

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ПРИБЛИЖЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН И ИХ ОШИБКИ.....	5
1.1. Приближенные значения величин.....	5
1.2. Правила записи чисел.значащие цифры.....	6
1.3. Округление приближенных чисел.....	7
1.4. Ошибки приближенных значений.....	8
1.5. Знак ошибок приближенных значений.....	9
1.6. Классификация приближенных чисел.....	10
1.7. Верные цифры.....	12
1.8. Запись приближенных значений чисел.....	13
2. ОСНОВНЫЕ АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ДЕЙСТВИЯ С ПРИБЛИЖЕННЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ ЧИСЕЛ.....	13
2.1. Малые величины различных порядков.....	14
2.2. Сложение приближенных чисел.....	14
2.3. Умножение приближенных чисел.....	17
2.4. Практические рекомендации.....	18
3. ПОГРЕШНОСТИ ПРИБЛИЖЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ФУНКЦИЙ И ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОШИБОК (ПОГРЕШНОСТЕЙ).....	19
3.1. Основные задачи теории ошибок (погрешностей).....	19
3.2. Ошибки функции одной или двух независимых переменных.....	21
3.2.1. <i>Одна переменная</i>	21
3.2.2. <i>Две независимые переменные</i>	22
3.3. Ошибки функции нескольких независимых переменных.....	23
3.4. Вторая задача теории ошибок.....	25
3.5. Определение наиболее выгодных условий измерения (третья задача).....	26
4. ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ.....	27
4.1. Общие закономерности случайных ошибок.....	27
4.2. Основная формула теории случайных ошибок (закон нормального распределения).....	28
4.3. Интеграл вероятностей и его вычисление.....	29
4.4. Постулат среднего арифметического.....	30
4.5. Мера точности для точных значений ошибок и для отклонения от среднего арифметического.....	32
4.6. Погрешности измерений – средняя квадратичная, вероятная и средняя.....	34
4.7. Геометрическое значение σ , η и ρ	36
4.8. Ошибки среднего арифметического.....	37
4.9. Доверительный интервал и доверительная вероятность.....	38
4.10. Средние квадратичные ошибки функции измеренных величин.....	40
4.11. Принципы оценки пригодности результатов.....	42
4.11.1. <i>Малая выборка ($8 \geq n > 2$)</i>	42
4.11.2. <i>Большая выборка $n > 8$</i>	44
4.12. Оценка пригодности дисперсии.....	45

4.13. Сравнение данных двух экспериментов.....	46
5. ГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА.....	47
5.1. Графическое изображение результатов эксперимента.....	47
5.2. Функциональные шкалы и их применение	50
6. ЭЛЕМЕНТЫ НОМОГРАФИИ.....	54
6.1. Общие понятия о номографии.....	54
6.2. Сетчатая номограмма.....	55
6.3. Номограммы на выровненных точках	56
6.3.1. Номограммы с тремя параллельными шкалами.....	56
6.3.2. Зет-номограммы	60
7. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	61
7.1. Линейный регрессионный анализ. Методы определения коэффи- циентов регрессии	61
7.1.1. Графический метод определения коэффициентов регрессии	61
7.1.2. Метод средних.....	63
7.1.3. Метод наименьших квадратов	65
7.1.4. Примеры применения метода средних и метода наименьших квадратов.....	68
7.2. Адекватность линейной модели. Доверительные границы	74
7.3. Основы корреляционного анализа	76
8. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА... 80	80
8.1. Пассивный и активный эксперименты	80
8.2. Основные положения и определения.....	81
8.3. Факторы и требования к ним.....	83
8.4. Выбор модели	85
8.5. Полный факторный эксперимент.....	88
8.5.1. Выбор основного уровня.....	88
8.5.2. Выбор интервала варьирования	89
8.5.3. Полный факторный эксперимент типа 2 ^K	90
8.5.4. Полный факторный эксперимент и математическая модель	93
8.6. Дробный факторный эксперимент	95
8.6.1. Минимизация числа опытов	96
8.6.2. Выбор полуреплик	98
8.6.3. Четверть реплики	99
8.7. Проведение эксперимента	101
8.8. Крутое восхождение по поверхности отклика.....	105
8.9. Стратегия поиска оптимума	109
8.10. Планы второго порядка.....	111
8.11. Понятие о симплекс-планировании	113
9. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	116
Практическое занятие № 1. Определение погрешностей вычислений	116
Практическое занятие № 2. Определение характеристик выборки данных.....	119
Практическое занятие № 3. Корреляционный анализ	121
Практическое занятие № 4. Дисперсионный анализ	124

<i>Практическое занятие № 5. Построение математической модели по результатам полного факторного двухуровневого эксперимента.....</i>	129
<i>Библиографический список</i>	132
<i>П р и л о ж е н и е.....</i>	133

Николай Иванович Нестеров

Планирование и обработка результатов эксперимента

Редактор *Г.М. Звягина*

Корректор *Л.А. Петрова*

Компьютерная верстка: *Н.А. Андреева*

Подписано в печать 31.03.2017. Формат 60×84/16. Бумага документная.

Печать трафаретная. Усл. печ. л. 8,25. Тираж 100 экз. Заказ № 36

Балтийский государственный технический университет

Типография БГТУ

190005, С.-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д. 1