

УДК 629.7  
ББК 39.52  
К 84

Рецензенты

*К.А. Макаров* – доктор технических наук, профессор  
«Вертолеты России»;  
кафедра СМ12 Московского государственного технического  
университета им. Н.Э. Баумана

К 84 **Методологические основы научных исследований: учеб. пособие** / В.И. Круглов, В.И. Ершов, А.С. Чумадин, В.В. Курицына. – М.: Университетская книга, 2016. – 384.

ISBN 978-5-98699-207-5

Рассматриваются история, философия и методология науки и техники, структура и содержание основных этапов исследовательского процесса в области технических наук. Приводятся классификация методов аналитических и экспериментальных исследований, основные направления научных исследований в области авиа- и ракетостроения. Значительное внимание уделено методам обработки экспериментальных данных, вопросам организации, планирования, технического обеспечения и автоматизации экспериментальных исследований, а также вопросам изобретательской деятельности.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям (специальностям) техники и технологии, а также для аспирантов и молодых преподавателей, специализирующихся в сфере исследований и разработок в области технических наук. Окажет помощь при подготовке квалификационных научных работ.

УДК 629/7  
ББК 39.52

ISBN 978-5-98699-207-5

© В.И. Круглов, В.И. Ершов,  
А.С. Чумадин, В.В. Курицына, 2016.  
© Университетская книга, 2016.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	8
ВВЕДЕНИЕ.....	9
Глава 1. ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ.....	11
1.1. История науки и техники.....	11
1.1.1. Происхождение современной науки.....	11
1.1.2. Инженерное образование в России.....	18
1.1.3. Роль науки в авиа- и ракетостроении.....	20
1.1.4. Пути развития летательных аппаратов. Современные проблемы .....	26
1.2. Научное исследование, его сущность и особенности .....	29
1.2.1. Научное познание. Метод науки.....	29
1.2.2. Сущность научного исследования.....	31
1.2.3. Основные направления исследований в области авиа- и ракетостроения.....	32
1.2.4. Особенности экспериментальных исследований в авиа- и ракетостроении.....	36
1.2.5. Виды исследований в научной деятельности .....	36
1.3. Классификация методов, применяемых в научных исследованиях .....	41
1.3.1. Методологический аппарат науки.....	41
1.3.2. Структурная классификация методов инженерных исследований.....	44
1.3.3. Теоретические исследования .....	46
1.3.4. Эмпирические методы получения первичной информации. Экспериментальные исследования.....	49
1.3.5. Теоретико-аналитические методы обработки данных .....	52
1.3.6. Моделирование как инструмент научного исследования.....	56
1.3.7. Интерпретационные методы .....	61
1.3.8. Экспертные методы .....	63
1.3.9. Прогностические методы.....	68
1.3.10. Методы логического вывода, доказательства и аргументирования.....	70

1.4. Структура и содержание этапов исследовательского процесса .....	75
1.4.1. Логика и уровни процесса научного познания .....	75
1.4.2. Основные этапы исследования и их содержание .....	77
1.4.3. Априорный цикл исследований .....	80
1.4.4. Теоретический, экспериментально-аналитический цикл (проверка гипотезы) .....	87
1.4.5. Анализ результатов, обобщение, выводы .....	90
1.4.6. Пример цикла научного исследования .....	91
1.5. Апробация и тиражирование результатов НИР .....	94
1.5.1. Ожидаемые результаты НИР .....	94
1.5.2. Оформление результатов научной работы .....	95
1.5.3. Внедрение результатов НИР .....	104
Глава 2. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	105
2.1. Основные понятия планирования эксперимента .....	105
2.1.1. Общая характеристика и классификация научных экспериментов .....	105
2.1.2. Термины и определения .....	107
2.1.3. Системное представление объекта исследований .....	111
2.1.4. Научные задачи планирования экспериментов .....	112
2.1.5. План эксперимента, факторное пространство .....	113
2.1.6. Задачи обеспечения стабильности и точности экспериментов .....	116
2.2. Стратегическое планирование эксперимента .....	117
2.2.1. Цели и задачи стратегического планирования экспериментов .....	117
2.2.2. Определение интервалов между экспериментальными точками .....	118
2.2.3. Планирование однофакторных экспериментов .....	120
2.2.4. Планирование многофакторных экспериментов .....	121
2.2.5. Полный факторный эксперимент .....	122
2.2.6. Дробный факторный эксперимент .....	125
2.2.7. Порядок проведения экспериментов и сочетания факторов .....	130
2.2.8. Условия качества плана эксперимента .....	142
2.3. Факторное планирование при поиске оптимальных условий .....	143

2.3.1. Общие принципы в задачах планирования экспериментальных исследований.....	143
2.3.2. Определение коэффициентов модели.....	152
2.4. Тактическое планирование эксперимента.....	154
2.4.1. Точность и достоверность испытаний.....	154
2.4.2. Необходимый объем повторений испытаний.....	155
2.4.3. Методы понижения дисперсии.....	156
2.5. Оценка точности эксперимента.....	159
2.5.1. Погрешности измерений.....	159
2.5.2. Совокупность случайных погрешностей .....	164
2.5.3. Закон нормального распределения .....	164
2.5.4. «Наилучший» результат выборки и обоснование метода наименьших квадратов .....	169
2.5.5. Погрешность среднего .....	171
2.5.6. Вероятностная бумага.....	173
2.5.7. Распределение ошибок, отличающееся от нормального .....	176
2.5.8. Оценка точности при малом числе измерений. Распределение Стьюдента.....	177
2.5.9. Оценка точности грубых измерений .....	178
2.5.10. Ошибка и неопределенность эксперимента в целом .....	180
2.5.11. Планирование эксперимента с точки зрения анализа ошибок.....	184
2.5.12. Нахождение неопределенности результата с помощью графиков и диаграмм.....	186
2.6. Элементы теории подобия и размерностей.....	187
2.6.1. Подобие физических явлений .....	188
2.6.2. Составление критериев подобия.....	192
2.6.3. Метод анализа размерностей на основе применения $\pi$ -теоремы Букингема.....	194
2.6.4. Моделирование в теории подобия.....	197
2.7. Задачи обработки и интерпретации данных.....	200
2.7.1. Статистическое представление экспериментальных данных .....	202
2.7.2. Проверка данных и исключение ошибочных результатов .....	219
2.7.3. Аппроксимация экспериментальных данных .....	231
2.7.4. Элементы спектрального (частотного) анализа процессов.....	240

2.7.5. Справочные материалы.....	247
2.7.6. Примеры статистической обработки данных эксперимента.....	249
<b>Глава 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....</b>	<b>261</b>
3.1. Подготовка экспериментальных исследований .....	261
3.1.1. Структура подготовительных работ .....	261
3.1.2. Объект исследования.....	263
3.1.3. Экспериментальное оборудование.....	263
3.1.4. Организационная подготовка .....	264
3.2. Регистрация данных наблюдений. Оценочные и измерительные шкалы.....	266
3.2.1. Элементы теории измерительных шкал.....	266
3.2.2. Принципы регистрации данных наблюдений .....	273
3.2.3. Режимы сбора и обработки экспериментальных данных .....	276
3.3. Измерительные системы.....	277
3.3.1. Измерительные системы в экспериментальных исследованиях.....	277
3.3.2. Типовая структура автоматизированных систем экспериментальных исследований.....	278
3.3.3. Измерительная аппаратура.....	280
3.3.4. Датчики физических величин.....	282
3.3.5. Типовые первичные преобразователи элементов автоматизации технических измерений.....	286
3.3.6. Погрешности технических измерений.....	298
3.3.7. Методы измерений и классификация контрольно-измерительных приборов.....	299
3.4. Техника измерений физических параметров в экспериментальных исследованиях .....	307
3.4.1. Особенности методов исследований в технологиях авиа- и ракетостроения.....	307
3.4.2. Измерение деформаций, перемещений, напряжений.....	310
3.4.3. Контроль температуры .....	311
3.4.4. Контроль давления и разрежения .....	325
3.4.5. Вибрационная диагностика .....	334
3.5. Информационные системы.....	335
3.5.1. Вычислительная техника в научных исследованиях.....	335

3.5.2. Структурная организация информационно-вычислительных систем.....	337
3.5.3. Интерфейсы и каналы передачи информации.....	340
3.5.4. Регистрация и хранение первичной информации.....	345
3.5.5. Программное обеспечение научных исследований.....	400
3.6. АСНИ – Автоматизированные системы научных исследований.....	349
3.6.1. Возможности автоматизации на различных этапах НИР.....	349
3.6.2. Автоматизированная система научных исследований, ее основные цели и функции.....	351
3.6.3. Гибкость структуры автоматизированной системы научных исследований.....	353
3.6.4. Адаптивность автоматизированной системы научных исследований.....	354
3.7. Показатели качества систем обеспечения экспериментальных исследований.....	354
<b>Глава 4. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....</b>	<b>357</b>
4.1. Принципы системного анализа наукоемких объектов.....	357
4.1.1. Понятие системного анализа.....	357
4.1.2. Некоторые термины и понятия анализа качества функционирования систем.....	360
4.1.3. Правила системного подхода.....	362
4.2. Законы эволюции технических систем.....	362
4.2.1. Противоречия в технических системах.....	362
4.2.2. Эволюционные изменения технических систем.....	363
4.2.3. Оценка критических зависимостей в структуре технических систем.....	365
4.2.4. Закон развития и существования технических систем.....	366
4.3. Методы технического творчества и решения изобретательских задач.....	367
4.3.1. Творческое мышление.....	367
4.3.2. Некоторые методы генерации творческих технических решений.....	370
4.3.3. Исследование сложных технических систем.....	376
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>379</b>