

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Организация перевозок и дорожного движения»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«УСТОЙЧИВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ»

Ростов-на-Дону  
ДГТУ  
2021

УДК 656

Составители: А.А. Феофилова, В.В. Фиалкин, А.А. Костенко

Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Устойчивые транспортные системы» / Сост. А.А. Феофилова, В.В. Фиалкин, А.А. Костенко ; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2021. – 38 с.

Представлена методика выполнения лабораторных работ, требования к выполнению, указана необходимая для изучения литература.

Предназначены для бакалавров очной и заочной формы обучения по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

УДК 656

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Организация перевозок и дорожного движения» д-р техн. наук, профессор В.В. Зырянов

---

В печать 16.02.2021 г.  
Формат 60×84/16. Объем 2.4 усл. п. л.  
Тираж 50 экз. Заказ № 28

---

Издательский центр ДГТУ  
Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный  
технический университет, 2021

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Устойчивые транспортные системы» является формирование у студентов целостного представления о структуре городских транспортных систем, методиках их планирования и управления, а также принципах их развития и функционирования, с акцентом на необходимость увязки устойчивости и транспортной политики.

## **2. Требования к результатам освоения дисциплины**

В результате изучения данного курса бакалавр должен

### ***Знать:***

- понятия городской мобильности и подвижности населения и их характеристики;
- состояние городских транспортных систем в России;
- принципы существования городов, «удобных для жизни» с «устойчивой мобильностью»;
- основные зависимости, формирующие спрос на пассажирские перевозки в городах;
- принципы системного подхода при планировании городского транспорта;
- четыре уровня транспортного планирования в городах;
- классификацию и особенности видов городского пассажирского транспорта;
- основы маршрутной технологии пассажирских перевозок;
- предпосылки проектирования и моделирования систем городского грузового транспорта;
- меры транспортной политики в городах по двум направлениям;
- перспективные направления устойчивого развития городских транспортных систем;
- основы организации и планирования грузовых перевозок в городах;

- основные результаты научных исследований, опубликованные в ведущих профессиональных журналах по проблемам развития городских транспортных систем.

***Уметь:***

- рассчитывать транспортные показатели и применять метод экспертных оценок в анализе транспортных проблем города;
- определять и измерять подвижность населения и исследовать пассажиропотоки;
- устанавливать матрицы транспортных корреспонденций в городах;
- оценивать качество транспортного обслуживания пассажиров;
- строить эпюры городских грузовых перевозок и рассчитывать их показатели;
- рассчитывать показатели работы городского маршрута и маршрутной сети пассажирского транспорта;
- применять гистограммы для исследования показателей качества процесса транспортного обслуживания.

***Владеть:***

- навыками сбора и анализа исходной информации, необходимой для изучения закономерностей изменения пассажиропотоков;
- навыками самостоятельной исследовательской работы;
- навыками прогнозирования развития городских транспортных систем;
- навыками расчета показателей использования пассажирского транспорта;
- методикой расчета «Дерево целей» для анализа транспортных проблем городов.

## Лабораторная работа 1

### Тема: «Расчет транспортных показателей и метод экспертных оценок в анализе транспортных проблем города»

Ниже приводятся расчеты для условного города с численностью населения 300 тыс. жителей и с низкой насыщенностью автомобилями. В условиях широкого использования автобусов для пассажирских перевозок планировка уличной сети (плотность сети уличного пассажирского транспорта) города определяется максимально допустимой затратой времени на поездку  $T = 40$  мин. При средней скорости движения автобуса  $V_c = 20$  км/ч, затрате времени на пешеходный подход к остановке  $t_{пеш} = 9,5$  мин ( $l_{пеш} = 0,57$  км при  $V_n = 3,6$  км/ч) и времени на ожидание транспорта  $t_{ож} = 3,5$  мин, затраты времени на передвижение по городу равны:

$$T = 2t_{пеш} + t_{ож} + \frac{60l_{mp}}{V_c}, \quad (1.1)$$

где  $T$  - затраты времени на передвижение, мин;  $l_{mp}$  - средняя длина поездки,

$$l_{mp} = K_n K_n L_m, \quad (1.2)$$

где  $K_n$  – отношение средней длины поездки к наибольшей протяженности территории (примем  $K_n$ , равным 0,8);  $K_n$  - коэффициент непрямолинейности магистральной сети (примем  $K_n = 1,2$ );  $L_m$  - наибольшая протяженность территории города, км.

Оптимальную длину поездки на автобусе  $l_{mp}$ , определяющую размеры "автобусного" города (города с местным характером движения), можно определить из формулы (2.1), полагая  $T = 40$  мин, тогда  $l_{mp} = 5,83$  км.

Наибольшая протяженность "автобусного" города  $L_{марш}$  составит:

$$L_{марш} = \frac{l_{mp}}{K_n K_n} \approx 6 \text{ км}. \quad (1.3)$$

За планировочный эталон города (зоны) с местным движением может быть принят город с площадью территории  $F_{zn} = 6 \times 6 = 36 \text{ км}^2$

В таком эталонном городе расстояние между магистралями не должно превышать  $l_m = 2l_{пеш} = 2 \times 0,57 = 1,14 \text{ км}$

Средняя плотность маршрутной сети  $\delta$  для городов, имеющих только автобусный транспорт, должна составлять 2 – 2,5 км/км<sup>2</sup> (отношение длины маршрутной сети к площади города). В случае одновременной работы в городе различных видов пассажирского транспорта общая плотность маршрутной сети может достигать 3–3,5 км/км<sup>2</sup>. Плотность маршрутной сети выше в

центральных районах города. В табл. 1.1 приведены рекомендуемые значения плотности в зависимости от численности населения городов.

Таблица 1.1

Рекомендуемые значения плотности маршрутной сети городов

Численность населения, тыс. чел.	Менее 100	100-250	250-500	500-1000	Свыше 1000
Плотность маршрутной сети $\delta$ , км/км <sup>2</sup>	1,4-1,6	1,8-2,0	2,0-2,3	2,4	2,5

Для нашего гипотетического города примем  $\delta = 2,1$  км/км<sup>2</sup>.

Общая протяженность магистралей  $L_m = \delta F_{en} = 2,1 * 36 \approx 76$  км

Полные затраты наибольшего времени на передвижение пассажиров по городу по формуле (1.1):

$$T = 2 * 9,5 + 3,5 + (60 * 6) / 20 = 40,5 \text{ мин.}$$

В российской градостроительной практике, как и ранее в советской, нормируются по СП 42.13330-2016: доступность остановочных пунктов городского общественного транспорта и доступность мест приложения труда – затраты времени на передвижение в один конец к месту работы для 90% трудящихся не должны превышать показатели, приведенные ниже:

Численность населения, тыс.чел	Затраты времени (в один конец), мин
2000.....	45
1000.....	40
500.....	37
250.....	35

Затраты времени в городах на передвижение от мест проживания до мест работы для 90 % трудящихся (в один конец) не должны превышать, мин, для городов с населением, тыс. чел.:

2000.....	45
1000.....	40
500.....	37
250.....	35
100 и менее.....	30

Поэтому полученная величина  $T$  не вполне приемлема для данной группы городов, для которых рекомендуется данное время порядка 35 мин. Основная мера для снижения  $T$  – повышение средней скорости движения.

Задание для самостоятельной работы:

На основании данных, приведенных в табл. 1.2 (по вариантам), рассчитать показатели обслуживания пассажиров и сделать выводы. Скорость пешего передвижения принять одинаковой для всех вариантов  $V_n = 3,6$  км/ч.

Таблица 1.2

## Исходные данные для расчета

Варианты	Численность населения города, тыс. чел	Ср. скорость движения $V_c$ , км/ч	Ср. расстояние до остановки $l_{пеш}$ , км	Коэффициент $K_p$	Коэффициент $K_n$
1	200	22	0,4	0,7	1,2
2	400	22	0,4	0,75	1,2
3	600	24	0,5	0,8	1,2
4	800	24	0,5	0,7	1,25
5	1000	26	0,5	0,75	1,25
6	200	26	0,6	0,8	1,25
7	400	28	0,6	0,7	1,3
8	600	28	0,6	0,75	1,3
9	800	30	0,7	0,8	1,3
10	1000	30	0,7	0,7	1,2
11	200	32	0,4	0,75	1,2
12	400	32	0,4	0,8	1,2
13	600	22	0,5	0,7	1,25
14	800	22	0,5	0,75	1,25
15	1000	24	0,5	0,8	1,25
16	200	24	0,6	0,7	1,3
17	400	26	0,6	0,75	1,3
18	600	26	0,6	0,8	1,3
19	800	28	0,7	0,7	1,3
20	1000	28	0,7	0,75	1,3

Применение метода экспертных оценок для ранжирования транспортных проблем городов

Применение экспертного метода возможно для анализа многих проблем, связанных с созданием и функционированием эффективных систем городского транспорта.

Процесс оценки объекта (проблемы) экспертным методом включает:

- организацию опроса, включая и формирование экспертной группы;
- проведение опроса;
- обработку результатов и получение оценок;
- анализ оценок.

Рассмотрим, не вдаваясь в излишние подробности, методику применения метода экспертных оценок и обработки его результатов на примере.

Пример. Экспертные ранговые оценки (баллы), присвоенные семью экспертами шести объектам (проблемам), представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

## Ранговые оценки объектов экспертами

Номер эксперта (i)	Объекты (j)						Сумма рангов
	1	2	3	4	5	6	
1	1	3	6	4	2	5	21

2	2	4	5	3	1	6	21
3	2	3	5	4	1	6	21
4	1	4	5	3	2	6	21
5	1	6	4	2	3	5	21
6	1	5	4	2	3	6	21
7	1	4	6	3	2	5	21
Сумма рангов	9	29	35	21	14	39	147

Объект, у которого сумма рангов в нижней строке табл. 2.3 наибольшая, считается наиболее важным (в примере это шестой объект).

Оценка согласованности мнений экспертов осуществляется посредством расчета коэффициента конкордации в следующей последовательности:

1. Определяется сумма рангов каждого объекта  $S_j$ .
2. Рассчитывается средняя сумма рангов объектов по формуле

$$\bar{S} = \frac{mn(n+1)}{2n} = \frac{7 * 6(6+1)}{2 * 6} = 24.5$$

где  $m$  – число экспертов;  $n$  – число сравниваемых объектов (проблем).

3. Рассчитываются алгебраические разности между суммами рангов каждого объекта и средним значением.

4. Определяются квадраты алгебраических разностей.

Этот расчет сведен в табл. 1.4.

Таблица 1.4

#### Промежуточные результаты оценки согласованности мнений экспертов

Последовательность  
оценки

согласованности

мнений экспертов

1. Суммы рангов	9	29	35	21	14	39
2. Среднее значение				24,5		
3. Алгебраические разности $S_j - \bar{S}$	-15,5	4,5	10,5	-3,5	-10,5	14,5
4. Квадраты алгебраических разностей $(S_j - \bar{S})^2$	240,25	20,25	110,25	12,25	110,25	210,25

Сумма квадратов алгебраических разностей равна  $K = 703,5$ .

В теории экспертных оценок показано, что если мнения всех экспертов совпадают, то суммарный квадрат алгебраических разностей максимален и рассчитывается по формуле:

$$K_{max} = \frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) . \quad (1.4)$$



В нашем случае

$$K_{max} = \frac{1}{12} 7^2 (6^3 - 6) = 857.5$$

Рассчитывается коэффициент конкордации

$$K_{кон} = \frac{K}{K_{max}} = \frac{703.5}{857.5} = 0.82$$

Если коэффициент конкордации равен нулю или близок к нему, то это означает практически полную несогласованность мнений экспертов. При  $K_{кон} \geq 0,5$  можно судить о согласованности мнений экспертов и использовать результаты экспертной оценки в дальнейших исследованиях.

### ***Задание для самостоятельной работы:***

Основными проблемами невысокой эффективности городских транспортных систем в России являются следующие:

- 1) игнорирование (или слабое применение) системного подхода при разработке городских транспортных систем;
- 2) недостаточное финансирование;
- 3) неэффективная система организации пассажирских перевозок;
- 4) неэффективная организация дорожного движения в городах;
- 5) устаревший парк транспортных средств.

В студенческой группе (эксперты) методом экспертных оценок осуществить ранжирование проблем в порядке их важности (или критичности). До составления таблицы вида 1.3 каждый эксперт должен выставить свои оценки (ранги) независимо от других.

## **Лабораторная работа 2**

### **Тема: «Метод «Дерево целей»**

#### **для анализа транспортных проблем городов»**

В больших системах, к которым относятся транспортные системы городов, выбор решений проблем связан со значительной трудоемкостью увязки целей со средствами их достижения. Одним из специальных методов

при этом является метод «Дерево целей» (в дальнейшем ДЦ). ДЦ – структурированная, построенная по иерархическому принципу (распределенная по уровням, ранжированная) совокупность целей экономической системы.

Одной из задач применения структуризации с помощью ДЦ является установление полного набора элементов (цели, под-цели, мероприятия и т.п.) на каждом уровне структуризации и установления взаимосвязи между ними, а другой – последующее определение приоритетов отдельных элементов ДЦ.

Построение ДЦ может осуществляться исходя из генеральной цели, заданной вышестоящей организацией или сформированной самостоятельно в организации.

Метод ДЦ основан на поэтапном расчленении исследуемой проблемы на элементы с последующей возможной численной оценкой их относительной важности (приоритетности). Он позволяет выявить количественные и качественные взаимосвязи и отношения между целями, увязать их разные уровни с конкретными средствами и сроками достижения.

ДЦ состоит из целей нескольких уровней: генеральная цель (нулевого уровня), цели 1-го , 2-го , 3-го уровней и так далее до необходимого уровня декомпозиции. Достижение генеральной цели предполагает реализацию целей 1-го уровня, а реализация целей 1-го уровня – достижение соответственно своих конкретных целей 2-го уровня и т.д. Поэтапное разделение задачи проводится до тех пор, пока не будет достигнут требуемый уровень детализации, вытекающий из целей исследования, и пока не будут выяснены факторы, оказывающие влияние на решение каждой проблемы самого низкого уровня.

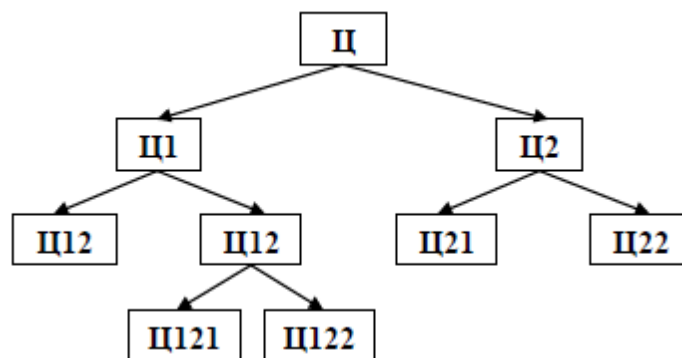
Работы по структуризации методом ДЦ должны проводиться с привлечением экспертов, посредством аналитической обработки мнений которых определяются количественные характеристики ДЦ.

При выполнении ДЦ следует выполнять определенные правила, в частности:

- декомпозиция каждой цели на подцели на том или ином уровне проводится по одному классификационному признаку;
- каждая цель расчленяется не менее чем на две подцели;
- каждая цель должна быть адресной;
- количество целей на каждом уровне ДЦ должно быть достаточным для достижения вышестоящей цели;
- декомпозицию целей следует проводить до того иерархического уровня, который позволяет определить ответственного исполнителя и состав мероприятий по достижению вышестоящей цели и в конечном итоге главной цели.

Крайне важно при этом правильно формулировать цели каждого уровня, удовлетворив такие требования, как конкретность, достижимость, измеримость, гибкость (возможность изменения приоритетов, корректировки целей с течением времени и в зависимости от места использования), согласованность и непротиворечивость.

*Построение ДЦ.* В зависимости от того, детализирует ли каждый рассматриваемый элемент один или несколько элементов более высокого уровня, можно выделить три типа ДЦ: с прямыми связями (рисунок), с перекрестными связями и со связями смешанного типа. Для упрощения будем рассматривать только ДЦ с прямыми связями. ДЦ с другим типом связей рассмотрены в [5, 6].



ДЦ с прямыми связями

Глубина декомпозиции элементов ДЦ (число его уровней) в основном определяется целями исследования. Если, например, поставлена задача подробно изучить все взаимосвязи при совершенствовании управления на предприятии, то дерево строится вплоть до уровней, позволяющих выявить это влияние на низовые звенья предприятия. Если ставится задача создать систему целей организации для оценки перспективности ее отдельных подразделений, то детализация ограничивается формулированием целей для этих подразделений.

Понятие полноты элементов в какой-то мере условно. Оно определяется глубиной наших знаний об исследуемом объекте. Со временем наши знания расширяются, следовательно, может измениться и структура ДЦ.

ДЦ могут строиться в виде собственно «деревьев целей», «деревьев мероприятий», «деревьев ресурсов», «деревьев средств достижения целей», «деревьев проблем» - как в раздельности, так и в разных комбинациях.

*Определение количественных характеристик ДЦ.* Конечной стадией анализа с помощью ДЦ является ответ на вопрос, в какой степени решение любой из задач, находящихся на нижних уровнях, влияет на решение комплекса задач более высоких уровней ДЦ. Важным достоинством ДЦ является возможность получения путем экспертных оценок **коэффициентов относительной важности** (КОВ – будем обозначать их  $K$ ) целей и мероприятий, направленных на их достижение. Для этого нижестоящим элементам ДЦ экспертами назначаются КОВ (по сути, весовые коэффициенты), интерпретирующие степень участия того или иного элемента для достижения вышестоящей цели. Для однородности результатов экспертизы вводится нормирующее условие (2.1)

$$\sum_{n_i}^i K_i = 1 \quad (2.1)$$

где  $n$  – число нижестоящих элементов, необходимых для достижения непосредственно вышестоящей цели;  $K_i$  - КОВ  $i$ -го нижестоящего элемента ДЦ.

Например, для ДЦ с прямыми связями (рисунок) может быть:  $K_1 = 0,7$ ;  $K_2 = 0,3$ ;  $K_{11} = 0,6$ ;  $K_{12} = 0,4$ ;  $K_{21} = 0,8$ ;  $K_{22} = 0,2$ ;  $K_{121} = 0,35$ ;  $K_{122} = 0,65$ .

Другой количественной характеристикой каждого элемента (цели) ДЦ является **коэффициент абсолютной важности**, характеризующий степень участия элемента (цели) ДЦ в достижении генеральной цели исследуемой проблемы. Эти коэффициенты, по сути, являются весомостями  $V_i$ , аналогичными весомостям, определяемым в методе экспертных оценок.

Весомость  $i$ -го элемента ДЦ с прямыми связями вычисляется произведением коэффициентов относительной важности  $K_i$  элементов дерева на прямом пути по «ветвям» от данного элемента до генеральной цели. Например, для ДЦ (рисунок) с вышезаписанными значениями  $K_i$  весомости будут:  $V_1 = K_1 = 0,7$ ;  $V_2 = K_2 = 0,3$ ;  $V_{11} = K_{11} * K_1 = 0,42$ ;  $V_{12} = K_{12} * K_1 = 0,42$ ;  $V_{21} = K_{21} * K_2 = 0,24$ ;  $V_{22} = K_{22} * K_2 = 0,06$ ;  $V_{121} = K_{121} * K_{12} * K_1 = 0,147$ ;  $V_{122} = K_{122} * K_{12} * K_1 = 0,273$ .

Условия правильности расчетов весомостей элементов ДЦ следующие:

1) равенство весомости вышестоящего элемента сумме весомостей нижестоящих элементов, исходящих из данного вышестоящего, например, для рассматриваемого примера:

$$V_1 = V_{11} + V_{12}; V_2 = V_{21} + V_{22}; V_{12} = V_{121} + V_{122}.$$

2) равенство суммы весомостей всех последних элементов, расположенных на каждой «ветви» ДЦ, единице. Для нашего примера:

$$V_{12} + V_{121} + V_{122} + V_{21} + V_{22} = 1.$$

Важным вопросом при использовании метода ДЦ является назначение экспертами коэффициентов относительной важности элементам ДЦ по его уровням. Критерии, которые при этом используются на разных уровнях, могут быть как одинаковыми, так и разными. Их можно разделить на две группы:

1. Оценки элементов данного уровня по их вкладу в достижение целей элемента более высокого уровня, который они детализируют (целевые критерии). При использовании оценивается, насколько осуществление данного элемента важно для достижения цели (целей) элемента более высокого уровня.

2. Оценка элементов данного уровня с точки зрения возможностей их реализации. Эту группу критериев можно разделить на две подгруппы:

а) ресурсные критерии;

б) критерии условий реализации отдельных элементов.

В качестве ресурсных могут быть использованы критерии, характеризующие:

- виды и объем ресурсов, необходимых для реализации оцениваемых элементов;
- дефицитность отдельных видов ресурсов; объем инвестиций и др.

Условия реализации отдельных элементов ДЦ могут быть учтены с помощью критериев, характеризующих:

- прогрессивность и перспективность заложенных в элементы ДЦ идей и концепций;
- возможность получения необходимых ресурсов к требуемому сроку;
- технико-экономические, эксплуатационные и другие характеристики оцениваемых элементов;
- сроки реализации элементов;
- уровень проработанности, величину задела и т.д.

Число и конкретное содержание отдельных критериев зависят от специфики проблемы и целей исследования. Во многих случаях четкое формулирование этих критериев представляет сложную задачу. Тогда оценку элементов по коэффициентам относительной важности производят, руководствуясь комплексным критерием, не выделяя критерии, входящие в его состав.

*Задание для самостоятельной работы:*

В теоретической части по данной теме указывается, что для создания условий перехода городов от нынешнего состояния к городам, «удобным для жизни», с устойчивыми транспортными системами необходима интеграция транспорта и землепользования (рисунок).

### Лабораторная работа 3

#### Тема: «Расчет равновесного состояния транспортной системы по Вардропу»

Согласно первому принципу Вардропы время поездки по всем фактически используемым маршрутам не превышает времени, потребного для проезда по любым неиспользуемым маршрутам [1]. Распределение транспортных потоков на сети, отвечающее данному принципу, соответствует «пользовательскому равновесию» («user equilibrium»). В его рамках ни один пользователь не может снизить обобщенную цену своей поездки за счет односторонних действий. В соответствии со вторым принципом среднее время поездки минимально для равновесного состояния транспортных потоков в сети. Такое состояние достигается, если каждый пользователь выбирает собственный маршрут, исходя из критерия наиболее эффективного использования сети. В этом случае распределение транспортных потоков отвечает «системному оптимуму» («system optimal»).

Предположим, рассматривается дорожная сеть. Для каждого маршрута существует функция взаимосвязи между временем, необходимым для его прохождения и объемом трафика. Бюро общественных дорог (BPR - Bureau of Public Roads, Washington) представило эту связь (функцию эффективности) в виде формулы:

$$S_a(Q_a) = t_a \left[ 1 + \alpha \left( \frac{Q_a}{C_a} \right)^\beta \right], \quad (3.1)$$

где  $t_a$  - время, затрачиваемое для преодоления ненагруженного (свободного от потока) маршрута **a**;  $Q_a$  - интенсивность дорожного движения на маршруте **a**;  $C_a$  - пропускная способность маршрута **a** в единицу времени;  $S_a(Q_a)$  - среднее время в пути для автомобиля на преодоление маршрута **a**;  $\alpha, \beta$  – калибровочные параметры, равные (классически) соответственно 0,15 и 4. В работах приведены и другие значения этих параметров, зависящие от вида маршрута (трассы), его расположения, LOS (Level-of-Service) и др.

Из формулы (3.1) следует, что чем более загружен маршрут, тем больше времени нужно на проезд по маршруту. Соотношения затрат времени,

загруженности маршрута и скорости движения анализируются в «двухкомпонентной» модели Германа-Пригожина. В соответствии с этой моделью получено уравнение

$$\ln(RT) = k \ln(TT) + b, \quad (3.2)$$

где  $k$ ,  $b$  – параметры уравнения (коэффициенты регрессии);  $RT$  – время в движении;  $TT$  – суммарное время поездки.

Рассмотрим типовые задачи с применением понятия «равновесного состояния транспортной системы по Вардропу.

Пример 1. Определить распределение трафика по двум маршрутам (рис. 3.1) в соответствии с условием равновесия по Вардропу.

Функция эффективности вида (3.1) для маршрута **a**:

$$S_a = 5 + 2 * Q_a.$$

Для маршрута **b**:

$$S_b = 10 + Q_b.$$

Суммарный поток между пунктами отправления 1 и назначения 2 составляет 1000 автомобилей ( $Q_1 = Q_2 = 1000$ ).

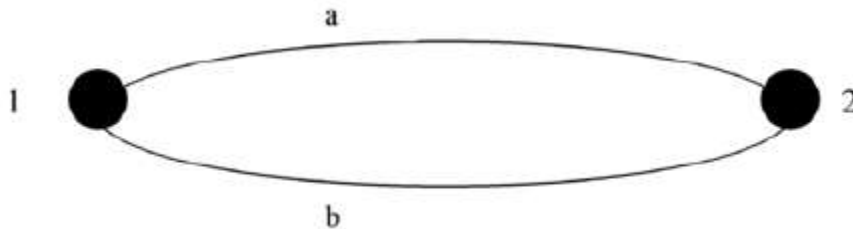


Рис. 3.1. Двухмаршрутная транспортная сеть

Решение. Затраты времени в соответствии с условием равновесия должны быть одинаковы для обоих маршрутов, т.е.  $S_a = S_b$ .

Из условия сохранения транспортного потока (сколько отправится из 1, столько же должно прибыть в 2) следует:

$$Q_a + Q_b = Q_1 = Q_2 = 1000,$$

Тогда

$$5 + 2(1000 - Q_b) = 10 + Q_b.$$

Откуда

$$Q_b = 665 \text{ авт.}; Q_a = 335 \text{ авт.}$$



Затраты времени

$$S_a = 5 + 2 \cdot 335 = S_b = 10 + 665 = 675 \text{ ед. времени.}$$

Пример 2. Пример иллюстрирует решение задачи нелинейного программирования.

Существуют два маршрута от узла 1 к узлу 2 (рис.3.1). Функции эффективности вида формулы 4.1 для обоих маршрутов следующие:

$$S_a = 15 \left[ 1 + 0.15 \left( \frac{Q_a}{1000} \right)^4 \right]$$
$$S_b = 20 \left[ 1 + 0.15 \left( \frac{Q_b}{3000} \right)^4 \right]$$

Трафик для обоих маршрутов составляет

$$Q_a + Q_b = 8000 \text{ авт.}$$

Решить графически задачу транспортного равновесия.

Решение. Площади под кривыми на Рис. 3.2 соответствуют интегрированию функций эффективности от 0 до 1 в уравнении, их сумма 220,674. При этом функция эффективности для маршрута b изображена в обратном направлении.

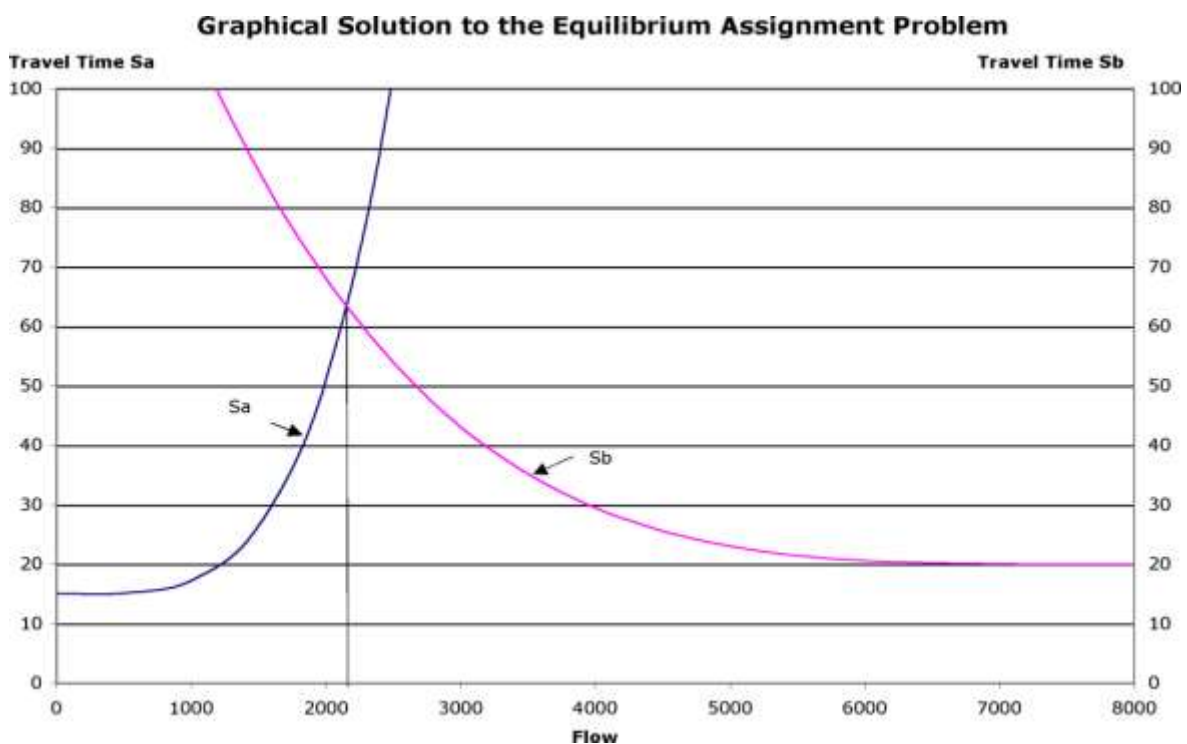


Рис. 3.2. Графическое решение задачи транспортного равновесия

Точка равновесия (пересечение функций) соответствует 2152 авт. по маршруту **a** и 5848 авт. по маршруту **b**. Время поездки по каждому из маршрутов составляет около 63 ед. времени.

Рис. 3.3 иллюстрирует распределение транспортных средств по двум маршрутам, не соответствующее равновесному решению. Положение кривых не меняется, но эффективность трафика, интерпретируемая общей площадью под кривыми, снизится за счет ее роста на величину площади заштрихованной области.

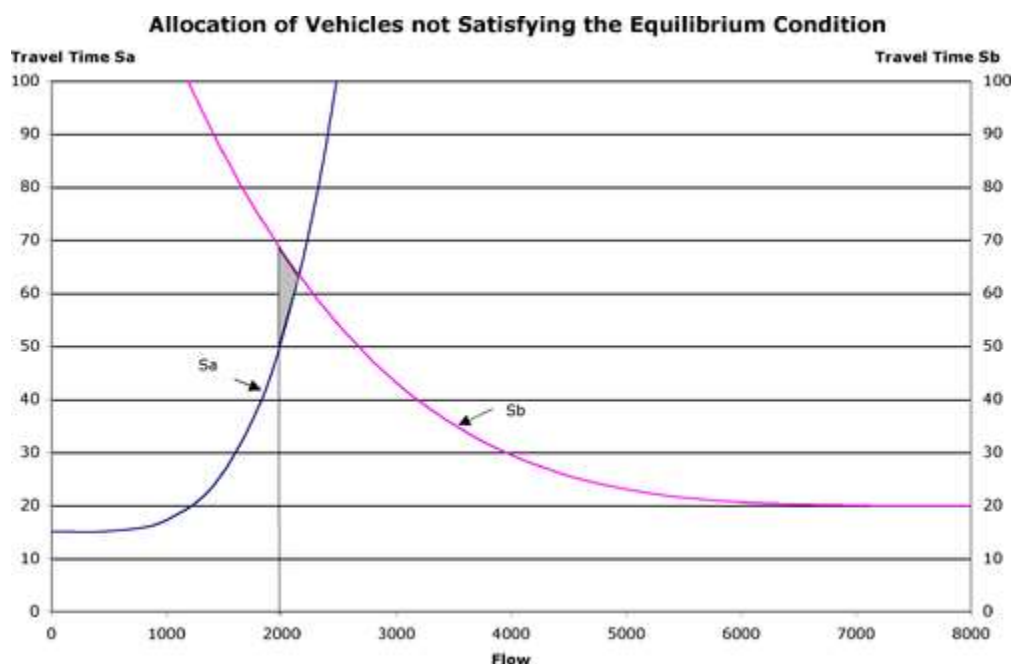


Рис. 3.3. Распределение транспортных средств по маршрутам, не удовлетворяющее условию транспортного равновесия

*Задания для самостоятельной работы:*

1. Поток трафика из пункта 1 в пункт 2 составляет  $Q$  автомобилей в час. Поток разделяется между двумя маршрутами **a** и **b**, трафик на них соответственно обозначается  $Q_a$  и  $Q_b$ . Время в пути (в минутах) (функции эффективности) задается

$$S_a = A + Q_a/B; S_b = B + Q_b/\Gamma.$$

Применить условие транспортного равновесия по Вардропу для определения распределения трафика по маршрутам и времени поездки. Исходные данные по вариантам приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Исходные данные					
Вариант	Q, авт./ч	А	Б	В	Г
1	7000	7	1300	10	700
2	8000	8	1350	12	750
3	9000	9	1400	14	800
4	10000	10	1450	16	850
5	11000	11	1500	18	900
6	12000	12	1550	20	950
7	13000	13	1600	19	1000
8	14000	14	1650	17	1050
9	15000	7	1700	15	1100
10	16000	8	1300	13	1150
11	7000	9	1350	11	1200
12	8000	10	1400	12	1250
13	9000	11	1450	14	800
14	10000	12	1500	16	850
15	11000	13	1550	18	900
16	12000	14	1600	20	950
17	13000	7,5	1650	19	1000
18	14000	8,5	1700	17	1050
19	15000	9,5	1500	15	1100
20	16000	10,5	1300	13	1150

2. Существуют два маршрута от узла 1 к узлу 2 (Рис.4.1). Функции эффективности вида формулы 3.1 для обоих маршрутов следующие:

$$S_a = A \left[ 1 + B \left( \frac{Q_a}{1000} \right)^B \right]$$

$$S_b = \Gamma \left[ 1 + \mathcal{D} \left( \frac{Q_b}{3000} \right)^E \right]$$

Трафик для обоих маршрутов составляет

$$Q_a + Q_b = Q \text{ авт.}$$

Решить графически задачу транспортного равновесия. Исходные данные по вариантам приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Исходные данные							
Варианты	Q, авт.	А	Б	В	Г	Д	Е
1	4000	12	0,11	3,5	24	0,19	5
2	4500	13	0,11	3,7	24	0,19	4,5
3	5000	12	0,12	3,9	23	0,19	4
4	5500	13	0,12	4,1	23	0,18	3,5

5	6000	14	0,13	4,2	22	0,18	3
6	6500	15	0,13	4,3	22	0,18	5
7	7000	14	0,14	4,2	21	0,17	4,5
8	7500	15	0,14	4,1	21	0,17	4
9	8000	16	0,15	4,0	20	0,17	3,5
10	8500	17	0,15	3,9	20	0,16	3
11	9000	16	0,16	3,9	19	0,16	5
12	9500	17	0,16	3,8	19	0,16	4,5
13	10000	15	0,17	3,8	18	0,15	4
14	10500	14	0,17	3,7	18	0,15	3,5
15	11000	15	0,18	3,7	17	0,15	3
16	6500	14	0,18	3,6	17	0,14	5
17	7000	13	0,19	3,6	16	0,14	4,5
18	7500	12	0,19	3,5	16	0,14	4
19	8000	13	0,20	3,5	15	0,13	3,5
20	8500	12	0,20	4,0	15	0,13	3

### **Лабораторная работа 4**

#### **Тема: «Применение анализа Парето для анализа эффективности транспортных систем»**

Этот метод получил свое название по имени итальянского экономиста Вильфредо Парето (1848-1923 гг.), который доказал, что большая часть капитала (80 %) находится в руках незначительного количества людей (20 %). Правило Парето – «универсальный» принцип, который применим во множестве ситуаций, в том числе, в решении проблем эффективности и качества [4, 5]. Диаграмма Парето – инструмент, позволяющий распределить усилия для разрешения возникающих проблем и выявить основные причины, с которых нужно начинать действовать.

Сущность принципа Парето, положенного в основу построения диаграммы, заключается в том, что все множество возможных причин несоответствий делится на две группы. Первая группа – небольшое число причин, которые существенно воздействуют на появление несоответствий (немногочисленные существенно важные). Вторая группа – большое число причин, оказывающих незначительное воздействие (многочисленные несущественные).

Различают два вида диаграмм Парето:

1. Диаграмма Парето по результатам деятельности, предназначенная для выявления главной проблемы и отражающая следующие нежелательные результаты деятельности: по качеству, по затратам, по временным показателям, по безопасности.

2. Диаграмма Парето по причинам проблем, возникающих в ходе процессов: по исполнителям, по оборудованию, по сырьевым ресурсам, по методам работы.

Рекомендуемый порядок анализа Парето с построением диаграммы включает следующие этапы:

1. Определение цели, метода и периода сбора информации.

2. Организация и проведение наблюдений с фиксацией данных в контрольном листке.

3. Анализ результатов наблюдений, выявление наиболее значимых факторов. При этом необходимо расположить данные, полученные по каждому фактору, в порядке значимости и заполнить таблицу, учитывая группу «Прочие», которую следует записать в последнюю строку.

4. Построение диаграммы (столбчатого графика), наглядно показывающей относительную значимость каждого фактора.

5. Построение графика Парето в виде кумулятивной кривой.

При построении диаграмм Парето рекомендуется соблюдать следующие рекомендации:

- следует воспользоваться разными классификациями и составить много диаграмм Парето, так как суть проблемы можно уловить, наблюдая исследуемый процесс с разных точек зрения;

- нежелательно, чтобы группа «Прочие» составляла большой процент, что означает неправильность разделения объектов наблюдения и требует использования другого принципа классификации;

- если возможно представить данные в денежном выражении затрат по факторам, то следует это отразить на диаграмме Парето;

- если обнаруживается фактор, в отношении которого легко провести улучшение, это надо сделать незамедлительно, независимо от того, каким бы незначительным он ни был.

При использовании диаграммы Парето для выявления результатов деятельности и причин распространенным методом является так называемый ABC - анализ. Его идея состоит в том, чтобы все множество однотипных объектов разделить по значимости для выполнения поставленной цели на три группы. При этом среднестатистическое распределение имеет вид, представленный в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Примерные среднестатистические процентные соотношения групп А, В, С

Группа	Доля в количестве объектов управления, %	Доля в результате, %
А	20	80
В	30	15
С	50	5

В результате анализа выделяются наиболее значимые объекты, которых, как правило, немного, и именно на них необходимо сосредоточить основное внимание и ресурсы.

После проведения выработанных на основе анализа Парето мероприятий следует провести повторный анализ с целью оценки эффективности принятых мер. При этом повторяется вся процедура построения диаграммы Парето, а новые результаты сравниваются с данными, полученными ранее.

Рассмотрим проведение анализа Парето на примере.

Пример. Дирекцией пассажирского автотранспортного предприятия из-за участившихся рекламаций о сбоях в работе регулярных маршрутов было принято решение об исследовании их причин для разработки мероприятий по улучшению работы. В результате наблюдений менеджеров предприятия в течение месяца был составлен контрольный листок о сбоях регулярности на маршрутах автобусов (табл. 4.2).

Таблица 4.2

## Контрольный листок регистрации сбоев

Причины сбоев	Обозначение	Регистрация сбоев	Итого
Дорожно-транспортные происшествия	ДТП	HHH IIII	9
Поломки транспортных средств	ПТС	HHH HHH HHH HHH HHH HHH HHH HHH HHH HHH HHH II	57
Вина водителей	ВВ	HHH HHH HHH IIII	19
Организация перевозочного процесса	ОПП	HHH II	6
Организация дорожного движения	ОДД	HHH HHH IIII	13
Прочие	ПР	IIII	4
Итого			108

Заполним таблицу для построения диаграммы Парето (табл. 4.3) с учетом данных из контрольного листка, располагаемых в порядке убывания. Группа «Прочие» помещается в таблице последней строкой вне зависимости от того, какое получено значение, так как ее составляет совокупность несоответствий, числовой результат по каждому из которых меньше, чем самое малое значение для несоответствия, выделенного в отдельную строку.

Таблица 4.3

## Таблица данных для построения диаграммы Парето

Обозначения причин сбоев	Число сбоев по каждой причине	Накопленная сумма числа сбоев	Процент числа сбоев по каждой причине в общей сумме	Накопленный процент
ПТС	57	57	52,8	52,8
ВВ	19	76	17,6	70,4
ОДД	13	89	12,0	82,4
ДТП	9	98	8,3	90,7
ОПП	6	104	5,6	96,3
ПР	4	108	3,7	100
Итого	108	-	100	-

Для построения диаграммы (рисунок) необходимо начертить одну горизонтальную и две вертикальные оси. Горизонтальная ось делится на равные интервалы в соответствии с числом несоответствий (сбоев, дефектов). На левую вертикальную ось наносится шкала от нуля до числа,

соответствующего общему итогу обнаруженных сбоев, на правую – шкала с интервалами от 0 до 100 %. Затем на основании данных табл. 4.2 строится столбиковая диаграмма Парето. Данные, отражающие накопленные проценты, используются для построения кумулятивной кривой.



Диаграмма Парето по видам сбоев на автобусных маршрутах

Из анализа построенной диаграммы Парето следует, что почти 53 % сбоев на маршрутах происходят из-за поломки автобусов, а в сумме со сбоями по вине водителей имеем 70,4 %. Таким образом, первоочередные мероприятия дирекции АТП очевидны.

Задание для самостоятельной работы:

В табл. 4.4 по вариантам представлены данные о причинах сбоев регулярности движения на участках улично-дорожной сети за месяц. С помощью построения диаграммы Парето осуществить анализ причин сбоев и предложить наиболее действенные мероприятия.

Таблица 4.4

Фиксация причин сбоев регулярности движения										
Обозначения причин сбоев	Число сбоев по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ДТП	9	6	а	7	5	3	2	а	4	5
ПТС	63	17	57	а	26	32	38	45	82	а
ВВ	12	а	19	72	19	81	а	14	22	21
ОПП	32	69	22	24	а	14	6	12	а	59
ОДД	а	28	10	18	69	а	17	17	13	11
ПР	4	1	2	3	4	2	2	3	5	2

Примечание: буква «а» в клетках вместо цифры означает последнюю цифру из номера зачетной книжки



## Лабораторная работа 5

### Тема: «Метод парных сравнений для ранжирования проблем транспортных систем»

Метод парных сравнений, применяется как разновидность метода экспертных оценок, например, при недостатке специалистов по решению той или иной проблемы, или при сложности ранжирования большого числа сравниваемых объектов. Отметим, что применив на первом этапе анализа метод парных сравнений, дальнейшую обработку полученных оценок можно уже осуществлять в соответствии с классикой метода экспертных оценок.

В основе метода парных сравнений лежит качественная оценка («больше», «равно», «меньше») по выбранному критерию каждой пары объектов из их совокупности. Эксперт для каждой пары должен установить, в какой степени (большей, меньшей или равной) один из объектов (проблем) пары влияет в целом на решаемую задачу. Общее число пар сравнения объектов (вариантов, проблем) равно

$$A = n(n - 1) / 2, \quad (5.1)$$

где  $n$  - общее число объектов сравнения.

Каждый эксперт составляет квадратную матрицу предпочтительности  $\|B_{sl}\|$  (пример в табл. 5.1)

Таблица 5.1

Оценка объектов с помощью матрицы предпочтительности

$s \backslash l$	1	2	3	4	5
1	=	>	=	>	<
2	<	=	>	<	=
3	=	<	=	<	<
4	<	>	>	=	<
5	>	=	>	>	=

Коэффициент предпочтительности  $b_{sl}$  (элемент матрицы предпочтительности) является числовой мерой – аналогом представления эксперта о значимости одного объекта по отношению к другому по выбранному критерию. Эксперт, последовательно и попарно сравнивая объекты, дает им

оценку знаками («>», «=», «<»), заполняя верхние от диагонали ячейки матрицы (нижние от диагонали ячейки заполняются обратными знаками). Например, для рассматриваемого случая (табл. 5.1) эксперт считает, что объект 1 более значим, чем 2-й и 4-й; примерно равнозначен с 3-м; менее значим, чем 5-й.

Кроме заполнения матрицы предпочтительности (табл. 5.1), эксперт должен указать, во сколько раз могут, по его мнению, отличаться значимости объектов, т.е. на основе личного опыта оценивает коэффициенты предпочтительности. Их численные значения могут быть установлены в результате совместного обсуждения. Например, этими значениями для вышеприведенных знаков могут быть соответственно числа 1,5; 1 и 0,5 или др. Подставив эти числа вместо соответствующих знаков в таблицу 5.1, получим числовую матрицу предпочтительности (табл. 5.2).

После подстановки в матрицу предпочтительности вместо знаков чисел-аналогов ( $b_{sl}$ ) находятся суммы  $\sum b_{sl}$  для каждого оцениваемого S-го объекта (по строкам табл. 5.2) и записываются в предпоследний столбец таблицы.

Таблица 5.2

Матрица предпочтительности для оценки объектов экспертом  
методом парного сравнения

$\begin{matrix} l \\ s \end{matrix}$	Матрица предпочтительности					Расчетная матрица	
	1	2	3	4	5	$\sum b_{sl}$	$V_s$
1	1	1,5	1	1,5	0,5	5,5	0,22
2	0,5	1	1,5	0,5	1	4,5	0,18
3	1	0,5	1	0,5	0,5	3,5	0,14
4	0,5	1,5	1,5	1	0,5	5,0	0,20
5	1,5	1	1,5	1,5	1	6,5	0,26
$\sum$						25,0	1,00

Нормированные значимости (весомости) объектов, приведенные в последнем столбце табл. 5.2, определяются

$$V_s = \sum b_{sl} / \sum \sum b_{sl}, \quad (5.2)$$

Например, для первого объекта  $V_{s1} = 5,5 / 25 = 0,22$ . Аналогично определяются весомости объектов по оценкам других экспертов.

Продemonстрируем метод парных сравнений для упрощенного (одно-экспертного) ранжирования административных мер сдерживания использования автомобилей в городах.

Приведем эти меры:

А) ограничения на владение и регистрацию автомобилей;

Б) ограничения (или даже запрет) на движение в определенных зонах и в определенное время;

В) запрет или ограничение времени парковки;

Г) обременение автовладельцев обязанностью иметь резидентную парковку для своего автомобиля;

Д) лишение права на управление автомобилем за грубейшие и преднамеренные нарушения Правил дорожного движения и др.

Для сравнения этих мер по критерию значимости для города в его стремлении стать городом «удобным для жизни» эксперту предложено расставить знаки предпочтительности (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Матрица предпочтительности административных мер

$s \backslash l$	А	Б	В	Г	Д
А	=	<	<	<	=
Б	>	=	=	>	>
В	>	=	=	>	=
Г	>	<	<	=	>
Д	=	<	=	<	=

Таблица 5.4

Матрица предпочтительности мер с числовыми значениями

$s \backslash l$	Матрица предпочтительности					Расчетная матрица	
	А	Б	В	Г	Д	$\sum V_{sl}$	$V_s$
А	1	0,5	0,5	0,5	1	2,5	0,104
Б	1,5	1	1	1,5	1,5	6,5	0,271
В	1,5	1	1	1,5	1	6,0	0,250
Г	1,5	0,5	0,5	1	1,5	5,0	0,208
Д	1	0,5	1	0,5	1	4,0	0,167
$\Sigma$						24,0	1,000

Таким образом, по мнению эксперта наиболее значимыми для города являются меры:

Б) ограничения (или даже запрет) на движение в определенных зонах и в определенное время;

В) запрет или ограничение времени парковки.

В соответствии с методом экспертных оценок, чем большее число экспертов участвует в оценке, тем более обоснованы результаты его применения. Результаты оценивания разных экспертов, полученные при их независимой друг от друга оценке, затем должны усредняться.

*Задание для самостоятельной работы:*

Студенческую группу разделить на 2 – 4 подгруппы, которым как экспертным, поручить проранжировать разные группы мер, содействующих использованию общественного транспорта и мер, сдерживающих использование автомобилей по различным критериям: по значимости, по сложности исполнения, по затратам ресурсов, по степени одобрения горожанами и др.

### **Лабораторная работа №6**

#### **Тема: «ABC- анализ и XYZ - анализ»**

В целях укрепления позиции на рынке руководство фирмы приняло решение расширить торговый ассортимент. Свободных финансовых средств, необходимых для кредитования дополнительных товарных ресурсов, фирма не имеет. Перед службой логистики была поставлена задача усиления контроля товарных запасов с целью сокращения общего объема денежных средств, омертвленных в запасах. Необходимо провести анализ ассортимента по методам **ABC** и **XYZ**, в результате чего распределить ассортиментные позиции по группам и сформулировать соответствующие рекомендации по управлению запасами. Торговый ассортимент фирмы, средние запасы за год, а также объемы продаж по отдельным кварталам представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1

## Исходные данные

Номер позиции	Средний запас за год по позиции, руб.	Реализация за квартал, руб.			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1	4900	4000	3700	3500	4100
2	150	240	300	340	400
3	200	500	600	400	900
4	1900	3300	1000	1500	2000
5	150	50	70	180	20
6	450	450	490	460	480
7	900	1400	1040	1200	1300
8	2500	400	1600	2000	2900
9	3800	3600	3300	4000	3400
10	690	700	1000	1100	800

1. Проведем ABC-анализ запасов. В качестве критерия классификации выберем показатель **Средние запасы за год**. В результате выделили группу А товарных позиций 1, 9 и 8, которые составляют около 80% всех запасов фирмы. В группу В входят товарные позиции 4 и 7, остальные позиции попали в группу С.

Таблица 6.2

## ABC-анализ запасов

№ позиции	Средний запас за год по позиции, руб.	Доля позиции, %	Доля с нарастанием, %	Группа
<b>Итого:</b>	<b>15640</b>	<b>100,00%</b>		
1	4900	31,33%	31,33%	А
9	3800	24,30%	55,63%	А
8	2500	15,98%	71,61%	А
4	1900	12,15%	83,76%	В
7	900	5,75%	89,51%	В
10	690	4,41%	93,93%	С
6	450	2,88%	96,80%	С
3	200	1,28%	98,08%	С
5	150	0,96%	99,04%	С
2	150	0,96%	100,00%	С

Для большей наглядности необходимо построить диаграмму Парето.

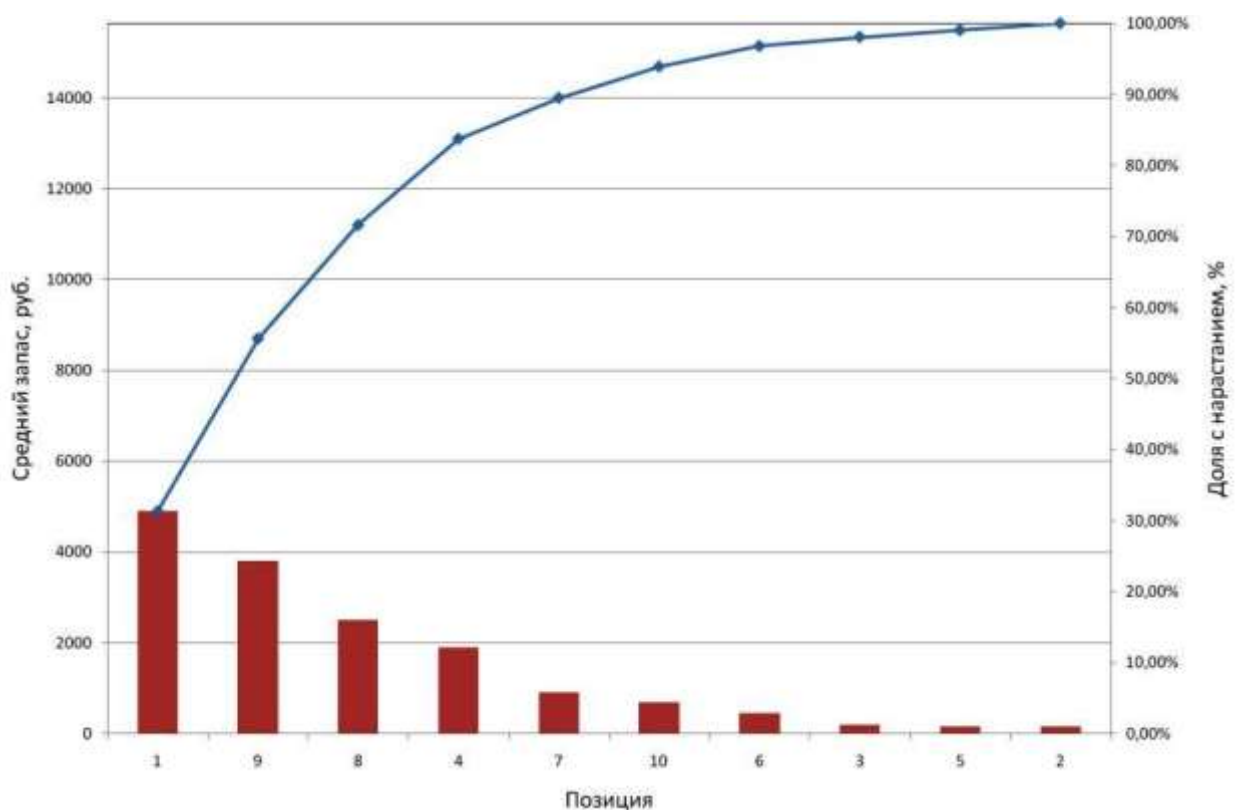


Диаграмма Парето

**Вывод:** в первую очередь необходимо контролировать запасы товаров, входящих в группу А. Теперь необходимо разобраться, оправдано ли такое количество хранимых запасов. Для этого проведем еще один АВС-анализ.

2. Выберем другой критерий классификации товарных запасов – **Объем реализации за год**. В результате проведенного АВС-анализа в основную группу А попали товарные позиции 1, 9, 4 и 8. В группе В оказались позиции 7 и 10, остальные в группе С. Отметим, что все товарные позиции из группы А по предыдущему анализу на этот раз также попали в группу А. Это еще раз указывает на необходимость контроля уровня этих запасов.

Таблица 6.3

## АВС-анализ по критерию классификации «Объем реализации за год»

№ позиции	Реализация за год, руб.	Доля позиции, %	Доля с нарастанием, %	Группа
<b>Итого:</b>	<b>58720,0</b>	<b>100,00%</b>		
1	15300	26,06%	26,06%	A
9	14300	24,35%	50,41%	A
4	7800	13,28%	63,69%	A
8	6900	11,75%	75,44%	A
7	4940	8,41%	83,86%	B
10	3600	6,13%	89,99%	B
3	2400	4,09%	94,07%	C
6	1880	3,20%	97,28%	C
2	1280	2,18%	99,46%	C
5	320	0,54%	100,00%	C

Наибольшую выручку приносят товарные позиции, попавшие в группу А. Поэтому службе логистики необходимо обеспечивать постоянное наличие этих товаров. По этим товарам допустимо создавать страховой запас с избытком. Более точное настроить систему управления запасами позволят результаты XYZ-анализа.

3. Проведем **XYZ-анализ товарных позиций**. В отличие от АВС-анализа XYZ подразумевает использование единственного критерия классификации запасов – **коэффициента вариации**. Коэффициент вариации рассчитывается по формуле:

$$v = (S / R_{cp}) * 100\%,$$

где  $S$  – среднее квадратическое (стандартное) отклонение объемов реализации за период;  $R_{cp}$  – средний объем реализации за этот же период. Чем меньше значение коэффициента вариации, тем более стабильны продажи товаров. В соответствии со значением коэффициента вариации все товарные позиции делятся на три группы: X, Y и Z. В группу X попадают товары с коэффициентом вариации менее 10%. В группу Y – товары с коэффициентом

вариации от 10% до 25%. В группу Z – товары с коэффициентом вариации более 25%. Результаты XYZ-анализа представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4

Результаты XYZ-анализа

№ поз.	Реализация за квартал, руб.				Реализация в среднем за квартал, руб.	Стандартное отклонение реализации	Коэф. вариации, %	Группа
	I	II	III	IV				
1	4000	3700	3500	4100	3825,0	238,48	6%	X
2	240	300	340	400	320,0	58,31	18%	Y
3	500	600	400	900	600,0	187,08	31%	Z
4	3300	1000	1500	2000	1950,0	855,86	44%	Z
5	50	70	180	20	80,0	60,42	76%	Z
6	450	490	460	480	470,0	15,81	3%	X
7	1400	1040	1200	1300	1235,0	132,95	11%	Y
8	400	1600	2000	2900	1725,0	898,26	52%	Z
9	3600	3300	4000	3400	3575,0	268,10	7%	X
10	700	1000	1100	800	900,0	158,11	18%	Y

В группу X вошли товарные позиции 1, 6 и 9. В группу Y – 2, 7 и 10. Остальные попали в группу Z – 3, 4, 5 и 8.

4. Совместим результаты ABC и XYZ-анализа. При этом в общем случае формируется девять групп товаров. В нашем случае получилась следующая товарная матрица.

Таблица 6.5

Товарная матрица

	A	B	C
X	1, 9		6
Y		7, 10	2
Z	4, 8		3, 5

Товары группы AX (1 и 9) отличаются высоким объемом продаж и стабильностью. Необходимо обеспечить постоянное наличие товара, но не



нужно создавать избыточный страховой запас, так как спрос на товары этой группы хорошо прогнозируется. Товары **группы ВУ** (7 и 10) при достаточно высоких продажах имеют недостаточную их стабильность. Считается, что товары группы **У** имеют определенный тренд в объемах продаж – спад или рост. Чтобы обеспечить постоянное их наличие, нужно увеличить страховой запас. Товары **группы АЗ** (8 и 4) отличаются высокими продажами и низкой прогнозируемостью спроса. Чтобы обеспечить постоянное наличие товаров данной группы, в ряде случаев создаются избыточные страховые запасы, но это может привести к росту суммарного товарного запаса компании. Поэтому здесь можно рекомендовать перейти на более частные поставки, работать с более надежными поставщиками, более тщательно организовать контроль за расходом этих товаров. Для товаров **группы СХ** (6) можно уменьшить страховой запас до минимального уровня и использовать систему управления запасами с постоянной периодичностью между заказами. По товарам **группы СУ** (2) можно перейти на систему с постоянным объемом заказа, но при этом формировать страховой запас, исходя из имеющихся у компании финансовых ресурсов. В группу **товаров CZ** попали позиции 3 и 5. По возможности эти товары лучше вывести из ассортимента. В любом случае их нужно регулярно контролировать, так как именно из этих товаров возникают неликвиды, от которых компания несет потери.

Исходные данные по вариантам

Вариант1					
Номер позиции	Средний запас за год по позиции, руб.	Реализация за квартал, руб.			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1	4900	4000	3700	3500	4100
2	150	240	1300	1200	1200
3	200	500	600	400	1500
4	1900	3300	1000	1500	1000
5	1200	120	140	200	700
6	2000	450	490	460	480
7	2000	1400	1040	1200	1300
8	2500	400	1600	2000	2900
9	3800	3600	1000	1000	1000
10	690	900	1000	1600	1000

Вариант 2					
Номер позиции	Средний запас за год по позиции, руб.	Реализация за квартал, руб.			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1	5500	4000	3700	3500	4100
2	350	280	300	340	1000
3	720	500	600	450	900
4	3400	3100	1000	1500	2000
5	220	60	70	250	40
6	450	450	490	460	480
7	900	1800	1040	1750	1300
8	2500	400	1800	2000	2900
9	4500	3600	3300	4000	1000
10	690	700	1000	1100	800

Вариант 3					
Номер позиции	Средний запас за год по позиции, руб.	Реализация за квартал, руб.			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1	2000	4000	3700	3500	4100
2	5000	240	800	340	800
3	200	500	600	400	400
4	1900	3300	1000	1500	4000
5	150	50	70	450	20
6	450	450	490	450	480
7	300	1400	1040	1200	1300
8	2500	400	1600	2000	2900
9	2100	3600	3300	4000	3400
10	500	200	2500	1100	800

Вариант4					
Номер позиции	Средний запас за год по позиции, руб.	Реализация за квартал, руб.			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1	4900	1400	3700	3500	4100
2	150	500	300	340	400
3	200	250	600	400	900
4	1000	3100	1500	1580	2000
5	150	50	70	180	120
6	150	450	490	460	480
7	1000	1400	1040	1200	120
8	2500	400	1600	2000	240
9	3800	3600	3300	4000	3000
10	690	700	1000	1100	800

Вариант 5					
Номер позиции	Средний запас за год по позиции, руб.	Реализация за квартал, руб.			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1	4900	4000	3700	3500	4100
2	150	240	300	340	1400
3	200	500	600	400	1500
4	4500	3300	1000	1500	2000
5	150	50	200	200	20
6	450	450	490	460	480
7	900	1200	1040	1200	1300
8	2200	400	1600	2000	2900
9	1800	3600	3300	4000	1500
10	100	1700	1000	1100	800

Вариант 6					
Номер позиции	Средний запас за год по позиции, руб.	Реализация за квартал, руб.			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1	4900	4000	1200	3500	4100
2	700	240	110	340	400
3	900	500	1100	400	900
4	1200	3000	1000	1500	2000
5	1500	50	70	180	20
6	5200	450	5000	500	480
7	1900	1250	1040	1200	1250
8	2500	400	1600	1200	1250
9	3800	3600	3300	4000	3400
10	690	700	1000	1100	800

Вариант 7					
Номер позиции	Средний запас за год по позиции, руб.	Реализация за квартал, руб.			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1	5000	4000	3700	3500	4100
2	4000	400	300	800	400
3	3000	500	600	400	900
4	1900	3300	1000	1500	2000
5	150	400	800	180	800
6	800	450	490	460	480
7	900	1400	1040	1200	1300
8	2500	900	1600	2000	2900
9	3800	3600	3300	4000	3400
10	900	900	1000	1100	800

Вариант 8					
Номер позиции	Средний запас за год по позиции, руб.	Реализация за квартал, руб.			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1	2100	4000	3700	3500	3000
2	2000	240	300	340	400
3	2200	500	600	400	450
4	1900	2300	1000	1500	400
5	150	800	800	800	400
6	8000	450	490	460	480
7	900	400	1040	1200	1300
8	2500	400	1600	2000	2900
9	3800	1600	1000	4000	3400
10	800	700	1000	1100	800

Вариант 9					
Номер позиции	Средний запас за год по позиции, руб.	Реализация за квартал, руб.			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1	800	700	3700	3500	4100
2	150	240	700	340	400
3	200	500	600	400	900
4	4500	3300	1000	1500	900
5	150	800	1170	1170	150
6	450	1250	490	460	480
7	900	1400	1040	1200	1300
8	1250	400	1600	2000	900
9	1250	3600	700	900	3400
10	690	900	1000	1100	800

Вариант 10					
Номер позиции	Средний запас за год по позиции, руб.	Реализация за квартал, руб.			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1	3000	700	900	1100	1250
2	150	240	300	340	400
3	200	500	600	400	900
4	3000	3300	500	1500	2000
5	150	50	70	180	20
6	450	500	490	460	480
7	900	700	1040	1200	700
8	2500	400	1600	500	2900
9	3500	3600	1150	1600	500
10	900	500	1000	1100	800

### Список использованных источников

1. Вельможин А.А. Грузовые автомобильные перевозки: учебник / А.А. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, В.А. Куликов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с.
2. Вукан Р. Вучик. Транспорт в городах, удобных для жизни (Transportation for Livable Cities). – М.: Территория будущего, 2011. - 576 с.
3. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов/ В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев; под ред. В.А. Гудкова, М.: Горячая линия, 2004. - 448 с.
4. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов: учебное пособие / Э.А. Сафронов. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. - 288 с.
5. Спирин И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом: справочное пособие / И.В. Спирин. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 413 с.
6. Блинкин М.Я. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институты / М.Я. Блинкин, Е.М. Решетова; Изд. дом Высшей школы экономики; М.; 2013/ Ознак. фрагмент <http://fictionbook.ru/static/trials/10/75/27/10752737.a4.pdf>
7. Ваксман С.А. Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы Междунар. науч.-практич. конф. / С.А. Ваксман. – Екатеринбург, 1990 – 2016 г.г. – с. 14-24. <http://waksman.ru/Russian/Konference/Konferen.htm>.
8. Горев А.Э. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения: учебное пособие / А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. – М.: Академия, 2009. – 256 с.

9. Ларин О.Н. Организация пассажирских перевозок: учебное пособие / О.Н. Ларин. – Челябинск: ЮУрГУ, 2005. – 104 с., [http://kppap.narod.ru/org\\_pp\\_posob.pdf](http://kppap.narod.ru/org_pp_posob.pdf)
10. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов: учебник для студентов вузов / Е.М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с
11. Логистика: общественный пассажирский транспорт: учебник / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. М.: Экзамен, 2003. – 224 с.
12. Национальная концепция устойчивых городских транспортных систем. Предложения по усовершенствованию системы городского транспорта в российских городах – М.: Алекс (ИП Поликанин А.А.), 2013. – 192 с.: <http://www.waksman.ru/Russian/Criticism/Reporturtrrus.pdf>
13. Нордин В.В. Практическая логистика: учебное пособие / В.В Нордин., В.М. Муров. – Саарбрюкен: Palmarium Academic Publishing, ФРГ, 2016. – 329 с.
14. Нордин В.В. Практические методы повышения качества управления в транспорт-ной и сервисной отраслях: Учеб.-практ. пособие / В.В. Нордин. – Калининград, Изд-во РГУ им. И.Канта, 2010. – 212 с.
15. Пермовский А.А. Пассажирские перевозки / А.А Пермовский.. – Н.Новгород: НГПУ, 2011. – 164 с., <https://vgipupermovskij.files.wordpress.com/2011/05>
16. Пропускная способность автомобильных дорог / Е.М. Лобанов, В.В. Сильянов и др. - М. : Транспорт, 1970 - 152 с.
17. Самойлов Д.С. Городской транспорт: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Д.С. Самойлов. - М.: Стройиздат, 1983.-384 с.
18. Трофименко Ю.В. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов / Ю.В. Трофименко, М.Р. Якимов. – М.: Логос, 2013. – 464 с.