

# **ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛЬЦЕВЫХ МАРШРУТОВ**

*Методические указания  
к практическим занятиям по дисциплине «Логистика»*

Минск  
2011

УДК 339.18(07)

ББК 65.40я7

О-62

Авторы:

кандидат экономических наук, доцент *П.А. Дроздов*;

ассистент *М.М. Юхно*

Рецензент – заведующий сектором экономики агросервиса Института системных исследований в АПК НАН Беларуси, кандидат экономических наук, доцент *А.П. Такун*

Методические указания к практическому занятию на тему "Оптимизация кольцевых маршрутов" содержат описание методов оптимизации кольцевых маршрутов на базе конкретного практического примера, а также алгоритм их реализации с помощью *GPS*-навигаторов.

**УДК 339.18(07)**

**ББК 65.40я7**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	4
1 Цель практического занятия . . . . .	5
2 Порядок выполнения работы . . . . .	5
3 Общие сведения . . . . .	5
4 Задание на выполнение практической работы . . . . .	17
Контрольные работы . . . . .	30
Литература . . . . .	30

## ВВЕДЕНИЕ

Транспорт, являясь базовой отраслью национальной экономики государства, обеспечивает взаимосвязь его элементов, способствует углублению территориального разделения труда.

Значительный объем грузов (до 85%) в народном хозяйстве перевозится автомобильным транспортом, который является неотъемлемой составной частью транспортной системы национальной экономики, ее наиболее гибким и мобильным компонентом. В этой связи весьма актуальным является рациональное управление автотранспортом, которое включает оптимизацию маятниковых и кольцевых маршрутов и позволяет при одних и тех же объемах грузоперевозок снизить транспортную работу, а также потребление горюче-смазочных материалов до 30%.

В методических указаниях к практической работе рассмотрены широко известные методы оптимизации кольцевых маршрутов (математического моделирования и графический), а также предложенный комбинированный метод.

Наряду с этим в методических указаниях представлен алгоритм оптимизации кольцевых маршрутов с помощью математического и комбинированного методов с использованием *GPS*-навигаторов. Это дает возможность снизить трудоемкость оптимизационных работ в десятки раз, обеспечивая тем самым его привлекательность для повсеместного внедрения в практику хозяйственной деятельности не только автотранспортных предприятий, но и других организаций, осуществляющих грузоперевозки.

## 1 ЦЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

**Цель работы** – закрепить теоретические знания и получить практические навыки по оптимизации кольцевых маршрутов, а также освоить алгоритм реализации действующих методов с помощью *GPS*-навигаторов.

## 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Используя лекционный материал, настоящие методические указания, а также учебную литературу [1] студенту необходимо в период самоподготовки изучить методы оптимизации кольцевых маршрутов, в том числе с помощью *GPS*-навигаторов.

2.2. Студент в соответствии с заданием, осуществляет необходимые расчеты и заполняет сводную маршрутную ведомость. По результатам выполненной работы делает выводы об экономической целесообразности оптимальной маршрутизации движения транспорта.

2.3. После выполнения задания студент защищает результаты выполненной работы у приемной комиссии в составе преподавателя и студентов.

## 3 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

*Кольцевой маршрут* – маршрут движения автомобиля по замкнутому контуру, соединяющему несколько потребителей (поставщиков).

Различают развозочные, сборные и сборно-развозочные кольцевые маршруты.

*Развозочным маршрутом* называется такой маршрут, при котором продукция загружается у одного поставщика и развозится нескольким потребителям.

*Сборный маршрут* – это маршрут движения, когда продукция получается у нескольких поставщиков и доставляется одному потребителю.

*Сборно-развозочный маршрут* представляет собой сочетание первых двух.

### **Методы оптимизации кольцевых маршрутов**

Решение подобных задач рассмотрим на следующем примере развозки товаров. В соответствии с заказами потребителей городская овощная база обязуется 02.02.2011 г. обеспечить доставку

овощей и фруктов согласно схеме представленной на рисунке 1. При этом известно, что удовлетворение потребностей соответствующих потребителей, которые отражены в таблице 1, будут осуществляться посредством автотранспорта грузоподъемностью 4 тонны. Требуется найти  $m$  замкнутых путей  $l_1, l_2, \dots, l_k, \dots, l_m$  из единственной общей точки  $K$ , чтобы выполнялось следующее условие:

$$\sum_{k=1}^m l_k \rightarrow \min.$$

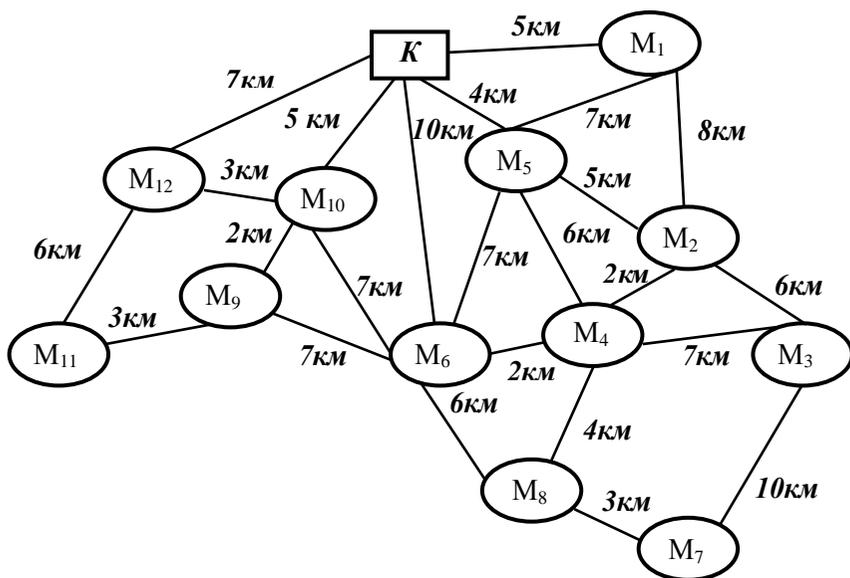


Рисунок 1. – Схема взаимного размещения овощной базы и потребителей  
 $K$  – овощная база;  $M_1$ –  $M_{12}$  – потребители

Таблица 1 – Потребности заказчиков в овощах и фруктах

Пункты назначения	Потребность, тонн	Пункты назначения	Потребность, тонн
$M_1$	1	$M_7$	1
$M_2$	2	$M_8$	2
$M_3$	2	$M_9$	1
$M_4$	3	$M_{10}$	2
$M_5$	2	$M_{11}$	1

$M_6$	1	$M_{12}$	2
-------	---	----------	---

Подчеркнем, что существует несколько методов решения подобных задач: математического моделирования, графический и комбинированный.

**I. Рассмотрим алгоритм реализации метода математического моделирования.**

1. Строится кратчайшая сеть, связующая товарную базу и все пункты назначения без замкнутых контуров, начиная с пункта, который отстоит на минимальном расстоянии от товарной базы (в нашем случае это пункт  $M_5$ ) (рисунок 2). Далее сеть строится таким образом, чтобы совокупный путь, соединяющий все пункты назначения и товарную базу (овощную базу  $K$ ), был минимальным.

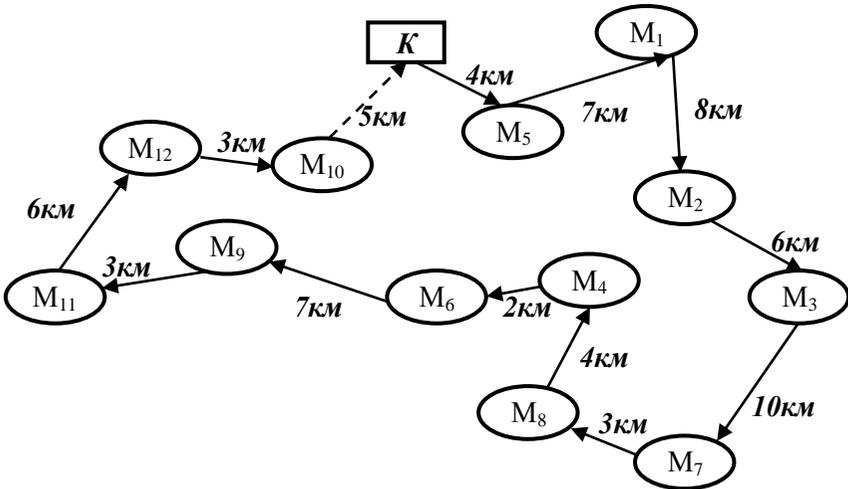


Рисунок 2. – Кратчайшая сеть, связующая овощную базу и пункты назначения

2. Затем по каждой ветви сети, начиная с пункта, наиболее удаленного от товарной базы  $K$  (считая по кратчайшей связующей сети – это пункт  $M_{10}$ ), группируются пункты на маршруты с учетом количества ввозимого груза и грузоподъемности (вместимости) развозочного автотранспорта. При этом сумма грузов по группируемым пунктам маршрута должна быть равной или немного меньше грузоподъемности автомобиля, а об-

щее число автомобилей – минимально необходимым (таблица 2).

Таблица 2 – Предварительные маршруты объезда пунктов назначения

№ предварительного маршрута	Пункты назначения	Потребность в продукции, тонн
1	$M_{10}$	2
	$M_{12}$	2
		Итого: 4
2	$M_{11}$	1
	$M_9$	1
	$M_6$	1
	$M_4$	1
		Итого: 4
3	$M_4$	2
	$M_8$	2
		Итого: 4
4	$M_7$	1
	$M_3$	2
	$M_2$	1
		Итого: 4
5	$M_2$	1
	$M_1$	1
	$M_5$	2
		Итого: 4

3. Определяется рациональный порядок объезда пунктов каждого маршрута (на примере предварительного маршрута № 2). Для этого строится таблица-матрица, в которой по диагонали размещаются пункты, включаемые в маршрут, и начальный пункт К, а в соответствующих клетках – кратчайшее расстояние между ними согласно рисунку 1 (таблица 3).

Таблица 3 – Таблица-матрица предварительного маршрута № 2

Номер строки	К	10	7	10	10
<b>1</b>	10	$M_{11}$	3	10	12
<b>2</b>	7	3	$M_9$	7	9
<b>3</b>	10	10	7	$M_6$	2
<b>4</b>	10	12	9	2	$M_4$

<b>Сумма</b>	<b>37</b>	<b>35</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>33</b>
--------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Начальный маршрут строим для трех пунктов матрицы, имеющих наибольшие размеры сумм, показанных в строке (37; 35; 33), то есть пункты К, М<sub>11</sub>, М<sub>4</sub>. Для включения последующих пунктов выбираем из оставшихся пункт, имеющий наибольшую сумму – это пункт М<sub>6</sub> (сумма 29), и определяем, между какими парами пунктов его следует включить – К и М<sub>11</sub>, М<sub>11</sub> и М<sub>4</sub>, М<sub>4</sub> и К. Чтобы это решить, для каждой пары пунктов необходимо найти размер приращения маршрута по следующей формуле:

$$\Delta = C_{ki} + C_{ip} - C_{kp},$$

где  $C$  – расстояние, км;

$i$  – индекс включаемого пункта;

$k$  – индекс первого пункта из пары;

$p$  – индекс второго пункта из пары.

При включении пункта М<sub>6</sub> между первой парой пунктов К и М<sub>11</sub> определяем размер приращения  $\Delta KM_{11}$  при условии, что  $i$  – М<sub>6</sub>,  $k$  – К,  $p$  – М<sub>11</sub>.

Получаем:

$$\Delta KM_{11} = C_{M_6K} + C_{M_6M_{11}} - C_{KM_{11}} = 10 + 10 - 10 = 10 \text{ км.}$$

Таким же образом определяем приращения  $\Delta M_{11}M_4 = 0$ ;  $\Delta M_4K = 2$ . Так как  $\Delta M_{11}M_4 = \min$ , следовательно, пункт М<sub>6</sub> должен располагаться между пунктами М<sub>11</sub> и М<sub>4</sub> (К–М<sub>11</sub>–М<sub>6</sub>–М<sub>4</sub>–К). Используя этот метод, определяем, между какими пунктами должны располагаться пункт М<sub>9</sub>. После проведенных расчетов получаем следующий порядок объезда пунктов-потребителей предварительного маршрута № 2: К–М<sub>9</sub>–М<sub>11</sub>–М<sub>6</sub>–М<sub>4</sub>–К.

Важно подчеркнуть, что движение по полученному кольцевому маршруту можно осуществлять в двух направлениях: начиная обслуживание с пункта М<sub>9</sub> или с пункта М<sub>4</sub>. Пути движения в обоих направлениях будут равны между собой (32 км), однако различными будут транспортные работы. Так, транспортная работа для направле-

ния движения с начальным пунктом  $M_9$  будет равна 59 т·км ( $7\text{км}\cdot 4\text{т} + 3\text{км}\cdot 3\text{т} + 10\text{км}\cdot 2\text{т} + 2\text{км}\cdot 1\text{т}$ ), тогда как для направления движения с начальным пунктом  $M_4$  – соответственно 63 т·км ( $10\cdot 4 + 2\cdot 3 + 7\cdot 2 + 3\cdot 1$ ) (см. рисунок 1). Следовательно, более рациональным будет направление движения по маршруту с начальным пунктом  $M_9$ , так как при этом будет проделана меньшая транспортная работа.

Аналогичные расчеты проводятся для оставшихся предварительных маршрутов № 1, № 3, № 4 и № 5.

4. Составляется сводная маршрутная ведомость (таблица 4).

Таблица 4 – Сводная маршрутная ведомость

№ маршрута	Последовательность выполнения маршрута	Расшифровка	Протяженность пути движения на маршруте, км
1	$K \rightarrow M_{10} \rightarrow M_{12} \rightarrow K$	К – овощная база $M_{10}$ – магазин № 10 $M_{12}$ – магазин № 12	15
2	$K \rightarrow M_9 \rightarrow M_{11} \rightarrow M_6 \rightarrow M_4 \rightarrow K$	К – овощная база $M_9$ – магазин № 9 $M_{11}$ – магазин № 11 $M_6$ – магазин № 6 $M_4$ – магазин № 4	32
3	$K \rightarrow M_4 \rightarrow M_8 \rightarrow K$	К – овощная база $M_4$ – магазин № 4 $M_8$ – магазин № 8	28
4	$K \rightarrow M_2 \rightarrow M_3 \rightarrow M_7 \rightarrow K$	К – овощная база $M_2$ – магазин № 2 $M_3$ – магазин № 3 $M_7$ – магазин № 7	42

5	$K \rightarrow M_5 \rightarrow M_2 \rightarrow M_1 \rightarrow K$	К – овощная база М <sub>5</sub> – магазин № 5 М <sub>2</sub> – магазин № 2 М <sub>1</sub> – магазин № 1	22
---	---	--	----

Анализ таблицы 4 показывает, что совокупный пробег на пяти маршрутах в соответствии с проведенными оптимизационными расчетами согласно методу математического моделирования составляет 139 км.

### ***Алгоритм применения метода математического моделирования с использованием GPS-навигатора***

1. С помощью GPS-навигатора строится кратчайшая сеть, связующая товарную базу и все пункты назначения без замкнутых контуров. Для этого на электронную карту местности навигатора наносятся путевые точки (пункты назначения, начиная с товарной базы). С помощью функциональных возможностей GPS-навигатора определяется кратчайший путь, связывающий все точки, начиная с товарной базы.

2. Формируются предварительные маршруты. При этом во внимание принимается кратчайшая сеть, полученная с помощью GPS-навигатора. Для этого по каждой ветви сети, начиная с пункта, наиболее удаленного от товарной базы группируются пункты на маршруты с учетом количества ввозимого груза и грузоподъемности (вместимости) развозочного автотранспорта. При этом сумма грузов по группируемым пунктам маршрута должна быть равной или немного меньше грузоподъемности автомобиля, а общее число автомобилей – минимально необходимым.

3. Определяются оптимальные кольцевые маршруты по обслуживанию точек потребления каждого предварительного маршрута. Для этого на электронную карту местности навигатора наносятся путевые точки предварительного маршрута (пункты назначения предварительного маршрута, начиная с товарной базы). С помощью функциональных возможностей GPS-навигатора определяется кратчайший путь, связывающий все точки соответствующего предварительного маршрута, начиная с товарной базы.

4. По критерию минимума транспортной работы определяются рациональные направления движения по полученным кольцевым маршрутам согласно п. 3 алгоритма.

## **II. Сущность графического метода оптимизации кольцевых маршрутов состоит в следующем:**

1. На тетрадном листе «в клетку», на котором отмечены координатные оси, строится карта-схема реальной зоны обслуживания с нанесением в масштабе точек-потребителей и товарной базы (масштаб карты: 1 клетка = 1 км<sup>2</sup>). Вертикальные и горизонтальные линии сетки представляют собой дороги, которые могут быть использованы для поездок из одного пункта в любой другой пункт на карте. При этом движение транспорта осуществляется только по горизонтальным или вертикальным линиям сетки (исключается движение по диагоналям клеточек).

2. Осуществляется группировка пунктов-потребителей на маршруты с учетом их потребностей и грузоподъемности автомобильного транспорта, участвующего в грузоперевозке. При этом используется алгоритм Свира или другими словами эффект дворника-стеклоочистителя. Воображаемым лучом, исходящим из товарной базы (в нашем примере, точка К) и постепенно вращающимся по или (и) против часовой стрелке, начинаем «стирать» с координатного поля изображенных на нем потребителей. Как только сумма потребностей «стертых» потребителей достигает грузоподъемности (вместимости) автомобиля, фиксируется сектор, обслуживаемый одним кольцевым маршрутом, и намечается путь объезда потребителей. Аналогичным образом формируются маршруты для оставшихся потребителей.

Следует отметить, что данный метод дает точные результаты лишь в том случае, когда зона обслуживания имеет разветвленную сеть дорог, а также когда расстояния между узлами транспортной сети по существующим дорогам прямо пропорционально расстоянию по прямой.

## **III. Реализацию комбинированного метода** рассмотрим на примере развозки товара согласно условию вышепредставленной задачи (см. рисунок 1 и таблицу 1). Заметим, что применение комбинированного метода, также как и графического, предполагает наличие

карты-схемы реальной зоны обслуживания с соблюдением масштаба.

1. Используя эффект дворника-стеклоочистителя (графический метод), осуществляется группировка пунктов-потребителей на маршруты с учетом их потребностей и грузоподъемности (вместимости) автомобильного транспорта, участвующего в грузоперевозке (рисунок 3). При этом воображаемый луч вращается как по часовой, так и против часовой стрелки. В результате составляется таблица предварительных маршрутов объезда пунктов назначения (таблица 5).

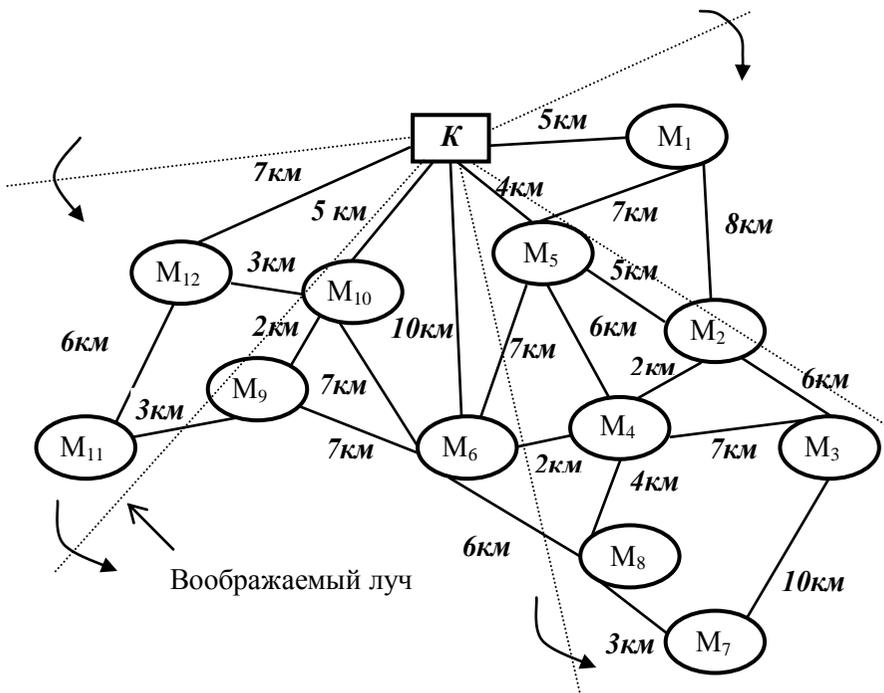


Рисунок 3 – Группировка потребителей на маршруты согласно эффекту дворника-стеклоочистителя: К – овощная база; М<sub>1</sub>– М<sub>12</sub> – потребители

Таблица 5 – Предварительные маршруты объезда пунктов назначения

№ предварительного маршрута	Пункты назначения	Потребность в продукции, тонн
1	2	3
<i>Вращение луча по часовой стрелке</i>		

1	$M_1$	1
	$M_2$	2
	$M_5$	1
		Итого: 4

продолжение таблицы 5

1	2	3
<i>Вращение луча против часовой стрелки</i>		
2	$M_{12}$	2
	$M_{11}$	1
	$M_9$	1
		Итого: 4
3	$M_{10}$	2
	$M_6$	1
	$M_5$	1
		Итого: 4
4	$M_8$	2
	$M_7$	1
	$M_4$	1
		Итого: 4
5	$M_4$	2
	$M_3$	2
		Итого: 4

2. Определяется рациональный порядок объезда пунктов каждого маршрута в соответствии с третьим и четвертым пунктами алгоритма метода математического моделирования.

3. Составляется сводная маршрутная ведомость (таблица 6).

Таблица 6 – Сводная маршрутная ведомость

№ маршрута	Последовательность выполнения маршрута	Расшифровка	Протяженность пути движения на маршруте, км
1	2	3	4

1	$K \rightarrow M_5 \rightarrow M_2 \rightarrow M_1 \rightarrow K$	К – овощная база M <sub>5</sub> – магазин № 5 M <sub>2</sub> – магазин № 2 M <sub>1</sub> – магазин № 1	22
---	---	--	----

продолжение таблицы 6

1	2	3	4
2	$K \rightarrow M_{12} \rightarrow M_{11} \rightarrow M_9 \rightarrow K$	К – овощная база M <sub>12</sub> – магазин № 12 M <sub>11</sub> – магазин № 11 M <sub>9</sub> – магазин № 9	23
3	$K \rightarrow M_{10} \rightarrow M_6 \rightarrow M_5 \rightarrow K$	К – овощная база M <sub>10</sub> – магазин № 10 M <sub>6</sub> – магазин № 6 M <sub>5</sub> – магазин № 5	23
4	$K \rightarrow M_4 \rightarrow M_8 \rightarrow M_7 \rightarrow K$	К – овощная база M <sub>4</sub> – магазин № 4 M <sub>8</sub> – магазин № 8 M <sub>7</sub> – магазин № 7	34
5	$K \rightarrow M_4 \rightarrow M_3 \rightarrow K$	К – овощная база M <sub>4</sub> – магазин № 4 M <sub>3</sub> – магазин № 3	33

Таким образом, совокупный пробег пяти автомобилей на пяти маршрутах в соответствии с проведенными оптимизационными расчетами согласно комбинированному методу составляет 135 км, что на 4 км или 3 % меньше по сравнению с методом математического моделирования.

***Алгоритм применения комбинированного метода  
с использованием GPS-навигатора***

1. Формируются предварительные маршруты. При этом придерживаются первого пункта алгоритма комбинированного метода.
2. Определяются оптимальные кольцевые маршруты по об-

служиванию точек потребления каждого предварительного маршрута. Для этого на электронную карту местности навигатора наносятся путевые точки предварительного маршрута (пункты назначения предварительного маршрута, начиная с товарной базы). С помощью функциональных возможностей *GPS*-навигатора определяется кратчайший путь, связывающий все точки соответствующего предварительного маршрута, начиная с товарной базы.

3. По критерию минимума транспортной работы определяются рациональные направления движения по полученным кольцевым маршрутам согласно п. 3 алгоритма.

Анализ представленных выше методов оптимизации кольцевых маршрутов позволяет сделать следующие выводы и предложения:

1. Ни один из методов не дает гарантированно правильного (оптимального) решения производственных задач характеризующихся одновременно большим числом (более 10–15) пунктов назначения, хорошо развитой дорожной инфраструктурой и когда потребности отдельных пунктов назначения таковы, что для полного их обслуживания необходимо, чтобы через них проходило несколько транспортных средств.

2. Метод математического моделирования в большинстве случаев позволяет получить оптимальный результат, если число пунктов назначения не превышает 10. При этом его необходимо применять, если грузоподъемность (вместимость) автомобиля позволяет удовлетворить потребности всех пунктов назначения (независимо от их числа) за один оборот.

3. При решении задач оптимизации кольцевых маршрутов с большим числом пунктов назначения (более 15) и хорошо развитой дорожной инфраструктурой предпочтение следует отдавать комбинированному методу, так как он лишен недостатков графического метода.

4. С целью снижения трудоемкости проведения оптимизации кольцевых маршрутов необходимо активно внедрять в практику хозяйственной деятельности *GPS*-навигаторы.



#### 4 ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Выполнить оптимизацию кольцевого маршрута (в соответствии с вариантом задания), используя метод математического моделирования и комбинированный метод.

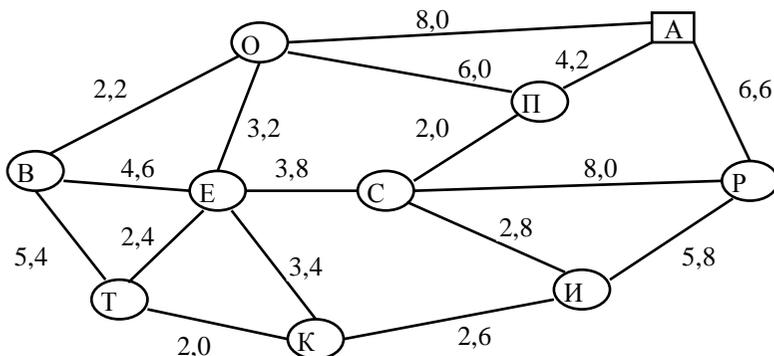
Значения потребностей соответствующих пунктов назначения представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Потребности потребителей

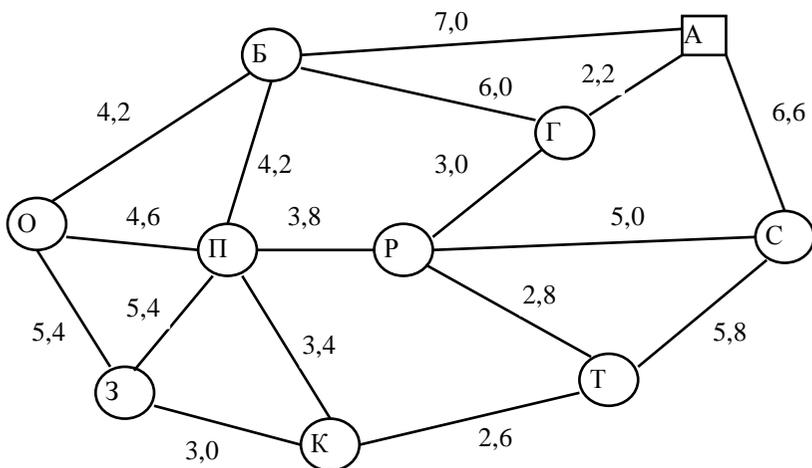
Пункты назначения	Потребность в продукции, кг	Пункты назначения	Потребность в продукции, кг
Б	375	Г	500
В	500	Д	300
Е	425	Ж	525
З	575	И	675
К	125	О	375
П	425	Т	480
Р	615	С	235
Х	940	Ю	170
Я	350	Н	340
Л	240	М	280

Автопарк товарной базы включает транспортные средства грузоподъемностью: 1 тонна; 1,5 тонны и 2,0 тонны.

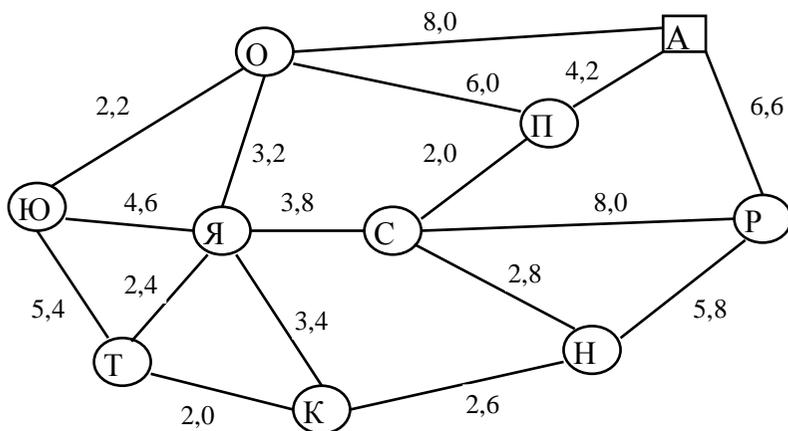
#### Вариант № 1



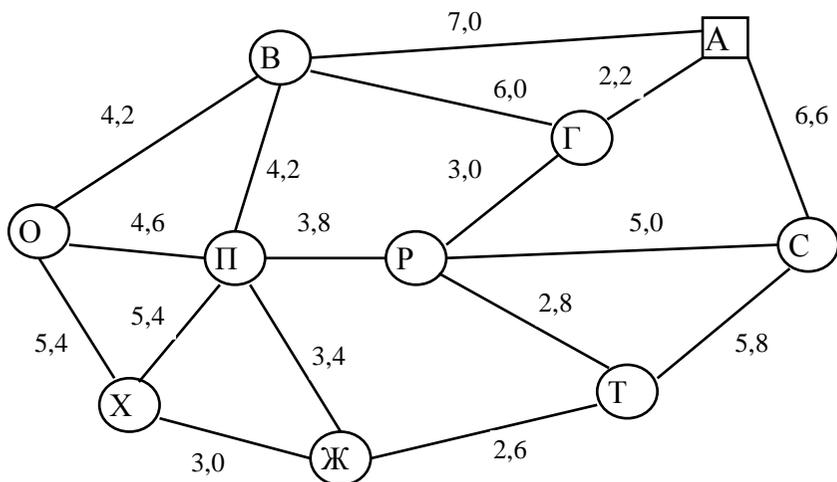
### Вариант № 2



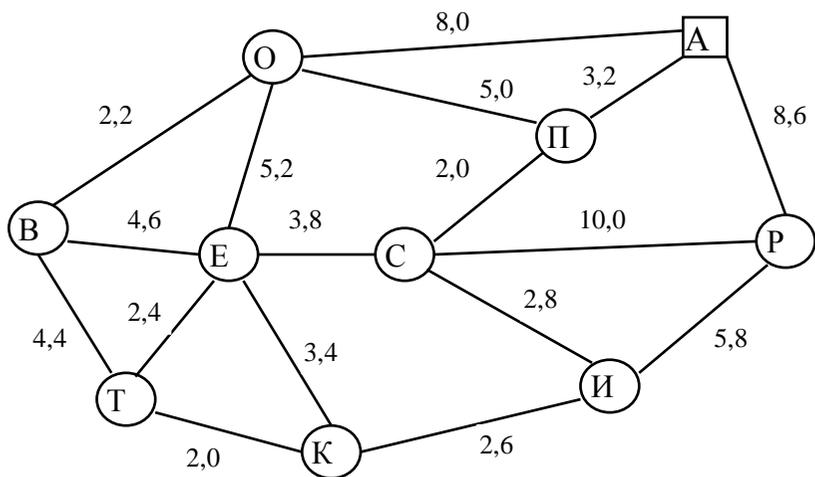
### Вариант № 3



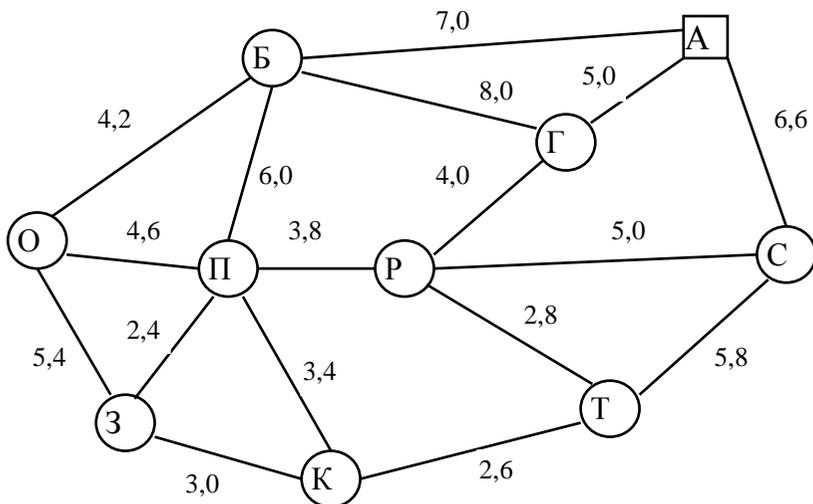
### Вариант № 4



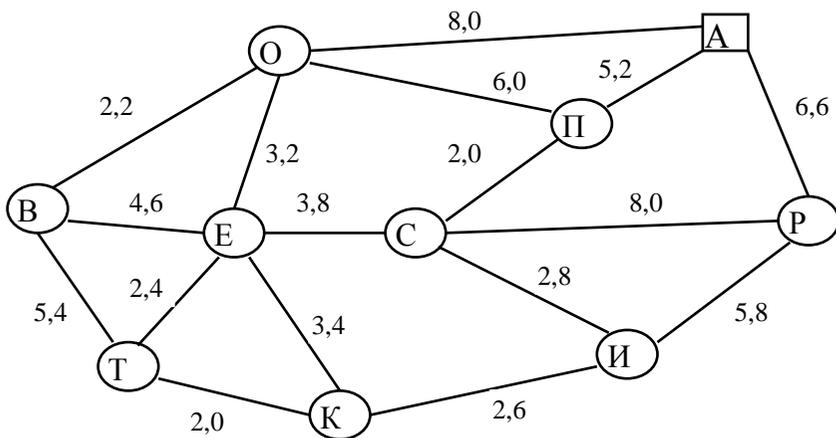
### Вариант № 5



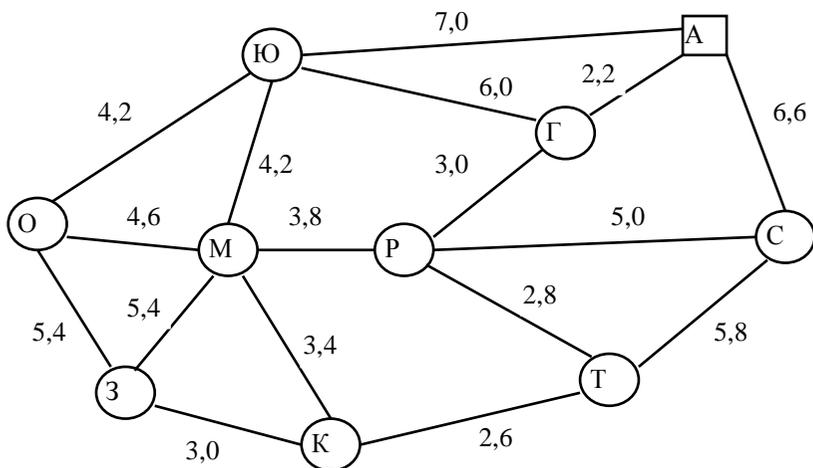
### Вариант № 6



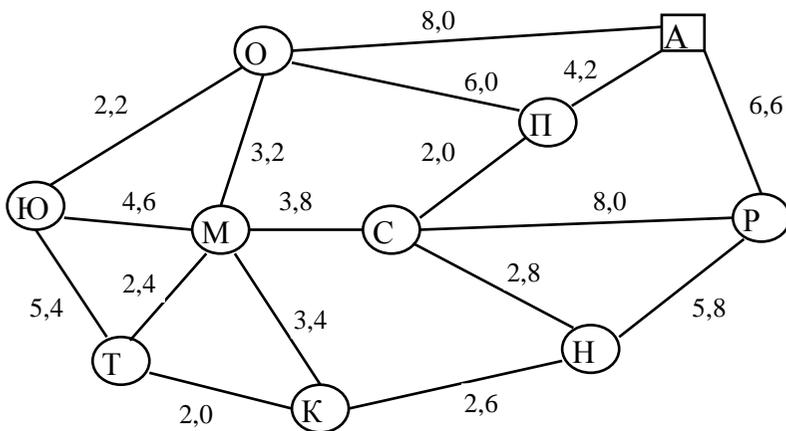
### Вариант № 7



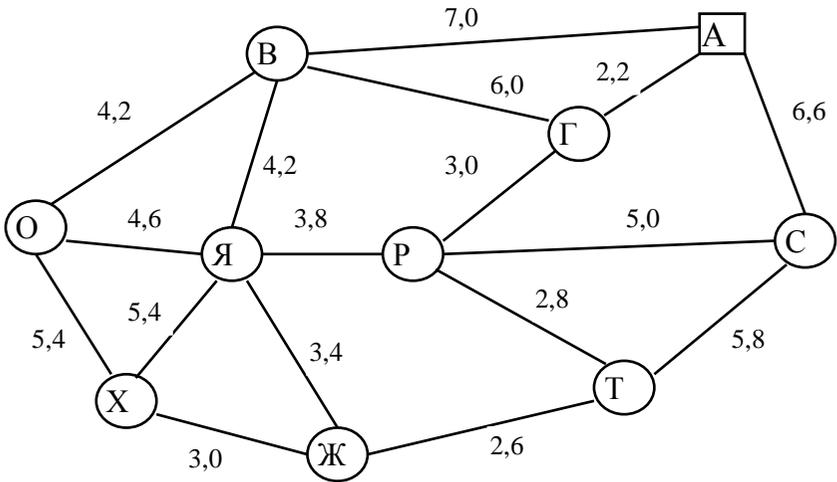
### Вариант № 8



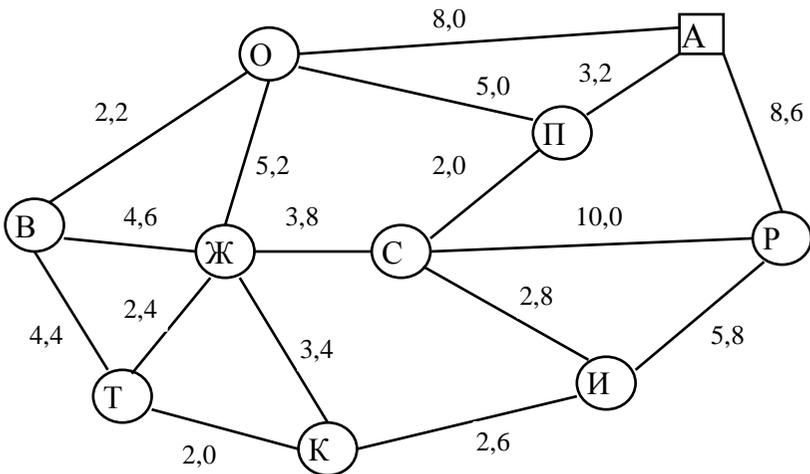
### Вариант № 9



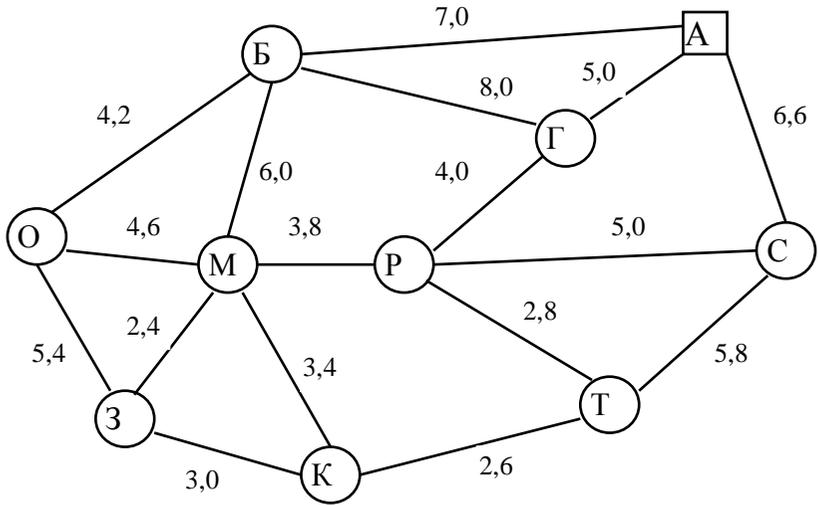
**Вариант № 10**



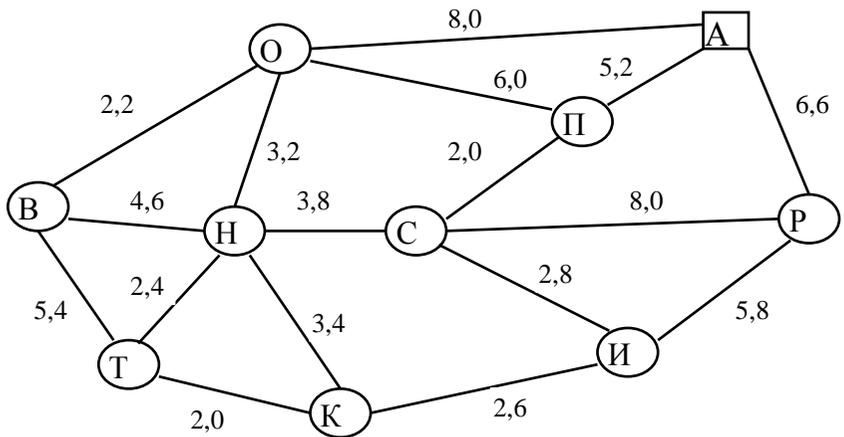
**Вариант № 11**



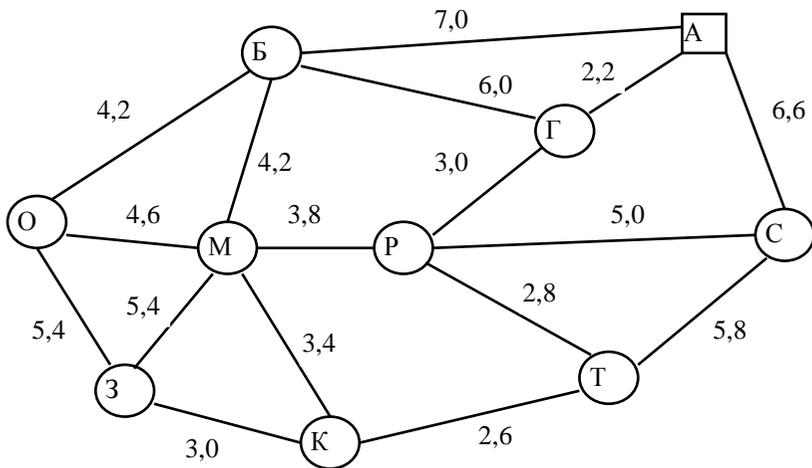
**Вариант № 12**



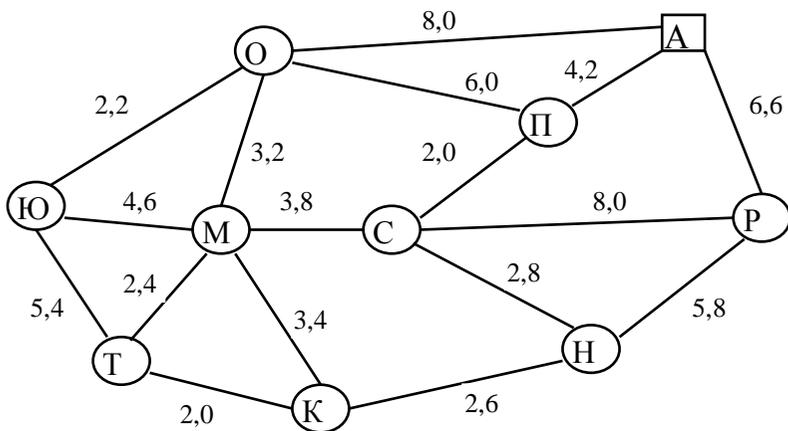
**Вариант № 13**



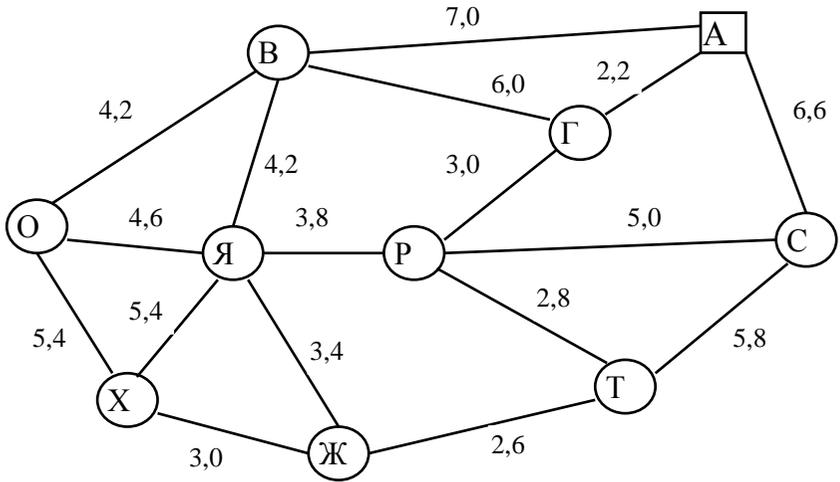
### Вариант № 14



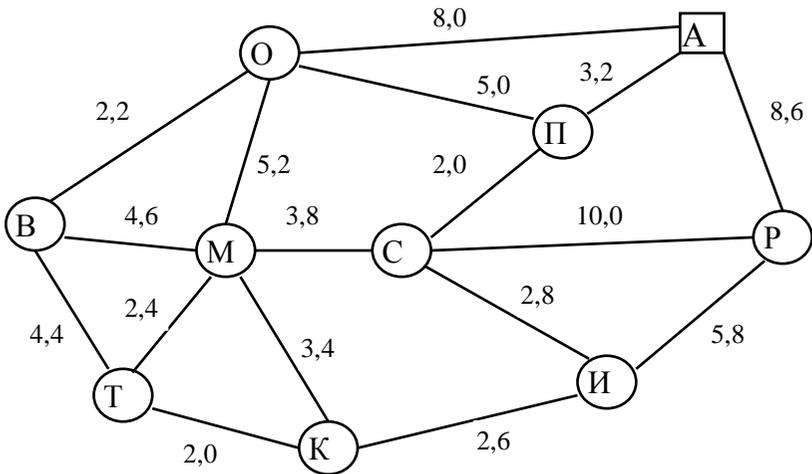
### Вариант № 15



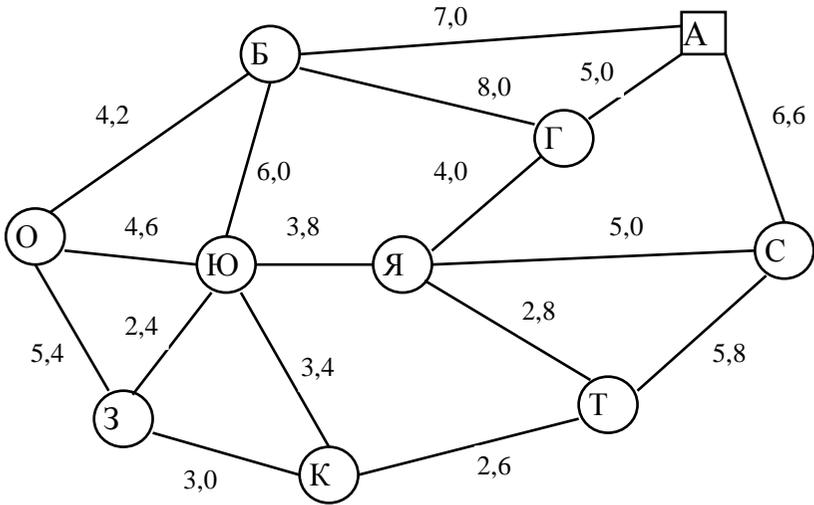
**Вариант № 16**



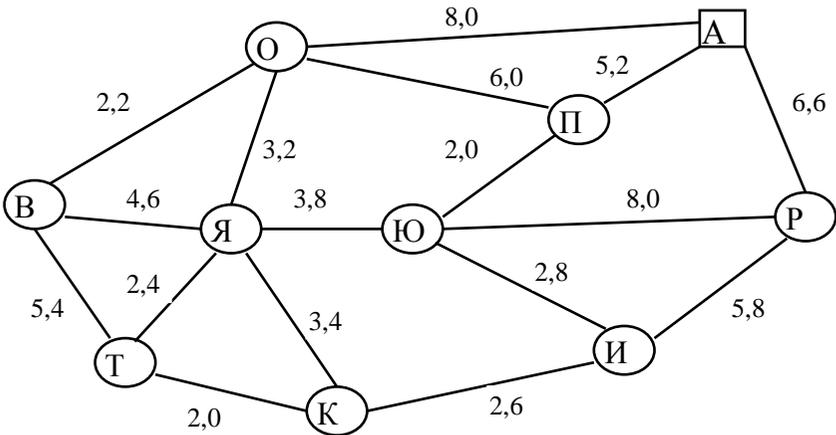
**Вариант № 17**



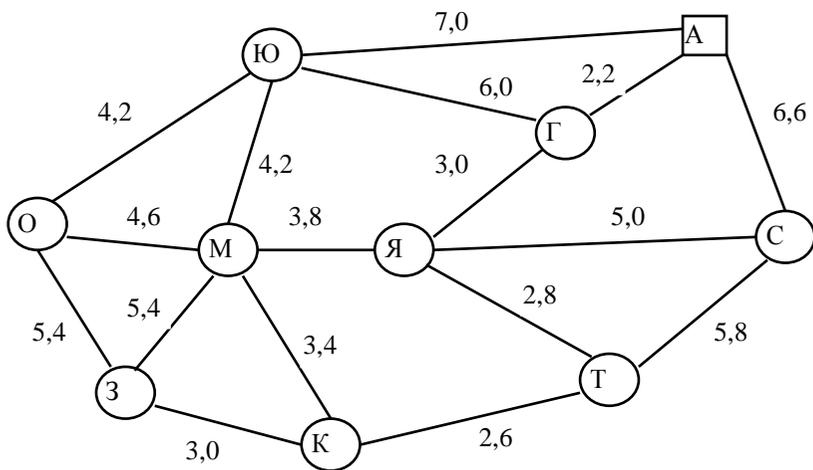
**Вариант № 18**



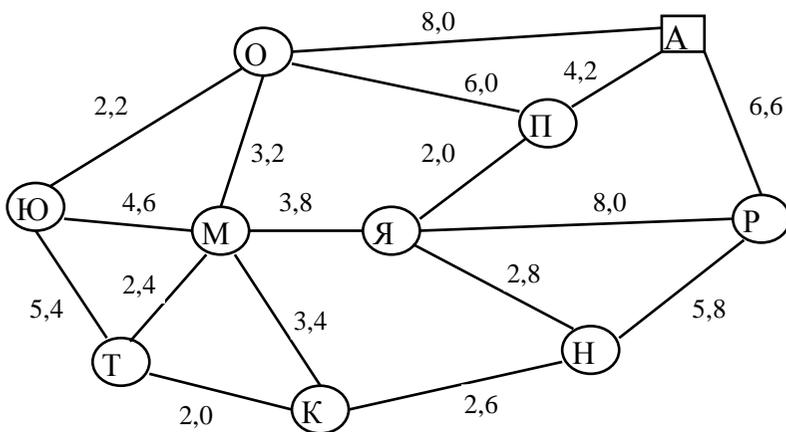
**Вариант № 19**



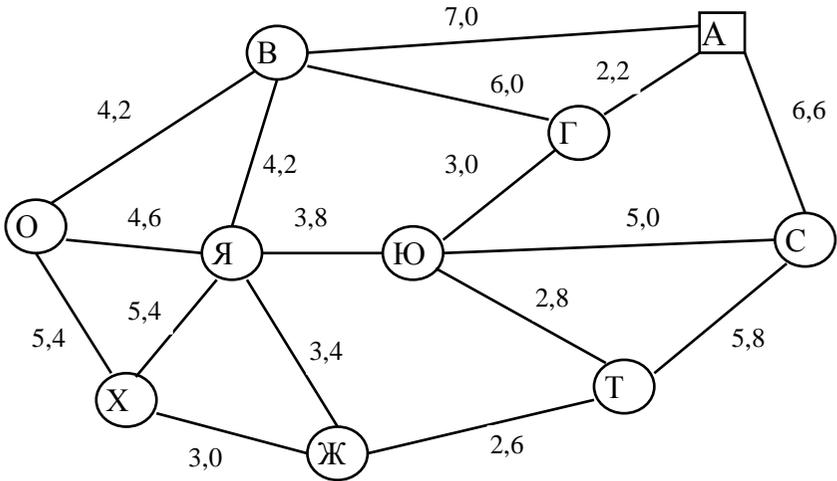
### Вариант № 20



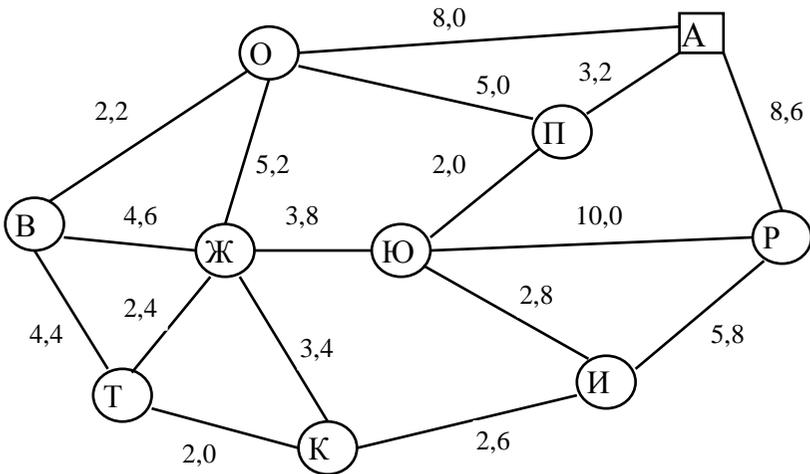
### Вариант № 21



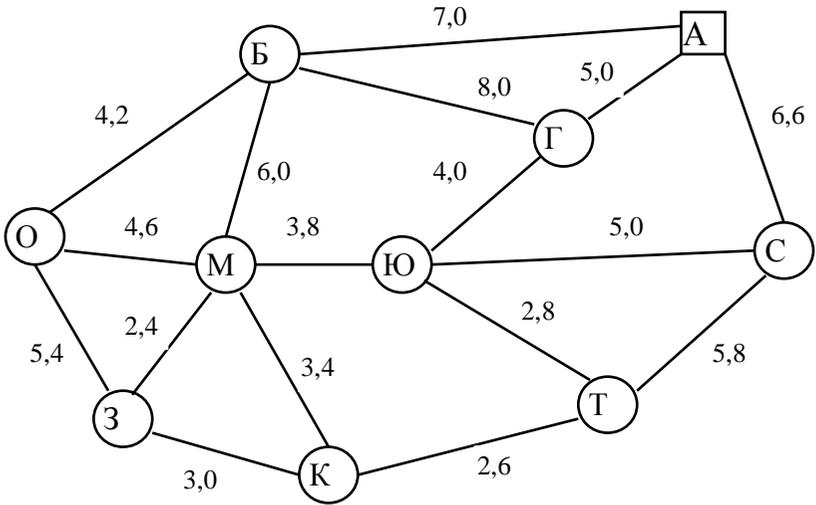
**Вариант № 22**



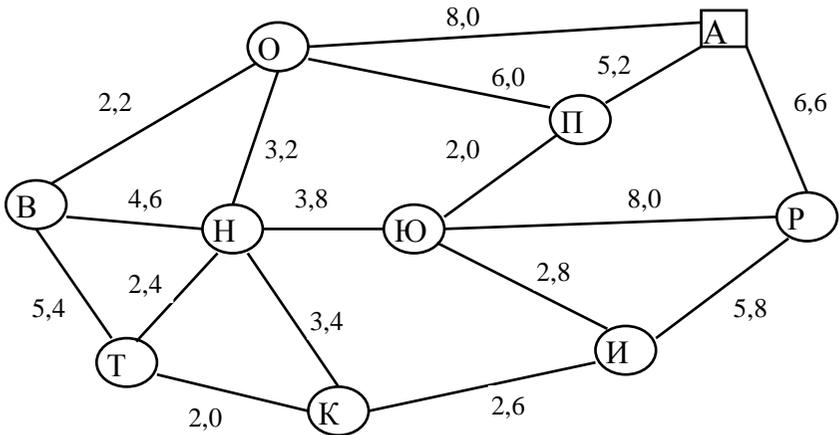
**Вариант № 23**



**Вариант № 24**



**Вариант № 25**



## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие маршруты называются кольцевыми?
2. Какие бывают виды кольцевых маршрутов?
3. Что представляет собой метод математического моделирования оптимизации кольцевых маршрутов?
4. Что представляет собой графический метод оптимизации кольцевых маршрутов?
5. Что представляет собой комбинированный метод оптимизации кольцевых маршрутов?
6. В чем заключается принципиальная разница между методом математического моделирования и комбинированным методом?
7. Поясните алгоритм применения *GPS*-навигаторов при реализации метода математического моделирования.
8. Поясните алгоритм применения *GPS*-навигаторов при реализации комбинированного метода.
9. Как упрощается алгоритм оптимизации кольцевых маршрутов, если грузоподъемность автомобиля позволяет удовлетворить потребности всех потребителей за один кольцевой маршрут?
10. Что дает применение *GPS*-навигаторов при оптимизации кольцевых маршрутов?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздов, П.А. Основы логистики: учеб. пособие / П.А. Дроздов. – Минск: Изд-во Гревцова, 2008. – 208 с.
2. Гаджинский, А. М. Практикум по логистике / А. М. Гаджинский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К", 2006. – 260 с.

Учебное издание

Авторы:  
**Дроздов** Пётр Анатольевич  
**Юхно** Марина Михайловна

## **ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛЬЦЕВЫХ МАРШРУТОВ**

Методические указания

Ответственный за выпуск *П.А. Дроздов*  
Компьютерная верстка *П.А. Дроздов*

Подписано в печать 27.01.2010. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,09. Тираж 30 экз. Заказ 285.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования