \end{cases} \quad (5.3)$$

где N – общее число отправок за рассматриваемый период.

Требуемое число автомобилей грузоподъемностью q_j

$$A_j = Z_{ej} / (Z_{e,cj} D), \quad (5.4)$$

где $Z_{e,cj}$ – число ездов с грузом, осваиваемых j -м автомобилем за день (сутки);

D – длительность рассматриваемого периода в рабочих днях (сутках).

Размеры перевозимых партий грузов приводят в соответствие с грузоподъемностями автомобилей с целью повышения их использования. В этом случае **средний размер партии груза**

$$m = \sum_{j=1}^{n-1} P_j (q\gamma_{cj}) + (q\gamma_{cn}) \sum_{i=1}^{\infty} iP_{n,i}. \quad (5.5)$$

Средний объем груза \bar{q}_e , осваиваемый за одну езду автомобиля,

$$\bar{q}_e = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} P_j (q\gamma_c)_j + (q\gamma_c)_n \sum_{i=1}^{\infty} iP_{n,i}}{\underbrace{\sum_{j=1}^{n-1} P_j + \sum_{i=1}^{\infty} iP_{n,i}}_{\text{Число ездов, приходящееся на одну партию груза}}} = \frac{\bar{m}}{\underbrace{\sum_{j=1}^{n-1} P_j + \sum_{i=1}^{\infty} iP_{n,i}}_{\text{Число ездов, приходящееся на одну партию груза}}}. \quad (5.6)$$

Число ездов, приходящееся на одну партию груза

Средняя грузоподъемность автомобиля по всем ездам

$$\bar{q} = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} P_j q_j + q_n \sum_{i=1}^{\infty} iP_{n,i}}{\sum_{j=1}^{n-1} P_j + \sum_{i=1}^{\infty} iP_{n,i}}. \quad (5.7)$$

Тогда общее число партий грузов, предъявляемых к перевозке,

$$N = Q/\bar{m}. \quad (5.8)$$

Соотношение между числом предъявляемых партий грузов N и ездов с грузом Z_e определяется коэффициентом

$$K = \frac{N}{Z_e} = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n-1} P_j + \sum_{i=1}^{\infty} iP_{n,i}}. \quad (5.9)$$

Общее число ездов с грузом, которое требуется выполнить парком автомобилей за рассматриваемый период для освоения объема перевозок груза Q ,

$$Z_e = Q/\bar{q}_e = Q/\bar{q}\gamma_c. \quad (5.10)$$

Число ездов, которое требуется выполнить автомобилями j -й грузоподъемности,

$$Z_{ej} = \begin{cases} Z_e P_j K, & j \leq n-1; \\ Z_e K \sum_{i=1}^{\infty} iP_{n,i}, & j = n. \end{cases} \quad (5.11)$$

Объем перевозок, подлежащий освоению автомобилями j -й грузоподъемности,

$$Q_j = Z_{ej} (q\gamma_{c\delta})_j \cdot \quad (5.12)$$

Требуемое число автомобилей j -й грузоподъемности

$$A_j = Q_j / (D(q\gamma_{c\delta})_j Z_{e.ej}) \cdot \quad (5.13)$$

Общее списочное число автомобилей для освоения заданного объема перевозок

$$A_c = \sum_{j=1}^n A_j / \alpha_{aj}, \quad (5.14)$$

где α_{vj} – коэффициент выпуска на линию автомобилей j -й грузоподъемности.

5.3 Варианты заданий

Исходные данные:

а) распределение размера отправок груза соответствует усеченному экспоненциальному закону с плотностью вероятностей

$$f(m) = \begin{cases} 0,1 e^{-0,1(m-5)}, & \text{при } m \geq 5; \\ 0, & \text{при } m \leq 5; \end{cases}$$

б) суточный объем перевозок выбирается из таблицы 5.1 по последней цифре номера зачетной книжки;

Таблица 5.1 – Суточные объемы перевозок

Последняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Суточный объем перевозок, т	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	700	1800

в) грузоподъемность автомобилей q_j , применяемых для перевозок груза, выбирается из таблицы 5.2 по последней цифре суммы двух последних цифр номера зачетной книжки;

Таблица 5.2 – Грузоподъемность транспортных средств

Последняя цифра суммы двух последних цифр номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Грузоподъемность имеющихся автомобилей, т	5	9	2	6	4	8	3	5	12	5
	8	12	8	9	6	9	5	6	13	7
	15	11	12	15	9	12	7	10	16	9
	20	14	15	18	10	19	14	11	18	15

- г) коэффициент использования грузоподъемности $\gamma_{ст} = 1$;
 д) коэффициент выпуска автомобилей на линию в рабочие дни $\alpha_{вj} = 0,8$;
 ж) автомобиль за сутки выполняет три ездки с грузом $Z_{ej} = 3, j = 1, 2, \dots, n$.

Требуется:

- а) рассчитать вероятность предъявления отправок груза, для перевозки которых требуются автомобили j -й грузоподъемности;
 б) определить количество ездок автомобилей j -й грузоподъемности;
 в) определить оптимальную по грузоподъемности структуру парка автомобилей.

5.4 Пример выполнения задания

Исходные данные:

- а) распределение размера отправок груза соответствует усеченному экспоненциальному закону с плотностью вероятностей

$$f(m) = \begin{cases} 0,1 e^{-0,1(m-5)}, & \text{при } m \geq 5; \\ 0, & \text{при } m \leq 5; \end{cases}$$

- б) суточный объем перевозок $Q_c = 1200$ т;

- в) грузоподъемности автомобилей q_j , применяемых для перевозок груза, $q_1 = 7,5$ т; $q_2 = 14$ т; $q_3 = 20$ т; $q_4 = 28$ т;

- г) коэффициент использования грузоподъемности $\gamma_{ст} = 1$;
 д) коэффициент выпуска автомобилей на линию в рабочие дни $\alpha_{вj} = 0,8$;
 ж) автомобиль за сутки выполняет три ездки с грузом $Z_{ej} = 3, j = 1, 2, \dots, n$.

Выполнение работы.

Определение вероятностей $P_j (j = 1, 2, \dots, n - 1)$ и P_{ni} :

$$P_1 = \int_0^{7,5} 0,1 e^{-0,1(m-5)} dm = 0,221;$$

$$P_3 = \int_0^{20} 0,1 e^{-0,1(m-5)} dm = 0,184;$$

$$P_2 = \int_0^{14} 0,1 e^{-0,1(m-5)} dm = 0,372;$$

$$P_{4,1} = \int_0^{28} 0,1 e^{-0,1(m-5)} dm = 0,123;$$

$$P_{4,2} = \int_{28}^{56} 0,1e^{-0,1(m-5)} dm = 0,094;$$

$$P_{4,4} = \int_{84}^{112} 0,1e^{-0,1(m-5)} dm = 0,0004 \approx 0.$$

$$P_{4,3} = \int_{56}^{84} 0,1e^{-0,1(m-5)} dm = 0,006;$$

Учитывая, что размеры партий грузов приводятся в соответствии с грузоподъемностями автомобилей, находят:

- средний размер партий груза

$$\bar{m} = 0,221 \cdot 7,5 + 0,372 \cdot 14 + 0,184 \cdot 20 + 0,123 \cdot 28 + 0,094 \cdot 2 \cdot 28 + 0,006 \cdot 3 \cdot 28 = 19,76 \text{ т};$$

- средний объем груза, перевозимого за одну езду,

$$\bar{q}_e = mK = \frac{19,76}{0,221 + 0,372 + 0,184 + 0,123 + 0,094 \cdot 2 + 0,006 \cdot 3} = \frac{19,76}{1,106} = 17,87 \text{ т};$$

- грузоподъемность автомобиля по всем ездукам $\bar{q} = m_e = 17,87 \text{ т}$, так как

$\gamma_{ст} = 1$;

- общее число партий груза $N = Q/\bar{m} = 1200 : 19,76 = 60,73$;

- общее число ездов с грузом

$$Z_e = Q/\bar{q}_e = NK = 1200 : 17,87 = 60,73 \cdot 1,106 = 67,16.$$

Число ездов с грузом автомобилей j -й грузоподъемности Z_{ej} :

$$Z_{e1} = 60,73 \cdot 0,221 = 13,42; \quad Z_{e2} = 60,73 \cdot 0,372 = 22,59;$$

$$Z_{e3} = 60,73 \cdot 0,184 = 11,17; \quad Z_{e4} = 60,73(0,123 + 2 \cdot 0,094 + 3 \cdot 0,006) = 19,98.$$

Требуемое списочное число автомобилей j -й грузоподъемности составляет ($D = 1$):

$$A_{cj} = \frac{Q_j}{\alpha_{aj} D (q\gamma_{c0})_j Z_{ej}} = \frac{Z_{ej} (q\gamma_{c0})_j}{\alpha_{aj} D (q\gamma_{c0})_j Z_{ej}} = \frac{Z_{ej}}{\alpha_{aj} Z_{ej}}.$$

$$\dot{A}_{n1} = 13,42 : (0,8 \cdot 3) = 5,6;$$

$$\dot{A}_{n2} = 22,59 : (0,8 \cdot 3) = 9,4;$$

$$\dot{A}_{n3} = 11,17 : (0,8 \cdot 3) = 4,7;$$

$$\dot{A}_{n4} = 19,98 : (0,8 \cdot 3) = 8,3.$$

Требуемое общее списочное число автомобилей для выполнения заданного объема перевозок

$$\dot{A}_n = \frac{Q}{\alpha_a Z_{e,cj} q_e} = 5,6 + 9,4 + 4,7 + 8,3 = 1200 : (0,8 \cdot 3 \cdot 17,87) = 28,0.$$

Контрольные вопросы

- 1 Что больше: средний размер партии груза или средний размер отправки, перевозимой автомобилями?
- 2 Сколько параметров имеет показательный закон распределения плотности вероятности?
- 3 Записать формулу для определения вероятности предъявления партий грузов для освоения автомобилями заданной грузоподъемности.
- 4 Как связаны между собой средняя грузоподъемность автомобиля и средний размер партии груза?

АВТО

З а д а н и е № 6

МАРШРУТИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК МЕЛКОПАРТИОННЫХ ГРУЗОВ

6.1 Цель работы

Приобрести навыки организации мелкопартионных перевозок грузов автомобильным транспортом на заданной транспортной сети.

6.2 Методика выполнения работы

6.2.1 Оптимизация поставки мелких партий грузов нескольким потребителям

В практике грузовых перевозок автомобильным транспортом часто приходится решать задачу поставки мелких партий грузов нескольким потребителям. Исходными данными при этом выступают: улично-дорожная сеть с указанием расположения пункта погрузки и пунктов выгрузки, а также ограничений на направления движения (рисунок 6.1); имеющийся парк грузовых автотранспортных средств; объемы поставки номенклатуры грузов каждому конечному потребителю.

В примере улично-дорожной сети, приведенном на рисунке 6.1, есть один пункт погрузки (Б1) и пять магазинов – пунктов выгрузки (М2–М6). Кроме того, установлены дорожные знаки, влияющие на разрешенные направления движения.

Задача маршрутизации перевозок мелких партий ресурсов состоит в том, чтобы найти такое множество маршрутов, на которых достигались бы минимальные издержки на транспортирование (общее минимальное расстояние перевозок, минимальное время доставки). Наиболее часто в качестве критерия оптимальности решения задачи принимается общий пробег транспортных средств

$$\sum_{j=1}^n l_{oj} \rightarrow \min , \quad (6.1)$$

где l_{oj} – длина оборота транспортного средства на j -м маршруте, км;

n – общее число маршрутов для освоения заданных объемов перевозок ресурсов.

Для решения такой задачи, прежде всего, необходимо создать транспортную сеть – совокупность узлов (пунктов погрузки и выгрузки, а также перекрестков) и соединяющих их дуг (улиц). Транспортная сеть для улично-дорожной сети, представленной на рисунке 6.1, приведена на рисунке 6.2.



Рисунок 6.1 – Улично-дорожная сеть региона

На основании транспортной сети необходимо составить матрицу кратчайших расстояний и матрицу кратчайших путей следования между узлами транспортной сети. Задачу отыскания кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети можно решить методом, алгоритм которого следующий:

1 Начальному пункту, от которого требуется определить кратчайшие расстояния, присваивается потенциал $v_i = 0$.

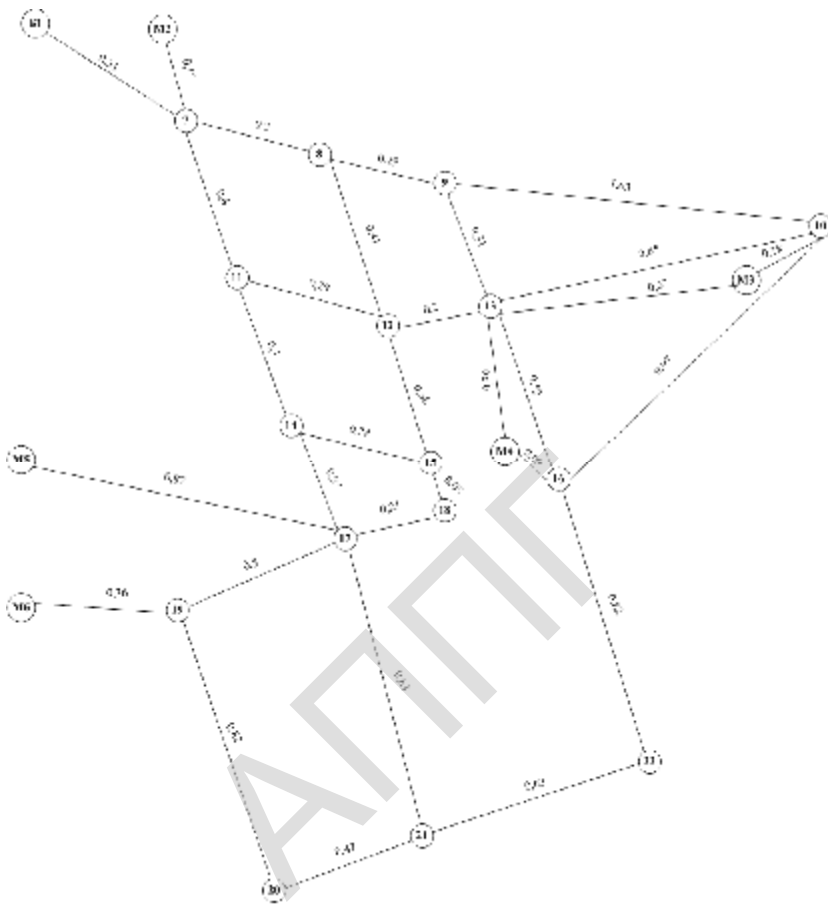
2 Находятся все звенья, для которых начальным пунктам i присвоен потенциал v_i , а конечным пунктам j не присвоен. Если таких звеньев нет, то решение закончено (переход на п. 5), а иначе – на п. 3.

3 Для найденных звеньев по п. 2 рассчитываются значения потенциалов конечных пунктов j по следующей формуле:

$$u_{j(i)} = v_i + l_{ij}, \quad (6.2)$$

где $u_{j(i)}$ – потенциал конечного пункта j -го звена i - j ;

l_{ij} – длина звена i - j .



- $(0,47)$ – пункт погрузки (база);
- $7 - 22$ – пункты выгрузки (магазины).

Рисунок 6.2 – Транспортная сеть

Из всех полученных потенциалов выбирается потенциал с наименьшим значением, т.е.

$$\min_{i, j} \{u_{j(i)}\} = u_{r(s)}, \tag{6.3}$$

где $\{u_{j(i)}\}$ – множество значений потенциалов конечных пунктов j звеньев $i-j$, i -м начальным пунктам которых ранее присвоены потенциалы;

$u_{r(s)}$ – потенциал конечного пункта r звена $s-r$, являющийся наименьшим по значению элементом множества $\{u_{j(i)}\}$.

Потенциал $u_{r(s)}$ присваивается соответствующему конечному пункту ($v_s = u_{r(s)}$), а звено $r-s$ отмечается стрелкой.

В случае если несколько значений потенциалов множества $\{v_{j(i)}\}$ окажутся равными и наименьшими, то необходимо установить, относятся они к одному и тому же пункту или нет. Когда наименьшие равные значения потенциалов относятся к различным пунктам (у потенциалов не совпадают цифровые индексы без скобок), эти значения потенциалов присваиваются всем соответствующим конечным пунктам и стрелками отмечаются соответствующие звенья. Если наименьшие равные значения потенциалов относятся к одному и тому же конечному пункту s (у потенциалов совпадают цифровые индексы без скобок), то пункту s присваивается это наименьшее значение потенциала и отмечается стрелкой то звено $r-s$, которому соответствует потенциал $u_{r(s)}$ с большим удельным весом в его составе длин звеньев с лучшими условиями перемещения (при одинаковых дорожных условиях кратчайшее расстояние реализуется по любому из звеньев $r-s$). Следует отметить, что множество выделенных звеньев ($r-s$) будут составлять матрицу путей следования – таблицу, в которой указаны пути следования между всеми парами узлов.

4 Переход на п. 2.

5 Формируется окончательное решение. Величина потенциалов у вершин показывает кратчайшие расстояния от выбранного начального пункта до каждой вершины, а звенья со входящими друг в друга стрелками образуют кратчайшие пути движения от начального пункта до всех остальных. Если два пункта сети соединены такими путями, то кратчайшее расстояние между ними равно разности потенциалов у их вершин.

Принимая за начальный последовательно каждый из пунктов транспортной сети и выполняя действия по вышеописанному методу, получают таблицу кратчайших расстояний между всеми пунктами транспортной сети (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Матрица кратчайших расстояний

Пункты	1	...	j	...	n
1	l_{11}		l_{1j}		l_{1n}
.					
.					
i	l_{i1}		l_{ij}		l_{in}
.					
.					
.					
n	l_{n1}		l_{nj}		l_{nn}

Разработанные транспортная сеть и матрица кратчайших расстояний являются исходными данными для решения задачи коммивояжера. Суть этой задачи заключается в том, что имеется n пунктов (пункты погрузки и выгрузки), в которых должен побывать коммивояжёр. Задана матрица стоимостей (матрица кратчайших расстояний) на переход между пунктами c_{ij} , $i = 1, 2, \dots, n$ и $j = 1, 2, \dots, n$. Коммивояжёр должен выйти из одного из пунктов (пункта погрузки), побывать во всех остальных пунктах по одному разу (пунктах выгрузки) и вернуться в начальный пункт.

Необходимо найти порядок обхода, дающий минимальную суммарную стоимость посещения всех пунктов (общий минимальный пробег).

Введем переменную $K_{i,j}$

$$\hat{E}_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если } i \neq j; \\ 0, & \text{если } i = j. \end{cases} \quad (6.4)$$

Необходимо найти множество $\{K_{ij}\}$, $i = 1, 2, \dots, n$ и $j = 1, 2, \dots, n$, дающее минимум

$$Z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n c_{ij} K_{ij} = \min_{K_{ij}} \quad (6.5)$$

и выполнение ограничений

$$\sum_{j=1}^n K_{ij} = 1, \quad j = 1, n. \quad (6.6)$$

$$\sum_{i=1}^n K_{ij} = 1, \quad i = 1, n. \quad (6.7)$$

$$U_i - U_j + nK_{ij} \leq n - 1, \quad i \neq j, \quad (6.8)$$

где U_i, U_j – целые неотрицательные числа, представляющие собой номер этапа, на котором посещается пункт.

Условие (6.6) означает, что коммивояжер выходит из каждого пункта один раз, а условие (6.7) – что он входит в каждый пункт только один раз. Условие (6.8) обеспечивает замкнутость цикла (контура) на n -м этапе решения задачи.

Точное решение задачи коммивояжера дает метод ветвей и границ. Существуют различные версии метода ветвей и границ решения задачи коммивояжера. Рассмотрим стандартный метод Дж. Литла и др.

Вначале для множества R всех гамильтоновых контуров определяется некоторая оценка снизу (нижняя граница) $\Phi_{(R)}$ их длины. Затем множество всех гамильтоновых контуров разбивается на два подмножества. Первое подмножество состоит из гамильтоновых контуров, которые включают некоторую дугу (i, j) [обозначим его $\{(i, j)\}$], а второе состоит из гамильтоно-

вых контуров, которые не включают эту дугу [обозначим его $\{\overline{(i, j)}\}$]. Для каждого из подмножеств $\{(i, j)\}$ и $\{\overline{(i, j)}\}$ определяется нижняя граница длины гамильтоновых контуров $\Phi_{(i, j)}$ и $\Phi_{\overline{(i, j)}}$. Каждая новая нижняя граница оказывается не меньше нижней границы всего множества гамильтоновых контуров $\Phi_{(R)}$. Среди двух подмножеств маршрутов $\{(i, j)\}$ и $\{\overline{(i, j)}\}$ выбирается подмножество с меньшей нижней границей. Это подмножество снова разбивается на два и для вновь образованных подмножеств находятся нижние границы. Процесс разбиения подмножеств аналогичным образом продолжается до тех пор, пока не будет выделено подмножество, содержащее единственный гамильтонов контур. Взаимосвязь подмножеств, полученных в результате разбиения, изображается в виде дерева (графа), вершинам которого приписываются нижние границы.

Получив гамильтонов контур, просматривают оборванные ветви дерева и сравнивают нижние границы подмножеств, соответствующих оборванным ветвям, с длиной полученного гамильтонова контура.

Если нижние границы подмножеств, соответствующих оборванным ветвям, окажутся меньше длины гамильтонова контура, то эти ветви разбивают по тому же правилу. Процесс продолжается до тех пор, пока нижние границы вновь полученных подмножеств меньше длины гамильтонова контура. В результате могут быть получены новые гамильтоновы контуры. В этом случае сравниваются длины всех гамильтоновых контуров и среди них выбирается контур с наименьшей длиной. Решение задачи считается законченным, если нижние границы оборванных ветвей не меньше длины гамильтонова контура. В качестве оптимального выбирается гамильтонов контур с наименьшей длиной.

Остановимся на способе отыскания нижних границ и разбиения множества гамильтоновых контуров на подмножества.

Расчет нижних границ может быть основан на следующем свойстве. Если найти длину оптимального гамильтонова контура с матрицей расстояний A , а затем из элементов некоторой строки или столбца матрицы A вычесть некоторое число и снова решить задачу с новой матрицей, то гамильтонов контур коммивояжера не изменится, а длина его уменьшится на это число. В самом деле, длина оптимального гамильтонова контура коммивояжера состоит из суммы n чисел (элементов матрицы расстояний), взятых по одному из каждой строки и из каждого столбца. Следовательно, изменение всех элементов строки или столбца на одно и то же число не влияет на оптимальное решение задачи. Если операцию вычитания проделать и для других строк и столбцов, то длина оптимального контура задачи с измененной матрицей будет отличаться от длины оптимального контура задачи с исходной матрицей на сумму чисел, вычитаемых из элементов строк и столбцов.

Таким образом, для определения нижней границы множества всех гамильтоновых контуров необходимо в каждой строке матрицы A найти минимальный элемент α_i [$\alpha_i = \min_j a_{ij}$ ($i = \overline{1, n}$)] и вычесть его из всех элементов данной строки (такая операция называется *приведением матрицы расстояний по строкам*). В результате приведения в каждой строке матрицы будет, по крайней мере, один нуль. Затем в матрице, приведенной по строкам, находим минимальный элемент β_j в каждом столбце и приводим ее по столбцам. Матрицу, приведенную по строкам и столбцам, называют *полностью приведенной*, а величины α_i и β_j ($i, j = \overline{1, n}$) – *константами приведения*. Полностью приведенная матрица содержит, по крайней мере, один нуль в каждой строке и каждом столбце.

Так как длина L_1 оптимального гамильтонова контура в задаче с полностью приведенной матрицей отличается от длины L оптимального гамильтонова контура в задаче с неприведенной матрицей, на сумму констант приведения:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_j, \quad (6.9)$$

то $L = L_1 + \gamma$.

В полностью приведенной матрице все элементы неотрицательны, поэтому $L_1 \geq 0$, а γ можно выбрать в качестве нижней границы длины гамильтонова контура, т.е. $\varphi_{(R)} = \gamma$.

Рассмотрим теперь способ выбора дуги (i, j) , априорное включение или невключение которой в гамильтонов контур разбивает все множество гамильтоновых контуров на подмножества. Априорное исключение какой-нибудь дуги (i, j) из гамильтонова контура осуществляется заменой соответствующего элемента матрицы расстояний на ∞ . В результате исключения появляется возможность выполнить дополнительное приведение матрицы и улучшить нижнюю границу.

Априорное включение дуги (i, j) в гамильтонов контур позволяет сократить размер матрицы за счет вычеркивания i -й строки j -го столбца. Кроме того, при включении дуги (i, j) в контур существует опасность образования негамильтонова контура, т.е. контура, проходящего через часть городов. Поэтому в целях недопущения образования негамильтонова контура необходимо исключить одну из дуг. В простейшем случае при включении дуги (i, j) в гамильтонов контур требуется исключить дугу (i, j) , т.е. элемент a_{ji} заменить на ∞ . Сокращения размеров матрицы расстояний и исключение одного из элементов позволяют дополнительно выполнить приведение матрицы и улучшить нижнюю границу подмножества $\{(i, j)\}$.

Наиболее вероятно, что в оптимальный гамильтонов контур войдут дуги, которым в приведенной матрице соответствуют нулевые элементы. Поэтому выбор дуги будем осуществлять следующим образом. В приведенной матрице элемент $a_{ji} = 0$ условно заменим на ∞ . Этим самым дуга (i, j) будет исключена из гамильтонова контура. Чтобы определить сумму констант приведения вновь полученной матрицы, необходимо сложить минимальный элемент α_i i -й строки с минимальным элементом β_j j -го столбца, так как остальные строки и столбцы содержат, по крайней мере, по одному нулю. Обозначим сумму констант приведения матрицы с исключенной дугой (i, j) через $\gamma_{(i,j)}$. Следовательно, $\gamma_{(i,j)} = \alpha_i + \beta_j$. Аналогичный расчет произведем для всех остальных нулевых элементов матрицы, условно заменяя их на ∞ . В первую очередь будем исключать из гамильтонова контура ту дугу, для которой сумма констант приведения $\gamma_{(i,j)}$ является наибольшей, так как в этом случае произойдет наиболее резкое изменение оценки.

Предположим, что для дуги (r, s) сумма констант приведения максимальна, т.е. $\gamma_{(r,s)} = \max\{\gamma_{(i,j)}\}$. Тогда, исключив дугу (r, s) из гамильтонова контура, получим подмножество контуров $\{\overline{(r, s)}\}$ и, включив эту дугу в гамильтонов контур, получим подмножество контуров $\{(r, s)\}$.

Нижняя граница подмножества контуров $\{\overline{(r, s)}\}$

$$\Phi_{\overline{(r,s)}} = \Phi_{(R)} + \gamma_{(r,s)} = \gamma + \gamma_{(r,s)}.$$

Нижняя граница подмножества контуров $\{(r, s)\}$

$$\Phi_{(r,s)} = \Phi_{(R)} + \gamma_{(r,s)} = \gamma + \gamma_{(r,s)},$$

где $\gamma_{(r,s)}$ равна сумме констант приведения сокращенной матрицы (сокращенная матрица получена из исходной путем вычеркивания r -й строки s -го столбца и замены элемента (s, r) на ∞).

При практических расчетах процесс разбиения множества гамильтоновых контуров на подмножества продолжается до тех пор, пока не будет получена матрица расстояний размерности 2×2 .

После приведения этой матрицы нулевые ее элементы, расположенные симметрично, прямо указывают на дуги, которые необходимо включить в гамильтонов контур. Длина гамильтонова контура определяется добавлением к нижней границе соответствующего подмножества контуров суммы констант приведения матрицы 2×2 . Все рассмотренные действия для большей четкости сформулируем в виде алгоритма.

1 Приводим матрицу расстояний по строкам и столбцам. Находим нижнюю границу всего множества маршрутов:

$$\gamma_{(R)} = \gamma = \sum_{i=1}^n \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_j .$$

2 Каждый нуль в приведенной матрице условно заменяем на ∞ и находим сумму констант приведения $\gamma_{\overline{(i,j)}} = \alpha_i + \beta_j$. Значения $\gamma_{\overline{(i,j)}}$ записываем в соответствующие клетки рядом с нулями.

3 Априорно исключаем из гамильтонова контура ту дугу (i, j) , для которой сумма констант приведения максимальна [исключение дуги (i, j) достигается заменой элемента в a_{ji} матрице расстояний на ∞]. В результате исключения дуги (i, j) будет образовано подмножество гамильтоновых контуров $\{ \overline{(i, j)} \}$.

4 Приводим полученную матрицу расстояний и определяем нижнюю границу $\Phi_{\overline{(i,j)}}$ подмножества гамильтоновых контуров $\{ \overline{(i, j)} \}$.

5 Априорно включаем дугу (i, j) в гамильтонов контур, что ведет к исключению в матрице, полученной после выполнения п. 2, i -й строки и j -го столбца. Заменяем один из элементов матрицы на ∞ (в простейшем случае симметричный), чтобы не допустить образования негамильтонова контура.

6 Приводим сокращенную матрицу и находим нижнюю границу $\Phi_{\overline{(i,j)}}$ подмножества маршрутов $\{ \overline{(i, j)} \}$.

7 Проверяем размерность сокращенной матрицы. Если сокращенная матрица размерности 2×2 , то переходим к выполнению п. 9; если же размерность матрицы больше, чем 2×2 , то – к п. 8.

8 Сравниваем нижние границы подмножеств гамильтоновых контуров $\Phi_{\overline{(i,j)}}$ и $\Phi_{(i,j)}$ и переходим к выполнению п. 2. При этом, если $\Phi_{\overline{(i,j)}} < \Phi_{(i,j)}$, то разбиению подлежит подмножество $\{ \overline{(i, j)} \}$ (дальнейшему анализу, подвергается матрица, полученная в результате последнего выполнения п. 4). Если же $\Phi_{(i,j)} < \Phi_{\overline{(i,j)}}$, разбиению подлежит подмножество $\{ (i, j) \}$ (дальнейшему анализу подвергается матрица, полученная после последнего выполнения п. 6).

9 Определяем гамильтонов контур и его длину.

10 Сравниваем длину полученного контура с нижними границами оборванных ветвей. Если длина гамильтонова контура не превышает нижних границ оборванных ветвей дерева, то задача решена. Если же длина контура больше нижней границы некоторых ветвей, то, действуя по алгоритму, развиваем эти ветви до тех пор, пока не получим маршрута с меньшей длиной или не убедимся, что его не существует.

Таким образом, решив задачу коммивояжера, будет найден оптимальный порядок объезда узлов транспортной сети.

Следующим этапом необходимо выбрать автомобильные транспортные средства, которые будут работать на полученном контуре. Такой выбор необходимо делать исходя из соображений максимальной использования грузоподъемности автомобилей с учетом класса груза по степени использования грузоподъемности.

6.2.2 Расчет технико-эксплуатационных показателей работы на маршрутах

Для планирования, учета и анализа работы подвижного состава грузового автомобильного транспорта установлена **система показателей**, позволяющая оценить степень использования ПС и результаты его работы. К показателям, характеризующим степень использования ПС, относятся:

- коэффициенты: выпуска подвижного состава на линию α_v , технической готовности подвижного состава α_t , статического использования грузоподъемности γ_c , динамического использования грузоподъемности γ_d , использования пробега β ;
- средняя длина ездки $L_{e.f}$;
- среднее расстояние перевозки груза $L_{тp}$;
- время простоя ПС под погрузкой-разгрузкой $t_{п-р}$;
- время в наряде T_n ;
- техническая скорость движения v_t ;
- эксплуатационная скорость $v_э$.

Расчет данных показателей осуществляется по результатам выполненной маршрутизации перевозок и построенных на основании этого эюр грузопотоков на маршрутах.

Коэффициент статического использования грузоподъемности определяется отношением фактически перевезенного груза Q_ϕ к грузу Q , который можно было бы перевезти при условии полного использования грузоподъемности ПС при груженых ездках:

$$\gamma_c = Q_\phi / Q. \quad (6.10)$$

Коэффициент динамического использования грузоподъемности определяется отношением фактически выполненной транспортной работы W_e к возможной работе W_b при условии полного использования грузоподъемности ПС на протяжении всего маршрута с грузом:

$$\gamma_d = W_e / W_b; \quad (6.11)$$

$$W_e = \sum Q_i L_{ij}; \quad (6.12)$$

$$W_B = q_i L_{e,r}. \quad (6.13)$$

Коэффициент использования пробега автомобильного транспортного средства определяется отношением производительного пробега к общему за определенный период времени

$$\beta = L_{e,r} / L_M. \quad (6.14)$$

Среднее расстояние перевозки груза – это средняя дальность транспортирования одной тонны груза; определяется отношением выполненной транспортной работы W_e к объему перевезенного груза Q_Φ :

$$L_{тр} = W_e / Q_\Phi. \quad (6.15)$$

6.2.3 Автоматизация процесса маршрутизации мелкопартионных отправок

Задача маршрутизации мелкопартионных перевозок является трудоемкой. На практике число пунктов доставки (магазинов) может составлять несколько сотен единиц, а номенклатура доставляемых грузов – десятки разновидностей. Для автоматизации процесса маршрутизации мелкопартионных отправок на кафедре «Общественные транспортные проблемы» Белорусского государственного университета транспорта разработана компьютерная программа «УМКА». Для работы с программой необходимо:

- 1 Запустить пусковой файл umka.exe.
- 2 Ввести:
 - автомобильные транспортные средства;
 - узлы транспортной сети;
 - связи между узлами (дуги транспортной сети);
 - информацию о грузах.
- 3 Произвести маршрутизацию.

Ввод автомобильных транспортных средств. Для добавления транспортного средства необходимо выбрать команду «Работа с транспортными средствами» основного меню и в ней выбрать «Добавить транспортное средство» (рисунок 6.3).



Рисунок 6.3 – Меню команды «Работа с транспортными средствами»

В появившемся окне (рисунок 6.4) необходимо указать марку транспортного средства, его грузоподъемность (в тоннах) и нажать кнопку «Записать информацию о ТС».



Рисунок 6.4 – Окно «Добавить транспортное средство»

Ввод узлов транспортной сети. Для добавления узла необходимо выбрать команду «Работа с транспортной сетью» основного меню и в ней выбрать «Добавить узел» (рисунок 6.5). В результате появится окно (рисунок 6.6).

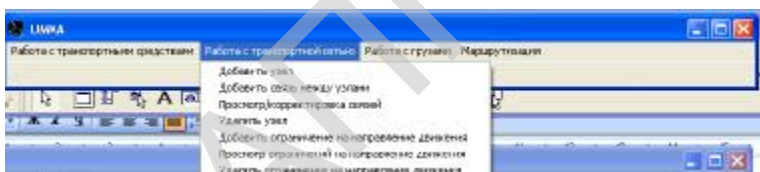


Рисунок 6.5 – Меню команды «Работа с транспортной сетью»



Рисунок 6.6 – Окно «Добавить узел»

Следует знать, что программа «УМКА» различает **два типа узла**: перекресток дорог (как место возможного разветвления путей доставки) и потребитель (магазины, базы, склады, торговые объекты и т.д.). Автоматически в поле «Введите имя узла» программа предлагает первый тип – перекресток (см. рисунок 6.6). Если добавляемый узел – перекресток, то необходимо перейти к заполнению второго поля «Укажите адрес узла» и написать наименование перекрестка. Например, если добавляемый узел – перекресток ул. Советская и ул. Кирова, то в поле «Укажите адрес узла» необходимо записать «ул. Советская и ул. Кирова».

Если добавляемый узел – потребитель, то в поле «Введите имя узла» необходимо написать название потребителя, а в поле «Укажите адрес узла» указать его адрес. Например: добавляемый узел – «Первый фирменный магазин ОАО «Гомельский мясокомбинат», расположенный по адресу ул. Кирова, д. 20. В этом случае:

- в поле «Введите имя узла» необходимо написать «Первый фирменный магазин ОАО «Гомельский мясокомбинат»;
- в поле «Укажите адрес узла» необходимо написать «ул. Кирова, д. 20».

В поле раскрывающегося меню «Укажите место расположения узла» (см. рисунок 6.6) необходимо выбрать населенный пункт, в котором находится данный узел. Если в этом раскрывающемся меню нет населенных пунктов, то необходимо ввести его вручную.

После ввода всех исходных данных необходимо нажать кнопку «Записать информацию о узле» (см. рисунок 6.6). В результате появится окно добавления связей между добавленным и имеющимися узлами (рисунок 6.7).

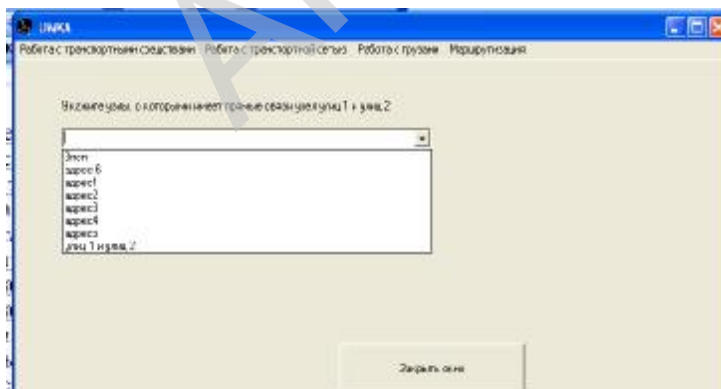


Рисунок 6.7 – Окно добавления связей между узлами

В открывающемся меню этой формы необходимо выбрать узел, с которым непосредственно связан добавляемый узел. Например, вводится узел

«Адрес б», который напрямую связан с перекрестком улиц 1 и 2. Тогда программа выдаст окно, приведенное на рисунке 6.8. В таблице этого окна необходимо указать расстояние между выбранными, напрямую связанными узлами:

- в третьем столбце – расстояние от узла «адрес б» до узла «перекресток улицы 1 и улицы 2»;
- в шестом столбце – расстояние от узла «перекресток улицы 1 и улицы 2» до узла «адрес б».

После этого необходимо нажать кнопку «Записать связи между узлами» (см. рисунок 6.8).

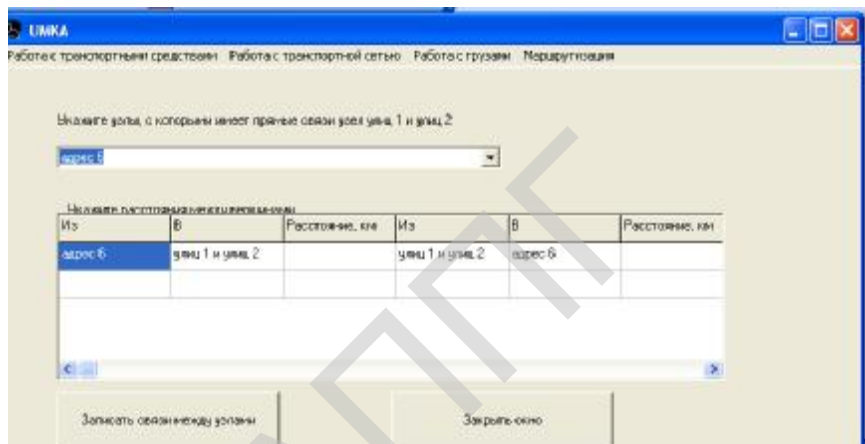


Рисунок 6.8 – Окно ввода расстояний между напрямую связанными узлами

Ввод связей между узлами транспортной сети (дуги транспортной сети). Если введенный узел напрямую связан с более чем одним узлом, или вследствие строительства новых автомобильных дорог появляются новые связи между транспортными узлами, то необходимо ввести эти связи в базу данных связей. Для этого необходимо выбрать команду «Работа с транспортной сетью» основного меню и в ней выбрать «Добавить узел» (см. рисунок 6.5). В результате появится окно, приведенное на рисунке 6.9, содержащее пять полей. В **поле 3** выбирается узел, из которого необходимо убрать связь, а в **поле 4** – узел, в который необходимо добавить связь. Расстояние между выбранными в полях 3 и 4 узлами заносится в **поле 5**. Для упрощения поиска необходимых узлов, в **полях 1 и 2** можно задать символы, которые содержат искомые узлы (не менее трех символов). После заполнения всех полей необходимо нажать кнопку «Записать связь между узлами» (см. рисунок 6.9).

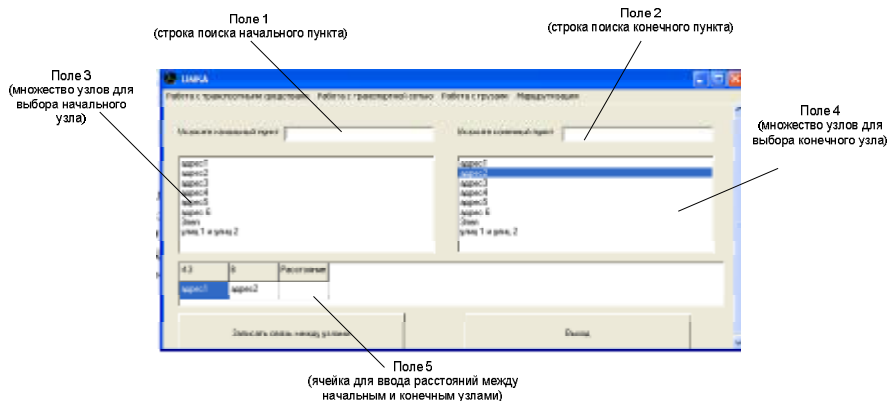


Рисунок 6.9 – Окно ввода расстояний между узлами

С целью просмотра существующих связей между узлами, оперативного реагирования на временные ограничения дорожного движения или записи связи между вводимыми узлами в программе «UMKA» предусмотрена команда «Просмотр/корректировка связей» (см. рисунок 6.5), после нажатия на которую программа выдает окно (рисунок 6.10).

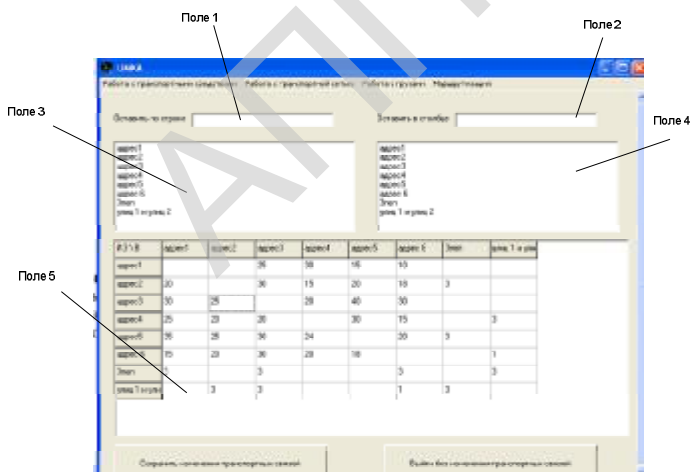


Рисунок 6.10 – Окно «Просмотр/корректировка связей»

В поле 5 окна «Просмотр/корректировка связей» (см. рисунок 6.10) приведена таблица расстояний между имеющимися узлами. Число, содержащееся в ячейке, показывает расстояние от узла, наименование которого записано в строке, до узла, наименование которого расположено в столбце. Так, например, расстояние из узла 2 в узел 1 равно 20 км (см. рисунок 6.10).

Если в ячейке ничего нет, то это говорит о запрещении движения от узла, приведенного в строке этой ячейки, до узла, приведенного в столбце этой ячейки (например, дорога с односторонним движением или узлы напрямую не связаны друг с другом). Так, например, из узла 1 в узел 2 напрямую попасть нельзя (см. рисунок 6.10).

Если в таблице расстояний (см. поле 5 рисунка 6.10) необходимо оставить конкретный узел в строке, то наименование этого узла необходимо выбрать в **поле 3**. Если в таблице расстояний (см. поле 5 рисунка 6.10) необходимо оставить конкретный узел в столбце, то наименование этого узла необходимо выбрать в **поле 4**. Для простоты поиска необходимых узлов в **поле 1** необходимо набрать символы, которые содержатся в узле, оставляемом по строке, а в **поле 2** – символы, которые содержатся в узле, оставляемом в столбце.

Для сохранения сделанных в транспортную сеть изменений необходимо нажать кнопку «Сохранить изменения транспортных связей» (см. рисунок 6.10).

Ввод информации о грузах. Для добавления груза необходимо выбрать команду «Работа с грузами» основного меню и в ней выбрать «Добавить груз» (рисунок 6.11). В результате появится окно (рисунок 6.12).

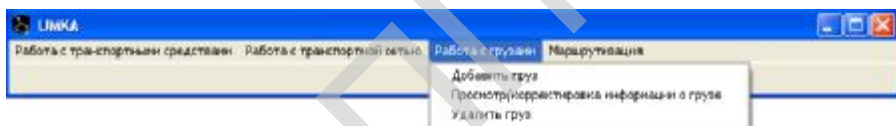


Рисунок 6.11 – Меню команды «Работа с грузами»

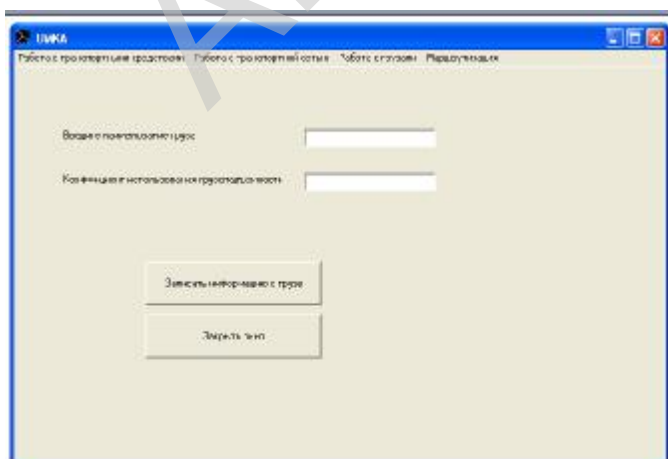


Рисунок 6.12 – Окно «Добавить груз»

В поле «Введите наименование груза» (см. рисунок 6.12) необходимо указать наименование добавляемого груза. В поле «Коэффициент использования грузоподъемности» необходимо ввести коэффициент использования грузоподъемности при перевозке данного груза в зависимости от его класса согласно постановлению Министерства транспорта и коммуникаций № 35 от 1 ноября 2002 г. Затем необходимо нажать кнопку «Записать информацию о грузе».

Маршрутизация. Данная версия программы «УМКА» предназначена для учебных целей и выводит только дуги, составляющие путь коммивояжера. Составление сборных, сборно-развозочных, маятниковых маршрутов, распределение автомобилей по маршрутам, вывод подробного пути следования автомобилей и расчет пройденного расстояния доступны в версии «УМКА PRO».

Для составления развозочных маршрутов необходимо выбрать команду «Маршрутизация» основного меню и в ней выбрать «Составить развозочный маршрут» (рисунок 6.13). В результате появится окно (рисунок 6.14).



Рисунок 6.13 – Меню команды «Маршрутизация»

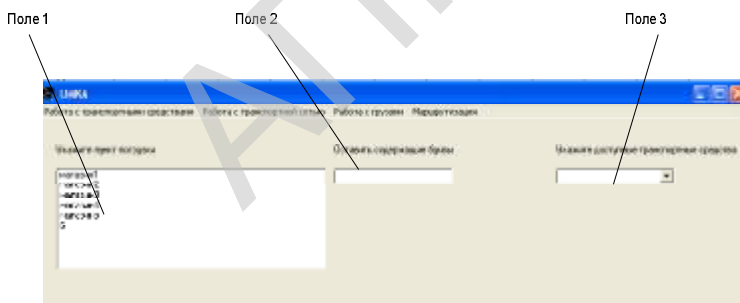


Рисунок 6.14 – Окно «Составить развозочный маршрут»

В появившемся окне выводится 3 поля (см. рисунок 6.14):

- **поле 1** – для выбора пункта погрузки, а затем – пунктов выгрузки;
- **поле 2** – для упрощения поиска узлов, в которые осуществляется доставка. При вводе символов в поле 2 в поле 1 остаются только те узлы, названия которых содержат введенные в поле 2 символы;
- **поле 3** – для выбора автомобильных транспортных средств, которые могут принять участие в перевозке.

Алгоритм работы:

1 В поле 1 (см. рисунок 6.14) выбирается пункт погрузки (например, это пункт с названием «б»). После этого в окне появляется дополнительное **поле 4** (рисунок 6.15). В этом поле отражаются пункты, в которые нужно осуществить доставку груза. При этом в первом столбце появившейся таблицы отражается наименование узла, во втором – наименование груза, который доставляется в этот узел, а в третьем – масса доставляемого груза в тоннах. На этом шаге в поле 4 добавлен только пункт погрузки «б».

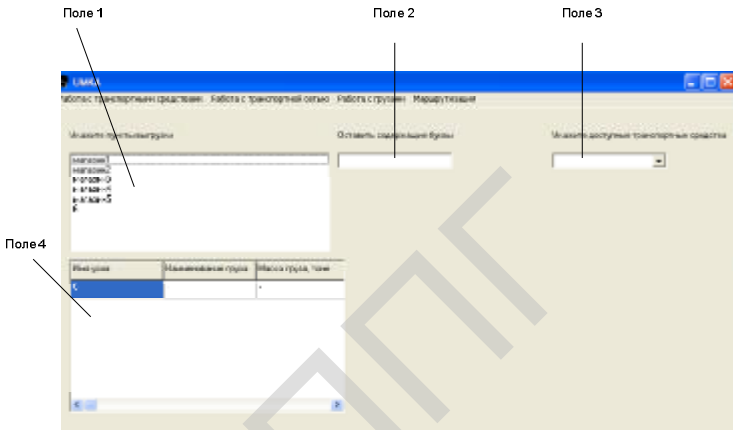


Рисунок 6.15 – Окно «Составить развозочный маршрут» после выбора пункта погрузки

2 В поле 1 выбираются пункты выгрузки. Например, «Магазин 1». Для каждого такого выбираемого пункта программа выдает окно, приведенное на рисунке 6.6.



Рисунок 6.16 – Окно ввода информации о доставляемом грузе

В появившемся окне в поле «Укажите доставляемый груз» необходимо выбрать груз, который доставляется в данный узел (в нашем примере это «Магазин 1»). В поле «Укажите массу груза, тонн» необходимо указать массу в тоннах доставляемого в данный узел выбранного груза. После нажатия кнопки «Записать информацию» программа вернется к окну, приведенному на рисунке 6.15. При этом в поле 4 появится информация о введенном пункте завода.

Данный шаг повторяется до тех пор, пока не будут введены все пункты завода.

3 В поле 3 (см. рисунок 6.15) необходимо выбрать доступные для осуществления перевозок автомобильные транспортные средства.

4 Нажать кнопку «Составить развозочный маршрут». Программа выдаст окно, приведенное на рисунке 6.17.

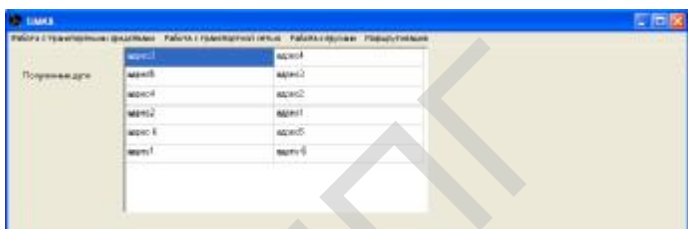


Рисунок 6.17 – Окно результата расчетов

5 Интерпретация результата расчетов. Выводимая программой таблица (см. рисунок 6.17) содержит дуги, которые необходимо включать в гамильтонов контур. При этом выводятся не наименования узлов, а их адрес.

Из рисунка 6.17 видно, что искомый маршрут коммивояжера будет следующим: адрес 6 – адрес 5 – адрес 3 – адрес 4 – адрес 2 – адрес 1 – адрес 6. На полученный маршрут необходимо назначить автомобильные транспортные средства, учитывая при этом коэффициент использования грузоподъемности автомобиля для грузов, доставка которых осуществляется.

6.3 Варианты заданий

Исходные данные:

а) фрагмент улично-дорожной сети (приложение Ж). Вариант заданий применяется по порядковому номеру студента в журнале студенческой группы: если порядковый номер от 1 до 10, то выбирается первый вариант улично-дорожной сети (рисунок Ж.1); если порядковый номер равен от 11 до 20, то выбирается второй вариант улично-дорожной сети (рисунок Ж.2); если порядковый номер больше 20, то выбирается третий вариант улично-дорожной сети (рисунок Ж.3);

б) номенклатура и количество перевозимого груза (приложение И). Вариант задания принимается по последней цифре номера зачетной книжки студента;

в) парк грузовых автомобилей, предназначенных для перевозки грузов (приложение К).

Требуется:

- а) описать район перевозок;
- б) построить транспортную сеть региона;
- в) найти матрицу кратчайших расстояний и матрицу кратчайших путей следования;
- г) решить задачу коммивояжера;
- д) определить потребность в транспортных средствах для работы на маршрутах;
- е) рассчитать технико-эксплуатационные показатели использования автомобильных транспортных средств и доходы от перевозок;
- ж) произвести маршрутизацию мелкопартионных перевозок с использованием программы «УМКА»;
- з) сравнить результаты расчетов, произведенных вручную, и с использованием программы «УМКА».

6.4 Пример выполнения задания

Исходные данные. Улично-дорожная сеть приведена на рисунке 6.1, номенклатура и количество перевозимого груза – в таблице 6.2, имеющиеся для осуществления перевозок автомобильные транспортные средства – в таблице 6.3.

Таблица 6.2 – Номенклатура и количество доставляемого груза

Наименование груза	Класс груза [20]	Пункт назначения	Масса, т
Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	3	M2	0,15
		M3	0,17
		M4	0,10
		M5	0,20
		M6	0,22
Мясо кур в ящиках	1	M2	0,20
		M3	0,30
		M4	0,15
		M5	0,25
		M6	0,40
Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	2	M2	0,20
		M3	0,25
		M4	0,15
		M5	0,40
		M6	0,10

Таблица 6.3 – Имеющийся парк автомобильных транспортных средств

Марка автомобиля	Грузоподъемность, т	Количество, ед.
ГАЗ-3302	1,5	5
ЗИЛ-5301АО	3	4

Описание района перевозок. Районом перевозок является район города Гомеля. В транспортную сеть входят городские улицы и магазины. Крупнейшими улицами, входящими в состав транспортной сети, являются: ул. Телегина, ул. Кирова, ул. Победы, ул. Рогачёвская. Средняя скорость движения по улицам транспортной сети – 25 км/ч [20]. Все улицы в данном районе имеют усовершенствованное покрытие.

В 1-м пункте находится база Б1, из которой осуществляется поставка товаров в магазины. Магазины расположены в пунктах 2–6.

По транспортной сети осуществляется перевозка трех видов груза.

Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках, являются грузом третьего класса, имеют средний коэффициент использования грузоподъемности $\gamma = 0,60$. Объем данного груза, предназначенный к перевозке, – 840 кг. Объем потребления данного груза в грузопоглощающих пунктах составляет: $M_2 - 150$ кг; $M_3 - 170$ кг; $M_4 - 100$ кг; $M_5 - 200$ кг; $M_6 - 220$ кг.

Второй вид груза – мясо кур в ящиках, является грузом первого класса использования грузоподъемности с коэффициентом использования грузоподъемности $\gamma = 1$. Объем этого груза, предназначенный к перевозке, – 1300 кг. Объем потребления груза в грузопоглощающих пунктах составляет: $M_2 - 200$ кг; $M_3 - 300$ кг; $M_4 - 150$ кг; $M_5 - 250$ кг; $M_6 - 400$ кг.

Третий вид перевозимого груза – вода минеральная в полиэтиленовых ящиках. Данный груз является грузом второго класса со средним коэффициентом использования грузоподъемности $\gamma = 0,80$. Объем данного груза, предназначенный к перевозке, – 1100 кг. Объем потребления груза 3-го типа в грузопоглощающих пунктах составляет: $M_2 - 200$ кг; $M_3 - 250$ кг; $M_4 - 150$ кг; $M_5 - 400$ кг; $M_6 - 100$ кг.

Для выполнения перевозок могут использоваться автомобильные транспортные средства двух марок:

- ГАЗ-3302 грузоподъемностью 1,5 т в количестве 5 единиц;
- ЗИЛ-5301АО грузоподъемностью 3 т в количестве 4 единиц.

Разработка модели транспортной сети и поиск кратчайших расстояний.

На основании исходной схемы улично-дорожной сети (см. рисунок 6.1) строится транспортная сеть (см. рисунок 6.2).

На основании исходных данных и построенной транспортной сети строится таблица связей между узлами транспортной сети (таблица 6.4). На основании этой таблицы находится матрица кратчайших расстояний между грузоподобными и грузопоглощающими пунктами транспортной сети (таблица 6.5) и матрица кратчайших путей следования между ними (таблица 6.6). При выполнении данного задания необходимо привести методику определения и пример расчета кратчайших расстояний между двумя любыми узлами транспортной сети.

Таблица 6.4 – Таблица связей между узлами транспортной сети

	Б1	М2	М3	М4	М5	М6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Б1							310																
М2							170																
М3										180			670										
М4													390			90							
М5																	870						
М6																		360					
7								300			400												
8									290			410											
9										1630			310										
10													850			970							
11												290		400									
12													200		380								
13																520							
14															280		270						
15																		80					
16																						820	
17																		210	500		830		
18																							
19																				820			
20																						470	
21																							630
22																							

Таблица 6.5 – Матрица кратчайших расстояний между грузообразующими и грузопоглощающими узлами транспортной сети

В метрах

Из/В	Б1	М2	М3	М4	М5	М6
Б1	-	480	1870	1590	2250	1820
М2	480	-	1730	1450	2110	1680
М3	1870	1730	-	1060	2410	1690
М4	1590	1450	1060	-	2130	1410
М5	2250	2110	2410	2130	-	1440
М6	1820	1680	1690	1410	1440	-

Таблица 6.6 – Матрица кратчайших путей следования между грузообразующими и грузопоглощающими узлами транспортной сети

Из/В	Б1	М2	М3	М4	М5	М6
Б1	-	Б1-7-М2	Б1-7-11-12-13-М3	Б1-7-11-12-13-М4	Б1-7-11-14-17-М5	Б1-7-11-14-17-19-М6
М2		-	М2-7-11-12-13-М3	М2-7-11-12-13-М4	М2-7-11-14-17-М5	М2-7-11-14-17-19-М6
М3			-	М3-13-М4	М3-13-12-15-18-17-М5	М3-13-12-15-18-17-19-М6
М4				-	М4-13-12-15-18-17-М5	М4-13-12-15-18-17-19-М6
М5					-	М4-17-19-М6
М6						-

Выбор маршрутов движения автомобилей. Необходимо определить оптимальную последовательность объезда всех грузопоглощающих узлов транспортной сети, т.е. решить задачу коммивояжера. Исходными данными выступает матрица кратчайших расстояний (таблица 6.4). При выполнении данного раздела необходимо дать методику решения задачи коммивояжера.

Шаг 1. Приведем матрицу расстояний по строкам (таблица 6.7).

Таблица 6.7 – Приведение матрицы по строкам

Из/В	Б1	М2	М3	М4	М5	М6	α_i
Б1	∞	480	1870	1590	2250	1820	480
М2	480	∞	1730	1450	2110	1680	480
М3	1870	1730	∞	1060	2410	1690	1060
М4	1590	1450	1060	∞	2130	1410	1060
М5	2250	2110	2410	2130	∞	1440	1440
М6	1820	1680	1690	1410	1440	∞	1410

Приведем матрицу расстояний по столбцам (таблица 6.8).

Таблица 6.8 – Приведение матрицы по столбцам

Из/В	Б1	М2	М3	М4	М5	М6
Б1	∞	0	1390	1110	1770	1340
М2	0	∞	1250	970	1630	1200
М3	810	670	∞	0	1350	630
М4	530	390	0	∞	1070	350
М5	810	670	970	690	∞	0
М6	410	270	1280	0	30	∞
β_j	0	0	0	0	30	0

Полностью приведенная матрица приведена в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Полностью приведенная матрица

Из/В	Б1	М2	М3	М4	М5	М6
Б1	∞	0	1390	1110	1740	1340
М2	0	∞	1250	970	1600	1200
М3	810	670	∞	0	1320	630
М4	530	390	0	∞	1040	350
М5	810	670	970	690	∞	0
М6	410	270	1280	0	0	∞

Нижняя граница множества гамилтоновых контуров

$$\gamma_{(R)} = \gamma = \sum_{i=1}^n \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_j = 5960.$$

Шаг 2. Каждый ноль в приведенной матрице (см. таблицу 6.9) условно заменяем на ∞ и находим сумму констант приведения $\gamma_{(i,j)} = \alpha_i + \beta_j$. Значения $\gamma_{(i,j)}$ записываем в соответствующие клетки рядом с нулями (таблица 6.10).

Таблица 6.10 – Определение сумм констант приведения

Из/В	Б1	М2	М3	М4	М5	М6
Б1	∞	0 (1110 + 270 = 1380)	1390	1110	1740	1340
М2	0 (970 + 410 = 1380)	∞	1250	970	1600	1200
М3	810	670	∞	0 (630 + 0 = 630)	1320	630
М4	530	390	0 (350 + 970 = 1320)	∞	1040	350
М5	810	670	970	690	∞	0 (670 + 350 = 1020)
М6	410	270	1280	0 (0 + 0 = 0)	0 (0 + 1040 = 1040)	∞

Из таблицы 6.10 видно, что наибольшее значение суммы констант приведения получается на пересечении первой строки и второго столбца и второй строки и первого столбца и составляет 1380.

Шаг 3. Априорно исключаем из гамильтонова контура ту дугу, для которой сумма констант приведения максимальная [в данном случае это дуги (1, 2) или (2, 1)]. Заменяем элемент $a_{12} = 0$ в матрице расстояний на ∞ . В результате исключения данной дуги будет образовано подмножество гамильтоновых контуров $\{(1, 2)\}$.

Шаг 4. Приводим полученную матрицу расстояний и определяем нижнюю границу $\Phi_{(1,2)}$ подмножества гамильтоновых контуров $\{(1, 2)\}$ (таблицы 6.11–6.13).

Таблица 6.11 – Приведение матрицы по строкам

Из/В	Б1	М2	М3	М4	М5	М6	α_j
Б1	∞	∞	1390	1110	1740	1340	1110
М2	0	∞	1250	970	1600	1200	0
М3	810	670	∞	0	1320	630	0
М4	530	390	0	∞	1040	350	0
М5	810	670	970	690	∞	0	0
М6	410	270	1280	0	0	∞	0

Таблица 6.12 – Приведение матрицы по столбцам

Из/В	Б1	М2	М3	М4	М5	М6
Б1	∞	∞	280	0	630	230
М2	0	∞	1250	970	1600	1200
М3	810	670	∞	0	1320	630
М4	530	390	0	∞	1040	350
М5	810	670	970	690	∞	0
М6	410	270	1280	0	0	∞
β_j	0	270	0	0	0	0

Тогда $\gamma = 1110 + 270 = 1380$, а $\Phi_{(1,2)} = 5960 + 1380 = 7340$. Матрица, полученная после приведения по строкам и столбцам, показана в таблице 6.13.

Таблица 6.13 – Полностью приведенная матрица

Из/В	Б1	М2	М3	М4	М5	М6
Б1	∞	∞	280	0	630	230
М2	0	∞	1250	970	1600	1200
М3	810	400	∞	0	1320	630
М4	530	120	0	∞	1040	350
М5	810	400	970	690	∞	0
М6	410	0	1280	0	0	∞

Шаг 5. Априорно включаем дугу (1, 2) в гамильтонов контур, что ведет к исключению в матрице, полученной после выполнения шага 2, 1-й строки и 2-го столбца (см. таблицу 6.10). Заменяем элемент (2, 1) этой матрицы на ∞ , чтобы не допустить образования негамильтонова контура. Полученная матрица приведена в таблице 6.14.

Таблица 6.14 – Исключение 1-й строки и 2-го столбца

Из/В	Б1	М3	М4	М5	М6
М2	∞	1250	970	1600	1200
М3	810	∞	0	1320	630
М4	530	0	∞	1040	350
М5	810	970	690	∞	0
М6	410	1280	0	0	∞

Шаг 6. Приводим сокращенную матрицу и находим нижнюю границу $\Phi_{(1,2)}$ (таблицы 6.15–6.17).

Таблица 6.15 – Приведение матрицы по строкам

Из/В	Б1	М3	М4	М5	М6	α_i
М2	∞	1250	970	1600	1200	970
М3	810	∞	0	1320	630	0
М4	530	0	∞	1040	350	0
М5	810	970	690	∞	0	0
М6	410	1280	0	0	∞	0

Таблица 6.16 – Приведение матрицы по столбцам

Из/В	Б1	М3	М4	М5	М6
М2	∞	280	0	630	230
М3	810	∞	0	1320	630
М4	530	0	∞	1040	350
М5	810	970	690	∞	0
М6	410	1280	0	0	∞
β_j	410	0	0	0	0

Тогда $\gamma = 1110 + 270 = 1380$, а $\Phi_{(1,2)} = 5960 + 1380 = 7340$. Матрица, полученная после приведения по строкам и столбцам показана в таблице 6.17.

Таблица 6.17 – Полностью приведенная матрица

Из/В	Б1	М3	М4	М5	М6
М2	∞	280	0	630	230
М3	400	∞	0	1320	630
М4	120	0	∞	1040	350
М5	400	970	690	∞	0
М6	0	1280	0	0	∞

Шаг 7. Проверяем размерность сокращенной матрицы. Так как сокращенная матрица не размерности 2×2 , то переходим к выполнению шага 8.

Шаг 8. Сравниваем нижние границы подмножеств гамильтоновых контуров $\Phi_{\overline{(i,j)}}$ и $\Phi_{(i,j)}$ и переходим к выполнению шага 2. При этом, если $\Phi_{\overline{(i,j)}} < \Phi_{(i,j)}$, то разбиению подлежит подмножество $\{\overline{(i,j)}\}$ (дальнейшему анализу подвергается матрица, полученная в результате последнего выполнения шага 4). Если же $\Phi_{(i,j)} < \Phi_{\overline{(i,j)}}$, разбиению подлежит подмножество $\{(i,j)\}$ (дальнейшему анализу подвергается матрица, полученная после последнего выполнения шага 6). Так как $\Phi_{\overline{(1,2)}} = \Phi_{(1,2)}$, то разбиению будут подлежать и подмножество $\{\overline{(i,j)}\}$ (см. таблицу 6.13), и подмножество $\{(i,j)\}$ (см. таблицу 6.17) до тех пор, пока размерность матриц не станет равной 2×2 . После этого определяем длины гамильтоновых контуров, и контур с наименьшей длиной будет являться оптимальной последовательностью обхода узлов транспортной сети.

Для рассматриваемого примера контур с наименьшей длиной будет следующий: М4 – М6, М6 – М5, М3 – М4, М2 – М3, Б1 – М2, М5 – Б1. Учитывая, что маршрут должен начинаться с пункта погрузки (Б1), и сопоставляя адреса узлов транспортной сети с их наименованиями (см. рисунок 6.1), получим маршрут с минимальной длиной пути: Б1 – М2 – М3 – М4 – М6 – М5 – Б1. Общая длина гамильтонова контура с учетом матрицы кратчайших расстояний (см. таблицу 6.5) составит: $480 + 1730 + 1060 + 1410 + 1440 + 2250 = 8370$ м.

Определение потребности в транспортных средствах для работы на маршрутах. Для этого необходимо определить массу завозимых в каждый пункт выгрузки грузов с учетом коэффициента использования грузоподъемности. Соответствующие расчеты, с учетом исходных данных (см. таблицу 6.3), приведены в таблице 6.18.

Таблица 6.18 – Определение количества завозимого в каждый пункт груза

Пункт выгрузки	Груз	Масса груза, т	Коэффициент использования грузоподъемности	Масса груза с учетом коэффициента использования грузоподъемности, т	Общая масса груза, т
М2	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	0,15	0,6	0,250	0,700
	Мясо кур в ящиках	0,2	1	0,200	
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	0,2	0,8	0,250	
М3	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	0,17	0,6	0,283	0,896
	Мясо кур в ящиках	0,3	1	0,300	
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	0,25	0,8	0,313	
М4	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	0,1	0,6	0,167	0,504
	Мясо кур в ящиках	0,15	1	0,150	
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	0,15	0,8	0,188	
М5	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	0,2	0,6	0,333	1,083
	Мясо кур в ящиках	0,25	1	0,250	
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	0,4	0,8	0,500	
М6	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	0,22	0,6	0,367	0,892
	Мясо кур в ящиках	0,4	1	0,400	
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	0,1	0,8	0,125	
<i>Итого</i>	–	3,24	–	4,075	

Согласно исходным данным (см. таблицу 6.3), перевозка может быть осуществлена автомобилями двух марок: ГАЗ-3302 грузоподъемностью 1,5 т и ЗИЛ-5301АО грузоподъемностью 3 т. Из таблицы 6.18 видно, что общая масса доставляемого груза с учетом коэффициента использования грузоподъемности составляет 4,075 т. Следовательно, в данном случае необходимо использовать по одному автомобилю каждого типа, что вытекает из следующих утверждений:

- должен быть перевезен весь груз;
- приоритет необходимо отдавать автомобилям большей грузоподъемности, при этом должно обеспечиваться максимальное значение степени использования грузоподъемности автомобилей;
- движение автомобилей должно осуществляться по разработанному маршруту с минимизацией объема выполняемой транспортной работы (в тонно-километрах).

Маршруты работы автомобилей приведены в таблице 6.19.

Таблица 6.19 – Определение количества завозимого в каждый пункт груза

Автомобиль	Маршрут следования	Длина маршрута, км	Масса доставляемого груза с учетом коэффициента использования грузоподъемности, т
ЗИЛ-5301АО	Б1–М2–М3–М4– М6–Б1	6,50 (2,3 = 0,48 + 1,82)	2,44
ГАЗ-3302	Б1–М6–М5–Б1	5,51 (4,07)	1,392

Расчет технико-эксплуатационных показателей использования автомобильных транспортных средств и доходов от перевозок.

Для первого маршрута:

- коэффициент статического использования грузоподъемности $\gamma_c = 2,44 / 3,0 = 0,89$;

- коэффициент динамического использования грузоподъемности $\gamma_d = (2,44 \cdot 0,48 + 1,89 \cdot 1,73 + 1,17 \cdot 1,06 + 0,77 \cdot 1,41) / (3 \cdot 6,5) = 0,35$;

- коэффициент использования пробега $\beta = 4,68 / 6,5 = 0,72$;

- среднее расстояние перевозки груза $L_{тр} = 6,77 / 2,44 = 2,77$ км.

Весь последующий расчет технико-эксплуатационных показателей маршрутов выполняется аналогичным образом и представлен в таблице 6.20.

Таблица 6.20 – Показатели использования автомобилей на маршрутах

Маршрут	$L_{м}$, км	Q , т	W_e , т·км	γ_c	γ_d	β	$L_{тр}$
1	6,5	2,44	6,77	0,89	0,35	0,72	2,77
2	5,51	1,39	3,43	0,72	0,31	0,79	2,80
<i>Итого</i>	12,01	3,83	10,22	–	–	–	–

Согласно полученным результатам суммарная транспортная работа по всем маршрутам равна 10,22 т·км в сутки, а суточный объем перевозок составляет 12,01 т. Максимальная длина маршрута составляет 6,5 км, а минимальная – 5,51 км. Коэффициент статического использования грузоподъемности изменяется от 0,72 до 0,89, а динамического – от 0,31 до 0,35. Коэффициент использования пробега лежит в интервале от 0,72 до 0,79. Среднее расстояние перевозки груза – 2,77 км. Таким образом, данные показатели являются весьма приемлемыми в сложившихся условиях перевозок продукции.

Маршрутизация мелкопартионных перевозок с использованием программы «УМКА».

Шаг 1. Ввод автомобильных транспортных средств.

Для добавления транспортного средства необходимо выбрать команду «Работа с транспортными средствами» основного меню и в ней выбрать «Добавить транспортное средство» (см. рисунок 6.3). В появившемся окне (см. рисунок 6.4) необходимо указать марку транспортного средства, его грузоподъемность (в тоннах) и нажать кнопку «Записать информацию о ТС». Эти действия производятся для каждого типа автомобилей.

Шаг 2. Ввод узлов транспортной сети.

Для добавления узла необходимо выбрать команду «Работа с транспортной сетью» основного меню и в ней выбрать «Добавить узел» (см. рисунок 6.5). В результате появится окно (рисунок 6.18). Добавляем информацию о первом узле (Б1). Для этого в поле «Введите имя узла» необходимо ввести «Б1», в поле «Укажите адрес узла» вводим «ул. Телегина, 7» (см. рисунок 6.18), в поле «Укажите место расположения узла» необходимо ввести «Гомель» и нажать кнопку «Записать информацию о узле». Затем опять необходимо выбрать команду «Работа с транспортной сетью» основного меню и в ней выбрать «Добавить узел» (см. рисунок 6.5) и ввести следующий узел (М2). После ввода информации об этом узле и нажатия кнопки «Записать информацию о узле» появится окно ввода связей между узлами, приведенное на рисунке 6.19. Необходимо нажать кнопку «Закрывать окно». Аналогично выполняется ввод данных для всех оставшихся узлов (М3–22). Следует помнить, что при вводе перекрестков (7–22) в поле «Введите имя узла» (см. рисунок 6.18) необходимо оставить слово «перекресток», а в поле «Укажите адрес узла» следует указать наименование перекрестка улиц.

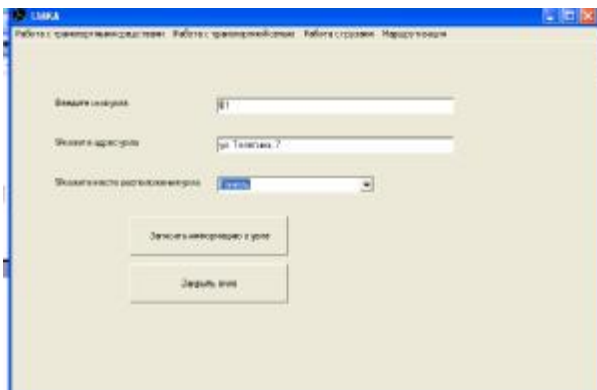


Рисунок 6.18 – Окно «Добавить узел»

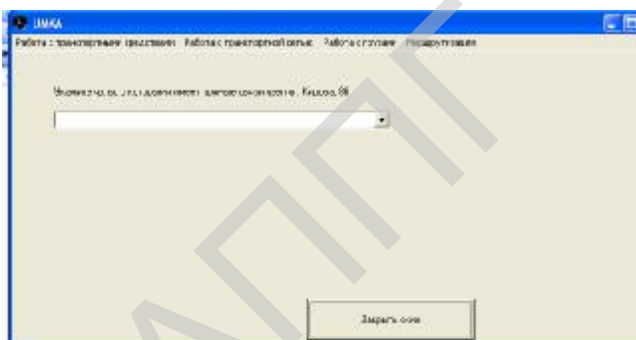


Рисунок 6.19 – Окно добавления узлов, с которыми имеет прямые связи введенный узел

После ввода всех транспортных узлов необходимо добавить связи между ними. Для этого следует выбрать команду «Работа с транспортной сетью» основного меню и в ней выбрать «Добавить узел» (см. рисунок 6.5) и команду «Просмотр/корректировка связей» (см. рисунок 6.5), после нажатия на которую программа выдает окно, приведенное на рисунке 6.10. Теперь необходимо ввести расстояния между узлами, которые связаны напрямую друг с другом в соответствии с таблицей связи (см. таблицу 6.4). Так, например, узел МЗ напрямую связан с узлом 10. Расстояние между ними составляет 180 м. Поэтому в появившемся окне, на пересечении строки «ул. Чехова, 12» (это адрес МЗ) и столбца «10», а также строки «10» и столбца «ул. Чехова, 12», необходимо ввести «180» (рисунок 6.20). Аналогично выполняется ввод связей между всеми оставшимися транспортными узлами в соответствии с таблицей связей (см. таблицу 6.4), после чего необходимо нажать кнопку «Сохранить изменения транспортных связей» (см. рисунок 6.20).

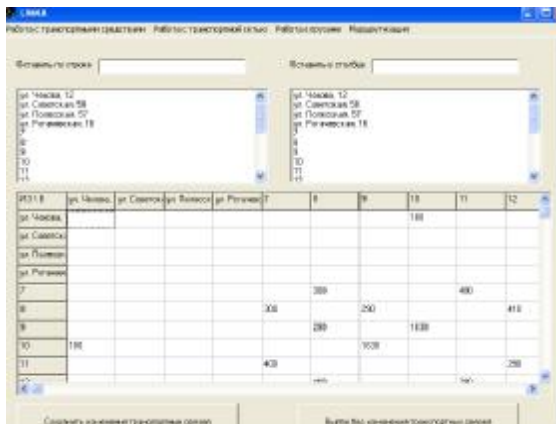


Рисунок 6.20 – Окно «Просмотр/корректировка связей»

Ввод информации о грузах. Для добавления груза необходимо выбрать команду «Работа с грузами» основного меню и в ней выбрать «Добавить груз» (см. рисунок 6.11). В результате появится окно (см. рисунок 6.12). В поле «Введите наименование груза» (см. рисунок 6.12) следует ввести «Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках» (см. таблицу 6.2). В поле «Коэффициент использования грузоподъемности» необходимо ввести «0,6» (согласно постановлению Министерства транспорта и коммуникаций № 35 от 1 ноября 2002 г.), затем нажать кнопку «Записать информацию о грузе» (рисунок 6.21). Аналогичные действия выполняются для оставшихся грузов.

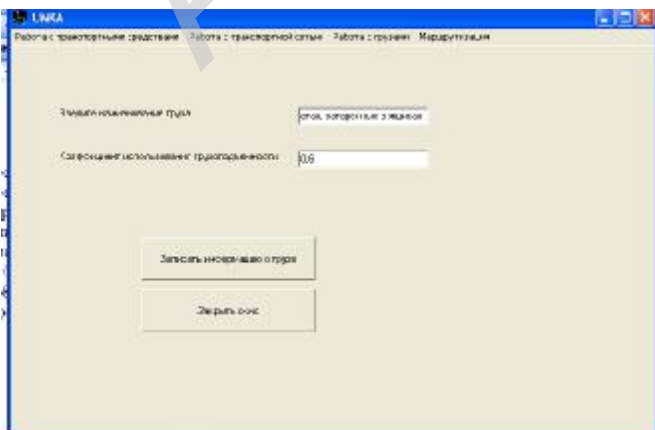


Рисунок 6.21 – Окно «Добавить груз»

Маршрутизация. Для составления развозочных маршрутов необходимо выбрать команду «Маршрутизация» основного меню и в ней нажать «Составить развозочный маршрут» (см. рисунок 6.13). В результате появится окно (рисунок 6.22).

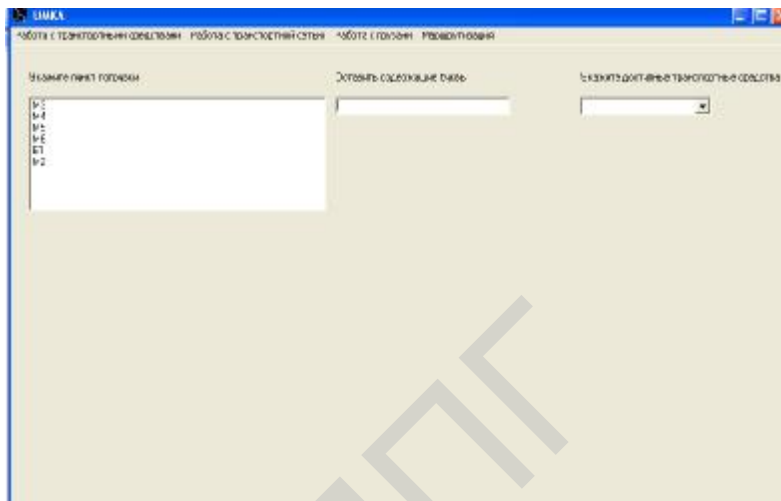


Рисунок 6.22 – Окно «Составить развозочный маршрут»

В окне «Укажите пункт погрузки» выбираем «B1». Затем в окне «Укажите пункты выгрузки» выбираем «M2», в результате чего появится окно ввода груза (рисунок 6.23).

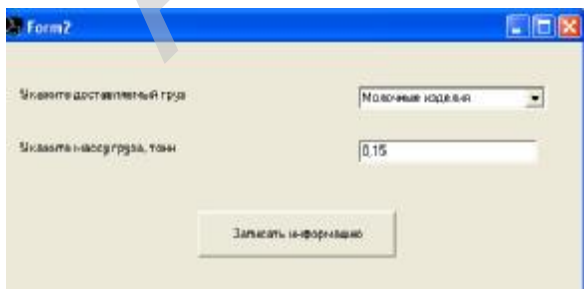


Рисунок 6.23 – Окно «Составить развозочный маршрут»

В данном окне в поле «Укажите доставляемый груз» необходимо выбрать «Молочные изделия в пакетах, затаренные в ящиках» в соответствии с исходными данными, а в графе «Укажите массу груза, тонн» необходимо

ввести массу доставляемых в М2 молочных изделий (0,15 по исходным данным) и нажать кнопку «Записать информацию». Затем в окне «Укажите пункты выгрузки» снова выбираем «М2» и в появившемся окне указываем следующий вид доставляемого в пункт «М2» груза и его массу. После ввода информации о грузах, доставляемых в М2, необходимо указать грузы, доставляемые в остальные пункты потребления (М3 – М6). Затем в поле «Укажите доступные транспортные средства» необходимо выбрать ГАЗ-3302, а затем ЗИЛ-5301АО. После этого необходимо нажать кнопку «Составить развозочные маршруты». Программа выдаст результаты расчета (рисунок 6.24).

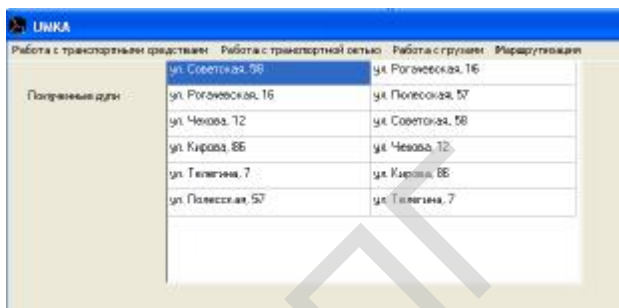


Рисунок 6.24 – Полученные дуги

С учетом данных рисунков 6.25 и 6.1, совместив полученные оптимальные дуги в замкнутый контур, маршрут коммивояжера будет выглядеть следующим образом: Б1 – М2 – М3 – М4 – М6 – М5 – М1. Данный маршрут полностью соответствует маршруту, полученному при расчете вручную, что позволяет сделать вывод об отсутствии оснований утверждать о наличии ошибок в расчетах.

Контрольные вопросы

- 1 В чем заключается различие между матрицей кратчайших расстояний и матрицей кратчайших путей следования?
- 2 Сформулируйте постановку задачи коммивояжера.
- 3 В чем заключается суть решения задачи коммивояжера методом ветвей и границ?
- 4 Какие технико-эксплуатационные показатели использования автомобильных транспортных средств, работающих на сборных (развозочных) маршрутах, вы знаете?

З а д а н и е № 7

ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ГРАФИКУ

7.1 Цель работы

Изучить методику разработки графиков движения автомобилей.

7.2 Методика выполнения работы

Эффективность всего транспортного процесса зависит от согласованности работ, выполняемых на объектах завоза и вывоза грузов. Поэтому необходимо заранее проектировать очередность выполнения входящих в него операций, начиная с момента заказа на перевозку груза, подлежащего дальнейшей перевозке автомобильным транспортом.

План выполнения работ удобно представлять в виде графика, который дает наглядное изображение технологической последовательности операций, определяет связи между участвующими в технологическом процессе исполнителями и позволяет установить оптимальную последовательность выполнения работ, обеспечивающую наименьшие общие затраты времени. Графиком обеспечивается согласованная работа взаимодействующих транспортных и погрузочно-разгрузочных средств. Подобные графики можно построить для любого числа автомобилей и использовать их для составления расписания движения.

Разработка графиков движения автомобилей является заключительным этапом в организации работы транспортных средств. Графики работы подвижного состава на маршрутах должны отражать все элементы процесса перемещения груза во времени и пространстве (груженный пробег, порожний пробег, нулевые пробеги, погрузку, выгрузку).

Организацией движения автомобилей по расписанию и часовым графикам занимается служба оперативного управления. Такая служба целесообразна при наличии устойчивого грузопотока и маршрутов на перевозку. Существует специальный раздел математики (теория расписания), в котором в общем виде ставится задача и предлагается аппарат для решения данной задачи.

Расписание движения транспортных средств представляет собой табличную форму описания пунктов на маршруте следования транспортных средств с указанием выделенных отметок в самом общем случае о времени прибытия и отправления транспортных средств на конкретный пункт следования.

В отличие от расписания график движения автомобилей представляет собой графическую форму представления организации движения транспортных средств на маршруте, при этом по оси абсцисс откладываются временные значения, по оси ординат – пункты, входящие в данный маршрут.

Графики строятся в соответствии со схемой маршрута и нормами на погрузочно-разгрузочные операции в соответствии с Правилами автомобильных перевозок пассажиров (выдержки даны в приложении А). Движение изображается наклонными линиями, а простой – горизонтальными. Характер движения с грузом, без груза или простой отображаются принятыми условными обозначениями.

Для построения графика первоначально определяют суммарную продолжительность подготовительных работ к выгрузке и заключительных операций. Кроме того, необходимо установить время, затрачиваемое на движение автомобиля до грузополучателя и обратно.

В реальных условиях движение автомобиля нередко отклоняется от графика, составленного по средним значениям технических скоростей и времени простоя, поскольку техническая скорость и время простоя под погрузкой и разгрузкой зависят от большого числа факторов. Поэтому при планировании перевозок важно заранее определить возможные отклонения и проанализировать факторы, их определяющие. Учет случайных факторов при разработке графиков и расписаний позволяет уменьшить потери вследствие несогласованной работы подвижного состава и погрузочно-разгрузочных средств, более обоснованно разрабатывать задания водителям и оценивать степень их выполнения.

Для составления технически обоснованного расписания используются:

- 1) контрольные поездки. Их цель:
 - выяснить продолжительность характерных для данного маршрута операций погрузки, выгрузки, подготовки документов и др.;
 - определить участковые и средние скорости по маршруту для данного вида подвижного состава;
- 2) аналитический расчет: принимается во внимание время свершения операций в пунктах на маршруте и выполненная последняя контрольная поездка;
- 3) комбинированный способ;
- 4) корректировка: принимается во внимание пропускная способность конкретного пункта на маршруте, т.е. проверяется условие соответствия наличной пропускной способности промежуточного пункта по обслуживанию транспортных средств с полученной на основе графика или расписания.

На изолированных маятниковых и кольцевых маршрутах регулярность прибытия автомобилей на пункты погрузки и разгрузки обеспечивается в первую очередь ритмичностью работы погрузочно-разгрузочных пунктов. Графики должны предусматривать ритмичную подачу подвижного состава

под погрузку и разгрузку с учетом перерывов в работе, кроме того, перерывы на обед, которые планируются в зависимости от продолжительности работы водителей и последовательности расположения пунктов совершения операций на маршруте.

Зная очередность выполнения езды каждым автомобилем и моменты погрузки, легко составить график их работы. Для удобства при построении графика целесообразно на оси времени отметить интервалы, кратные времени погрузки автомобилей. На заключительном этапе вместо нулевого пробега отмечают фактическое время прибытия автомобиля на погрузку и соответственно смещают ось времени. Кроме того, график корректируют с учетом перерывов в работе водителей и погрузочного пункта.

При помощи графиков могут быть определены как интервальные (временные) параметры, так и скоростные (участковая, техническая, ходовая скорости). При помощи графиков движения планируется интервал поступления подвижного состава под погрузку и выгрузку, который должен быть равен периоду работы погрузочно-разгрузочного пункта, т.е. интервал подачи подвижного состава под погрузку или выгрузку должен быть больше или равен времени погрузки или выгрузки.

Организация работы подвижного состава по графику в общем заключается в его прибытии в пункты погрузки-разгрузки в строго установленное время. Часовой график разрабатывается на автотранспортное предприятие и согласуется с отправителями и получателями груза.

Преимущества работы по часовому графику:

- организация равномерной работы погрузочно-разгрузочных механизмов;
- достигается своевременная подготовка к приему и выдаче грузов, кроме того, повышается производительность подвижного состава за счет уплотнения рабочего дня, сокращения простоя под погрузкой и разгрузкой.

Соблюдение графиков и расписаний движения автомобилей позволяет свести к минимуму простои автотранспортных средств и погрузочно-разгрузочных механизмов вследствие несогласованной их работы.

Часовые графики составляются, как правило, для однородных и мощных строительных грузопотоков.

7.3 Варианты заданий

Исходные данные: в качестве исходных данных рекомендуется принять один из маршрутов, полученных в работе № 6.

Требуется:

- а) определить время на выполнение езды автомобилем;
- б) составить график работы автомобиля на маршруте № 2 (см. таблицу 6.19).

7.4 Пример выполнения задания

Исходные данные:

- время простоя под погрузкой (см. приложение А);
- длина оборота автомобиля на каждом маршруте (см. таблицу 6.19);
- среднетехническая скорость движения автомобиля (см. таблицу А.3, расчетную норму пробега автомобиля, км/ч);
- количество груза, перевозимого за одну езду на маршруте (см. таблицы 6.18, 6.19);
- время разгрузки автомобилей (см. приложение А);
- количество груза, поставляемого потребителям (см. таблицу 6.19);
- расстояния между узлами транспортной сети (см. таблицу 6.5)

Выполнение работы.

Автомобиль грузоподъемностью 1,5 т (см. таблицы 6.3, 6.19) в 6:00 приезжает в п. Б1 под погрузку. Масса загружаемого груза – 1,392 т (см. таблицу 6.19). Кроме того, автомобиль в п. Б1 должен пройти два взвешивания, на которые расходуется $2 \cdot 4 = 8$ мин времени, а на заезд в каждый пункт дается 9 минут (см. приложение А). На погрузку 1,392 т груза понадобится $24,6 \times 1,392 = 34,24$ мин (см. таблицу А.1). То есть в п. Б1 автомобиль будет находиться $34,34 / 60 + 8 / 60 + 9 / 60 = 0,85$ ч. Следовательно, из п. Б1 автомобиль выедет в $6 + 0,85 = 6,85$ ч.

Из пункта Б1 автомобиль отправится в п. М6 (см. таблицу 6.19). Расстояние от п. Б1 до п. М6 составляет 1,82 км (см. таблицу 6.5). При этом перевозится 1,393 т груза (см. таблицу 6.19). Общий объем транспортной работы составит $1,393 \cdot 1,82 = 2,54$ т·км. Норма времени на 1 т·км [см. формулу А.1] составит $60 / (25 \cdot 1,5 \cdot 1) = 1,6$ мин. Тогда время, необходимое на выполнение ездки Б1–М6, составит $2,54 \cdot 1,6 = 4,06$ мин. Таким образом, в п. М6 автомобиль прибудет в $6,85 + 4,064 / 60 = 6,92$ ч.

В п. М6 автомобиль выгружает 0,3 т груза (см. таблицу 6.18). Время на выгрузку составляет (см. таблицу А.1) $0,3 \cdot 28,1 = 8,43$ мин. С учетом времени на взвешивание ($2 \cdot 4 = 8$ мин) и на заезд (9 мин) автомобиль покинет п. М6 в $6,92 + 8,43 / 60 + 8 / 60 + 9 / 60 = 7,34$ ч.

Из п. М6 автомобиль направляется в п. М5 (см. таблицу 6.19). Расстояние между этими пунктами 1,44 км (см. таблицу 6.5), объем перевозки составляет 1,083 т (см. таблицу 6.19). Тогда общий объем транспортной работы $1,083 \cdot 1,44 = 1,66$ т·км. С учетом рассчитанной выше нормы времени на выполнение 1 т·км, такая перевозка займет $1,66 \cdot 1,6 = 2,66$ мин. То есть автомобиль прибудет в п. М5 в $7,34 + 2,66 / 60 = 7,38$ ч.

В п. М5 выгружается 1,083 т груза. Время на выполнение выгрузки составит $1,083 \cdot 24,6 = 26,64$ мин. С учетом времени на взвешивание ($2 \cdot 4 = 8$ мин) и времени на подъезд (9 мин) автомобиль убудет из п. М5 в $7,38 + 26,64 / 60 + 8 / 60 + 9 / 60 = 8,11$ ч.

Из п. М5 автомобиль в порожнем состоянии возвращается в п. Б1. Расстоя-

ние из М5 в Б1 составляет 2,25 км, время на его преодоление $2,25 / 25 = 0,09$ ч. То есть в п. Б1 автомобиль вернется в $7,95 + 0,09 = 8,2$ ч, или 8 ч 12 мин.

Пример графика работы грузового автомобиля приведен на рисунке 7.1.

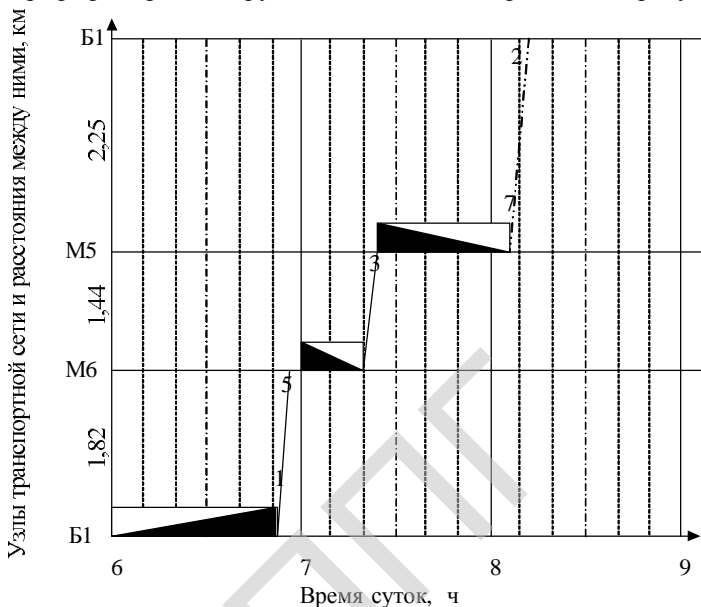


Рисунок 7.1 – Пример графика работы автомобилей на развозочном маршруте:

————— — движение автомобиля с грузом; - - - - - — нулевой пробег;

▴ — простой под погрузкой, заезд, взвешивание; ▾ — простой под выгрузкой

Контрольные вопросы

- 1 Какие преимущества имеет работа автомобилей по графику?
- 2 Приведите примеры графиков движения автомобиля на маятниковом и кольцевом маршрутах.
- 3 Какому условию должна соответствовать согласованная работа автотранспортных средств и погрузочно-разгрузочных пунктов?
- 4 Какие факторы влияют на требуемое общее число автомобилей для перевозки грузов? Напишите формулу расчета числа автомобилей.

З а д а н и е № 8

ВЫБОР АВТОМОБИЛЕЙ-ТЯГАЧЕЙ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ

8.1 Цель работы

Изучить методику выбора автомобилей-тягачей для перевозки тяжеловесных грузов.

8.2 Методика выполнения работы

Основным критерием выбора тягача для буксирования тяжеловесного прицепа является сила тяги на крюке, которая должна быть больше суммарного сопротивления движению тяжеловесного прицепа с грузом в тяжелых дорожных условиях (при движении на подъеме).

Сила тяги на крюке из условия сцепления ведущих колес с поверхностью качения при установившемся движении (без учета силы сопротивления воздуха)

$$P_{\text{фкр}} = \varphi G_{\text{сц}} - \psi G_{\text{т}}, \quad (8.1)$$

где φ – коэффициент сцепления ведущих колес автомобиля-тягача с поверхностью качения;

$G_{\text{сц}}$ – сцепная масса автомобиля-тягача, т.е. масса, приходящаяся на ведущие колеса тягача в статическом положении;

ψ – коэффициент суммарного сопротивления дороги;

$G_{\text{т}}$ – полная масса автомобиля-тягача (с полной загрузкой или балластом).

Если все колеса автомобиля-тягача являются ведущими, то

$$G_{\text{сц}} = G_{\text{т}}, \text{ а } P_{\text{фкр}} = (\varphi - \psi)G_{\text{т}}.$$

Таким образом, для выбора автомобиля-тягача по критерию силы тяги необходимо располагать достоверными данными о коэффициенте сцепления φ и суммарного сопротивления дороги $\psi = f + i$, где f – коэффициент сопротивления качению колеса по дороге; i – коэффициент сопротивления подъему.

Сила сопротивления дороги движению прицепа с грузом

$$D_{\psi i \delta} = \psi G_{i \delta}, \quad (8.2)$$

где $G_{\text{пр}}$ – полный вес прицепа (полуприцепа).

Условие выбора автомобиля-тягача по силе тяги на крюке имеет вид:

а) для *полноприводного* –

$$G_{\delta} > G_{i\delta} \frac{\psi}{\varphi - \psi}; \quad (8.3)$$

б) для *неполноприводного* –

$$G_{\delta} > G_{i\delta} \frac{\psi}{K_{\text{нб}} \varphi - \psi}, \quad (8.4)$$

где $K_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепной массы автомобиля-тягача, $K_{\text{нб}} = G_{\text{нб}} / G_{\delta}$.

При больших значениях коэффициента сцепления ведущих колес автомобиля с поверхностью качения (особенно если в качестве тягачей используются автомобили высокой проходимости) максимальная величина силы тяги на крюке может быть ограничена тяговыми возможностями двигателя и трансмиссией автомобиля. В этом случае необходимо проверить достаточность силы тяги по двигателю при установившемся движении исходя из условия

$$D_{\text{ед}} > \psi G_{i\delta}, \quad (8.5)$$

где $P_{\text{кр}}$ – сила тяги на крюке автомобиля-тягача по двигателю,

$$D_{\text{ед}} = D_{\text{е}} - \psi G_{\delta}. \quad (8.6)$$

Полная сила тяги, подводимая к ведущим колесам автомобиля-тягача на каждой передаче,

$$D_{\text{е}} = \frac{\dot{I}_{\text{а}} i_{\text{а}} i_{\text{е}} i_{\text{г}} \eta_{\text{од}}}{r_{\text{а}}}, \quad (8.7)$$

где $M_{\text{е}}$ – вращающий момент двигателя автомобиля-тягача;

$i_{\text{е}}, i_{\text{а}}, i_{\text{г}}$ – передаточные числа соответственно коробки передач, дополнительной коробки и главной передачи;

$\eta_{\text{од}}$ – механический КПД трансмиссии автомобиля-тягача;

$r_{\text{а}}$ – динамический радиус колес.

С учетом формул (8.5)–(8.7) **условия достаточности силы тяги** записываются следующим образом:

$$D_{\text{е}} > \psi (G_{\delta} + G_{i\delta}) g \quad \text{или} \quad \frac{\dot{I}_{\text{а}} i_{\text{а}} i_{\text{е}} i_{\text{г}} \eta_{\text{од}}}{r_{\text{а}}} > \psi (G_{\delta} + G_{i\delta}), \quad (8.8)$$

где g – ускорение свободного падения.

Другим критерием при выборе автомобилей-тягачей для буксирования

прицепов-тяжеловозов является **мощность двигателя** N_e , необходимая для обеспечения требуемой скорости движения автопоезда в заданных дорожных условиях. Определить ее можно из мощностного баланса автопоезда для случая установившегося движения с максимальной скоростью (на участках дороги, где она допустима):

$$N_e = \frac{\Psi(G_{i\delta} + G_{\delta})v_{\max} + kFv_{\max}^3}{10^3 \eta_{\text{од}}}, \quad (8.9)$$

где k – фактор сопротивления воздуха, Н·с²/м⁴;
 F – площадь лобового сопротивления автомобиля, м²;
 v_{\max} – максимальная скорость движения автопоезда, м/с.

Максимальная скорость движения автопоезда с прицепом-тяжеловозом ограничена конструктивными возможностями прицепа и имеет небольшую величину.

Найденное значение требуемой мощности необходимо проверить по условию движения автопоезда с минимально допустимой скоростью движения v_{\min} на участках дороги с большим сопротивлением

$$N_e = \frac{\Psi_{\max} (G_{i\delta} + G_{\delta}) v_{\min}}{10^3 \eta_{\text{од}}}, \quad (8.10)$$

где Ψ_{\max} – коэффициент суммарного сопротивления участков дороги с наибольшим сопротивлением, на которых автопоезд будет двигаться с минимальной скоростью.

Из выражения (8.9) можно найти возможную при данной мощности максимальную скорость движения автопоезда на горизонтальных участках дороги.

При организации эксплуатации автопоездов необходимо принимать во внимание их маневренные свойства, характеристикой которых является форма и размеры габаритной полосы криволинейного движения.

8.3 Варианты заданий

Исходные данные:

а) масса прицепа с грузом и коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью (таблица 8.1). Вариант принимается по последней цифре номера зачетной книжки;

б) максимальное суммарное дорожное сопротивление (таблица 8.2). Вариант принимается по последней цифре суммы двух последних цифр номера зачетной книжки;

Таблица 8.1 – Масса прицепа с грузом и коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Масса прицепа, т	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Коэффициент сцепления шин с дорогой	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,24	0,25	0,23	0,22	0,21

Таблица 8.2 – Максимальное суммарное дорожное сопротивление

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Суммарное дорожное сопротивление	0,055	0,057	0,059	0,061	0,063	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073

в) механический коэффициент полезного действия трансмиссии принять предварительно равным 0,8;

г) фактор сопротивления воздуха – $1,2 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$;

д) минимально допустимая скорость движения автопоезда равна 10 км/ч;

е) максимально возможная скорость движения автопоезда 40 км/ч.

Требуется:

а) изучить методику выбора автомобиля-тягача для буксировки тяжеловесного прицепа;

б) выполнить подбор автомобиля-тягача для буксировки тяжеловесного прицепа исходя из достаточности мощности двигателя и силы тяги на крюке;

в) определить марку и модель транспортного средства для буксировки тяжеловесного прицепа.

8.4 Пример выполнения задания

Исходные данные:

а) масса прицепа с грузом 25 т, коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью равен 0,22;

б) максимальное суммарное дорожное сопротивление равно 0,055;

в) механический коэффициент полезного действия трансмиссии принять предварительно равным 0,8;

г) фактор сопротивления воздуха – $1,2 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$;

д) минимально допустимая скорость движения автопоезда равна 10 км/ч;

е) максимально возможная скорость движения автопоезда 45 км/ч.

Выполнение работы. Проверим автомобиль-тягач КраЗ-255Б. Основные характеристики данного автомобиля приведены в приложении Б.

По условию достаточности мощности двигателя для движения с максимальной скоростью [см. выражение (8.10)]

$$N_e = \frac{0,055 \cdot (25000 + 11950) \cdot 45 + 1,2 \cdot 45^3}{10^3 \cdot 0,8} = 251 \text{ кВт} < 270.$$

По условию достаточности мощности двигателя для движения с минимально допустимой скоростью движения на участках дороги с большим сопротивлением (на 10 % больше, чем при движении в нормальных условиях [см. выражение (8.10)])

$$N_e = \frac{0,055 \cdot 1,1 \cdot (25000 + 11950) \cdot 10}{10^3 \cdot 0,8} = 28 \text{ кВт} < 270.$$

Таким образом, мощности двигателя данного тягача достаточно для движения с необходимыми скоростями.

Проверим автомобиль-тягач КрАЗ-255Б по достаточности силы тяги на крюке [см. выражение (8.3)]:

$$11950 > 25000 \cdot \frac{0,055}{0,22 - 0,055} \cdot 11950 > 8333.$$

Следовательно, силы тяги на крюке данного тягача достаточно для буксирования полуприцепа массой 25 т.

Проверим автомобиль-тягач КрАЗ-255Б по достаточности силы тяги (выражение (8.8)):

$$\frac{710 \cdot 5,26 \cdot 2,28 \cdot 1,6 \cdot 0,8}{0,7} > 0,055 \cdot (11950 + 25000) \cdot 15570 > 2032.$$

Таким образом, силы тяги данного тягача достаточно для буксирования полуприцепа массой 25 т.

Контрольные вопросы

1 Что является основным критерием при выборе тягача для буксировки тяжеловесного прицепа?

2 Записать условие возможности движения тяжеловесного автомобильного поезда по сцеплению ведущих колес тягача с дорогой.

3 Записать условие возможности движения тяжеловесного автомобильного поезда по максимальному крутящему моменту двигателя.

4 Какой должна быть мощность двигателя автомобиля-тягача для буксировки тяжеловесного прицепа?

З а д а н и е № 9

ВЫБОР ТИПА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПО ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

9.1 Цель работы

Закрепить теоретические знания по выбору типа автомобильного транспортного средства по экономическим показателям.

9.2 Методика выполнения работы

Экономические показатели являются критериями для обоснования типа подвижного состава, его грузоподъемности, конкретной марки и модели. При этом следует исходить из требования обеспечения минимума издержек, прямо или косвенно связанных с доставкой грузов, и учитывать себестоимость перевозки с включением затрат на погрузочные и разгрузочные работы, транспортно-экспедиционные операции и дорожную составляющую; возможные количественные и качественные потери грузов в процессе доставки; размер материальных средств, находящихся в обороте, и издержки, связанные с хранением грузов, складские расходы при подготовке грузов к перевозке и потреблению; затраты, связанные с использованием вспомогательных средств, обеспечивающих транспортный процесс (контейнеры, поддоны, многооборотная тара и т.п.); капиталовложения в подвижной состав, погрузочно-разгрузочные средства, гаражи, складское хозяйство и пр. Если отдельные составляющие удельных издержек в данных эксплуатационных условиях равны, то они могут не учитываться.

При выборе подвижного состава по экономическим показателям следует сравнить автотранспортные средства и выполнить расчет абсолютных значений удельных издержек или использовать графоаналитический метод ускоренного качественного сравнения. Так, для сравнения автомобильных транспортных средств в зависимости от длины ездки с грузом $L_{e.g}$ необходимо найти «равноценное» значение $L_{\text{а.а.д}}^s$, при котором себестоимости 1 т·км [см. формулу (4.2)] при перевозках первым и вторым автомобилями равны. Из равенства следует

$$L_{\text{а.а.д}}^s = \frac{S_{i \dot{n}02} \tau_{i \dot{\delta}2} - S_{i \dot{n}01} \tau_{i \dot{\delta}1}}{\frac{1}{\tilde{N}_1} \left(S_{i \dot{a}01} + \frac{S_{i \dot{n}01}}{v_{\dot{\delta}1}} \right) - \frac{1}{\tilde{N}_2} \left(S_{i \dot{a}02} + \frac{S_{i \dot{n}02}}{v_{\dot{\delta}2}} \right)}, \quad (9.1)$$

где C – транспортная работа за 1 км общего пробега, $C = q\gamma_a\beta$, т·км/км;

$S_{i\dot{\alpha}\delta} + \frac{S_{i\dot{\alpha}\delta}}{v_\delta}$ – расходы на движение, приходящиеся на 1 км общего пробега, руб./км;

$S_{i\dot{\alpha}\delta}\tau_{i\delta}$ – постоянные расходы на 1 т груза из-за простоя автомобиля под погрузкой-разгрузкой, руб./т.

Положительное конечное $L_{с.р.}^s$ существует, если у одного из сравниваемых автомобилей сочетаются большие постоянные расходы на 1 т груза из-за простоя автомобиля под погрузкой-разгрузкой $S_{i\dot{\alpha}\delta}\tau_{i\delta}$ и меньшие удельные постоянные и переменные расходы на движение $\frac{1}{N}\left(S_{i\dot{\alpha}\delta} + \frac{S_{i\dot{\alpha}\delta}}{v_\delta}\right)$.

При $L_{\dot{a}\dot{a}} < L_{\dot{a}\dot{a}\delta}^s$ более эффективным является тот автомобиль, у которого больше удельные постоянные и переменные расходы, связанные с движением (руб./т·км), и меньше постоянные расходы на 1 т груза из-за простоя автомобиля под погрузкой-разгрузкой.

После «равноценного» значения длины ездки с грузом эффективнее применение другого из сравниваемых автомобилей.

При сравнении бортового автомобиля с автомобилем-самосвалом (самопогрузчиком на его базе) себестоимость перевозок должна включать затраты на погрузочно-разгрузочные работы.

Затраты на перевозку и погрузочно-разгрузочные работы при использовании универсальных автомобилей, приходящиеся на 1 т груза,

$$S_\delta = \frac{1}{q\gamma_{\dot{\alpha}\delta}} \left(\frac{S_{i\dot{\alpha}\delta}L_{\dot{a}\dot{a}}}{v_\delta\beta} + S_{i\dot{\alpha}\delta}\tau_{i\delta} + S_{i\dot{\alpha}\delta}\frac{L_{\dot{a}\dot{a}}}{\beta} + q\gamma_{\dot{\alpha}\delta}S_{i\delta} \right), \quad (9.2)$$

где $S_{пр}$ – расходы на погрузку и выгрузку 1 т груза, руб.

Для автомобиля-самосвала (самопогрузчика) при работе в тех же условиях $L_{\dot{a}\dot{a}}$, β , $\gamma_{\dot{\alpha}\delta}$, v_τ будут примерно такими же, как и для бортового автомобиля того же класса грузоподъемности приблизительно равны $S_{пер}$ и $S_{пост}$. Некоторое увеличение затрат на техническое обслуживание и ремонт механизмов специализированного автомобиля и на приведение их в действие должно быть отнесено на расходы по погрузке-разгрузке. Тогда себестоимость перевозки одной тонны груза на автомобиле-самосвале (самопогрузчике)

$$S_{\dot{\alpha}\dot{\beta}} = \frac{1}{(q - \Delta q) \gamma_c} \left(\frac{S_{i\dot{\beta}\dot{\alpha}} L_{\dot{\alpha}\dot{\beta}}}{v_{\dot{\beta}} \beta} + S_{i\dot{\beta}\dot{\alpha}} (t_{i\dot{\beta}} - \Delta t) + S_{i\dot{\alpha}\dot{\beta}} \frac{L_{\dot{\alpha}\dot{\beta}}}{\beta} + (q - \Delta q) \gamma_{\dot{\beta}} (S_{i\dot{\beta}} - \Delta S) \right), \quad (9.3)$$

где Δq – масса механизмов, на которую уменьшается грузоподъемность автомобиля-самосвала (самопогрузчика) по сравнению с бортовым, т;

Δt – время сокращения простоя специализированного автомобиля под погрузкой-разгрузкой, ч;

ΔS – разница в расходах на погрузку и разгрузку при перевозке на бортовом автомобиле и автомобиле-самосвале (самопогрузчике), руб./т.

После преобразования получим

$$L_{\dot{\alpha}\dot{\beta}}^s = \frac{v_{\dot{\beta}} \beta (q \gamma_{\dot{\beta}} \Delta S + S_{i\dot{\beta}\dot{\alpha}} (q \Delta t - t_{i\dot{\beta}} \Delta q))}{\Delta q (S_{i\dot{\alpha}\dot{\beta}} v_{\dot{\beta}} + S_{i\dot{\beta}\dot{\alpha}})}, \quad (9.4)$$

где q_c – грузоподъемность автомобиля-самосвала (самопогрузчика).

Значение $L_{e.r.p}^s$ возрастает с увеличением ΔS , Δt , $v_{\dot{\beta}}$, β и с уменьшением Δq .

На расстояниях, которые меньше $L_{e.r.p}^s$, эффективнее использовать автомобили-самосвалы (самопогрузчики), а которые больше $L_{\dot{\alpha}\dot{\beta}}^s$, – бортовые автомобили.

При сравнении экономичности работы автопоезда и одиночного автомобиля в различных эксплуатационных условиях может быть также определена «равноценная» длина ездки с грузом по себестоимости перевозок. Полагая γ и β равными для одиночного автомобиля и автомобильного поезда, получим

$$L_{\dot{\alpha}\dot{\beta}}^s = \frac{\beta (S_{i\dot{\beta}\dot{\alpha}} \tau_{i\dot{\beta}} - S_{i\dot{\alpha}\dot{\beta}} \tau_{i\dot{\alpha}})}{\left(\frac{S_{i\dot{\beta}\dot{\alpha}}}{v_{\dot{\beta}}} + S_{i\dot{\alpha}\dot{\beta}} \right) \frac{1}{q_i} - \left(\frac{S_{i\dot{\alpha}\dot{\beta}}}{v_{\dot{\alpha}}} + S_{i\dot{\beta}\dot{\alpha}} \right) \frac{1}{q}}. \quad (9.5)$$

Числитель данной формулы характеризует разницу в расходах за время простоя подвижного состава при погрузке и разгрузке на 1 т груза, знаменатель – за период движения. В целом знаменатель выражает разность расходов на движение при эксплуатации автомобиля и автопоезда, отнесенных к 1 т-км.

Если постоянные расходы, приходящиеся на время погрузки-разгрузки 1 т

груза, у автопоезда меньше, чем у автомобиля, то числитель имеет положительный знак. В случае неиспользования преимуществ автопоезда в части сокращения τ или больших постоянных расходах числитель может принять отрицательное значение.

Если числитель и знаменатель имеют один и тот же знак, т.е. преимущество одного из сравниваемых видов подвижного состава по стоимости простоя при погрузочно-разгрузочных работах сочетается с преимуществом другого по стоимости транспортирования груза, равноценная длина ездки с грузом имеет реальное значение. В противном случае, если преимущество относится к одному виду подвижного состава по стоимости транспортирования и простоя при погрузке-разгрузке, равноценная длина ездки с грузом принимает отрицательный знак, т.е. не имеет реального значения.

При равенстве затрат на погрузку-разгрузку или перевозку груза соответственно числитель или знаменатель формулы обращается в ноль. В этих случаях $L_{\text{с.р.}}^s = 0$ или ∞ .

9.3 Варианты заданий

Исходные данные:

а) марки автомобилей (таблица 9.1);

Таблица 9.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Значение показателя по вариантам				
	Марка-модель автомобиля			v_{τ} , км/ч	$L_{\text{ге}}$, км
	бортовой	самосвал	тягач		
1	ГАЗ-5307	САЗ-3502	ЗИЛ-130В1	25	10
2	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	МАЗ-5429	26	11
3	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	27	14
4	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	28	12
5	ГАЗ-5307	САЗ-3502	ЗИЛ-130В1	29	9
6	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	МАЗ-5429	42	15
7	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	28	16
8	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	44	12
9	ГАЗ-5307	САЗ-3502	ЗИЛ-130В1	37	17
10	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	МАЗ-5429	38	8
11	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	39	7
12	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	26	6

Окончание таблицы 9.1

Номер варианта	Значение показателя по вариантам				
	Марка-модель автомобиля			v_t , км/ч	$L_{ге}$, км
	бортовой	самосвал	тягач		
13	ГАЗ-5307	САЗ-3502	ЗИЛ-130В1	27	11
14	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	МАЗ-5429	28	10
15	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	29	16
16	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	30	10
17	ГАЗ-5307	САЗ-3502	ЗИЛ-130В1	31	11
18	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	МАЗ-5429	20	14
19	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	21	12
20	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	22	8
21	ГАЗ-5307	САЗ-3502	ЗИЛ-130В1	35	7
22	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	МАЗ-5429	23	6
23	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	24	11
24	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	25	15
25	МАЗ-5335	МАЗ-5549	ЗИЛ-130В1	36	16
26	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	МАЗ-5429	40	12
27	ГАЗ-5307	САЗ-3502	МАЗ-5429	41	7
28	КамАЗ-5320	КамАЗ-5510	ЗИЛ-130В1	32	6
29	МАЗ-5335	МАЗ-5549	МАЗ-5429	33	11
30	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4502	ЗИЛ-130В1	34	10

б) грузоподъемность бортового автомобиля, автомобиля-самосвала и тягача с прицепом (полуприцепом) (см. приложение Б);

в) коэффициент использования грузоподъемности – $\gamma_{ст}$ (см. таблицу 3.1);

г) время простоя автомобиля под погрузочно-разгрузочными работами – $t_{пр}$ (см. таблицу 3.1);

д) коэффициент использования пробега β (см. таблицу 3.1);

е) составляющие постоянных расходов на 1 ч работы, не зависящие и зависящие от грузоподъемности автомобильного средства, $a_{пост} = 12907,7$ руб./ч, $b_{пост} = 102,9$ руб./т·ч;

ж) составляющие переменных расходов на 1 км пробега, не зависящие и зависящие от грузоподъемности автомобильного средства, $a_{пер} = 369,65$ руб./км, $b_{пер} = 27,97$ руб./т·км;

и) расходы на погрузку и выгрузку 1 т груза при перевозке на бортовом автомобиле $S_{\text{пр}}^{\text{б}} = 3000$ руб./т и автомобиле-самосвале $S_{\text{пр}}^{\text{с}} = 250$ руб./т.

Требуется:

- рассчитать себестоимость перевозки 1 т груза бортовым автомобилем;
- рассчитать себестоимость перевозки 1 т груза автомобилем-самосвалом;
- построить график зависимости себестоимости перевозки 1 т груза бортовым автомобилем и автомобилем-самосвалом от расстояния перевозки груза;
- по графику определить величину расстояния, при котором себестоимость перевозки 1 т груза обоими транспортными средствами одинаковая;
- рассчитать величину равноценного расстояния аналитически и сравнить результат с величиной полученной графически.

9.4 Пример выполнения

Исходные данные. Бортовой автомобиль ГАЗ-5307 грузоподъемностью 4,0 т, автомобиль-самосвал САЗ-3502 грузоподъемностью 3,2 т, техническая скорость $v_{\text{т}} = 25$ км/ч, расстояние груженого пробега 10 км, коэффициент использования грузоподъемности $\gamma_{\text{ст}} = 0,74$, время простоя автомобиля под погрузочно-разгрузочными работами $t_{\text{пр}} = 0,5(0,3)$, коэффициент использования пробега $\beta = 0,5$, составляющие постоянных расходов на 1 ч работы, не зависящие и зависящие от грузоподъемности автомобильного средства, $a_{\text{пост}} = 12907,7$ руб./ч, $b_{\text{пост}} = 102,9$ руб./т·ч; составляющие переменных расходов на 1 км пробега, не зависящие и зависящие от грузоподъемности автомобильного средства, $a_{\text{пер}} = 369,67$ руб./км, $b_{\text{пер}} = 27,97$ руб./т·км; расходы на погрузку и выгрузку 1 т груза при перевозке на бортовом автомобиле $S_{\text{г}}^{\text{а}} = 300$ руб./т и автомобиле-самосвале $S_{\text{г}}^{\text{б}} = 150$ руб./т.

Выполнение работы. Определяем себестоимость перевозки 1 т груза бортовым автомобилем.

Значения $S_{\text{пост}}$ и $S_{\text{пер}}$ рассчитываются по формулам (4.3) и (4.4):

$$S_{\text{г}}^{\text{а}} = 369,67 + 27,97 \cdot 4 \cdot 0,74 = 452,46,$$

$$S_{\text{г}}^{\text{б}} = 12907,7 + 102,9 \cdot 4 \cdot 0,74 = 13212,28,$$

$$S_{\text{т}} = \frac{1}{4 \cdot 0,74} \cdot \left(\frac{13212,28 \cdot 10}{25 \cdot 0,5} + 212,28 \cdot 0,5 + 452,46 \cdot \frac{10}{0,5} + 4 \cdot 0,74 \cdot 300 \right) = 8945 \text{ руб.}$$

Себестоимость перевозки 1 т груза автомобилем-самосвалом

$$S_{\text{он}} = \frac{1}{3,2 \cdot 0,74} \cdot \left(\frac{13212,28 \cdot 10}{25 \cdot 0,5} + 13212,28 \cdot 0,3 + 452,46 \cdot \frac{10}{0,5} + 3,2 \cdot 0,74 \cdot 150 \right) = 10053,9 \text{ руб.}$$

Построим график зависимости себестоимости перевозки 1 т груза бортовым автомобилем и автомобилем-самосвалом от расстояния перевозки груза (рисунок 9.1).

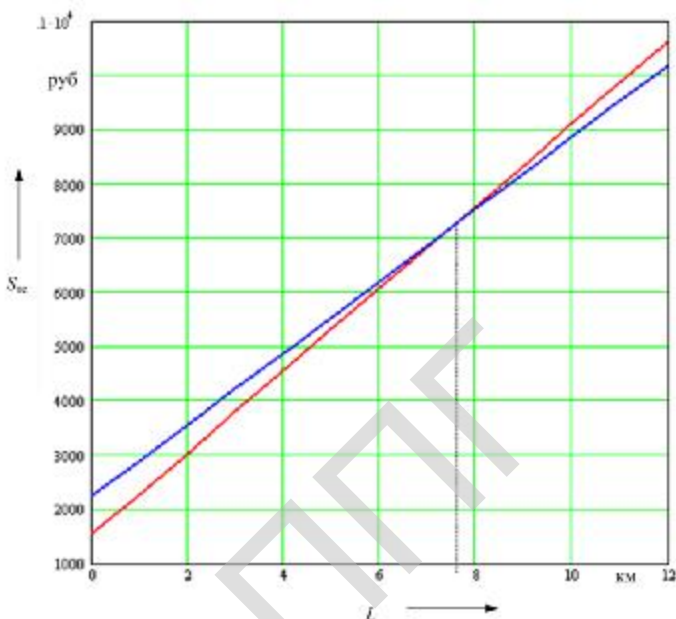


Рисунок 9.1 – График зависимости себестоимости перевозки 1 т груза бортовым автомобилем и автомобилем-самосвалом от расстояния перевозки груза

Рассчитаем величину равноценного расстояния аналитически:

$$L_{\text{а.а.о}}^s = \frac{25 \cdot 0,5 \cdot [4 \cdot 3,5 \cdot 0,74 \cdot 0,05 + 13212,28 \cdot (4 \cdot 0,2 - 0,5 \cdot 0,5)]}{0,5 \cdot (452,46 \cdot 25 + 13212,28)} = 7,41 \text{ км} .$$

Контрольные вопросы

1 Каким образом определяется сфера наивыгоднейшего применения автотранспортных средств?

2 Напишите аналитическую формулу для расчета «равноценной» длины ездки с грузом по экономическим показателям для сравнения бортового автомобиля и самосвала на его базе.

3 Какие преимущества имеет автомобиль-самосвал по сравнению с бортовым?

4 Какие преимущества с экономической точки зрения имеет применение автопоездов?

Задание № 10

ОБСЛЕДОВАНИЕ ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА ГОРОДСКИХ МАРШРУТАХ

10.1 Цель работы

Приобрести практические навыки подготовки и проведения обследования пассажиропотоков на городском маршруте и обработки материалов обследования.

10.2 Методика выполнения работы

10.2.1 Методы обследования пассажиропотоков

Одним из основных мероприятий, способствующих повышению эффективности использования подвижного состава и улучшению качества обслуживания пассажиров, является изучение характера и направления пассажиропотоков.

Изучение спроса населения на перевозки городским общественным транспортом проводится несколькими методами. Выбор того или иного метода зависит от целей использования собираемой информации, а также определяется организационно-техническими возможностями автотранспортного предприятия. Обследование пассажиропотоков на маршрутах проводится в целях совершенствования маршрутной системы города, организации движения подвижного состава на маршрутах, определения предполагаемой выручки за перевозки.

Для комплексного изучения подвижности населения, расселения и полных передвижений наиболее эффективным является *анкетный* способ проведения обследования.

При необходимости получения только оперативной информации для решения транспортно-эксплуатационных задач предпочтительными являются натурные методы: *талонный, табличный, таблично-опросный, визуальный, силуэтный*. Они связаны с обследованием действующей системы транспортного обслуживания населения и проводятся непосредственно на городском пассажирском транспорте.

Анкетный метод основан на заполнении специальных анкет (таблица 10.1) с перечнем вопросов, адресованных пассажирам, и позволяет получить исчерпывающие данные о поездках населения, что необходимо для совер-

шенствования маршрутной сети города в целом. Этот метод позволяет выявить потребность в передвижениях по различным направлениям вне зависимости от существующей маршрутной сети.

Таблица 10.1 – Анкета обследования поездок пассажиров на городском общественном транспорте

Уважаемый житель нашего города!

Если Вы пользуетесь общественным пассажирским транспортом, просим Вас ответить на вопросы настоящей анкеты о своих поездках. Ваша информация будет использована при разработке мер по улучшению транспортного обслуживания населения города. Заполненную анкету просьба передать по месту ее получения.

Администрация города

Оборотная сторона анкеты

Вопросы анкеты:

1. Какое количество поездок <*> в среднем за одну неделю совершаете Вы на общественном транспорте:

<*> Под одной поездкой понимается проезд на одном виде транспорта (городской автобус, трамвай, троллейбус или пригородный автобус) в одну сторону (туда или обратно).

Вид поездки	В зимний сезон (октябрь – апрель)		В летний сезон (май – сентябрь)	
	в будние дни	в выходные дни	в будние дни	в выходные дни
В городе на городском автобусе				
На троллейбусе				
В пригородной зоне на пригородном автобусе				

2. К какой из нижеследующих групп пассажиров Вы относитесь:

а) с правом бесплатного проезда на всех видах городского общественного транспорта

	(указать наименование Вашего документа, удостоверяющего это право)
--	--

б) с правом бесплатного проезда на пригородных автобусах

	(указать наименование Вашего документа, удостоверяющего это право)
--	--

3. Приобретаемые абонементные проездные билеты длительного пользования Вы используете:

а) для проезда в городе:

на одном виде транспорта	<input type="checkbox"/>	автобус	<input type="checkbox"/>	троллейбус
на двух видах транспорта	<input type="checkbox"/>	Да	<input type="checkbox"/>	Нет

б) для проезда на пригородных автобусах

	<input type="checkbox"/>	Да	<input type="checkbox"/>	Нет
--	--------------------------	----	--------------------------	-----

(зачеркните ненужные квадратики, оставив лишь квадратики с правильными ответами).

Организация анкетного обследования включает:

- выявление крупных пассажирообразующих и пассажиропоглощающих пунктов города (района);
- нанесение на карту всех обследуемых пунктов;
- разработку анкет опроса населения;
- выбор метода обработки полученных данных.

Форма для обработки результатов анкетного обследования транспортной подвижности пассажиров представлена в таблице 10.2.

Таблица 10.2 – Форма для обработки результатов анкетного обследования

Даты проведения анкетного опроса	город _____ район _____	Категория (группа пассажиров)		
"__" _____ 20__ г.		Вид транспорта _____	(автобус, троллейбус)	
		Вид сообщения _____	(городское, пригородное)	
№ анкет п/п	Количество поездок за одну неделю, ед.			
	в зимний сезон (октябрь – апрель)		в летний сезон (май – сентябрь)	
	в будние дни	в выходные дни	в будние дни	в выходные дни
1	2	3	4	5
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Всего				
Составитель таблицы _____ (Ф.И.О.)				
Руководитель анкетного обследования _____ (Ф.И.О.)				
Дата _____				

Недостатком метода является его большая трудоемкость, высокая стоимость, сложность и длительность обработки материалов.

Табличный метод основан на подсчете входящих и выходящих пассажиров и может применяться на остановочных пунктах и в подвижном составе. На остановочном пункте применяется в случае необходимости отмены остановки или оценки пересадочности в транспортных узлах. При обследовании поездов пассажиров в подвижном составе учетчики располагаются у входных дверей автобуса и фиксируют входящих и выходящих пассажиров на каждой остановке в специальной таблице. Исходя из количества обследуемых автобусов, необходимое число учетчиков определяется соответственно общему количеству дверей. Перед обследованием уточняют списки с наименованием контрольных и остановочных пунктов обследуемых маршрутов по каждому направлению. Перед проведением обследования проводится подробный инструктаж учетчиков, их распределение по маршрутам, автобусам и рабочим местам. Сообщаются цель, задача и методика обследования. Контролерам-учетчикам выдается таблица, на лицевой стороне которой фиксируются данные по прямому направлению движения, на оборотной – по обратному направлению. Предварительно учетчиком заполняется в таблице графа с наименованием всех остановочных пунктов обследуемого маршрута, а, приступая к обследованию, учетчик заполняет данными верхнюю часть таблицы. Во время обследования учетчик записывает в таблице:

- время начала и окончания каждого рейса;
- количество вошедших и вышедших пассажиров через контролируемую дверь на каждой остановке;
- время проследования остановочных пунктов (заполняется только старшим учетчиком).

При отсутствии на остановочном пункте входящих и выходящих пассажиров в соответствующей графе учетчик ставит прочерк. В случае необходимости старший учетчик указывает в форме в виде примечания причины, место, время начала и окончания всех задержек на линии продолжительностью более 5 мин. Пример заполнения формы табличного обследования представлен в таблице 10.3.

Табличный метод является наиболее универсальным и позволяет определить все качественные и количественные показатели пассажирского потока: пассажиропотоки по длине, направлениям, часам суток; общий объем перевозок пассажиров; пассажирооборот; среднюю дальность поездки пассажиров.

Недостатком данного метода является отсутствие данных о корреспонденциях пассажиров и пересадочности.

Таблица 10.3 – Форма обследования пассажиропотоков на маршруте

Наименование маршрута – Вокзал—Универсам									
Номер путевого листа									
Марка автобуса – МАЗ-103					Время выезда из гаража – 5.56				
Номер автобуса – АА5368					Номер выхода – 2				
№ п/п	Время отправления	6.10		7.40		9.10		Всего за смену	
	Номер рейса	1		2		3			
	Остановочные пункты	В	С	В	С	В	С	В	С
1	Вокзал	9	-	13	-	15	-	37	-
2	Карповича улица	6	-	8	2	11	1	25	3
3	Коминтерн	10	2	15	2	14	-	39	4
4	Гагарина улица	3	4	7	7	10	3	20	14
5	Школа № 12	8	7	12	3	5	6	25	16
6	Октябрь	5	7	9	9	9	12	23	28
7	Чкалова улица	3	9	5	18	5	15	13	42
8	ЗПИ	1	7	3	12	1	9	5	28
9	Жукова улица	1	4	-	17	2	8	3	29
10	Универсам	-	6	-	2	-	18	-	26
Время прибытия		6.47		8.17		9.47		-	
В – вошло пассажиров.									
С – вышло пассажиров.									

Таблично-опросный метод – разновидность табличного. При данном обследовании пассажиру задается вопрос о конечном пункте следования по маршруту и его ответ заносится в специальную таблицу учета. Полученная информация в данном случае идентична данным талонного обследования. При современных масштабах развития сети и размерах потоков такой вид обследования можно признать пригодным лишь для отдельных выборочных ситуаций, когда устанавливается или проверяется распределение по сети потока, зарождающегося у какого-то конкретного объекта или группы объектов.

Талонный метод позволяет получить достаточно точные сведения о корреспонденциях пассажиров, однако является наиболее сложным и трудоемким в организации и обработке материалов обследования. Он основан на выдаче входящему в транспортное средство пассажиру специального талона с отметкой номера остановочного пункта посадки, который при выходе из автобуса сдается пассажиром учетчику. Учетчиком фиксируется в сданном талоне остановочный пункт высадки. Иногда на талонах предусмотрена фиксация наличия пересадки. Для снижения трудоемкости и уменьшения расходов в большинстве случаев предусматривают выборочные талонные обследования. Однако при охвате только части подвижного состава, особенно при неизбежных отклонениях от расписания, применение данного метода может привести к существенным искажениям результатов. Обработка и ана-

лиз материалов талонного обследования позволяют выявить: корреспонденции пассажиров; пассажирообмен остановочных пунктов; мощность пассажиропотока по длине маршрута, направлениям и часам суток; среднюю дальность поездки пассажиров. Пример формы для обработки результатов обследования пассажиропотоков талонным методом представлен в таблице 10.4.

Таблица 10.4 – Форма для обработки результатов обследования пассажиропотоков талонным методом

Группы (категории) пассажиров	Серия учетных талонов	Количество перевезенных пассажиров по рейсам №:						Всего перевезено пассажиров
		1	2	3	4	5	6	
1 С правом бесплатного проезда								
Инвалиды	И							
Ветераны	В							
Военнослужащие	ВС							
Работники органов власти и управления	ВУ							
Работники других организаций и прочие категории граждан	ПР							
<i>Итого</i> пассажиров с бесплатным проездом (сумма стр. 1–5)		×	×	×	×	×	×	
2 С проездом по абонементным билетам	АБ							
3 С проездом по абонементным талонам (при бескондукторном обслуживании)	АТ							
4 С проездом по разовым билетам (заполняет кондуктор)								
<i>Всего</i> (сумма строк 1–8)								
Кондуктор _____ (Ф.И.О.)								

Отчетно-статистический метод применяется при анализе выручки от перевозок пассажиров по маршруту по проданным билетам, что позволяет определить количество перевезенных по маршруту пассажиров, колебания пассажиров по направлениям, часам суток, дням недели.

Снижение трудоемкости и стоимости обследования пассажиропотоков обеспечивается применением **автоматизированных методов** обследования, позволяющих получать информацию в обработанном виде без участия учетчиков. Методы автоматизированного обследования в зависимости от типа регистраторов можно разделить на контактные, неконтактные, косвенные и комбинированные. Регистратор состоит из датчиков, блока регистрации данных и блока питания, подключаемого к бортовой электросети автобуса [15]. Датчики контактного типа – нажимные педали, монтируемые на ступенях, неконтактного типа – инфракрасные и ультразву-

ковые, устанавливаемые в дверных проемах. При косвенном учете перевозимых пассажиров используются устройства для одновременного взвешивания всех пассажиров автобуса с последующим делением общей массы на среднюю массу пассажира (70 кг). При комбинированном методе используется сочетание косвенного учета и бесконтактного метода регистрации пассажиров. Автоматизированные методы обследования пассажиропотоков обеспечивают непрерывное получение информации об объемах перевозок.

Работа по подготовке и проведению обследования должна осуществляться по заранее составленному **плану**, который разрабатывается с учетом конкретных условий проведения и возможностей организатора обследования. План включает три основные части:

- перечень работ, связанных с подготовкой проведения обследования;
- порядок проведения обследования;
- статистическую обработку материалов обследования.

Подготовка к проведению обследования включает:

- формулировку цели проведения обследования;
- выбор метода обследования;
- перечень маршрутов и остановочных пунктов, подлежащих обследованию;
- определение периода обследования;
- расчет числа учетчиков, занятых на обследовании;
- оповещение населения о проводимых мероприятиях;
- инструктаж лиц, принимающих участие в обследовании;
- изготовление бланков для учета и обработки результатов обследования.

Чтобы выбрать наиболее рациональный метод обследования, необходимо установить перечень показателей, которые требуется получить в результате обследования. При выборе метода руководствуются его трудоемкостью и стоимостью работ при условии получения достоверных результатов.

В процессе выполнения работы студент должен сформулировать цель обследования на маршруте, в соответствии с которой выбирается наиболее доступный метод обследования, дается его краткая характеристика.

10.2.2 Построение эпюры распределения пассажиропотоков

При обработке результатов обследования в первую очередь устанавливают общее количество перевезенных пассажиров за рейс, наполнение подвижного состава на каждом перегоне и оформляют таблицу распределения пассажиропотока в автобусе по рейсам и направлениям.

Пассажиропотоки характеризуются мощностью, т. е. количеством пассажиров, проезжающих в определенный момент времени через заданное сечение маршрута в одном направлении. Для построения эпюры распределения пассажиропотоков необходимо определить количество проезжающих пассажиров по каждому участку маршрута. Наполнение автобуса на перегоне

$$\dot{H}_{i-(i+1)} = \dot{H}_{(i-1)-i} + \hat{A}_i - C_i, \quad (10.1)$$

где $H_{i-(i+1)}$ – количество пассажиров, проезжающих по перегону между остановочными пунктами $(i-1)$ и i ;

B_i – количество пассажиров, вошедших в транспортное средство на остановочном пункте i ;

C_i – количество пассажиров, вышедших на остановочном пункте i .

Наполнение подвижного состава на первом перегоне равно количеству вошедших пассажиров на начальном остановочном пункте:

$$\dot{H}_{1-2} = \hat{A}_1. \quad (10.2)$$

Эпюра распределения пассажиропотоков характеризует нагрузку автобусов на маршруте по длине и направлениям. Большинство автобусных маршрутов имеет наибольшую величину пассажиропотока в средней части маршрута, а по мере удаления к конечным остановочным пунктам пассажиропоток уменьшается. В зависимости от характера распределения пассажиропотока маршрут по длине разбивают на отдельные контрольные участки, границы которых называют контрольными пунктами.

Для характеристики распределения пассажиропотоков и их количественных соотношений используют коэффициенты неравномерности. Коэффициент неравномерности определяется отношением максимального объема перевозок за определенный период к среднему объему перевозок за тот же период.

Коэффициент неравномерности перевозок по участкам маршрута выражается отношением мощности пассажиропотока на максимально нагруженном перегоне Q_{\max} к средней мощности потока на всех участках за тот же период $Q_{\text{ср}}$:

$$\eta_i^{\text{ср}} = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{ср}}}. \quad (10.3)$$

Средний пассажиропоток на участках маршрута определяется по формуле

$$Q_{\text{ср}} = \frac{D_i^{\text{ср}}}{l_i}, \quad (10.4)$$

где $D_i^{\text{ср}}$ – пассажирооборот на маршруте, пас·км;

l_i – длина маршрута, км.

Коэффициент неравномерности перевозок по направлениям представляет собой отношение объема перевозок в направлении с максимальным пассажиропотоком $Q_{\text{ср}}^{\max}$ к объему перевозок за тот же период в обратном направлении $Q_{\text{ср}}^{\min}$:

$$\eta_i^{\text{н.р.}} = \frac{Q_{\text{н.р.}}^{\text{max}}}{Q_{\text{н.р.}}^{\text{min}}}. \quad (10.5)$$

Наряду с анализом пассажиропотоков по длине и направлениям необходимо знать потребность в перевозках по часам суток. При распределении пассажиропотока по часам суток условно принимают, что пассажир считается перевезенным в тот час, в котором он закончил поездку.

Коэффициент неравномерности перевозок по часам суток определяется как отношение максимального объема перевозок за час пик $Q_{\text{ч.п.}}^{\text{max}}$ к среднечасовому объему перевозок на маршруте $Q_{\text{ч.п.}}^{\text{н.р.}}$:

$$\eta_i^{\text{н.р.}} = \frac{Q_{\text{ч.п.}}^{\text{max}}}{Q_{\text{ч.п.}}^{\text{н.р.}}}. \quad (10.6)$$

Величины коэффициентов неравномерности колеблются в широких пределах и зависят от местных условий.

10.2.3 Расчет характеристик пассажиропотоков и показателей использования подвижного состава

Данные об объеме и характере пассажиропотока являются необходимым условием для решения следующих задач: планирования перевозок, корректировки маршрутной схемы, выбора типа и количества подвижного состава, организации движения с учетом повышения качества перевозок и эффективного использования транспортных средств.

Перевозки пассажиров в автобусах характеризуются объемом перевозок и пассажирооборотом.

Объем перевозок определяется общим количеством перевезенных за рейс пассажиров и рассчитывается как сумма вошедших (или вышедших) пассажиров по каждому остановочному пункту:

$$Q_i^{\text{в}} = \sum_{i=1}^n \hat{A}_i = \sum_{i=1}^n C_i, \quad (10.7)$$

где n – количество остановочных пунктов на маршруте.

Пассажирооборот определяется количеством выполненных пассажирокилометров и характеризует объем выполненных пассажирских перевозок с учетом расстояний, на которые были перевезены пассажиры. Пассажирооборот на маршруте за рейс

$$P_M^{\text{п}} = \sum_{i=1}^n H_{i-(i+1)} \cdot l_{i-(i+1)}, \quad (10.8)$$

где $l_{i-(i+1)}$ – длина перегона между остановочными пунктами i и $(i + 1)$.

Объем перевозок и пассажирооборот рассчитывают отдельно для прямого, обратного направлений и суммарный.

По результатам обработки материалов обследования пассажиропотоков определяют: среднюю дальность поездки пассажиров, коэффициент сменности пассажиров и степень наполнения подвижного состава.

Средняя дальность поездки пассажиров – отношение выполненных пассажиро-километров за рейс (за сутки) к объему перевезенных пассажиров за тот же промежуток времени:

$$l_{\text{пб}} = \frac{D_1}{Q_1}. \quad (10.9)$$

Для анализа эффективности использования автобусов на маршруте определяют коэффициент сменности, который показывает, сколько раз в среднем сменяются пассажиры в автобусе в течение одного рейса. При использовании единого тарифа рентабельность маршрута тем выше, чем выше коэффициент сменности.

Коэффициент сменности – отношение длины маршрута к средней дальности поездки пассажиров:

$$\eta_{\text{пб}} = \frac{l_i}{l_{\text{пб}}}. \quad (10.10)$$

Степень наполнения подвижного состава характеризуется коэффициентом использования вместимости автобусов.

Статический коэффициент использования вместимости подвижного состава:

$$\text{- за рейс} - \gamma_{\text{пб}, \delta} = \frac{Q_1^{\delta}}{q_1 \eta_{\text{пб}, \delta}}; \quad (10.11)$$

$$\text{- на маршруте} - \gamma_{\text{пб}, i} = \frac{Q_1}{q_1 \eta_{\text{пб}, i} z_{\delta}}, \quad (10.12)$$

где q_1 – номинальная вместимость подвижного состава, пас.;

z_{δ} – число рейсов, выполненных на маршруте за сутки.

Динамический коэффициент использования вместимости подвижного состава:

$$\text{- за рейс} - \gamma_{\text{дб}, \delta} = \frac{D_1^{\delta}}{q_1 l_i}; \quad (10.13)$$

$$\text{- на маршруте} - \gamma_{\text{дб}, i} = \frac{D_1^{\text{пбб}}}{q_1 l_i z_{\delta}}. \quad (10.14)$$

10.2.4 Определение выручки от перевозок на маршруте

Объем перевозок пассажиров на маршруте за месяц определяют с учетом степени неравномерности перевозок в течение месяца:

$$Q_1 = Q_1^{\text{пбб}} \eta_{\text{дб}, i} \ddot{A}, \quad (10.15)$$

где η_{ai} – коэффициент неравномерности перевозок по дням недели;

D – количество календарных дней в месяце, дн.

Общий объем перевозок включает:

– пассажиров, проезжающих по разовым проездным билетам, $Q_{0.a}$;

– пассажиров, проезжающих по долгосрочным проездным билетам, $Q_{a.a}$;

– пассажиров, пользующихся правом бесплатного проезда, $Q_{a.i}$:

$$Q_i = Q_{0.a} + Q_{a.a} + Q_{a.i} . \quad (10.16)$$

Количество пассажиров, пользующихся правом бесплатного проезда,

$$Q_{a.i} = Q_i d_{a.i} , \quad (10.17)$$

где $d_{0.п}$ – удельный вес пассажиров, пользующихся правом бесплатного проезда.

Количество пассажиров, проезжающих по разовым и долгосрочным проездным билетам, определяется как сумма пассажиров, оплачивающих поездку в полном объеме, ($Q_{0.a}^i$ и $Q_{a.a}^i$), и пассажиров, оплачивающих 50 % стоимости проезда, ($Q_{0.a}^e$ и $Q_{a.a}^e$):

$$Q_{a.a} = Q_{a.a}^i + Q_{a.a}^e = (n_{a.a}^i + n_{a.a}^e) N_a , \quad (10.18)$$

где $n_{a.a}^i, n_{a.a}^e$ – соответственно число проданных полных и льготных долгосрочных проездных билетов в расчете на данный маршрут,

$$n_{a.a}^e = n_{a.a}^{i \dot{a} u} d_{e.i} ; \quad (10.19)$$

$$n_{a.a}^i = n_{a.a}^{i \dot{a} u} - n_{a.a}^e ; \quad (10.20)$$

$n_{a.a}^{i \dot{a} u}$ – общее количество проданных долгосрочных проездных билетов в расчете на данный маршрут;

$d_{e.i}$ – удельный вес пассажиров, пользующихся правом льготного проезда;

N_a – количество поездок одного пассажира в месяц по проездному билету городского транспорта общего пользования (определяется по таблице 10.5).

Таблица 10.5 – Количество поездок одного пассажира в месяц

Группа города	Численность населения, тыс. чел.	Количество поездок в зависимости от числа видов транспорта			
		1	2	3	4
I	Св. 250	120	140	165	180
II	50–250	115	140	–	–
III	До 50	90	–	–	–

Количество пассажиров, проезжающих по разовым проездным билетам:

$$Q_{\text{д.а}} = Q_{\text{д.а}}^i + Q_{\text{д.а}}^e, \quad (10.21)$$

$$Q_{\text{д.а}}^e = Q_{\text{д.а}} d_{\text{е.г}}. \quad (10.22)$$

Выручка на маршруте за месяц

$$\hat{A}_1 = \hat{A}_{\text{д.а}} + \hat{A}_{\text{а.а}}, \quad (10.23)$$

где $\hat{A}_{\text{д.а}}$ – выручка, полученная от продажи разовых проездных билетов, руб.;

$\hat{A}_{\text{а.а}}$ – выручка, полученная от продажи долгосрочных проездных билетов, руб.,

$$\hat{A}_{\text{д.а}} = Q_{\text{д.а}} \hat{O} k_2; \quad (10.24)$$

$$\hat{A}_{\text{а.а}} = n_{\text{а.а}} C_{\text{а.а}} k_2; \quad (10.25)$$

T – тариф за перевозку пассажиров в городском сообщении, руб.;

k_2 – коэффициент, учитывающий установленные законодательством льготы на проезд: для 50%-ной оплаты $k_2 = 0,5$, для полной оплаты $k_2 = 1$;

$C_{\text{д.б}}$ – стоимость месячного проездного билета,

$$C_{\text{а.а}} = \hat{O} N_{\text{а}} k_1 k_2, \quad (10.26)$$

k_1 – понижающий коэффициент, используемый для расчета количества поездок в городском транспорте общего пользования, учитываемого в стоимости соответствующих видов месячных проездных билетов (таблица 10.6).

Таблица 10.6 – Значения понижающего коэффициента для расчета количества поездок

Группа города	Численность населения, тыс. чел.	Значения k_1 в зависимости от числа видов транспорта			
		1	2	3	4
I	Св. 250	0,375	0,429	0,434	0,450
II	50–250	0,381	0,420	-	-
III	До 50	0,425	-	-	-

10.3 Варианты заданий

Исходные данные:

- а) схема городского маршрута;
- б) количество вошедших и вышедших пассажиров на остановочных пунктах маршрута за рейс и за сутки;
- в) расстояние между остановочными пунктами;
- г) марка и номинальная вместимость автобуса;
- д) число рейсов за сутки.

Исходные данные выбираются из приложения В.

Требуется:

- а) ознакомиться с методами обследования пассажиропотоков;
- б) составить форму табличного обследования для заданного маршрута;
- в) выполнить обследование пассажиропотоков между остановочными пунктами маршрута;
- г) построить картограмму пассажиропотоков на маршруте;
- д) определить объем перевозок и колебания пассажиропотоков по направлениям и участкам маршрута;
- е) рассчитать характеристики пассажиропотока на маршруте и показатели использования подвижного состава;
- ж) определить предполагаемый объем выручки за один рейс, приняв стоимость поездки одного пассажира согласно действующим тарифам.
- з) по результатам обследования пассажиропотоков и обработки материалов обследования выполнить анализ и разработать рекомендации по совершенствованию работы пассажирских автотранспортных средств на рассмотренном маршруте.

10.4 Пример выполнения задания

Из задания (см. приложение В) выбирают согласно варианту городской маршрут, данные о количестве вошедших и вышедших пассажиров по остановочным пунктам маршрута за рейс и за сутки.

Для примера расчета использован маршрут «Вокзал – Больница», представленный на рисунке 10.1. Перевозки на маршруте выполняются автобусами вместимостью 74 пас.

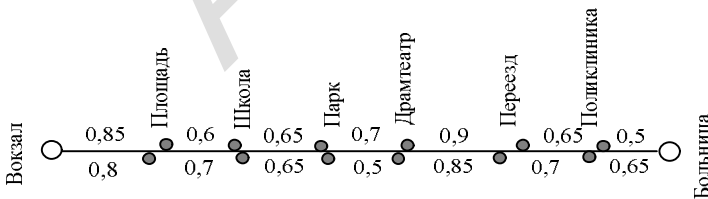


Рисунок 10.1 – Схема маршрута «Вокзал – Больница»

Пассажирообмен остановочных пунктов маршрута за рейс и за сутки приведен в таблице 10.7.

По формуле (10.1) рассчитывается наполнение подвижного состава на перегонах маршрута в прямом и обратном направлениях:

$$\dot{I}_{1-2} = 12 \text{ пас.}; \dot{I}_{2-3} = 12 + 8 - 1 = 19 \text{ пас.}$$

Результаты расчета наполнения автобусов сведены в таблицу 10.8.

Таблица 10.7 – Количество вошедших и вышедших пассажиров на маршруте Вокзал – Больница

Остановочные пункты	Количество пассажиров			
	за рейс		за сутки	
	вошло	вышло	вошло	вышло
1 Вокзал	12	0	235	0
2 Площадь	8	1	187	31
3 Школа	16	4	201	89
4 Парк	5	7	121	102
5 Драмтеатр	11	13	196	180
6 Переезд	8	10	95	149
7 Поликлиника	3	19	47	322
8 Больница	4	9	216	209
9 Поликлиника	17	0	303	12
10 Переезд	6	2	118	36
11 Драмтеатр	13	5	214	118
12 Парк	7	10	144	169
13 Школа	7	12	153	271
14 Площадь	1	11	77	297
15 Вокзал	0	15	0	322
Итого пассажиров	118	118	2307	2307

На основе данных о количестве проезжающих пассажиров по каждому участку маршрута строят эпюру распределения пассажиропотоков путем наложения в масштабе потоков на соответствующие перегоны маршрута в прямом и обратном направлениях. Полученная эпюра представлена на рисунке 10.2.

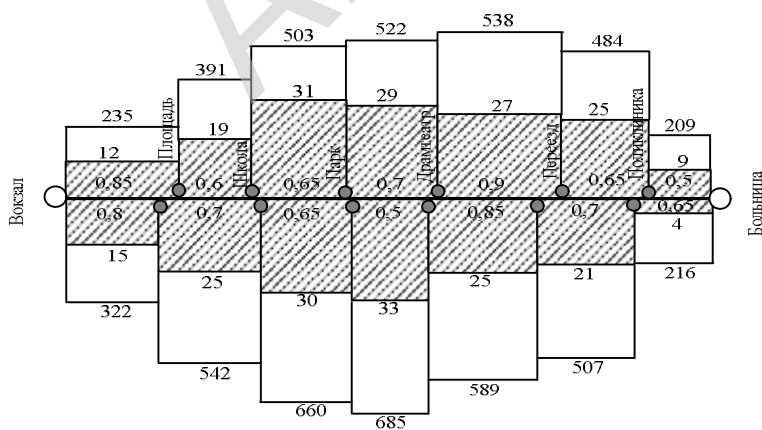


Рисунок 10.2 – Эпюра распределения пассажиропотоков по участкам маршрута

Таблица 10.8 – Расчет наполнения и пассажирооборота по участкам маршрута

Остановочные пункты	Длина перегона, км	За рейс				За сутки			
		количество пассажиров			пассажи-рооборот, пас-км	количество пассажиров			пассажи-рооборот, пас-км
		во-шло	вы-шло	наполнение		во-шло	вы-шло	наполнение	
Вокзал	-	12	0	-	-	235	0	-	-
Площадь	0,85	8	1	12	10,20	187	31	235	199,75
Школа	0,60	16	4	19	11,40	201	89	391	234,60
Парк	0,65	5	7	31	20,15	121	102	503	326,95
Драмтеатр	0,70	11	13	29	20,30	196	180	522	365,40
Переезд	0,90	8	10	27	24,30	95	149	538	484,20
Поликлиника	0,65	3	19	25	16,25	47	322	484	314,60
Больница	0,50	0	9	9	4,50	0	209	209	104,50
Итого	4,85	63	63	-	107,10	1082	1082	-	2030
Больница	-	4	0	-	-	216	0	-	-
Поликлиника	0,65	17	0	4	2,60	303	12	216	140,40
Переезд	0,70	6	2	21	14,70	118	36	507	354,90
Драмтеатр	0,85	13	5	25	21,25	214	118	589	500,65
Парк	0,50	7	10	33	16,50	144	169	685	342,50
Школа	0,65	7	12	30	19,50	153	271	660	429
Площадь	0,70	1	11	25	17,50	77	297	542	379,40
Вокзал	0,80	0	15	15	12	0	322	322	257,60
Итого	4,85	55	55	-	104,05	1225	1225	-	2404,45

По таблице 10.7 рассчитывают объем перевозок пассажиров за рейс и за сутки суммированием вошедших пассажиров. Правильность подсчета определяют по итоговой строке графы «Вышло пассажиров»:

$$Q_1^{\delta} = 63 + 55 = 118 \text{ пас.}; \quad Q_1^{\text{ноб}} = 1082 + 1225 = 2307 \text{ пас.}$$

Пассажирооборот на участке маршрута определяется по формуле (10.8):

$$E_{-2} = 12 \cdot 0,85 = 10,2 \text{ пас-км.}$$

Пассажирооборот на маршруте за рейс определяется суммированием пассажирооборота по участкам маршрута. Результаты расчетов сведены в таблицу 10.8:

$$E_1^{\delta} = 107,1 + 104,05 = 211,15 \text{ пас-км}; \quad E_1^{\text{ноб}} = 2030 + 2404,45 = 4434,45 \text{ пас-км.}$$

По формулам (10.9) и (10.10) определяют среднюю дальность поездки и коэффициент сменности пассажиров:

$$l_{\text{но}}^{\delta} = \frac{211,15}{118} = 1,79 \text{ км}; \quad \eta_{\text{ни}}^{\delta} = \frac{4,85}{1,79} = 2,7;$$

$$l_{\text{нo}}^{\text{нoо}} = \frac{4434,45}{2307} = 1,92 \text{ км}; \quad \eta_{\text{нi}}^{\text{нoо}} = \frac{4,85}{1,92} = 2,53.$$

Статический и динамический коэффициенты использования вместимости пассажиров рассчитывают по формулам (10.11)–(10.14):

$$\gamma_{\text{нo}}^{\delta} = \frac{118}{74 \cdot 2,7 \cdot 2} = 0,3; \quad \gamma_{\text{нo}}^{\text{нoо}} = \frac{2307}{74 \cdot 2,53 \cdot 16} = 0,77;$$

$$\gamma_{\text{a}}^{\delta} = \frac{211,15}{74 \cdot 4,85 \cdot 2} = 0,3; \quad \gamma_{\text{a}}^{\text{нoо}} = \frac{4434,45}{74 \cdot 4,85 \cdot 16} = 0,77.$$

По эпюре распределения пассажиропотоков по длине маршрута определяют значения коэффициентов неравномерности потоков по участкам и направлениям маршрута за сутки по формулам (10.3)–(10.5):

$$\eta_i^{\delta} = \frac{685}{457} = 1,5; \quad \eta_i^{\text{a}i\delta} = \frac{1225}{1082} = 1,13.$$

Для города с численностью населения 100 тыс. чел., транспортное обслуживание которого осуществляется одним видом транспорта, количество перевезенных пассажиров за месяц на маршруте определяется по формулам (10.15)–(10.18) и (10.21), (10.22). Коэффициент неравномерности пассажиропотоков по месяцам года равен 1,12. Доля пассажиров, перевозимых бесплатно, составляет 20,8 %, а пользующихся правом льготного проезда, – 29,4 %:

$$Q_i = 2307 \cdot 1,12 \cdot 30 = 77515 \text{ пас.}; \quad Q_{\text{a},i} = 77515 \cdot 0,208 = 16123 \text{ пас.};$$

$$Q_{\text{a},\text{a}} = 200 \cdot 115 = 23000 \text{ пас.}; \quad Q_{\delta,\text{a}} = 77515 - 16123 - 23000 = 38392 \text{ пас.};$$

$$Q_{\delta,\text{a}}^{\text{e}} = 38392 \cdot 0,294 = 11287 \text{ пас.}; \quad Q_{\delta,\text{a}}^{\text{i}} = 38392 - 11287 = 27105 \text{ пас.}$$

Количество проданных долгосрочных проездных билетов рассчитывается по формулам (10.19), (10.20):

$$n_{\text{a},\text{a}}^{\text{e}} = 200 \cdot 0,294 = 58; \quad n_{\text{a},\text{a}}^{\text{i}} = 200 - 58 = 142.$$

Стоимость долгосрочных проездных билетов, рассчитанная по зависимости (10.26):

$$\tilde{N}_{\text{a},\text{a}}^{\text{i}} = 380 \cdot 115 \cdot 0,381 \cdot 1 = 16650 \text{ руб.}; \quad \tilde{N}_{\text{a},\text{a}}^{\text{e}} = 380 \cdot 115 \cdot 0,381 \cdot 0,5 = 8330 \text{ руб.}$$

Выручка от проданных долгосрочных и разовых проездных билетов при $n_{\text{a},\text{a}}^{\text{i}\text{a}\text{u}} = 200$ определяется по формулам (10.23)–(10.25):

$$\hat{A}_{\text{a},\text{a}}^{\text{i}} = 142 \cdot 16650 = 2364,3 \text{ тыс. руб.}; \quad \hat{A}_{\text{a},\text{a}}^{\text{e}} = 58 \cdot 8330 = 483,14 \text{ тыс. руб.};$$

$$\hat{A}_{\delta,\text{a}}^{\text{i}} = 27105 \cdot 380 = 10299,9 \text{ тыс. руб.}; \quad \hat{A}_{\delta,\text{a}}^{\text{e}} = 11287 \cdot 380 \cdot 0,5 = 2144,53 \text{ тыс. руб.}$$

Доходы, полученные за месяц на данном маршруте,

$$\hat{A}_1 = 2364,3 + 483,14 + 10299,9 + 2144,53 = 15291,87 \text{ тыс. руб.}$$

Контрольные вопросы

1 Назовите методы обследования поездок населения и пассажиропотоков, их характерные отличия.

2 Как определяется неравномерность пассажиропотоков на маршруте?

3 Назовите основные недостатки табличного метода обследования пассажиропотоков?

4 Перечислите основные показатели использования автобусов на маршруте. Как они рассчитываются?

АВТОБУС

Задание № 11

СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА АВТОБУСНОГО МАРШРУТА

11.1 Цель работы

Ознакомиться с порядком открытия, закрытия и корректировки маршрутов и составлением паспорта автобусного маршрута.

11.2 Методика выполнения работы

11.2.1 Порядок открытия, закрытия и изменения маршрутов

Открытие маршрута осуществляется при условии достаточного по мощности пассажиропотока (в городах – не менее 100 пас./ч в одном направлении), обеспечения безопасного движения по трассе маршрута и наличия необходимого числа автобусов.

Открытию новых маршрутов предшествует:

- выявление и изучение пассажиропотоков по величине и направлению;
- выбор трассы маршрута;
- изучение дорожных условий;
- установление параметров автобусного маршрута;
- составление паспорта маршрута.

Предлагаемый к открытию маршрут городских автобусных перевозок пассажиров в регулярном сообщении должен иметь п а с п о р т. Разработку паспорта маршрута обеспечивает уполномоченная соответствующим компетентным органом организация, в лице которой может выступать перевозчик, оператор перевозок или проектная организация. Компетентным органом по выдаче разрешений на выполнение автобусных перевозок в регулярном сообщении являются местные исполнительные и распорядительные органы или уполномоченные ими организации (заказчики). Заказчики перевозок совместно с территориальными организациями автотранспорта, подведомственными Министерству транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, организуют и контролируют перевозки пассажиров в пределах соответствующей административно-территориальной единицы. Паспорт подписывается разработчиком, согласовывается с органами управления в области дорожного хозяйства, отделами ГАИ.

При допуске к перевозкам на маршруте перевозчику выдается соответствующее разрешение и утвержденный паспорт маршрута. К действующему паспорту прилагается расписание движения транспортных средств по рейсам.

На вновь организованном маршруте должны выполняться требования по максимально допустимой наполняемости автобусов пассажирами, использования провозной способности автобусов по длине и направлениям маршрута, обеспечения длины маршрута не менее 1,5–2 км, соответствия трассы маршрута техническим требованиям.

Закрытие маршрута допускается при отсутствии потребности в перевозках и при реорганизации маршрутной системы. При **изменении** потребности в перевозках в микрорайонах, расположенных рядом с трассой действующего маршрута, маршрут можно изменять. Закрытие и корректировка маршрутов производятся после технико-экономического обоснования. Заказчик (оператор) автомобильных перевозок или перевозчик обязан не позднее 15 суток до даты открытия, изменения или закрытия маршрута перевозки пассажиров информировать об этом население через средства массовой информации.

11.2.2 Обследование параметров автодороги. Оформление паспорта маршрута

Паспорт маршрута – основной документ, регламентирующий работу автомобильного перевозчика, обслуживающего регулярный маршрут. Для составления паспорта автобусного маршрута проводят **о б с л е д о в а н и е** маршрута:

1) составляют техническое задание на обследование маршрута на основании решения заказчика, которое должно содержать информацию о параметрах маршрута (начальный и конечный остановочный пункты), виде сообщения (городское, пригородное, междугородное), пути следования по улицам (дорогам), характеристику всех пассажирообразующих пунктов маршрута (производственные предприятия, образовательные учреждения, места массового посещения, их время работы, удаленность от остановочных пунктов и др.);

2) организуют обследование дорожных условий на маршруте. С этой целью создают комиссию в составе представителей заказчика, перевозчика, дорожной организации и Государственной автомобильной инспекции, которая, путем выезда на автотранспортном средстве, оборудованном спидометром в соответствии с СТБ 8003, выявляет недостатки в благоустройстве дороги. По результатам обследования составляют акт обследования дорожных условий установленной формы;

3) составляют схему маршрута;

4) определяют скорость движения автобуса на маршруте;

5) изучают спрос населения на пассажирские перевозки или выполняют обследование пассажиропотоков;

6) составляют расписание движения по маршруту;

7) определяют основные показатели работы пассажирских автотранспортных средств на маршруте;

8) оформляют паспорт маршрута в двух экземплярах, первый из которых хранится у заказчика перевозок, второй – у перевозчика (приложение Г).

На титульном листе паспорта указывают:

- наименование организации, уполномоченной заказчиком на разработку паспорта автобусного маршрута;
- наименование и номер маршрута;
- вид и тип маршрута;
- подпись руководителя организации, разрабатывающей паспорт.

На титульном листе делают отметки об утверждении паспорта маршрута заказчиком и о согласовании органом управления в области дорожного хозяйства и Государственной автомобильной инспекцией.

Паспорт маршрута содержит ш е с т ь ф о р м.

Форма 1 «Общая характеристика маршрута» включает следующую информацию:

- наименование маршрута по пунктам отправления и прибытия;
- номер маршрута;
- вид сообщения: городское, пригородное, междугородное;
- тип маршрута: обычный, экспрессный, скоростной;
- протяженность в километрах и время работы в часах [указывают время начала и окончания работы на маршруте отдельно для будних и для выходных (праздничных) дней];
- сезонность работы – указывают месяцы работы на маршруте в случае, если маршрут функционирует лишь в определенный период года;
- марка и количество автобусов, необходимых для работы на маршруте, а также число рейсов – отмечают отдельно для будних и выходных (праздничных) дней;
- дата открытия (закрытия) и основание для открытия (закрытия) маршрута – указывают номер и дату договора об организации перевозок пассажиров или решения заказчика о расторжении договора с перевозчиком;
- наименования, адреса и номера телефонов диспетчерских пунктов на маршруте;
- места размещения технических контрольных устройств на маршруте;
- реквизиты перевозчика, обслуживающего маршрут: наименование, юридический адрес, номер телефона, номер и дата получения лицензии и другие реквизиты по усмотрению заказчика.

Форму 2 «Акт обследования условий движения, замера протяженности маршрута и расстояний между остановочными пунктами» составляют по материалам обследования автодороги специальной комиссией. Комиссия изучает состояние дорожной сети, по которой будет организовано движение автобусов, выявляет опасные для движения места, определяет места остановки автобуса, установки остановочных знаков, расстояния между остановочными пунктами с точностью до 0,1 км. Проезжая часть должна иметь

ширину, обеспечивающую безопасный разезд автобусов со встречными автомобилями без снижения скорости, дорожное полотно не должно иметь выбоин и просадок, которые могут привести к потере управляемости автобусом. На оборотной стороне акта записывают общую протяженность маршрута в километрах, расстояния от места расположения перевозчика до начального пункта маршрута и от конечного пункта до перевозчика в соответствии с показаниями спидометра, марку и государственный номер автобуса, на котором выполнялось обследование. Также указывают выявленные недостатки в благоустройстве улиц, по которым проходит маршрут, и делают заключение о возможности открытия маршрута.

Комиссия того же состава должна также выполнить обследование скорости движения автобуса на маршруте. С этой целью должно использоваться оборудованное спидометром в соответствии с СТБ 8003 транспортное средство той же марки, которую предполагается использовать для работы на маршруте. В процессе обследования замеряют расстояния между остановочными пунктами и время движения между ними как в прямом, так и в обратном направлении по маршруту. Замер времени выполняют от момента начала движения автобуса от остановочного пункта до полной его остановки у следующего. По результатам замеров заполняют *форму 3 «Акт обследования скорости движения автобуса на маршруте»*. Расстояния между остановочными пунктами и время движения указывают в прямом и в обратном направлениях соответственно в столбцах 3 и 4 таблицы (хронокарты). На основании этих данных рассчитывают скорость движения автобуса на участках маршрута как частное от деления расстояния между остановками (столбец 3) на время движения (столбец 4). На оборотной стороне формы 3 строят график движения автобусов на маршруте на основании данных замеров. На графике отражают размещение на маршруте всех остановочных и контрольных пунктов в прямом и обратном направлениях в соответствии с расстоянием, а также время их прохождения.

Форму 4 «Схема и описание маршрута» заполняют по результатам обследования дорожных условий на маршруте. Контурные схемы маршрута должны соответствовать карте города, наименованиям улиц, по которым проходит маршрут. На схеме обозначают места расположения и наименования остановочных пунктов в прямом и обратном направлениях, места пересечения с главными дорогами и улицами, места движения под запрещающие знаки против основного транспортного потока, а также зоны с большими пешеходными потоками (предприятия, учебные заведения, вокзалы, рынки, больницы, крупные жилые микрорайоны). Также условными обозначениями на схеме указывают:

- мосты, путепроводы;
- пересечения с рельсовыми путями;
- крутые повороты (повороты с радиусом менее 100 м);

- спуски с уклоном более 7 %;
- откосы глубиной более 3 м;
- места сужения дороги;
- другие опасные для движения места.

В паспорте городского автобусного маршрута помимо схемы маршрута могут быть приведены схемы отстойно-разворотных площадок, в которых указываются их месторасположение, вместимость, дата введения в действие. В верхней части формы 4 располагается отметка об утверждении схемы маршрута заказчиком перевозок.

В *форме 5 «Таблица для отчета перевозчика за работу, выполненную на маршруте»* приводят основные эксплуатационные и экономические показатели работы на маршруте за год. К ним относят:

- количество выполненных рейсов;
- количество автобусов по маркам;
- объем перевезенных пассажиров;
- выполненный пассажирооборот;
- выручку от проданных билетов, в т. ч. многократного пользования;
- тариф за перевозку одного пассажира;
- себестоимость одного пассажиро-километра;
- рентабельность;
- полученную дотацию.

В случае, когда маршрут обслуживают несколько перевозчиков, в отчете указывают их количество.

Форму 5 заполняют ежегодно: для вновь открываемых маршрутов – за период его функционирования с момента открытия до конца года, для остальных маршрутов – за год.

Форму 6 «Лист регистрации изменений характеристики маршрута» заполняют в случае продления, сокращения длины маршрута, а также изменения пути следования по маршруту. При этом в соответствующих графах указывают:

- дату внесения изменений (графа 1);
- наименование изменения и основание для его внесения (графа 2);
- номер и дату документа, являющегося основанием для внесения изменения (графа 3);
- подпись лица, внесшего изменение в паспорт маршрута (графа 4);
- срок введения изменения (графа 5).

11.2.3 Расчет оптимального количества остановочных пунктов на маршруте

Общее время, затрачиваемое пассажиром на передвижение, можно представить как сумму слагаемых:

- время на подход к остановочному пункту – зависит от плотности маршрутной сети, скорости пешехода и длины перегона;

- время ожидания транспорта – зависит от интервала движения транспорта;
- время движения пассажира в транспортном средстве – зависит от скорости сообщения и средней дальности поездки пассажира;
- время движения от конечной остановки до объекта назначения

$$t = 2 \cdot 60 \left(\frac{1}{v_i \sigma} + \frac{l_i}{2v_i} \right) + \frac{I}{2} + \frac{60l_{\text{пб}}}{v_o} + \left(\frac{l_{\text{пб}}}{l_i} - 1 \right) t_{\text{пб}}, \quad (11.1)$$

где $v_{\text{п}}$ – средняя скорость движения пешехода, принять 4–5 км/ч;

σ – плотность маршрутной сети, принять 2,0 км/км²;

$l_{\text{п}}$ – среднее расстояние перегонов на маршруте, км;

I – интервал движения транспортных средств, мин;

$l_{\text{ср}}$ – средняя дальность поездки пассажиров, км;

$v_{\text{т}}$ – техническая скорость движения транспортных средств, км/ч;

$t_{\text{оп}}$ – среднее время простоя автобусов на промежуточном остановочном пункте, принять равным 1 мин.

Решая данное уравнение относительно длины перегона при базовых значениях $v_{\text{п}}$, $l_{\text{ср}}$, $t_{\text{оп}}$, определяют оптимальную длину перегона, при которой затраты времени пассажиров будут минимальными. По результатам расчетов строится график зависимости $t = f(l_i)$. Точка перегиба кривой соответствует минимальным затратам времени поездки пассажиров, а перпендикуляр, опущенный из этой точки на ось абсцисс, в своем пересечении указывает оптимальное среднее расстояние перегона.

Определив среднее расстояние перегона, рассчитывают оптимальное количество остановочных пунктов на маршруте:

$$n_{\text{пб}} = \frac{l_i}{l_i^{\text{пб}}} + 1, \quad (11.2)$$

где l_i – длина маршрута, км;

$l_i^{\text{пб}}$ – оптимальная длина перегона на маршруте, км.

11.3 Варианты заданий

Исходные данные:

а) результаты замера протяженности маршрута и обследования параметров автомобильной дороги (маршрут задается преподавателем);

б) протоколы хронометражных замеров времени хода автобуса на маршруте (принимаются по результатам обследования).

Требуется:

- а) изучить инструкцию по заполнению паспорта автобусного маршрута;
- б) по результатам хронометражных наблюдений составить акт обследования дорожных условий и замера протяженности маршрута;
- в) указать путь следования автобуса по маршруту;
- г) определить протяженность перегонов на маршруте и время рейса с учетом продолжительности остановок;
- д) рассчитать скорость движения автобуса на перегонах и на маршруте;
- е) составить схему маршрута с указанием на ней его особенностей;
- ж) определить оптимальное количество остановок на маршруте.

11.4 Пример выполнения задания

Исходные данные для выполнения работы задаются преподавателем. По результатам обследования маршрута и замеров протяженности и времени хода заполняется паспорт автобусного маршрута. Пример паспорта городского маршрута «Аэропорт – Академия наук» представлен в приложении Г. Интервал движения на маршруте составляет 2,5 мин, средняя техническая скорость – 25 км/ч, средняя дальность поездки – 3,68 км.

Общее время, затрачиваемое пассажиром на передвижение, при средней длине перегона 0,2 км

$$t = 2 \cdot 60 \cdot \left(\frac{1}{5 \cdot 2} + \frac{0,2}{2 \cdot 5} \right) + \frac{2,5}{2} + \frac{60 \cdot 3,68}{25} + \left(\frac{3,68}{0,2} - 1 \right) \cdot 0,8 = 38,4 \text{ мин.}$$

Результаты расчета затрат времени при других значениях l_n представлены в таблице 11.1. По данным таблицы строят график зависимости времени передвижения пассажиров от средней длины перегона на маршруте (рисунок 11.1).

Таблица 11.1 – Расчет затрат времени на передвижение

Средняя длина перегона, км	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Затраты времени, мин	38,40	34,69	33,44	33,17	33,39	33,89	34,56	35,35

Поскольку наименьшее время передвижения пассажира (33,17 мин) наблюдается при длине перегона, равной 0,5 км, оптимальное количество остановочных пунктов на маршруте

$$n_{\text{т.о.}} = \frac{16,9}{0,5} + 1 = 35.$$

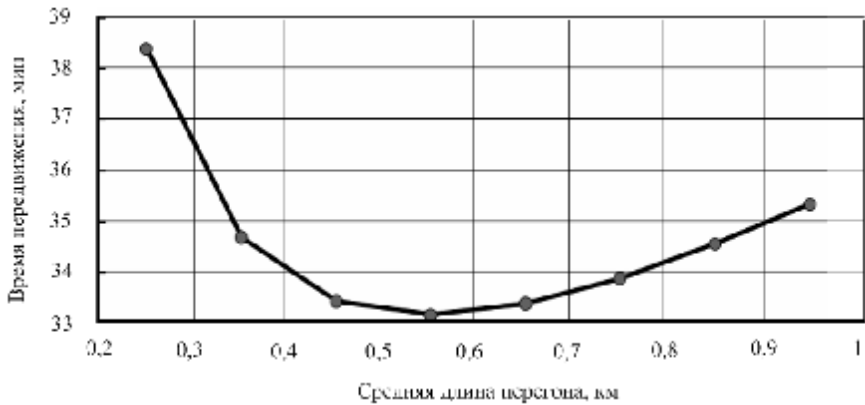


Рисунок 11.1 – Определение оптимальной длины перегона

Контрольные вопросы

- 1 Сколько форм содержит паспорт маршрута? Назовите их.
- 2 Кто должен входить в комиссию по обследованию дорожных условий на маршруте?
- 3 Как определяется оптимальное количество остановочных пунктов на маршруте?
- 4 Какие мероприятия должны предшествовать открытию нового автобусного маршрута?

Задание № 12

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ АВТОБУСНОЙ МАРШРУТНОЙ СИСТЕМЫ В ГОРОДЕ

12.1 Цель работы

Научиться производить сравнительный анализ различных вариантов маршрутных систем города.

12.2 Методика выполнения работы

12.2.1 Разработка вариантов маршрутной сети

Автобусной маршрутной системой называют увязанную территориально и во времени совокупность всех автобусных маршрутов, обслуживающих городские пассажирские перевозки в пределах заданной транспортной сети.

При **формировании маршрутных сетей руководствуются следующими основными принципами:**

- каждый маршрут должен связывать по возможности по кратчайшим путям крупные пассажирообразующие объекты – городской и районные центры, предприятия, вокзалы, крупные жилые массивы и др. для обеспечения минимальных затрат времени пассажиров на поездки;

- в целом маршрутная сеть должна обеспечивать наименьшую пересадочность сообщения;

- число маршрутов должно отвечать потребности пассажиров в беспересадочных сообщениях при обязательном учете необходимого количества подвижного состава;

- при проектировании маршрутов необходимо стремиться к возможно более равномерной загрузке их по всей длине.

При проектировании маршрутной сети могут учитываться и заданные ограничения: в систему маршрутов включены заранее заданные маршруты; длина маршрута находится в определенных пределах, объем перевозок на каждом маршруте – не менее заданного; отсутствуют конечные пункты в «запрещенных» микрорайонах (микрорайонах, не имеющих отстойно-разворотных площадок для автобусов).

В населенных пунктах с населением до 100 тысяч жителей, имеющих радиальную планировочную структуру, маршрутная сеть может быть сформирована исходя из необходимости обеспечения беспересадочных сообщений между различными частями городской застройки.

Для формирования маршрутной системы необходимо располагать данными о пассажиропотоках между отдельными транспортными районами города. Маршрутная сеть должна соответствовать пассажиропотокам как по величине, так и по направлениям. Информацию о размерах и направлениях пассажиропотоков дает матрица корреспонденций населения, которая может быть задана по материалам обследования или получена расчетным путем. Распределение корреспонденций по участкам транспортной сети выполняется по кратчайшим путям следования. Поскольку передвижения населения часто являются многоцелевыми, то образуется «цепочка передвижений». Поэтому при расчете их общего количества целесообразно различать передвижения прямые (к цели передвижения) и возвратные (домой), введя в расчет коэффициент возвратности передвижений [12]. Возвратность корреспонденций принимают равной 1,8. Для наглядности строят картограмму пассажиропотоков, в масштабе отражающую протяженность и мощность потоков.

Для решения задачи формирования автобусных маршрутов в работе предлагается использовать *метод комбинаторного анализа* с направленным отбором вариантов. Формирование маршрутной сети начинают с разработки исходного варианта схемы, в которую включают заданные априорно, а также удовлетворяющие указанным выше требованиям сквозные маршруты. Сквозными являются маршруты, соединяющие по возможности по кратчайшему пути центры трех и более транспортных районов. Варианты маршрутных систем получают путем добавления к исходному одного возможного сквозного маршрута. Все схемы, имеющие один и тот же исходный вариант, образуют одну группу маршрутов.

Разработанные варианты маршрутных систем оценивают по маршрутному коэффициенту

$$k_i = \frac{\sum L_i}{L_{\text{MC}}}, \quad (12.1)$$

где $\sum L_i$ – сумма длин всех маршрутов сети, км;

L_{MC} – протяженность маршрутной сети, км.

Величина маршрутного коэффициента должна быть не менее 1,5. Если маршрутная сеть не удовлетворяет указанному условию, необходимо ее пересмотреть путем продления маршрутов или добавления других автобусных маршрутов.

12.2.2 Выбор оптимального варианта маршрутной системы

Корректируют маршрутные системы в основном методом сравнения вариантов по различным технико-экономическим критериям оптимизации.

Сравнение нескольких вариантов маршрутной системы осуществляют на основании расчета суммарных затрат времени на передвижение пассажиров по маршрутам каждой маршрутной системы.

Оптимальным вариантом схемы автобусных маршрутов будет тот, который обеспечит минимальные суммарные затраты времени на ожидание, поездку и пересадки.

В процессе решения поставленной задачи требуется минимизировать функционал

$$\hat{A} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (t_{\hat{a}_{ij}} + t_{i_{ij}}) \hat{\Pi}_{ij} + \sum_{k=1}^K t_{o_k} \hat{\Pi}_k + \sum_{l=1}^L t_{o_l} \hat{\Pi}_l \rightarrow \min, \quad (12.2)$$

где i, j – число пунктов соответственно начала и окончания передвижения;

n – число микрорайонов;

$t_{e_{ij}}, t_{п_{ij}}$ – затраты времени соответственно на поездку и пересадки одного пассажира между микрорайонами i и j ;

Π_{ij} – число передвижений между пунктами i и j ;

K – количество автобусных маршрутов;

t_{o_k} – время ожидания автобуса пассажиром при поездке по маршруту k ;

Π_k – количество пассажиров, пользующихся только маршрутом k ;

L – число совмещенных участков маршрутной сети;

t_{o_l} – время ожидания автобуса пассажиром при поездке в пределах совмещенного участка l ;

Π_l – количество пассажиров, проезжающих в пределах совмещенного участка l .

Время на поездку пассажира между микрорайонами

$$t_{e_{ij}} = \frac{l_{e_{ij}}}{v_c}, \quad (12.3)$$

где $l_{e_{ij}}$ – дальность поездки между микрорайонами i и j , км;

v_c – средняя скорость сообщения, км/ч.

Затраты времени на ожидание автобусов на маршруте

$$t_{o_k} = \frac{I_k}{2}, \quad (12.4)$$

где I_k – интервал движения на маршруте k , ч,

$$I_k = \frac{T_{обк}}{A_k}; \quad (12.5)$$

$T_{обк}$ – время оборота транспорта на маршруте k , ч,

$$T_{\text{об}k} = \frac{2 l_{Mk}}{v_3}, \quad (12.6)$$

l_{Mk} – длина маршрута k , км;

v_3 – эксплуатационная скорость движения, км/ч;

A_k – число автобусов, работающих на маршруте k .

Затраты времени одного пассажира на пересадку включают время на подход к остановочному пункту в пункте пересадки и время ожидания транспорта.

При расчете второго слагаемого функционала учитывается, что пассажиры пользуются только маршрутом лишь в случае, когда он соединяет пункты отправления и назначения по кратчайшему расстоянию. В противном случае возникает вероятность поездки пассажиров с пересадкой по другим маршрутам.

Средний интервал движения на совмещенном участке маршрутной сети, по которому проходят одновременно несколько маршрутов, можно определить по формуле

$$I_1 = \frac{1}{\sum_{k=1}^m \frac{1}{I_k}}, \quad (12.7)$$

где m – число маршрутов, проходящих на совмещенном участке l .

12.3 Варианты заданий

Исходные данные:

- а) схема транспортной сети с указанными длинами звеньев сети;
 - б) матрица корреспонденций между пунктами транспортной сети;
 - в) маршруты, подлежащие обязательному включению в маршрутную сеть;
 - г) в качестве конечных остановок маршрутов не могут быть использованы остановочные пункты № 2 и 4;
 - д) время пересадки пассажиров на остановках № 2, 3 принять равным 4 мин, в остановочных пунктах № 4, 6–8 – 5 мин;
 - е) количество автобусов, работающих на каждом из маршрутов;
 - ж) скорость движения: эксплуатационная – 18 км/ч, сообщения – 19 км/ч.
- Исходные данные выбирают из приложения Д.

Требуется:

- разработать исходную схему маршрутной сети, на основе которой сформировать два варианта маршрутных систем;
- выполнить сравнение вариантов маршрутных схем по суммарным затратам времени на передвижение;
- сделать вывод о наиболее эффективном варианте маршрутной системы.

12.4 Пример выполнения

В качестве исходных данных из задания выбирают длины участков транспортной сети (см. приложение Д), в соответствии с которыми строят схему сети. Время движения по участкам сети определяют делением расстояния на скорость сообщения. Транспортная сеть, используемая для расчетов по данному варианту, представлена на рисунке 12.1. Протяженность транспортной сети составляет 21,5 км.

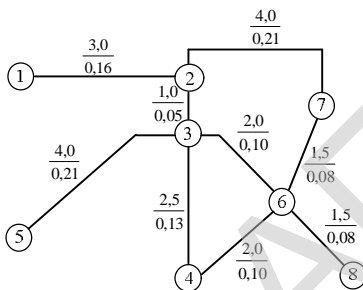


Рисунок 12.1 – Схема транспортной сети

Матрицу корреспонденций между пунктами заданной транспортной сети выбирают из таблицы Д.2.

В качестве конечных остановочных пунктов маршрута не могут быть использованы остановочные пункты № 2 и 3. Время пересадки пассажиров на остановочных пунктах № 2 и 3 равно 4 мин, на остановках № 4, 6, 7 – 5 мин. На каждом маршруте предполагается работа 5 автобусов, скорость движения

которых составляет: эксплуатационная – 18 км/ч, сообщения – 19 км/ч.

По данным корреспонденций между пунктами транспортной сети определяют суточные пассажиропотоки по участкам сети по кратчайшим расстояниям. Кратчайший путь следования между остановочными пунктами № 1 и 8: 1–2–3–6–8. Следовательно, пассажиропоток, следующий из пункта № 1 в пункт № 8, равный 80 пассажирам, распределяется по участкам транспортной сети: 1–2, 2–3, 3–6, 6–8. Аналогично выполняют распределение между всеми пунктами сети. Далее определяют величину прямого потока путем суммирования пассажиров, проезжающих по каждому участку. Для участка 1–2

$$Q_{1-2}^{i\delta} = 50 + 60 + 340 + 80 + 300 + 50 + 80 = 960 \text{ пас.}$$

Общий пассажиропоток для участка рассчитывают с учетом возвратности корреспонденций путем умножения прямого пассажиропотока на коэффициент возвратности 1,8:

$$Q_{1-2}^{i\text{au}} = 960 \cdot 1,8 = 1728 \text{ пас.}$$

Распределение пассажиропотоков по участкам заданной транспортной сети выполнено в таблице 12.1, по данным которой строят картограмму пассажиропотоков, представленную на рисунке 12.2. Из картограммы видно, что наибольшая нагрузка приходится на участки транспортной сети 2–3, 3–5 и 3–6. Следовательно, по данным участкам должно проходить наибольшее количество маршрутов. Наименее нагруженным является участок 2–7, для удовлетворения потребности в перевозках по которому достаточно одного маршрута.

Таблица 12.1 – Распределение пассажиропотоков по участкам транспортной сети

Участок сети	Пассажиропотоки, пас.	Общий пассажиропоток, пас.	
		в прямом направлении	с учетом возвратности
1-2	50, 60, 340, 80, 300, 50, 80	960	1728
2-1	80, 150, 240, 140, 220, 150, 80	1060	1908
2-3	60, 340, 80, 300, 80, 170, 420, 220, 350, 220	2240	4032
3-2	150, 330, 240, 260, 140, 300, 220, 100, 80, 120	1940	3492
2-7	50, 120	170	306
7-2	150, 100	250	450
3-5	80, 220, 400, 460, 160, 280, 230	1830	3294
5-3	140, 300, 360, 400, 260, 180, 160	1800	3240
3-6	300, 80, 350, 220, 60, 420, 400, 260, 180, 160	2430	4374
6-3	220, 100, 120, 160, 300, 280, 80, 120, 230, 230	1840	3312
3-4	340, 420, 480, 400	1640	2952
4-3	240, 260, 200, 460	1160	2088
4-6	100, 380, 280	760	1368
6-4	120, 250, 160	530	954
6-7	420, 380, 180, 60, 140	1180	2124
7-6	300, 250, 280, 120, 300	1250	2250
6-8	80, 220, 400, 280, 160, 100, 300	1540	2772
8-6	80, 120, 230, 160, 230, 60, 140	1020	1836

Схема маршрутной сети, являющаяся основой для построения расчетных вариантов маршрутных систем, представлена на рисунке 12.3 и включает следующие маршруты:

- № 1: путь следования 5–3–6–8;
- № 2: путь следования 1–2–3–4;
- № 3: путь следования 1–2–3–6–8.

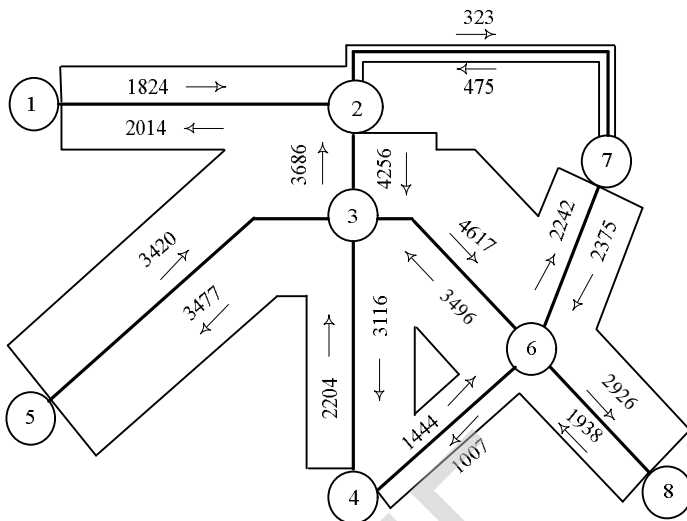


Рисунок 12.2 – Картограмма пассажиропотоков

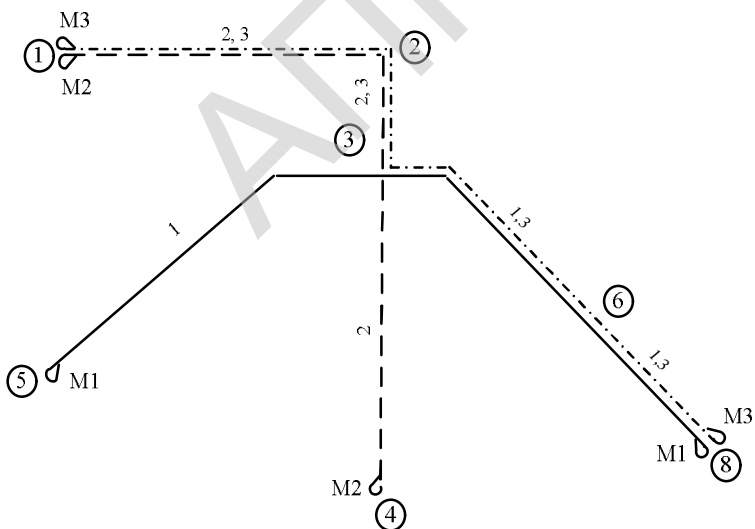


Рисунок 12.3 – Исходная схема маршрутной сети

На основе указанной схемы разрабатывают первый и второй варианты маршрутной сети путем добавления маршрута № 4:

- путь следования по первому варианту 5–3–2–7–6–4;
- путь следования по второму варианту 1–2–7–6–4.

Для разработанных вариантов определяют маршрутный коэффициент по формуле (12.1):

$$k_{i \text{ I}} = \frac{34}{21,5} = 1,58; \quad k_{i \text{ II}} = \frac{32}{21,5} = 1,49.$$

Так как маршрутный коэффициент по второму варианту менее 1,5, что свидетельствует о недостаточно развитой маршрутной сети, во вторую маршрутную сеть включают маршрут № 5: путь следования 5–3–4. В этом случае маршрутный коэффициент

$$k_{i \text{ II}} = \frac{38,5}{21,5} = 1,79.$$

Разработанные варианты маршрутных систем представлены в таблице 12.2 и на рисунке 12.4.

Для расчета первого слагаемого функционала необходимо определить затраты времени на поездку между пунктами маршрутной сети по кратчайшему расстоянию и количество пересадок. Затраты времени на поездку определяются как сумма времени поездки по каждому отдельному участку между соответствующими пунктами. Результаты расчетов сведены в таблице 12.3. Например, время поездки пассажира между пунктами № 7 и 8

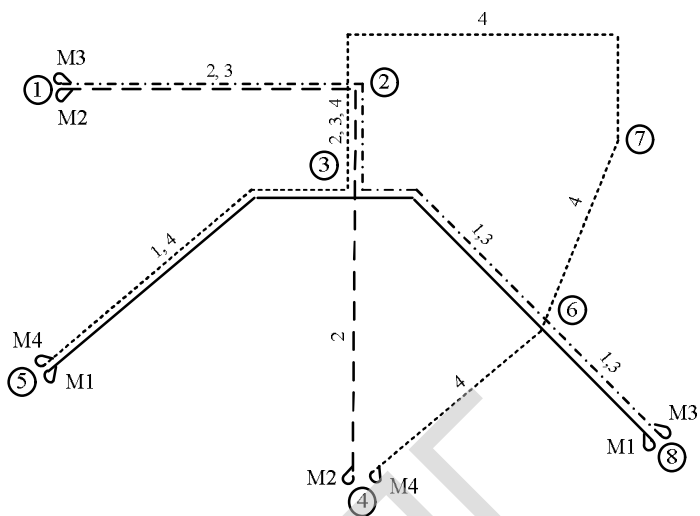
$$t_{7-8} = t_{7-6} + t_{6-8} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \div.$$

Таблица 12.2 – Варианты маршрутных систем

I вариант			II вариант		
Номер маршрута	Путь следования	Длина маршрута, км	Номер маршрута	Путь следования	Длина маршрута, км
1	5–3–6–8	7,5	1	5–3–6–8	7,5
2	1–2–3–4	6,5	2	1–2–3–4	6,5
3	1–2–3–6–8	7,5	3	1–2–3–6–8	7,5
4	5–3–2–7–6–4	12,5	4	1–2–7–6–4	10,5
–	–	–	5	5–3–4	6,5

По первому и второму вариантам движение из пункта № 7 в пункт № 8 осуществляется по маршрутам № 4 и 3 (или № 1) с одной пересадкой. В таблице 12.3 величина над дробью в скобках характеризует количество пересадок между пунктами по первому варианту, под дробью – по второму варианту.

a)



b)

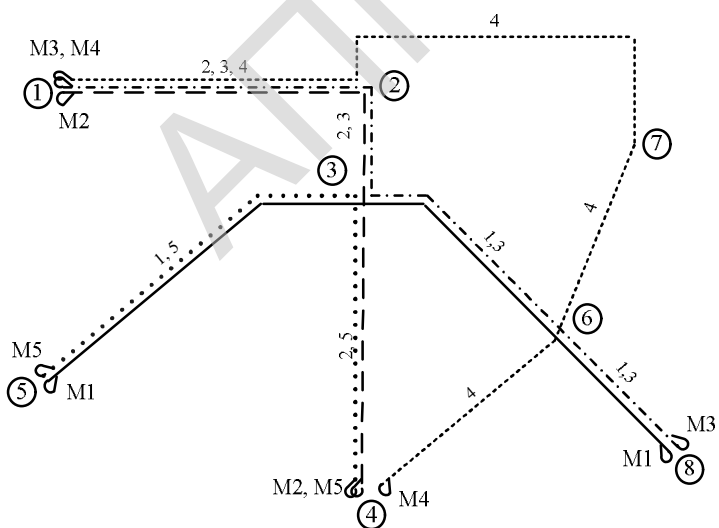


Рисунок 12.4 – Схемы маршрутных систем:
а – I вариант; б – II вариант

Таблица 12.3 – Затраты времени на поездку между пунктами маршрутной сети

Пункты прибытия	Пункты отправления							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	–	0,16	0,21	0,34	0,42 (¹ / ₁)	0,31	0,37 (⁰ / ₁)	0,39
2	0,16	–	0,05	0,18	0,26 (⁰ / ₁)	0,15	0,21	0,23
3	0,21	0,05	–	0,13	0,21	0,1	0,18 (⁰ / ₁)	0,18
4	0,34	0,18	0,13	–	0,34 (¹ / ₀)	0,1	0,18	0,18 (¹ / ₁)
5	0,42 (¹ / ₁)	0,26 (⁰ / ₁)	0,21	0,34(¹ / ₀)	–	0,31	0,39 (⁰ / ₁)	0,39
6	0,31	0,15	0,1	0,1	0,31	–	0,08	0,08
7	0,37 (¹ / ₀)	0,21	0,18 (⁰ / ₁)	0,18	0,39 (⁰ / ₁)	0,08	–	0,16 (¹ / ₁)
8	0,39	0,23	0,18	0,18(¹ / ₁)	0,39	0,08	0,16 (¹ / ₁)	–

Расчет первого слагаемого функционала сводят в таблицу 12.4.

Таблица 12.4 – Расчет первого слагаемого функционала

Пункты прибытия	Пункты отправления								Итого, пас·ч
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	-	12,8	31,5	81,6	<u>68,6</u> 68,6	68,2	<u>66,0</u> 55,5	31,2	<u>359,9</u> 349,4
2	8,0	-	16,5	46,8	<u>78,0</u> 99,0	15,0	21,0	27,6	<u>212,9</u> 233,9
3	12,6	8,5	-	26,0	75,6	12,0	<u>54,0</u> 78,0	41,4	<u>230,1</u> 254,1
4	115,6	75,6	62,4	-	<u>164,0</u> 136,0	12,0	45,0	<u>41,6</u> 41,6	<u>516,2</u> 488,2
5	<u>39,2</u> 39,2	<u>57,2</u> 72,6	84,0	<u>188,6</u> 156,4	-	49,6	<u>109,2</u> 128,8	89,7	<u>617,5</u> 620,3
6	93,0	52,5	6,0	10,0	80,6	-	9,6	4,8	<u>256,5</u> 256,5
7	<u>22,0</u> 18,5	25,2	<u>75,6</u> 109,2	68,4	<u>70,2</u> 82,8	4,8	-	<u>33,6</u> 33,6	<u>299,6</u> 342,5
8	31,2	50,6	72,0	<u>72,8</u> 72,8	62,4	8,0	<u>72,0</u> 72,0	-	<u>369,0</u> 369,0

Затраты времени на поездку и пересадку пассажиров из пункта № 1 в пункт № 7:

- по первому варианту учитывается время пересадки в пункте № 2 –
 $t_{1-7}^I = (0,37 + 4/60) \cdot 150 = 66$ пас·ч;

- по второму варианту перевозка осуществляется без пересадки
 $t_{1-7}^II = 0,37 \cdot 150 = 55,5$ пас·ч.

В таблице 12.4 значения над чертой характеризуют количество пассажиро-часов по первому варианту, под чертой – по второму варианту.

Суммарные затраты времени пассажиров на поездку и пересадку по первому варианту составляют 2861,9 пас·ч, по второму – 2913,9 пас·ч.

Далее выполняют расчет второго слагаемого функционала – **затрат времени пассажиров**, пользующихся только одним маршрутом, на ожидание транспорта.

Расчет для первого варианта. Пунктами отправления и назначения пассажиров, при поездке между которыми пассажиры пользуются только одним маршрутом, являются маршруты:

№ 1: 5–6, 6–5, 5–8, 8–5;

№ 2: 1–4, 4–1, 3–4, 4–3, 2–4, 4–2, 4–5;

№ 3: 1–6, 6–1, 1–8, 8–1, 2–8, 8–2;

№ 4: 5–2, 2–5, 6–4, 4–6, 2–7, 7–2, 7–6, 6–7, 7–4, 4–7, 7–5, 4–8, 7–8, 7–3, 7–1.

Для определения времени ожидания транспорта необходимо определить время оборота автобусов и интервал движения на маршрутах:

$$\text{№ 1: } t_{\dot{1}\dot{a}} = \frac{2 \cdot 7,5}{18} = 0,83 \div, \quad I = \frac{0,83}{5} = 0,166 \div, \quad t_{\dot{1}} = \frac{0,166}{2} = 0,083 \div;$$

$$\text{№ 2: } t_{\dot{1}\dot{a}} = \frac{2 \cdot 6,5}{18} = 0,72 \div, \quad I = \frac{0,72}{5} = 0,14 \div, \quad t_{\dot{1}} = \frac{0,14}{2} = 0,07 \div;$$

$$\text{№ 3: } t_{\dot{1}\dot{a}} = \frac{2 \cdot 7,5}{18} = 0,83 \div, \quad I = \frac{0,83}{5} = 0,166 \div, \quad t_{\dot{1}} = \frac{0,166}{2} = 0,083 \div;$$

$$\text{№ 4: } t_{\dot{1}\dot{a}} = \frac{2 \cdot 12,5}{18} = 1,4 \div, \quad I = \frac{1,4}{5} = 0,28 \div, \quad t_{\dot{1}} = \frac{0,28}{2} = 0,14 \div.$$

В этом случае суммарные пассажиро-часы на ожидание транспорта на маршруте составят:

$$\sum t_{o_1} \ddot{I}_1 = 0,083 \cdot (160 + 260 + 230 + 160) = 67,23 \text{ пас}\cdot\text{ч};$$

$$\sum t_{\dot{1}_2} \ddot{I}_2 = 0,07 \cdot (240 + 340 + 480 + 200 + 420 + 260 + 460) = 168 \text{ пас}\cdot\text{ч};$$

$$\sum t_{\dot{1}_3} \ddot{I}_3 = 0,083 \cdot (220 + 300 + 80 + 80 + 220 + 120) = 84,66 \text{ пас}\cdot\text{ч};$$

$$\sum t_{\dot{1}_4} \ddot{I}_4 = 0,14 \cdot (220 + 300 + 100 + 120 + 100 + 120 + 60 + 120 + 380 + 250 + 280 + 280 + 300 + 300 + 150) = 431,2 \text{ пас}\cdot\text{ч}.$$

Расчет для второго варианта. Пунктами отправления и назначения пассажиров, при поездке между которыми пассажиры пользуются только одним маршрутом, являются маршруты:

№ 1: 5–6, 6–5, 5–8, 8–5;

№ 2: 1–4, 4–1, 2–4, 4–2;

№ 3: 1–8, 8–1, 2–8, 8–2, 1–6, 6–1, 2–6, 6–2;

№ 4: 2–7, 7–2, 7–6, 6–7, 7–4, 4–7, 6–4, 4–6, 7–3, 7–5, 7–1, 7–8, 1–7, 4–8;

№ 5: 5–4, 4–5.

Время оборота автобусов, интервал движения и время ожидания:

$$\text{маршрут № 4: } t_{об} = \frac{2 \cdot 10,5}{18} = 1,17 \text{ ч, } I = \frac{1,17}{5} = 0,23 \text{ ч, } t_o = \frac{0,23}{2} = 0,12 \text{ ч;}$$

$$\text{маршрут № 5: } t_{об} = \frac{2 \cdot 6,5}{18} = 0,72 \text{ ч, } I = \frac{0,72}{5} = 0,14 \text{ ч, } t_o = \frac{0,14}{2} = 0,07 \text{ ч.}$$

Суммарные пассажиро-часы на ожидание транспорта на маршруте составят:

$$\sum t_{i_1} \dot{I}_1 = 0,083 \cdot (160 + 260 + 230 + 160) = 67,23 \text{ пас}\cdot\text{ч;}$$

$$\sum t_{i_2} \dot{I}_2 = 0,07 \cdot (340 + 240 + 420 + 260) = 88,2 \text{ пас}\cdot\text{ч;}$$

$$\sum t_{i_3} \dot{I}_3 = 0,083 \cdot (80 + 80 + 220 + 120 + 300 + 220 + 350 + 100) = 122,01 \text{ пас}\cdot\text{ч;}$$

$$\sum t_{i_4} \dot{I}_4 = 0,12 \cdot (120 + 100 + 120 + 60 + 250 + 380 + 120 + 100 + 300 + 280 + 150 + 300 + 50 + 280) = 313,2 \text{ пас}\cdot\text{ч;}$$

$$\sum t_{i_5} \dot{I}_5 = 0,07 \cdot (400 + 460) = 60,2 \text{ пас}\cdot\text{ч.}$$

Величина второго слагаемого функционала составляет:

$$\text{по первому варианту} - \sum_{k=1}^K t_{o_k} \cdot \Pi_k = 751,09 \text{ пас}\cdot\text{ч;}$$

$$\text{по второму варианту} - \sum_{k=1}^K t_{o_k} \cdot \Pi_k = 650,84 \text{ пас}\cdot\text{ч.}$$

Далее рассчитывают **суммарные пассажиро-часы на ожидание транспорта** на совмещенных участках маршрутной сети.

Расчет для первого варианта. Совмещенными являются участки маршрутной сети 1-2, 2-3, 5-3, 3-8, по которым осуществляются корреспонденции между районами:

1-2: 1-2, 2-1, 1-3, 1-5, 1-7;

2-3: 2-3, 3-2, 3-1;

5-3: 5-3, 3-5, 5-1, 5-4, 5-7;

3-8: 3-6, 6-3, 3-8, 8-3, 6-8, 8-6, 3-7, 8-4, 8-7.

Интервалы движения на совмещенных участках:

$$1-2: I = 1 / \left(\frac{1}{0,14} + \frac{1}{0,166} \right) = 0,076 \text{ ч; } t_o = \frac{0,076}{2} = 0,038 \text{ ч;}$$

$$2-3: I = 1 / \left(\frac{1}{0,14} + \frac{1}{0,166} + \frac{1}{0,28} \right) = 0,06 \text{ ч; } t_o = \frac{0,06}{2} = 0,03 \text{ ч;}$$

$$5-3: I = 1 / \left(\frac{1}{0,166} + \frac{1}{0,28} \right) = 0,1 \text{ ч; } t_o = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ ч;}$$

$$3-8: I = 1 / \left(\frac{1}{0,166} + \frac{1}{0,166} \right) = 0,083 \text{ ч; } t_o = \frac{0,083}{2} = 0,04 \text{ ч.}$$

Пассажиро-часы на ожидание транспорта на совмещенных участках составляют:

$$1-2: 0,038 \cdot (50 + 80 + 60 + 80 + 50) = 12,16 \text{ пас}\cdot\text{ч};$$

$$2-3: 0,03 \cdot (170 + 330 + 150) = 19,5 \text{ пас}\cdot\text{ч};$$

$$5-3: 0,05 \cdot (360 + 400 + 140 + 400 + 180) = 74 \text{ пас}\cdot\text{ч};$$

$$3-8: 0,04 \cdot (60 + 120 + 400 + 230 + 100 + 60 + 420 + 160 + 140) = 67,6 \text{ пас}\cdot\text{ч}.$$

Расчет для второго варианта. Совмещенными являются участки маршрутной сети 1–2, 2–3, 5–3, 3–8, 3–4, по которым осуществляются корреспонденции между районами:

$$1-2: 1-2, 2-1, 1-3, 1-5;$$

$$2-3: 2-3, 3-2, 3-1, 2-5;$$

$$5-3: 5-3, 3-5, 5-1, 5-2, 5-7;$$

$$3-8: 3-6, 6-3, 3-8, 8-3, 6-8, 8-6, 3-7, 8-4, 8-7;$$

$$3-4: 3-4, 4-3.$$

Интервалы движения на совмещенных участках:

$$1-2: I = 1 / \left(\frac{1}{0,14} + \frac{1}{0,166} + \frac{1}{0,23} \right) = 0,06 \text{ ÷}; \quad t_o = \frac{0,06}{2} = 0,03 \text{ ÷};$$

$$2-3: I = 1 / \left(\frac{1}{0,14} + \frac{1}{0,166} \right) = 0,08 \text{ ÷}; \quad t_o = \frac{0,08}{2} = 0,04 \text{ ÷};$$

$$5-3: I = 1 / \left(\frac{1}{0,14} + \frac{1}{0,166} \right) = 0,08 \text{ ÷}; \quad t_o = \frac{0,08}{2} = 0,04 \text{ ÷};$$

$$3-8: I = 1 / \left(\frac{1}{0,166} + \frac{1}{0,166} \right) = 0,14 \text{ ÷}; \quad t_o = \frac{0,14}{2} = 0,07 \text{ ÷};$$

$$3-4: I = 1 / \left(\frac{1}{0,14} + \frac{1}{0,14} \right) = 0,07 \text{ ÷}; \quad t_o = \frac{0,07}{2} = 0,035 \text{ ÷}.$$

Пассажиро-часы на ожидание транспорта на совмещенных участках:

$$1-2: 0,03 \cdot (50 + 80 + 60 + 80) = 8,1 \text{ пас}\cdot\text{ч};$$

$$2-3: 0,04 \cdot (170 + 330 + 220 + 150) = 34,8 \text{ пас}\cdot\text{ч};$$

$$5-3: 0,04 \cdot (360 + 400 + 140 + 300 + 180) = 55,2 \text{ пас}\cdot\text{ч};$$

$$3-8: 0,07 \cdot (60 + 120 + 400 + 230 + 100 + 60 + 420 + 160 + 140) = 118,3 \text{ пас}\cdot\text{ч};$$

$$3-4: 0,035 \cdot (480 + 200) = 23,8 \text{ пас}\cdot\text{ч}.$$

В результате суммарные затраты пассажиров на ожидание транспорта на совмещенных участках маршрутов составят:

$$\text{по первому варианту} - \sum_{l=1}^L t_{o_l} \cdot \Pi_l = 12,16 + 19,5 + 74 + 67,6 = 173,26 \text{ пас}\cdot\text{ч};$$

$$\text{по второму варианту} - \sum_{l=1}^L t_{o_l} \cdot \Pi_l = 8,1 + 34,8 + 118,3 + 55,2 = 240,2 \text{ пас}\cdot\text{ч}.$$

Значение функционала по первому и второму вариантам:

$$E_I = 2861,9 + 751,09 + 173,26 = 3786,25 \text{ пас}\cdot\text{ч};$$

$$E_{II} = 2913,9 + 650,84 + 240,2 = 3804,94 \text{ пас}\cdot\text{ч}.$$

Поскольку величина функционала по второму варианту превышает величину функционала по первому варианту, наиболее рациональным является первый вариант схемы маршрутной сети.

Контрольные вопросы

- 1 Какими принципами руководствуются при формировании маршрутных сетей?
- 2 Как определяется и что характеризует маршрутный коэффициент?
- 3 Напишите формулу для определения суммарных затрат времени на передвижение пассажиров по маршрутам маршрутной системы.
- 4 В чем заключается метод комбинаторного анализа формирования маршрутной сети?

З а д а н и е № 13

ВЫБОР ТИПОВ И РАСЧЕТ ЧИСЛА АВТОБУСОВ НА МАРШРУТАХ

13.1 Цель работы

Приобрести практические навыки в выборе типов автобусов по вместимости и расчете их потребного количества для работы на маршрутах.

13.2 Методика выполнения работы

Выбор автобусов для работы на маршрутах существенно влияет на качество транспортного обслуживания населения и величину транспортных издержек перевозчика. Автобусы большой вместимости нецелесообразно использовать на маршрутах с малым пассажиропотоком и с высокой неравномерностью пассажиропотока, поскольку это приведет к возрастанию себестоимости перевозок либо к организации движения с большими интервалами и соответственно к увеличению времени ожидания на остановках. Использование автобусов малой вместимости на маршрутах с мощным пассажиропотоком уменьшает интервалы движения, но увеличивает потребность в подвижном составе и повышает загрузку улиц и магистралей.

Для пассажиропотоков в сетях городского маршрутизированного транспорта характерна неравномерность по часам суток, участкам маршрута и направлениям движения. Обеспечение оптимального наполнения автобусов достигается изменением количества и вместимости автотранспортных средств на маршрутах в соответствии с колебаниями пассажиропотоков. Колебания пассажиропотоков в течение суток имеют определенные закономерности, позволяющие выделить следующие характерные периоды:

- часы пик – период времени, в который наблюдается резкий рост мощности пассажиропотоков;
- «межпиковый» период – период между утренним и вечерним часом пик;
- период «дежурного движения» – промежуток времени с момента начала работы на маршруте до утреннего пика и после вечернего пика до момента окончания работы на маршруте.

«Пиковая» зона имеет продолжительность 2–4 часа и выбирается студентом самостоятельно на основании данных о распределении пассажиропотоков по часам суток.

Одним из основных критериев при выборе рационального типа автобусов для перевозок на маршруте является целесообразный интервал движения. Минимальный маршрутный интервал принимается, как правило, в часы

пик, максимальный – в часы «дежурного движения». При заданном или принятом маршрутном интервале **требуемая вместимость автобусов**

$$q_{\delta} = \frac{Q_{\max} I_c}{t_{i\dot{a}}}, \quad (13.1)$$

где Q_{\max} – пассажиропоток на наиболее напряженном перегоне маршрута за время оборотного рейса, пас.;

I_c – заданный маршрутный интервал движения, мин;

$t_{об}$ – время оборота автобуса на маршруте, мин,

$$t_{i\dot{a}} = 60 \frac{2l_m}{v_y}; \quad (13.2)$$

l_m – длина маршрута, км;

v_y – эксплуатационная скорость движения автобуса, км/ч.

Требуемую вместимость автобуса рассчитывают для каждого характерного периода работы на маршруте. На основании полученной величины вместимости автотранспортного средства выбирают автобус из имеющегося типажа подвижного состава (таблица 13.1) с вместимостью ближайшей большей к расчетной.

Таблица 13.1 – Характеристики автобусов по вместимости

Марка автобуса	Количество мест для сидения	Номинальная вместимость, пас.
МАЗ-103	21	96
	25	100
	28	110
МАЗ-105	30	160
	33	170
	36	175
МАЗ-107	25	150
МАЗ-203	26	99
	28	102
МАЗ-256	25	43
Богдан-А092 «Радимич»	21	45
НефАЗ-5299а	30	114
Икарус-260	22	75
Икарус-280	37	120

Выражая интервал движения из формулы (13.1), находят требуемые интервалы следования автобусов на маршруте для каждого периода работы I_p .

Количество автобусов для работы на маршруте

$$A_1 = \frac{Q t_{i\dot{a}} k_{\dot{a}+}}{qT}, \quad (13.3)$$

где Q – пассажиропоток на наиболее напряженном перегоне маршрута в рассчитываемый час периода движения, пас.;

$k_{вч}$ – коэффициент внутрисуточной неравномерности движения, в расчетах принимается равным 1;

q – номинальная вместимость автобуса, пас.;

T – период времени предоставления информации, $T = 1$ ч.

Потребность в автобусах устанавливают для каждого часа периода движения.

По результатам расчетов количества автобусов строят диаграмму распределения подвижных единиц по часам суток, которую далее корректируют с учетом качественного обслуживания пассажиров. Максимальный выпуск автобусов должен проводиться в течение всей «пиковой» зоны в соответствии с возможностью предприятия по выпуску, т. е. с учетом **коэффициента дефицита автобусов**:

$$A_{\max} = A_1 k_{\text{деф}}, \quad (13.4)$$

где A_m – расчетное количество автобусов на маршруте;

$k_{\text{деф}}$ – коэффициент дефицита автобусов, принять равным 0,9.

В часы спада пассажиропотока (период «дежурного движения») потребность в автобусах на маршруте определяется не размерами пассажиропотока, а максимально допустимым интервалом движения:

$$A_{\min} = \frac{t_{\text{ша}}}{I_{\max}}, \quad (13.5)$$

где I_{\max} – максимально допустимый интервал движения, мин.

Часовое количество автобусов на маршруте по характерным периодам суток должно быть по возможности одинаковым.

13.3 Варианты заданий

Исходные данные:

а) длину маршрута выбирают по последней цифре номера зачетной книжки (таблица 13.2);

б) маршрутный интервал движения автобусов в часы пик – 5 мин, в межпиковый период – 10 мин, в период дежурного движения – 15 мин;

в) эксплуатационная скорость движения автобуса – 18 км/ч для 1-й подгруппы, 16 км/ч – для 2-й подгруппы;

г) пассажиропоток на маршруте по часам суток выбирают по сумме двух последних цифр номера зачетной книжки (таблица 13.3).

Таблица 13.2 – Длина маршрута

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Длина маршрута, км	10	11	12	14	15	16	17	8	9	13

Таблица 13.3 – Пассажиропотоки на маршруте

Часы суток	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
5–6	810	680	540	380	320	280	240	220	200	180
6–7	1600	1250	1040	920	840	760	660	640	540	460
7–8	2900	2650	2360	2120	1760	1420	1320	1220	1100	970
8–9	3010	2620	2310	2080	1710	1400	1310	1200	1090	960
9–10	2020	1680	1320	1210	1120	1020	900	850	740	650
10–11	1960	1470	1150	1060	910	880	790	700	620	500
11–12	1940	1460	1140	1050	900	870	780	720	630	510
12–13	1930	1450	1155	1040	915	860	790	710	615	520
13–14	1960	1470	1160	1060	920	865	810	715	620	535
14–15	1950	1460	1140	1050	930	880	800	720	630	525
15–16	2800	2200	1800	1510	1320	1140	1090	990	830	760
16–17	3000	2800	2320	2100	1710	1510	1320	1200	1120	970
17–18	2960	2740	2290	2060	1690	1470	1280	1160	1080	960
18–19	2100	1900	1460	1310	1100	1060	990	860	720	650
19–20	1640	1470	1160	1090	960	900	800	720	600	530
20–21	1490	1290	990	890	800	740	600	590	520	500
21–22	1360	1090	960	840	780	700	580	560	490	470
22–23	1220	980	860	770	750	680	570	510	430	410
23–24	800	670	560	490	470	430	360	310	300	290

Требуется:

- а) рассчитать время оборотного рейса и необходимую вместимость автобуса при заданном интервале движения;
- б) выбрать тип автобуса для работы на маршруте;
- в) рассчитать маршрутный интервал, соответствующий выбранной вместимости автобусов, и потребное количество подвижного состава;
- г) выполнить распределение автобусов по часам суток для заданного пассажиропотока на маршруте и построить диаграмму потребности автобусов по часам суток;
- д) разработать рекомендации по организации эффективного использования подвижного состава в час пик и другие периоды суток.

13.4 Пример выполнения задания

Исходные данные:

- а) длина маршрута – 12,5 км;

- б) маршрутный интервал движения автобусов в часы пик – 6 мин, в межпиковый период – 10 мин, в период дежурного движения – 15 мин;
- в) эксплуатационная скорость движения автобуса – 17 км/ч;
- г) пассажиропоток на маршруте по часам суток (таблица 13.4);
- д) коэффициент дефицита автобусов – 0,95.

Таблица 13.4 – Пассажиропоток по часам суток

Пассажиро-поток	Часы суток	Пассажиро-поток	Часы суток	Пассажиро-поток	Часы суток	Пассажиро-поток	Часы суток
520	6–7	610	10–11	850	14–15	1100	18–19
1710	7–8	720	11–12	900	15–16	660	19–20
1530	8–9	780	12–13	1590	16–17	410	20–21
700	9–10	790	13–14	1410	17–18	200	21–22

Выполнение работы. На основе данных о распределении пассажиропотоков на маршруте по часам суток (см. таблицу 13.4) выделяют следующие периоды работы:

час пик утренний – с 7 до 9 часов, вечерний – с 16 до 18 часов;

«межпиковый» период – с 9 до 16 часов;

«дежурное движение» – до 7 часов и после 18 часов.

Время оборота автобуса на маршруте

$$t_{i\dot{a}} = 60 \frac{2 \cdot 12,5}{17} = 88 \text{ i } \dot{e} \text{ i} .$$

При заданном маршрутном интервале требующаяся вместимость автобусов составит:

$$\text{для часа пик} - q_{\delta} = \frac{1710 \cdot 6}{88} = 117 \text{ i } \dot{a}\dot{n} .;$$

$$\text{для «межпикового» периода} - q_{\delta} = \frac{900 \cdot 10}{88} = 102 \text{ i } \dot{a}\dot{n} .;$$

$$\text{для «дежурного движения»} - q_{\delta} = \frac{660 \cdot 15}{88} = 113 \text{ i } \dot{a}\dot{n} .$$

Для работы на маршруте принимают автобусы марки:

в час пик – Икарус-280 вместимостью 120 пас.;

в «межпиковый» период – МАЗ-203 вместимостью 102 пас.;

в период «дежурного движения» – Икарус-280 вместимостью 120 пас.

Интервал движения автобусов на маршруте при выбранной вместимости:

$$\text{для часа пик} - I_{\delta} = \frac{120 \cdot 88}{1710} = 6 \text{ i } \dot{e} \text{ i} ;$$

для «межпикового» периода – $I_{\delta} = \frac{102 \cdot 88}{900} = 10 \text{ и } \text{е} \text{т}$;

для «дежурного движения» – $I_{\delta} = \frac{120 \cdot 88}{660} = 16 \text{ и } \text{е} \text{т}$.

Потребность в автобусах в период с 5 до 6 часов («дежурное движение»)

$$A_1 = \frac{520 \cdot 88}{120 \cdot 60} = 6,3.$$

Принимаем 7 автобусов.

Потребность в автобусах в период с 6 до 7 часов (час пик)

$$A_1 = \frac{1710 \cdot 88}{120 \cdot 60} = 20,9.$$

Принимаем 21 автобус.

Результаты расчета для остальных периодов приведены в таблице 13.5.

Диаграмма распределения автобусов по часам суток представлена на рисунке 13.1.

Таблица 13.5 – Расчет количества автобусов по часам суток

Количество автобусов	Часы суток	Количество автобусов	Часы суток	Количество автобусов	Часы суток	Количество автобусов	Часы суток
7	6–7	9	10–11	13	14–15	14	18–19
21	7–8	11	11–12	13	15–16	9	19–20
19	8–9	12	12–13	20	16–17	5	20–21
10	9–10	12	13–14	18	17–18	3	21–22

Максимальное количество выпускаемых автобусов на маршрут

$$A_{\max} = 21 \times 0,95 = 20 \text{ а} \text{а}.$$

Минимальное количество автобусов, которое должно работать в период спада пассажиропотоков,

$$A_{\min} = \frac{88}{15} = 6 \text{ а} \text{а}.$$

В соответствии с A_{\max} и A_{\min} выполняют корректировку графика распределения автобусов по часам суток.

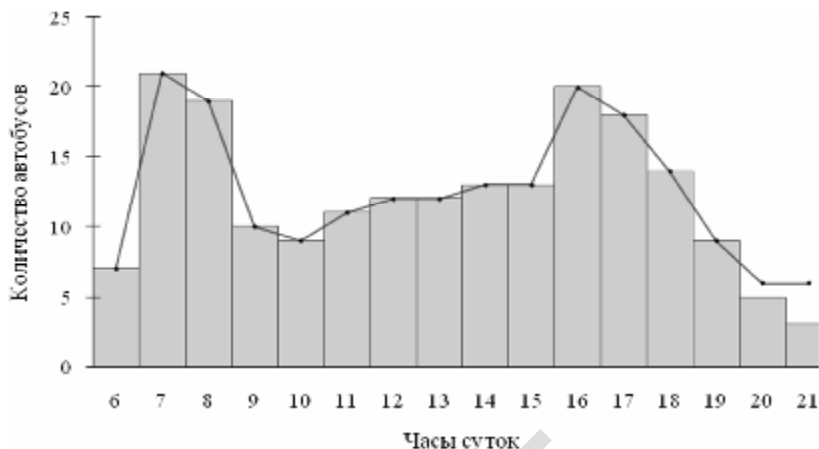


Рисунок 13.1 – Распределение потребности в автобусах по часам суток:

■ – расчетное значение; — – скорректированное значение

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами можно управлять на практике для обеспечения потребного уровня наполнения автобусов?
2. В какой последовательности осуществляется выбор автобусов для работы на маршруте?
3. Как определить потребное количество автобусов при известном пассажиропотоке на наиболее напряженном перегоне маршрута?

Задание № 14

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ГОРОДСКИХ АВТОБУСНЫХ ПЕРЕВОЗОК

14.1 Цель работы

Закрепить теоретические знания по оценке уровня транспортного обслуживания населения; ознакомиться с функционированием системы централизованного диспетчерского управления движением автобусов.

14.2 Методика выполнения работы

14.2.1 Расчет показателей транспортного обслуживания

Уровень удовлетворения потребности пассажиров в транспортном обслуживании характеризуется системой показателей качества перевозок. Основными **показателями качества перевозок** являются:

- условия проезда пассажиров;
- время, затрачиваемое пассажирами на передвижение;
- регулярность движения подвижного состава;
- безопасность движения.

Важнейшим показателем уровня качества является, затрачиваемое пассажирами на передвижение **время**:

- на подход к остановке и месту назначения $t_{i\dot{a}o}$;
- на ожидание транспорта $t_{i\dot{a}}$;
- следования в транспортном средстве $t_{i\dot{e}}$;
- на пересадку на другой маршрут;
- дополнительное на ожидание транспорта из-за отказов вследствие перегрузки.

Общие затраты времени *на сетевую поездку*

$$t_{i\dot{a}u} = 2 t_{i\dot{a}o} + (t_{i\dot{a}} + t_{i\dot{e}}) k_{i\dot{a}o}, \quad (14.1)$$

где $k_{пер}$ – коэффициент пересадочности, отражающий среднее число посадок при одной сетевой поездке. Значения коэффициента пересадочности принимаются в зависимости от численности населения города по таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Значения коэффициента пересадочности

Численность населения города, тыс. чел.	1000 и выше	500–1000	250–500	До 250
Значения $k_{пер}$	1,4	1,3	1,2	1,1

Среднее время на *подход к остановочному пункту и к месту назначения*

$$t_{i\dot{a}\ddot{o}} = \frac{60}{v_{i\dot{a}\ddot{o}}} \left(\frac{1}{3\delta_{i\dot{n}}} + 0,25 \bar{l}_{i\dot{a}\ddot{o}} \right), \quad (14.2)$$

где $v_{i\dot{a}\ddot{o}}$ – средняя скорость пешего передвижения, км/ч;

$\delta_{i\dot{n}}$ – плотность маршрутной сети, км/км²;

$\bar{l}_{i\dot{a}\ddot{o}}$ – средняя длина перегона, км.

Плотность маршрутной сети

$$\delta_{i\dot{n}} = \frac{L_{i\dot{n}}}{F_{\dot{a}}}, \quad (14.3)$$

где $L_{i\dot{n}}$ – протяженность маршрутной сети, км;

$F_{\dot{a}}$ – площадь селитебной территории города, км².

Теоретически время ожидания автобуса равно половине интервала движения транспорта. Однако с учетом дополнительного ожидания транспорта из-за отказов в посадке при переполнении автобуса и возможных отклонений от расписания движения время *ожидания транспорта*

$$t_{i\dot{x}} = \frac{I}{2} + \frac{\sigma_I^2}{2I} + p_{i\dot{o}\ddot{e}} I_{y\ddot{o}}, \quad (14.4)$$

где I – плановый сетевой интервал движения транспорта, мин;

σ_I^2 – среднее квадратическое отклонение от планового интервала движения, мин;

$p_{i\dot{o}\ddot{e}}$ – вероятность отказа пассажиру в поездке;

$I_{y\ddot{o}}$ – эффективный интервал движения, мин.

Эффективный интервал отображает кажущееся увеличение планового интервала с точки зрения пассажира, находящегося на остановочном пункте,

$$I_{y\ddot{o}} = I + \frac{\sigma_I^2}{I}. \quad (14.5)$$

В результате преобразований время ожидания транспорта

$$t_{i\dot{x}} = (0,5 + p_{i\dot{o}\ddot{e}}) I_{y\ddot{o}} \approx 0,75 I. \quad (14.6)$$

Сетевой интервал движения

$$I = \frac{2 \cdot 60 L_{1 \text{ н}}}{v_y \dot{A}_{\text{ч}}}, \quad (14.7)$$

где v_y – эксплуатационная скорость движения, км/ч;

$\dot{A}_{\text{ч}}$ – количество автобусов на маршрутах в час пик.

Время движения пассажиров в автобусе с учетом пересадок

$$t_{\text{не}} = \frac{60 l_{\text{нб}}}{v_{\text{н}}}, \quad (14.8)$$

где $l_{\text{нб}}$ – среднее расстояние поездки пассажира, км;

$v_{\text{н}}$ – скорость сообщения, км/ч.

Удобство проезда пассажиров характеризуется наполнением подвижного состава и комфортабельностью проезда. Для оценки качества перевозок пассажиров разработаны нормативы наполнения автобусов в зависимости от их типа и вида сообщения. В соответствии с ГОСТ 27815–88 предельный норматив для проезда стоя – 8 пассажиров на 1 м² свободной площади салона автобуса. Коэффициенты наполнения городских автобусов в часы пик, рассчитанные по их предельной вместимости, должны быть в пределах 0,73–0,78 для обеспечения качества перевозок пассажиров.

Комфортабельность подвижного состава характеризуется удобством посадки-высадки и комфортом поездки в автобусе.

Надежность обслуживания пассажиров определяется регулярностью движения транспортных средств и безопасностью совершения поездки. Движение является регулярным, если автобусы следуют через равные промежутки времени. К нерегулярным относятся невыполненные рейсы и рейсы с отклонением от расписания больше допустимого. Для внутригородского сообщения допустимое отклонение составляет 2 мин. Нормативы выполнения предусмотренных расписанием движения рейсов на городских маршрутах – не менее 96 %. Коэффициент регулярности движения

$$k_{\delta} = \frac{\sum_{j=1}^m Z_{\delta \text{аа}}^j}{\sum_{i=1}^n Z_{\delta \text{аи}}^i}, \quad (14.9)$$

где $\sum_{j=1}^m Z_{\delta \text{аа}}^j$ – общее количество выполненных регулярных рейсов. Определяется как разность между запланированным числом рейсов и рейсов, выполненных с превышением допустимого отклонения от расписания;

$\sum_{i=1}^n Z_{\delta \text{аи}}^i$ – число рейсов, предусмотренных расписанием движения.

Характеристикой безопасности движения может служить *коэффициент динамического изменения уровня ДТП*

$$k_{\dot{a},\ddot{a}} = \frac{1}{(1 + \alpha_{o,v} \hat{A}_1)}, \quad (14.10)$$

где $\alpha_{o,v}$ – коэффициент относительной потери времени пассажиров при передвижении, связанный с ДТП. В практических расчетах принимается $\alpha_{o,v} = 0,2$;

B_o – динамический показатель уровня ДТП на транспортном предприятии, измеряемый числом штрафных баллов на 1 млн км пробега,

$$\hat{A}_1 = 0,5 \left(\dot{A}_1 + \frac{L'_{1\dot{a}\ddot{a}} \hat{A}_1}{L_{1\dot{a}\ddot{a}}} \right); \quad (14.11)$$

A_o – показатель ДТП на транспортном предприятии в текущем году,

$$\dot{A}_1 = \frac{n_o}{L_{1\dot{a}\ddot{a}}}; \quad (14.12)$$

n_o – число штрафных баллов, начисленных за ДТП и нарушения правил дорожного движения;

$L_{\text{общ}}$ – общий пробег всех автобусов, млн км;

$L'_{1\dot{a}\ddot{a}}$ – общий пробег всех автобусов АТП в предыдущем году, млн км;

B_1 – динамический показатель уровня ДТП на предприятии в предыдущем году.

14.2.2 Оценка уровня транспортного обслуживания

Интегральная оценка качества обслуживания пассажиров проводится по суммарному влиянию на коэффициент качества степени наполнения автобуса, затрат времени на поездку, регулярности движения подвижного состава, безопасности движения при перевозке пассажиров:

$$k_{c_{i\delta}} = k_\gamma k_t k_\delta k_{\dot{a},\ddot{a}}, \quad (14.13)$$

где k_γ – коэффициент относительного наполнения автобуса;

k_t – коэффициент относительных затрат времени на передвижение пассажиров.

Коэффициент относительного наполнения автобусов определяется как отношение нормированного значения коэффициента наполнения γ_n к фактическому коэффициенту наполнения автобуса γ_ϕ :

$$k_\gamma = \frac{\gamma_i}{\gamma_\delta}. \quad (14.14)$$

Коэффициент относительных затрат времени на передвижение определяется как отношение затрат времени на поездку в установленных нормированных благоприятных условиях t_{Γ}^i к затратам времени на поездку в фактических условиях t_{Γ}^{δ} :

$$k_t = \frac{t_{\Gamma}^i}{t_{\Gamma}^{\delta}}. \quad (14.15)$$

Нормируемыми благоприятными условиями для поездки следует считать:

- отсутствие срывов графика;
- отсутствие пересадочности;
- достаточная скорость сообщения (не менее 20 км/ч);
- высокая плотность транспортной сети (не менее 2 км/км²);
- небольшая длина перегона между остановочными пунктами (около 300 м);
- гарантия поездки в первом подошедшем автобусе;
- удобный, согласованный с мощностью пассажиропотока интервал движения.

На автобусных перевозках принята четырехуровневая система оценки качества перевозок, представленная в таблице 14.2.

Таблица 14.2 – Система оценки качества перевозок

Показатель качества	Уровень обслуживания			
	образцовый	хороший	удовлетворительный	неудовлетворительный
k_r	0,95–1,0	0,88–0,94	0,78–0,87	Менее 0,78
k_t	1,0	0,92–0,99	0,75–0,91	" 0,75
k_p	0,98–1,0	0,95–0,97	0,93–0,94	" 0,93
$k_{б,д}$	0,98–1,0	0,85–0,97	0,7–0,84	" 0,70
$k_{итн}$	0,96–1,0	0,65–0,69	0,38	" 0,38

14.2.3 Диспетчерское управление движением автобусов на маршруте

Для поддержания качества обслуживания пассажиров на нормативном уровне и повышения эффективности использования подвижного состава кроме организационно-технических мероприятий применяется **диспетчеризация** на линии.

Основными функциями диспетчерского управления движением транспорта на линии являются:

- контроль за выполнением маршрутного расписания движения автобусов и учет регулярности рейсов;
- регулирование движения автобусов на основе оперативно получаемой информации о наполнении подвижного состава;

– восстановление нарушенного движения и регулирование движения при отклонении автобуса от расписания.

Работу диспетчерской службы организуют на основе типовых технологических процессов. Для ускорения выработки диспетчерских решений и исключения ошибок применяют заранее разработанные *технологические карты*, которые составляются для различных типовых ситуаций, наиболее часто возникающих в практике диспетчерского управления.

Централизованное диспетчерское управление в зависимости от местных условий, учитывающих развитие транспортной и маршрутной сети, количество работающих единиц подвижного состава и объемы перевозок пассажиров, может иметь различную организационную структуру. Штат диспетчерской службы зависит от развития средств связи и объема поступающей информации, а также от применяемых методов оперативной обработки и анализа поступающей информации. Старший диспетчер смены координирует деятельность диспетчеров, осуществляющих управление группами маршрутов.

В штат службы эксплуатации автобусного парка, как правило, входят инженеры по эксплуатации и диспетчеры, а также инженер по планированию движения и операторы отдела движения.

Отдел движения, используя АСУ, обеспечивает выполнение следующих функций:

- составление графиков работы водителей;
- контроль за точностью и регулярностью движения подвижного состава на маршрутах с определением отклонений от утвержденного расписания;
- выдачу диспетчеру службы эксплуатации сообщений о предлагаемом сходе подвижного состава с маршрута;
- выдачу диспетчеру службы эксплуатации сообщений об отсутствии плановой отметки на контрольном пункте маршрута при изменении состояния подвижного состава (начало обеда, начало отстоя, конец отстоя, конец работы на маршруте);
- оперативный перерасчет в реальном масштабе времени маршрутных расписаний движения в связи с изменением условий движения на маршруте.

Диспетчеры службы эксплуатации осуществляют:

- плановое и оперативное управление перевозочным процессом;
- выдачу, прием и обработку путевой документации;
- заключение договоров на организацию и выполнение перевозок;
- прием и выполнение заявок на почасовые (нерегулярные) перевозки пассажиров.

14.3 Варианты заданий

Исходные данные:

- а) численность населения города;
 - б) площадь селитебной территории города;
 - в) протяженность маршрутной сети;
 - г) средняя длина перегона на маршрутной сети;
 - д) средняя дальность поездки пассажира – 3,45 км;
 - е) средние скорости движения автобусов на маршрутах;
 - ж) количество автобусов на маршрутах в час пик;
 - з) фактический коэффициент наполнения автобусов в час пик;
 - и) общее количество рейсов, предусмотренных расписанием;
 - к) количество выполненных регулярных рейсов;
 - л) динамический показатель уровня ДТП в текущем году.
- Исходные данные выбираются из приложения Е.

Требуется:

- а) определить расчетным путем интегральный показатель качества транспортного обслуживания пассажиров;
- б) дать оценку уровню транспортного обслуживания пассажиров отдельно по показателям качества и в целом для маршрутной сети;
- в) ознакомиться с порядком диспетчерского управления движением автобусов на маршруте;
- г) составить алгоритм расчета показателей качества транспортного обслуживания пассажиров на маршруте.

14.4 Пример выполнения задания

Из задания (см. приложение Е) выбирают исходные данные в соответствии с вариантом. В качестве исходных для примера расчета принимают следующие данные: численность населения города – 52,1 тыс. чел.; $F_{\Gamma} = 26,08 \text{ км}^2$; $L_{\text{MC}} = 52,1 \text{ км}$; $\bar{l}_{\text{пер}} = 0,58 \text{ км}$; $\bar{v}_c = 19 \text{ км/ч}$; $v_3 = 16,9 \text{ км/ч}$; $\gamma_{\delta} = 0,97$; $z_{\text{расп}} = 148$; $z_{\text{рег}} = 142$; $l_{\text{н\delta}} = 2,49 \text{ км}$; $B_0 = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ баллов/км}$; $A_{\text{чп}} = 47 \text{ ед}$.

Для определения времени подхода к остановочному пункту по формуле (14.2) необходимо установить плотность маршрутной сети и расстояние подхода по формулам (14.3) и (14.4):

$$\delta_{\text{ин}} = \frac{52,1}{26,08} = 2 \text{ ед} / \text{ед}^2; \quad l_{\text{иа\delta}} = \frac{1}{3 \cdot 2} + \frac{0,58}{4} = 0,312 \text{ ед} ;$$

$$t_{\text{иа\delta}} = \frac{60 \cdot 0,312}{4} = 4,68 \text{ ед} .$$

$$\text{Сетевой интервал } I = \frac{2 \cdot 60 \cdot 52,1}{16,9 \cdot 47} = 7,9 \text{ мин.}$$

$$\text{Время ожидания транспорта } t_{i.e} = 0,75 \cdot 7,9 = 5,9 \text{ мин.}$$

$$\text{Время следования в транспорте } t_{нe} = \frac{60 \cdot 2,49}{19} = 7,86 \text{ мин.}$$

Общие затраты времени на сетевую поездку с учетом коэффициента пересадочности, равного 1,1 для города с численностью населения до 250 тысяч жителей,

$$t_{i.aa} = 2 \cdot 4,68 + (5,9 + 7,86) \cdot 1,1 = 24,5 \text{ мин.}$$

$$\text{Затраты времени на поездку в нормированных благоприятных условиях } t_i^i = 15,85 + 0,51 \cdot \sqrt{26,08} = 18,45 \text{ мин.}$$

Коэффициенты:

$$\text{– регулярности перевозок } k_{\delta} = \frac{148}{142} = 0,96;$$

$$\text{– динамического изменения уровня ДТП } k_{a.a} = \frac{1}{1 + 0,2 \cdot 1,7} = 0,75;$$

$$\text{– относительных затрат времени на передвижение } k_t = \frac{18,45}{24,5} = 0,75;$$

$$\text{– относительного наполнения автобусов } k_{\gamma} = \frac{0,75}{0,97} = 0,77.$$

Интегральный показатель качества транспортного обслуживания

$$k_{e.i.\delta} = 0,77 \cdot 0,75 \cdot 0,96 \cdot 0,75 = 0,42.$$

Уровень транспортного обслуживания в целом по маршрутной сети является удовлетворительным, в том числе:

по затратам времени на поездку – удовлетворительным;

регулярности движения – хорошим;

наполнению – неудовлетворительным;

безопасности движения – удовлетворительным.

Контрольные вопросы

- 1 Какие параметры характеризуют уровень транспортного обслуживания населения?
- 2 Что характеризует регулярность движения автобусов на маршруте?
- 3 Назовите основные функции диспетчерского управления движением транспорта на линии.
- 4 Какие рейсы считаются нерегулярными?

З а д а н и е № 15

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ВМЕСТИМОСТИ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

15.1 Цель работы

Закрепить теоретические знания по определению пассажироместимости автомобильного транспортного средства для работы на регулярном маршруте.

15.2 Методика выполнения работы

Для обеспечения оптимального наполнения подвижного состава, соответствующего колебаниями пассажирских потоков, должно меняться количество, вместимость и распределение подвижного состава по транспортной сети. Организация транспортного процесса заключается, в первую очередь, в рациональном назначении числа работающих на маршруте автобусов (A_m), их пассажироместимости (q), режима и продолжительности работы автобуса на маршруте (T_n).

Завышенная вместимость снижает средний коэффициент использования пассажироместимости или вызывает необходимость применения движения транспортных средств с большими интервалами, заниженная – повышает затраты за счет применения менее эффективных пассажирских транспортных средств. Движение транспортных средств с большими интервалами или слишком высокий коэффициент использования пассажироместимости снижают качество обслуживания пассажиров. Поэтому пассажироместимость единицы транспортного средства, применяемого на маршрутах перевозок в регулярном сообщении, подлежит оптимизации.

В качестве критерия оптимальности принимается минимум целевой функции Z_q в виде суммы затрат S_n , возникающих при выполнении перевозок, и потерь пассажиров от ожидания транспортных средств на остановочных пунктах за определенный период времени Π_n , например за 1 час:

$$Z_q = S_n + \Pi_n \rightarrow \min_q \quad (15.1)$$

где q – значение вместимости транспортного средства, пас.

Величина часовых потерь

$$S_{\Pi} = S_o n_o, \quad (15.2)$$

где S_o – величина затрат за один оборот транспортного средства на маршруте перевозок пассажиров;

n_o – число оборотов, совершаемых пассажирскими транспортными средствами на маршруте перевозок за 1 час.

Величина S_o определяется по формуле

$$S_o = l_o s_{\text{км}} + t_o s_{\text{ч}}, \quad (15.3)$$

где l_o – длина оборота на маршруте, км;

$s_{\text{км}}$ – затраты на 1 км пробега транспортного средства на маршруте;

t_o – длительность периода оборота на маршруте, ч;

$s_{\text{ч}}$ – затраты на 1 час работы транспортного средства на маршруте.

Длина оборота определяется из характеристики маршрута.

Длительность периода оборота определяется на основе характеристик маршрута и работающих на нем транспортных средств по формуле

$$t_o = l_o / v_{\text{то}} + t_{\text{ок}}, \quad (15.4)$$

где $v_{\text{то}}$ – средняя техническая скорость транспортного средства за оборот на маршруте, км/ч;

$t_{\text{ок}}$ – суммарное время простоя на промежуточных и конечных остановочных пунктах на маршруте за оборот.

Величины $s_{\text{км}}$ и $s_{\text{ч}}$ рассчитываются по формулам

$$s_{\text{км}} = a_{\text{км1}} + a_{\text{км2}} q, \quad (15.5)$$

$$s_{\text{ч}} = a_{\text{ч1}} + a_{\text{ч2}} q, \quad (15.6)$$

где $a_{\text{км1}}$, $a_{\text{км2}}$, $a_{\text{ч1}}$, $a_{\text{ч2}}$ – параметры зависимостей.

Значение n_o определяется по формуле

$$n_o = n_{\text{ч}} = A_{\text{м}} / t_o, \quad (15.7)$$

где $n_{\text{ч}}$ – частота движения транспортных средств на маршруте;

$A_{\text{м}}$ – число пассажирских транспортных средств, работающих на маршруте.

С другой стороны, требуемую *частоту движения пассажирских транспортных средств* рассчитывают по наиболее напряженному участку маршрута по формуле

$$n_{\text{ч}} = Q_{\text{пч}} / q, \quad (15.8)$$

где $Q_{\text{пч}}$ – максимальный часовой пассажиропоток по участкам маршрута в наиболее напряженном направлении, пас./ч.

Потери пассажиров от ожидания пассажирских транспортных средств при работе их по интервалу движения

$$n = Q_{\text{общ.ч}} C_{\text{пч}} J / 2 = Q_{\text{общ.ч}} C_{\text{пч}} / (2n_{\text{ч}}), \quad (15.9)$$

где $Q_{\text{общ.ч}}$ – общий часовой объем перевозок пассажиров на маршруте, пас.;
 $C_{\text{пч}}$ – стоимость потерь пассажира за 1 час ожидания транспорта;
 J – интервал движения пассажирских транспортных средств на маршруте ($J = 1/n_{\text{ч}}$).

В свою очередь, значение $Q_{\text{общ.ч}}$ рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{общ.ч}} = 2Q_{\text{ср.ч}} n_{\text{см}} = 2Q_{\text{пч}} / k_{\text{нер}} n_{\text{см}}, \quad (15.10)$$

где $Q_{\text{ср.ч}}$ – среднечасовая общая загрузка пассажирских транспортных средств при движении на маршруте;
 $n_{\text{см}}$ – средний коэффициент сменности пассажиров за один рейс пассажирского транспортного средства на маршруте;
 $k_{\text{нер}}$ – коэффициент неравномерности пассажиропотока по участкам маршрута за оборот пассажирского транспортного средства,

$$k_{\text{нер}} = Q_{\text{пч}} / Q_{\text{ср.ч}}. \quad (15.11)$$

После подстановок получаем

$$Z_{\text{ч}} = Q_{\text{пч}} / q (l_0 (a_{\text{км1}} + a_{\text{км2}} q) + (l_0 / v_{\text{то}} + t) (a_{\text{ч1}} + a_{\text{ч2}} q)) + q C_{\text{пч}} / k_{\text{нер}} n_{\text{см}} = \min_q. \quad (15.12)$$

Производная от $Z_{\text{ч}}$ по q , приравненная к нулю, определяет оптимальное значение $q_{\text{опт}}$.

В результате преобразований имеем

$$q_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{пч}} k_{\text{нер}} [l_0 a_{\text{км1}} + a_{\text{км2}} (l_0 / v_{\text{то}} + t)]}{C_{\text{пч}} n_{\text{см}}}}. \quad (15.13)$$

Однако значение $Q_{\text{пч}}$ изменяется в течение суток, а вместимость единицы пассажирского транспортного средства, работающей на маршруте, остается постоянной. Поэтому решение должно приниматься по минимуму значения целевой функции:

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_{\text{ч}i} = \min_q, \quad (15.14)$$

где $Z_{\text{ч}i}$ – значение целевой функции для i -го часа суток;

n – число часов за суточный период, в течение которых выполняются перевозки пассажиров на маршруте.

С учетом суточной изменчивости $Q_{пч}$ оптимальное значение пассажироместности единицы пассажирского транспортного средства

$$q_{i\tau\delta} = \sqrt{\frac{2Q_{i+\delta} k_{i\delta} [l_o a_{\delta i-1} + a_{+1} (l_o / v_{oi} + t_{i\delta})]}{C_{i\tau} n_{\bar{n}}}}, \quad (15.15)$$

где $Q_{пч.ср}$ – среднечасовой пассажиропоток на наиболее загруженном участке маршрута по периодам, когда работа транспортных средств на маршруте организована без информирования пассажиров о расписании движения.

15.3 Варианты заданий

Исходные данные:

- а) пассажиропоток на маршруте по часам суток выбирается по сумме двух последних цифр номера зачетной книжки (см. таблицу 13.3);
- б) затраты на 1 км пробега автобусов $C_{км}$ (таблица 15.1);
- в) затраты на 1 час пробега автобусов $C_{час}$ (см. таблицу 15.1);

Таблица 15.1 – Затраты на 1 км пробега и 1 ч работы автобусов

Показатель	Значение показателя по маркам								
	МАЗ105	ИК280	МАЗ104	МАЗ103	ЛАЗ42021	ИК 260	МАН	«Богдан»	ГАЗ-32213-511
q	170	120	110	100	83	75	70	45	15
$C_{км}$	1083	810	958	958	754	740	568	362	224
$C_{час}$	14851	14263	13064	13064	10082	10490	10574	8956	7151

- г) модель, марка и вместимость автобусов (см. таблицу 13.1);
- д) стоимость потерь пассажира за 1 час ожидания транспорта $C_{пч} = 4000$ руб.;
- е) коэффициент неравномерности пассажиропотока по участкам маршрута за оборот пассажирского транспортного средства $k_{нпр} = 1,2$;
- ж) длина оборота автобуса на маршруте l_o , техническая скорость $v_{то}$, суммарное время простоя на остановочных пунктах $t_{ок}$ – принять значение величин из задания № 13.

Требуется:

- а) рассчитать параметры зависимостей $a_{км1}$, $a_{км2}$, $a_{ч1}$, $a_{ч2}$;
- б) определить формулы расчета $S_{км}$ и $S_ч$;
- в) определить расчетным путем оптимальное значение вместимости пассажирского автомобильного транспортного средства $q_{опт}$ по часам суток.

15.4 Пример выполнения задания

Исходные данные. Пассажиропоток на маршруте по часам суток принимаем из таблицы 13.4 задания № 13, длина оборота $l_{об} = 10$ км, техническая скорость $v_{то} = 25$ км/ч, коэффициент сменности пассажиров $\eta_{см} = 2,7$, суммарное время простоя остановочных пунктах $t_{ок} = 20$ мин.

Выполнение работы. Используя программу *Excel* пакета *Microsoft Office*, построим графики (рисунки 15.1 и 15.2) зависимости затрат на 1 км пробега и 1 час работы автобусов от вместимости транспортного средства и определим уравнение зависимости $S_{км} = f(q)$ $S_ч = f(q)$ на основании данных таблицы 15.1.

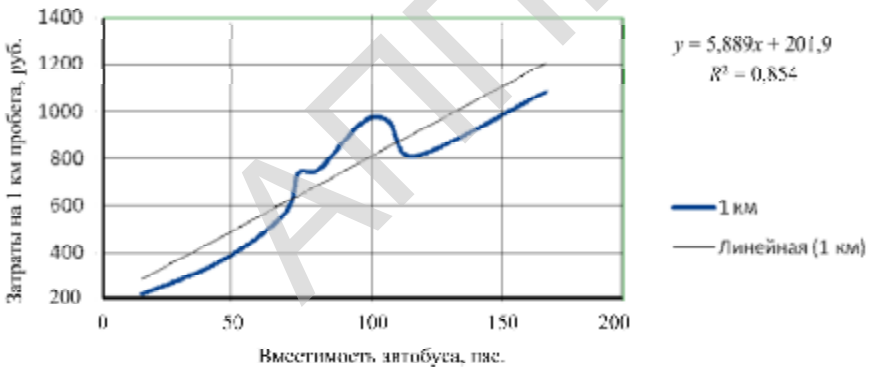


Рисунок 15.1 – График зависимости затрат на 1 км пробега автобусов от вместимости транспортного средства

Таким образом, зависимость, позволяющая рассчитать затраты на 1 км пробега транспортного средства на маршруте, $S_{км} = 201,9 + 5,89q$.

Зависимость, позволяющая рассчитать затраты на 1 час работы транспортного средства на маршруте, $S_ч = 6595 + 54,74q$.

Таким образом параметры зависимостей для расчета оптимальной вместимости $a_{км1} = 201,9$, $a_{км2} = 5,89$, $a_{ч1} = 6595$, $a_{ч2} = 54,74$.

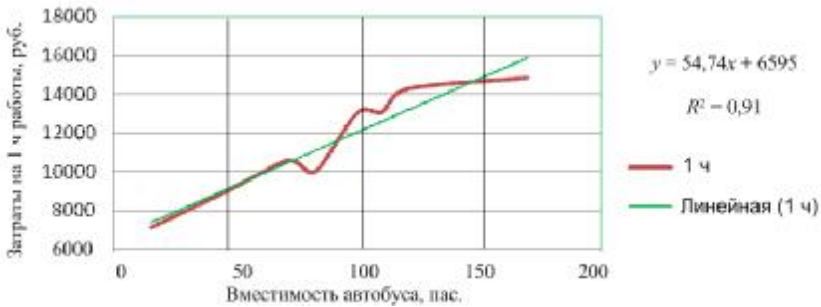


Рисунок 15.2 – График зависимости затрат на 1 час работы автобусов от вместимости транспортного средства

Оптимальное значение вместимости пассажирского автомобильного транспортного средства для периода времени 6–7

$$q_{\text{тг}}^{6-7} = \sqrt{\frac{2 \cdot 520 \cdot 1,2 \cdot (10 \cdot 201,9 + 6595 \cdot (10 / 25 + 20))}{4000 \cdot 2,7}} = 125 \text{ п.с.}$$

Аналогично выполняют расчет по всем периодам суток. Результаты расчетов приведены в таблице 15.2.

Таблица 15.2 – Оптимальные значение вместимости автобуса по периодам суток

Оптимальная вместимость, пас.	Часы суток	Оптимальная вместимость, пас.	Часы суток	Оптимальная вместимость, пас.	Часы суток	Оптимальная вместимость, пас.	Часы суток
125	6–7	136	10–11	160	14–15	182	18–19
227	7–8	147	11–12	165	15–16	141	19–20
215	8–9	153	12–13	219	16–17	111	20–21
145	9–10	153	13–14	206	17–18	77	21–22

Контрольные вопросы

1 Как изменяются затраты на один час работы автобуса в зависимости от его пассажировместимости?

2 Как изменяются затраты на один километр пробега автобуса в зависимости от его пассажировместимости?

3 От каких факторов зависит оптимальная вместимость автобуса?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Воркут, А. И.** Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – Киев : Вища шк., 1986. – 287 с.
- 2 **Ванчукевич, В. Ф.** Грузовые автомобильные перевозки / В. Ф. Ванчукевич [и др.]. – Минск : Выш. шк., 1989. – 223 с.
- 3 Организация и планирование грузовых автомобильных перевозок / под ред. Л. А. Александрова. – Минск : Выш. шк., 1986. – 117 с.
- 4 **Кожин, А. П.** Математические методы в планировании и управлении автомобильными перевозками / А. П. Кожин. – М. : Высш. шк., 1979. – 304 с.
- 5 Краткий автомобильный справочник. – М. : Транспорт, 1978. – 464 с.
- 6 **Терешко, С. И.** Системный подход к повышению качества автомобильного транспортного процесса / С. И. Терешко. – Минск : Наука и техника, 1988. – 217 с.
- 7 Автомобильные перевозки пассажиров. Сборник нормативных документов. Вып. 1. – Минск : Юнипак, 2003. – 202 с.
- 8 **Блатнов, М. Д.** Пассажирские автомобильные перевозки / М. Д. Блатнов. – М. : Транспорт, 1981. – 302 с.
- 9 **Вайншток, М. А.** Организация городских автобусных перевозок / М. А. Вайншток. – М. : Транспорт, 1979. – 158 с.
- 10 **Варелопуло, Г. А.** Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте / Г. А. Варелопуло. – М. : Транспорт, 1981. – 93 с.
- 11 **Горев, А. Э.** Грузовые автомобильные перевозки : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. Э. Горев. – М. : Изд. центр «Академия», 2004. – 288 с.
- 12 **Гудков, В. А.** Технология, организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками : учеб. для вузов / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин. – М. : Транспорт, 1997. – 254 с.
- 13 **Овечников, Е. В.** Городской транспорт / Е. В. Овечников, М. С. Фишельсон. – М. : Высш. шк., 1976. – 210 с.
- 14 Правила автомобильных перевозок пассажиров в Республике Беларусь. – Минск : Минтранс Беларуси, 2008. – 45 с.
- 15 **Рошин, А. И.** Организация городского автобусного маршрута : задание и методические указания к курсовому проекту по курсу «Технология, организация и управление пассажирским автомобильным транспортом» / А. И. Рошин, В. И. Яцукович. – М. : МАДИ, 1994. – 20 с.
- 16 **Спирин, И. В.** Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками : учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования / И. В. Спирин. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.
- 17 **Тростянецкий Б. Л.** Автомобильные перевозки. Задачник : учеб. пособие для автотрансп. техникумов / Б. Л. Тростянецкий. – М. : Транспорт, 1988. – 238 с.
- 18 **Чижонок, В. Д.** Выбор автомобильных транспортных средств для перевозки грузов / В. Д. Чижонок. – Гомель : БелГУТ, 2003. – 63 с.
- 19 **Аземша, С. А.** Зависимость себестоимости международных автомобильных перевозок грузов от параметров транспортных средств и перевозочного процесса / С. А. Аземша // Транспорт и связь. – 2006. – № 4. – С. 57–60.

20 **Скирко́вский, С. В.** Выбор вместимости транспортных средств для городских перевозок пассажиров в регулярном сообщении / С. В. Скирко́вский // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния. – Екатеринбург, 2005. – С. 82–89.

21 Автомобильный справочник / под ред. В. М. Приходько.– М. : Машиностроение, 2004. – 704 с.

22 Об утверждении норм времени на перевозку грузов автомобильным транспортом и норм затрат на техническое обслуживание и ремонт подвижного состава автомобильного транспорта Республики Беларусь : постановление М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 1 ноября 2002 г., № 35 // Консультант Плюс: Беларусь [Электрон. ресурс] / ООО"ЮрСпектр"/ Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011.

23 **Костевич, Л. С.** Математическое программирование: информационные технологии оптимальных решений : учеб. пособие / Л. С. Костевич. – Минск : Новое знание, 2003. – 424 с.

24 **Лебедева, Г. И.** Прикладная математика. Математические модели в транспортных системах : учеб. пособие / Г. И. Лебедева, Н. А. Микулик. – Минск : Асар, 2009. – 512 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

**Нормы времени на перевозку грузов
автомобильным транспортом**

Нормы времени установлены при простое автомобилей под погрузкой и разгрузкой грузов 1-го класса (кроме контейнеров, а также наливных и пылевидных грузов в автоцистернах, не имеющих класса) на одну тонну; для контейнеров – на один контейнер; для наливных и пылевидных грузов в автоцистернах, не имеющих класса, – на полный эксплуатационный объем автоцистерны. Для грузов 2, 3 и 4-го классов нормы времени применяются со следующими поправочными коэффициентами: для грузов 2-го класса – 1,25; 3-го класса – 1,66; 4-го класса – 2,00.

Нормы времени на погрузку-выгрузку автомобилей-фургонов приведены в таблице А.1, нормы времени на выполнение дополнительных работ – в таблице А.2.

Таблица А.1 – Нормы времени простоя автомобилей-фургонов и автомобилей-тягачей с полуприцепами-фургонами при погрузке и разгрузке вручную грузов упакованных и без упаковки

Грузоподъемность автомобиля, т	До 0,8	Св. 0,8 до 2,0	Св.2,0 до 3,0	Св.3,0 до 4,0	Св.4,0 до 5,0	Св.5,0 до 6,0	Св.6,0 до 7,0	Св.7,0 до 8,0
Норма времени на 1 т, мин	29,4	24,6	18	13,9	11	10	9,3	8,6

Таблица А.2 – Нормы времени простоя автомобилей при выполнении дополнительных работ в процессе погрузки или разгрузки грузов

Наименование работ	Норма времени простоя, мин
Взвешивание груза на автомобильных весах: на каждое определение массы груза в автомобиле, прицепе или автопоезде (взвешивание порожнего и груженого автомобиля или прицепа) независимо от класса груза и грузоподъемности автомобиля	4
Взвешивание или перевешивание груза на десятичных или сотенных весах на автомобиль (автопоезд) грузоподъемностью: до 4 т включительно св. 4 до 7 т включ. св. 7 т	9
	13
	18
Пересчет грузовых мест на каждый автомобиль, полуприцеп или прицеп независимо от класса груза и грузоподъемности	4
Заезд в каждый промежуточный пункт погрузки или разгрузки независимо от грузоподъемности автомобиля (автопоезда)	9

Норма времени на 1 т·км, мин,

$$i_{\text{ад}} = \frac{60}{vq\beta}, \quad (\text{A.1})$$

где 60 – переводной коэффициент одного часа в минуты;

v – расчетная норма пробега автомобиля для соответствующей группы дорог, км/ч;

q – грузоподъемность автомобиля, т; для автомобильных цистерн – номинальная эксплуатационная емкость цистерны, тыс. л;

β – коэффициент использования пробега автомобиля.

За время работы водителя автомобиля по дорогам различных групп в одной езде нормы времени на 1 т·км при разовых ездах устанавливаются по преобладающей группе дорог. Расчетные нормы пробега грузовых автомобилей (v) при расчете норм на один тонно-километр приведены:

1) при работе за городом – в таблице А.3;

Таблица А.3 – Расчетные нормы пробега грузовых автомобилей (v) при расчете норм на один тонно-километр

Группы дорог	Тип дорожного покрытия	Расчетная норма пробега автомобиля, км/ч
I	Дороги с усовершенствованным покрытием (асфальтобетонные, цементобетонные, брусчатые, гудронированные, линкерные) На автомагистралях	50
		70
II	Дороги с твердым покрытием (булыжные, щебеночные, гравийные) Грунтовые улучшенные	38
		37
III	Дороги естественные грунтовые	30

2) при работе в городе независимо от типа дорожного покрытия для автомобилей и автопоездов грузоподъемностью до 7 т (автоцистерна до 6 тыс. л) – 25 км/ч, а для 7 т (автоцистерна 6 тыс.л) и выше – 24 км/ч.

Примечание – К городским дорогам относятся: в областных центрах – дороги на территории города и до 10 км за установленной границей города; в остальных городах (населенных пунктах) к городским дорогам относятся только дороги в установленных границах города (населенного пункта).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЕЙ

Наименование параметра	Марки автомобилей																		
	ГАЗ-3307	ГАЗ-5203	ЗИЛ-431410	ЗИЛ-133Г40	УРАЛ-34320	КамАЗ-5320	МАЗ-650108	МАЗ-5516	МАЗ-5335	КрАЗ-65055	ГАЗ-6601	ГАЗ-6602	ЗИЛ-4334	ЗИЛ-131	УРАЛ-375Д	УРАЛ-375Н	УРАЛ-6362	КрАЗ-6322	ГАЗ-5204
Грузоподъемность, т	4,5	2,5	6	10	10	8	20	20,3	8	16,1	2	2	4,5	5	5	7	18	10,3	2,5
Максимальная мощность, кВт (л.с.)	88,5 (120)	55,2	(150)	(150)	132,4	154,4	(400)	243 (330)	132,4	243 (330)	(115)	(115)	(110)	110,3	132,4	132,4	294,4	243 (330)	55,2
Допустимая масса прицепа, т	3,5	2,5	8	11,5	10	11,5	20	12	12	20	2	2	3,6	6,5	10	10	7	30	2,5
Собственная масса, т	3,2	2,815	4,175	6,875	7,225	7,08	12,7	9,05	6,725	12,27	3,47	3,64	5,8	6,7	7,8	7,7	8,02	12,7	2,52
Минимальный радиус поворота, м	8,0	8,9	8,3	10,5	11,4	9,3	13	8,6	9,5	11	9,5	9,5	11,2	10,2	10,8	10,8	10,8	13,5	7,5

Продолжение приложения Б

Наименование параметра	Марки автомобилей																		
	ГАЗ-3307	ГАЗ-5203	ЗИЛ-431410	ЗИЛ-133Г40	УРАЛ-34320	КамАЗ-5320	МАЗ-650108	МАЗ-5516	МАЗ-5335	КрАЗ-65055	ГАЗ-6601	ГАЗ-6602	ЗИЛ-4334	ЗИЛ-131	УРАЛ-375Д	УРАЛ-375н	УРАЛ-6362	КрАЗ-6322	ГАЗ-5204
Собственная масса, приходящаяся на переднюю ось, т	1435	1,32	2,01	2,7	3,36	3,32	4,5	5,25	3,425	4,18	2,14	2,34	2,68	2,9	3,61	3,52	4,02	6,05	1,22
Полная масса, т	7850	5,465	10,40	17,7	14,95	15,305	33,5	33	14,95	28,35	5,8	5,97	8,45	11,685	13,025	14,925	13,245	23	5,17
Полная масса, приходящаяся на переднюю ось, т	1875	1,52	2,51	4,37	3950	4,375	7,5	7	4,95	5,9	2,73	2,93	3,05	3,2	3,8	4,17	4,3	7	1,56
Частота вращения коленвала, соответствующая максимальной мощности, об./мин	3200	2600	3200	3200	3200	2600	2100	2100	2100	2100	3200	3200	2800	3200	3200	3200	2600	2100	2600
Максимальный крутящий момент, Н/м (кгс·м)	284,5(29)	205,9	(41)	(41)	465,8	637,4	(68)	1225	666,8	1225	(29)	(29)	(34,5)	402	465,8	465,8	637,4	1225	205,9
Частота вращения коленвала, соответствующая максимальному крутящему моменту, об./мин	2000–2500	1800	1900	1900	1900	1550	1500	1500	1500	1500	2100	2100	1250	1900	1900	1900	1550	1500	1600

Максимальная скорость, км/ч	Передаточные числа дополнительной коробки	Расстояние между осями передних (задних) колес, мм	Дорожный просвет под передней осью (средней, задней осями), мм	Колесная формула	Габариты, мм Д×Ш×В
90	-	1630 (1690)	347 (-; 265)	4×2	6550×2380×2350
70	-	1577 (1650)	347 (-; 265)	4×2	6395×2380×2190
90	-	1800 (1850)	340 (-; 220)	4×2	6675×2500×2400
80	-	1835 (1850)	350 (250, 250)	6×4	9000×2500×2700
75	1,3; 2,15	2020 (2020)	400 (345; 345)	6×4	6944×2500×2600
90	-	2010 (1850)	285 (-; 295)	6×4	7435×2500×3650
85	-	1970 (1865)	270 (-; 270)	6×4	8130×2500×3400
92	-	1970 (1866)	300 (290; 290)	4×2	7140×2500×2640
85	-	1970 (1865)	270 (-; 270)	4×2	7250×2500×3650
90	1,23; 2,28	1950 (1920)	290 (-; 290)	6×4	9640×2650×2670
90	1,982	1800 (1750)	315 (-; 315)	4×4	5805×2322×2520
90	1	1800 (1750)	315 (-; 315)	4×4	5805×2322×2520
65	1,16; 2,27	1755 (1750)	310 (-; 310)	6×6	6922×2315×2915
80	2,08; 1	1820 (1820)	330 (-; 355)	6×6	6900×2500×2975
75	2,15; 1,3	2000 (2000)	400 (-; 400)	6×6	7366×2674×2980
75	2,15; 1,3	2000 (2000)	345 (-; 345)	6×6	7611×2500×2600
85	1,3; 2,15	2000 (2000)	400 (-; 400)	6×6	7366×2500×2870
80	2,28; 1,3	2160 (2160)	360 (360; 360)	6×6	8645×2750×3150
70	-	1650 (1690)	335 (-; 245)	4×2	5708×2200×2150

Окончание приложения Б

Наименование параметра	Марки автомобилей																		
	6,55; 3,09; 1,71; 1; з.х. 7,77	6,48; 3,09; 1,71; 1; з.х.-7,9	7,44; 4,1; 2,29; 1,47; 1; з.х. 7,09	7,44; 4,1; 2,29; 1,47; 1; з.х. 7,09	6,17; 3,4; 1,79; 1; 0,78; з.х. 6,69	7,82; 6,38; 4,03; 3,29; 2,5; 2,04; 1,53; 1,25; 1; 0,81; з.х. 7,38; 6,02	5,26; 2,9; 1,52; 1; 0,66; з.х. 5,48	5,26; 2,9; 1,52; 1; 0,66; з.х. 5,48	5,26; 2,9; 1,52; 1; 0,66; з.х. 5,48	5,26; 2,9; 1,52; 1; 0,66; з.х. 5,48	6,55; 3,09; 1,71; 1; з.х. 7,77	6,55; 3,09; 1,71; 1; з.х. 7,77	7,44; 4,1; 2,29; 1,47; 1; з.х. 7,09	7,44; 4,1; 2,29; 1,47; 1; з.х. 7,09	6,17; 3,4; 1,79; 1; 0,78; з.х. 6,69	6,17; 3,4; 1,79; 1; 0,78; з.х. 6,69	5,61; 2,89; 1,64; 1; 0,723; з.х. 5,31	5,26; 2,9; 1,52; 1; 0,66; з.х. 5,48	6,4; 3,09; 1,69; 1; з.х. 7,82
Передаточные числа КПП	ГАЗ-3307	ГАЗ-5203	ЗИЛ-431410	ЗИЛ-133Г40	УРАЛ-34320	КамАЗ-5320	МАЗ-650108	МАЗ-5516	МАЗ-5335	КрАЗ-65055	ГАЗ-6601	ГАЗ-6602	ЗИЛ-4334	ЗИЛ-131	УРАЛ-375Д	УРАЛ-375Н	УРАЛ- 6362	КрАЗ-6322	ГАЗ-5204

Размер шин	Передаточное число главной передачи	Контрольный расход топлива при скорости 60 км/ч (автопоезд), л/100 км	Передаточное число главной передачи	Внутренние размеры кузова, мм
240R508		19,6	6,17	3740×2170
240R508		21	6,67	3740×2170
260R508		25,8 (33,0)	6,33(6,32)	3752×2326
260-508	2,1	36	6,33	6100×2317
1100×400-533	1,8	45	8,05	4500×2326
260-508P	2,5	26 (35)	-7,22; 6,53; 5,94	5200×2320
300-508	1,4	18	7,24	4860×2340
300-508	1,6	34	7,73	6200×2500
300-508	2,3	23,8	7,24	4965×2360
320-508	2,4	33	8,21	5770×2480
12-18	1,6	24	6,83	3330×2050
12-18	1,7	24	6,83	3330×2050
12-18	2,1	42	6,67	3570×2090
12-18	2,6	40	7,339	3600×2322
14-20	1,4	46	8,9	3900×2430
1100×400-533	2,2	45	8,05	4500×2326
370-508	2,3	26	7,32	3900×2378
1300×530-533	1,6	33,4	8,21	4565×2500
220-508	2,1	20	6,83	3060×2070

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Пассажиروбмен остановочных пунктов на маршрутах

Таблица В.1 – Пассажируобмен остановочных пунктов за оборот на маршруте А

Наименование остановки	Вариант											
	1		2		3		4		5		6	
	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло
Вокзал	0	28	0	19	0	19	0	28	0	36	0	25
Карповича улица	0	32	0	19	0	19	1	17	1	17	1	17
Гагарина улица	1	7	0	0	9	1	3	1	2	0	0	1
Училище	3	5	3	11	2	8	0	7	0	4	1	6
Луговая улица	8	9	2	12	3	9	6	9	2	15	1	15
Пугачева улица	12	1	6	0	3	0	5	0	12	0	5	2
Бабушкина улица	6	0	2	4	5	1	3	0	7	0	11	2
Больница	11	9	13	2	15	3	17	0	15	13	7	1
Добрушская улица	5	0	4	0	1	0	2	0	3	0	4	0
Победа	7	0	18	0	4	0	3	0	5	1	13	1
Юбилейный	7	0	4	0	6	1	9	1	14	3	12	0
Березки	30	15	15	42	11	27	17	6	25	21	14	19
Юбилейный	2	5	1	11	0	9	0	4	0	5	1	5
Победа	3	11	1	15	0	7	1	5	0	15	1	1
Добрушская улица	0	25	0	5	0	12	0	5	0	8	0	6
Больница	0	14	10	8	11	13	3	21	3	19	0	2
Бабушкина улица	4	5	3	7	1	6	0	1	5	8	1	7
Пугачева улица	3	12	3	17	3	9	0	9	5	14	0	6
Луговая улица	3	2	7	5	2	0	2	0	16	0	7	0
Училище	21	2	21	2	19	2	10	0	18	0	2	0
Гагарина улица	15	0	6	0	3	0	0	2	2	3	2	1
Карповича улица	20	3	38	1	25	0	18	0	24	0	19	2
Вокзал	24	0	23	0	23	0	16	0	23	0	17	0

Таблица В.2 – Пассажиروбмен остановочных пунктов за оборот на маршруте Б

Наименование остановки	Вариант											
	7		8		9		10		11		12	
	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло
Вокзал	0	21	0	28	0	11	0	16	0	10	0	26
Карповича улица	0	9	0	1	0	1	0	9	0	2	0	9
Коминтерн	0	14	1	23	3	9	0	11	2	13	1	31
ЗИП	1	4	2	17	8	1	1	8	0	9	4	28
Кинотеатр «Октябрь»	2	7	4	11	2	2	10	6	2	1	8	7
Чкалова улица	7	43	5	7	1	2	3	34	1	4	4	46
ЗПИ	15	5	19	4	1	1	14	13	14	6	36	15
Жукова улица	10	0	11	2	5	0	8	2	7	2	18	0
60 лет СССР улица	14	0	14	1	0	0	20	0	1	1	16	0
Универсам	43	0	28	0	2	0	34	1	16	1	57	1
Любенский микрорайон	11	9	9	6	5	25	10	18	6	10	18	12
Универсам	0	30	0	16	0	44	0	29	0	22	3	9
60 лет СССР улица	3	4	0	2	5	9	2	9	0	4	0	3
ЗИП	4	8	5	10	8	28	12	33	4	16	3	7
Чкалова улица	15	1	5	4	4	7	16	3	8	0	7	1
Кинотеатр «Октябрь»	5	1	2	1	6	7	8	2	9	0	2	2
ЗИП	11	3	7	2	20	5	15	6	3	0	6	2
Коминтерн	5	1	4	0	41	2	19	2	9	0	6	2
Карповича улица	4	0	3	0	25	0	10	0	6	0	1	0
Вокзал	10	0	16	0	18	0	20	0	13	0	11	0

Таблица В.3 – Пассажиروбмен остановочных пунктов за оборот на маршруте В

Наименование остановки	Вариант											
	13		14		15		16		17		18	
	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло
Вокзал	0	11	0	18	0	12	0	16	0	6	0	18
Карповича улица	0	3	0	8	0	14	1	5	2	6	1	5
Крестьянская улица	0	3	0	2	1	8	2	2	8	6	1	12
Площадь Ленина	4	2	4	2	2	10	10	11	5	7	6	9
Цирк	3	4	2	3	5	2	3	5	5	0	10	9
8 Марта	9	3	4	2	6	5	3	2	6	11	9	6
Тельмана улица	1	8	1	23	1	11	3	13	7	9	5	6
Чехова улица	0	0	4	0	0	0	9	3	9	7	2	11
Пролетарский луг	2	0	18	0	13	1	8	2	4	2	13	1
Универсам	8	0	8	0	4	0	4	0	0	0	13	2
Головацкого улица	4	9	5	0	28	0	2	0	7	3	8	2
17-й микрорайон	5	19	5	21	6	13	14	4	4	1	13	2
Головацкого улица	0	48	0	16	0	11	0	9	0	1	4	2
Универсам	0	12	0	5	0	2	3	6	0	8	0	14
Пролетарский луг	0	12	1	4	0	10	4	5	5	13	7	3
Универмаг	40	13	9	13	14	16	12	4	3	6	14	16
Цирк	10	0	0	1	7	6	1	5	8	4	7	2
Жарковского улица	13	2	3	1	4	3	0	3	11	9	0	5
Площадь Ленина	27	0	6	0	12	3	9	2	7	5	1	0
Крестьянская улица	14	0	7	0	8	2	1	4	5	4	3	3
Карповича улица	2	0	13	2	4	3	1	1	2	1	3	3
Вокзал	7	0	31	0	17	0	12	0	11	0	11	0

Таблица В.4 – Пассажиروбмен остановочных пунктов за сутки на маршруте А

Наименование остановки	Длина перергона, км	Вариант											
		1		2		3		4		5		6	
		вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло
Вокзал		0	302	0	325	0	224	0	315	0	257	0	301
Карповича улица	0,6	2	141	4	118	12	158	12	244	5	182	18	208
Гагарина улица	0,8	31	168	25	240	19	192	54	186	16	146	10	150
Училище	0,4	20	112	41	105	45	236	37	192	31	150	44	134
Луговая улица	1,1	12	109	32	96	81	118	77	94	78	101	45	114
Пугачева улица	0,4	123	61	82	84	80	96	91	82	65	83	69	76
Бабушкина улица	0,6	75	45	70	64	74	82	82	42	89	77	60	45
Больница	0,5	157	98	295	127	182	110	114	52	194	96	214	82
Добрушская ули-	1,6	72	23	183	46	116	60	176	18	156	55	118	64
Победа	0,5	170	16	124	10	232	18	215	24	187	14	186	12
Юбилейный	1	210	13	108	12	218	15	246	5	134	8	223	2
Березки	1,2	216	228	263	203	250	310	150	174	214	165	201	101
Юбилейный	1,2	6	83	8	133	5	241	2	160	0	118	1	262
Победа	1	15	122	19	188	3	180	11	114	12	294	13	311
Добрушская ули-	0,5	12	118	28	161	21	94	10	110	25	146	6	149
Больница	1,6	37	149	46	281	47	123	45	228	38	214	51	182
Бабушкина улица	0,5	39	73	51	92	34	54	74	94	59	106	87	74
Пугачева улица	0,6	64	84	78	51	54	62	63	101	70	72	116	35
Луговая улица	0,4	107	113	116	74	82	18	90	62	109	41	92	48
Училище	1,1	146	68	187	18	132	43	116	22	141	30	100	12
Гагарина улица	0,4	139	84	222	25	243	36	229	5	290	15	172	10
Карповича улица	0,8	274	29	186	4	184	5	285	11	289	12	267	9
Вокзал	0,6	312	0	289	0	361	0	156	0	180	0	288	0
Марка и вместимость автобуса		МАЗ-103 (96)		МАЗ-103 (100)		МАЗ-103 (110)		МАЗ-104 (89)		МАЗ-104 (91)		МАЗ-203 (99)	
Число рейсов за сутки		20		21		22		23		24		25	

Таблица В.5 – Пассажиروбмен остановочных пунктов за сутки на маршруте Б

Наименование остановки	Длина перегона, км	Вариант											
		7		8		9		10		11		12	
		вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло
Вокзал		0	354	0	418	0	269	0	322	0	173	0	216
Карповича улица	0,7	11	167	4	263	12	389	25	204	21	291	7	162
Коминтерн	0,8	57	231	28	158	39	276	31	381	16	329	35	374
ЗИП	0,7	63	204	56	237	71	177	54	305	83	182	61	282
Кинотеатр «Октябрь»	0,9	97	143	112	169	111	131	94	216	89	207	70	151
Чкалова улица	0,8	109	275	94	98	137	112	169	90	142	64	92	137
ЗПИ	0,7	213	53	301	72	253	63	308	35	167	89	159	78
Жукова улица	0,6	270	16	196	36	208	21	219	31	320	81	244	49
60 лет СССР улица	0,8	179	5	284	12	145	19	321	24	295	29	292	23
Универсам	0,6	324	0	237	6	264	7	229	4	211	17	256	11
Любенский микрорайон	0,7	125	268	157	114	224	54	162	218	118	320	267	167
Универсам	0,7	13	249	2	286	7	201	5	341	13	172	16	227
60 лет СССР улица	0,6	44	169	16	194	13	411	19	389	25	263	28	288
ЗПИ	1,4	156	363	95	267	62	299	57	114	54	305	39	231
Чкалова улица	0,7	186	124	129	153	74	97	83	107	76	134	84	164
Кинотеатр «Октябрь»	0,8	205	201	114	218	161	164	89	131	103	142	114	73
ЗИП	0,9	342	97	359	142	384	71	179	46	412	94	138	94
Коминтерн	0,7	225	53	301	54	210	43	216	52	291	68	370	58
Карповича улица	0,8	173	14	256	12	253	5	398	14	254	22	326	31
Вокзал	0,7	194	0	168	0	181	0	366	0	292	0	218	0
Марка и вместимость автобуса		МАЗ-107 (150)		МАЗ-105 (175)		МАЗ-105 (170)		МАЗ-105 (160)		МАЗ-104 (89)		МАЗ-203 (99)	
Число рейсов за сутки		22		21		20		18		16		17	

Таблица В.6 – Пассажирообмен остановочных пунктов за сутки на маршруте В

Наименование остановки	Длина перегона, км	Вариант											
		13		14		15		16		17		18	
		вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло	вышло	вошло
Вокзал		0	317	0	245	0	301	0	117	0	337	0	164
Карповича улица	0,6	8	170	12	308	18	95	6	164	10	246	4	185
Крестьянская улица	0,6	16	100	21	138	11	136	19	152	27	301	18	291
Площадь Ленина	0,65	54	112	83	52	47	264	42	295	60	108	97	227
Цирк	0,8	76	88	74	163	98	164	88	253	110	63	72	173
8 Марта	0,45	88	118	105	98	118	64	95	167	84	110	125	124
Тельмана улица	0,65	59	153	112	65	103	97	98	52	154	57	92	96
Чехова улица	0,3	47	29	56	77	64	51	48	18	96	71	144	63
Пролетарский луг	1,2	184	14	140	46	130	28	260	61	210	53	181	72
Универсам	0,35	142	11	151	17	218	33	183	34	108	30	192	48
Головацкого улица	0,4	277	24	264	11	199	19	258	8	283	21	240	30
17-й микрорайон	0,7	185	203	202	386	246	211	224	172	255	327	308	203
Головацкого улица	0,7	9	278	11	191	4	332	8	268	19	281	6	170
Универсам	0,4	4	137	10	215	16	231	20	309	19	170	15	352
Пролетарский луг	0,35	27	140	38	109	37	65	16	217	46	164	51	118
Универмаг	1,45	261	146	221	40	145	186	84	87	94	131	168	192
Цирк	0,6	97	65	108	62	181	152	146	52	112	74	114	139
Жарковского улица	0,5	78	52	84	21	197	46	218	102	187	92	105	98
Площадь Ленина	0,8	136	31	143	48	246	73	230	44	206	64	251	64
Крестьянская улица	0,6	131	44	168	31	189	38	174	21	259	63	202	71
Карповича улица	0,7	96	19	97	13	132	21	113	8	170	47	298	17
Вокзал	0,6	276	0	236	0	208	0	271	0	301	0	214	0
Марка и вместимость автобуса		МАЗ-107 (150)		МАЗ-103 (100)		МАЗ-103 (96)		МАЗ-104 (89)		МАЗ-104 (91)		МАЗ-203 (99)	
Число рейсов за сутки		23		21		20		22		24		19	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

Пример заполнения паспорта автобусного маршрута

Автобусный парк № 1

(наименование организации, уполномоченной заказчиком на разработку паспорта маршрута)

УТВЕРЖДАЮ

*Заместитель генерального директора
по производству и эксплуатации
КУП «Минсктранс»*

(руководитель заказчика)

(подпись, дата, печать)

ПАСПОРТ
регулярного автобусного маршрута
№ 100

«Аэропорт Минск-1 – Академия наук»

(наименование маршрута)

городской

(вид маршрута)

обычный

(тип маршрута)

Паспорт разработан _____

(подпись руководителя организации, разработавшей паспорт маршрута, дата, печать)

СОГЛАСОВАНО
УП «Горремавтодор
Мингорисполкома»

(подпись, дата, печать)

СОГЛАСОВАНО
УГАИ ГУВД Мингорисполкома

(подпись, дата, печать)

Общая характеристика маршрута

Наименование маршрута Аэропорт Минск-1 – Академия наук
(пункт отправления – пункт прибытия)

Номер маршрута 100

Вид маршрута городской
(городской, пригородный, междугородный)

Тип маршрута обычный
(обычный, скоростной, экспрессный)

Протяженность маршрута (км) 16,9

Время работы (ч., мин) 5.18; 1.25
(начало, окончание)

Сезонность работы на маршруте всесезонный

Марка и количество автобусов, необходимых для обслуживания маршрута,
МАЗ-1 23 п. е.

Количество рейсов, необходимых для обслуживания маршрута 572 рейса

Дата открытия и основание 01.09.2002 г. Письмо «УТиС Мингорисполкома» № 08-02/1705 от 23.08.2002 г.

Дата закрытия и основание _____

Диспетчерские пункты на маршруте _____
(наименование, адрес и номер телефона)

Расположение технических контрольных устройств на маршруте
ТК «Аэродромный» (КП 72); Гостиница «Спутник» (КП 52); пл. Независимости (КП 80); Академия наук (КП 6)
(место размещения)

Перевозчик, обслуживающий маршрут, и его реквизиты Филиалы
«Автобусный парк № 1», ул. Маяковского, 95; «Автобусный парк № 5»,
ул. Гурского, 15/6

А К Т
обследования условий движения, замера протяженности маршрута и расстояний между остановочными пунктами

Комиссия в составе: ведущего инженера отдела ФМС КУП «Минсктранс»

(фамилия, имя, отчество членов комиссии)

Правлоцкого Н.В., инженера производственного отдела УП «Горремавто-

и наименование организации, которую они представляют),

дор Мингорисполкома» Дашкевич А.Л., инспектора отделения дорожной

инспекции УГАИ ГУВД Мингорисполкома Сасина В.А., начальника отдела

перевозок автобусного парка № 1 Пилячинского В.Г.

«5» апреля 2005 г. произвела обследование дорожных условий для движения автобусов по регулярным маршрутам, замер расстояний между остановочными пунктами на маршруте, а также общей протяженности маршрута

Аэропорт «Минск-1» – Академия наук

(наименование маршрута)

1 Характеристика дорожных условий на маршруте

Наименование улиц (дорог), кем обслуживаются	Ширина проезжей части, м	Тип покрытия, протяженность, км	Наличие площадок для остановок и разворота с указанием ориентиров (км, объекты и др.)
<i>При движении от начального пункта</i>			
<i>Ул. Чкалова, УП «Ремавтодор Октябрьского района»</i>	<i>8</i>	<i>Асфальтобетон</i>	<i>Остановочная площадка на разворотном кольце (высадка пас.)</i>
<i>Ул. Чкалова, УП «Ремавтодор Октябрьского района»</i>	<i>12</i>	<i>”</i>	<i>Остановочная площадка по ул. Чкалова, 35; 19; 3а</i>
<i>Ул. Московская, УП «Ремавтодор Октябрьского района»</i>	<i>18–22</i>	<i>”</i>	<i>Остановочная площадка по ул. Московская, 11</i>
<i>Пр. Ф.Скорины, УП «Ремавтодор Московского района»</i>	<i>12–24</i>	<i>”</i>	<i>Остановочная площадка по пр. Ф. Скорины, 4–6</i>
<i>Пр. Ф.Скорины, УП «Ремавтодор Центрального района»</i>	<i>22–24</i>	<i>”</i>	<i>Остановочная площадка по пр. Ф. Скорины, 10; 18; напротив Дворца Республики; пр. Ф. Скорины, 32; 38; 44; 50; 64</i>

Окончание таблицы

Наименование улиц (дорог), кем обслуживаются	Ширина проезжей части, м	Тип покрытия, протяженность, км	Наличие площадок для остановки и разворота с указанием ориентиров (км, объекты и др.)
Ул. Сурганова, УП «Ремавтодор Первомайского района»	18	Асфальтобетон	Остановочная площадка по ул. Сурганова, 17
Ул. Академическая, УП «Ремавтодор Первомайского района»	12	То же	Остановочная площадка по ул. Академической, 27
<i>При движении в обратную сторону</i>			
Ул. Академическая, УП «Ремавтодор Первомайского района»	12	Асфальтобетон	Остановочная площадка по ул. Академической, 3
Пр. Ф.Скорины, УП «Ремавтодор Центрального района»	22–24	”	Остановочная площадка по пр. Ф. Скорины, 61; пл. Я. Коласа; пр. Ф. Скорины, 41; 33; у парка Я. Купалы; пр. Ф. Скорины, 21
Ул. Московская, УП «Ремавтодор Октябрьского района»	18–22	”	Остановочная площадка по ул. Московской, 16
Ул. Чкалова, УП «Ремавтодор Октябрьского района»	12	”	Остановочная площадка по ул. Чкалова, 12; 26; на разворотном кольце у Аэропорта «Минск-1»

2 Перечень участков дороги, опасных для движения автотранспорта

№ п/п	Наименование улиц (дорог)	На каком километре дороги		Описание опасных для движения участков маршрута
		при движении от начального пункта	при движении в обратную сторону	
–	–	–	–	–

3 Расстояние между промежуточными остановочными пунктами, км (с точностью до 0,1 км)

Наименование остановочных пунктов	Расстояние туда		Наименование остановочных пунктов	Расстояние обратно	
	от начального пункта	между пунктами		от начального пункта	между пунктами
Аэропорт «Минск-1»	0		Академия наук	0	
ТК «Аэродромный»	0,2	0,2	Ст. м. Академия наук	0,7	0,7
Гостиница «Полет»	0,6	0,4	Ул. П. Бровки	1,1	0,4
Гостиница «Спутник»	1,0	0,4	Пл. Я. Коласа	1,9	0,8
Ул. Московская	1,8	0,8	Ул. Козлова	2,5	0,6
Пл. Независимости	3,0	1,2	Пл. Победы	3,1	0,6
Ул. Володарского	3,3	0,3	Ул. Я. Купалы	3,6	0,5
Ул. Комсомольская	3,7	0,4	Ст. м. Октябрьская	4,2	0,6
Ст. м. Октябрьская	4,0	0,3	Ул. Ленина	4,5	0,3
Ул. Я. Купалы	4,6	0,6	Пл. Независимости	5,2	0,7
Пл. Победы	5,1	0,5	Ул. Московская	6,4	1,2
Ул. Козлова	5,7	0,6	Гостиница «Спутник»	7,3	0,9
Пл. Я. Коласа	6,2	0,5	Гостиница «Полет»	7,7	0,4
Ул. П. Бровки	7,1	0,9	Аэропорт «Минск-1»		
Дом печати	7,7	0,6	(высадка пас.)	8,3	0,6
Академия наук	8,5	0,8	Аэропорт «Минск-1»	8,4	0,1

Примечание – При заезде на отстойно-разворотное кольцо расстояние составило 0,7 км.

Оборотная сторона формы 2

Комиссия установила: общая протяженность маршрута, согласно показанию счетчика, проверенного в соответствии с СТБ 8003, спидометра автомобиля марки Форд-Транзит, номер государственной регистрации 0613ММ, составила 16,9 км. Расстояние от места расположения перевозчика до начального пункта маршрута составило АП № 1 – 3,7 км, АП № 5 – 5,8 км, от конечного пункта маршрута до места расположения перевозчика 4,9 км.

Выявленные недостатки в благоустройстве дороги (улицы) нет

Заключение комиссии Организация маршрута возможна

Члены комиссии: Правлоцкий Н.В., Дашкевич А.Л., Пилячинский В.Г.

(подпись, дата)

УТВЕРЖДАЮ
КУП «Минсктранс»
 (наименование заказчика)

«___» _____ г.

А К Т
обследования скорости движения автобуса на маршруте

Комиссия в составе: ведущего инженера отдела ФМС КУП «Минсктранс»
 (фамилия, имя, отчество членов комиссии)

Правлоцкого Н.В., инженера производственного отдела УП «Горремавто-
 и наименование организации, которую они представляют),

дор Мингорисполкома» Дашкевич А.Л., инспектора отделения дорожной
инспекции УГАИ ГУВД Мингорисполкома Сасина В.А., начальника отдела
перевозок автобусного парка №1 Пилячинского В.Г.

«5» апреля 2005 г. произвела, согласно показанию счетчика, проверенного в соответствии с СТБ 8003, спидометра автомобиля марки Форд-Транзит, номер государственной регистрации 0613ММ, измерение скорости на маршруте Аэропорт «Минск-1» – Академия наук и установила следующее:

Наименование остановочных пунктов маршрута	Расстояние между остановочными пунктами маршрута, км	Время движения, мин	Скорость движения, км/ч
<i>При движении туда</i>			
<i>Аэропорт «Минск-1»</i>	–	–	–
<i>ТК «Аэродромный»</i>	0,2	0,8	15,0
<i>Гостиница «Полет»</i>	0,4	1,5	16,0
<i>Гостиница «Спутник»</i>	0,4	1,2	20,0
<i>Ул. Московская</i>	0,8	2,5	19,2
<i>Пл. Независимости</i>	1,2	3,5	20,6
<i>Ул. Володарского</i>	0,3	1,0	18,0
<i>Ул. Колсомольская</i>	0,4	1,0	24,0
<i>Ст. м. Октябрьская</i>	0,3	1,0	18,0
<i>Ул. Я. Купалы</i>	0,6	2,0	18,0
<i>Пл. Победы</i>	0,5	2,0	15,0
<i>Ул. Козлова</i>	0,6	2,0	18,0
<i>Пл. Я. Коласа</i>	0,5	1,5	20,0
<i>Ул. П. Бровки</i>	0,9	3,0	18,0
<i>Дом печати</i>	0,6	2,0	18,0

Окончание таблицы

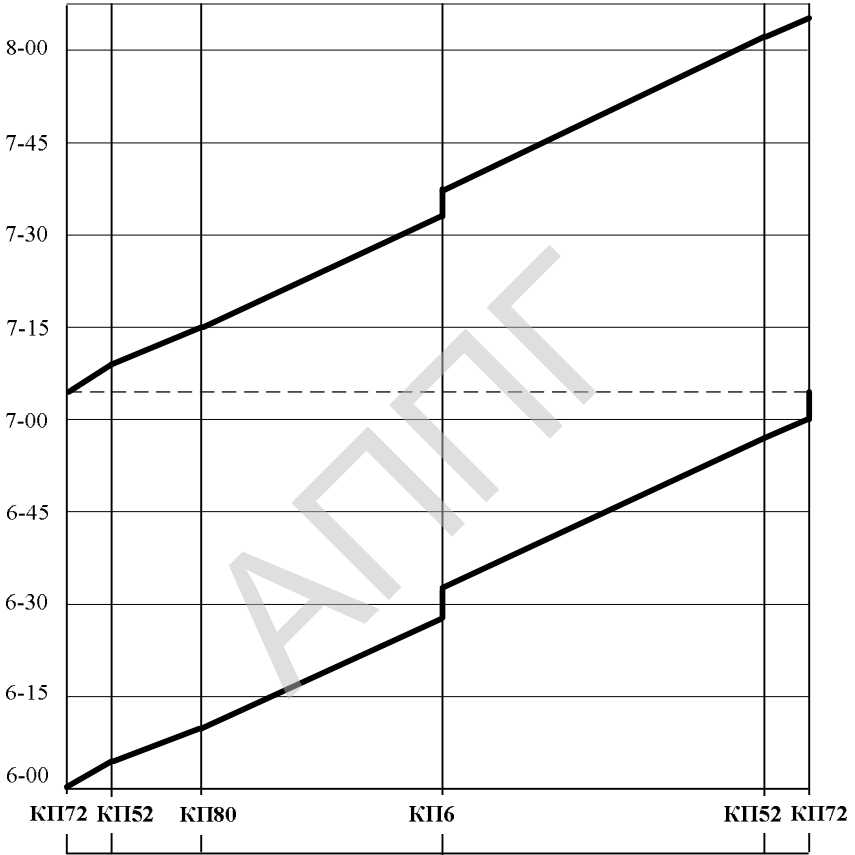
Наименование остановочных пунктов маршрута	Расстояние между остановочными пунктами маршрута, км	Время движения, мин	Скорость движения, км/ч
<i>Академия наук</i>	<i>0,8</i>	<i>2,5</i>	<i>19,2</i>
Итого		<i>27,5</i>	<i>18,5</i>
<i>При движении обратно</i>			
<i>Академия наук</i>			
<i>Ст. м. Академия наук</i>	<i>0,7</i>	<i>2,0</i>	<i>21,0</i>
<i>Ул. П. Бровки</i>	<i>0,4</i>	<i>1,2</i>	<i>20,0</i>
<i>Пл. Я. Коласа</i>	<i>0,8</i>	<i>2,5</i>	<i>19,2</i>
<i>Ул. Козлова</i>	<i>0,6</i>	<i>2,0</i>	<i>18,0</i>
<i>Пл. Победы</i>	<i>0,6</i>	<i>2,0</i>	<i>18,0</i>
<i>Ул. Я. Купалы</i>	<i>0,5</i>	<i>1,8</i>	<i>16,7</i>
<i>Ст. м. Октябрьская</i>	<i>0,6</i>	<i>2,2</i>	<i>16,4</i>
<i>Ул. Ленина</i>	<i>0,3</i>	<i>1,0</i>	<i>18,0</i>
<i>Пл. Независимости</i>	<i>0,7</i>	<i>2,3</i>	<i>18,3</i>
<i>Ул. Московская</i>	<i>1,2</i>	<i>3,5</i>	<i>20,6</i>
<i>Гостиница «Спутник»</i>	<i>0,9</i>	<i>3,0</i>	<i>18,0</i>
<i>Гостиница «Полет»</i>	<i>0,4</i>	<i>1,0</i>	<i>24,0</i>
<i>Аэропорт «Минск-1» (высадка пас.)</i>	<i>0,6</i>	<i>2,0</i>	<i>18,0</i>
<i>Аэропорт «Минск-1»</i>	<i>0,1</i>	<i>0,3</i>	<i>20,0</i>
Итого		<i>26,8</i>	<i>18,8</i>

Члены комиссии: *Правлоцкий Н.В., Дашкевич А.Л., Пилячинский В.Г.*

(подпись, дата)

**ГРАФИК
движения автобуса**

Ч-МИН



Размещение остановочных пунктов

В прямом направлении

В обратном направлении

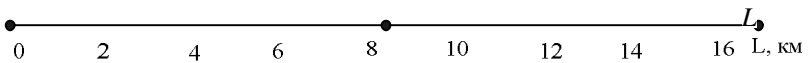


Таблица для отчета перевозчика за работу, выполненную на маршруте за _____ год

Наименование показателей		
1 Количество рейсов		
2 Количество автобусов по маркам		
3 Перевезено пассажиров		
4 Выполнено пассажиро-километров		
5 Выручка фактическая, млн руб.		
6 Выручка от проданных билетов, руб., В т. ч.: в автобусе в кассах многоразового пользования – на месяц, декаду		
7 Себестоимость одного пассажиро-километра		
8 Тариф, руб.		
9 Рентабельность, %		
10 Дотация, руб.		
11 Количество перевозчиков, участвующих в обслуживании маршрута		

**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ
изменений характеристики маршрута**

Дата внесения изменений	Наименование изменения, основание	Номер документа	Подпись лица, внесшего изменение	Срок введения изменения
1	2	3	4	5

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

Транспортная сеть и корреспонденции пассажиров

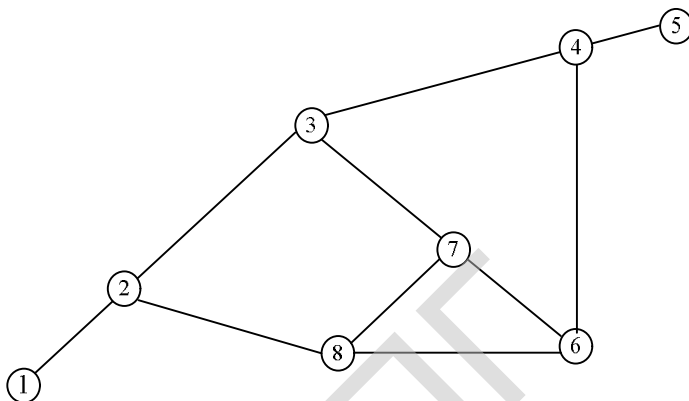


Рисунок Д.1 – Схема транспортной сети

Таблица Д.1 – Длина звеньев транспортной сети

Звено	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2	1,0	1,2	1,5	2,0	1,0	0,8	1,0	0,5	1,2	1,5
2-3	3,5	3,0	3,0	2,5	3,0	4,0	3,8	5,0	2,8	2,0
2-8	3,5	3,0	3,5	3,0	4,0	3,2	2,5	4,0	4,2	3,2
3-4	4,0	4,5	3,5	4,0	3,5	4,0	4,5	2,5	3,5	3,8
3-7	2,5	2,0	1,5	4,0	2,0	1,5	2,2	3,0	3,5	1,5
4-5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	1,8	2,0	2,5	1,5
4-6	4,5	4,0	3,5	5,0	4,0	3,5	4,5	5,0	4,0	4,5
6-7	1,5	1,2	2,0	3,0	2,0	3,0	1,8	1,4	1,0	1,2
6-8	2,0	1,8	2,5	3,0	1,8	2,5	3,2	2,6	3,0	2,0
7-8	1,5	1,5	2,0	2,0	1,8	2,0	1,8	1,5	1,0	1,8

Примечание – При использовании данных таблицы Д.1 вариант определяется по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица Д.2 – Матрица корреспонденций между пунктами транспортной сети

Пассажиропоглощающие пункты	Пункты отправления							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	80	150	240	140	220	150	80
2	50	-	330	260	300	100	100	120
3	60	170	-	200	360	120	300	230
4	340	420	480	-	400	120	250	160
5	80	220	400	460	-	160	280	230
6	300	350	60	100	260	-	120	60
7	50	120	420	380	180	60	-	140
8	80	220	400	280	160	100	300	-

Примечание – При использовании данных таблицы Д.2 к значениям граф 1–4 прибавляется последняя цифра шифра, граф 5–8 – предпоследняя.

Таблица Д.3 – Маршруты, подлежащие включению в маршрутную сеть, и количество автобусов на маршрутах

Вариант	Маршрут	Количество автобусов, работающих на маршруте
0	1 – 2 – 8 – 6 – 4 – 5	4
1	1 – 2 – 3 – 4 – 5	3
2	1 – 2 – 8 – 7 – 6 – 4 – 5	5
3	5 – 4 – 6 – 7	2
4	5 – 4 – 3 – 7	2
5	1 – 2 – 3 – 7 – 6	3
6	5 – 4 – 6 – 7 – 8	4
7	1 – 2 – 3 – 7 – 8	5
8	1 – 2 – 8 – 7 – 3	6
9	5 – 4 – 6 – 7 – 3	5

Примечание – При использовании данных таблицы Д.3 вариант определяется как абсолютная величина разности последней и предпоследней цифр номера зачетной книжки.

ПРИЛОЖЕНИЕ E
(справочное)

Показатели маршрутной сети и работы автобусов

Таблица E.1 – Показатели города и маршрутной сети

Показатель	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Численность населения, тыс. жителей	70	75	85	100	110	120	130	140	250	260
Площадь города, км ²	32,4	37,0	48,5	58,1	50,7	55,3	55,8	60,6	72,2	70,9
Протяженность маршрутной сети, км	68	80	112	115	124	130	145	148	152	156
Средняя длина перегона, км	0,56	0,62	0,6	0,55	0,52	0,5	0,48	0,45	0,4	0,65
<i>Примечание – Вариант выбирается по последней цифре номера зачетной книжки.</i>										

Таблица E.2 – Показатели работы автобусов

Показатель	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество автобусов, работающих в час пик	55	60	65	68	70	75	80	85	90	110
Коэффициент наполнения автобусов в час пик	1,15	1,1	1,0	0,98	0,95	0,92	0,88	0,85	0,8	0,75
Скорость сообщения, км/ч	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	19,7	19,2	18,7	18,2
Скорость эксплуатационная, км/ч	15,0	15,8	17,2	17,4	18,0	18,2	17,0	16,8	16,3	16,0
Число рейсов по расписанию	180	190	200	195	185	175	170	165	160	155
Число выполненных рейсов	174	189	194	190	185	170	168	160	153	152
Динамический показатель уровня ДТП	1,1	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
<i>Примечание – Вариант выбирается по абсолютной величине разности последней и предпоследней цифр номера зачетной книжки.</i>										

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(справочное)

Фрагменты улично-дорожной сети

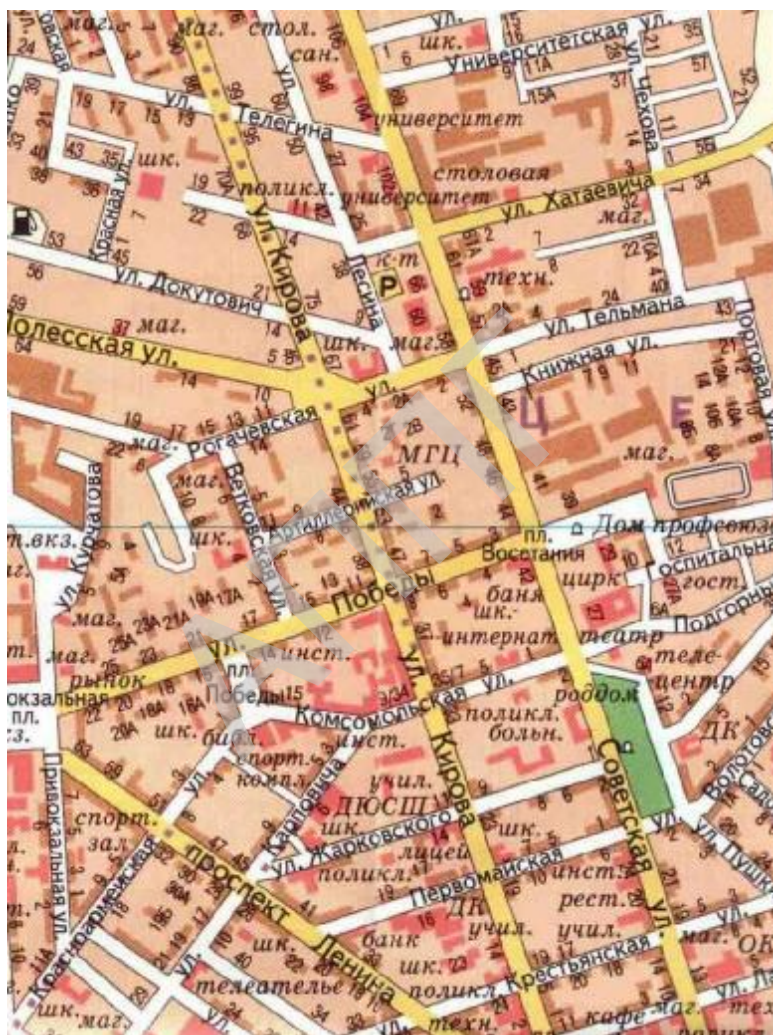


Рисунок Ж.1 – Первый вариант улично-дорожной сети

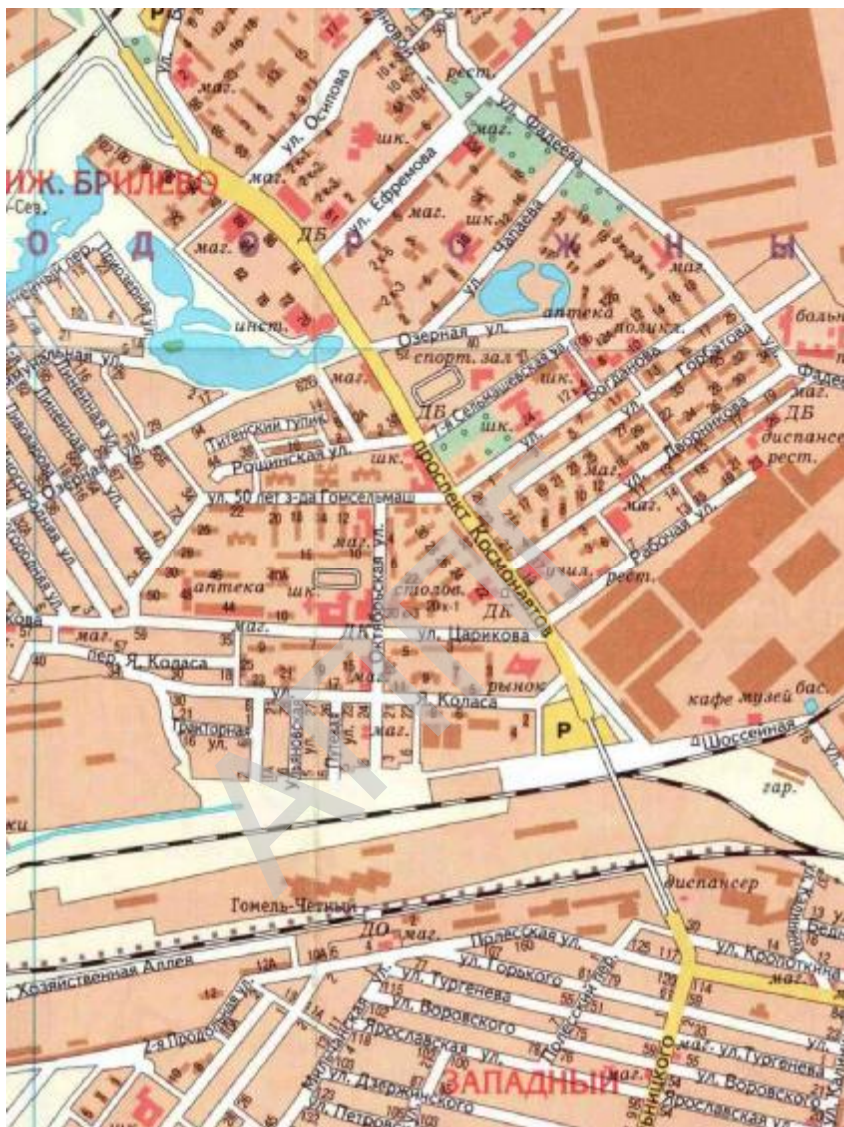


Рисунок Ж.2 – Второй вариант улично-дорожной сети

ПРИЛОЖЕНИЕ И
(справочное)

Номенклатура и количество перевозимого груза

Вариант	Наименование груза	Класс груза	Количество груза									
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
1	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	3	0,17	0,19	0,39	0,21	0,32	0,35	0,39	0,34	0,45	0,37
	Мясо кур в ящиках	1	0,23	0,24	0,25	0,22	0,21	0,20	0,23	0,32	0,23	0,23
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	2	0,11	0,10	0,12	0,13	0,16	0,15	0,10	0,18	0,21	0,42
2	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	3	0,18	0,21	0,42	0,19	0,39	0,21	0,32	0,25	0,27	0,28
	Мясо кур в ящиках	1	0,25	0,27	0,28	0,24	0,25	0,22	0,21	0,12	0,11	0,13
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	2	0,12	0,11	0,13	0,12	0,08	0,16	0,12	0,20	0,23	0,47
3	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	3	0,20	0,23	0,47	0,25	0,39	0,43	0,47	0,28	0,29	0,31
	Мясо кур в ящиках	1	0,28	0,29	0,31	0,27	0,25	0,24	0,28	0,13	0,12	0,15
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	2	0,13	0,12	0,15	0,13	0,09	0,17	0,13	0,22	0,25	0,51
4	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	3	0,22	0,25	0,51	0,28	0,42	0,47	0,51	0,31	0,32	0,34
	Мясо кур в ящиках	1	0,31	0,32	0,34	0,29	0,28	0,26	0,31	0,15	0,13	0,16
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	2	0,15	0,13	0,16	0,15	0,10	0,19	0,15	0,17	0,19	0,39
5	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	3	0,17	0,19	0,39	0,21	0,32	0,35	0,39	0,34	0,45	0,37
	Мясо кур в ящиках	1	0,23	0,24	0,25	0,22	0,21	0,20	0,23	0,32	0,23	0,23
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	2	0,11	0,10	0,12	0,11	0,08	0,14	0,11	0,13	0,15	0,09

Окончание приложения II

Вариант	Наименование груза	Класс груза	Количество груза									
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
6	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	3	0,18	0,21	0,42	0,23	0,35	0,39	0,42	0,38	0,50	0,41
	Мясо кур в ящиках	1	0,25	0,27	0,28	0,24	0,23	0,22	0,25	0,35	0,25	0,25
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	2	0,12	0,11	0,13	0,12	0,08	0,16	0,12	0,15	0,17	0,10
7	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	3	0,20	0,23	0,47	0,25	0,39	0,43	0,47	0,41	0,55	0,45
	Мясо кур в ящиках	1	0,28	0,29	0,31	0,27	0,25	0,24	0,28	0,39	0,28	0,28
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	2	0,13	0,12	0,15	0,13	0,09	0,17	0,13	0,16	0,19	0,11
8	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	3	0,22	0,25	0,51	0,28	0,42	0,18	0,21	0,42	0,60	0,50
	Мясо кур в ящиках	1	0,31	0,32	0,34	0,29	0,28	0,25	0,27	0,28	0,31	0,31
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	2	0,15	0,13	0,16	0,15	0,10	0,12	0,11	0,13	0,13	0,12
9	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	3	0,24	0,27	0,56	0,31	0,47	0,20	0,23	0,47	0,47	0,25
	Мясо кур в ящиках	1	0,34	0,35	0,37	0,32	0,31	0,28	0,29	0,31	0,31	0,27
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	2	0,16	0,14	0,18	0,16	0,11	0,13	0,12	0,15	0,15	0,13
10	Молочные изделия в бумажных пакетах, затаренные в ящиках	3	0,15	0,17	0,35	0,19	0,29	0,22	0,25	0,51	0,51	0,28
	Мясо кур в ящиках	1	0,21	0,22	0,23	0,20	0,19	0,31	0,32	0,34	0,21	0,21
	Вода минеральная в полиэтиленовых ящиках	2	0,10	0,09	0,11	0,10	0,07	0,15	0,13	0,16	0,14	0,08

ПРИЛОЖЕНИЕ К
(справочное)

Парк грузовых автомобилей, предназначенных для перевозки грузов

Марка автомобиля	Грузоподъемность, т	Количество, ед.
ГАЗ-3302	1,5	5
ЗИЛ-5301А0	3	4
ЗИЛ-5301ВА	2,3	5
МАЗ 437040-020	4,7	2

ПРИЛОЖЕНИЕ Л (справочное)

Задачи для самоконтроля

1 Автомобиль МАЗ-533603 грузоподъемностью 9,8 т перевозит груз первого класса на расстояние 40 км. При этом холостой пробег составляет 40 км, нулевой – 10 км, скорости движения: эксплуатационная – 20 км/ч, техническая – 30 км/ч. Время работы в наряде 8,3 ч. Определить производительность подвижного состава за смену.

2 Автомобиль МАЗ-530905 грузоподъемностью 7,5 т выезжает из автотранспортного объединения в 8-00, а возвращается – в 17-00, продолжительность обеда 1 ч. Эксплуатационная скорость движения 24 км/ч, коэффициент выпуска на линию 0,85, коэффициент использования пробега 0,65. Определить общий и груженный пробег этого автомобиля за год.

3 Автомобиль перевозит за одну езду со склада в пункт назначения 5 т груза. Время движения от склада до места назначения составляет 15 мин, время погрузки-выгрузки 30 мин. Время работы на маршруте 10 ч, коэффициент выпуска на линию 0,75. Определить возможный объем перевозок за месяц.

4 На 1 января на балансе автотранспортного объединения состояло 100 автомобилей. 5 января прибыло 10 автомобилей, а 24 января списано 5 автомобилей. В течение месяца простои в техническом обслуживании и ремонтах составили 200 автомобиле-дней и в прочих – еще 50. Определить число списочных автомобиле-дней и автомобиле-дней в эксплуатации и в технически исправном состоянии.

5 Десять автомобилей МАЗ-530905 и двадцать тягачей МАЗ-6420 перевозили в течение месяца овощи из совхоза на заготовительную базу. Среднее время оборота за месяц у бортового автомобиля 1,3 ч, у тягача – 2,1 ч. Фактическая грузоподъемность автомобиля МАЗ-530905 7,5 т, тягача МАЗ-6420 – 18 т. Определить объем перевозок и грузооборот, если коэффициент выпуска 0,82, среднее время работы на маршруте 10 ч, средняя длина ездки с грузом 24 км.

6 С грузового терминала на завод перевозят доски в пакетах $2 \times 3 \times 1,5$ м массой 2,5 т. Обрато перевозят оборудование в ящиках $1,15 \times 1 \times 1$ м массой 0,625 т. На перевозках используют автомобили КамАЗ-4326 грузоподъемностью 4 т (размеры кузова в плане $4,8 \times 2,32$ м). Средняя длина ездки с грузом 25 км, техническая скорость движения 25 км/ч, длина нулевого пробега 10 км, время погрузки-разгрузки пакетов 0,5 ч, ящиков – 1,2 ч. Суточный объем перевозок из терминала на завод 17 пакетов, с завода на терминал – 32 ящика. Определить необходимое число автомобилей.

7 С кирпичного завода на строительный объект кирпич (I класс) перевозится автопоездами грузоподъемностью 12 т по маятниковым маршрутам. При этом среднее время нахождения в наряде 9,4 ч, техническая скорость движения 25 км/ч, нулевой пробег автомобиля 10 км, средняя протяженность ездки с грузом 15,5 км, время простоя под погрузочно-разгрузочными операциями 1 ч, коэффициент выпуска на линию 0,75.

Для увеличения производительности работы было предложено заменить подвижной состав автопоездами грузоподъемностью 14 т, организовав работу водите-

лей по скользящему графику, увеличить время в наряде на 1 ч, а сократив простой исправных автомобилей, увеличить коэффициент выпуска до 0,78 и сократить время под погрузкой-разгрузкой до 0,7 ч. Определить, как изменится производительность работы, а также уменьшится потребность в автопоездах, если суточный объем перевозок составляет 1500 т.

8 В течение месяца в автоколонне автомобиле-дни в ремонте составили 150 дней, в ожидании ремонта – 50 дней и в ТО-2 – 100 дней. Списочное количество автомобилей – 80. После внедрения более прогрессивного метода ремонта и выполнения ТО-2 на поточных линиях простой в ожидании ремонта были полностью устранены, простой в ремонте сократился вдвое, а в ТО-2 – на 40 %. Определить, как изменился коэффициент технической готовности автотранспорта.

9 Автопоезд общей грузоподъемностью 12 т перевозит в течение месяца грузы различной плотности. Внутренние размеры кузова полуприцепа составляют: длина – 7,5 м, ширина – 2,5 м, высота бортов – 0,84 м.

Определить, на сколько требуется нарастить борта полуприцепа при перевозках грузов, средняя плотность которых составляет $0,4 \text{ т/м}^3$.

10 По данным путевого листа показатели работы грузового автомобиля следующие: время нахождения в наряде 8,5 ч, общий пробег 180 км, время движения за езду 4 ч. Определить техническую и эксплуатационную скорости движения автомобиля, а также коэффициент использования пробега за рабочий день, зная, что грузовой пробег за день равен 85 км.

11 Автомобиль грузоподъемностью 8 т перевозит баллоны с кислородом, имея следующие показатели работы: нулевой пробег за рабочий день 6 км, длина груженой ездки 10 км, время нахождения в наряде 8 ч, техническая скорость движения 20 км/ч, время простоя под грузовыми операциями за езду 35 мин, коэффициент использования пробега 0,5. Определить число ездок автомобиля за рабочий день, а также коэффициент использования пробега.

12 Определить, сколько потребуется автомобилей грузоподъемностью 10 т для вывоза грузов II класса с железнодорожной станции на склад грузополучателя, если суточный объем перевозок составляет 1200 т. При этом бригаде водителей установлены следующие показатели работы: техническая скорость движения 22 км/ч, время простоя под погрузкой и разгрузкой за езду 48 мин, средняя длина ездки с грузом 12 км, время нахождения в наряде 9 ч, суточный нулевой пробег автомобиля 10 км.

13 Автотранспортному предприятию требуется вывезти 15 тыс. т песка (класс груза I) из карьера на бетонный завод. Для перевозок выделены самосвалы МАЗ-555102 грузоподъемностью 9,5 т. Перевозка выполняется по маятниковым маршрутам. Время простоя под погрузочно-разгрузочными операциями за езду 12 мин. Время нахождения в наряде 9 ч, нулевой пробег автомобиля 11 км, техническая скорость 22 км/ч, средняя длина ездки с грузом 18 км. Определить, за сколько дней будет освоен указанный объем перевозок, если коэффициент выпуска парка 0,75, а списочный парк автомобилей 20 ед.

14 Автомобили грузоподъемностью 10 т осуществляют доставку контейнеров на железнодорожную станцию по маятниковым маршрутам. Масса брутто контейнера 1 т, коэффициент использования грузоподъемности автомобиля 1,0. За время работы на маршруте, равном 10 ч, автомобилем выполняется одна ездка. Время на погрузку и разгрузку одного контейнера одинаково и равно 6 мин. Суточный объем перевозок

составляет 350 т, средняя длина ездки с грузом 17 км, техническая скорость движения 24 км/ч. Определить потребность в автомобильных контейнерах.

15 Вывоз грузов с контейнерной площадки осуществляется автопоездами грузоподъемностью 13,5 т. Определить потребное количество автопоездов и контейнеров грузоподъемностью 5 т, если известно, что в кузове полуприцепа размещается три контейнера, время оборота контейнера 36 ч, время работы автомобиля на маршруте 9 ч, коэффициенты использования грузоподъемности контейнера и автомобиля равны 0,75. Время погрузки и время выгрузки контейнера одинаково и равно 7 мин. Техническая скорость движения автомобиля 25 км/ч, средняя длина ездки с грузом 10 км.

16 Для вывоза 150 контейнеров массой брутто 20 т из порта предоставлены автомобили с полуприцепами-контейнеровозами грузоподъемностью 20 т. Время работы автомобиля на маршруте 9,2 ч, средняя длина ездки с грузом 24 км, техническая скорость движения 27 км/ч. Определить потребное количество автомобилей, если время погрузки и разгрузки одинаково и равно 10 мин, техническая норма загрузки контейнера 17,9 т, коэффициент использования пробега 0,5.

17 Согласно заказу суточный объем доставки грузов на склад составляет 50 т. В результате замены автомобилей-фургонов грузоподъемностью 2 т на автомобили с грузоподъемным бортом грузоподъемностью 3 т время простоя под погрузочно-разгрузочными операциями сократилось с 34 до 22 мин. Время работы на маршруте 9 ч, техническая скорость 28 км/ч, средняя длина ездки с грузом 8 км, коэффициент использования пробега 0,5, класс груза I. Определить, на сколько уменьшится количество автомобилей для освоения заданного объема перевозок и возрастет производительность автомобиля.

18 Ежедневный вывоз груза в контейнерах массой брутто 10 т составляет 112 т. Коэффициент использования грузоподъемности контейнера 0,8. Определить потребное число контейнеров, если известно, что продолжительность оборота контейнера 12 суток.

19 Достаточно ли четырех автобусов МАЗ-104025 вместимостью 89 пас. для работы на маршруте в период с 10-00 до 11-00, если в среднем пассажирами совершается 900 поездок в час на расстояние 4,5 км? Длина маршрута 22,5 км, эксплуатационная скорость 18 км/ч, коэффициенты неравномерности пассажиропотоков по длине маршрута 1,50, коэффициент внутрисуточной неравномерности 1,05. Коэффициент наполнения – 0,9.

20 С какой частотой допустимо организовать движение автобусов МАЗ-104025 вместимостью 89 пас. на городском маршруте протяженностью 16 км, если пассажиропоток на самом напряженном перегоне маршрута составляет 800 пас./ч, время оборота автобуса 40 мин, коэффициенты неравномерности пассажиропотоков по длине маршрута 1,3, внутрисуточной неравномерности 1,1.

21 Сколько автобусов МАЗ-103 вместимостью 95 пассажиров нужно выпустить на маршрут протяженностью 12 км, чтобы освоить пассажиропоток 150 пас./ч? Время оборота на маршруте 0,5 ч, коэффициенты неравномерности пассажиропотоков по длине маршрута 1,1, внутрисуточной неравномерности 1,1.

22 На диаметральной маршруте протяженностью 7,5 км работают 12 автобусов. Время оборота 60 мин, время простоя на конечных остановках 5 мин, коэффициент сменности 5,0. Как изменится уровень обслуживания пассажиров (время на ожидание и следование в автобусе) при увеличении эксплуатационной скорости на 3 км/ч?

23 Рациональна ли с точки зрения пассажиров замена 8 автобусов МАЗ-103 вместимостью 90 пас. 8 автобусами МАЗ-104 вместимостью 83 пас. на пригородном маршруте протяженностью 22,5 км? Средняя длина перегона 1,5 км, средняя дальность поездки пассажира 9 км, время простоя на конечных остановках за рейс 8 мин.

Показатели	МАЗ-103	МАЗ-104
Техническая скорость, км/ч	30	33
Время простоя на промежуточной остановке, с	30	40

24 Городской скоростной маршрут обслуживают 15 автобусов вместимостью 62 пас. Длина маршрута 18 км, скорость сообщения 21 км/ч, время простоя на конечных остановочных пунктах 8 мин. Длины перегонов на маршруте одинаковые. Рассчитать уровень транспортного обслуживания пассажиров по данным наблюдательного листа (данные за один оборот):

№ остановочного пункта	Туда				Обратно			
	1	2	3	4	4	3	2	1
Вошло, пас.	30	20	–	–	50	20	10	–
Вышло, пас.	–	10	5	35	–	10	10	60

25 Увеличение пассажиропотока на 30 % на диаметральном маршруте протяженностью 18 км привело к замене 10 автобусов МАЗ-107 вместимостью 145 пас. на 9 автобусов МАЗ-105 вместимостью 170 пас. Вскоре приток пассажиров достиг 50 % первоначального, что потребовало 3 дополнительных автобусов. В результате пассажиропоток составил 7000 пас./ч, а коэффициент использования вместимости – 0,6. Рассчитать первоначальные параметры качества обслуживания пассажиров на маршруте, если время оборота осталось неизменным.

26 На маршруте протяженностью 9 км работает 8 автобусов. Эксплуатационная скорость на маршруте 18 км/ч, скорость сообщения 20 км/ч, техническая – 30 км/ч. Ухудшение эксплуатационных качеств дороги вызвало снижение технической скорости до 24 км/ч. Сколько автобусов нужно добавить на маршрут, чтобы компенсировать снижение качества обслуживания пассажиров, если коэффициент сменности равен 4,5?

27 На маршруте работают четыре автобуса. Как изменятся затраты времени пассажиров при увеличении эксплуатационной скорости на 7 % и одновременном уменьшении выпуска на линию на 1 автобус? Коэффициент сменности равен 4,0, время оборота – 0,94 ч, время простоя на конечных остановках – 0,06 ч.

28 Увеличение пассажиропотока на 20 % на радиальном маршруте протяженностью 25 км потребовало введения двух дополнительных автобусов к имеющимся восьми. Время движения за оборот 58 мин, время оборота 75 мин, время простоя на конечных остановочных пунктах 5 мин. Рассчитать средние затраты времени пассажиров на передвижение до и после мероприятия, если коэффициент сменности пассажиров за оборот равен 4,0.

29 Стабильный и одинаковый по всей длине тангенциального маршрута пассажиропоток осваивают 12 автобусов МАЗ-103 вместимостью 95 пас. Длина маршрута в обоих направлениях 24 км, время оборота 90 мин, время простоя на конечных ос-

тановочных пунктах 6 мин. Из-за ремонта дороги на участке маршрута устроен объезд, удлиняющий маршрут на 2 км и увеличивающий время оборота на 5 мин. Коэффициент сменности пассажиров при этом не изменился и равен 4,5. Можно ли компенсировать снижение качества обслуживания пассажиров выпуском дополнительного автобуса?

30 В автобусном парке имеются следующие марки автобусов для городских перевозок:

- МАЗ-103 вместимостью 100 пас.;
- МАЗ-105 вместимостью 175 пас.;
- МАЗ-107 вместимостью 145 пас.;
- МАЗ-203 вместимостью 105 пас.;
- «Богдан-А092» вместимостью 45 пас.

Произвести выбор и расчет потребного количества автобусов по материалам обследования пассажиропотоков:

- протяженность маршрута – 6,4 км;
- время оборота – 52 мин;
- тип маршрута – обычный;
- период наблюдения 9–10 ч.

Нормативное значение интервала движения автобусов – 10 мин.

Таблица Л.1 – Пассажирообмен остановочных пунктов

Остановочный пункт	Вошло	Вышло	Вошло	Вышло
	Прямо		Обратно	
Вокзал	150	0	0	205
БелГУТ	280	0	1	182
Улица Полесская	71	39	20	118
Никольская церковь	84	71	29	100
Электротехнический завод	49	69	162	156
ДК Гомсельмаш	117	204	301	184
Улица Б. Царикова	62	133	180	38
Магазин «Тысяча мелочей»	5	159	110	10
Завод станочных узлов	1	94	70	0
Колледж	0	50	120	0

31 Организация приоритетного движения автобусов позволила увеличить их техническую скорость с 20 до 25 км/ч. Как изменяются затраты времени пассажиров, если длина маршрута равна 15 км, а время движения составляет 75 % от времени оборота, время простоя на конечных пунктах – 3 мин.

32 На маршруте протяженностью 17,5 км работает 20 автобусов со скоростью сообщения 24 км/ч, эксплуатационной скоростью 21 км/ч, коэффициент сменности равен 6,5. Повышение интенсивности движения на городских магистралях привело к

снижению технической скорости на маршруте с 32 до 28 км/ч. Можно ли компенсировать ухудшение качества обслуживания пассажиров выпуском пяти дополнительных автобусов?

33 Из путевого листа известно, что при выезде из автобусного парка автобус имел 120 л топлива, при возвращении – 110 л. На заправке выдано 70 л, норма расхода топлива 40 л/100 км. На остановках увеличена норма расхода на 10 %. Показания спидометра при выезде 20450, при возвращении – 20660. Определить экономию или перерасход топлива.

Пример решения задачи.

Автобусный парк добился увеличения скорости сообщения с 20 до 25 км/ч. На сколько сократится время каждого рейса и на сколько рейсов больше будет делать каждый автобус за день, если время работы на маршруте составляет 17,6 ч, длина маршрута 15 км, время простоя на конечных остановочных пунктах 3 мин?

Время рейса определяется по формуле

$$t_{\delta} = \frac{l_i}{v_n} + t_{i\epsilon}.$$

Число рейсов можно определить как

$$z_{\delta} = \frac{T_i}{t_{\delta}}.$$

Таким образом, $t_{\delta 1} = \frac{15}{20} \cdot 60 + 3 = 48$ и $\epsilon_1 = 0,8$.

$$t_{\delta 2} = \frac{15}{25} \cdot 60 + 3 = 39$$
 и $\epsilon_2 = 0,65$.

$$z_{\delta 1} = \frac{17,6}{0,8} = 22.$$

$$z_{\delta 2} = \frac{17,6}{0,65} = 27.$$

Время рейса сократится на 9 минут, а число рейсов увеличится на 5.

Учебное издание

АЗЕМША Сергей Александрович
СКИРКОВСКИЙ Сергей Владимирович
СУШКО Светлана Валентиновна

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ И ГРУЗОВ.
ПРАКТИКУМ**

С приложениями на оптическом диске

Учебное пособие

Редактор И. И. Э в е н т о в
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а
Корректор Т. А. П у г а ч

Подписано в печать 24.08.2012 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 12,09. Уч.-изд. л. 11,77. Тираж 500 экз.
Зак. № 2617. Изд. № 40

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛИ № 02330/0552508 от 09.07.2009 г.
ЛП № 02330/0494150 от 03.04.2009 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34