

# **ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. ЭКСПЕРИМЕНТ**

**В двух томах**

**Том 1**

**методология, стендовое оборудование,  
инструменты и аппаратура, статистическая обработка результатов  
и планирование экспериментальных исследований**

Допущено Федеральным учебно-методическим объединением  
в системе высшего образования по укрупнённой группе специальностей  
и направлений подготовки «Прикладная геология, горное дело,  
нефтегазовое дело и геодезия» в качестве учебного пособия  
для обучающихся по основным профессиональным образовательным  
программам высшего образования уровня специалитет направлений  
подготовки «Горное дело», «Горные машины и оборудование»

Старый Оскол  
ТНТ  
2024

## Оглавление

Условные обозначения .....	6
Введение .....	7
<b>Глава 1. МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....</b>	<b>12</b>
1.1. Общие понятия. Взаимосвязь теории с практикой .....	13
1.2. Средства и методы проведения эмпирических исследований .....	15
1.3. Основные принципы методологии экспериментальных исследований .....	24
1.4. Проектно-технологический тип научных исследований .....	28
1.5. Экспериментальные исследования в научно-исследовательском проекте .....	32
1.6. Экспериментальные исследования (испытания) при проектировании горно-шахтного оборудования .....	33
<i>Контрольные вопросы</i> .....	44
<b>Глава 2. СТЕНДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....</b>	<b>46</b>
2.1. Общие сведения .....	46
2.2. Стенды для исследования ручных машин ударного действия .....	50
2.3. Стенды для исследования горных машин и комплексов очистного оборудования .....	58
2.4. Стенды для исследования исполнительных органов горных машин .....	65
2.5. Стенды для исследования скребковых конвейеров .....	74
2.6. Стенды для исследования механизированных крепей .....	87
2.7. Стенды для исследования трансмиссий горных машин .....	98
<i>Контрольные вопросы</i> .....	102
<b>Глава 3. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ И АППАРАТУРА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТА .....</b>	<b>104</b>
3.1. Метрологические основы инструментальных измерений .....	105
3.1.1. Сущность процесса измерений .....	105
3.1.2. Средства измерений .....	112

3.1.3. Шкалы измерений .....	123
3.1.4. Виды измерений .....	126
3.1.5. Принципы и методы измерений .....	129
3.2. Средства и методы измерений электрических величин .....	132
3.2.1. Общие сведения .....	132
3.2.2. Измерения постоянного тока, напряжения и количества электричества .....	132
3.2.3. Измерения переменного тока и напряжения .....	134
3.2.4. Измерение мощности и энергии .....	137
3.2.5. Измерения фазы и частоты .....	142
3.3. Средства и методы измерений параметров механического движения .....	147
3.3.1. Измерение параметров вращательного движения .....	148
3.3.2. Измерение параметров поступательного движения .....	150
3.4. Средства и методы измерений шума и вибраций .....	151
3.4.1. Общие сведения о виброакустических колебаниях .....	151
3.4.2. Основные характеристики вибрации .....	153
3.4.3. Единицы измерения параметров виброакустических колебаний .....	158
3.4.4. Средства измерения и анализа виброакустических сигналов .....	159
3.5. Средства измерения гидравлических параметров .....	169
3.5.1. Измерение давления .....	170
3.5.2. Измерение расхода .....	180
3.5.3. Измерение уровня жидкости .....	189
3.6. Тепловые измерения .....	196
3.7. Измерение характеристик нагруженности .....	197
3.7.1. Понятие характеристики нагруженности .....	197
3.7.2. Методы определения характеристик нагруженности .....	198
3.8. Определение эксплуатационных параметров оборудования .....	202
Контрольные вопросы .....	211

<b>Глава 4. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....</b>	<b>213</b>
4.1. Статистическое описание и вероятностные модели .....	216
4.1.1. Способы представления экспериментальных данных .....	216
4.1.2. Определение статистик .....	219
4.2. Проверка статистических гипотез .....	226
4.2.1. Основные понятия и критерий значимости .....	226
4.2.2. Проверка гипотезы о независимости переменных в выборке .....	232

4.2.3. Проверка гипотез относительно математических ожиданий .....	233
4.2.4. Проверка гипотез относительно дисперсий .....	235
4.3. Выравнивание статистических рядов .....	236
4.3.1. Метод моментов .....	236
4.3.2. Критерии согласия .....	240
4.4. Исследование статистических зависимостей .....	242
4.4.1. Методы исследования .....	242
4.4.2. Корреляционный анализ .....	242
4.4.3. Регрессионный анализ .....	250
4.4.4. Дисперсионный анализ .....	256
4.4.5. Факторный анализ .....	262
4.5. Статистическая обработка случайных процессов .....	266
4.5.1. Общие сведения .....	266
4.5.2. Дискретизация и квантование случайного сигнала ...	269
4.5.3. Особенности предварительной обработки данных при компьютерной записи сигнала .....	273
4.5.4. Параметрическое моделирование .....	276
4.5.5. Спектральный (Фурье) анализ .....	289
Контрольные вопросы .....	293
<b>Глава 5. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА .....</b>	<b>296</b>
5.1. Принципы и этапы планирования эксперимента .....	298
5.1.1. Этапы планирования .....	298
5.1.2. Требования к отклику и факторам .....	303
5.2. Методы планирования и анализа факторных экспериментов ...	306
5.2.1. Полный факторный эксперимент .....	306
5.2.2. Проверка воспроизводимости опытов .....	313
5.2.3. Оценка значимости коэффициентов регрессии .....	315
5.2.4. Проверка адекватности линейной модели .....	315
5.2.5. Центральные композиционные планы .....	317
5.3. Дробный факторный эксперимент .....	319
5.4. Планирование эксперимента при поиске оптимума .....	325
Контрольные вопросы .....	327
<b>Предметный указатель .....</b>	<b>329</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>333</b>