

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 13.03.2023 10:45:42

Уникальный программный ключ:

Ob817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabb73e943d64e48516da56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра технологии материалов и транспорта

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

*О. Г. Локтионова*  
«13» 03



## ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методические указания к выполнению практических и  
самостоятельных работ для студентов специальности 23.05.01

Наземные транспортно-технологические средства, специализация  
«Автомобильная техника в транспортных технологиях» очной и заоч-  
ной форм обучения

Курск 2021

УДК 001.891

Составители: Л. П. Кузнецова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры технологии материалов и транспорта С.В. Пикалов

**Основы научных исследований:** Методические указания к выполнению практических и самостоятельных работ для студентов специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, специализация «Автомобильная техника в транспортных технологиях» очной и заочной форм обучения / Юго-Зап. Гос. ун-т; сост.: Л.П. Кузнецова Курск, 2021. 33 с.: ил. 10, табл. 12, прилож. 1. Библиогр.: б.: с. 33.

Излагаются графическое построение исследуемых показателей, влияние температуры на скорость окисления металлов, статистика перевозок грузов и пассажиров, показателей АТП, определение месторасположения склада.

Каждая глава содержит перечень основных уравнений и символов, задачи с решениями и многовариантные задачи. Решение подобных задач помогает усвоить и глубже понять теоретические положения дисциплины.

Предназначены для студентов работ для студентов специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, специализация «Автомобильная техника в транспортных технологиях» очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л . Уч.-изд.л. . Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  | стр |
|--|-----|
| Введение   | 4   |
| Общие указания для выполнения контрольной работы   | 5   |
| <b>Практическая работа №1.</b> Графическое построение исследуемых показателей                                      | 6   |
| <b>Практическая работа №2.</b> Определение скорости газовой коррозии металлов и сплавов по изменению массы образца | 9   |
| Самостоятельная работа 2   | 12  |
| <b>Практическая работа №3.</b> Влияние температуры на скорость окисления металлов на воздухе                       | 14  |
| Самостоятельная работа 3   | 18  |
| <b>Практическая работа №4.</b> Определение месторасположения склада  | 20  |
| Самостоятельная работа 4   | 23  |
| <b>Практическая работа №5.</b> Статистика перевозок грузов и пассажиров  | 28  |
| <b>Практическая работа №6.</b> Статистическое изучение показателей транспортных предприятий                        | 32  |
| Приложение А - Справочные данные   | 35  |
| Библиографический список   | 37  |

## ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемые методические указания составлены в соответствии с рабочей программой по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, специализация «Автомобильная техника в транспортных технологиях» по дисциплине «Основы научных исследований».

Отражены разделы программы теоретической части дисциплины: влияние температуры на скорость окисления металлов на воздухе, графическое построение исследуемых показателей, статистика перевозок грузов и пассажиров мерности увеличения зазора между сопряженными деталями, статистическое изучение показателей транспортных предприятий. В каждом разделе приведены примеры с подробным объяснением хода решения типовой задачи.

При изучении дисциплины в высших учебных заведениях большое значение имеет приобретение навыков в решении задач, что является одним из критериев прочного усвоения материала.

## **Общие указания для выполнения самостоятельной работы**

В процессе изучения дисциплины «Основы научных исследований» каждый студент должен выполнить самостоятельную работу.

При выполнении самостоятельной работы используется литература, рекомендуемая по дисциплине, методические пояснения к работам, а также конспект лекций.

Самостоятельная работа состоит из многовариантных заданий, которые выбираются согласно своему варианту из таблиц.

Содержание самостоятельной работы пишется на одной стороне стандартных листов бумаги. Все листы, начиная с титульного нумеруются. Титульный лист оформляется по форме, образец которой представлен на кафедре или выдается преподавателем.

Изложение самостоятельной работы должно быть кратким, логичным, четким, призванным дать обоснование принятым решениям. Сокращение слов в тексте не допускается. Значение символов и числовых коэффициентов, входящих в формулы, должны быть приведены непосредственно под формулой.

Самостоятельная работа, выполненная не по вариантам и не по установленной форме, к защите не принимается.

## Практическая работа №1

### Графическое построение исследуемых показателей

Необходимость построения графиков возникла тогда, когда появилась необходимость более наглядно показывать, что происходит с тем или иным показателем. Графики наиболее удобочитаемые и наглядные средства сравнения, ими пользуются широко в научных исследованиях.

Основные элементы графика – поле графика, геометрические знаки, масштабные ориентиры и экспликация графика.

Основная цель практической работы – это изучение данных показателей (железнодорожный, автомобильный, трамвайный и троллейбусный) их изменение в зависимости от данных периодов, отображение полученных данных с помощью различных видов графиков (представлять на миллиметровой бумаге), изучение показателей по отдельности и по общим результатам.

**Пример.** Представить показатели по перевозке пассажиров различными видами транспорта в графическом виде, построить линейные графики, столбиковые, ленточные и секторные диаграммы.

Таблица 1.1 - Перевозки пассажиров по видам транспорта ( в млн. чел.).

| Показатели      | Периоды      |              |              |              |              |               |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|                 | 2009         | 2010         | 2011         | 2012         | 2013         | итого         |
| Железнодорожный | 2372         | 2324         | 2062         | 1833         | 1418         | <b>10009</b>  |
| Автомобильный   | 24874        | 24124        | 23438        | 22817        | 23185        | <b>118438</b> |
| Трамвайный      | 8071         | 8125         | 7644         | 7564         | 7518         | <b>38922</b>  |
| Троллейбусный   | 8619         | 9102         | 8751         | 8547         | 8783         | <b>43802</b>  |
| <b>Всего</b>    | <b>43936</b> | <b>43675</b> | <b>41895</b> | <b>40761</b> | <b>40904</b> | <b>211171</b> |

Линейные графики наиболее распространенные из всех типов. Используется прямоугольная система координат, где на оси абсцисс откладываются периоды, а на оси ординат – уровни динамического ряда (рисунок 1.1).

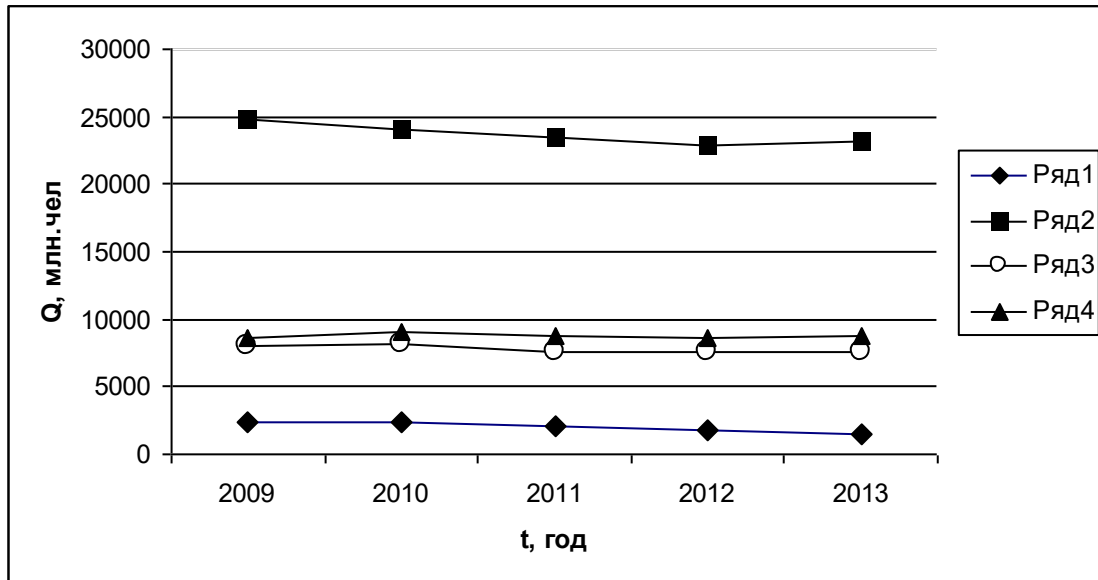


Рисунок 1.1 - Линейные графики

Столбиковые диаграммы используются для наглядного сравнения объемов изучаемых явлений во времени и пространстве, а также для отображения структуры явлений (рисунок 1.2).

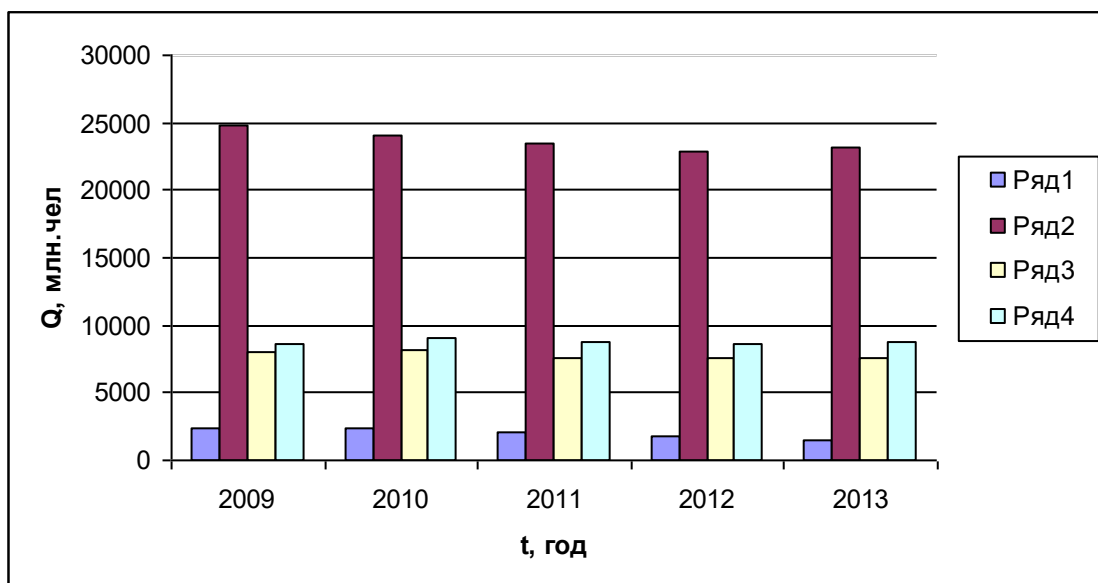


Рисунок 1.2 – Столбиковые диаграммы

Если основания столбиковых диаграмм разместить по оси ординат, а значения уровней по оси абсцисс, то получим ленточные диаграммы (рисунок 1.3).

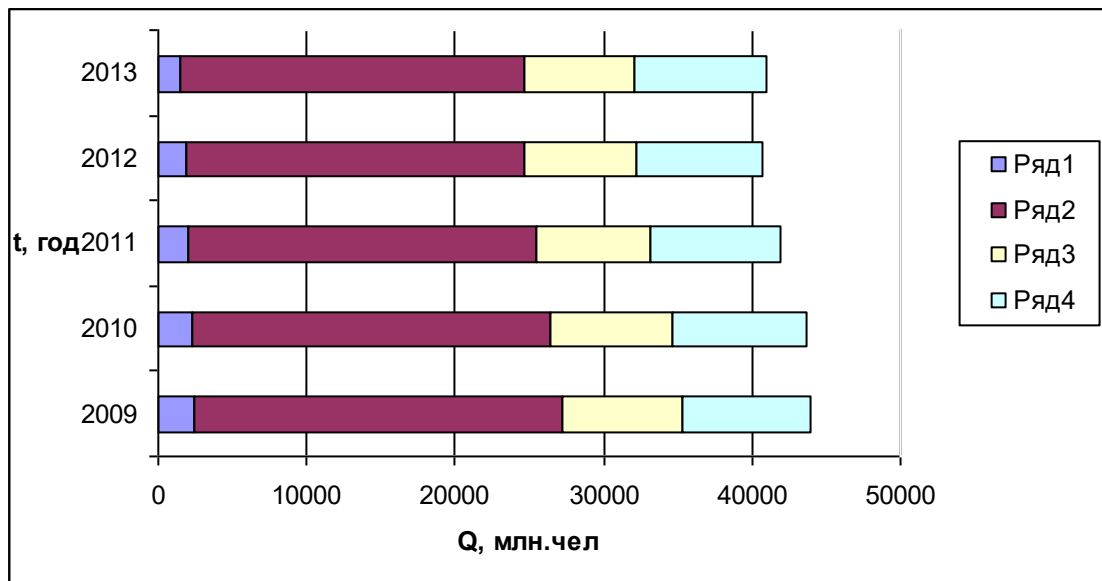


Рисунок 1.3 – Ленточные диаграммы

Секторные диаграммы представляют собой круг, разделенный на секторы. Применяются для изображения структуры. Площадь всего круга 100 %. Площадь каждого сектора характеризует часть целого и соответствует удельному весу этой части в целом (рисунок 1.4).

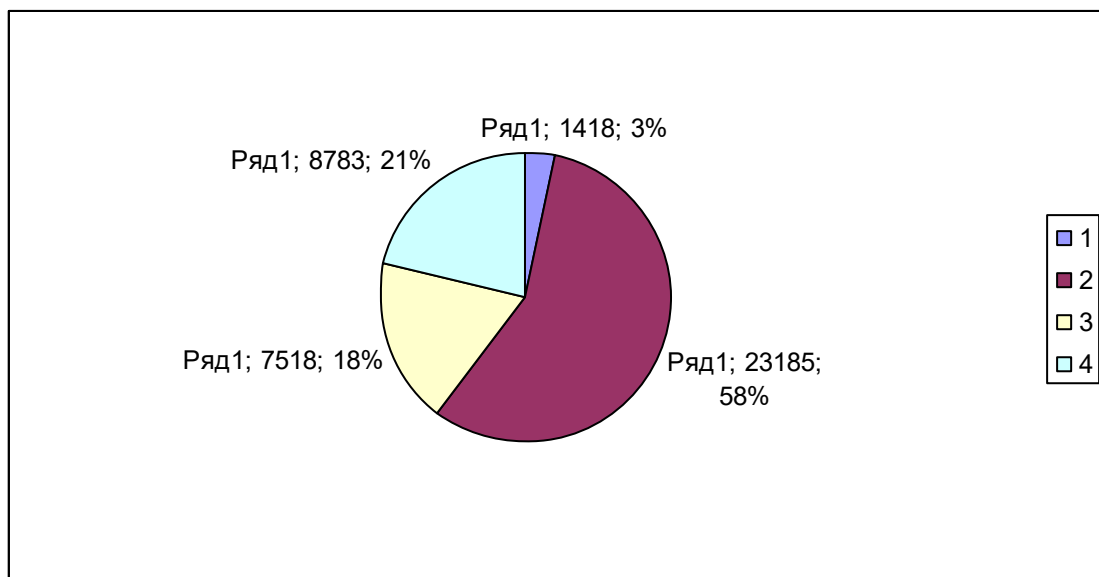


Рисунок 1.4 – Секторная диаграмма за 2013 год



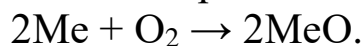
## Практическая работа №2

### Определение скорости газовой коррозии металлов и сплавов по изменению массы образца

Газовая коррозия наиболее распространенный вид химической коррозии. Это процесс разрушения металлов и сплавов в результате химического взаимодействия с газами при высоких температурах, когда невозможна конденсация влаги на поверхности металла.

Определение коррозионной стойкости материалов по изменению массы образца является простым и наиболее надежным способом, т. к. позволяет непосредственно определить количество металла, разрушающегося под действием коррозии. В зависимости от характера образующихся продуктов коррозии масса образца может уменьшаться и увеличиваться. При высокой адгезии продуктов коррозии с поверхностью металла наблюдается увеличение массы образца. Потеря массы образца наблюдается в тех случаях, когда продукт коррозии удаляется с поверхности металла.

Исследование проводят при периодическом определении изменения массы образца металла, подвешенного на нихромовой проволоке к чашке аналитических весов и находящегося в атмосфере электрической печи, нагретой до заданной температуры. При этом на поверхности металла образуется оксидная пленка – окалина. В процессе газовой коррозии ее толщина увеличивается или за счет новых образований с внешней стороны пленки или за счет возникновения подслоя на внутренней стороне окалина, т. е. непосредственно на поверхности металла. Взаимодействие металла с кислородом в общем случае можно представить в виде уравнения:



Коррозионный прирост массы образца или удельное увеличение массы образца  $\Delta m^+$  определяется по формуле (1) в г/м<sup>2</sup>

$$\Delta m^+ = \frac{m_1 - m_0}{S}, \quad (2.1)$$

где  $m_0$  – первоначальная масса образца, г;

$m_1$  – масса образца с окалиной, г;

$S$  – поверхность образца до испытания, м<sup>2</sup>.

Тогда скорость коррозии или положительный показатель изменения массы можно записать в виде уравнения (6)

$$K_m^+ = \frac{m_1 - m_0}{S \cdot \tau} = \frac{\Delta m^+}{\tau}, \quad (2.2)$$

где  $\tau$  – время, час.

Чтобы оксидная пленка обладала защитными свойствами, она должна удовлетворять следующим требованиям: быть сплошной, беспористой; иметь хорошее сцепление с металлом; иметь коэффициент термического расширения, близкий к величине этой характеристики для металла; быть химически инертной по отношению к данной агрессивной среде; обладать твердостью и износостойкостью.

Необходимым условием защитных свойств окалина является ее сплошность, которая зависит от соотношения молекулярного объема окисла, возникающего на поверхности металла, и объема металла, израсходованного на образование этого окисла. Пленка может быть сплошной только в том случае, если это отношение (7) больше единицы

$$\frac{V_{ок}}{V_{Me}} = \frac{M \cdot \rho_{Me}}{m \cdot \rho_{ок} \cdot A}, \quad (2.3)$$

где  $V_{ок}$  – объем 1 моля оксида, см<sup>3</sup>;

$V_{Me}$  – объем металла, израсходованного на образование 1 моля оксида, см<sup>3</sup>;

$M$  – молекулярная масса оксида, г;

$A$  – атомная масса металла, г;

$\rho_{ок}$  – плотность оксида, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{Me}$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>;

$m$  – число атомов металла в молекуле оксида.

**Пример.** Определить скорость газовой коррозии свинцовой пластинки с геометрическими размерами  $a = 3$  см,  $b = 2$  см,  $v = 0,5$  см по изменению ее массы, если известно, что металл находился в атмосфере электрической печи при температуре 500<sup>0</sup>К 1,5 часа. Начальная масса металла 5,5073 г, а после эксперимента стала 5,5684 г. Написать уравнение реакции и сделать вывод о том, является ли оксидная пленка защитной.

**Решение.** Свинцовая пластинка представляет собой параллелепипед с известными длиной, шириной и высотой ( $a = 3$  см,  $b = 2$  см,  $v = 0,5$  см), тогда поверхность пластинки будет равна

$$S = 2 \cdot a \cdot b + 2 \cdot a \cdot v + 2 \cdot b \cdot v = 2 \cdot 3 \cdot 2 + 2 \cdot 3 \cdot 0,5 + 2 \cdot 2 \cdot 0,5 = 17 \text{ см}^2 \text{ или } 0,0017 \text{ м}^2.$$

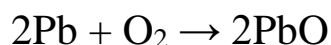
Коррозионный прирост массы образца или удельное увеличение массы образца  $\Delta m^+$  рассчитываем по формуле

$$\Delta m^+ = \frac{m_1 - m_0}{S} = (5,5684 - 5,5073) / 0,0017 = 35,94 \text{ г/м}^2,$$

Тогда скорость коррозии или положительный показатель изменения массы определяем по формуле

$$K_m^+ = \frac{m_1 - m_0}{S \cdot \tau} = (5,5684 - 5,5073) / (0,0017 \cdot 1,5) = 23,96 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{ч)}.$$

Уравнение реакции окисления свинца кислородом воздуха имеет вид:



Пользуясь справочными данными (приложения), рассчитываем объемное отношение для оксида металла по уравнению.

$$\frac{V_{\text{ок}}}{V_{\text{Me}}} = \frac{M \cdot \rho_{\text{Me}}}{m \cdot \rho_{\text{ок}} \cdot A} = \frac{223,20 \cdot 11,34}{1 \cdot 9,53 \cdot 207,20} = 1,28.$$

Оксидная пленка может быть сплошной только в том случае, если это отношение больше единицы.

$M$  – молекулярная масса оксида рассчитывается с использованием значений атомных масс (табл. 4) входящих в него компонентов, а именно:

$$M(\text{PbO}) = A(\text{Pb}) + A(\text{O}) = 207,2 + 16 = 223,2 \text{ г}.$$

Значения плотностей оксида  $\rho_{\text{ок}}$  и металла  $\rho_{\text{Me}}$  выбираем из приложения табл. 5. Число атомов металла  $m$  в молекуле оксида  $\text{PbO}$  равно единице.

Так как  $\frac{V_{\text{ок}}}{V_{\text{Me}}} > 1$ , оксидная пленка обладает защитными свой-

ствами.

## Самостоятельная работа 2

Определить скорость газовой коррозии металлической пластинки с известными геометрическими размерами **а**, **б**, **в** по изменению ее массы, если известно, что металл находился в атмосфере электрической печи при температуре  $500^{\circ}\text{K}$   $\tau$  часов. Начальная масса металла **m**<sub>0</sub>, а после эксперимента стала **m**<sub>1</sub>. Написать уравнение реакции и сделать вывод о том, является ли оксидная пленка защитной.

Таблица 2.1 - Экспериментальные данные для расчета

| №<br>в/в | Металл   | Начальная<br>масса об-<br>разца <b>m</b> <sub>0</sub> , г | Конечная<br>масса об-<br>разца <b>m</b> <sub>1</sub> , г | Время<br>экспери-<br>мента, $\tau$ | Линейные раз-<br>меры образца, см |          |          |
|----------|----------|---|--|------------------------------------|-----------------------------------|----------|----------|
|          |          |   |  |                                    | <b>а</b>                          | <b>б</b> | <b>в</b> |
| 1        | Fe (III) | 188,6400  | 188,6732   | 1,7                                | 3,0                               | 5,0      | 1,6      |
| 2        | Al (III) | 97,8316   | 97,8902  | 2,8                                | 6,1                               | 2,2      | 2,7      |
| 3        | Cu (I)   | 122,5910  | 122,6311   | 1,9                                | 5,2                               | 3,3      | 0,8      |
| 4        | Ti (IV)  | 121,0228  | 121,0792   | 3,6                                | 2,3                               | 6,1      | 1,9      |
| 5        | Zr (IV)  | 227,1360  | 227,1718   | 4,5                                | 1,6                               | 8,4      | 2,6      |
| 6        | Co (II)  | 194,0400  | 194,0915   | 5,4                                | 4,5                               | 3,5      | 1,4      |
| 7        | Mg (II)  | 27,0605   | 27,1005  | 6,7                                | 5,4                               | 3,2      | 0,9      |
| 8        | Ni (II)  | 129,1212  | 129,1999   | 2,8                                | 3,1                               | 1,3      | 3,6      |
| 9        | Sn (II)  | 15,7680   | 15,7903  | 4,9                                | 1,2                               | 1,2      | 1,5      |
| 10       | W (IV)   | 52,1872   | 52,2016  | 1,6                                | 1,3                               | 2,6      | 0,8      |
| 11       | Fe (II)  | 165,0207  | 165,0607   | 2,3                                | 1,9                               | 6,5      | 1,7      |
| 12       | Cu (II)  | 144,0182  | 114,0398   | 3,2                                | 2,8                               | 1,9      | 2,4      |
| 13       | W (VI)   | 96,4035   | 96,4503  | 5,5                                | 3,7                               | 2,7      | 0,5      |
| 14       | Mo (VI)  | 71,9712   | 71,999   | 2,6                                | 1,4                               | 1,4      | 3,6      |
| 15       | Cd (II)  | 159,4081  | 159,4457   | 1,0                                | 3,0                               | 4,1      | 1,5      |
| 16       | Cr (III) | 7,9046  | 7,9333   | 4,1                                | 2,3                               | 1,2      | 0,4      |
| 17       | Mo (IV)  | 101,6452  | 101,6904   | 2,4                                | 1,6                               | 2,3      | 2,7      |
| 18       | Zn (II)  | 129,4839  | 129,5137   | 3,5                                | 4,5                               | 3,1      | 1,3      |
| 19       | Co (II)  | 156,6576  | 156,6723   | 6,6                                | 8,6                               | 2,3      | 0,9      |
| 20       | Mg (II)  | 15,1589   | 15,1971  | 2,9                                | 3,3                               | 1,2      | 2,2      |
| 21       | Ni (II)  | 92,5601   | 92,5937  | 1,7                                | 2,5                               | 3,2      | 1,3      |
| 22       | Sn (II)  | 33,4048   | 33,4538  | 4,4                                | 3,2                               | 1,3      | 1,1      |
| 23       | W (IV)   | 140,8128  | 140,8829   | 5,5                                | 2,4                               | 1,9      | 1,6      |
| 24       | Fe (II)  | 126,7661  | 126,8522   | 3,2                                | 1,6                               | 3,6      | 2,8      |
| 25       | Cu (I)   | 67,5108   | 67,5627  | 1,8                                | 3,6                               | 3,0      | 0,7      |

Продолжение табл. 2.1

| №<br>в/в | Металл   | Начальная<br>масса об-<br>разца $m_0$ , г | Конечная<br>масса об-<br>разца $m_1$ , г | Время<br>экспери-<br>мента, $\tau$ | Линейные раз-<br>меры образца, см |     |     |
|----------|----------|---|--|------------------------------------|-----------------------------------|-----|-----|
|          |          |   |  |                                    | а                                 | б   | в   |
| 26       | Cu (II)  | 15,1589                                   | 15,1971                                  | 1,7                                | 4,5                               | 3,5 | 1,4 |
| 27       | W (VI)   | 92,5601                                   | 92,5937                                  | 2,8                                | 6,1                               | 2,2 | 2,7 |
| 28       | Mo (VI)  | 33,4048                                   | 33,4538                                  | 4,9                                | 5,2                               | 3,3 | 0,8 |
| 29       | Cd (II)  | 121,0228                                  | 121,0792                                 | 1,6                                | 2,3                               | 6,1 | 1,9 |
| 30       | Cr (III) | 227,1360                                  | 227,1718                                 | 2,3                                | 1,6                               | 8,4 | 2,6 |
| 31       | Mo (IV)  | 194,0400                                  | 194,0915                                 | 3,2                                | 4,5                               | 3,5 | 1,4 |
| 32       | Zn (II)  | 15,1589                                   | 15,1971                                  | 5,5                                | 5,4                               | 3,2 | 0,9 |
| 33       | Ni (II)  | 92,5601                                   | 92,5937                                  | 2,8                                | 3,1                               | 1,3 | 3,6 |
| 34       | Sn (II)  | 15,7680                                   | 15,7903                                  | 4,9                                | 1,2                               | 1,2 | 1,5 |
| 35       | W (IV)   | 52,1872                                   | 52,2016                                  | 1,6                                | 1,3                               | 2,6 | 0,8 |
| 36       | Fe (II)  | 165,0207                                  | 165,0607                                 | 2,3                                | 1,9                               | 6,5 | 1,7 |
| 37       | Cu (II)  | 144,0182                                  | 114,0398                                 | 3,2                                | 2,8                               | 1,9 | 2,4 |
| 38       | W (VI)   | 188,6400                                  | 188,6732                                 | 5,5                                | 3,7                               | 2,7 | 0,5 |
| 39       | Mo (VI)  | 97,8316                                   | 97,8902                                  | 2,6                                | 1,4                               | 1,4 | 3,6 |
| 40       | Cd (II)  | 122,5910                                  | 122,6311                                 | 1,0                                | 3,0                               | 4,1 | 1,5 |
| 41       | Cr (III) | 121,0228                                  | 121,0792                                 | 4,1                                | 2,3                               | 1,2 | 0,4 |
| 42       | Mo (IV)  | 227,1360                                  | 227,1718                                 | 2,4                                | 4,5                               | 3,5 | 1,4 |
| 43       | Zn (II)  | 188,6400                                  | 188,6732                                 | 3,5                                | 5,4                               | 3,2 | 0,9 |
| 44       | Co (II)  | 97,8316                                   | 97,8902                                  | 6,6                                | 3,1                               | 1,3 | 3,6 |
| 45       | Mg (II)  | 15,1589                                   | 15,1971                                  | 2,9                                | 1,2                               | 1,2 | 1,5 |
| 46       | Ni (II)  | 92,5601                                   | 92,5937                                  | 1,7                                | 2,5                               | 3,2 | 1,3 |
| 47       | Sn (II)  | 33,4048                                   | 33,4538                                  | 4,4                                | 3,2                               | 1,3 | 1,1 |
| 48       | W (IV)   | 140,8128                                  | 140,8829                                 | 5,5                                | 2,4                               | 1,9 | 1,6 |
| 49       | Fe (II)  | 126,7661                                  | 126,8522                                 | 3,2                                | 1,6                               | 3,6 | 2,8 |
| 50       | Cu (I)   | 67,5108                                   | 67,5627                                  | 1,8                                | 3,6                               | 3,0 | 0,7 |

### Практическая работа №3

#### Влияние температуры на скорость окисления металлов на воздухе

Влияние температуры на скорость окисления металла определяют по увеличению массы образцов из исследуемого металла после выдержки в печах при трех-четырех заданных температурах.

Температура очень сильно влияет на скорость газовой коррозии металлов. С повышением температуры процессы газовой коррозии металлов протекают значительно быстрее, несмотря на уменьшение их термодинамической возможности. Характер влияния температуры на скорость окисления металлов определяется температурной зависимостью константы скорости химической реакции, которая выражается одним и тем же экспоненциальным законом. Таким образом, повышение температуры должно влиять на скорость окисления металлов по аналогичному закону. Зависимость скорости газовой коррозии от температуры может быть выражена уравнением Аррениуса (3.1):

$$K_m^+ = A \cdot e^{-Q/RT}, \quad (3.1)$$

где  $K_m^+$  – положительный показатель изменения массы, г/(м<sup>2</sup>·ч);

$A$  – постоянная, равная  $K_m^+$  при  $1/T = 0$ ;

$e$  – основание натурального логарифма ( $e = 2,7$ );

$Q$  – эффективная энергия (теплота) активации процесса, кал/моль;

$R$  – газовая постоянная 1,99 кал/(град·моль);

$T$  – абсолютная температура, °К.

Это уравнение может быть преобразовано логарифмированием в уравнение (3.2):

$$\lg K_m^+ = \lg A - \frac{Q}{2,303RT}, \quad (3.2)$$

График в координатах  $\lg K_m^+ = f(1/T)$  дает прямую линию (рис. 1) или в ряде случаев ломанную прямую, каждый излом которой соответствует изменениям, происходящим в металле или в прилегающей к нему оксидной пленке.

Эта зависимость удобна для графического нахождения скорости газовой коррозии металла при любой температуре. Она же мо-

жет быть использована и для определения постоянных  $A$  и  $Q$  уравнения (4) из опытных данных с использованием графика:

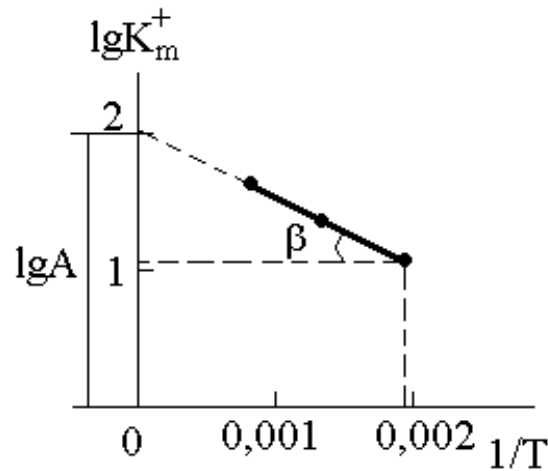


Рисунок 3.1 - Графический метод нахождения скорости газовой коррозии металла

При  $1/T = 0$  можно найти

$$\lg A = \lg K_m^+; \quad (3.3)$$

а также

$$Q = - 2,303 \cdot R \cdot \operatorname{tg} \alpha = 2,303 \cdot R \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (3.4)$$

где  $\alpha$  – угол, образуемый прямой  $\lg K_m^+ = f(1/T)$  с положительным направлением оси  $1/T$ ;

$\beta$  – то же, с отрицательным направлением оси  $1/T$ .

Затем положительный показатель изменения массы при одной из исследованных температур сравнивают с опытными данными.

**Пример.** Образцы исследуемого металла выдерживали 1,2 часа в электрических печах при различных температурах  $T_1 = 500$  К,  $T_2 = 700$  К,  $T_3 = 900$  К. Установить температурную зависимость газовой коррозии окисления металла на воздухе, если известно, что удельное увеличение массы образцов соответственно:  $\Delta m^+_{1} = 33,28$  г/м<sup>2</sup>,  $\Delta m^+_{2} = 44,33$  г/м<sup>2</sup>,  $\Delta m^+_{3} = 50,56$  г/м<sup>2</sup>. Рассчитать абсолютную и относительную ошибки определения.

**Решение:** Зависимость скорости газовой коррозии от температуры выражается уравнением (3.4).

$$K_m^+ = A \cdot e^{-Q/RT},$$

Для построения графика  $\lg K_m^+ = f(1/T)$  необходимо найти скорость коррозии по формуле (2):

$$K_{m1}^+ = \Delta m_1^+ / \tau = 33,28 / 1,2 = 27,73 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

$$K_{m2}^+ = \Delta m_2^+ / \tau = 44,33 / 1,2 = 36,94 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

$$K_{m3}^+ = \Delta m_3^+ / \tau = 50,56 / 1,2 = 42,13 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

Теперь необходимо прологарифмировать значения  $K_m^+$ :

$$\lg K_{m1}^+ = \lg 27,73 = 1,44.$$

$$\lg K_{m2}^+ = \lg 36,94 = 1,56.$$

$$\lg K_{m3}^+ = \lg 42,13 = 1,62.$$

Находим отношение  $1/T$ .

$$1/T_1 = 1/500 = 0,0020.$$

$$1/T_2 = 1/700 = 0,0014.$$

$$1/T_3 = 1/900 = 0,0011.$$

Получаем график (рис. 3.2)  $\lg K_m^+ = f(1/T)$ .

Из рисунка 2 видно, что полученная прямая при продолжении пересекает ось ординат в точке  $\lg K_m^+ = 1,8$ . Тогда при  $1/T = 0$

$$\lg A = 1,8; \quad A = 63,10.$$

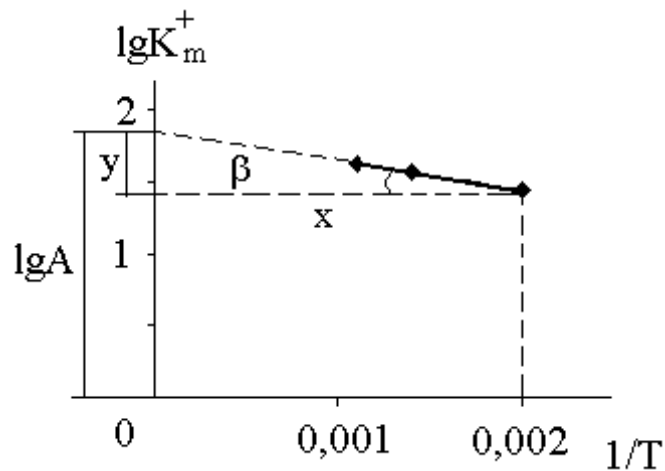


Рисунок 3.2 - Графическое определение постоянных  $A$  и  $Q$  уравнения (3.4)

Далее мы рассматриваем полученный прямоугольный треугольник и находим  $\operatorname{tg} \beta$ ,

$$\operatorname{tg} \beta = y/x = (1,8 - 1,44) / 0,002 = 180.$$

тогда

$$Q = 2,303 \cdot R \cdot \operatorname{tg} \beta = 2,303 \cdot 1,99 \cdot 180 = 824,93.$$



Теперь рассчитываем положительный показатель изменения массы при одной из исследованных температур, например при 500<sup>0</sup>С и сравниваем ее с опытными данными.

$$(K_m^+)_1 = A \cdot e^{-Q/RT} = 63,10 \cdot 2,7^{-824,93/1,99 \cdot 500} = 27,67 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

$$K_{m1}^+ = 27,73 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

Находим абсолютную и относительную ошибки.

$$E_{аб} = |27,67 - 27,73| = 0,06;$$

$$E_{отн} = \frac{|27,67 - 27,73|}{27,67} \cdot 100\% = 0,22\% .$$

### Самостоятельная работа 3

Образцы исследуемого металла выдерживали  $\tau$  часов в электрических печах при различных температурах  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ . Установить температурную зависимость газовой коррозии окисления металла на воздухе, если известно, что удельное увеличение массы образцов равно  $\Delta m^+_1$ ,  $\Delta m^+_2$ ,  $\Delta m^+_3$ . Рассчитать абсолютную и относительную ошибки определения.

Таблица 3.1 - Экспериментальные данные для расчета

| №<br>в/в | Время<br>коррозии<br>$\tau$ , час | Температура, °К |       |       | Удельное увеличение массы, г/м <sup>2</sup> |                |                |
|----------|-----------------------------------|-----------------|-------|-------|---|----------------|----------------|
|          |                                   | $T_1$           | $T_2$ | $T_3$ | $\Delta m^+_1$                              | $\Delta m^+_2$ | $\Delta m^+_3$ |
| 1        | 1,5                               | 530             | 750   | 970   | 20,01                                       | 20,98          | 30,87          |
| 2        | 2,6                               | 420             | 630   | 840   | 10,11                                       | 20,09          | 30,21          |
| 3        | 3,7                               | 370             | 470   | 570   | 30,15                                       | 40,21          | 50,17          |
| 4        | 4,8                               | 520             | 730   | 940   | 35,75                                       | 45,61          | 56,02          |
| 5        | 2,9                               | 272             | 380   | 490   | 22,12                                       | 23,10          | 24,25          |
| 6        | 1,6                               | 300             | 400   | 500   | 15,26                                       | 20,36          | 26,01          |
| 7        | 3,5                               | 450             | 650   | 850   | 34,32                                       | 41,20          | 48,62          |
| 8        | 2,4                               | 570             | 780   | 990   | 38,20                                       | 42,25          | 46,89          |
| 9        | 1,5                               | 550             | 660   | 770   | 40,23                                       | 45,36          | 50,41          |
| 10       | 4,2                               | 500             | 700   | 900   | 9,58  | 13,54          | 17,51          |
| 11       | 1,3                               | 350             | 450   | 550   | 16,28                                       | 20,65          | 24,13          |
| 12       | 2,6                               | 300             | 500   | 700   | 17,56                                       | 26,22          | 35,14          |
| 13       | 3,5                               | 510             | 710   | 910   | 25,12                                       | 27,36          | 30,05          |
| 14       | 2,4                               | 430             | 630   | 830   | 18,77                                       | 16,89          | 24,17          |
| 15       | 1,7                               | 380             | 480   | 580   | 19,56                                       | 21,89          | 24,78          |
| 16       | 4,8                               | 272             | 380   | 490   | 15,26                                       | 20,36          | 26,01          |
| 17       | 1,9                               | 300             | 400   | 500   | 34,32                                       | 41,20          | 48,62          |
| 18       | 1,6                               | 450             | 650   | 850   | 12,36                                       | 17,56          | 23,14          |
| 19       | 4,5                               | 570             | 780   | 990   | 15,25                                       | 11,36          | 17,12          |
| 20       | 2,2                               | 550             | 660   | 770   | 16,59                                       | 20,88          | 24,97          |
| 21       | 3,3                               | 500             | 700   | 900   | 14,47                                       | 21,32          | 28,32          |
| 22       | 2,1                               | 350             | 450   | 550   | 17,56                                       | 19,32          | 21,98          |
| 23       | 2,4                               | 300             | 500   | 700   | 15,26                                       | 20,36          | 26,01          |
| 24       | 3,4                               | 510             | 710   | 910   | 34,32                                       | 41,20          | 48,62          |
| 25       | 2,9                               | 430             | 630   | 830   | 10,11                                       | 20,09          | 30,21          |

Продолжение табл.3.1

| №<br>в/в | Время<br>коррозии<br>$\tau$ , час | Температура, °К |                |                | Удельное увеличение мас-<br>сы, г/м <sup>2</sup> |                |                |
|----------|-----------------------------------|-----------------|----------------|----------------|--|----------------|----------------|
|          |                                   | T <sub>1</sub>  | T <sub>2</sub> | T <sub>3</sub> | $\Delta m^+_1$                                   | $\Delta m^+_2$ | $\Delta m^+_3$ |
| 26       | 1,7                               | 500             | 700            | 900            | 15,26  | 20,36          | 26,01          |
| 27       | 4,8                               | 350             | 450            | 550            | 34,32  | 41,20          | 48,62          |
| 28       | 1,9                               | 300             | 500            | 700            | 30,15  | 40,21          | 50,17          |
| 29       | 1,6                               | 510             | 710            | 910            | 35,75  | 45,61          | 56,02          |
| 30       | 4,5                               | 500             | 700            | 900            | 22,12  | 23,10          | 24,25          |
| 31       | 2,2                               | 300             | 400            | 500            | 15,26  | 20,36          | 26,01          |
| 32       | 3,3                               | 450             | 650            | 850            | 34,32  | 41,20          | 48,62          |
| 33       | 2,2                               | 500             | 700            | 900            | 38,20  | 42,25          | 46,89          |
| 34       | 3,3                               | 350             | 450            | 550            | 40,23  | 45,36          | 50,41          |
| 35       | 4,2                               | 300             | 500            | 700            | 9,58   | 13,54          | 17,51          |
| 36       | 1,3                               | 510             | 710            | 910            | 16,28  | 20,65          | 24,13          |
| 37       | 2,6                               | 500             | 700            | 900            | 17,56  | 26,22          | 35,14          |
| 38       | 3,5                               | 350             | 450            | 550            | 25,12  | 27,36          | 30,05          |
| 39       | 2,4                               | 300             | 500            | 700            | 18,77  | 16,89          | 24,17          |
| 40       | 1,7                               | 510             | 710            | 910            | 19,56  | 21,89          | 24,78          |
| 41       | 4,8                               | 272             | 380            | 490            | 15,26  | 20,36          | 26,01          |
| 42       | 1,9                               | 300             | 400            | 500            | 34,32  | 41,20          | 48,62          |
| 43       | 2,2                               | 450             | 650            | 850            | 12,36  | 17,56          | 23,14          |
| 44       | 3,3                               | 570             | 780            | 990            | 15,25  | 11,36          | 17,12          |
| 45       | 2,1                               | 550             | 660            | 770            | 16,59  | 20,88          | 24,97          |
| 46       | 2,4                               | 500             | 700            | 900            | 25,12  | 27,36          | 30,05          |
| 47       | 2,1                               | 350             | 450            | 550            | 18,77  | 16,89          | 24,17          |
| 48       | 2,4                               | 300             | 500            | 700            | 15,26  | 20,36          | 26,01          |
| 49       | 3,4                               | 510             | 710            | 910            | 34,32  | 41,20          | 48,62          |
| 50       | 2,9                               | 430             | 630            | 830            | 10,11  | 20,09          | 30,21          |

## Практическая работа №4

### Определение месторасположения склада

Для решения одной из фундаментальных логистических задач определения месторасположения распределительного склада необходимо знать:

- месторасположение (координаты  $x_i$ ,  $y_i$ ) фирм-производителей и потребителей (клиентов) данной продукции;
- объемы поставок продукции ( $Q_i$ );
- маршруты доставки (характеристику транспортной сети);
- затраты (или тарифы) на транспортные услуги ( $T_i$ ).

В зависимости от выбранного критерия оптимизации и учета расстояний между поставщиками, потребителями и складом рассматриваются следующие типовые случаи.

Первый способ. Месторасположение распределительного склада определяется в виде координат центра тяжести грузовых потоков по формулам:

$$A_x = \frac{\sum Q_i x_i}{\sum Q_i}, \quad A_y = \frac{\sum Q_i y_i}{\sum Q_i}, \quad (1)$$

где:  $A_x$ ,  $A_y$ - координаты распределительного склада, км;  $Q_i$ - объем (вес) груза, т;  $x_i$   $y_i$ - соответственно расстояние от начала осей координат до расположения поставщика или клиента, км.

Второй способ. Месторасположение склада определяется как «центр равновесной системы транспортных затрат». Расчет координат склада производится по формулам:

$$A_x = \frac{\sum T_i x_i Q_i}{\sum T_i Q_i}, \quad A_y = \frac{\sum T_i y_i Q_i}{\sum T_i Q_i}, \quad (2)$$

где  $T_i$ - транспортный тариф для  $i$ -го поставщика или потребителя (клиента), руб./т.км.

Суммирование в формулах (8.1) - (8.4) производится от  $i = 1$  до  $m$ , где  $m$ - общее количество поставщиков и потребителей.

Очевидно, что при  $T_i = const.$ , формулы (1), (2) и совпадают.

С другой стороны, транспортные тарифы  $T_i$  в формуле (2), играют роль весовых коэффициентов, которые могут принимать различные значения и, следовательно, расширяют возможности учета различных факторов по сравнению с формулами (1). Однако, не

следует забывать, что тарифы функционально связаны с грузооборотом (т.км) и объемом перевозок (т), поэтому их упрощенный учет в расчетных зависимостях требует дополнительного обоснования, либо введения более сложных зависимостей.

**Пример.** Определить месторасположение распределительного склада в виде координат центра тяжести грузовых потоков и как «центр равновесной системы транспортных затрат».

Расчет координат склада по первому и второму вариантам. Исходные данные о координатах расположения поставщиков  $\Pi_i$  и клиентов  $K_i$  приведены в таблице 4.1; также представлены вспомогательные расчеты. При подстановке значений в формулы (1), находим

$$A_x = \frac{390625}{1300} = 300 \text{ км}, \quad A_y = \frac{555625}{1300} = 427 \text{ км.}$$

Второй вариант расчета, формулы (2) дает

$$A_x = \frac{320125}{1055} = 303 \text{ км}, \quad A_y = \frac{422625}{1055} = 400 \text{ км.}$$

Приведенные на рисунке 4.1 местоположение складов показывают, что в данном конкретном случае их координаты различаются незначительно.

Таблица 4.1 Определение координат склада

| Исходные данные |       |       |       | По формулам (1) |           | По формулам (2), |           |               |
|-----------------|-------|-------|-------|-----------------|-----------|------------------|-----------|---------------|
| $x_i$           | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ | $x_i Q_i$       | $y_i Q_i$ | $T_i x_i Q_i$    | $T_i Q_i$ | $T_i y_i Q_i$ |
| 0               | 575   | 0,8   | 300   | 0               | 172500    | 0                | 240       | 138000        |
| 300             | 500   | 0,5   | 250   | 75000           | 125000    | 37500            | 125       | 62500         |
| 550             | 600   | 0,6   | 150   | 82500           | 90000     | 49500            | 90        | 54000         |
| 150             | 125   | 1     | 150   | 22500           | 18750     | 22500            | 150       | 18750         |
| 275             | 300   | 1     | 75    | 20625           | 22500     | 20625            | 75        | 22500         |
| 400             | 275   | 1     | 125   | 50000           | 34375     | 50000            | 125       | 34375         |
| 500             | 100   | 1     | 100   | 50000           | 10000     | 50000            | 100       | 10000         |
| 600             | 550   | 1     | 150   | 90000           | 82500     | 20000            | 150       | 82500         |
| Суммы           |       |       | 1300  | 390625          | 555625    | 320125           | 1055      | 422625        |

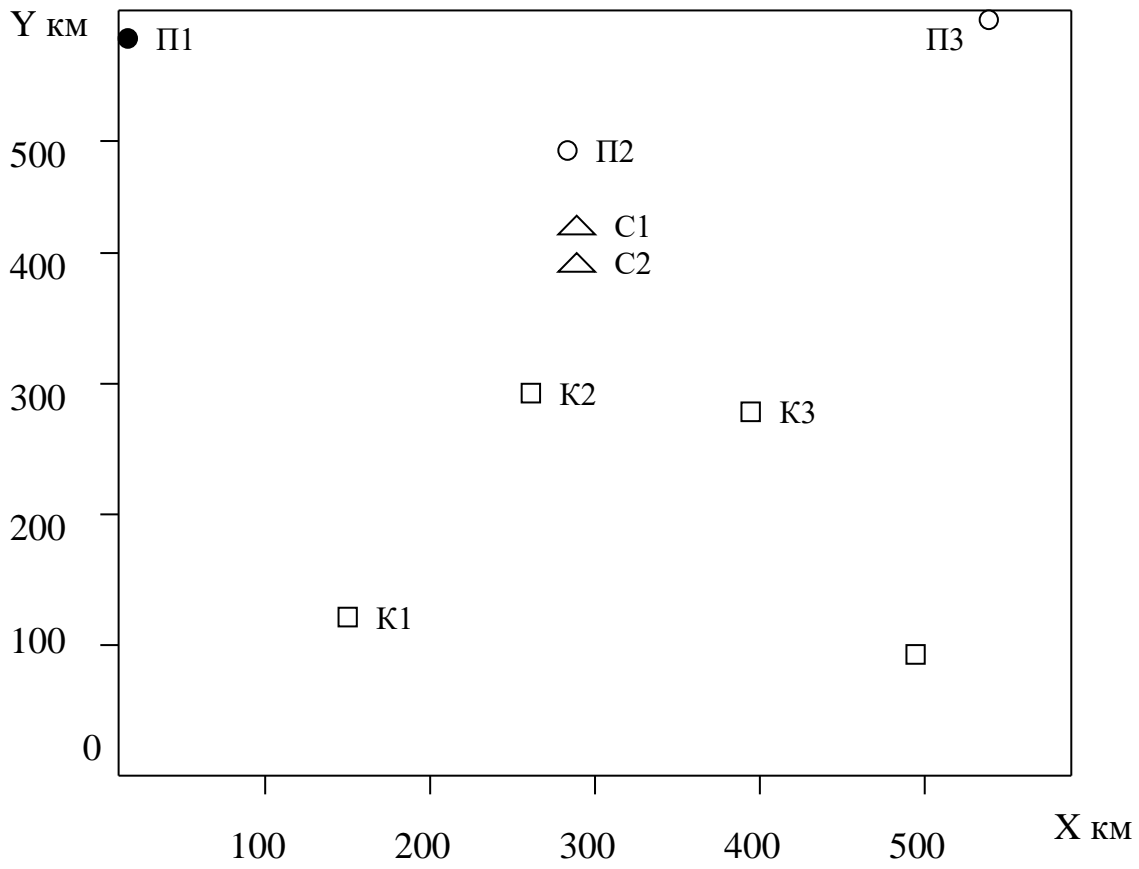


Рисунок 4.1 - Расположение поставщиков П, клиентов К и складов: С<sub>1</sub> - первый вариант; С<sub>2</sub> - второй вариант

### Самостоятельная работа 4

Определить месторасположение распределительного склада в виде координат центра тяжести грузовых потоков и как «центр равновесной системы транспортных затрат», если известны следующие данные

Таблица 4.1 - Экспериментальные данные для расчета

| Исходные данные вариант 1 |       |       |       |       |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                           | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>            | 0     | 575   | 0,8   | 300   |
| П <sub>i</sub>            | 300   | 500   | 0,5   | 250   |
| К <sub>i</sub>            | 550   | 600   | 0,6   | 150   |
| К <sub>i</sub>            | 150   | 125   | 1     | 150   |
| К <sub>i</sub>            | 275   | 300   | 1     | 75    |
| Исходные данные вариант 2 |       |       |       |       |
|                           | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>            | 400   | 275   | 1     | 125   |
| П <sub>i</sub>            | 500   | 100   | 1     | 100   |
| К <sub>i</sub>            | 600   | 550   | 1     | 150   |
| К <sub>i</sub>            | 350   | 200   | 0,7   | 115   |
| К <sub>i</sub>            | 440   | 120   | 0,8   | 260   |
| Исходные данные вариант 3 |       |       |       |       |
|                           | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>            | 50    | 375   | 0,7   | 200   |
| П <sub>i</sub>            | 200   | 400   | 0,8   | 260   |
| К <sub>i</sub>            | 450   | 500   | 0,6   | 140   |
| К <sub>i</sub>            | 250   | 225   | 1     | 160   |
| К <sub>i</sub>            | 375   | 300   | 1     | 75    |
| Исходные данные вариант 4 |       |       |       |       |
|                           | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>            | 300   | 295   | 1     | 135   |
| П <sub>i</sub>            | 200   | 300   | 1     | 110   |
| К <sub>i</sub>            | 550   | 550   | 0,5   | 250   |
| К <sub>i</sub>            | 350   | 200   | 0,7   | 135   |
| К <sub>i</sub>            | 140   | 140   | 0,9   | 265   |
| Исходные данные вариант 5 |       |       |       |       |
|                           | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>            | 110   | 580   | 0,9   | 150   |
| П <sub>i</sub>            | 600   | 100   | 0,4   | 300   |

|                            |       |       |       |       |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| $K_i$                      | 350   | 200   | 0,7   | 250   |
| $K_i$                      | 190   | 125   | 1     | 250   |
| $K_i$                      | 260   | 350   | 1     | 175   |
| Исходные данные вариант 6  |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| $\Pi_i$                    | 600   | 245   | 0,5   | 135   |
| $\Pi_i$                    | 300   | 160   | 1     | 180   |
| $K_i$                      | 500   | 530   | 0,9   | 140   |
| $K_i$                      | 380   | 290   | 0,7   | 195   |
| $K_i$                      | 470   | 150   | 0,8   | 230   |
| Исходные данные вариант 7  |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| $\Pi_i$                    | 80    | 530   | 0,8   | 310   |
| $\Pi_i$                    | 340   | 540   | 0,7   | 230   |
| $K_i$                      | 580   | 630   | 0,4   | 170   |
| $K_i$                      | 130   | 180   | 1     | 150   |
| $K_i$                      | 285   | 340   | 1     | 80    |
| Исходные данные вариант 8  |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| $\Pi_i$                    | 450   | 275   | 1     | 155   |
| $\Pi_i$                    | 550   | 150   | 1     | 150   |
| $K_i$                      | 650   | 550   | 1     | 150   |
| $K_i$                      | 350   | 250   | 0,7   | 155   |
| $K_i$                      | 460   | 120   | 0,7   | 260   |
| Исходные данные вариант 9  |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| $\Pi_i$                    | 30    | 575   | 0,8   | 330   |
| $\Pi_i$                    | 430   | 530   | 0,7   | 250   |
| $K_i$                      | 530   | 600   | 0,6   | 130   |
| $K_i$                      | 350   | 135   | 1     | 130   |
| $K_i$                      | 275   | 300   | 1     | 75    |
| Исходные данные вариант 10 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| $\Pi_i$                    | 300   | 275   | 1     | 175   |
| $\Pi_i$                    | 500   | 170   | 1     | 170   |
| $K_i$                      | 630   | 570   | 1     | 170   |
| $K_i$                      | 350   | 200   | 0,7   | 175   |
| $K_i$                      | 430   | 170   | 0,9   | 270   |
| Исходные данные вариант 11 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |



|                            |       |       |       |       |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| $\Pi_i$                    | 10    | 570   | 0,7   | 305   |
| $\Pi_i$                    | 320   | 500   | 0,5   | 255   |
| $K_i$                      | 550   | 600   | 0,3   | 155   |
| $K_i$                      | 350   | 120   | 1     | 155   |
| $K_i$                      | 270   | 300   | 1     | 75    |
| Исходные данные вариант 12 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| $\Pi_i$                    | 440   | 235   | 1     | 128   |
| $\Pi_i$                    | 550   | 120   | 1     | 120   |
| $K_i$                      | 650   | 540   | 1     | 110   |
| $K_i$                      | 350   | 200   | 0,6   | 117   |
| $K_i$                      | 440   | 160   | 0,5   | 267   |
| Исходные данные вариант 13 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| $\Pi_i$                    | 150   | 375   | 0,7   | 210   |
| $\Pi_i$                    | 600   | 400   | 0,5   | 60    |
| $K_i$                      | 450   | 600   | 0,4   | 140   |
| $K_i$                      | 250   | 225   | 1     | 160   |
| $K_i$                      | 475   | 100   | 1     | 175   |
| Исходные данные вариант 14 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| $\Pi_i$                    | 316   | 230   | 1     | 135   |
| $\Pi_i$                    | 200   | 300   | 1     | 175   |
| $K_i$                      | 525   | 560   | 0,3   | 150   |
| $K_i$                      | 350   | 230   | 0,7   | 135   |
| $K_i$                      | 148   | 180   | 0,8   | 365   |
| Исходные данные вариант 15 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| $\Pi_i$                    | 140   | 580   | 0,9   | 250   |
| $\Pi_i$                    | 640   | 100   | 0,4   | 300   |
| $K_i$                      | 350   | 200   | 0,6   | 150   |
| $K_i$                      | 140   | 225   | 1     | 250   |
| $K_i$                      | 260   | 450   | 1     | 175   |
| Исходные данные вариант 16 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| $\Pi_i$                    | 660   | 245   | 0,4   | 235   |
| $\Pi_i$                    | 330   | 154   | 1     | 180   |
| $K_i$                      | 500   | 510   | 0,9   | 240   |
| $K_i$                      | 380   | 260   | 0,8   | 195   |
| $K_i$                      | 440   | 150   | 0,8   | 230   |
| Исходные данные вариант 17 |       |       |       |       |

|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| П <sub>i</sub>             | 80    | 30    | 0,8   | 210   |
| П <sub>i</sub>             | 340   | 540   | 0,5   | 230   |
| К <sub>i</sub>             | 180   | 630   | 0,4   | 170   |
| К <sub>i</sub>             | 130   | 280   | 1     | 250   |
| К <sub>i</sub>             | 285   | 340   | 1     | 80    |
| Исходные данные вариант 18 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>             | 350   | 275   | 1     | 155   |
| П <sub>i</sub>             | 550   | 350   | 1     | 250   |
| К <sub>i</sub>             | 650   | 550   | 1     | 150   |
| К <sub>i</sub>             | 550   | 250   | 0,9   | 355   |
| К <sub>i</sub>             | 460   | 120   | 0,7   | 260   |
| Исходные данные вариант 19 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>             | 30    | 75    | 0,8   | 330   |
| П <sub>i</sub>             | 430   | 530   | 0,5   | 150   |
| К <sub>i</sub>             | 530   | 500   | 0,6   | 130   |
| К <sub>i</sub>             | 450   | 135   | 1     | 190   |
| К <sub>i</sub>             | 275   | 300   | 1     | 75    |
| Исходные данные вариант 20 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>             | 100   | 275   | 1     | 175   |
| П <sub>i</sub>             | 500   | 170   | 1     | 270   |
| К <sub>i</sub>             | 30    | 570   | 1     | 170   |
| К <sub>i</sub>             | 350   | 90    | 0,7   | 200   |
| К <sub>i</sub>             | 430   | 170   | 0,4   | 270   |
| Исходные данные вариант 21 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>             | 16    | 30    | 1     | 135   |
| П <sub>i</sub>             | 200   | 300   | 1     | 175   |
| К <sub>i</sub>             | 425   | 560   | 0,5   | 250   |
| К <sub>i</sub>             | 350   | 130   | 0,7   | 135   |
| К <sub>i</sub>             | 148   | 180   | 0,5   | 165   |
| Исходные данные вариант 22 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>             | 40    | 580   | 0,9   | 250   |
| П <sub>i</sub>             | 640   | 90    | 0,4   | 200   |
| К <sub>i</sub>             | 350   | 200   | 0,5   | 150   |
| К <sub>i</sub>             | 55    | 225   | 1     | 270   |
| К <sub>i</sub>             | 260   | 450   | 1     | 175   |

| Исходные данные вариант 23 |       |       |       |       |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>             | 160   | 245   | 0,4   | 255   |
| П <sub>i</sub>             | 330   | 154   | 1     | 150   |
| К <sub>i</sub>             | 100   | 410   | 0,5   | 240   |
| К <sub>i</sub>             | 380   | 260   | 0,8   | 195   |
| К <sub>i</sub>             | 340   | 170   | 0,8   | 130   |
| Исходные данные вариант 24 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>             | 180   | 30    | 0,8   | 210   |
| П <sub>i</sub>             | 340   | 440   | 0,5   | 130   |
| К <sub>i</sub>             | 580   | 630   | 0,9   | 170   |
| К <sub>i</sub>             | 130   | 280   | 1     | 150   |
| К <sub>i</sub>             | 285   | 40    | 1     | 80    |
| Исходные данные вариант 25 |       |       |       |       |
|                            | $x_i$ | $y_i$ | $T_i$ | $Q_i$ |
| П <sub>i</sub>             | 50    | 275   | 1     | 255   |
| П <sub>i</sub>             | 550   | 90    | 1     | 250   |
| К <sub>i</sub>             | 650   | 550   | 1     | 150   |
| К <sub>i</sub>             | 550   | 250   | 0,8   | 155   |
| К <sub>i</sub>             | 160   | 320   | 0,7   | 260   |

## Практическая работа №5

### Статистика перевозок грузов и пассажиров

Статистика автомобильного транспорта - отрасль экономической статистики. Объект ее изучения - автомобильный транспорт, т.е. совокупность предприятий любой формы собственности, производственный процесс которых заключается и перемещении грузов и пассажиров. Для осуществления транспортного процесса используется подвижной состав с учетом специализации и вида перевозки, средства механизации погрузо-разгрузочных работ, технические средства связи, обеспечивающие руководство и контроль за работой подвижного состава на линии.

Целью данной практической работы является изучение статистики автомобильного транспорта. В это входит статистическое наблюдение на автомобильном транспорте, статистика автомобильных перевозок, статистика производства и реализации продукции промышленных предприятий автомобильного транспорта.

**Пример.** Провести статистическую оценку объемов перевозок грузов автотранспортным предприятиям.

Таблица 5.1 - Среднемесячные объёмы перевозок грузов автотранспортным предприятием по годам, т.

| Показатель | Среднемесячный объём перевозок грузов, т |         |         |
|------------|--|---------|---------|
|            | 2009год                                  | 2010год | 2011год |
| Январь     | 42936                                    | 44247   | 46242   |
| Февраль    | 45631                                    | 45423   | 44810   |
| Март       | 46839                                    | 45678   | 43111   |
| Апрель     | 48115                                    | 47936   | 45827   |
| Май        | 47816                                    | 50019   | 49682   |
| Июнь       | 49424                                    | 50120   | 52119   |
| Июль       | 53829                                    | 53423   | 54723   |
| Август     | 57917                                    | 58974   | 59475   |
| Сентябрь   | 59600                                    | 62429   | 60197   |
| Октябрь    | 54128                                    | 50937   | 56815   |
| Ноябрь     | 46200                                    | 45639   | 45637   |
| Декабрь    | 49180                                    | 45112   | 44438   |
| ИТОГО      | 601615                                   | 599937  | 603076  |

Определим средние годовые показатели динамики перевозки грузов:

Объем перевозок:

$$\bar{y} = \frac{601615 + 599937 + 603076}{3} = 601542,7 \text{ тыс. т.}$$

Абсолютный прирост:

$$\bar{\Delta} = \frac{603076 - 601615}{3 - 1} = 730,5 \text{ тыс. т.}$$

Темп роста:

$$\bar{T} = \sqrt{\frac{603076}{601615}} \cdot 100 = 1,001 \cdot 100 = 100,1 \%$$

Темп прироста:

$$\bar{T}_n = 100,1 - 100 = 0,1\%$$

Величина 1 % прироста:

$$\bar{A} = \frac{730,5}{0,1} = 7305 \text{ т.}$$

Определяем среднесуточный объем перевозок:

$$Q_{\text{сут } ij} = Q_{\text{мес } ij} / D_{\text{к } ij} = 42936 / 31 = 1385.$$

Таблица 5.2 - Среднесуточный объем перевозок грузов АТП по годам, т

| Месяц    | Кол-во дней в месяце | Среднесуточный объем перевозок грузов, т |         |         | Y <sub>i</sub> |
|----------|----------------------|--|---------|---------|----------------|
|          |                      | 2009год                                  | 2010год | 2011год |                |
| Январь   | 31                   | 1385                                     | 1427    | 1492    | 1435           |
| Февраль  | 28                   | 1630                                     | 1622    | 1600    | 1617           |
| Март     | 31                   | 1511                                     | 1473    | 1391    | 1458           |
| Апрель   | 30                   | 1604                                     | 1598    | 1528    | 1576           |
| Май      | 31                   | 1542                                     | 1614    | 1603    | 1586           |
| Июнь     | 30                   | 1647                                     | 1671    | 1737    | 1685           |
| Июль     | 31                   | 1736                                     | 1723    | 1765    | 1742           |
| Август   | 31                   | 1868                                     | 1902    | 1919    | 1896           |
| Сентябрь | 30                   | 1987                                     | 2081    | 2007    | 2025           |
| Октябрь  | 31                   | 1746                                     | 1643    | 1833    | 1741           |
| Ноябрь   | 30                   | 1540                                     | 1521    | 1521    | 1528           |
| Декабрь  | 31                   | 1586                                     | 1455    | 1433    | 1492           |

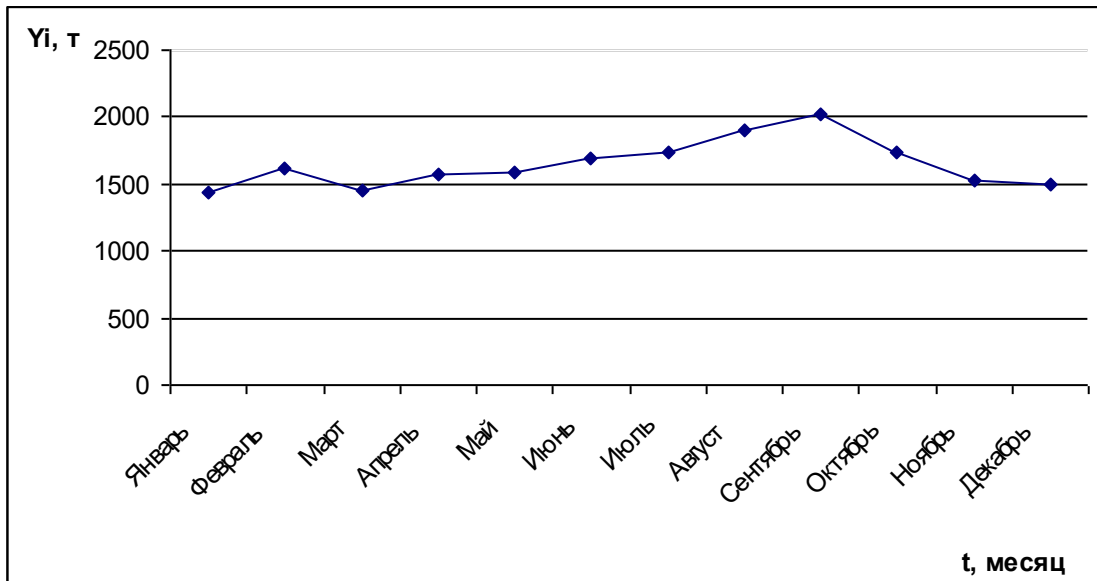


Рисунок 5.1 -Динамика среднесуточный объёма перевозок грузов АТП по месяцц

$$Y_0 = \frac{(1435 \cdot 31) + (1617 \cdot 28) + (1458 \cdot 31) + (1576 \cdot 30) + (1586 \cdot 31) + (1685 \cdot 30) + (1742 \cdot 31) + (1896 \cdot 31) + (2025 \cdot 30) + (1741 \cdot 31) + (1528 \cdot 30) + (1492 \cdot 31)}{365} = \frac{44485 + 45276 + 45198 + 47280 + 49166 + 5055 + 54002 + 58776 + 60750 + 53971 + 45840 + 46252}{365} = \frac{556051}{365} = 1523.$$

$$\text{Индекс сезонности } (Y_i / Y_0) \cdot 100 = 1435 / 1523 = 0,94 \cdot 100 = 94$$

Таблица 5.3- Значения индексов сезонности

| Месяц    | Индекс сезонности $Y_i / Y_0$ |
|----------|-------------------------------|
| Январь   | 94                            |
| Февраль  | 106                           |
| Март     | 96                            |
| Апрель   | 103                           |
| Май      | 104                           |
| Июнь     | 111                           |
| Июль     | 114                           |
| Август   | 124                           |
| Сентябрь | 133                           |
| Октябрь  | 114                           |
| Ноябрь   | 100                           |
| Декабрь  | 98                            |

Далее строим график сезонной волны

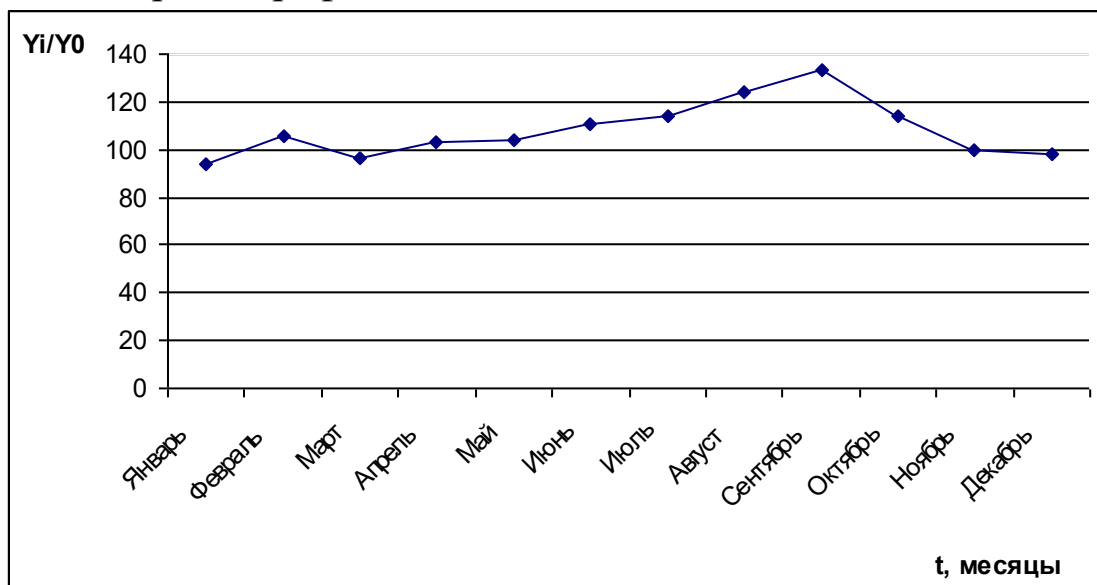


Рисунок 5.2 –График сезонной волны

## Практическая работа №6

### Статистическое изучение показателей транспортных предприятий

Группировка - центральное звено статистической сводки, заключающееся в разделении единиц изучаемого общественного явления на группы и подгруппы по существенным признакам. При выборе признаков учитываются общие теоретические соображения, и особенности развития явления в конкретных условиях времени и места. С помощью аналитических группировок исследуются взаимосвязи варьирующих признаков в пределах однородной совокупности.

**Пример.** примером аналитической группировки может служить группировка автотранспортных предприятий по уровню производительности труда для выявления влияния ее на себестоимость перевозок, а также группировка водителей по уровню квалификации и проценту выполнения норм выработки для выявления их влияния на размер заработной платы.

Таблица 6.1-Средние данные о численности и выработке работников

| №№ АТП | Среднесписочная численность, N чел | Доходы АТП, тыс.руб, D | Объём перевезённого груза, тыс.т. Q |
|--------|------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 1      | 1025                               | 10342                  | 4203                                |
| 2      | 742                                | 17370                  | 1336                                |
| 3      | 924                                | 12705                  | 1617                                |
| 4      | 842                                | 21404                  | 2745                                |
| 5      | 325                                | 4381                   | 1170                                |
| 6      | 720                                | 19159                  | 1656                                |
| 7      | 329                                | 13752                  | 576                                 |
| 8      | 415                                | 15583                  | 913                                 |
| 9      | 510                                | 16391                  | 2101                                |
| 10     | 412                                | 14123                  | 783                                 |
| 11     | 811                                | 29683                  | 2936                                |
| 12     | 1120                               | 17618                  | 3550                                |
| 13     | 755                                | 22205                  | 2907                                |
| 14     | 538                                | 15489                  | 1458                                |
| 15     | 428                                | 15887                  | 1254                                |



Продолжение таблицы 6.2

|    |     |       |      |
|----|-----|-------|------|
| 16 | 690 | 17788 | 1773 |
| 17 | 623 | 10853 | 1944 |
| 18 | 821 | 24671 | 1626 |
| 19 | 920 | 11537 | 2162 |
| 20 | 932 | 11277 | 4073 |
| 21 | 479 | 8315  | 1557 |
| 22 | 542 | 9350  | 1556 |
| 23 | 475 | 14046 | 765  |
| 24 | 825 | 11014 | 3259 |

Количество групп по численности равно 5.

Величину равного интервала (1) исчисляют по формуле

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{m},$$

где  $X_{\max}$ ,  $X_{\min}$  - соответственно наибольшее и наименьшее значение признака в изучаемой совокупности;

$m$  - принятое число групп.

$$i = (1120 - 325) / 5 = 159.$$

Таблица 6.3-Распределение АТП по среднесписочной численности персонала

| Группы по численности | Кол-во АТП | Номера АТП             | N, чел в гр | $\Sigma D$ , тыс.руб | D, тыс.руб | $\Sigma Q$ тыс.т | Q, тыс.т |
|-----------------------|------------|------------------------|-------------|----------------------|------------|------------------|----------|
| 1(325-484)ч.          | 7          | 5,7,10,8,1<br>5,23,21  | 2863        | 86087                | 30         | 7018             | 2        |
| 2 (484-643)ч.         | 4          | 9,14,22,17             | 2213        | 52083                | 24         | 7059             | 3        |
| 3 (643-802)ч.         | 4          | 16,6,2,13              | 2907        | 76522                | 26         | 7672             | 3        |
| 4 (802-961)ч.         | 7          | 11,18,24,4<br>,19,3,20 | 6075        | 122291               | 20         | 18418            | 3        |
| 5 (961-1120) ч.       | 2          | 1,12                   | 2145        | 27960                | 13         | 7753             | 4        |
| ИТОГО                 | 24         |                        |             | 364943               |            | 47920            |          |

1 столбик. 325 +159 = 484; 484+159 = 643..... и т. д.

2 столбик и 3 столбик. Из интервала численности выбрать кол-во и

номер АТП соответственно.

4 столбик. Просуммировать среднесписочную численность человек из выбранных АТП.

5 столбик. Просуммировать доходы по выбранным АТП.

6 столбик.  $\sum D / N = 86087 / 2863 = 30$ .

7 столбик. Просуммировать объемы перевезенного груза по выбранным АТП.

8 столбик.  $\sum Q / N = 7018 / 2863 = 2$ .

На основании таблицы 10 строим Гистограмму и полигон распределения АТП по среднесписочной численности.

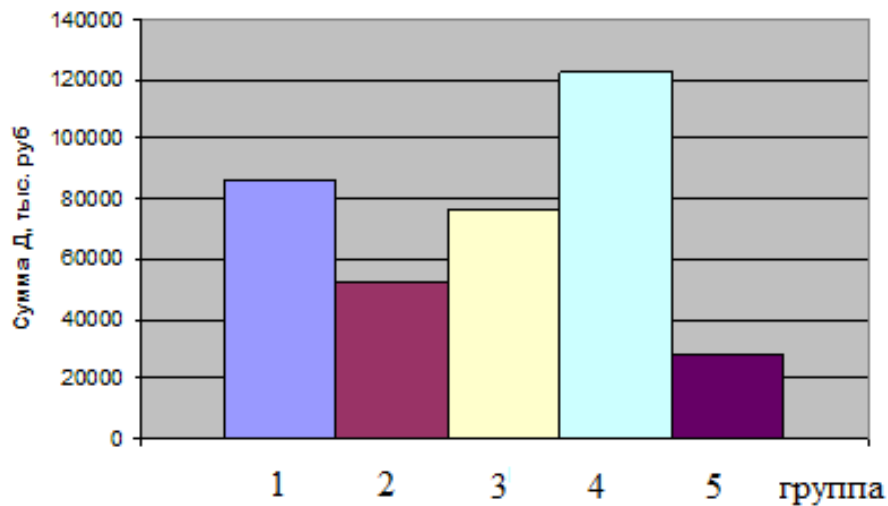


Рисунок 6.1 – Гистограмма распределения АТП по среднесписочной численности

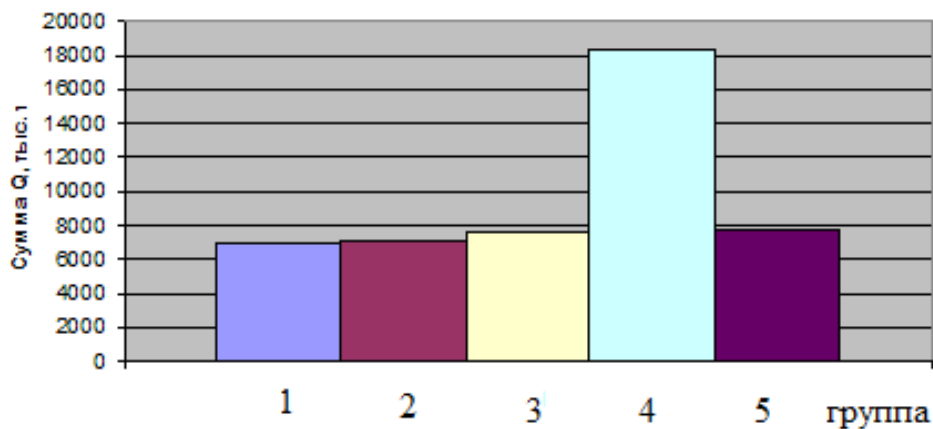


Рисунок 6.2 – Полигон распределения АТП по среднесписочной численности

## Приложение А – Справочные данные

Таблица 1 -Периодическая система элементов Д. И. Менделеева

|                                 |   | Группы элементов         |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |    |                  |
|---------------------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|------------------|
|                                 |   | I                        | II                       | III                      | IV                       | V                        | VI                       | VII                      | VIII                     |                          |                          |    |                  |
| П<br>Е<br>Р<br>И<br>О<br>Д<br>Ы | 1 |                          |                          |                          |                          |                          |                          | 1<br><b>H</b><br>1,0     |                          |                          |                          | 1  | Р<br>Я<br>Д<br>Ы |
|                                 | 2 | 3<br><b>Li</b><br>6,9    | 4<br><b>Be</b><br>9,0    | 5<br><b>B</b><br>10,8    | 6<br><b>C</b><br>12,0    | 7<br><b>N</b><br>14,0    | 8<br><b>O</b><br>16,0    | 9<br><b>F</b><br>19,0    |                          |                          |                          | 2  |                  |
|                                 | 3 | 11<br><b>Na</b><br>22,9  | 12<br><b>Mg</b><br>24,3  | 13<br><b>Al</b><br>26,9  | 14<br><b>Si</b><br>28,1  | 15<br><b>P</b><br>30,9   | 16<br><b>S</b><br>32,1   | 17<br><b>Cl</b><br>35,5  |                          |                          |                          | 3  |                  |
|                                 | 4 | 19<br><b>K</b><br>39,1   | 20<br><b>Ca</b><br>40,1  | 21<br><b>Sc</b><br>45,1  | 22<br><b>Ti</b><br>47,9  | 23<br><b>V</b><br>50,9   | 24<br><b>Cr</b><br>52,0  | 25<br><b>Mn</b><br>54,9  | 26<br><b>Fe</b><br>55,9  | 27<br><b>Co</b><br>58,9  | 28<br><b>Ni</b><br>58,7  | 4  |                  |
|                                 |   | 29<br><b>Cu</b><br>63,6  | 30<br><b>Zn</b><br>65,4  | 31<br><b>Ga</b><br>69,7  | 32<br><b>Ge</b><br>72,6  | 33<br><b>As</b><br>74,9  | 34<br><b>Se</b><br>78,9  | 35<br><b>Br</b><br>79,9  |                          |                          |                          | 5  |                  |
|                                 | 5 | 37<br><b>Rb</b><br>85,4  | 38<br><b>Sr</b><br>87,6  | 39<br><b>Y</b><br>88,9   | 40<br><b>Zr</b><br>91,2  | 41<br><b>Nb</b><br>92,9  | 42<br><b>Mo</b><br>95,9  | 43<br><b>Tc</b><br>99,0  | 44<br><b>Ru</b><br>101,7 | 45<br><b>Rh</b><br>102,9 | 46<br><b>Pd</b><br>106,7 | 6  |                  |
|                                 |   | 47<br><b>Ag</b><br>107,8 | 48<br><b>Cd</b><br>112,4 | 49<br><b>In</b><br>114,8 | 50<br><b>Sn</b><br>118,7 | 51<br><b>Sb</b><br>121,8 | 52<br><b>Te</b><br>127,6 | 53<br><b>I</b><br>126,9  |                          |                          |                          | 7  |                  |
|                                 | 6 | 55<br><b>Cs</b><br>132,9 | 56<br><b>Ba</b><br>137,4 | 57<br><b>La</b><br>138,9 | 72<br><b>Hf</b><br>178,6 | 73<br><b>Ta</b><br>180,9 | 74<br><b>W</b><br>183,9  | 75<br><b>Re</b><br>186,3 | 76<br><b>Os</b><br>190,2 | 77<br><b>Ir</b><br>193,1 | 78<br><b>Pt</b><br>195,2 | 8  |                  |
|                                 |   | 79<br><b>Au</b><br>197,2 | 80<br><b>Hg</b><br>200,6 | 81<br><b>Tl</b><br>204,4 | 82<br><b>Pb</b><br>207,2 | 83<br><b>Bi</b><br>209,0 | 84<br><b>Po</b><br>210,0 | 85<br><b>At</b><br>211,0 |                          |                          |                          | 9  |                  |
|                                 | 7 | 87<br><b>Fr</b><br>223,0 | 88<br><b>Ra</b><br>226,1 | 89<br><b>Ac</b><br>227,0 | 90<br><b>Th</b><br>232,1 | 91<br><b>Pa</b><br>231,0 | 92<br><b>U</b><br>238,1  |                          |                          |                          |                          | 10 |                  |

|           |   |               |
|-----------|---|---------------|
| 37        | → | Атомный номер |
| <b>Rb</b> |   |               |
| 85,4      | → | Атомная масса |

Таблица 2 -Плотность элементов и их оксидов

| <i>Формула</i>                     | <i>Плотность<br/><math>\rho</math>, г/см<sup>3</sup></i> | <i>Формула</i>         | <i>Плотность<br/><math>\rho</math>, г/см<sup>3</sup></i> | <i>Формула</i>                     | <i>Плотность<br/><math>\rho</math>, г/см<sup>3</sup></i> |
|------------------------------------|--|------------------------|--|------------------------------------|--|
| <b>Al</b>                          | 2,70   | <b>Pb</b>              | 11,34  | <b>Mo</b>                          | 10,23  |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 4,00   | <b>PbO</b>             | 9,53   | <b>MoO<sub>2</sub></b>             | 6,47   |
| <b>Co</b>                          | 8,80   | <b>Zr</b>              | 6,50   | <b>MoO<sub>3</sub></b>             | 4,60   |
| <b>CoO</b>                         | 6,20   | <b>ZrO<sub>2</sub></b> | 5,73   | <b>Cd</b>                          | 8,64   |
| <b>Fe</b>                          | 7,86   | <b>Mg</b>              | 1,74   | <b>CdO</b>                         | 8,15   |
| <b>FeO</b>                         | 5,7  | <b>MgO</b>             | 3,58   | <b>Cr</b>                          | 7,16   |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 5,24   | <b>Ni</b>              | 8,90   | <b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 5,21   |
| <b>Cu</b>                          | 8,93   | <b>NiO</b>             | 7,45   | <b>Zn</b>                          | 7,14   |
| <b>Cu<sub>2</sub>O</b>             | 6,00   | <b>Sn</b>              | 7,30   | <b>ZnO</b>                         | 5,60   |
| <b>CuO</b>                         | 6,4  | <b>SnO</b>             | 6,45   |                                    |  |
| <b>Ti</b>                          | 4,54   | <b>W</b>               | 19,30  |                                    |  |
| <b>TiO<sub>2</sub></b>             | 4,26   | <b>WO<sub>3</sub></b>  | 7,16   |                                    |  |

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шкляр М. Ф. Основы научных исследований [Текст] : учебное пособие. - 3-е изд. - М. : Дашков и К, 2009. - 244 с. - ISBN 978-5-394-00392-9.

2. Черный А.А. Основы изобретательства и научных исследований: Учебное пособие. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. - 253 с. .\*

3. Дрейзин В. Э. Основы научных исследований и инженерного творчества : учебное пособие : в 4 кн. Кн. 2 : Математическая обработка экспериментальных данных и построение по ним математических моделей объектов. - Курск : КурскГТУ, 2005. - 173 с. : ил. - ISBN 5-7681-0231-0.

4. Дрейзин В. Э. Основы научных исследований и инженерного творчества [Текст] : учебное пособие : в 4 кн. Кн. 1 : Методология научных исследований. - Курск : КурскГТУ, 2005. - 174 с.

5. Дрейзин В. Э. Основы научных исследований и инженерного творчества [Текст] : учебное пособие : в 4 кн. Кн. 4 : Анализ технических объектов и решений, методы интенсификации инженерного творчества. - Курск : КурскГТУ, 2005. - 259 с.

6. Кузнецова Л. П. Основы научных исследований: методические указания по выполнению контрольной работы для студентов направлений 190600.62, 190700.62 очной и заочной форм обучения/ Юго-Зап. Гос. ун-т; сост.: Л.П. Кузнецова Курск, 2013. 32 с.: ил. 10, табл. 12, прилож. 1. Библиогр.: 5.: с. 32.