

В.Б. Великанов, Ю.В. Денисов

**ОСНОВЫ
НАУЧНОГО
СОПРОВОЖДЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВА
ПРЕЦИЗИОННЫХ
ПРИБОРОВ**

В.Б. Великанов, Ю.В. Денисов

**ОСНОВЫ НАУЧНОГО
СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА
ПРЕЦИЗИОННЫХ ПРИБОРОВ**

Второе издание, переработанное и дополненное

Екатеринбург
2016

УДК 681.2
ББК 34.9
В26

Научный редактор 1-го издания академик *Н.Н. Красовский*

Научный редактор 2-го издания доктор физико-математических наук *Н.Ю. Лукоянов* (директор ИММ УрО РАН)

Рецензенты:

зав. лабораторией системного моделирования ИМАШ УрО РАН, д-р техн. наук, проф. *А.Г. Залазинский*

профессор кафедры технологии машиностроения ММИ УрФУ, д-р техн. наук, ст. научн. сотр. *А.Я. Красильников*

Великанов, В.Б.

В26 Основы научного сопровождения производства прецизионных приборов / В.Б. Великанов, Ю.В. Денисов. – Екатеринбург : МИЦ, 2016. – 248 с.

ISBN 978-5-9907151-3-4

Рассматриваются возможности использования натурального и математического моделирования при производстве прецизионных приборов на серийном предприятии. Предлагаются инструментальные средства системы научного сопровождения производства приборов – концептуальные модели, причинно-следственные диаграммы, аналитические и экспериментальные зависимости, рассматриваются вопросы математического моделирования колебаний механических систем. Достаточно общие вопросы, анализирующие физические процессы в приборах, иллюстрируются для широкого класса вибрационных и инерционных приборов, датчиков ускорения. Рассматриваются технологические аспекты изготовления прецизионных приборов.

Вопросы технологии могут быть полезны разработчикам приборов, вопросы, связанные с физическими основами процессов в приборах, – технологическим службам серийного предприятия. Материал книги может быть использован бакалаврами и магистрами высших учебных заведений в области приборостроения.

УДК 681.2
ББК 34.9

© Великанов В.Б.,
Денисов Ю.В., 2016

ISBN 978-5-9907151-3-4

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие научного редактора 1-го издания.....	3	
Предисловие научного редактора 2-го издания.....	4	
Введение.....	5	
Глава 1		
Методология использования системы научного сопровождения		
прецизионных приборов	9	
Заключение	21	
Глава 2		
Математическое моделирование колебаний		
механических систем с распределенными параметрами		22
2.1. Собственные частоты колебаний однородного стержня при различных типах граничных условий.....	23	
2.2. Влияние сопротивления на свободные колебания стержня (учет внутреннего трения в материале)	34	
2.3. Частоты колебаний при переменной по длине изгибной жесткости	36	
2.4. Колебания чувствительного элемента в магнитном поле	38	
2.5. Учет влияния геометрических размеров упругих элементов при определении эквивалентной жесткости системы.....	40	
2.6. Учет влияния продольной силы на частоту свободных колебаний.	45	
2.7. Учет влияния реологических свойств материала на свободные колебания стержня	46	
2.8. Зависимость частоты свободных колебаний от температуры	48	
2.9. Колебания при случайном характере параметров системы	49	
Заключение	51	
Глава 3		
Инженерный анализ параметров технологического процесса		
и конструктивных параметров вибрационного прибора		52
3.1. Конструктивная схема и описание работы прибора	53	
3.2. Концептуальная модель прибора и причинно-следственная диаграмма оценки факторов, влияющих на функциональные характеристики.....	54	
3.3. Математическое моделирование колебаний чувствительного элемента вибрационного прибора.....	59	
3.4. Диаграммы оценки факторов, влияющих на параметры сплава 45НХТ.....	63	
3.5. Управление технологическим процессом для обеспечения критичных параметров прибора	65	
3.6. Анализ датчиков ускорения, получивших рекламацию	69	
3.7. Оценка влияния конструктивных параметров и параметров процесса на функциональные характеристики вибрационного прибора.....	76	
Заключение	89	

Глава 4

Комплексная система управления технологическим процессом при изготовлении инерционных приборов	91
4.1. Конструктивная схема и описание работы прибора	93
4.2. Кинематическая схема прибора	94
4.3. Концептуальная модель прибора и причинно-следственная диаграмма оценки факторов, влияющих на его функциональные характеристики	95
4.4. Математическое моделирование движения чувствительного элемента	103
4.5. Инженерный анализ влияния конструктивных параметров и параметров технологического процесса на функциональные характеристики инерционного прибора	111
Заключение	126

Глава 5

Математическое моделирование в производстве инерционных приборов с вращательным движением чувствительного элемента	127
5.1. Конструктивное исполнение и принципы работы инерционного прибора	127
5.2. Определение функциональных характеристик прибора	128
5.3. Расширенный спектр критичных конструктивных параметров инерционного прибора и их влияние на функциональные характеристики	139
5.4. Использование математического моделирования для совершенствования технологии изготовления инерционного прибора	143
Заключение	147

Глава 6

Научное сопровождение производства механических датчиков ускорения	148
6.1. Основные конструктивные схемы механических датчиков ускорения	148
6.2. Определение функциональных характеристик датчиков ускорения	150
6.3. Расширенный спектр критичных конструктивных параметров, системный анализ влияния параметров датчиков на их функциональные характеристики	164
6.4. Использование математического моделирования для совершенствования технологии изготовления датчиков ускорения	168
6.5. Использование математического моделирования для оптимизации процесса сборки и настройки датчиков	170
Заключение	176

Глава 7

Инженерный анализ работы электрических контактов при наличии жидкой среды	178
7.1. Конструктивная схема контактной группы. Перечень решаемых задач	179

7.2. Причинно-следственная диаграмма влияния конструктивных параметров и параметров процесса на функциональные характеристики контактной группы (электрическое сопротивление контактов, падение напряжения на контактах).....	180
7.3. Требования к материалу пружин.....	184
7.4. Пленки на контактных поверхностях. Использование вероятностных моделей.....	187
7.5. Анализ давления в зоне контакта.....	193
7.6. Электрическое сопротивление контактов. Падение напряжения на контактах.....	201
7.7. Технологические аспекты изготовления контактной пары.....	203
Заключение.....	205

Глава 8

Управление технологическим процессом изготовления прецизионных приборов.....	206
8.1. Экспериментальные зависимости между параметрами технологического процесса, характеристиками материала и конструктивными параметрами приборов.....	208
8.2. Использование методов научного сопровождения для повышения эффективности производства вибрационных приборов.....	214
8.3. Характеристики технологического процесса изготовления инерционных приборов.....	223
Заключение.....	226

Глава 9

Особенности современных автоматизированных систем технологической подготовки производства.....	227
9.1. Автоматизация проектирования в технологической подготовке производства.....	227
9.2. Разработка инвариантных алгоритмов решения задач технологического проектирования механической обработки.....	235
Заключение.....	240
Литература.....	241