

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского  
федерального университета

Дата подписания: 13.09.2023 11:03:29

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f5848642e10ee198

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования**

**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

***Пятигорский институт (филиал) СКФУ***

### **Методические рекомендации**

**По выполнению лабораторных работ обучающихся по дисциплине  
«ОСНОВЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ»  
для студентов направления подготовки 43.03.01 - Сервис**

**(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)**

Методическое пособие содержит весь необходимый материал для проведения практических занятий по дисциплине «Основы научно-исследовательской работы».

Методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Транспортные средства и процессы» (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ )

## Содержание

Практическое занятие № 1 .....	6
<b>Тема.</b> Решение задач на построение дискретных и интервальных вариационных рядов.....	6
ПРИЛОЖЕНИЕ к практическому занятию № 1 .....	7
Практическое занятие № 2 .....	15
<b>Тема.</b> Решение задач на построение статистических графиков. ....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 к практическому занятию № 2 .....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 к практическому занятию № 2 .....	22
Практическое занятие № 3 .....	26
<b>Тема.</b> Решение задач по определению средних величин и показателей вариации.....	26
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 к практическому занятию № 3 .....	27
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 к практическому занятию № 3 .....	32
Практическое занятие № 4 .....	39
<b>Тема.</b> Решение задач по выявлению трендов, характеризуемых прямой линией и гиперболой.....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 к практическому занятию № 4 .....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 к практическому занятию № 4 .....	45
Практическое занятие № 5 .....	49
<b>Тема.</b> Решение задач по выявлению тренда, характеризуемого параболой второго порядка....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 к практическому занятию № 5 .....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 к практическому занятию № 5 .....	53
Практическое занятие № 6 .....	56
<b>Тема.</b> Решение задач по выявлению тренда, характеризуемого экспонентой. ....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 к практическому занятию № 6 .....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 к практическому занятию № 6 .....	60

## **Введение**

Дисциплина «Основы научно-исследовательской работы» занимает особое место в процессе формирования специалистов в области автомобильного транспорта, поскольку знания полученные в результате освоения этой дисциплины, позволяют решать многие производственные задачи на научной и инновационной основе. Поэтому получение глубоких знаний по данной дисциплине напрямую связано с высоким качеством подготовки специалистов-транспортников.

Настоящие методические указания предназначены для проведения практических занятий по дисциплине «Основы научно-исследовательской работы», являющихся основой получения практических и закрепления теоретических знаний.

Прежде чем приступить к выполнению работы, студент должен изучить ее содержание по данному учебному пособию, после чего преподаватель путем опроса проверяет готовность студентов к работе.

Предварительной подготовкой к практическим занятиям студенты занимаются дома. При домашней подготовке необходимо изучить содержание занятия по учебному пособию и повторить теоретический материал. При незнании теоретических выкладок студенты к выполнению практического занятия не допускаются.

После выполнения практического занятия студенты предъявляют преподавателю отчет, оформленный в соответствии с данным пособием. После защиты результатов работы и оценки ее качества преподавателем студенты допускаются к следующей работе.

Отчет по практическим занятиям выполняется на писчей бумаге стандартного формата А4 (297×210). Все листы сшиваются в папке скоросшивателем или переплетаются. Допускается выполнение отчета по практическим занятиям в общей тетради.

Содержание отчета следует иллюстрировать таблицами, схемами, рисунками и т.д. Графическому материалу по тексту необходимо давать пояснение в виде ссылок на рисунки и схемы, а внизу под графическим материалом обязательно выполнять подрисовочную надпись.

В тексте отчета не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых.

В отчете используется сплошная нумерация страниц. На титульном листе номер страницы не проставляется.

Титульный лист является первой страницей отчета и заполняется по определенным правилам. В верхнем поле указывается полное наименование учебного заведения и кафедры, по которой выполняются работы.

В среднем поле пишется: «Отчет по практическим занятиям по дисциплине...» Далее ближе к левому краю указываются фамилия, имя и отчество студента, курс, группа (шифр), а к правому краю (чуть ниже) указываются фамилия, имя, отчество преподавателя, а также его ученая степень и ученое звание.

В нижнем поле указывается место выполнения работ и год выполнения (без слова «год»).

Титульный лист оформляется печатным шрифтом (или набранным на компьютере). В случае выполнения отчета в тетради титульный лист оформляется печатным шрифтом от руки.

После титульного листа помещается содержание (оглавление), где приводятся все заголовки работ и указываются страницы, на которых они помещены. Необходимо помнить, что все заголовки содержания должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности по сравнению с заголовками в тексте нельзя.

Заголовки одинаковых ступеней рубрикации необходимо располагать друг под другом, а заголовки последующей ступени смещают на три – пять знаков вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени.

Различного рода вспомогательные или дополнительные материалы помещают в приложении.

Схемы, рисунки, графики необходимо выполнять карандашом, черной пастой или тушью на листах писчей, чертежной или миллиметровой бумаги, которые вкладываются в отчёт. При необходимости можно использовать листы нестандартного формата.

## Практическое занятие № 1

**Тема.** Решение задач на построение дискретных и интервальных вариационных рядов.

**Цель занятия** – Изучить методику построения дискретных и интервальных вариационных рядов.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы:**

**Знает:**

- методы проведения теоретических и экспериментальных исследований; методы поиска и обработки научной информации; основные виды научных работ студентов;
- теоретические основы обработки и анализа результатов экспериментальных исследований;
- теоретические основы планирования эксперимента.

**Умеет:**

- сводить и группировать результаты статистического наблюдения; строить статистические графики; вычислять средние величины и показатели вариации;
- выявлять тенденции развития явлений и процессов во времени;
- проводить обработку и анализ экспериментальных данных, полученных при однофакторном и многофакторном экспериментах;
- определять параметры многочлена степени  $n > 2$ ;
- разрабатывать планы полных факторных экспериментов типов  $2^2$  и  $2^3$ .

**Теоретическая часть:** См. приложение 1,2

**Оборудование и материалы:**

- 1) Персональный компьютер.
- 2) Презентационный материал по теме.
- 3) Инженерный калькулятор CASIO.
- 4) Программное обеспечение: Mathcad, Matlab

**Указания по технике безопасности:** См. инструктаж по технике безопасности учебной лаборатории автомобильных двигателей.

**Содержание занятия:**

1. Группировка исходных статистических данных.
2. Определение числа групп и величины интервала.
3. Представление полученных результатов в виде таблиц и графиков.
4. Анализ полученных результатов.

**Решение типовых задач на построение дискретных и интервальных вариационных рядов**

**Задача 1.** По ниже следующим данным произвести группировку станций технического обслуживания автомобилей (СТОА) по числу постов в них. Результаты представить в виде таблицы и проанализировать их. Построить полигон распределения.

15 5 20 5 5 25 20 20 10 5 10 10 15 15 15 5  
 10 5 25 10 15 15 5 10 20 15 5 5 15 10 15 5  
 15 10 15 15

*Решение*

В имеющемся ряду числа расположены в порядке поступления данных. Никакой последовательности чисел по их величинам не наблюдается, поэтому такой ряд называется неупорядоченным. Первый шаг в деле обработки ряда заключается в том, что его приводят к ранжированному ряду, в котором числовые значения располагаются в возрастающем или убывающем порядке. В результате имеем следующий ранжированный ряд:

5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 10 10 10 10 10  
 10 10 10 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15  
 20 20 20 20 25 25

Так как вариационный ряд дискретный, то имеющуюся совокупность делим на 5 групп по числу постов в СТОА. Числа постов являются вариантами, а числа СТОА – частотами.

Полученный дискретный вариационный ряд представляем в виде следующей таблицы:

Число постов в СТОА	5	10	15	20	25
Число СТОА	10	8	12	4	2

По данным таблицам строим полигон распределения (рис. 1).

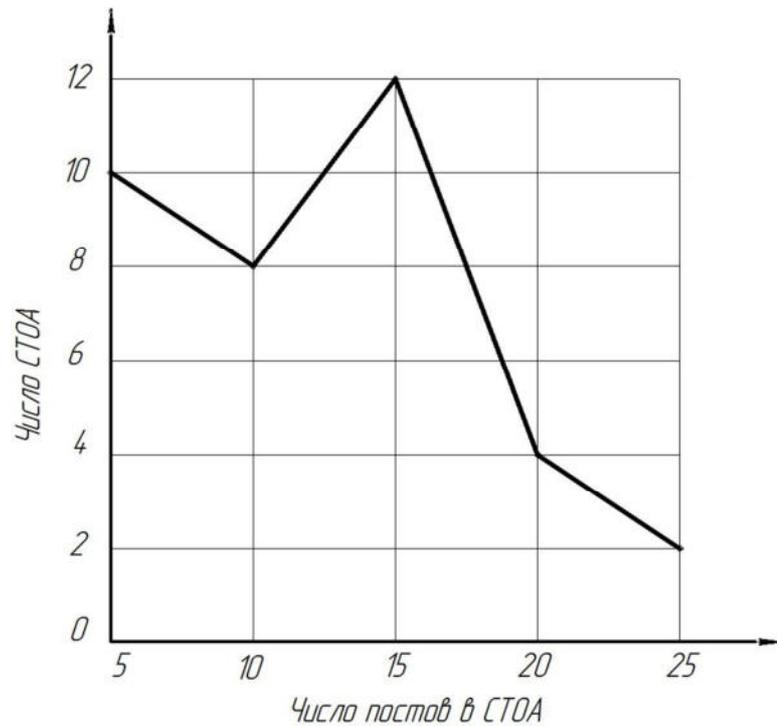


Рис. 1. Полигон распределения станций технического обслуживания автомобилей по числу постов в них.

Полигон распределения строим следующим образом.

Чертятся оси абсцисс и ординат. По оси абсцисс в определенном масштабе откладываются значения вариантов (число постов в СТОА), а по оси ординат частоты (число СТОА). По перпендикуляру над каждой вариантой в виде точек отмечают соответствующее значение частот. Соединив отмеченные точки прямыми, получим ломанную линию, которая и называется полигоном распределения.

Анализ таблицы и рис. 1 показывает, что наиболее характерными являются СТОА, в которых число постов находится в пределе от 5 до 15. Причем максимальное количество СТОА (12) имеют число постов, равное 15.

**Задача 2.** По нижеследующим данным произвести группировку 50 грузовых автомобилей по их возрасту (лет)

13,6	8,8	12,1	9,7	0,2	4,2	2,7	6,7	5,5	6,8
8,1	10,5	13,9	7,1	1,9	5,9	8,4	14,2	11,6	5,2
12,9	8,4	7,4	4,9	7,5	6,2	11,1	3,5	7,1	9,2
10,0	1,0	3,7	6,3	7,0	9,2	12,7	3,1	7,7	9,8
8,1	14,2	4,9	8,9	12,3	6,3	9,5	8,6	5,8	6,7

Результаты представить в виде таблицы и проанализировать их. Построить гистограмму распределения.

## Решение

Преобразуем вышеуказанный неупорядоченный ряд в ранжированный.

0,2	1,0	1,9	2,7	3,1	3,5	3,7	4,2	4,9	4,9
5,2	5,5	5,8	5,9	6,2	6,3	6,3	6,7	6,7	6,8
7,0	7,1	7,1	7,4	7,5	7,7	8,1	8,1	8,4	8,4
8,6	8,8	8,9	9,2	9,2	9,5	9,7	9,8	10,0	10,5
11,1	11,6	12,1	12,3	12,7	12,9	13,6	13,9	14,2	14,2

Как видим, группировка должна производиться по количественному признаку, поэтому надо определить число групп и величину интервала.

Число групп можно определить по формуле Стерджесса

$$n = 1 + 3,322 \lg N,$$

где  $n$  – число групп,  $N$  – численность единиц совокупности.

Подставив численность единиц совокупности, равную 50, в данную формулу, получаем, что число групп должно быть равным  $n = 7$ .

Из ранжированного ряда видно, что наименьший возраст автомобилей составляет  $x_{min}=0,2$  года, а наибольший -  $x_{max}=14,2$  года. Тогда величина интервала определяется по формуле:

$$i = \frac{x_{max} - x_{min}}{n} = \frac{14,2 - 0,2}{7} = 2 \text{ года}$$

Таким образом, имеющуюся совокупность разбиваем на 7 групп с интервалом 2 года. Полученные результаты представим в виде следующей таблицы

Возраст автомобилей, лет	0,2-2,2	2,2-4,2	4,2-6,2	6,2-8,2	8,2-10,2	10,2-12,2	12,2-14,2
Число автомобилей данного возраста	3	5	7	13	11	4	7

Данная таблица представляет собой вариационный интервальный ряд. Для графического представления этого ряда строим гистограмму распределения (рис.1).

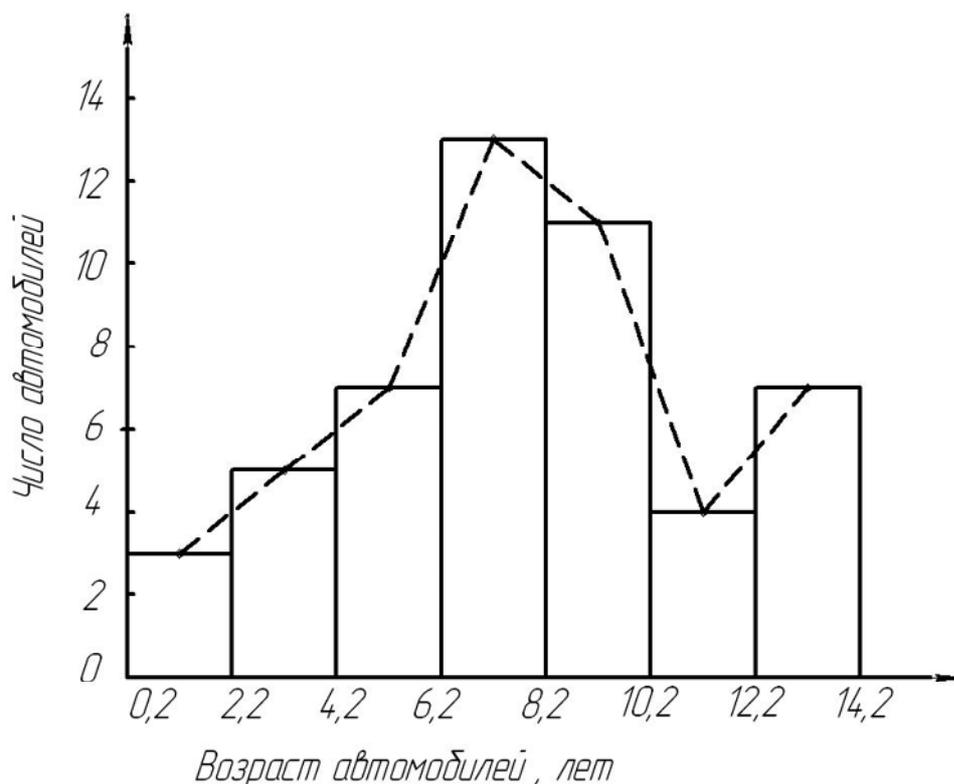


Рис. 1. Гистограмма распределения грузовых автомобилей по их возрасту.

Гистограмма распределения строится следующим образом. На оси абсцисс строим ряд прямоугольников шириной, равной интервалу ряда, и высотами, равными соответствующим количествам автомобилей. Если середины верхних сторон прямоугольников соединить прямыми линиями, то получим полигон распределения.

Анализ таблицы и рис.1 показывает, что практически половина автомобилей (24) имеет возраст от 6,2 до 10,2 лет.

**Варианты задач для самостоятельного решения**

**Вариант 1.**

**Задача 1.1.** По нижеследующим данным произвести группировку легковых автомобилей по их индексам (11 – рабочий объем двигателей – до 1,2 л; 21 – от 1,3 до 1,8 л; 31 – от 1,9 до 3,5 л; 41 – свыше 3,5 л). Результаты представить в виде таблицы. Построить полигон распределения. Дать анализ полученных результатов.

31	11	21	21	31	21	41	31	31	11	21	21	11	
21	21	21	41	31	31	21	21	11	41	21	31	21	21
31	31	41	11	21	31	11	21	21	11	21	31	21	41
21	21	11	41	31	31	21	21	31					

**Задача 1.2.** По нижеследующим данным произвести группировку 50 автобусов по их возрасту (лет).

9,3	3,1	10,1	6,2	6,5	3,3	0,4	12,2	6,5	0,9
3,7	8,0	12,9	6,7	3,8	1,2	6,8	6,8	4,0	7,0
7,1	9,7	1,7	4,2	4,6	7,3	7,3	10,6	2,2	7,6
7,9	4,7	13,1	8,0	8,1	4,9	5,1	11,2	5,3	8,2
14,0	8,1	5,6	14,4	8,6	6,0	2,9	11,8	8,8	7,9

Результаты представить в виде таблицы. Построить гистограмму распределения. Дать анализ полученных результатов.

**Вариант 2.**

**Задача 1.3.** По нижеследующим данным произвести группировку автобусов одного из АТП по их индексам (22 – длина автобуса до 5 м; 32 – от 6 до 7,5 м; 42 – от 8 до 9,5 м; 52 – от 10,5 до 12 м; 62 – 16,5 и более м.) Результаты представить в виде таблицы. Построить полигон распределения. Дать анализ полученных результатов.

42	42	22	42	32	52	32	32	42	42	42	62	52	
32	62	22	42	32	42	22	32	52	42	52	62	32	
32	42	42	52	42	52	42	42	22	42	42	32	32	32

**Задача 1.4.** По нижеследующим данным произвести группировку 50 легковых автомобилей по их возрасту (лет).

6,1	8,8	1,4	3,9	4,0	12,7	6,8	6,8	9,2	6,1	6,5
3,2	0,6	7,0	7,1	3,2	1,0	9,9	8,3	8,3	3,7	4,5

5,0	7,2	7,9	1,7	7,2	10,3	4,8	13,5	5,0	7,2	2,1
8,1	8,5	10,8	5,6	5,2	2,9	8,5	14,6	5,4	8,9	2,5
5,9	8,8	11,1	5,4	8,7	4,9					

Результаты представить в виде таблицы. Построить гистограмму распределения. Дать анализ полученных результатов.

### Вариант 3.

**Задача 1.5.** Имеются следующие данные о тарифных разрядах 60 рабочих – автослесарей:

3	2	4	1	4	3	5	5	4	6	4	6	3	4	5	2	3	6	4	3	4	3
5	2	4	3	5	4	3	4	5	1	3	4	2	5	4	3	5	4	5	3	4	6
2	4	6	3	4	4	3	6	2	4	3	4	5	1	4	3						

Произвести группировку рабочих по тарифным разрядам. Результаты представить в виде таблицы. Построить полигон распределения. Дать анализ.

**Задача 1.6.** Имеются следующие данные о среднесписочной численности рабочих 30-ти станций технического обслуживания автомобилей (чел.):

12	7	22	11	13	9	27	13	13	6	18	24	20
14	5	18	34	15	4	24	19	14	9	25	5	15
16	18	12	10									

Произвести группировку станций технического обслуживания по среднесписочной численности рабочих. Построить ряд и гистограмму распределения, проанализировать полученные результаты

### Вариант 4.

**Задача 1.7.** При изучении покупательского спроса в магазине запасных частей автомобилей была зарегистрирована продажа следующих типов электрических аккумуляторов по их емкости (в Ампер-часах).

65	65	44	55	55	55	95	65	75	55
95	95	65	65	65	75	75	44	75	75
75	65	65	55	55	55	95	95	65	65
75	55	55	95	65	75	55	65	95	75

Произвести группировку аккумуляторов по емкости. Построить ряд и полигон распределения, проанализировать полученные результаты.

**Задача 1.8.** Имеются следующие данные о месячной заработной плате 30-ти рабочих станций технического обслуживания автомобилей (тыс.руб.):



**Задача 1.12.** Имеются следующие данные о возрасте погибших участников дорожного движения (лет).

54	32	14	65	29	52	51	39	54	35
37	70	62	38	65	43	22	36	58	67
7	26	17	33	44	46	54	63	70	12
47	51	64	49	54	57	46	31	53	21
42	43	56	32	45	55	26	38	41	43

Произвести группировку погибших участников дорожного движения по возрасту. Построить ряд и гистограмму распределения, проанализировать полученные результаты.

## Практическое занятие № 2

**Тема.** Решение задач на построение статистических графиков.

**Цель занятия** – Изучить методику построения статистических графиков.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы:**

**Знает:**

- методы проведения теоретических и экспериментальных исследований; методы поиска и обработки научной информации; основные виды научных работ студентов;
- теоретические основы обработки и анализа результатов экспериментальных исследований;
- теоретические основы планирования эксперимента.

**Умеет:**

- сводить и группировать результаты статистического наблюдения; строить статистические графики; вычислять средние величины и показатели вариации;
- выявлять тенденции развития явлений и процессов во времени;
- проводить обработку и анализ экспериментальных данных, полученных при однофакторном и многофакторном экспериментах;
- определять параметры многочлена степени  $n > 2$ ;
- разрабатывать планы полных факторных экспериментов типов  $2^2$  и  $2^3$ .

**Теоретическая часть:** См. приложение 1,2

**Оборудование и материалы:**

- 1) Персональный компьютер.
- 2) Презентационный материал по теме.
- 3) Инженерный калькулятор CASIO.
- 4) Программное обеспечение: Mathcad, Matlab

**Указания по технике безопасности:** См. инструктаж по технике безопасности учебной лаборатории автомобильных двигателей.

**Содержание занятия:**

1. Построение столбиковых диаграмм.
2. Построение полосовых диаграмм.
3. Построение секторных диаграмм.

**Решение типовых задач на построение статистических графиков**

**Задача 3.** Имеются следующие данные о возрастных группах и количестве грузовых автомобилей в России.

Средний возраст автомобилей, лет	Количество грузовых автомобилей, %
1,5	8
4,5	20
7,5	38
10,5	18
13,5	16

Вычертить столбиковую диаграмму, характеризующую наглядное сравнение количества грузовых автомобилей в зависимости от среднего их возраста.

***Решение***

При построении столбиковой диаграммы вычерчивается система прямоугольных координат. Основания столбиков одинакового размера размещаются на оси абсцисс (средний возраст  $t_{cp}$  автомобилей), а высота столбика должна соответствовать величине показателя, нанесенного в соответствующем масштабе на ось ординат (количество автомобилей  $N$ ). Каждый отдельный столбик посвящается отдельному объекту, в нашем случае среднему возрасту автомобилей. Расстояние между столбиками берется одинаковое. Для наглядности столбики необходимо заштриховать или закрасить. Наглядность данной диаграммы достигается сравнением высоты столбиков, которая соответствует количеству автомобилей. Внизу под каждым столбиком подписывается наименование объектов сравнения, т.е. средних возрастов грузовых автомобилей.

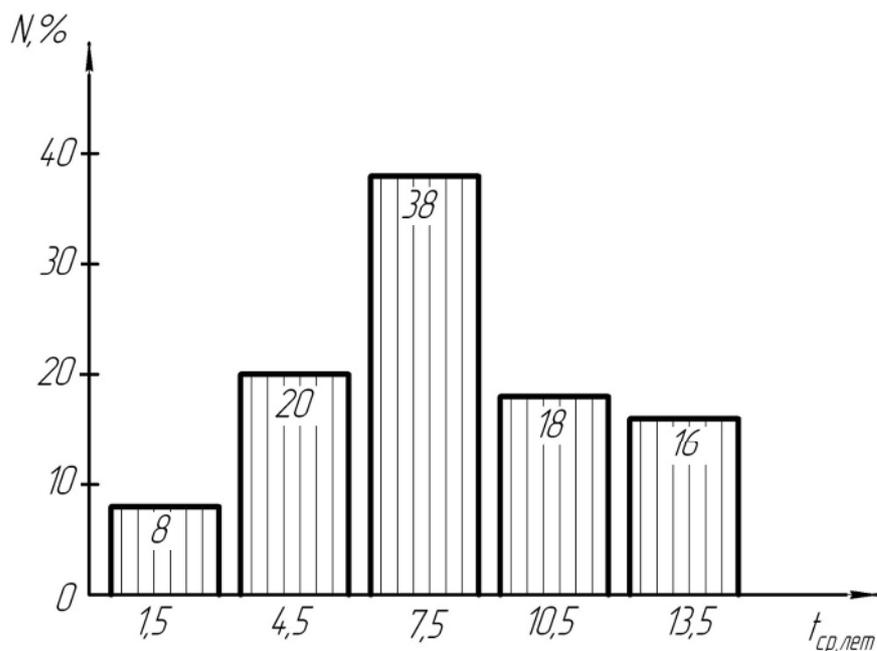


Рис. 1. Столбиковая диаграмма, характеризующая наглядное сравнение количества грузовых автомобилей в зависимости от их среднего возраста.

Из рис.1 видно, что средний возраст 7,5 лет имеют наибольшее количество грузовых автомобилей (38%), а средний возраст 1,5 года – наименьшее количество (8%).

**Задача 4.** По условию задачи № 3 вычертить секторную диаграмму, характеризующую структуру грузовых автомобилей по их среднему возрасту.

### *Решение*

В статистике структура явлений чаще всего характеризуется секторными диаграммами.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный радиусами на отдельные секторы. Каждый сектор характеризует какую-то часть целого явления и занимает площадь круга пропорционально удельному весу этой части. Наглядность изображения достигается тем, что в круге глаз лучше улавливает удельные веса отдельных частей в целом.

Построение секторной диаграммы производится следующим образом.

Строим круг, площадь которого принимаем равной 100%. Круг делим на 5 секторов, характеризующих средний возраст грузовых автомобилей, пропорционально количеству автомобилей: один сектор будет характеризовать количество автомобилей со средним возрастом 1,5 года, второй сектор – 4,5 года, третий сектор – 7,5 лет и т.д. А так как площади секторов круга пропорциональны их центральным углам, то для построения секторной диаграммы необходимо  $360^\circ$  распределить пропорционально количествам автомобилей с соответствующим средним возрастом.

Эти углы составляют:

для сектора «средний возраст 1,5 года»:

$$\frac{60 \times 83}{100} = 28,8^0$$

для сектора «средний возраст 4,5 года»:

$$\frac{360 \times 20}{100} = 72^0$$

для сектора «средний возраст 7,5 лет»:

$$\frac{360 \times 38}{100} = 136,8^0$$

для сектора «средний возраст 10,5 лет»:

$$\frac{360 \times 18}{100} = 64,8^0$$

для сектора «средний возраст 13,5 лет»:

$$\frac{360 \times 16}{100} = 57,6^0$$

При помощи транспортира круг делим на секторы вручную. В настоящее время это легко делается с помощью персонального компьютера. Полученная диаграмма представлена на рис.1.

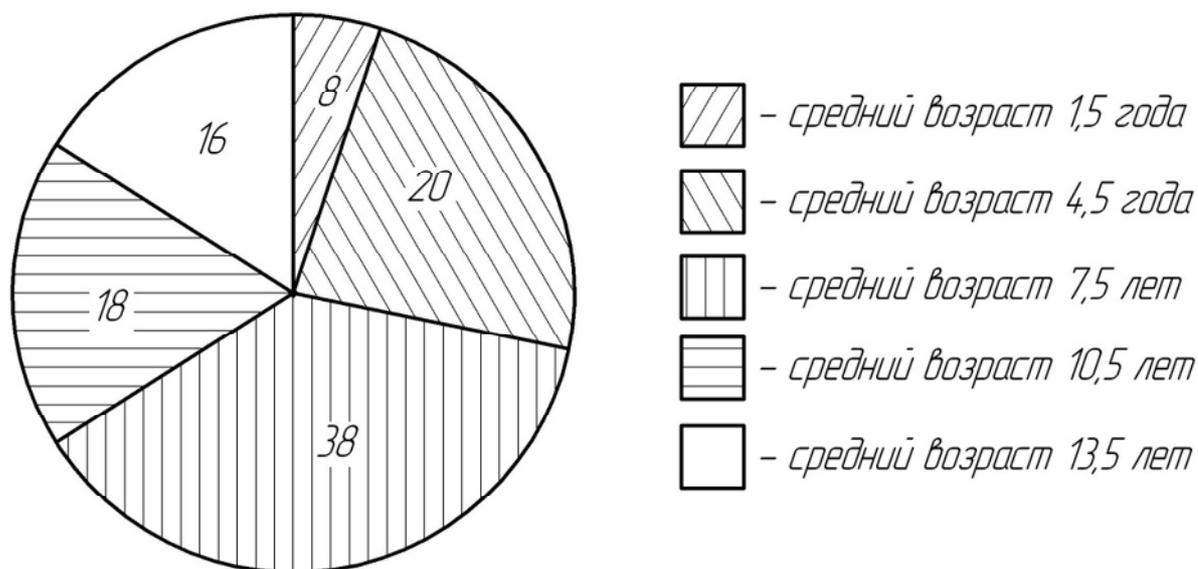


Рис. 1. Секторная диаграмма, характеризующая структуру грузовых автомобилей по их среднему возрасту.

**Задача 5.** Имеются следующие данные о видах нарушений правил дорожного движения и выявленных нарушениях по конкретной причине.

№	Виды нарушения правил	Выявлено нарушений
1.	Превышение установленной скорости	12400

	движения	
2.	Управление ТС в состоянии опьянения	560
3.	Управление технически неисправленным ТС	10400
4.	Переход улиц перед близко идущим ТС	840
5.	Нарушение правил обгона	4200
	Всего:	28400

Вычертить полосовую диаграмму, характеризующую наглядное сравнение количества выявленных нарушений правил дорожного движения в зависимости от вида нарушений.

### *Решение*

В отдельных случаях удобнее пользоваться не столбиковыми, а полосовыми диаграммами.

В отличие от столбиковых в полосовых диаграммах столбики размещаются не по вертикали, а по горизонтали. В этом случае основание полос, в нашем случае вид нарушений правил дорожного движения, располагается по оси ординат, а количество нарушений – по оси абсцисс.

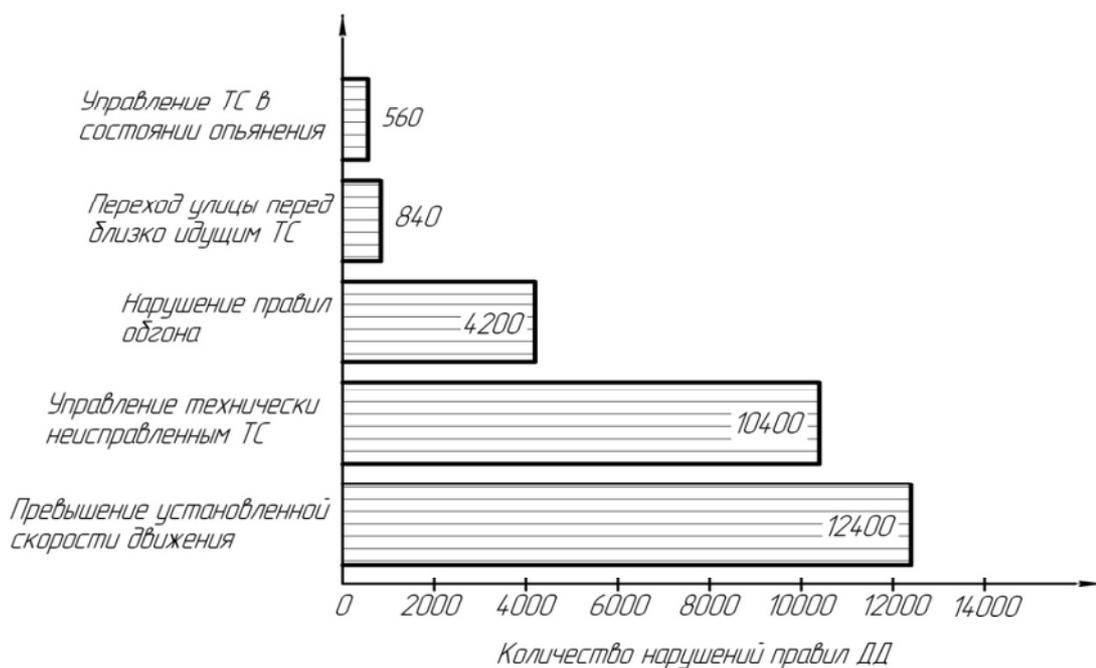


Рис. 1. Полосовая диаграмма, характеризующая наглядное сравнение количества выявленных нарушений правил ДД в зависимости от вида нарушений.

Как видно из рис.1, наибольшее количество нарушений правил ДД (12400) вызвано превышением установленной скорости движения. Далее в порядке убывания следуют такие нарушения, как управление технически неисправным ТС (10400), нарушение правил обгона (4200), переход улиц перед близко идущим ТС (840) и управление ТС в состоянии опьянения (560).

**Задача 6.** По условиям задачи №5 вычертить столбиковую диаграмму, характеризующую состав выявленных нарушений по видам нарушений правил дорожного движения.

### Решение

На оси абсцисс строим столбик высотой 100%, чтобы в нем наглядно был бы виден состав выявленных нарушений.

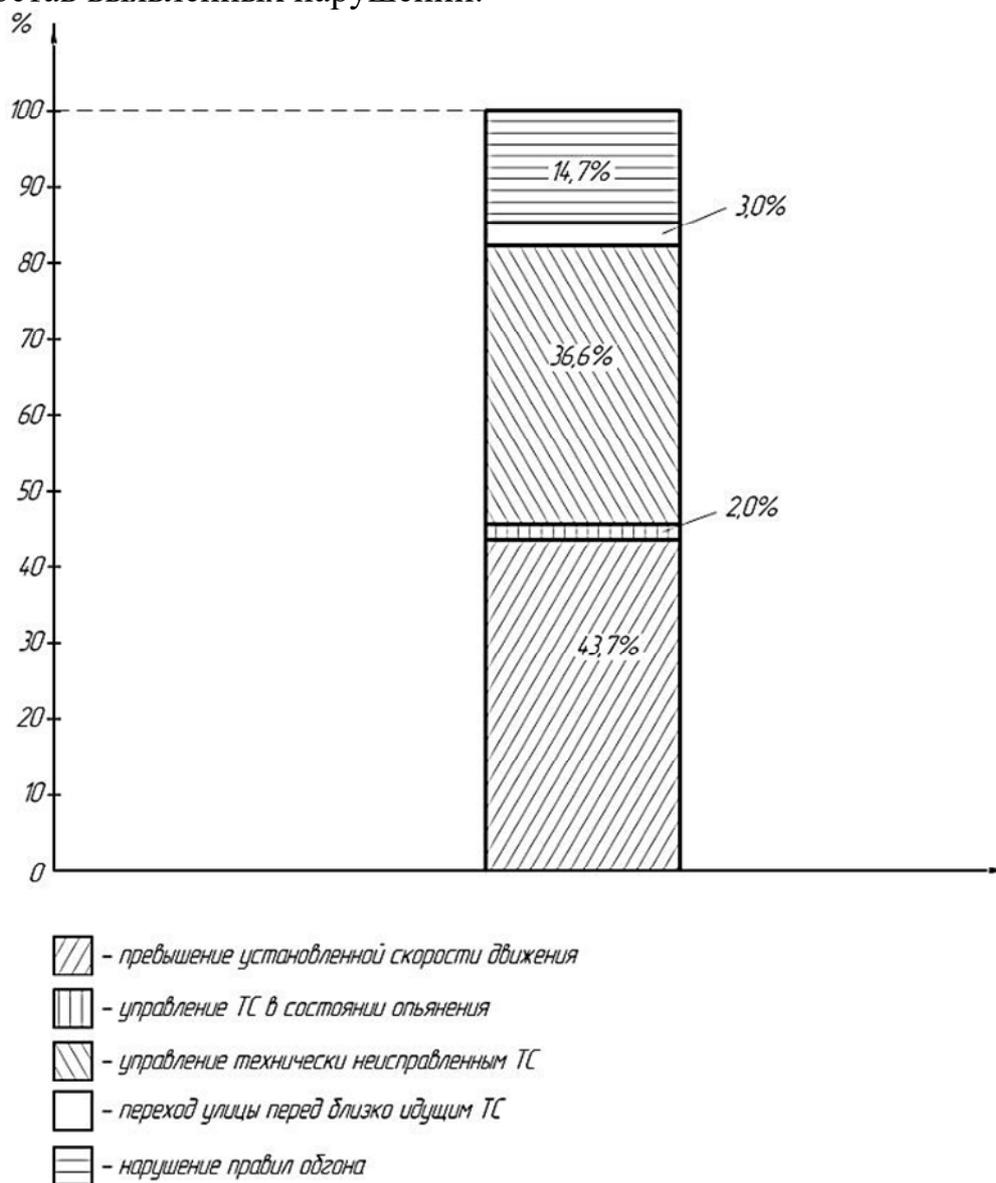


Рис. 1. Столбиковая диаграмма, характеризующая состав выявленных нарушений правил ДД.

Поэтому необходимо подсчитать процентное содержание каждого вида нарушений в их общем числе, которое составляет 28400:

- превышение установленной скорости движения

$$\frac{12400}{28400} 100\% = 43,7\%;$$

- управление ТС в состоянии опьянения

$$\frac{560}{28400} 100\% = 2,0\%$$

- управление технически неисправным ТС

$$\frac{10400}{28400} 100\% = 36,6\%$$

- переход улиц перед близко идущим ТС

$$\frac{840}{28400} 100\% = 3,0\%$$

- нарушение правил обгона

$$\frac{4200}{28400} 100\% = 14,7\%$$

По полученным числам столбик делится на пять частей, каждая из которых характеризует соответствующий вид нарушений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 к практическому занятию № 2

**Задачи для самостоятельного решения**

**Задача 1.13.** Имеются следующие данные о возрастных группах и количестве легковых автомобилей в России.

Средний возраст легковых автомобилей, лет	Количество легковых автомобилей, %
1,5	14
4,5	29
7,5	40
10,5	10
13,5	6

Вычертить столбиковую диаграмму, характеризующую наглядное сравнение количества легковых автомобилей в зависимости от среднего их возраста.

**Задача 1.14.** Имеются следующие данные о возрастных группах и количестве автобусов в России.

Средний возраст автомобилей, лет	Количество автобусов, %
1,5	12
4,5	26
7,5	41
10,5	12
13,5	10

Вычертить столбиковую диаграмму, характеризующую наглядное сравнение количества автобусов в зависимости от среднего их возраста.

**Задача 1.15.** Имеются следующие данные о возрастных группах и количестве автомобилей в России.

Средний возраст автомобилей, лет	Количество автомобилей, %	
	легковых	автобусов
1,5	14	12
4,5	30	25
7,5	40	41
10,5	10	12

13,5	6	10
------	---	----

Вычертить столбиковую диаграмму, характеризующую состав автомобилей по их среднему возрасту, для легковых автомобилей и автобусов.

**Задача 1.16.** Имеются следующие данные о возрастных группах и количестве автомобилей в России.

Средний возраст автомобилей, лет	Количество автомобилей, %	
	легковых	автобусов
1,5	14	12
4,5	30	25
7,5	40	41
10,5	10	12
13,5	6	10

Вычертить секторные диаграммы, характеризующие структуру автомобилей по их среднему возрасту, для легковых автомобилей и автобусов.

**Задача 1.17.** Имеются следующие данные о средней наработке автомобилей конкретной марки в процессе их эксплуатации и числом отказов (в %-ах) отдельного узла автомобиля.

Средняя наработка, тыс. км	Число отказов, %
8	18
12	44
16	33
19	5

Вычертить полосовую диаграмму, характеризующую наглядное сравнение количества отказов отдельного узла автомобилей в зависимости от их средней наработки.

**Задача 1.18.** Имеются следующие данные о продажах автомобилей Лада в 2011 году.

Модель	Приора	Гранта	Калина	Самара	4x4
Количество	125951	121151	119890	67971	54656

Вычертить секторную диаграмму, характеризующую структуру продаж отдельных моделей автомобилей Лада.

**Задача 1.19.** Имеются следующие данные о нарушениях правил дорожного движения и количестве ДТП по конкретной причине.

№	Виды нарушения правил	Количество ДТП по данной причине
1.	Превышение установленной скорости движения	49
2.	Управление ТС в состоянии опьянения	42
3.	Управление технически неисправленным ТС	10
4.	Переход улиц перед близко идущим ТС	69
5.	Нарушение правил обгона	24
	Всего:	194

Вычертить столбиковую диаграмму, характеризующую наглядное сравнение количества ДТП в зависимости от вида нарушений.

**Задача 1.20.** Имеются следующие данные о нарушениях правил дорожного движения и количестве ДТП по конкретной причине.

№	Виды нарушения правил	Количество ДТП по данной причине
1.	Превышение установленной скорости движения	49
2.	Управление ТС в состоянии опьянения	42
3.	Управление технически неисправленным ТС	10
4.	Переход улиц перед близко идущим ТС	69
5.	Нарушение правил обгона	24
	Всего:	194

Вычертить полосовую диаграмму, характеризующую наглядное сравнение количества ДТП в зависимости от вида нарушений правил дорожного движения.

**Задача 1.21.** Имеются следующие данные о нарушениях правил дорожного движения и количестве ДТП по конкретной причине.

№	Виды нарушения правил	Количество ДТП по данной причине
1.	Превышение установленной скорости движения	49
2.	Управление ТС в состоянии опьянения	42

3.	Управление технически неисправленным ТС	10
4.	Переход улиц перед близко идущим ТС	69
5.	Нарушение правил обгона	24
	Всего:	194

Вычертить столбиковую диаграмму, характеризующую состав нарушений правил дорожного движения по количеству ДТП

**Задача 1.22.** Имеются следующие данные о нарушениях правил дорожного движения и количестве ДТП по конкретной причине.

№	Виды нарушения правил	Количество ДТП по данной причине
1.	Превышение установленной скорости движения	49
2.	Управление ТС в состоянии опьянения	42
3.	Управление технически неисправленным ТС	10
4.	Переход улиц перед близко идущим ТС	69
5.	Нарушение правил обгона	24
	Всего:	194

Вычертить секторную диаграмму, характеризующую структуру видов нарушений правил дорожного движения по количеству ДТП.

### Практическое занятие № 3

**Тема.** Решение задач по определению средних величин и показателей вариации.

**Цель занятия** – Изучить методику определения средних величин и показателей вариации.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы:**

**Знает:**

- методы проведения теоретических и экспериментальных исследований; методы поиска и обработки научной информации; основные виды научных работ студентов;
- теоретические основы обработки и анализа результатов экспериментальных исследований;
- теоретические основы планирования эксперимента.

**Умеет:**

- сводить и группировать результаты статистического наблюдения; строить статистические графики; вычислять средние величины и показатели вариации;
- выявлять тенденции развития явлений и процессов во времени;
- проводить обработку и анализ экспериментальных данных, полученных при однофакторном и многофакторном экспериментах;
- определять параметры многочлена степени  $n > 2$ ;
- разрабатывать планы полных факторных экспериментов типов  $2^2$  и  $2^3$ .

**Теоретическая часть:** См. приложение 1,2

**Оборудование и материалы:**

- 1) Персональный компьютер.
- 2) Презентационный материал по теме.
- 3) Инженерный калькулятор CASIO.
- 4) Программное обеспечение: Mathcad, Matlab

**Указания по технике безопасности:** См. инструктаж по технике безопасности учебной лаборатории автомобильных двигателей.

**Содержание занятия:**

1. Определение средней арифметической простой.
2. Определение средней арифметической взвешенной.
3. Определение средней гармонической взвешенной.
4. Определение размаха вариации, дисперсии, среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 к практическому занятию № 3

**Решение типовых задач на вычисление средних величин и показателей вариации**

**Задача 1.** Имеются следующие данные о возрастной структуре 100 грузовых автомобилей:

Возраст грузовых автомобилей, лет	Количество грузовых автомобилей
до 3	8
3-6	20
6-9	38
9-12	18
свыше 12	16

Вычислить средний возраст грузовых автомобилей и показатели вариации (размах вариации, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации).

**Решение**

Для вычисления среднего возраста грузовых автомобилей воспользуемся формулой средней арифметической взвешенной.

$$\bar{x} = \frac{\sum xf}{\sum f},$$

где  $x$  – центр интервала возраста автомобилей;  $f$  – число автомобилей.

Для обеспечения вычисления составляем расчетную таблицу 1.

Таблица 1

Вычисление средней арифметической и среднего квадратического отклонения

Интервал	$f$	$x$	$xf$	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$(x - \bar{x})^2 f$
0-3	8	1,5	12	-6,42	41,22	329,76
3-6	20	4,5	90	-3,42	11,7	234
6-9	38	7,5	285	-0,42	0,18	6,84
9-12	18	10,5	189	2,58	6,66	119,88
12-15	16	13,5	216	5,58	31,14	498,24

Итого:	100	-	792	-	-	1188,72
--------	-----	---	-----	---	---	---------

В таблице исходных данных первый и последний интервалы возраста автомобилей являются открытыми. Закрываются интервалы следующим образом. Величина первого интервала берется такой, как и последующего интервала, т.е. 3 года. В таком случае первый интервал будет 0 – 3. Величина последнего интервала будет такой же, как и предшествующего. Следовательно, последний интервал будет 12 – 15.

Используя данные расчетной таблицы 1, по формуле средней арифметической взвешенной определяем средний возраст грузовых автомобилей

$$\bar{x} = \frac{792}{100} = 7,92 \text{ года}$$

Размах вариации определяем по формуле.

$$R = x_{max} - x_{min},$$

где  $x_{max}$  и  $x_{min}$  – соответственно максимальное и минимальное значения возраста автомобилей.

$$R = 13,5 - 1,5 = 12 \text{ лет}$$

Дисперсию определяем по формуле

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2 f}{\sum f}$$

Подставив в эту формулу данные, полученные в расчетной таблице, имеем

$$\sigma^2 = \frac{1188,72}{100} = 11,89 \text{ лет}^2$$

Среднеквадратическое отклонение определяем по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2 f}{\sum f}}$$

$$\sigma = \sqrt{11,89} = 3,45 \text{ лет.}$$

Коэффициент вариации определяем по формуле

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 \%$$

$$V = \frac{3,45}{7,92} \cdot 100 = 43,6\%$$

**Задача 2.** Имеются следующие данные о производительности и объеме транспортной работы трех автомобилей

№ автомобиля	Объем транспортной работы, ткм	Производительность автомобилей ткм/ч
1	2880	960
2	4200	840
3	3600	900

Вычислить среднюю производительность автомобилей.

### *Решение*

Для вычисления средней производительности автомобилей, учитывая исходную информацию (варьирующий признак – производительность автомобиля и объемы явлений – объемы транспортной работы), воспользуемся формулой средней гармонической взвешенной

$$\bar{x} = \frac{\sum W}{\sum \frac{W}{x}},$$

где  $W$  – объем явления (объем транспортной работы);  $x$  – варьирующий признак (производительность автомобиля).

Составляем расчётную таблицу 1.

Таблица 1

### Вычисление средней гармонической

№	$W$ , ткм	$x$ , ткм/ч	$\frac{W}{x}$
1	2880	960	3
2	4200	840	5
3	3600	900	4
Итого	10680	-	12

Используя данные таблицы по формуле средней гармонической взвешенной определяем.

$$\bar{x} = \frac{10680}{12} = 890 \text{ ткм/ч}$$

**Задача 3.** При выборочном обследовании поршней компрессоров автомобилей ЗИЛ – 130 были выявлены следующие их массы (г):

49,7      50,0      50,9      49,4      51,2      50,7      49,0      50,4  
 49,6      51,3      50,5      48,9      49,9      50,1      51,5

Вычислить среднюю массу поршней, дисперсию, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариаций.

**Решение**

Поскольку в данном случае имеем дело с малой выборкой среднюю массу поршней определяем по формуле средней арифметической простой

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n},$$

где  $x$  – массы поршней (г);  $n$  – число обследованных поршней. Дисперсия и среднеквадратическое отклонение определяются по формулам

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Составим расчетную таблицу1.

Таблица 1.

Вычисление средней арифметической, среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации

№	$x$	$(x - \bar{x})$	$(x - \bar{x})^2$	№	$x$	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
1	2	3	4	1	2	3	4
1	49,7	-0,5	0,25	9	49,6	-0,6	0,36
2	50,0	-0,2	0,04	10	51,3	1,1	1,21
3	50,9	0,7	0,49	11	50,5	0,3	0,09
4	49,4	-0,8	0,64	12	48,9	-1,3	1,69

5	51,2	1,0	1,0	13	49,9	-0,3	0,09
6	50,7	0,5	0,25	14	50,1	-0,1	0,01
7	49,0	-1,2	1,44	15	51,5	1,3	1,69
8	50,4	0,2	0,04				
Итого					753,1		9,29

Подставим из таблицы значение  $\sum x = 753,1$  в формулу средней арифметической простой, имеем

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{753,1}{15} = 50,2 \text{ г.}$$

Следовательно, средний вес поршней составляет 50,2 г.

Зная величину  $\bar{x}$ , заполняем столбцы 3 и 4 таблицы, в результате имеем

$$\sum (x - \bar{x})^2 = 9,29.$$

В таком случае

$$\sigma^2 = \frac{9,29}{15 - 1} = 0,664$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{9,29}{14}} = 0,81 \text{ г.}$$

Коэффициент вариации определяем по формуле

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 \% = \frac{0,81}{50,2} \cdot 100 = 1,61\%$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 к практическому занятию № 3  
**Задачи для самостоятельного решения**

**Задача 2.1.** Имеются следующие данные о распределении легковых автомобилей ВАЗ по годовым пробегам.

Годовые пробеги, тыс. км	Количество автомобилей в %-ах от общего количества
0-5	7
5-10	13
10-15	28
15-20	18
20-25	11
25-30	9
30-35	8
35-40	6

Определить: а) средний пробег автомобилей; б) среднеквадратическое отклонение пробега; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.2.** Имеются следующие данные о распределении легковых автомобилей ГАЗ по годовым пробегам.

Годовые пробеги, тыс. км	Количество автомобилей в %-ах от общего количества
0-5	6
5-10	17
10-15	30
15-20	16
20-25	12
25-30	8
30-35	7
35-40	4

Определить: а) средний пробег автомобилей; б) размах вариаций пробега; в) среднеквадратическое отклонение пробега; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.3.** Имеются следующие данные о распределении грузовых автомобилей ГАЗ по годовым пробегам.

Годовые пробеги, тыс. км	Количество автомобилей в %-ах от общего количества
0-5	5

5-10	11
10-15	22
15-20	29
20-25	15
25-30	10
30-35	5
35-40	3

Определить: а) средний пробег автомобилей; б) среднее квадратическое отклонение пробега; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.4.** Имеются следующие данные о распределении автобусов по их возрасту

Возраст автобусов, лет	0,4-2,4	2,4-4,4	4,4-6,4	6,4-8,4	8,4-10,4	10,4-12,4	12,4-14,4
Число автобусов данного возраста	5	7	8	17	5	4	4

Определить: а) средний возраст автобусов; б) среднее квадратическое отклонение возраста; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.5.** Имеются следующие данные о распределении легковых автомобилей по их возрасту

Возраст автомобилей, лет	0,6-2,6	2,6-4,6	4,6-6,6	6,6-8,6	8,6-10,6	10,6-12,6	12,6-14,6
Число автомобилей данного возраста	6	7	12	13	7	2	3

Определить: а) средний возраст легковых автомобилей; б) среднее квадратическое отклонение возраста; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.6.** Имеются следующие данные о распределении месячной заработной платы рабочих станций технического обслуживания автомобилей

Заработная плата рабочих, тыс. руб	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35
Число рабочих	6	8	7	5	3	1

Определить: а) среднюю заработную плату рабочих; б) среднее квадратическое отклонение заработной платы; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.7.** Имеются следующие данные о трудовом стаже работников автотранспортного предприятия

Стаж работников, лет	0,6 - 3,0	3,0 - 5,4	5,4 - 7,8	7,8 - 10,2	10,2 - 12,6	12,6 - 15,0
Число работников	4	5	8	12	7.	4

Определить: а) средний трудовой стаж работников; б) среднеквадратическое отклонение трудового стажа; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.8.** Имеются следующие данные о распределении грузовых автомобилей по их возрасту

Возраст автомобилей, лет	0,2-2,2	2,2-4,2	4,2-6,2	6,2-8,2	8,2-10,2	10,2-12,2	12,2-14,2
Число автомобилей данного возраста	3	5	7	13	11	4	7

Определить: а) средний возраст грузовых автомобилей; б) среднеквадратическое отклонение возраста; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.9** Общий пробег и скорость движения четырех автомобилей характеризуются следующими данными.

№ автомобиля	Общий пробег, км	Скорость движения, км/ч
1	560	70
2	800	80
3	1500	75
4	2700	90

Вычислить среднюю скорость четырёх автомобилей.

**Задача 2.10.** Имеются следующие данные о распределении погибших участников дорожного движения по возрасту.

Группы людей по возрасту, лет	Число погибших в %-ах от общего их количества
до 10	1,4
10-20	3,6
20-30	5,3
30-40	20,3
40-50	27,0

50-60	28,0
60 и более	14,4

Вычислить: а) средний возраст погибших; б) среднее квадратическое отклонение возраста погибших; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.11.** Имеются следующие данные о распределении раненых участников дорожного движения по возрасту.

Группы людей по возрасту, лет	Число раненых в %-ах от общего их количества
до 10	2,1
10-20	7,1
20-30	9,1
30-40	25,2
40-50	24,3
50-60	21,8
60 и более	10,4

Вычислить: а) средний возраст раненых; б) среднее квадратическое отклонение возраста раненых; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.12.** В результате обследования движения автобусов на одной из автомобильных дорог получены следующие данные о пассажироместимости.

Группы автобусов по пассажироместимости, чел	Количество автобусов
10-18	420
18-26	110
26-34	70
34-42	35
42-50	41

Вычислить: а) среднюю пассажироместимость автобусов; б) среднее квадратическое отклонение пассажироместимости; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.13.** В результате обследования движения автомобилей на одной из автомобильных дорог получены следующие данные о скорости движения автомобилей.

Группы автомобилей по их скорости движения, км/ч	Количество автомобилей
--------------------------------------------------	------------------------

40-50	30
50-60	60
60-70	110
70-80	140
80-90	90

Вычислить: а) среднюю скорость автомобилей; б) среднеквадратическое отклонение скорости; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.14.** Имеются следующие данные о распределении студентов 4 курса по их возрасту

Возраст студентов, лет	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Количество студентов	7	11	11	6	5	3	1	2	3	1

Вычислить: а) средний возраст студентов; б) среднеквадратическое отклонение возраста; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.15.** По автопарку имеются следующие данные о трудоемкостях технического обслуживания ТО–2 для разных классов легковых автомобилей и количествах автомобилей соответствующего класса

Класс автомобиля	Особо малый	Малый	Средний	Большой
Трудоемкость на одно ТО, чел. час	9,6	10,2	11,3	14,6
Количество автомобилей	3	16	13	2

Вычислить: а) среднюю трудоемкость ТО-1 легковых автомобилей; б) среднеквадратическое отклонение трудоемкости; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.16.** По грузовому АТП имеются следующие данные о трудоемкостях технического обслуживания ТО–1 для грузовых автомобилей разной грузоподъемности и количествах автомобилей соответствующей грузоподъемности

Грузоподъемность автомобиля, т	0,5	1,0	2,5	4,0	5,0	7,5
Трудоемкость на одно ТО, чел. час	2,2	2,4	2,8	3,0	3,3	4,1

Количество автомобилей	6	11	18	24	16	9
------------------------	---	----	----	----	----	---

Вычислить: а) среднюю трудоемкость ТО-1 грузовых автомобилей; б) среднеквадратическое отклонение трудоемкости; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.17.** По автобусному парку имеются следующие данные о трудоемкостях ежедневного технического обслуживания ЕО для разных классов автобусов и количествах автобусов соответствующего класса

Класс автобуса	Особо малый	Малый	Средний	Большой
Трудоемкость на одно ТО, чел. час	0,5	0,7	0,9	1,2
Количество автобусов	5	21	16	9

Вычислить: а) среднюю трудоемкость ЕО автобусов; б) среднеквадратическое отклонение трудоемкости; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.18.** По автопарку имеются следующие данные о трудоемкостях текущего ремонта ТР для разных классов легковых автомобилей и количествах автомобилей соответствующего класса

Класс автомобиля	Особо малый	Малый	Средний	Большой
Трудоемкость на 1000 км пробега, чел. час	2,8	3,4	3,9	5,0
Количество автомобилей	3	16	13	2

Вычислить: а) среднюю трудоемкость текущего ремонта легковых автомобилей; б) среднеквадратическое отклонение трудоемкости; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.19.** При проведении экспериментальных исследований двигателя 4Ч 9,2/9,2 при угловой скорости коленчатого вала  $100 \text{ с}^{-1}$  были зарегистрированы следующие значения мощности механических потерь (в кВт): 3,95; 3,78; 3,99; 4,11; 4,19.

Вычислить: а) среднюю мощность механических потерь; б) среднеквадратическое отклонение мощности механических потерь; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.20.** При проведении полигонных испытаний автомобилей ВАЗ-2115 в процессе фронтальных столкновений при скорости движения 50

км/ч были зарегистрированы следующие значения уменьшения габаритной длины автомобиля ( в метрах ): 0,372; 0,402; 0,423.

Вычислить: а) среднее уменьшение габаритной длины автомобиля; б) среднеквадратическое отклонение уменьшения габаритной длины автомобиля; в) коэффициент вариации.

**Задача 2.21.** В процессе экспериментальных исследований радиатора при частоте вращения вентилятора  $1000 \text{ мин}^{-1}$  и времени продувки фронта радиатора 10 часов были зарегистрированы следующие значения удельной массы загрязнения радиатора дорожно-почвенной пылью ( в  $\text{г/м}^2$  ): 3,11; 3,02; 2,95; 3,23; 3,26.

Вычислить: а) среднюю удельную массу загрязнения радиатора; б) среднеквадратическое отклонение удельной массы загрязнения радиатора ; в) коэффициент вариации.

## Практическое занятие № 4

**Тема.** Решение задач по выявлению трендов, характеризуемых прямой линией и гиперболой.

**Цель занятия** – Изучить методику построения трендов, характеризуемых прямой линией и гиперболой.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы:**

**Знает:**

- методы проведения теоретических и экспериментальных исследований; методы поиска и обработки научной информации; основные виды научных работ студентов;
- теоретические основы обработки и анализа результатов экспериментальных исследований;
- теоретические основы планирования эксперимента.

**Умеет:**

- сводить и группировать результаты статистического наблюдения; строить статистические графики; вычислять средние величины и показатели вариации;
- выявлять тенденции развития явлений и процессов во времени;
- проводить обработку и анализ экспериментальных данных, полученных при однофакторном и многофакторном экспериментах;
- определять параметры многочлена степени  $n > 2$ ;
- разрабатывать планы полных факторных экспериментов типов  $2^2$  и  $2^3$ .

**Теоретическая часть:** См. приложение 1,2

**Оборудование и материалы:**

- 1) Персональный компьютер.
- 2) Презентационный материал по теме.
- 3) Инженерный калькулятор CASIO.
- 4) Программное обеспечение: Mathcad, Matlab

**Указания по технике безопасности:** См. инструктаж по технике безопасности учебной лаборатории автомобильных двигателей.

**Содержание занятия:**

1. Составление систем нормальных уравнений.
2. Определение параметров уравнений прямой линии и гиперболы .
3. Построение графиков динамики явлений ( теоретические и эмпирические зависимости ).

**Решение типовых задач по выявлению трендов, характеризуемых прямой линией и гиперболой.**

**Задача 1.** Имеются следующие данные об аварийности на автомобильном транспорте в одной из областей РФ.

Годы	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Количество ДТП, тыс.	3,9	4,1	4,3	4,4	4,7	4,8	4,9

Изучить общую тенденцию роста аварийности: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по прямой и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз аварийности на 2007 и 2008 годы.

**Решение**

При выравнивании по прямой общая тенденция развития явления характеризуется уравнением прямой линии:

$$y_t = a_0 + a_1 t$$

где  $y_t$  – выравненные значения уровней динамического ряда;  $t$  – время (годы);  $a_0$  и  $a_1$  – параметры уравнения прямой линии.

Синтезирование модели типа прямой линии сводится к определению параметров  $a_0$  и  $a_1$ . Для этого используется способ наименьших квадратов, который дает следующую систему двух нормальных уравнений

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum yt \end{cases}$$

где  $n$  – число уровней ряда ( $n=7$ ),  $y$  – эмпирические значения уровней.

Так как в рядах динамики значения  $t$  являются показателями времени (дни, месяцы, годы), то всегда можно придать им такие значения, чтобы их сумма была равна нулю.

В нашем случае 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 и 2006 годы (нечетное число уровней в ряду) можно условно обозначить следующим образом: -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, тогда  $\sum t = 0$ . В результате система уравнений примет вид

$$\begin{cases} na_0 = \Sigma y \\ a_1 \Sigma t^2 = \Sigma yt \end{cases}$$

Решив данную систему уравнений имеем:

$$a_0 = \frac{\Sigma y}{n} \text{ и } a_1 = \frac{\Sigma yt}{\Sigma t^2}$$

Для определения значений  $\Sigma y$ ,  $\Sigma t^2$ ,  $\Sigma yt$  воспользуемся расчётной таблицей 1.

Таблица 1.  
Вычисление параметров уравнения прямой линии и теоретических уровней количества ДТП

Годы	Количество ДТП, тыс. (y)	Условное обозначение года (t).	$t^2$	$yt$	$y_t$
1	2	3	4	5	6
2000	3,9	-3	9	-11,7	3,926
2001	4,1	-2	4	-8,2	4,097
2002	4,3	-1	1	-4,3	4,269
2003	4,4	0	0	0	4,44
2004	4,7	1	1	4,7	4,611
2005	4,8	2	4	9,6	4,783
2006	4,9	3	9	14,7	4,954
Итого:	31,1	0	28	4,8	31,08

Подставив суммарное значение граф 2, 4 и 5 в вышеотмеченные формулы, находим

$$a_0 = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{31,1}{7} = 4,44$$

$$a_1 = \frac{\Sigma yt}{\Sigma t^2} = \frac{4,8}{28} = 0,1714$$

Следовательно, рабочая статистико-математическая модель будет выглядеть так

$$y_t = 4,44 + 0,171t$$

Подставив в полученную модель значения  $t$  от  $-3$  до  $+3$ , вычислим теоретические значения  $y_t$  и внесем их в таблицу 1 (графа 6).

Воспользовавшись данными, приведенными в графах 1, 2 и 6, построим график динамики изменения количества ДТП (рис. 1).

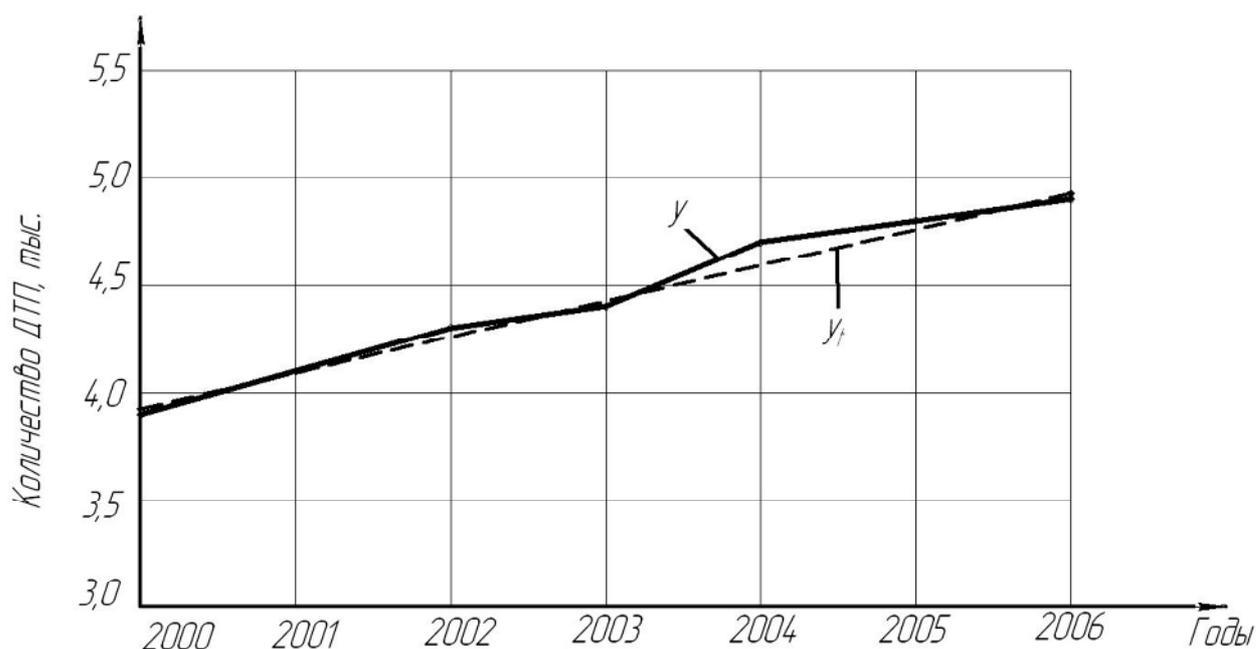


Рис. 1. Динамика изменения количества ДТП:  $y$  – фактический уровень;  $y_i$  – теоретический уровень

Подставив в статистико-математическую модель значения  $t$ , равные 4 (2007 год) и 5 (2008 год), прогноз аварийности на 2007 год будет – 5,126 тыс., а на 2008 год – 5,297 тыс. ДТП.

**Задача 2.** Имеются следующие данные о ценах подержанных автомобилей Фольксваген Гольф выпуска 2012 – 2004 годов

Годы выпуска	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004
Цена автомобиля, тыс. руб	1250	815	514	481	418	375	375	336	320

Провести аналитическое выравнивание динамического ряда по гиперболе и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью. Определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными. Сделать прогноз цены автомобиля выпуска 2003 года.

### Решение

Анализ исходных данных за 2012-2004 г.г. показывает, что цена автомобиля имеет явную тенденцию к уменьшению. Причем, легко просматривается и закономерность этого уменьшения в виде гиперболы.

Как известно, уравнение гиперболы имеет вид:

$$y_t = a_0 + a_1 \frac{1}{t}$$

где  $y_t$  – значения уровней выровненного ряда, которые нужно вычислить;  $a_0$  и  $a_1$  – параметры гиперболы;  $t$  – показатель времени (годы).

Способ наименьших квадратов дает систему двух нормальных уравнений для нахождения параметров  $a_0$  и  $a_1$  искомой линии гиперболы.

Эта система нормальных уравнений следующая:

$$\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum \frac{1}{t} = \sum y \\ a_0 \sum \frac{1}{t} + a_1 \sum \frac{1}{t^2} = \sum \frac{y}{t} \end{cases}$$

где  $y$  – уровни фактического ряда динамики;  $n$  – число членов ряда ( $n = 7$ ).

Для вычисления параметров  $a_0$  и  $a_1$  составим расчетную таблицу 1.

Таблица 1

Вычисление параметров уравнения гиперболы и теоретических уровней цены автомобилей Фольксваген Гольф

Годы выпуска	Фактические уровни $y$	Годы в условных единицах $t$	$\frac{1}{t}$	$\frac{1}{t^2}$	$\frac{y}{t}$	$y_t$
1	2	3	4	5	6	7
2012	1250	1	1	1	1250	1271
2011	815	2	0,5	0,25	407,5	739,9
2010	514	3	0,3333	0,1111	171,333	562,9
2009	481	4	0,25	0,0625	120,25	474,4
2008	418	5	0,2	0,04	83,6	421,3
2007	375	6	0,1667	0,0278	62,5	385,9
2006	375	7	0,1429	0,0204	53,57	360,6
2005	336	8	0,125	0,0156	42,0	341,6
2004	320	9	0,1111	0,0123	35,56	326,9
Итого	4884		2,829	1,5397	2226,3	

Подставляем итоговые значения граф 2,4,5 и 6 в систему двух нормальных уравнений, имеем

$$\begin{cases} 9a_0 + 2,829a_1 = 4884 \\ 2,829a_0 + 1,5397a_1 = 2226,3 \end{cases}$$

Решив данную систему уравнений, находим, что  $a_0 = 208,84$  и  $a_1 = 1062,13$ . Тогда уравнение искомой гиперболы будет иметь следующий вид:

$$y_t = 208,84 + \frac{1062,13}{t}$$

Подставив значения  $t$  в данное уравнение, получим теоретические уровни относительного показателя учетных ДТП, приведённые в графе 7 таблицы 1. Динамика изменения цены на подержанные автомобили Фольксваген Гольф графически представлена на рисунке 1.

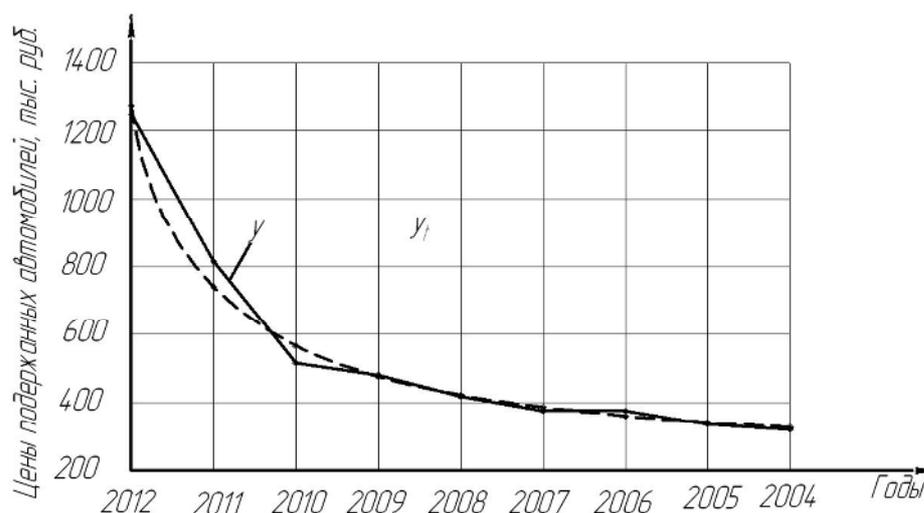


Рис. 1. Динамика изменения цены на подержанные автомобили Фольксваген Гольф:  $y$  - фактический уровень;  $y_t$  - теоретический уровень

Подставив в полученное уравнение значение  $t = 10$  (2003 год), делаем прогноз: цена на автомобиль выпуска 2003 года составит 315,1 тыс. руб..

**Задачи для самостоятельного решения**

**Задача 3.1.** Имеются следующие данные о количестве легковых автомобилей в регионе КМВ в 1999-2005гг.

Годы	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Количество автомобилей	8400	10150	11800	13100	14900	16850	19900

Изучить общую тенденцию роста количества легковых автомобилей: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по прямой и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз количества легковых автомобилей на 2006 год.

**Задача 3.2.** Перевозка пассажиров автобусными предприятиями города характеризуется следующими данными.

Год	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Перевезено пассажиров, млн. чел	14,2	14,8	15,3	15,9	16,4	17,0	17,6	18,3

Изучить общую тенденцию роста перевозки пассажиров: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по прямой и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз объема перевозок пассажиров на 2011 год.

**Задача 3.3.** Динамика доли продаж дизельных автомобилей в России характеризуется следующими данными

Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Доля продаж, %	4,15	5,72	7,05	6,93	8,08	9,11

Изучить общую тенденцию роста доли продаж дизельных автомобилей в России: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по прямой и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести

их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз доли продаж дизельных автомобилей в России на 2013 год.

**Задача 3.4.** Динамика парка автомобилей-иномарок в России характеризуется следующими данными

Годы	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Кол-во автомобилей-иномарок, млн. шт.	8,9	11,5	12,9	14,2	16,2	18,2

Изучить общую тенденцию роста парка иномарок в России: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по прямой и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз парка иномарок в России на 2014 год.

**Задача 3.5.** Динамика доли автомобилей-иномарок в автомобильном парке России характеризуется следующими данными

Годы	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Доля автомобилей-иномарок, %	32	37	41	43	46	50

Изучить общую тенденцию динамики доли автомобилей-иномарок в автомобильном парке России: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по прямой и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз доли автомобилей-иномарок в России на 2014 год.

**Задача 3.14.** Динамика количества отказов электрооборудования в расчете на 1000 автомобилей системы «Автоваз» характеризуется следующими данными

Год	2008	2009	2010	2011	2012
Количество отказов электрооборудования на 1000 автомобилей ВАЗ	257	275	258	286	318

Изучить общую тенденцию изменения количества отказов

электрооборудования автомобилей системы «Автоваз»: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по прямой и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз количества отказов на 2013 год.

**Задача 3.17.** Динамика числа погибших пешеходов в расчете на 100 ДТП в РФ характеризуется следующими данными

Год	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Число погибших пешеходов	17	16,31	16,4	16,0	14,4	13,7

Изучить общую тенденцию изменения числа погибших в ДТП пешеходов; 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по прямой и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз числа погибших в ДТП пешеходов на 2007 год.

**Задача 3.10.** Динамика производства легковых автомобилей в России характеризуется следующими данными

Год	1995	1998	2001	2004	2007	2010
Количество легковых автомобилей, тыс. шт.	112,1	47,8	27,3	19,1	18,8	18,7

Изучить общую тенденцию производства легковых автомобилей в России: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по гиперболе и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз производства легковых автомобилей в России на 2011 год.

**Задача 3.11.** Имеются следующие данные об относительном показателе количества ДТП по вине водителей (в ‰) на территории г. Пятигорска за 2003-2009гг.

Годы	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Количество ДТП по вине водителей (в ‰)	6,63	4,33	4,76	3,2	3,59	3,26	2,66

Произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по гиперболе и выразить тенденцию развития явления статистико-математической моделью. Определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными. Сделать прогноз количества ДТП по вине водителей на 2010 год.

**Задача 3.16.** Динамика числа детей пешеходов, участвующих в ДТП, в РФ характеризуется следующими данными

Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Число детей пешеходов	702	608	537	451	390	363	332	307

Изучить общую тенденцию изменения числа детей пешеходов, участвующих в ДТП: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по гиперболе и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз числа детей пешеходов, участвующих в ДТП, на 2012 год.

## Практическое занятие № 5

**Тема.** Решение задач по выявлению тренда, характеризуемого параболой второго порядка.

**Цель занятия** – Изучить методику построения тренда, характеризуемого параболой второго порядка

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы:**

**Знает:**

- методы проведения теоретических и экспериментальных исследований; методы поиска и обработки научной информации; основные виды научных работ студентов;
- теоретические основы обработки и анализа результатов экспериментальных исследований;
- теоретические основы планирования эксперимента.

**Умеет:**

- сводить и группировать результаты статистического наблюдения; строить статистические графики; вычислять средние величины и показатели вариации;
- выявлять тенденции развития явлений и процессов во времени;
- проводить обработку и анализ экспериментальных данных, полученных при однофакторном и многофакторном экспериментах;
- определять параметры многочлена степени  $n > 2$ ;
- разрабатывать планы полных факторных экспериментов типов  $2^2$  и  $2^3$ .

**Теоретическая часть:** См. приложение 1,2

**Оборудование и материалы:**

- 1) Персональный компьютер.
- 2) Презентационный материал по теме.
- 3) Инженерный калькулятор CASIO.
- 4) Программное обеспечение: Mathcad, Matlab

**Указания по технике безопасности:** См. инструктаж по технике безопасности учебной лаборатории автомобильных двигателей.

**Содержание занятия:**

1. Составление системы нормальных уравнений.
2. Определение параметров уравнения параболы второго порядка
3. Построение графика динамики явления ( теоретическая и эмпирическая зависимости ).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 к практическому занятию № 5

**Решение типовой задачи по выявлению тренда, характеризуемого параболой второго порядка.**

**Задача 4.** Имеются следующие данные о количестве проданных грузовых автомобилей КамАЗ за 2007 – 2011 годы

Годы	2007	2008	2009	2010	2011
Кол-во автомобилей, тыс. шт.	51,7	47,4	25,9	33,2	45,2

Провести аналитическое выравнивание динамического ряда по параболе второго порядка и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью. Определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными. Сделать прогноз количества проданных грузовых автомобилей КамАЗ на 2012г.

**Решение**

Анализ исходных данных за 2007-2011г.г. показывает, что количество проданных автомобилей КамАЗ вначале уменьшается, а затем увеличивается, т.е. легко просматривается закономерность изменения количества продаж в виде параболы второго порядка. Следовательно, если мы выявим уравнение параболы путем аналитического выравнивания фактического ряда, то сможем дать прогноз количества продаж на 2012 год.

Как известно, уравнение параболы второго порядка имеет вид:

$$y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$$

Способ наименьших квадратов дает следующую систему трех нормальных уравнений

$$\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum t + a_2 \sum t^2 = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 + a_2 \sum t^3 = \sum yt \\ a_0 \sum t^2 + a_1 \sum t^3 + a_2 \sum t^4 = \sum yt^2 \end{cases}$$

Если годы 2007, 2008, 2009, 2010 и 2011 условно обозначить следующим образом: -2, -1, 0, 1, 2, , тогда  $\sum t = 0$  и  $\sum t^3 = 0$ .

В результате эта система уравнений принимает вид

$$\begin{cases} a_0 n + a_2 \sum t^2 = \sum y \\ a_1 \sum t^2 = \sum yt \\ a_0 \sum t^2 + a_2 \sum t^4 = \sum yt^2 \end{cases}$$

Решив данную систему уравнений, получаем

$$a_0 = \frac{\sum t^4 \sum y - \sum t^2 \sum yt^2}{n \sum t^4 - \sum t^2 \sum t^2}$$

$$a_1 = \frac{\sum yt}{\sum t^2}$$

$$a_2 = \frac{n \sum yt^2 - \sum y \sum t^2}{n \sum t^4 - \sum t^2 \sum t^2}$$

Для определения значений  $\sum y$ ,  $\sum t^2$ ,  $\sum t^4$ ,  $\sum yt$  и  $\sum yt^2$  воспользуемся расчётной таблицей 1.

Таблица 1.

Вычисление параметров уравнения параболы второго порядка и теоретических уровней количества проданных автомобилей КамАЗ

Годы	Фактические уровни, тыс. шт. (y)	Годы в условных единицах (t)	t <sup>2</sup>	t <sup>4</sup>	yt	yt <sup>2</sup>	y <sub>t</sub>
2007	51,7	- 2	4	16	-103,4	206,8	51,65
2008	37,4	-1	1	1	-37,4	37,4	37,25
2009	29,9	0	0	0	0	0	30,77
2010	33,2	1	1	1	33,2	33,2	32,21
2011	41,2	2	4	16	82,4	164,8	41,57
Итого:	193,4	0	10	34	-25,2	442,2	

С использованием данных таблицы 1 находим, что  $a_0 = 30,77$ ,  $a_1 = -2,52$  и  $a_2 = 3,96$ . Тогда уравнение искомой параболы второго порядка будет иметь следующий вид:

$$y_t = 30,77 - 2,52t + 3,96t^2$$

Подставив значения  $t$  в данное уравнение, получим теоретические уровни количества проданных автомобилей КамАЗ, приведённые в последней графе таблицы 1. Динамика изменения теоретических и эмпирических

(фактических) уровней количества проданных автомобилей КамАЗ графически представлена на рисунке 1.

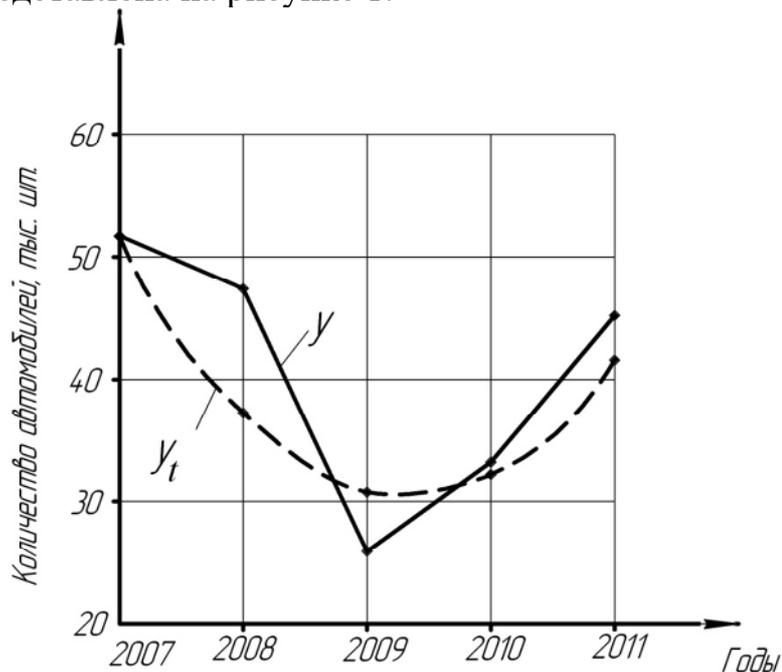


Рис. 1. Динамика изменения количества проданных автомобилей КамАЗ:  $y$  – фактический уровень;  $y_t$  – теоретический уровень.

Подставив в полученное уравнение значение  $t = 3$  (2012г.), делаем следующий прогноз количества проданных автомобилей КамАЗ: в 2012 году должно быть продано 58,9 тыс. автомобилей.

**Задачи для самостоятельного решения**

**Задача 3.6.** Динамика численности пострадавших в ДТП пассажиров автобусов в России характеризуется следующими данными

Годы	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Число пострадавших, чел.	7381	8674	8721	8074	9093	9346	9008

Изучить общую тенденцию динамики численности пострадавших в ДТП пассажиров автобусов: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по параболе второго порядка и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз численности пострадавших пассажиров автобусов на 2012 год.

**Задача 3.7.** Динамика численности раненых в ДТП пассажиров автобусов в расчете на 1 млн. перевезенных пассажиров в России характеризуется следующими данными

Годы	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Число раненых, чел./млн. пассажиров	0,27	0,34	0,36	0,41	0,42	0,44	0,43

Изучить общую тенденцию динамики численности раненых в ДТП пассажиров автобусов: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по параболе второго порядка и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз численности раненых пассажиров автобусов на 2012 год.

**Задача 3.8.** Динамика продаж легковых автомобилей в России характеризуется следующими данными

Годы	2009	2010	2011	2012	2013
Количество	1,4	1,8	2,5	2,8	2,6

проданных автомобилей, млн. шт.					
------------------------------------	--	--	--	--	--

Изучить общую тенденцию динамики продаж легковых автомобилей в России: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по параболе второго порядка и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз продаж легковых автомобилей в России на 2014 год.

**Задача 3.9.** Динамика продаж легковых автомобилей-иномарок в России характеризуется следующими данными

Годы	2009	2010	2011	2012	2013
Количество проданных автомобилей, млн. шт.	1,0	1,2	1,9	2,2	2,1

Изучить общую тенденцию динамики продаж легковых автомобилей-иномарок в России: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по параболе второго порядка и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз продаж легковых автомобилей-иномарок в России на 2014 год.

**Задача 3.12.** Динамика доли продаж легковых автомобилей с кузовом «Седан» в России характеризуется следующими данными

Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Доля продаж, %	46,6	42,9	39,7	36,8	32,9	35,6

Изучить общую тенденцию изменения доли продаж легковых автомобилей с кузовом «Седан» в России: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по параболе второго порядка и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз доли продаж легковых автомобилей с кузовом «Седан» в России на 2013 год.

**Задача 3.13.** Динамика доли экспорта отечественных легковых автомобилей характеризуется следующими данными

Год	1999	2001	2003	2005	2007	2009
Доля экспорта, %	7,0	10,0	12,0	12,0	10,0	7,0

Изучить общую тенденцию изменения доли экспорта отечественных легковых автомобилей: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по параболе второго порядка и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз доли экспорта отечественных легковых автомобилей на 2010 год.

**Задача 3.15.** Динамика количества отказов двигателей в расчете на 1000 автомобилей системы «Автоваз» характеризуется следующими данными

Год	2008	2009	2010	2011	2012
Количество отказов двигателей на 1000 автомобилей ВАЗ	201	169	152	194	233

Изучить общую тенденцию изменения количества отказов двигателей автомобилей системы «Автоваз»: 1) произвести аналитическое выравнивание динамического ряда по параболе второго порядка и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью; 2) определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными; 3) сделать прогноз количества отказов на 2013 год.

## Практическое занятие № 6

**Тема.** Решение задач по выявлению тренда, характеризуемого экспонентой.

**Цель занятия** – Изучить методику построения тренда, характеризуемого экспонентой.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы:**

**Знает:**

- методы проведения теоретических и экспериментальных исследований; методы поиска и обработки научной информации; основные виды научных работ студентов;
- теоретические основы обработки и анализа результатов экспериментальных исследований;
- теоретические основы планирования эксперимента.

**Умеет:**

- сводить и группировать результаты статистического наблюдения; строить статистические графики; вычислять средние величины и показатели вариации;
- выявлять тенденции развития явлений и процессов во времени;
- проводить обработку и анализ экспериментальных данных, полученных при однофакторном и многофакторном экспериментах;
- определять параметры многочлена степени  $n > 2$ ;
- разрабатывать планы полных факторных экспериментов типов  $2^2$  и  $2^3$ .

**Теоретическая часть:** См. приложение 1,2

**Оборудование и материалы:**

- 1) Персональный компьютер.
- 2) Презентационный материал по теме.
- 3) Инженерный калькулятор CASIO.
- 4) Программное обеспечение: Mathcad, Matlab

**Указания по технике безопасности:** См. инструктаж по технике безопасности учебной лаборатории автомобильных двигателей.

**Содержание занятия:**

1. Составление системы нормальных уравнений.
2. Определение параметров уравнения экспоненты.
3. Построение графика динамики явления ( теоретическая и эмпирическая зависимости ).

**Решение типовой задачи по выявлению тренда, характеризуемого экспонентой**

**Задача 2.** Имеются следующие данные об относительном показателе количества учетных ДТП в ‰ на территории г. Пятигорска за 2003-2009 г.г.

Годы	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Количество учетных ДТП, ‰	11,86	7,87	7,55	5,39	5,05	4,33	3,34

Провести аналитическое выравнивание динамического ряда по экспоненте и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью. Определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными. Сделать прогноз количества учетных ДТП на 2010г.

**Решение**

Относительный показатель количества учетных ДТП в промилях (‰) определяется из расчета на 1000 автомобилей по формуле

$$k_{\text{учетн}} = \frac{K}{N} 1000 \text{ ‰},$$

где  $k_{\text{учетн}}$  – количество ДТП в расчете на 1000 автомобилей;  $K$  – количество ДТП в абсолютных единицах;  $N$  – количество автомобилей в данном регионе.

Анализ исходных данных за 2003-2009г.г. показывает, что количество учетных ДТП имеет явную тенденцию к уменьшению. Причем, легко просматривается и закономерность этого уменьшения в виде экспоненты. Следовательно, если мы выявим уравнение экспоненты для показателей аварийности путем аналитического выравнивания фактического ряда, то сможем дать прогноз их численных значений на 2010 год.

Как известно, уравнение экспоненты имеет вид:

$$y_t = a_0 e^{a_1 t},$$

где  $y_t$  – значения уровней выровненного ряда, которые нужно вычислить;  $a_0$  и  $a_1$  – параметры экспоненты;  $t$  – показатель времени (годы).

Способ наименьших квадратов дает систему двух нормальных уравнений для нахождения параметров  $a_0$  и  $a_1$  искомой линии экспоненты.

Эта система нормальных уравнений следующая:

$$\begin{cases} n \ln a_0 + a_1 \sum t = \sum \ln y \\ \ln a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum t \ln y \end{cases},$$

где  $y$  – уровни фактического ряда динамики;  $n$  – число членов ряда ( $n = 7$ ).  
Для вычисления параметров  $a_0$  и  $a_1$  составим расчетную таблицу 1.

Таблица 1

Вычисление параметров уравнения экспоненты и теоретических уровней количества учетных ДТП

Годы	Фактические уровни $y$	Годы в условных единицах $t$	$t^2$	$\ln y$	$t \ln y$	$y_t$
1	2	3	4	5	6	7
2003	11,86	-3	9	2,473	-7,419	10,69
2004	7,87	-2	4	2,063	-4,126	8,82
2005	7,55	-1	1	2,022	-2,022	7,27
2006	5,39	0	0	1,685	0	6,0
2007	5,05	1	1	1,619	1,619	4,94
2008	4,33	2	4	1,466	2,932	4,08
2009	3,34	3	9	1,206	3,618	3,36
Итого	45,39	0	28	12,534	-5,398	

Подставляем итоговые значения граф 3,4,5 и 6 в систему двух нормальных уравнений, имеем

$$\begin{cases} 7 \ln a_0 = 12,534 \\ 28 a_1 = -5,398 \end{cases}$$

Решив данную систему уравнений, находим, что  $a_0 = 5,995$  и  $a_1 = -0,1928$ . Тогда уравнение искомой экспоненты будет иметь следующий вид:

$$y_t = 5,995 e^{-0,1928t}$$

Подставив значения  $t$  в данное уравнение, получим теоретические уровни относительного показателя учетных ДТП, приведённые в графе 7 таблицы 1. Динамика изменения относительного показателя учетных ДТП графически представлена на рис. 1.

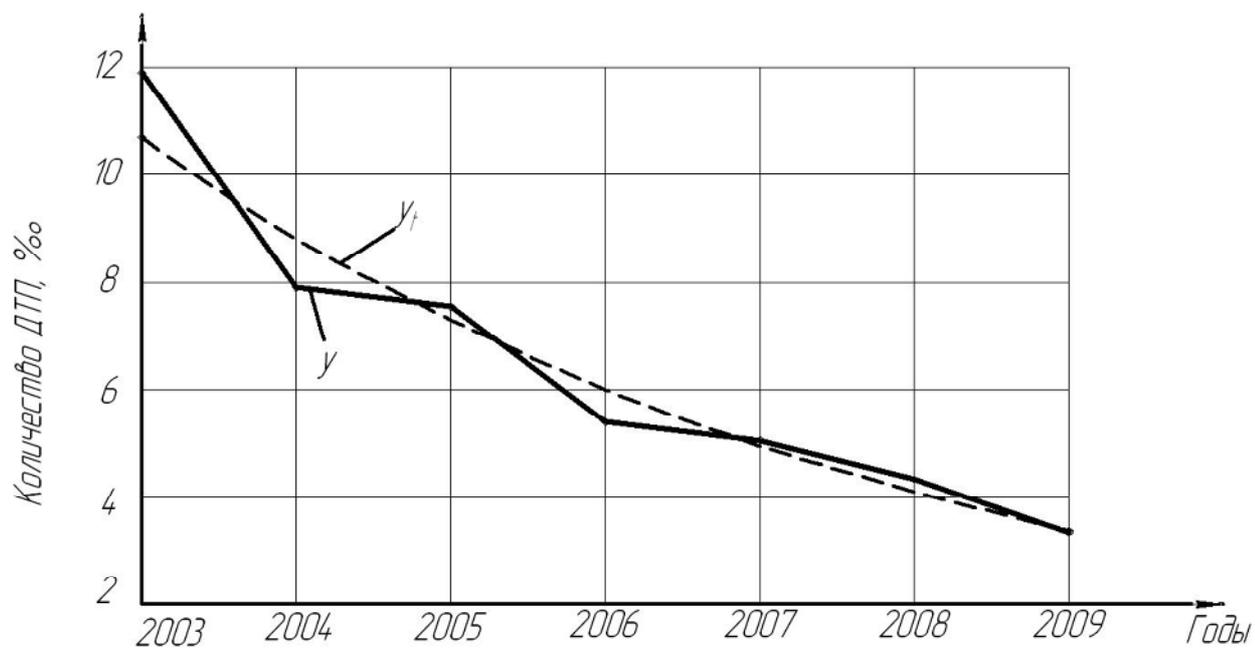


Рис. 1. Динамика изменения относительного показателя учетных ДТП:  $y$  - фактический уровень;  $y_t$  - теоретический уровень

Подставив в полученное уравнение значение  $t = 4$  ( 2010 год ), делаем прогноз: в 2010 году относительный показатель учетных ДТП составит 2,77‰.

**Задачи для самостоятельного решения**

**Задача 3.18.** Имеются следующие данные о ценах подержанных автомобилей ВАЗ – 2121 выпуска 2012 – 2004 годов

Годы выпуска	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004
Цена автомобиля, тыс. руб	278	250	245	210	210	195	190	173	160

Провести аналитическое выравнивание динамического ряда по экспоненте и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью. Определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными. Сделать прогноз цены автомобиля выпуска 2003 года.

**Задача 3.19.** Имеются следующие данные о ценах подержанных автомобилей ВАЗ – 2111 выпуска 2007 – 1999 годов

Годы выпуска	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999
Цена автомобиля, тыс. руб	265	230	200	165	145	125	107	102	92

Провести аналитическое выравнивание динамического ряда по экспоненте и выразить общую тенденцию развития явления статистико-математической моделью. Определить теоретические уровни ряда и нанести их на график с исходными (эмпирическими) данными. Сделать прогноз цены автомобиля выпуска 1998 года.