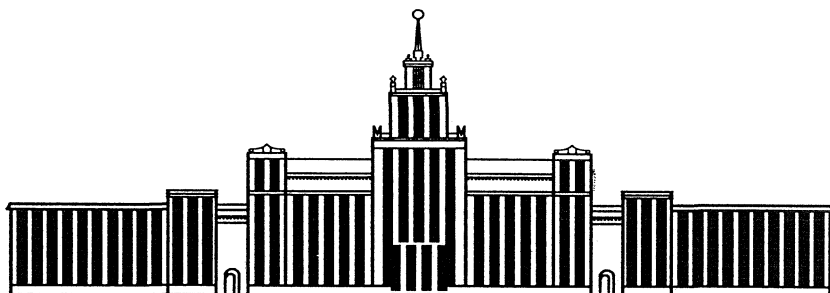

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ч48.я7
Б869

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методические указания и задания
для практических занятий

Челябинск
2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Автомобильный транспорт и сервис автомобилей»

Ч48.я7
Б869

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методические указания и задания для практических занятий

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2012

ББК Ч481.268.я7 + Чч215.1.я7
Б869

Одобрено
учебно-методической комиссией автотракторного факультета.

Рецензент
докт. техн. наук., проф. Кондаков С.В.

Основы научных исследований: методические указания и задания для практических занятий / составители: А.К. Бояршинова, Е.А. Задорожная. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 45 с.

Методические указания являются руководством при изучении дисциплины «**Основы научных исследований**». Содержат рабочую программу дисциплины, варианты исходных данных для практических занятий, темы для самостоятельного изучения, вопросы для самоконтроля и список необходимой литературы.

Методические указания предназначены для подготовки бакалавров направления 190600 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (профиль – «Автомобильный транспорт»).

Представленная работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009 – 2013 год»

ББК Ч481.268.я7 + Ч215.1.я7

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Дисциплина «Основы научных исследований» (ОНИ) принадлежит к циклу математических и естественно – научных дисциплин (ДВ.2.03.01). Программа дисциплины разработана для подготовки бакалавров направления 190600 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (профиль – «Автомобильный транспорт»). Дисциплину «Основы научных исследований» изучают студенты дневной формы обучения в шестом семестре.

По учебному плану на изучение дисциплины отводится: 36 аудиторных часов, в том числе 18 часов лекционных и 18 часов практических занятий. Кроме того, запланировано 36 часов для самостоятельных занятий по изучению дополнительных тем для более глубокого изучения курса, подготовки к практическим занятиям и контроля самостоятельной работы.

Изучение курса завершается сдачей зачета.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСА

Дисциплина ОНИ изучается в процессе слушания и усвоения лекционного материала, работы на практических занятиях, самостоятельной работы, в том числе по предложенным далее темам. В процессе самостоятельной работы студенты должны ответить на сформулированные к каждой теме вопросы для самоконтроля.

Практические занятия проводятся на ПК в вычислительном центре кафедры «АТиСА». Решение задач рекомендуется проводить в системе электронных таблиц Excel.

При самостоятельной подготовке к практическим занятиям рекомендуется составлять подробный алгоритм решения задач.

3. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

В таблице 1 приведены темы для лекционных занятий и количество часов для их изучения. К каждой теме даны литературные источники для самостоятельной подготовки и методические указания.

Таблица 1

Темы лекционных занятий

№	Название темы	Кол-во часов
1	Введение. Основные понятия и определения курса ОНИ	4
2	Введение в планирование эксперимента	2
3	Планирование эксперимента. Метод полного факторного эксперимента (ПФЭ).	2
4	Планирование эксперимента. Метод ортогонального композиционного планирования (ОЦКП).	2
5	Основы теории ошибок измерений	4
6	Обработка результатов эксперимента	2
7	Экспертные оценки и прогнозирование в инженерных исследованиях	2
	Всего	18

Тема 1. Введение. Основные понятия и определения курса ОНИ

Содержание. Предмет, задачи и структура курса. Основные этапы, цели и подходы научного исследования. Роль эксперимента в научном исследовании. Сущность активного и пассивного эксперимента.

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5, 6].

Методические указания. Понятие о науке. Знать характерные черты современной науки. Знать определение и классификацию научных исследований. Выбор темы научного исследования. Иметь представление об основных этапах науч-

ного исследования. Уметь сформулировать основные цели и подходы научного исследования.

Тема 2. Введение в планирование эксперимента

Содержание. Основные понятия и определения. Проверка воспроизводимости эксперимента. Классические планы экспериментов. Рандомизация эксперимента. Способы отсеивания несущественных факторов.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3, 9].

Методические указания. Знать определения планирования эксперимента, факторов, уровней факторов, объекта исследования. Обратить внимание на вид модели исследования, классифицировать требования к факторам при планировании эксперимента. Знать последовательность проверки воспроизводимости эксперимента. Проанализировать методику построения планов эксперимента. Проанализировать методику построения планов эксперимента при изменении одного фактора (классический план). Уяснить для чего применяется рандомизация эксперимента. Знать способы и методику выбора главных и отсеивания несущественных факторов.

Тема 3. Планирование эксперимента. Метод полного факторного эксперимента (ПФЭ)

Содержание. Многофакторные регрессионные модели линейного и нелинейного видов. Полный факторный эксперимент (ПФЭ). Оценки значимости коэффициентов и адекватности регрессионной модели.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3, 9].

Методические указания. Иметь представление о сути математического моделирования и видах математической моделей. Уметь записать в общем виде многофакторное уравнение регрессии линейного и нелинейного видов. Уяснить возможности применения метода ПФЭ для построения многофакторных линейных моделей. Знать принципы построения матриц планирования ПФЭ. Проанализиро-

вать свойства матрицы ПФЭ и формулы для вычисления коэффициентов регрессионной модели. Знать последовательность проверки значимости коэффициентов регрессии и адекватности уравнения регрессии.

Тема 4. Планирование эксперимента. Метод ортогонального композиционного планирования (ОЦКП)

Содержание. Центральные композиционные планы. Ортогональное планирование. Каноническая форма уравнения регрессии.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3, 9].

Методические указания. Уметь объяснить, чем вызвано применение планов 2-го порядка. Знать форму центрального композиционного планирования. Знать определения ортогональности. Проанализировать последовательность вычисления коэффициентов регрессии в ортогональных планах. Уметь объяснить, как проверяют воспроизводимость опытов и значимость коэффициентов регрессии.

Тема 5. Основы теории ошибок измерений

Содержание. Измерение физических величин. Источники ошибок. Систематические, случайные, грубые погрешности. Группы систематических погрешностей и методы их компенсации. Вероятностные оценки погрешностей. Классификация случайных погрешностей и законы их распределения. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Выявление промахов. Суммарная погрешность. Классификация погрешностей.

Рекомендуемая литература: [1, 2].

Методические указания. Обратит внимание на выбор точности измерений при решении конкретной задачи. Знать классификацию погрешностей. Привести примеры источников каждого вида погрешностей. Иметь представление о методах компенсации систематических погрешностей. Знать нормальный закон распределения случайных погрешностей. Уметь вычислять среднюю квадратичную ошибку и дисперсию измерений. Особое внимание обратить на определение до-

верительного интервала и доверительной вероятности. Уяснить процедуру определения доверительного интервала при заданной доверительной вероятности. Знать следствия из закона сложения случайных погрешностей. Уметь выявлять промахи и находить суммарную погрешность измерений. Проанализировать влияние погрешностей первого и второго рода на достоверность контроля технического состояния техники.

Тема 6. Обработка результатов эксперимента

Содержание. Методы представления результатов эксперимента. Подбор эмпирических формул. Сглаживание стохастических зависимостей. Корреляционный и регрессионный анализы.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3, 6, 7].

Методические указания. Проанализировать достоинства и недостатки графического, табличного, аналитического методов представления результатов. Использовать интерполяцию и экстраполяцию при обработке данных. Знать определение и этапы подбора эмпирических формул. Иметь представление об основных задачах корреляционного и регрессионного анализов. Понять последовательность выполнения сглаживания стохастических экспериментальных зависимостей по методу наименьших квадратов для случаев однофакторной линейной и нелинейной регрессий. Уяснить понятия парной и множественной корреляций, а также коэффициентов корреляции.

Тема 7. Экспертные оценки и прогнозирование в инженерных исследованиях

Содержание. Методы экспертных оценок для принятия решений. Методы упорядочения альтернатив. Использование экспертных оценок в методах прогнозирования и планирования. Применение экспертных методов при сравнительной оценке потребительских свойств автотранспортных средств.

Рекомендуемая литература: [8, 9].

Методические указания. Знать основные принципы подбора группы экспертов, составления анкет, проведения опроса экспертов, обработки и анализа полученной информации. Уяснить сущность методов упорядочения альтернатив и рассмотреть наиболее распространенные: ранжирования, непосредственных оценок, последовательных сравнений, парных сравнений. Уметь определять степень согласованности мнений экспертов, знать способы расчета групповой обобщенной оценки. Иметь представление о прогнозировании на основе экспертных оценок по методике, являющейся обобщением метода Дельфы и сетевых методов. Знать методику расчета обобщенного показателя потребительских свойств при сравнительной оценке автотранспортных средств.

4. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Ниже представлены варианты задач для практических аудиторных занятий, выполняемых в компьютерном классе кафедры «АТиСА».

Результаты выполнения задач оформляются в виде отчета по практическим занятиям и являются допуском к зачету по курсу ОНИ.

Задача №1

Даны результаты полного факторного эксперимента (ПФЭ).

1. Проверить воспроизводимость эксперимента.
2. Найти коэффициенты уравнения регрессии, записанного в виде:

$$y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_{12}x_1x_2 \text{ (для ПФЭ } 2^2\text{)}.$$

или

$$y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3 \text{ (для ПФЭ } 2^3\text{)}.$$

3. Проверить значимость коэффициентов регрессии.
4. Проверить адекватность уравнения регрессии.

Табличные значения критерия Кохрана, коэффициента Стьюдента и коэффициента Фишера приведены в приложениях 1, 2, 3.

Вариант 1

№ опыта	Факторы			Результаты параллельных опытов			
	x ₁	x ₂	x ₃	У _{j1}	У _{j2}	У _{j3}	У _{j4}
1	-1	-1	-1	22	25	27	24
2	+1	-1	-1	28	29	31	27
3	-1	+1	-1	42	44	45	43
4	+1	+1	-1	51	52	50	54
5	-1	-1	+1	38	39	40	37
6	+1	-1	+1	48	49	50	44
7	-1	+1	+1	55	57	58	59
8	+1	+1	+1	62	64	66	67

Вариант 2

№ опыта	Факторы			Результаты параллельных опытов		
	x ₁	x ₂	x ₃	У _{j1}	У _{j2}	У _{j3}
1	-1	-1	-1	90	130	140
2	+1	-1	-1	280	300	320
3	-1	+1	-1	245	265	305
4	+1	+1	-1	490	495	515
5	-1	-1	+1	250	150	200
6	+1	-1	+1	425	400	435
7	-1	+1	+1	300	325	423
8	+1	+1	+1	600	640	620

Вариант 3

№ опыта	Факторы		Результаты параллельных опытов		
	x_1	x_2	y_{j1}	y_{j2}	y_{j3}
1	-1	-1	1300	1330	1330
2	+1	-1	1200	1340	1240
3	-1	+1	1410	1430	1450
4	+1	+1	1790	1820	1940

Вариант 4

№ опыта	Факторы			Результаты параллельных опытов		
	x_1	x_2	x_3	y_{j1}	y_{j2}	y_{j3}
1	-1	-1	-1	35,0	36,0	35,5
2	+1	-1	-1	39,3	40,1	38,7
3	-1	+1	-1	30,8	31,4	31,6
4	+1	+1	-1	36,5	35,5	36,2
5	-1	-1	+1	38,7	40,8	40,6
6	+1	-1	+1	46,4	47,8	49,0
7	-1	+1	+1	5,4	50,9	51,0
8	+1	+1	+1	56,6	54,7	55,3

Вариант 5

№ опыта	Факторы		Результаты параллельных опытов		
	x_1	x_2	y_{j1}	y_{j2}	y_{j3}
1	-1	-1	303	327	310
2	+1	-1	437	402	415
3	-1	+1	501	467	480
4	+1	+1	634	647	673

Вариант 6

№ опыта	Факторы			Результаты параллельных опытов			
	x_1	x_2	x_3	y_{j1}	y_{j2}	y_{j3}	y_{j4}
1	-1	-1	-1	15,90	15,85	16,20	16,05
2	+1	-1	-1	21,80	22,10	22,15	22,30
3	-1	+1	-1	25,85	25,90	26,00	25,90
4	+1	+1	-1	32,00	32,10	32,10	32,20
5	-1	-1	+1	12,05	12,10	12,00	12,05
6	+1	-1	+1	18,10	18,10	17,80	17,70
7	-1	+1	+1	22,00	22,05	21,75	21,80
8	+1	+1	+1	27,75	28,00	28,10	28,20

Вариант 7

№ опыта	Факторы		Результаты параллельных опытов		
	x_1	x_2	y_{j1}	y_{j2}	y_{j3}
1	-1	-1	61	64	67
2	+1	-1	87	90	93
3	-1	+1	66	69	68
4	+1	+1	125	130	121

Вариант 8

№ опыта	Факторы			Результаты параллельных опытов		
	x_1	x_2	x_3	y_{j1}	y_{j2}	y_{j3}
1	-1	-1	-1	25	21	20
2	+1	-1	-1	27	30	27
3	-1	+1	-1	33	34	35
4	+1	+1	-1	37	41	41
5	-1	-1	+1	24	27	23
6	+1	-1	+1	30	34	29
7	-1	+1	+1	36	38	37
8	+1	+1	+1	40	45	44

Вариант 9

№ опыта	Факторы		Результаты параллельных опытов		
	x_1	x_2	Y_{j1}	Y_{j2}	Y_{j3}
1	-1	-1	3	4	4
2	+1	-1	7	10	13
3	-1	+1	19	25	31
4	+1	+1	33	36	39

Вариант 10

№ опыта	Факторы			Результаты параллельных опытов		
	x_1	x_2	x_3	Y_{j1}	Y_{j2}	Y_{j3}
1	-1	-1	-1	2	1	3
2	+1	-1	-1	6	4	4
3	-1	+1	-1	4	3	5
4	+1	+1	-1	8	9	7
5	-1	-1	+1	10	8	12
6	+1	-1	+1	18	19	17
7	-1	+1	+1	8	7	9
8	+1	+1	+1	12	13	11

Задача №2

Получить алгебраические зависимости одного из параметров подшипников (функций отклика) коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания от двух факторов: средней температуры T_{cp} и величины диаметрального зазора S .

Для нахождения уравнений регрессии, связывающих выходные и входные параметры, использовать ортогональный центральный композиционный план 2-ого порядка.

Выходные параметры определялись на основе результатов численного расчета траектории движения центра шеек коленчатого вала относительно подшипников. К ним относятся:

1. Наименьшая за период нагружения толщина слоя смазки $\inf h_{\min}$.
2. Средняя за период нагружения величина минимальной толщины слоя смазки h_{cp} .
3. Наибольшее за период нагружения гидродинамическое давление $\sup p_{\max}$.
4. Средняя за период нагружения величина максимального гидродинамического давления p_{cp} .
5. Средние за период нагружения потери мощности на трение N_{cp} .
6. Коэффициент перегрузки K_{Π} , показывающий во сколько раз наибольшее гидродинамическое давление $\sup p_{\max}$ больше максимальной удельной нагрузки f_{\max} .

Значения верхнего и нижнего уровней факторов T_{cp} и S приведены в таблице 2. Значения диаметрального зазора в этой таблице даны для шатуна и 1-го коренного подшипника. Экспериментальные значения выходных параметров по вариантам приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 2

Значения факторов

Уровни варьирования	Факторы		
	T_{cp} , °C	S , мкм	
		Шатунный подшипник	1-й коренной под- шипник
Верхний уровень	90	24	37
Нижний уровень	60	12	6
Интервал варьир.			
Нулевой уровень			
"Звездные" точки			
+a =			
-a =			

Матрица планирования и значения функций отклика, полученные численными экспериментами, приведены в таблицах 3, 4. В таблице 3 представлены значения функций отклика для шатунного подшипника (варианты 1–6), в таблице 4 – для 1-го коренного подшипника (варианты 7–12).

Найти уравнение регрессии в натуральном масштабе факторов T_{cp} и S , то есть в виде:

$$y = a_0 + a_1 \cdot T_{cp} + a_2 \cdot S + a_{12} \cdot T_{cp} \cdot S + a_{11} \cdot T_{cp}^2 + a_{22} \cdot S^2$$

Таблица 3

Матрица планирования и результаты экспериментов (шатунный подшипник)

№ опыта	Факторы		Результаты эксперимента					
	X ₁ (T _{сп})	X ₂ (S)	Вар-т 1	Вар-т 2	Вар-т 3	Вар-т 4	Вар-т 5	Вар-т 6
			inf h _{min} , МКМ	h _{сп} , МКМ	sup P _{max} , МПа	P _{сп} , МПа	N _{сп} , Вт	K _п
1	-1	-1	7,49	8,59	3,1	0,7	0,7	2,29
2	+1	-1	9,69	10,15	2,8	0,7	1,7	2,05
3	-1	+1	5,32	5,44	2,7	0,6	1,4	1,98
4	+1	+1	5,69	5,74	2,6	0,6	3,3	1,94
5	+a	0	7,98	8,19	2,7	0,6	2,2	1,98
6	-a	0	6,82	7,27	2,8	0,7	1,0	2,1
7	0	+a	5,54	5,62	2,6	0,6	2,1	1,96
8	0	-a	3,6	9,34	2,9	0,7	1,1	2,16
9	0	0	7,43	7,74	2,7	0,7	1,4	2,03

Таблица 4 – Матрица планирования и результаты экспериментов (1-ый коренной подшипник).

№ опыта	Факторы		Результаты эксперимента							
	X_1 (T_{cp})	X_2 (S)	Вар-т 7	Вар-т 8	Вар-т 9	Вар-т 10	Вар-т 11	Вар-т 12		
			$\inf h_{\min}$, МКМ	h_{cp} , МКМ	$\sup P_{\max}$, МПа	P_{cp} , МПа	N_{cp} , Вт	K_{II}		
1	-1	-1	3,52	9,81	6,8	1,5	0,3	4,52		
2	+1	-1	5,46	11,55	5,2	1,1	0,6	3,48		
3	-1	+1	2,58	2,67	3,1	0,8	1,1	1,95		
4	+1	+1	2,82	2,85	3,0	0,8	2,6	1,91		
5	+a	0	5,51	7,92	3,8	0,9	0,9	2,55		
6	-a	0	3,57	6,97	4,9	1,1	0,4	3,29		
7	0	+a	2,73	2,78	2,8	0,7	2,0	1,92		
8	0	-a	4,3	10,81	6,0	1,3	0,4	4,02		
9	0	0	4,36	7,17	4,3	1,0	0,6	2,91		

В решение представить таблицу 2 с заполненными значениями факторов на нулевом уровне и в "звездных" точках. Значения фактора S взять согласно своему варианту.

Задача №3

Дан ряд измерений некоторых величин.

1. Проверить наличие промахов, отбросить их.
2. Вычислить среднее значение и доверительный интервал для доверительной вероятности $P=0,95$.

Вариант 1

Измерение диаметра цилиндра двигателя автомобиля БелАЗ (L, мм)

N	1	2	3	4	5	6	7	8
L	258,5	255,4	256,6	256,7	257,0	256,5	256,7	256,3
N	9	10	11	12	13	14	15	
L	256,0	266,0	256,3	256,5	256,0	256,3	256,8	

Вариант 2

Измерение первичного валика коробки передач (D, мм)

N	1	2	3	4	5	6	
D	12,58	12,51	12,63	12,61	12,59	12,68	
N	7	8	9	10	11	12	
D	12,55	12,57	12,60	12,58	12,97	12,58	

Вариант 3

Среднесуточный пробег автомобиля почасовой оплате (S, км)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S	67	68	67	68	64	70	71	73	74
N	10	11	12	13	14	15	16	17	18
S	75	76	77	78	79	80	81	92	83

Вариант 4

Измерение внутреннего диаметра цилиндра двигателя ЯМЗ (D, мм)

N	1	2	3	4	5
D	146,866	146,864	146,866	146,863	146,859
N	6	7	8	9	10
D	146,862	146,897	146,862	146,861	146,863

* Для удобства вычислений используйте только дробную часть чисел

Варианты 5 – 7

Измерение расхода топлива полнотражного грузового автомобиля

(Q, л/100км)

Вариант 5		Вариант 6		Вариант 7	
N	Q	N	Q	N	Q
1	45,2	1	54,2	1	44,9
2	70,3	2	60,6	2	42,5
3	34,0	3	55,4	3	47,7
4	44,8	4	39,2	4	41,5
5	66,2	5	47,0	5	53,8
6	50,6	6	48,5	6	66,5
7	59,6	7	52,0	7	43,3
8	47,7	8	52,1	8	46,3
9	70,5	9	58,9	9	38,3
10	41,9	10	64,5	10	36,4
11	40,7	11	56,5	11	54,1
12	46,7	12	55,5	12	32,3
13	42,5	13	53,7	13	43,2
14	54,7	14	63,9	14	35,9

Вариант 8

Измерение давления в шинах грузового автомобиля ($P \cdot 10^5$, Па)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	3,68	3,11	4,76	2,75	4,15	5,00	2,95	6,35	3,78	4,12
N	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P	2,81	4,60	3,27	4,08	4,51	4,43	3,43	3,26	2,48	4,84

Вариант 9

Измерение расхода топлива грузового автомобиля

(Q, л/100 км)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q	23,2	23,4	23,6	24,1	25,8	23,7	23,6	23,2	23,9	23,5

Вариант 10

Измерение напряжения на клеммах генератора (V, В)

N	1	2	3	4	5	6	7	8
V	12,3	12,7	11,9	13,0	10,2	12,4	12,9	15,2
N	9	10	11	12	13	14	15	
V	13,4	11,9	12,5	11,8	13,1	12,6	12,9	

Задача №4

Установить существование или отсутствие прямолинейной корреляционной зависимости между величинами x и y .

1. Построить корреляционное поле.
2. Определить коэффициенты корреляции.
3. Вычислить коэффициенты уравнения регрессии.

Вариант 1 – 2

При тарировке ротаметрического топливного расходомера получены соответствующие значения расхода топлива y (л) и высоты подъема поплавка ротаметра x ($\text{м} \cdot 10^{-2}$)

Вариант 1		Вариант 2	
x	y	x	y
5,0	1,5	4,9	1,8
4,5	4,0	5,6	2,3
7,0	5,0	4,5	3,4
6,5	7,0	6,5	4,9
9,5	8,5	6,7	5,7
9,6	8,9	5,4	6,1
9,0	10,0	8,9	8,5
11,0	11,0	9,1	10,4
9,0	12,5	10,5	14,3

Вариант 3 – 4

При тарировке датчика тормозной силы на стенде проверки тормозов получены соответствующие значения крутящего момента на валу x (Н·м) и окружной силы y (Н)

Вариант 3		Вариант 4	
x	y	x	y
20	41	15	35
25	54	20	45
30	65	30	50
35	71	40	70
40	79	45	90
45	94	50	75
50	99	65	115
55	109	70	120
60	125	75	130

Вариант 5

В процессе испытания автомобиля ЗИЛ-130 на роликовом стенде получены соответствующие удельные мощности автомобиля x (Вт/Н) и расхода топлива y (л/100 км)

x	1,02	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40
y	40,0	43,2	45,7	49,8	50,9	52,6	55,9	58,4	60,5

Вариант 6 – 7

В процессе испытания автомобиля получены соответствующие значения давления в пневматическом тормозном приводе x (МПа) и тормозного пути y (м)

Вариант 6		Вариант 7	
x	y	x	y
0,47	22,9	4,0	23,0
0,48	23,2	4,1	22,5
0,49	24,5	4,2	23,0
0,50	24,1	4,5	25,1
0,51	25,0	4,9	24,9
0,52	25,8	5,3	23,4
0,53	25,7	4,6	25,8
0,54	27,0	5,9	26,7

Вариант 8

С помощью специальной установки измерялось давление воздуха в шинах автомобиля y (МПа) по величине вдавливания стержня в боковину шины x ($\text{м} \cdot 10^{-3}$)

x	20	18	16	15	12	10	9	7	6	5
y	0,15	0,20	0,23	0,22	0,27	0,31	0,29	0,37	0,35	0,40

Вариант 9

На роликовом стенде КИ 4882 измерялся угол схождения колес y (град) при перемещении x ($\text{м} \cdot 10^{-3}$) свободно подвешенного бегового ролика вдоль оси вращения

x	-7	-5	-3	-1	0	1	3	5	7
y	-2	-1	-1,5	-0,5	-0,5	0	1	1,5	2

Вариант 10

Оценивалась работоспособность упругого звена подвески автомобиля по величине осадки кузова относительно поверхности пола y ($\text{м} \cdot 10^3$) под действием силы x ($\text{Н} \cdot 10^3$)

x	1	3	5	7	10	12	15	18	20	25
y	7	10	20	15	20	24	35	32	37	40

Задача №5

Для заданного ряда измерений показать, что экспериментальные данные аппроксимируются предложенной эмпирической формулой.

Вариант 1

		$y=ae^{bx}$										
x	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2
y	2,3	2,7	4,1	4	6,6	7,2	10,2	12,2	13,6	13,1	18,4	25,8

Вариант 2

		$y=ae^{bx}$										
x	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2
y	6,2	6,5	5,1	4,4	3,4	2,7	1,9	1,8	1,6	1,4	0,9	0,7

Вариант 3

		$y=ae^{bx}$										
x	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2
y	13,2	19,7	20,4	38,5	37,2	65,6	94,6	129,4	150,8	180	268,2	364,4

Вариант 4

		$y=ax^b$										
x	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
y	1	2,5	4,5	5,3	9,6	12,5	17,5	22,1	21,5	36	35	41,3

Вариант 5

		$y=ax^b$										
x	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
y	4,6	3,9	2	1,7	1,7	1,5	1,1	0,9	0,9	1	0,9	0,8

Вариант 6

		$y=ax^b$										
x	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
y	4,7	18,3	34,3	83,3	140,6	240,1	337,9	410,4	705,6	955	1092,2	1346,4

Вариант 7

		$y=ax^b$										
x	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
y	21,3	10,5	7,5	4,8	3,3	3	2,3	1,9	2	1,8	1,3	1,2

Вариант 8

		$y=1/(a+bx)$										
x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
y	0,09	0,18	0,26	0,33	0,38	0,4	0,48	0,51	0,56	0,53	0,62	0,59

Вариант 9

		$y=1/(a+bx)$										
x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
y	11,9	5,6	3,6	2,8	1,8	1,4	1,2	1,4	1,1	1	0,8	0,7

Вариант 10

		$y=1/(a+bx)$										
x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
y	7,1	4,4	3	3,2	2,3	1,6	1,3	1,2	1,1	0,9	0,7	0,8

Задача №6

С помощью метода наименьших квадратов обработать результаты экспериментов.

- Получить уравнение регрессии в виде

$$y=ax^2+bx+c$$

- Продемонстрировать использование полученной модели для прогнозирования.

Варианты 1 – 3

Расходы топлива q легкового автомобиля при температуре воздуха t_b
($V=70$ км/ч)

Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
С уплотненным чехлом радиатора		С чехлом, но клапан чехла открыт		Без уплотнительного чехла	
$t_b, ^\circ\text{C}$	$Q, \text{кг}/100 \text{ км}$	$t_b, ^\circ\text{C}$	$Q, \text{кг}/100 \text{ км}$	$t_b, ^\circ\text{C}$	$Q, \text{кг}/100 \text{ км}$
-40	6,90	-40	7,30	-30	7,31
-38	6,80	-36	7,00	-25	6,85
-39	6,95	-30	6,62	-20	6,61
-32	6,40	-28	6,45	-19	6,45
-29	6,43	-25	6,38	-17	6,35
-28	6,31	-20	6,15	-15	6,33
-27	6,39	-19	5,90	-12	6,13
-23	6,08	-15	5,85	-10	6,00
-19	6,00	-9	5,71	-5	5,75
-18	6,05	-7	5,71	0	5,71
-14	6,05	-4	5,68	5	5,00
-11	6,02	-2	5,75	11	5,53
-10	6,14	0	5,72	15	5,55
-9	6,17	5	5,75	18	5,48

Варианты 4 – 6

Зависимость среднего расхода топлива Q от температуры воздуха t_b для различных автомобилей

Вариант 4		Вариант 5		Вариант 6	
ЗИЛ-130		ГАЗ-24		Москвич-434	
t_b , °C	Q , л/100 км	T_b , °C	Q , л/100 км	t_b , °C	Q , л/100 км
19	36,82	22	13,81	19	12,47
-5	39,78	6	13,71	3	12,49
-19	42,18	-8	14,13	-7	12,95
-31	43,65	-20	15,50	-23	13,63
-38	47,16	-34	16,33	-31	13,44
-45	48,26	-42	17,01	-34	14,60

Варианты 7 – 8

Расход топлива Q на прогрев двигателя от 20°C до 80°C

Вариант 7		Вариант 8	
Москвич-434		ЗИЛ-130	
t_b , °C	Q , л/ч	t_b , °C	Q , л/ч
0	0,96	-2	2,88
-1	1,06	-11	2,76
-6	0,96	-17	3,05
-10	0,94	-25	2,78
-15	0,88	-25	3,01
-20	1,03	-30	2,92
-25	0,85	-35	3,02
-25	1,10	-41	2,96
-30	0,94		

Варианты 9 – 12

Дополнительные расходы топлива после стоянки

Температура воздуха, °С	Расход, см ³			
	Длительность стоянки, мин			
	10	30	50	70
0	10	14	18	22
-10	20	26	32	32
-20	35	42	50	57
-30	51	59	68	79
-40	71	78	86	104
Варианты	9	10	11	12

Задача №7

В каждом варианте представлены значения показателей определенной группы показателей потребительских свойств автобусов малого класса.

Требуется рассчитать суммарный показатель потребительских свойств в группе показателей (согласно полученному варианту). Для определения коэффициента весомости отдельного показателя в группе применить метод экспертных оценок:

- подобрать группу экспертов в количестве 4–7 человек;
- для оценки относительной значимости показателей воспользоваться методом парных сравнений;
 - оформить анкеты опроса в виде матрицы парных сравнений;
 - провести опрос;
 - обработать полученную информацию; оценить согласованность оценки экспертов и рассчитать коэффициенты весомости показателей.

К результатам расчета суммарного показателя приложить заполненные анкеты с указанием фамилии, имени, отчества, места работы (учебы) и должности эксперта.

Вариант 1

Группа габаритно-весовых показателей автобуса

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значения показателей		
			Увелька	ПАЗ-3205	ЗИЛ-3250
1	Вместимость	чел.	14	28	21
2	Полная масса автобуса	кг	4415	7460	6950
3	Максимальная осевая нагрузка	кг	2275	4690	4900
4	Единица массы автобуса на человека	кг/чел.	315	266	330
5	Наименьший дорожный просвет	мм	400	264	180

Вариант 2

Группа показателей назначения

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значения показателей		
			Увелька	ПАЗ-3205	ЗИЛ-3250
1	Мощность двигателя	кВт	66,15	88,3	80
2	Объем багажного отделения	м ³	2	0,42	0,95
3	Время разгона до 60 км/ч	с	37,5	35	30
4	Наименьший радиус поворота	м	6,0	7,6	7,0
5	Тормозной путь при начальной скорости 60 км/ч	м	30	32,1	26,4
6	Максимальный подъем при движении с полной нагрузкой	град	20	20	26
7	Максимальная скорость	км/ч	115	80	95

Вариант 3

Группа показателей надежности

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значения показателей		
			Увелька	ПАЗ-3205	ЗИЛ-3250
1	Надежность кузова автобуса	балл	3,75	3,5	4,3
2	Наработка на отказ	тыс. км	25	22,48	17,6
3	Трудоемкость текущего ремонта кузова	чел-ч/ 1000 км	1,4	1,12	0,56
4	Ресурс до КР	тыс. км	400	230	260
5	Ремонтопригодность кузова	балл	3,6	3,5	3,6
6	Ремонтопригодность комплекта агрегатов	балл	3,7	3,5	4,3
7	Срок службы автобуса	год	6	6	6

Вариант 4

Группа показателей экономичности эксплуатации

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значения показателей		
			Увелька	ПАЗ-3205	ЗИЛ-3250
1	Расход топлива	л/100 км	8,5	23	12
2	Затраты на смазочные материалы	тыс. руб./год	2406,7	6690,4	4154,7
3	Удельная трудоемкость текущего ремонта	чел-ч/ 1000 км	9,36	7,48	3,74
4	Средний срок службы шин	тыс. км	36	61,2	43,2
5	Затраты на зап/ч и агрегаты	тыс. руб./год	52,353	33,269	64,617

Вариант 5

Эргономические показатели кабины водителя

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значения показателей		
			Увелька	ПАЗ-3205	ЗИЛ-3250
1	Удобство расположения органов управления	балл	3,4	3,9	4
2	Обзорность дороги с места водителя	балл	3,75	3,75	3,4
3	Уровень шумов	дБ	79	82	78,6
4	Уровень вибраций	м/с ²	0,17	0,15	0,2
5	Самочувствие водителя	балл	3,5	3,7	3,8
6	Удобство сидения	балл	3,9	4,3	4,4
7	Усилие на педали тормоза	Н	686	724	708
8	Усилие на ободе рулевого колеса	Н	176,4	160,2	176

Вариант 6

Эргономические показатели пассажирского салона

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значения показателей		
			Увелька	ПАЗ-3205	ЗИЛ-3250
1	Уровень шумов	дБ	78	82,3	78,8
2	Уровень вибраций	м/с ²	0,16	0,13	0,17
3	Удобство входа и выхода	балл	3,6	4,4	4,4
4	Комфортабельность места пассажира	балл	4,6	5	4,7
5	"Холод-тепло" в салоне автобуса	балл	3,4	4,7	4,2

Вариант 7

Показатели назначения автобуса

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значения показателей		
			ПАЗ-32053	Кав3-3244	ГАЗ-322132
1	Мощность двигателя	л.с.	122	105	100
2	Максимальная скорость	м/с	95	95	115
3	Время разгона до 60 км/ч	с	33	32	14
4	Наименьший радиус поворота	м	7,6	7	5,5
5	Наименьший дорожный просвет	мм	264	210	170
6	Тормозной путь при начальной скорости 60 км/ч	м	28	26,4	37,2

Вариант 8

Показатели надежности автобуса

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значения показателей		
			ПАЗ-32053	Кав3-3244	ГАЗ-322132
1	Надежность кузова автобуса	балл	4,1	4,2	4,2
2	Надежность комплекта агрегатов (за исключением ДВС)	балл	3,7	3,9	3,2
3	Ремонтопригодность кузова	балл	3,9	4,2	3,4
4	Ремонтопригодность комплектов агрегатов	балл	3,8	2,2	3,3

Вариант 9

Эргономические показатели пассажирского салона

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значения показателей		
			ПАЗ-32053	КавЗ-3244	ГАЗ-322132
1	Уровень шумов	дБ	85	83	76
2	Уровень вибраций	м/с ²	0,15	0,17	0,12
3	Удобство расположения пассажиров	балл	3,9	4,4	2,6
4	Удобство входа и выхода	балл	3,8	3,9	1,3
5	Вместимость	чел.	22	15	13

Вариант 10

Эргономические показатели кабины водителя

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значения показателей		
			ПАЗ-32053	КавЗ-3244	ГАЗ-322132
1	Уровень шумов	дБ	88	87	76,6
2	Уровень вибраций	м/с ²	0,19	0,2	0,14
3	Удобство расположения органов управления	балл	3,2	3,6	3,6
4	Обзорность дороги с места водителя	балл	4,3	4,2	3,2

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов складывается из изучения дополнительных тем дисциплины, представленных в таблице 5, для более глубокого изучения курса, подготовки к практическим занятиям и контроля самостоятельной работы.

Таблица 5

Тема для самостоятельного изучения

№	Название темы	Кол-во часов
1	Методы научного исследования при технической эксплуатации автомобилей	2
2	Планирование эксперимента. Метод дробных реплик.	2
3	Планирование эксперимента. Метод рототабельного планирования.	2
4	Применение закономерностей рассеивания непрерывных случайных величин при исследованиях эксплуатационной надежности автомобилей и других показателей их работы на автотранспортных предприятиях.	10
	Всего	16

Тема 1. Методы научного исследования при технической эксплуатации автомобилей

Содержание. Техническая эксплуатация автомобилей (ТЭА) как комплекс взаимосвязанных технических, экономических, организационных и социальных мероприятий. ТЭА как отрасль науки.

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5].

Методические указания. Знать в ТЭА универсальные для технических наук методы исследования: анализа, синтеза, индуктивный метод, дедуктивный метод, метод научного абстрагирования, метод формализации, аналогии и моделирования.

Тема 2. Планирование эксперимента. Метод дробных реплик

Содержание. Метод дробных реплик для уменьшения количества опытов. Оценки значимости коэффициентов и адекватности регрессионной модели.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 9].

Методические указания. Знать определение дробно-факторного эксперимента (ДФЭ). Рассмотреть способы построения дробных реплик. Обратить внимание на сущность планирования со смешиванием. Уметь строить генерирующие соотношения и находить определяющие контрасты. Разобраться, какие коэффициенты определяются совместно при ДФЭ.

Тема 3. Планирование эксперимента. Метод ротатабельного планирования

Содержание. Ротатабельное планирование как метод построения нелинейной модели.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 9].

Методические указания. Обратить внимание на сходства и различия в ортогональных и ротатабельных планах. Знать определения ротатабельности. Проанализировать последовательность вычисления коэффициентов регрессии в ротатабельных планах. Уметь объяснить, как проверяют воспроизводимость опытов и значимость коэффициентов регрессии.

Тема 4. Применение закономерностей рассеивания непрерывных случайных величин при исследованиях эксплуатационной надежности автомобилей и других показателей их работы на автотранспортных предприятиях

Содержание. Случайные величины (СВ) и возможности обработки экспериментальных данных компьютерными программами. Числовые характеристики и законы распределения случайных величин. Проверка соответствия

закона распределения эмпирическим данным на основе критерия Пирсона. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Объем выборки и организация наблюдений за автомобилями при изучении показателей их работы в эксплуатации.

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5].

Методические указания. Знать определение случайной величины, виды случайных величин, понятие возможных значений СВ и их вероятностей. Уметь определять основные числовые характеристики СВ: математическое ожидание, дисперсию, средне квадратическое отклонение. Иметь понятие о законах распределения СВ. Знать основные законы распределения СВ: нормальный, экспоненциальный, Вейбула и т.д. Знать алгоритм проверки соответствия закона распределения СВ эмпирическим данным на основе критерия Пирсона. Знать, что такое доверительный интервал и доверительная вероятность. Знать, как определяется объем выборки и организуется наблюдение за автомобилями при изучении показателей их работы в эксплуатации.

Вопросы для самоконтроля

Тема 1

1. Чем обеспечивается работоспособность автомобилей и автомобильных парков?
2. Область практической деятельности ТЭА?
3. Цели и задачи ТЭА?
4. Дать определение методов исследования: анализа, синтеза, индуктивного метода, дедуктивного метода, метода научного абстрагирования, метода формализации, аналогии и моделирования.

Тема 2

1. Определение дробно-факторного эксперимента.
2. Сформулируйте преимущества и недостатки метода дробных реплик.

3. Какие коэффициенты определяются совместно при ДФЭ?
4. Как определяется количество опытов в методе дробных реплик?

Тема 3

1. Какую модель можно построить методом ротатабельного планирования?
2. Число опытов этого метода?
3. Как проверяют воспроизводимость опытов?
4. Как проверяется значимость коэффициентов и адекватность уравнения регрессии?

Тема 4

1. Перечислите основные характеристики СВ.
2. Дайте краткую характеристику функции распределения и ее плотности.
3. Экспоненциальный закон распределения, его краткая характеристика.
4. Нормальный закон распределения, его краткая характеристика.
5. Дайте определение критерия Пирсона и опишите процедуру проверки закона распределения на нормальность с помощью критерия Пирсона.
6. Дайте определение доверительного интервала и доверительной вероятности.
7. Каким образом определяется объем выборки для нормального закона распределения?
8. Каким образом определяется объем выборки для экспоненциального закона распределения?
9. Дайте характеристику процедуры организации наблюдений за работой автомобилей на АТП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болдин, А.П. Основы научных исследований и УНИРС: учебное пособие / А.П. Болдин, В.А. Максимов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МАДИ, 2002. – 275 с.
2. Бояршинова, А.К. Теория инженерного эксперимента: учебное пособие. // А.К. Бояршинова, А.С.Фишер. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 84 с.
3. Бояршинова, А.К. Основы теории инженерного эксперимента: программа, методические указания и семестровое задание. // А.К. Бояршинова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 45 с.
4. Лудченко, А.А. Основы научных исследований: учеб. пособие // А.А. Лудченко, Я.А. Лудченко, Т.А. Примак / под ред. А.А. Лудченко. – 2-е изд., стер. – Киев.: Изд-во «Знание», КОО, 2001. – 113 с.
5. Шкляр, М.Ф. Основы научных исследований: учеб. пособие / М.Ф. Шкляр. – 3-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2009. – 244 с.
6. Петренко, А.М. Основы научных исследований и техника эксперимента: учебное пособие. / А.М. Петренко, В.В. Кувшинов. – М.: Изд-во МАДИ, 1999. – 91 с.
7. Елисеева, И.И. Общая теория статистики / И.И. Елисеева, М.М. Юзбашев. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 479 с.
8. Крымский, С.Б. Экспертные оценки в социологических исследованиях / С.Б. Крымский, Б.Б. Жилин. – Киев: Наукова думка, 1990. – 318 с.
9. Сирота, А.А. Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем. / А.А. Сирота. – М.: Техносфера, 2006. – 280 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Значение критерия Кохрана (P=0,95)

N	F=k-1							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	0,999	0,975	0,939	0,906	0,877	0,853	0,833	0,816
3	0,967	0,871	0,798	0,746	0,707	0,677	0,653	0,633
4	0,907	0,768	0,684	0,629	0,590	0,560	0,637	0,518
5	0,841	0,684	0,598	0,544	0,507	0,478	0,456	0,439
6	0,781	0,616	0,532	0,480	0,445	0,418	0,398	0,382
7	0,727	0,561	0,480	0,431	0,397	0,373	0,354	0,338
8	0,680	0,516	0,438	0,391	0,360	0,336	0,319	0,304
9	0,609	0,478	0,403	0,358	0,329	0,307	0,290	0,277
10	0,602	0,445	0,373	0,331	0,303	0,282	0,267	0,254
12	0,541	0,392	0,326	0,288	0,262	0,244	0,230	0,219
15	0,471	0,335	0,276	0,242	0,220	0,203	0,191	0,192
20	0,389	0,271	0,221	0,192	0,174	0,160	0,150	0,142

Примечание: P – доверительная вероятность; N – число экспериментов; k – число параллельных опытов.

Коэффициенты Стьюдента $t_{\alpha, n}$

n	α																									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
2	0,16	0,33	0,51	0,73	1,00	1,38	2,0	3,1	6,3	12,7	31,8	63,7	636,6	0,16	0,33	0,51	0,73	1,00	1,38	2,0	3,1	6,3	12,7	31,8	63,7	636,6
3	0,14	0,29	0,45	0,62	0,82	1,06	1,3	1,9	2,9	4,3	7,0	9,9	31,6	0,14	0,29	0,45	0,62	0,82	1,06	1,3	1,9	2,9	4,3	7,0	9,9	31,6
4	0,14	0,28	0,42	0,58	0,77	0,98	1,3	1,6	2,4	3,2	4,5	5,8	12,6	0,14	0,28	0,42	0,58	0,77	0,98	1,3	1,6	2,4	3,2	4,5	5,8	12,6
5	0,13	0,27	0,41	0,57	0,74	0,94	1,2	1,5	2,1	2,8	3,7	4,6	8,6	0,13	0,27	0,41	0,57	0,74	0,94	1,2	1,5	2,1	2,8	3,7	4,6	8,6
6	0,13	0,27	0,41	0,56	0,73	0,92	1,2	1,5	2,0	2,6	3,4	4,0	6,9	0,13	0,27	0,41	0,56	0,73	0,92	1,2	1,5	2,0	2,6	3,4	4,0	6,9
7	0,13	0,27	0,40	0,55	0,72	0,90	1,1	1,4	1,9	2,4	3,1	3,7	6,0	0,13	0,27	0,40	0,55	0,72	0,90	1,1	1,4	1,9	2,4	3,1	3,7	6,0
8	0,13	0,26	0,40	0,55	0,71	0,90	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,5	5,4	0,13	0,26	0,40	0,55	0,71	0,90	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,5	5,4
9	0,13	0,26	0,40	0,54	0,71	0,90	1,1	1,4	1,9	2,3	2,9	3,4	5,0	0,13	0,26	0,40	0,54	0,71	0,90	1,1	1,4	1,9	2,3	2,9	3,4	5,0
10	0,13	0,26	0,40	0,54	0,70	0,88	1,1	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	4,8	0,13	0,26	0,40	0,54	0,70	0,88	1,1	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	4,8
11	0,13	0,26	0,40	0,54	0,70	0,88	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,2	4,6	0,13	0,26	0,40	0,54	0,70	0,88	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,2	4,6
12	0,13	0,26	0,40	0,54	0,70	0,87	1,1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,1	4,5	0,13	0,26	0,40	0,54	0,70	0,87	1,1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,1	4,5
13	0,13	0,26	0,40	0,54	0,70	0,87	1,1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,1	4,3	0,13	0,26	0,40	0,54	0,70	0,87	1,1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,1	4,3
14	0,13	0,26	0,39	0,54	0,69	0,87	1,1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,0	4,2	0,13	0,26	0,39	0,54	0,69	0,87	1,1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,0	4,2
15	0,13	0,26	0,39	0,54	0,69	0,87	1,1	1,3	1,8	2,1	2,6	3,0	4,1	0,13	0,26	0,39	0,54	0,69	0,87	1,1	1,3	1,8	2,1	2,6	3,0	4,1
16	0,13	0,26	0,39	0,54	0,69	0,87	1,1	1,3	1,8	2,1	2,6	2,9	4,0	0,13	0,26	0,39	0,54	0,69	0,87	1,1	1,3	1,8	2,1	2,6	2,9	4,0
17	0,13	0,26	0,39	0,54	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,6	2,9	4,0	0,13	0,26	0,39	0,54	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,6	2,9	4,0
18	0,13	0,26	0,39	0,53	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,6	2,9	4,0	0,13	0,26	0,39	0,53	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,6	2,9	4,0

n	α														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999		
19	0,13	0,26	0,39	0,53	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,6	2,9	3,9		
20	0,13	0,26	0,39	0,53	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,9		
21	0,13	0,26	0,39	0,53	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,8		
22	0,13	0,26	0,39	0,53	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,8		
23	0,13	0,26	0,39	0,53	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,8		
24	0,13	0,26	0,39	0,53	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,8		
25	0,13	0,26	0,39	0,53	0,69	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,7		
26	0,13	0,26	0,39	0,53	0,68	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,7		
27	0,13	0,26	0,39	0,53	0,68	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,7		
28	0,13	0,26	0,39	0,53	0,68	0,86	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	2,8	3,7		
29	0,13	0,26	0,39	0,53	0,68	0,86	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	2,8	3,7		
30	0,13	0,26	0,39	0,53	0,68	0,85	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	2,8	3,7		
40	0,13	0,26	0,39	0,53	0,68	0,85	1,1	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7	3,9		
60	0,13	0,25	0,39	0,53	0,68	0,85	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7	3,5		
120	0,13	0,25	0,39	0,53	0,68	0,85	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,6	3,4		
∞	0,13	0,25	0,39	0,52	0,67	0,84	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6	3,3		

Значения критерия Фишера

f2	Число степеней свободы f1 (для числителя)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	161,5	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,24
10	4,97	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,10	3,01	2,95
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,55
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59
17	4,45	3,59	3,20	2,97	2,81	2,70	2,71	2,55
18	4,41	3,56	3,15	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45

Примечание: N – число факторов; $f1=N-(n+1)$, где n – число факторов;

$f2=N(k-1)$, где k – число параллельных опытов.

Приложение 4

Доверительные вероятности α для доверительного интервала, выраженного в долях средней квадратичной ошибки $\varepsilon = \Delta x / \delta$

ε	α	ε	α	ε	α
0	0	1,2	0,77	2,6	0,990
0,05	0,04	1,3	0,80	2,7	0,993
0,1	0,08	1,4	0,84	2,8	0,995
0,15	0,12	1,5	0,87	2,9	0,996
0,2	0,16	1,6	0,89	3,0	0,997
0,3	0,24	1,7	0,91	3,1	0,9981
0,4	0,31	1,8	0,93	3,2	0,9986
0,5	0,38	1,9	0,94	3,3	0,9990
0,6	0,45	2,0	0,95	3,4	0,9993
0,7	0,51	2,1	0,964	3,5	0,9995
0,8	0,57	2,2	0,972	3,6	0,9997
0,9	0,63	2,3	0,978	3,7	0,9998
1,0	0,68	2,4	0,984	3,8	0,99986
1,1	0,73	2,5	0,988	3,9	0,99990

Приложение 5

Необходимое число измерений для получения случайной ошибки ε с надежностью α

$\varepsilon = \Delta x / \delta$	α					
	0,5	0,7	0,9	0,95	0,99	0,999
1,0	2	3	5	7	11	17
0,5	3	6	13	18	31	50
0,4	4	8	19	27	46	74
0,3	6	13	32	46	78	130
0,2	13	29	70	100	170	280
0,1	47	110	270	390	700	1100
0,05	180	430	1100	1500	2700	4300
0,01	4500	1100	27000	38000	66000	110000

Оценка выскакивающих измерений

$$V_{\max} = |(x_{\text{cp}} - x_k) / S_n|$$

n	β			
	0,1	0,05	0,025	0,01
3	1,41	1,41	1,41	1,41
4	1,65	1,69	1,71	1,72
5	1,79	1,87	1,92	1,96
6	1,89	2,00	2,07	2,13
7	1,97	2,09	2,18	2,27
8	2,04	2,17	2,27	2,37
9	2,10	2,24	2,35	2,46
10	2,15	2,29	2,41	2,54
11	2,19	2,34	2,47	2,61
12	2,23	2,39	2,52	2,66
13	2,26	2,43	2,56	2,71
14	2,30	2,46	2,60	2,76
15	2,33	2,49	2,64	2,80
16	2,35	2,52	2,67	2,84
17	2,38	2,55	2,70	2,87
18	2,40	2,58	2,73	2,90
19	2,43	2,60	2,75	2,93
20	2,45	2,62	2,78	2,96
21	2,47	2,64	2,80	2,98
22	2,49	2,66	2,82	3,01
23	2,50	2,68	2,84	3,03
24	2,52	2,70	2,86	3,05
25	2,54	2,72	2,88	3,07

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие положения	3
2. Рекомендации по изучению курса	3
3. Рабочая программа дисциплины	4
4. Практические занятия	8
5. Самостоятельная работа студентов	34
Библиографический список	38
Приложения	39

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методические указания и задания
для практических занятий

Техн. редактор А.В. Миних

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 02.07.2012. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 2,79. Тираж 100 экз. Заказ 212/397. Цена С.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.