



Перминов Б.А., Перминов В.Б., Ягубов З.Х., Ягубов Э.Э.

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРИРАЩЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ

Монография

Новосибирск  
2019

УДК 622.24:531.7

ББК 30.10+33.131

О753

Рецензенты:

*Кузьбожев А.С.* - доктор технических наук, и. о. заместителя директора по научной работе филиала ООО "ВНИИГАЗ" в г. Ухта;

*Хорошавин В.С.* - доктор технических наук, профессор кафедры ЭПиАПУ ВятГУ.

Перминов Б.А., Перминов В.Б., Ягубов З.Х. Ягубов Э.З.

**О753 «Основы теории измерений динамических приращений параметров»:** – Монография; – Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2019. – 186 с.

ISBN 978-5-4379-0615-6

В монографии изложены материалы многолетних исследований по анализу и синтезу методов и средств измерений динамических приращений параметров. Введены понятия вариационных отклонений измеряемой физической величины от среднестатистических значений и предложены варианты структур для их выделения. Проведен полный метрологический анализ вариационных структур измерения и предложен синтез двухвходовых структур на их основе, позволяющий реализовать измерение динамических приращений параметров. Показана эффективность применения двухвходовых структур для построения компьютерных средств измерения динамических приращений параметров, а также для целей управления технологическими процессами, имеющих сложную не предсказуемую динамику – например системы управления процессом бурения скважин на нефть и газ.

ББК 30.10+33.131

ISBN 978-5-4379-0615-6

© Перминов Б.А., Перминов В.Б., Ягубов З.Х. Ягубов Э.З., 2019 г.

© АНС «СибАК», 2019 г.

## СОДЕРЖАНИЕ:

<b>Предисловие</b> .....	<b>6</b>
<b>Глава 1. Общие положения</b> .....	<b>7</b>
1.1. Основные понятия .....	10
1.2. Динамические свойства вариационных структур .....	14
1.3. Условие максимальной чувствительности вариационной структуры .....	17
1.4. Погрешности вариационных структур .....	20
1.5. Особенности частотных свойств вариационной структуры .....	22
<b>Глава 2. Двухвходовые структуры измерения динамических приращений параметров</b> .....	<b>27</b>
2.1. Построение двухвходовой структуры измерения динамических приращений параметров .....	27
2.2. Метрологические свойства двухвходовых структур деления .....	32
2.3. Динамические ошибки измерения в двухвходовых структурах деления .....	38
2.4. Частотные свойства двухвходовых структур деления ..	45
2.5. Квазирезонанс в двухвходовых структурах деления ...	50
<b>Глава 3. Реализация двухвходовых структур деления</b> .....	<b>60</b>
3.1. Синтез двухвходовой структуры при косвенных измерениях крутящего момента .....	60

3.2. Способ выделения и измерения динамических составляющих крутящего момента .....	70
3.3. Согласование инерционных свойств двухвходовой структуры измерения градиента крутящего момента с системой управления бурением .....	74
<b>Глава 4. Разработка компьютерных средств измерения параметров бурения .....</b>	<b>83</b>
4.1. Предпосылки разработки компьютерных средств для измерения динамических приращений параметров бурения ..	83
4.2. Математическое моделирование вариационной структуры измерения крутящего момента .....	91
4.3. Реализация двухвходовой системы контроля крутящего момента как компьютерного средства измерения .....	96
4.4. Производственные испытания двухвходовой системы контроля параметров бурения .....	109
<b>Глава 5. Применение двухвходовых структур для целей управления и контроля .....</b>	<b>118</b>
5.1. Предпосылки построения систем управления на базе двухвходовых структур .....	118
5.2. Оптимизация локальных систем управления бурением по градиенту крутящего момента .....	120
5.3. Локальная система управления бурением по градиенту крутящего момента .....	130
5.4. Релаксационные колебания в системе «бурильная колонна – привод» .....	141
5.5. Синтез противофазной системы управления бурением (способ Ягубова – Перминова) .....	148

<b>Заключение .....</b>	<b>155</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>157</b>
<b>Приложение 1. ....</b>	<b>165</b>
<b>Приложение 2. ....</b>	<b>173</b>
<b>Приложение 3. ....</b>	<b>184</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Бурное развитие автоматизации технологических процессов, внедрение робототехники, разработка систем управления и регулирования на новых принципах построения с использованием новых видов управляющих воздействий приводят к совершенствованию методов и средств измерения, появлению новых способов измерения, новых видов параметров измерения физических величин, которые могли бы быть использованы как управляющие воздействия в системах управления.

Так например для стабилизации динамических процессов при работе бурильной колонны в скважине использование отклонений физической величины заданного параметра недостаточно, а требуется определение и введение в программу управления технологического процесса бурения скоростных, динамических процессов их изменения. Однако подобное направление в теории измерений отсутствует, соответственно отсутствует и метрологическое обеспечение этого направления измерений.

В этой связи возникает насущная необходимость в разработке методов и средств измерения динамических приращений параметров, метрологическом обеспечении этих методов измерения, анализе динамических и частотных свойств структур измерения динамических параметров, синтезе средств измерения, оценке специфических особенностей подобных методов и средств измерения.

В результате изучения многолетних работ, посвященных анализу и синтезу средств измерения динамических приращений параметров авторам удалось скомпоновать основные вопросы построения и анализа измерительных структур динамических приращений параметров, разработать ряд образцов на базе предлагаемой теории и дать метрологическое обоснование разработанным измерительным структурам.

Предлагаемая вниманию работа посвящена методам выделения динамических приращений из сложного сигнала, анализу и синтезу измерительных структур динамических приращений параметров, метрологическим, динамическим и частотным характеристикам этих структур, специфическим свойствам измерительных структур, анализу динамических погрешностей и синтезу компьютерных средств измерения динамических приращений параметров.

*Перминов Б.А., Перминов В.Б., Ягубов З.Х., Ягубов Э.З.*

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРИРАЩЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ

Монография

Подписано в печать 20.02.19. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 11,625. Тираж 550 экз.

Издательство АНС «СибАК»  
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, оф. 4.  
E-mail: [mail@sibac.info](mailto:mail@sibac.info)

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3.

16+