

УДК 658.652/ 614.8/622.32
ББК 34.47
И88

Электронные версии книг
на сайте www.prospekt.org

Авторы:

Аванесов В. С., Кершенбаум В. Я., Микаэлян Э. А., Придвижкин В. А., Салашенко В. А., Семин В. И., Скрипка В. Л., Чайковский Г. П.

Рецензенты:

Шарафиев Р. Г., д-р техн. наук, профессор кафедры «Технология нефтяного машиностроения» ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»;

Схиртладзе А. Г., д-р пед. наук, канд. техн. наук, профессор кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления» ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН».

Под редакцией профессора **А. И. Владимирова**, профессора **В. Я. Кершенбаума**.

И88 Испытания нефтегазового оборудования и их метрологическое обеспечение : учебное пособие / под ред. А. И. Владимирова, В. Я. Кершенбаума. — Москва : Проспект, 2016. — 608 с.

ISBN 978-5-392-21155-5

Учебное пособие состоит из трех частей. В первой части приведены классификация погрешностей измерений, их математические модели и методы обработки результатов измерений. Рассмотрены методы и приборы для измерения температуры, давления, расхода, уровня, геометрических размеров, вибрации, параметров электромагнитной совместимости, а также свойств и состава вещества. Приведены схемы подключения датчиков к программируемым логическим контроллерам (ПЛК).

Во второй части пособия рассмотрены принципы организации испытаний, технологический цикл испытаний, особенности программ испытаний на надежность машиностроительной продукции. Рассмотрены проблемы испытаний на воздействие факторов внешней среды, а также на воздействие внешних механических и гидрогазовых факторов. Описаны также испытания на вибрационные и ударные нагрузки.

В третьей части рассмотрены испытания нефтегазового оборудования: испытания металлоконструкций буровых установок, трубопроводной арматуры, газотурбинных газоперекачивающих агрегатов.

Для бакалавров специальности «Стандартизация, сертификация», изучающих дисциплину «Методы и средства измерений, испытаний и контроля».

УДК 658.652/ 614.8/622.32
ББК 34.47

ISBN 978-5-392-21155-5

© Коллектив авторов, 2016
© ООО «Проспект», 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
----------------------	----------

Часть 1 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ИСПЫТАНИЙ

Глава 1. Метрологическое обеспечение испытательного оборудования.....	5
1.1. Методы измерения.....	5
1.2. Метрологические характеристики средства измерения.....	8
1.3. Методы повышения точности средства измерения.....	13
1.4. Погрешности измерения.....	14
1.5. Расчет погрешностей измерения.....	18
1.6. Погрешности прямых и косвенных измерений.....	22
1.7. Классы точности средств измерения.....	26
1.8. Обеспечение единства измерений.....	30
Глава 2. Методы и приборы для измерения давления.....	35
2.1. Единицы измерения давления.....	35
2.2. Жидкостные приборы для измерения давления.....	37
2.3. Грузопоршневые манометры.....	39
2.4. Манометры с трубчатой пружиной.....	41
2.5. Электрические манометры.....	44
2.6. Промышленные датчики давления.....	52
Глава 3. Методы и приборы для измерения температуры.....	59
3.1. Классификация приборов для измерения температуры.....	61
3.2. Термометры расширения (дилатометрические, биметаллические, манометрические).....	61
3.3. Термоэлектрические термометры.....	64
3.4. Электрические термометры сопротивления.....	70
3.5. Оптические и радиационные пирометры.....	76
Глава 4. Методы и приборы для измерения расхода.....	81
4.1. Классификация приборов для измерения расхода.....	81
4.2. Расходомеры переменного перепада давления.....	82

4.3. Расходомеры постоянного перепада давления	87
4.4. Вихревые расходомеры	90
4.5. Турбинные расходомеры	94
4.6. Ультразвуковые расходомеры.....	97
4.7. Электромагнитные расходомеры	103
4.8. Расходомеры переменного уровня	106
4.9. Измерение расхода нефтегазовой смеси «Ультрафлоу».....	107
4.10. Кориолисовы расходомеры	111
4.11. Радиоизотопные расходомеры.....	114
4.12. Многофазные расходомеры Phase Tester.....	115
4.13. Счетчики расхода	117
Глава 5. Методы и приборы для измерения уровня	124
5.1. Классификация уровнемеров.....	124
5.2. Визуальный уровнемер	124
5.3. Поплавковый уровнемер	126
5.4. Буйковый уровнемер.....	126
5.5. Гидростатический уровнемер.....	127
5.6. Ультразвуковой уровнемер	129
5.7. Радарный уровнемер.....	133
5.8. Радиоизотопный уровнемер	137
5.9. Кондуктометрические уровнемеры.....	139
Глава 6. Методы и приборы измерения геометрических размеров	143
6.1. Механические приборы для измерения длины	144
6.2. Оптико-механические средства измерения длины	148
6.3. Средства измерения линейных размеров с электрическим преобразованием	154
6.4. Контроль прямолинейности поверхности деталей	156
6.5. Автоматизированные устройства контроля геометрических параметров резьбы	160
6.6. Контроль деталей сложных конструкций	162
6.7. Акустические методы определения размеров и места расположения дефектов	165
Глава 7. Методы и приборы для измерения вибрации	171
7.1. Динамика механических систем, деформация, напряжение, усилие, крутящие моменты	172
7.2. Пьезоэлектрический акселерометр	178
7.3. Поверхностные интегральные акселерометры	180
7.4. Объемные интегральные акселерометры.....	182
7.5. Пленочные пьезоэлектрические акселерометры.....	183
7.6. Тест-удар	184
7.7. Технические средства измерения, анализа и регистрации параметров вибрационных процессов	185
Глава 8. Измерение параметров электромагнитной совместимости	194
8.1. Измерение электромагнитного излучения	196
8.2. Технические средства измерения в области электромагнитной совместимости.....	199

8.3. Измерение кондуктивных радиопомех	204
8.4. Измерение параметров фликера.....	207
Глава 9. Методы и приборы измерения свойств вещества	210
9.1. Измерение плотности вещества	210
9.2. Измерение вязкости жидкостей	223
9.3. Измерение влажности.....	231
9.4. Измерение активности ионов водорода.....	243
9.5. Измерение твердости	252
Глава 10. Методы и приборы измерения состава вещества.....	267
10.1. Хроматографы	267
10.2. Анализаторы на кислород.....	280
10.3. Газоанализаторы инфракрасного и ультрафиолетового поглощения	283
10.4. Фотоколориметрические газоанализаторы.....	285
10.5. Диодный лазерный анализатор компании Yokogawa TDLS200(TDL).....	287
10.6. Газоанализатор стационарный со сменными сенсорами CCC-903	288
10.7. Газоанализаторы универсальные «Сигма-03».....	290
Глава 11. Сопряжение датчиков с системами управления.....	292
11.1. Назначение и характеристики программируемых логических контроллеров	294
11.2. Модули программируемых логических контроллеров	298
11.3. Характеристики каналов ввода/вывода.....	301
11.4. Сопряжение датчиков с двухпроводной токовой линией связи	302
11.5. Сопряжение датчиков с системами управления в невзрывоопасной зоне	304
11.6. Сопряжение датчиков с системами управления во взрывоопасной зоне	305
11.7. Соединения датчиков с промышленными интерфейсными шинами.....	308

Часть 2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПЫТАНИЙ

Глава 12. Организация испытаний	310
12.1. Испытания — важный элемент обеспечения качества и конкурентоспособности продукции. Структура испытаний	310
12.2. Воздействующие факторы на ОИ. Классификация испытаний	322
12.3. Проблематика испытаний	329
12.4. Технологический цикл испытаний	341
12.5. Испытания на надежность	348
12.6. Особенности программ испытаний на надежность машиностроительной продукции	357
12.7. Аккредитация испытательных лабораторий и аттестация средств испытаний.....	370

Глава 13. Испытания на воздействия факторов внешней среды	373
13.1. Основные факторы, вызывающие повреждения элементов машин и приборов	373
13.2. Особенности формирования испытательных воздействий, обусловленных теплообменом	395
13.3. Оценка влияния температуры на свойства материалов.....	402
13.4. Термокамеры	406
13.5. Особенности технических средств для комбинированных и комплексных испытаний	422
Глава 14. Испытания изделий на воздействие внешних механических и гидрогазовых факторов.....	427
14.1. Классификация механических нагрузок и основные требования к соответствующему испытательному оборудованию.....	427
14.2. Испытания на воздействие плавно меняющихся и инерциальных нагрузок	429
14.3. Проведение испытаний на воздействие вибрационных и ударных нагрузок	435
14.3.1. Вибрационное и ударное нагружение объектов измерения	435
14.3.2. Технические средства испытаний на вибрационные и ударные воздействия	446
14.3.3. Технические средства проведения испытаний на ударные воздействия.....	453
14.3.4. Средства измерения значений параметров удара	463
14.4. Стендовые имитаторы гидравлической энергии и проливочные установки	465
14.5. Испытания на масштабных моделях	467

Часть 3

ИСПЫТАНИЕ НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Глава 15. Испытания металлоконструкций буровых установок	477
15.1. Конструкции буровых вышек	477
15.2. Основные параметры буровых вышек.....	483
15.3. Испытание металлоконструкций вышек буровых установок при изготовлении.....	483
15.4. Материально-техническое и метрологическое обеспечение испытаний	488
15.5. Порядок проведения испытаний.....	490
15.6. Расчет несущей способности металлоконструкций буровых установок по фактическому состоянию.....	494
Глава 16. Испытания трубопроводной арматуры	497
16.1. Основные виды контроля трубопроводной арматуры.....	498
16.2. Виды испытаний трубопроводной арматуры	499
16.3. Основные испытания.....	501
16.4. Контроль герметичности относительно внешней среды.....	510
16.5. Контроль герметичности затвора	517

Глава 17. Контроль и испытания конических резьбовых соединений элементов бурильной колонны и забойных двигателей	523
17.1. Особенности конструкции и изготовления конических резьбовых соединений	523
17.2. Система контроля, взаимозаменяемость и специфика сборки конических резьбовых соединений	529
17.3. Поэлементный контроль параметров конической резьбы	532
17.4. Методика испытаний на износостойкость замковых резьбовых соединений бурильной колонны при многократном свинчивании	540
17.5. Методика испытаний резьбовых соединений на усталость	544
17.6. Методика испытаний резьбовых соединений на герметичность и статическую прочность при осевом растяжении и изгибе	547
Глава 18. Испытания газотурбинных газоперекачивающих агрегатов	551
18.1. Назначение газоперекачивающих агрегатов	551
18.1.1. Комплектность газоперекачивающих агрегатов.	
Типовые технические характеристики к газотурбинным ГПА	551
18.2. Общие требования к газотурбинным газоперекачивающим агрегатам	553
18.3. Порядок подготовки к испытанию	559
18.4. Требования безопасности при проведении испытаний	570
18.5. Требования к средствам проведения испытаний и испытательным стендам	573
18.6. Условия проведения испытаний и основные параметры испытаний	575
18.7. Методы контроля при проведении испытаний	577
18.8. Измерительные средства	583
18.9. Оформление результатов испытаний	585
Список литературы	587
Приложение	590
Сведения об авторах	595