

УДК 006.91:90.03.03

В.Т. КОНДРАТОВ

Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины

**ТЕОРИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ И СВЕРХИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ:
 ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕТВЕРТОЙ ГРУППЫ КОМБИНАТОРНЫХ
 СПОСОБОВ УСРЕДНЕНИЯ ТРЕТЬЕЙ ГРУППЫ ПРАВИЛ ВЫВОДА УРАВНЕНИЙ
 ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ КРУТИЗНЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
 СООБЩЕНИЕ 7.6.2**

В настоящем сообщении дальнейшее развитие получила теория избыточных и сверхизбыточных измерений в части исследования шести разновидностей четвертой группы комбинаторных способов усреднения третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

Показана возможность получения 479520 уравнений избыточных измерений крутизны преобразования за счет использования 480 комбинаторных формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, комбинаторных способов пространственно-временного усреднения при двух позициях коэффициентов накопления и двух взаимно инверсных структур уравнений избыточных измерений. Приведены формулировки правил вывода уравнений избыточных измерений для каждого из шести разновидностей четвертой группы комбинаторных способов усреднения.

Работа представляет интерес для ученых-метрологов, специалистов, магистров и аспирантов, изучающих избыточные и сверхизбыточные измерения.

Ключевые слова: правила вывода, уравнения избыточных измерений, формализованные описания, комбинаторные уравнений величин, комбинаторные способы усреднения.

V.T. KONDRATOV

V.M. Glushkov Institute of cybernetics of National academy of Science of Ukraine

**THE THEORY OF REDUNDANT AND SUPER-REDUNDANT MEASUREMENTS:
 THE FORMALIZED DESCRIPTION OF THE FOURTH GROUP OF COMBINATORY WAYS OF AVERAGING OF
 THE THIRD GROUP OF DERIVATION RULES OF THE EQUATIONS OF REDUNDANT MEASUREMENTS OF THE
 STEEPNESS OF TRANSFORMATIONS.**

The message 7.6.2

***Abstract** — It is established eight versions of independent ensembles of combinatory ways of the averaging united in stages and variants of averaging of the quantities with the same name according to offered laws of averaging.*

For the first time 360000 formalized equations of redundant measurements of a steepness transformation with spatio-temporal averaging of output quantities, received with use of the third – the eighth versions of the fourth group of combinatory ways of averaging are described.

Definitions are given the general and private rules of derivation of the equations of redundant measurements in which are used the fourth group of combinatory ways of spatio-temporal averaging of the quantities with the same name.

Possibility of reception of 479520 equations of redundant measurements of a steepness of transformation is shown at use of eight versions of the fourth group of combinatory ways of averaging and different positions of factors of accumulation. It testifies to ample opportunities of the fourth group of combinatorics ways of spatio-temporal averaging of the quantities with the same name in a combination to change of a positional location of factors of accumulation.

The received results can be used for the further development of metrological combinatorics at number $m = 5, 7, \dots, 10(12)$ of input physical quantities number of their measuring transformations from 2 to 34.

Topical are researches of statistical properties of ensembles of the equations of the redundant measurements received at realisation of the fourth group of combinatory ways of averaging of the output with the same name

Введение

В сообщении 7.6.1 [1] исследованы способы получения 480 формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования без пространственно-временного усреднения выходных величин и способы получения 119520 формализованных уравнений избыточных измерений для двух разновидностей четвертой группы комбинаторных способов пространственно-временного усреднения третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. В основу положено как комбинаторные изменения числа усредняемых выходных величин, так и изменения положений двух коэффициентов накопления, связанных с выходными величинами двух пар взаимно инверсных структурах уравнений избыточных измерений. Данные подходы описаны впервые.

Объект исследований — процессы вывода уравнений избыточных измерений для решения метрологических задач сверхизбыточных измерений с усреднением результатов многократных, но не более десяти, измерительных преобразований входных величин.

Предмет исследований — процесс вывода формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования без усреднения и с усреднением на основе четвертой (из шести) группы комбинаторных способов пространственно-временного усреднения выходных величин при десятикратных измерительных преобразованиях m входных физических величин ($m = 6$) и линейной функции

преобразования измерительного канала.

Целью работы является ознакомление ученых и специалистов с способами формирования ансамблей формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением при использовании третьей – восьмой разновидностей четвертой группы комбинаторных способов усреднения выходных величин с учетом четырех базовых комбинаторных уравнений величин, а также с соответствующими правилами вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования измерительного канала.

Ниже рассматриваются способы вывода и формализованное описание уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с пространственно-временным усреднением одноименных выходных величин для шести разновидностей четвертой группы комбинаторных способов усреднения, пути и методы получения новых ансамблей уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

Результаты исследований

Третья группа правил вывода уравнений избыточных измерений на основе четвертой группы комбинаторных способов пространственно-временного усреднения выходных величин

В работе [1] приведены четыре ансамбля по 120 базовых формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. В общем виде они описывают структуру пространственно-временных связей выходных величин при их неизменных позициях в структуре уравнений измерений и служат основой для дальнейшего формирования ансамблей формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением одноименных величин. Между собой они отличаются неповторяющимися совокупностями выходных физических величин и местоположением коэффициентов накопления.

Совокупность уравнений избыточных измерений крутизны преобразования формализовано описывается четырьмя разновидностями комбинаторных уравнений величин, полученных при разных позициях (положениях) коэффициентов накопления k_2 и k_3 , разного числа усредняемых выходных величин, т.е. $n_1 \neq n_2 \neq n_3$, и при условии, что $i \neq j \neq 0$, $k_2 = 2$, а $k_3 = 3$ [1]:

$$\overline{S_{л1}^{III-III}} = \frac{1}{x_1^*} \left[\left(\frac{k_2}{n_1} \sum_{t=1}^{n_1} U'_{it1} + \frac{1}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} U'_{it2} \right) - \frac{k_3}{n_3} \sum_{t=1}^{n_3} U'_{ij1} \right] = \frac{1}{x_1^*} \left[(k_2 \overline{U_{it1}} + \overline{U_{it2}}) - k_3 \overline{U_{ij1}} \right], \quad (1)$$

$$\overline{S_{л2}^{III-III}} = \frac{1}{x_2^*} \left[\left(\frac{1}{n_1} \sum_{t=1}^{n_1} U'_{it1} + \frac{k_2}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} U'_{it2} \right) - \frac{k_3}{n_3} \sum_{t=1}^{n_3} U'_{ij1} \right] = \frac{1}{x_2^*} \left[(\overline{U_{it1}} + k_2 \overline{U_{it2}}) - (k_3 \overline{U_{ij1}}) \right], \quad (2)$$

$$\overline{S_{л3}^{III-III}} = \frac{1}{x_3^*} \left[\frac{k_3}{n_1} \sum_{t=1}^{n_1} U'_{it1} - \left(\frac{1}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} U'_{ij1} + \frac{k_2}{n_3} \sum_{t=1}^{n_3} U'_{ij2} \right) \right] = \frac{1}{x_3^*} \left[k_3 \overline{U_{it1}} - (\overline{U_{ij1}} + k_2 \overline{U_{ij2}}) \right], \quad (3)$$

$$\overline{S_{л4}^{III-III}} = \frac{1}{x_4^*} \left[\frac{k_3}{n_1} \sum_{t=1}^{n_1} U'_{it1} - \left(\frac{1}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} U'_{ij1} + \frac{k_2}{n_3} \sum_{t=1}^{n_3} U'_{ij2} \right) \right] = \frac{1}{x_4^*} \left[(k_3 \overline{U_{it1}}) - (\overline{U_{ij1}} + k_2 \overline{U_{ij2}}) \right]. \quad (4)$$

Комбинаторные уравнения величин (1) ... (4) в общем виде описывают структуры пространственно-временных связей выходных величин, их позиции в данной структуре величин, а также местоположения двух коэффициентов накопления.

Третья разновидность пятой группы комбинаторных способов усреднения

Сущность третьей разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения состоит в использовании всех 120 комбинаторных вариантов перестановок трех из шести неповторяющихся выходных величин и двух коэффициентов накопления, входящих в структуру базового комбинаторного уравнения величин, при усреднении нечетных количества первой и третьей выходных величин и четных количеств второй выходной величины согласно табл. 1.

Формализовано сущность третьей разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения также можно представить в виде таблицы (см. табл. 1) с указанием базового комбинаторного уравнения величин, этапов пространственно-временного усреднения, используемых вариантов комбинаторных способов усреднения заданной последовательностей выходных величин, общего количества пространственно-временных способов усреднения, а также с указанием позиционного положения коэффициентов накопления.

Пространственно-временное усреднение трех выходных величин, входящих в структуру уравнений избыточных измерений, осуществляется путем поочередного комбинаторного усреднения одноименных величин при разных перестановках и разных количествах усредняемых величин, например, при t равном: 1, 2, 1; 1, 6, 1; 1, 10, 1; 3, 4, 1; 3, 8, 1; 5, 2, 1; 5, 6, 1; 5, 10, 1 и т.д. (табл. 1).

В табл. 2 приведены примеры записей для 10-го варианта 5-го этапа усреднения 1-го, 60-го и 120-го формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением (частный случай $t = 3, 10, 9$ (см. табл. 1).

Формализованное представление третьей разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по третьей группе комбинаторных способов									
Базовый вариант 1		Базовый вариант 2		Базовый вариант 3		Базовый вариант 4			
$[(k_2\overline{U'_{i1}} + \overline{U'_{i2}}) - k_3\overline{U'_{j1}}]/x^*$		$[(\overline{U'_{i1}} + k_2\overline{U'_{i2}}) - k_3\overline{U'_{j1}}]/x^*$		$[k_3\overline{U'_{i1}} - (k_2\overline{U'_{j1}} + \overline{U'_{j2}})]/x^*$		$[(k_3\overline{U'_{i1}}) - (\overline{U'_{j1}} + k_3\overline{U'_{j2}})]/x^*$			
Здесь t — нечетные и четные сочетания количеств одноименных величин									
<u>1-й этап</u>	<u>2-й этап</u>	<u>3-й этап</u>	<u>4-й этап</u>	<u>5-й этап</u>	<u>6-й этап</u>	<u>7-й этап</u>	<u>8-й этап</u>	<u>9-й этап</u>	<u>10-й этап</u>
1) 1,2,1;	1) 1,6,1;	1) 1,10,1;	1) 3,4,1;	1) 3,8,1;	1) 5,2,1;	1) 5,6,1;	1) 5,10,1;	1) 7,4,1;	1) 7,8,1;
2) 1,2,3;	2) 1,6,3;	2) 1,10,3;	2) 3,4,3;	2) 3,8,3;	2) 5,2,3;	2) 5,6,3;	2) 5,10,3;	2) 7,4,3;	2) 7,8,3;
3) 1,2,5;	3) 1,6,5;	3) 1,10,5;	3) 3,4,5;	3) 3,8,5;	3) 5,2,5;	3) 5,6,5;	3) 5,10,5;	3) 7,4,5;	3) 7,8,5;
4) 1,2,7;	4) 1,6,7;	4) 1,10,7;	4) 3,4,7;	4) 3,8,7;	4) 5,2,7;	4) 5,6,7;	4) 5,10,7;	4) 7,4,7;	4) 7,8,7;
5) 1,2,9;	5) 1,6,9;	5) 1,10,9;	5) 3,4,9;	5) 3,8,9;	5) 5,2,9;	5) 5,6,9;	5) 5,10,9;	5) 7,4,9;	5) 7,8,9;
6) 1,4,1;	6) 1,8,1;	6) 3,2,1;	6) 3,6,1;	6) 3,10,1;	6) 5,4,1;	6) 5,8,1;	6) 7,2,1;	6) 7,6,3;	6) 7,10,1;
7) 1,4,3;	7) 1,8,3;	7) 3,2,3;	7) 3,6,3;	7) 3,10,3;	7) 5,4,3;	7) 5,8,3;	7) 7,2,3;	7) 7,6,5;	7) 7,10,3;
8) 1,4,5;	8) 1,8,5;	8) 3,2,5;	8) 3,6,5;	8) 3,10,5;	8) 5,4,5;	8) 5,8,5;	8) 7,2,5;	8) 7,6,7;	8) 7,10,5;
9) 1,4,7;	9) 1,8,7;	9) 3,2,7;	9) 3,6,7;	9) 3,10,7;	9) 5,4,7;	9) 5,8,7;	9) 7,2,7;	9) 7,6,9;	9) 7,10,7;
10) 1,4,9;	10) 1,8,9;	10) 3,2,9;	10) 3,6,9;	10) 3,10,9;	10) 5,4,9;	10) 5,8,9;	10) 7,2,9;	10) 7,6,9;	10) 7,10,9;
		<u>11-й этап</u>	<u>12-й этап</u>	<u>13-й этап</u>					
		1) 9,2,1;	6) 9,4,1;	1) 9,6,1;	6) 9,8,1;	1) 9,10,1;			
		2) 9,2,3;	7) 9,4,3;	2) 9,6,3;	7) 9,8,3;	2) 9,10,3;			
		3) 9,2,5;	8) 9,4,5;	3) 9,6,5;	8) 9,8,5;	3) 9,10,5;			
		4) 9,2,7;	9) 9,4,7;	4) 9,6,7;	9) 9,8,7;	4) 9,10,7;			
		5) 9,2,9;	10) 9,4,9;	5) 9,6,9;	10) 9,8,9;	5) 9,10,9;			

Таблица 2

Ансамбли формализованных уравнений избыточных измерений с использованием третьей группы комбинаторных способов усреднения выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин вида $[(k_2\overline{U'_{3i1}} + \overline{U'_{10i2}}) - k_3\overline{U'_{9j1}}]/x^*$ (везде $t = 3, 10, 9$ из табл. 1)									
Первый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 10-го варианта 5-го этапа усреднения)									
1	$[(k_2\overline{U'_{31}} + \overline{U'_{102}}) - k_3\overline{U'_{93}}]/x^*$	...	60	$[(k_2\overline{U'_{33}} + \overline{U'_{106}}) - k_3\overline{U'_{95}}]/x^*$	...	120	$[(k_2\overline{U'_{36}} + \overline{U'_{105}}) - k_3\overline{U'_{94}}]/x^*$		
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $[(\overline{U'_{3i1}} + k_2\overline{U'_{10i2}}) - k_3\overline{U'_{9j1}}]/x^*$									
Первый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 10-го варианта 5-го этапа усреднения)									
1	$[(\overline{U'_{31}} + k_2\overline{U'_{102}}) - k_3\overline{U'_{93}}]/x^*$	...	60	$[(\overline{U'_{33}} + k_2\overline{U'_{106}}) - k_3\overline{U'_{95}}]/x^*$	...	120	$[(\overline{U'_{36}} + k_2\overline{U'_{105}}) - k_3\overline{U'_{94}}]/x^*$		
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $[k_3\overline{U'_{3i1}} - (k_2\overline{U'_{10j1}} + \overline{U'_{9j2}})]/x^*$									
Третий ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 10-го варианта 5-го этапа усреднения)									
1	$[k_3\overline{U'_{31}} - (k_2\overline{U'_{102}} + \overline{U'_{93}})]/x^*$	...	60	$[k_3\overline{U'_{33}} - (k_2\overline{U'_{106}} + \overline{U'_{95}})]/x^*$	...	120	$[k_3\overline{U'_{36}} - (k_2\overline{U'_{105}} + \overline{U'_{94}})]/x^*$		
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $[(k_3\overline{U'_{3i1}}) - (\overline{U'_{10j1}} + k_2\overline{U'_{9j2}})]/x^*$									
Четвёртый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 10-го варианта 5-го этапа усреднения)									
1	$[k_3\overline{U'_{31}} - (\overline{U'_{102}} + k_2\overline{U'_{93}})]/x^*$	...	60	$[k_3\overline{U'_{33}} - (\overline{U'_{106}} + k_2\overline{U'_{95}})]/x^*$	...	120	$[k_3\overline{U'_{36}} - (\overline{U'_{105}} + k_2\overline{U'_{94}})]/x^*$		

Для более полного восприятия вида формализованных уравнений величин, в качестве примера

запишем, через знак суммы, четыре базовые закономерности, соответствующие 1-у и 120-у комбинаторным уравнениям избыточных измерений с усреднением одноименных выходных величин (см. табл. 1, 10-й вариант 5-го этапа усреднения, т.е. при $t = 3, 10, 9$:

$$\left. \begin{aligned}
 & 1) 1. \left[\left(\frac{k_2}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{t2} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t2} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(\frac{k_2}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{t6} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t5} \right) - \frac{k_3}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t4} \right] / x^*, \\
 & 2) 1. \left[\left(\frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{t1} + \frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t2} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(\frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{t6} + \frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t5} \right) - \frac{k_3}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t4} \right] / x^*, \\
 & 3) 1. \left[\sum_{t=1}^{t=3} U'_{t1} - \left(\frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t2} + \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t3} \right) \right] / x^*, \dots, 120. \left[\sum_{t=1}^{t=3} U'_{t6} - \left(\frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t5} - \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t4} \right) \right] / x^*, \\
 & 4) 1. \left[\sum_{t=1}^{t=3} U'_{t1} - \left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t2} + \frac{k_2}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t3} \right) \right] / x^*, \dots, 120. \left[\sum_{t=1}^{t=3} U'_{t6} - \left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t5} + \frac{k_2}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t4} \right) \right] / x^*.
 \end{aligned} \right\} (5)$$

Третьей разновидности формализованных уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения присущи следующие особенности: а) все три выходные величины получают путем усреднения нечетного количества первой и третьей, и четного количества второй выходных величин; б) выходные величины не содержат одинаковое число усредняемых одноименных величин; в) в 13-ти этапах усреднения в структуре комбинаторных уравнений величин без усреднения остается первая (слева) величина в 33 вариантах, причем в 1-м, 2-м и 3-м этапах усреднения первая величина не усредняется в 26-х вариантах. По две выходные величины не усредняются в 5-ти вариантах комбинаторных уравнений величин; г) каждый последующий ряд чисел получают путем изменения предыдущего ряда чисел на две единицы (по правилу накопления чисел) (см. табл. 1); д) разное позиционное положение коэффициентов накопления при двух парах взаимно инверсных структур комбинаторных уравнений величин обеспечивает увеличение в четыре раза общего числа получаемых формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, т.е. до 480.

Установлено, что третья разновидность ансамблей уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения состоит из 60000 ($120 \times 4 \times 125 = 60000$) формализованных уравнений избыточных измерений для всех четырех базовых комбинаторных уравнений величин с усреднением.

Указанные особенности и структуры формализованных уравнений избыточных измерений учитываются при программно-технической реализации процессов усреднения, выборе необходимого объема данных и их обработки.

Приведем обобщенные частные определения правилам вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, применяемые при использовании третьей разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения для выводов 3-й группы правил.

Определение 1 (для (1) и (2))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания накопленных выходных величин, полученных в результате усреднения нечетного количества одноименных величин, из суммы двух неповторяющихся разноименных выходных величин, усредненных, соответственно, при нечетном и четном количествах одноименных величин с учетом двух комбинаторных позиций коэффициента накопления k_2 , с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Под одноименными величинами понимают многократно преобразованные выходные величины, размеры которых отличаются между собой только значениями погрешности. На их основе и формируются усредненные выходные величины [1]. Коэффициенты накопления — коэффициенты при выходных величинах, характеризующие используемое количество этих величин при усреднениях.

Определение 2 (для (3) и (4))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания одной суммы разноименных выходных величин, полученных в результате усреднения, соответственно, нечетного и четного количества одноименных выходных величин при двух комбинаторных позиций коэффициентов накопления k_2 , из другой накопленной суммы неповторяющихся выходных величин, усредненных при нечетном количестве одноименных величин с учетом коэффициента накопления k_3 , с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Определение 3 (обобщенное)

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования следует начинать с перебора всех вариантов разности сумм неповторяющихся разноименных выходных величин, усредненных согласно

закономерности «нечет – чет – нечет» с учетом двух положений коэффициентов накопления во взаимно инверсных структурах уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Таким образом, каждый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений, получают путем использования третьей разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения и перебора количества усредняемых выходных величин, входящих в структуру формализованных комбинаторных уравнений величин согласно табл. 1. Причем, первый ансамбль получают при позиционном расположении коэффициента накопления k_2 при первой из выходных величин первой суммы, второй ансамбль, — при второй, третий ансамбль, — при второй, а четвертый — при третьей выходной величине (см. табл. 2).

Четвертая разновидность четвертой группы комбинаторных способов усреднения

Сущность четвертой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения состоит в использовании 120 комбинаторных вариантов перестановок трех из шести неповторяющихся выходных величин и двух коэффициентов накопления, входящих в структуру базового комбинаторного уравнения величин, при формировании первой выходной величины путем усреднения нечетных количеств одноименных величин, а второй и третьей, — путем усреднения их при четных количествах одноименных величины согласно табл. 3.

Таблица 3

Формализованное представление четвертой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по пятой группе комбинаторных способов для									
Базовый вариант 1		Базовый вариант 2		Базовый вариант 3		Базовый вариант 4			
$[(k_2 \overline{U'_{i1}} + \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}}] / x^*$		$[(\overline{U'_{i1}} + k_2 \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}}] / x^*$		$[k_3 \overline{U'_{i1}} - (k_2 \overline{U'_{j1}} + \overline{U'_{j2}})] / x^*$		$[(k_3 \overline{U'_{i1}}) - (\overline{U'_{j1}} + k_3 \overline{U'_{j2}})] / x^*$			
Здесь t — сочетания количеств одноименных величин типа «нечет – чет – чет»									
<u>1-й этап</u>	<u>2-й этап</u>	<u>3-й этап</u>	<u>4-й этап</u>	<u>5-й этап</u>	<u>6-й этап</u>	<u>7-й этап</u>	<u>8-й этап</u>	<u>9-й этап</u>	<u>10-й этап</u>
1) 1,2,2;	1) 1,6,2;	1) 1,10,2;	1) 3,4,2;	1) 3,8,2;	1) 5,2,2;	1) 5,6,2;	1) 5,10,2;	1) 7,4,2;	1) 7,8,2;
2) 1,2,4;	2) 1,6,4;	2) 1,10,4;	2) 3,4,4;	2) 3,8,4;	2) 5,2,4;	2) 5,6,4;	2) 5,10,4;	2) 7,4,4;	2) 7,8,4;
3) 1,2,6;	3) 1,6,6;	3) 1,10,6;	3) 3,4,6;	3) 3,8,6;	3) 5,2,6;	3) 5,6,6;	3) 5,10,6;	3) 7,4,6;	3) 7,8,6;
4) 1,2,8;	4) 1,6,8;	4) 1,10,8;	4) 3,4,8;	4) 3,8,8;	4) 5,2,8;	4) 5,6,8;	4) 5,10,8;	4) 7,4,8;	4) 7,8,8;
5) 1,2,10;	5) 1,6,10;	5) 1,10,10;	5) 3,4,10;	5) 3,8,10;	5) 5,2,10	5) 5,6,10;	5) 5,10,10;	5) 7,4,10;	5) 7,8,10;
6) 1,4,2;	6) 1,8,2;	6) 3,2,2;	6) 3,6,2;	6) 3,10,2;	6) 5,4,2;	6) 5,8,2;	6) 7,2,2;	6) 7,6,2;	6) 7,10,2;
7) 1,4,4;	7) 1,8,4;	7) 3,2,4;	7) 3,6,4;	7) 3,10,4;	7) 5,4,4;	7) 5,8,4;	7) 7,2,4;	7) 7,6,4;	7) 7,10,4;
8) 1,4,6;	8) 1,8,6;	8) 3,2,6;	8) 3,6,6;	8) 3,10,6;	8) 5,4,6;	8) 5,8,6;	8) 7,2,6;	8) 7,6,6;	8) 7,10,6;
9) 1,4,8;	9) 1,8,8;	9) 3,2,8;	9) 3,6,8;	9) 3,10,8;	9) 5,4,8;	9) 5,8,8;	9) 7,2,8;	9) 7,6,8;	9) 7,10,8;
10) 1,4,10;	10) 1,8,10;	10) 3,2,10;	10) 3,6,10;	10) 3,10,10;	10) 5,4,10;	10) 5,8,10;	10) 7,2,10;	10) 7,6,10;	10) 7,10,10;
<u>11-й этап</u>	<u>12-й этап</u>	<u>13-й этап</u>							
1) 9,2,2;	4) 9,2,8;	7) 9,4,4;	9) 9,4,8;	1) 9,6,2;	4) 9,6,8;	7) 9,8,4;	9) 9,8,8;	1) 9,10,2;	4) 9,10,8;
2) 9,2,4;	5) 9,2,10;	8) 9,4,6;	10) 9,4,10;	2) 9,6,4;	5) 9,6,10;	8) 9,8,6;	10) 9,8,10;	2) 9,10,4;	5) 9,10,10;
3) 9,2,6;	6) 9,4,2;			3) 9,6,6;	6) 9,8,2;			3) 9,10,6;	

Формализовано сущность четвертой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения также можно представить в виде таблицы (см. табл. 3) с указанием базового комбинаторного уравнения величин, числа этапов пространственно-временного усреднения, количества используемых вариантов комбинаторных способов усреднения заданной последовательностей выходных величин, общего количества пространственно-временных способов усреднения, а также с указанием позиционного положения коэффициентов накопления.

Пространственно-временное усреднение трех выходных величин, входящих в структуру уравнений избыточных измерений, осуществляется путем поочередного комбинаторного усреднения одноименных величин при разных перестановках и иных количествах усредняемых величин, — например, при t равном: 1, 2, 2; 1, 6, 2; 1, 10, 2; 3, 4, 2; 3, 8, 2; 5, 2, 2; 5, 6, 2 и т.д. (табл. 3).

Для четвертой разновидности формализованных уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения характерны следующие особенности: а) первая, вторая и третья выходные величины формируются путем усреднения одноименных величин, — нечетного количества для первой и четного количества для второй и третьей; б) выходные величины не содержат одинакового количества усредняемых одноименных величин; в) в первых трех этапах усреднения в структуре комбинаторных уравнений величин без усреднения остается первая (слева) величина в 25 вариантах; г) каждый последующий ряд чисел получают путем изменения

предыдущего ряда чисел на две единицы (по правилу накопления чисел) (см. табл. 3); д) разное позиционное положение коэффициентов накопления при двух парах взаимно инверсных структур комбинаторных уравнений величин обеспечивает увеличение в четыре раза общего числа получаемых формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, т.е. до 480.

В табл. 4 приведены примеры записей для 6-го варианта 6-го этапа усреднения 1-го, 60-го и 120-го формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением (частный случай $t = 3, 10, 9$ (см. табл. 3).

Таблица 4

Ансамбли формализованных уравнений избыточных измерений с использованием четвертой группы комбинаторных способов усреднения выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин вида $\left[(k_2 \overline{U'_{4i1}} + U'_{i12}) - k_3 \overline{U'_{9j1}} \right] / x^*$ (везде $t = 5, 4, 2$ из табл. 13)						
Первый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 6-го варианта 6-го этапа усреднения)						
1	$\left[(k_2 \overline{U'_{51}} + \overline{U'_{42}}) - k_3 \overline{U'_{23}} \right] / x^*$	...	60	$\left[(k_2 \overline{U'_{53}} + U'_{46}) - k_3 \overline{U'_{25}} \right] / x^*$	...	120
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(\overline{U'_{4i1}} + k_2 U'_{i12}) - k_3 \overline{U'_{9j1}} \right] / x^*$						
Второй ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 6-го варианта 6-го этапа усреднения)						
1	$\left[(\overline{U'_{51}} + k_2 \overline{U'_{42}}) - k_3 \overline{U'_{23}} \right] / x^*$	...	60	$\left[(\overline{U'_{53}} + k_2 \overline{U'_{46}}) - k_3 \overline{U'_{25}} \right] / x^*$	...	120
Ансамбль комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[k_3 \overline{U'_{4i1}} - (k_2 U'_{i12} + \overline{U'_{9j2}}) \right] / x^*$						
Третий ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 6-го варианта 6-го этапа усреднения)						
1	$\left[k_3 \overline{U'_{51}} - (k_2 \overline{U'_{42}} + \overline{U'_{23}}) \right] / x^*$	...	60	$\left[k_3 \overline{U'_{53}} - (k_2 \overline{U'_{46}} + \overline{U'_{25}}) \right] / x^*$	...	120
Ансамбль комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(k_3 \overline{U'_{4i1}}) - (\overline{U'_{i12}} + k_2 \overline{U'_{9j2}}) \right] / x^*$						
Четвертый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 6-го варианта 6-го этапа усреднения)						
1	$\left[k_3 \overline{U'_{51}} - (\overline{U'_{42}} + k_2 \overline{U'_{23}}) \right] / x^*$	...	60	$\left[k_3 \overline{U'_{53}} - (\overline{U'_{46}} + k_2 \overline{U'_{25}}) \right] / x^*$	...	120
$\left[k_3 \overline{U'_{56}} - (\overline{U'_{45}} + k_2 \overline{U'_{24}}) \right] / x^*$						

Для более полного восприятия вида формализованных уравнений величин, в качестве примера запишем, через знак суммы, четыре базовые закономерности, соответствующие 1-у и 120-у комбинаторным уравнениям избыточных измерений с усреднением одноименных выходных величин (см. табл. 1, 6-й вариант 6-го этапа усреднения, т.е. при $t = 5, 4, 2$:

$$\begin{aligned}
 & 1) \left. \begin{aligned}
 & 1. \left[\left(\frac{k_2}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i2} + \frac{1}{k_4} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i2} \right) - \frac{k_3}{k_2} \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(\frac{k_2}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i6} + \frac{1}{k_4} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i5} \right) - \frac{k_3}{k_2} \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i4} \right] / x^*, \\
 & 2) \left[\left(\frac{1}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i1} + \frac{1}{k_2} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i2} \right) - \frac{k_3}{k_2} \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(\frac{1}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i6} + \frac{1}{k_2} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i5} \right) - \frac{k_3}{k_2} \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i4} \right] / x^*, \\
 & 3) \left[\frac{k_3}{k_2} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i1} - \left(\frac{1}{k_2} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i2} + \frac{1}{k_2} \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i3} \right) \right] / x^*, \dots, 120. \left[\frac{k_3}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i6} - \left(\frac{1}{k_2} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i5} - \frac{1}{k_2} \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i4} \right) \right] / x^*, \\
 & 4) \left[\frac{k_3}{k_2} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i1} - \left(\frac{1}{k_4} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i2} + \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i3} \right) \right] / x^*, \dots, 120. \left[\frac{k_3}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i6} - \left(\frac{1}{k_4} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i5} + \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i4} \right) \right] / x^*.
 \end{aligned} \right\} (6)
 \end{aligned}$$

Установлено, что, как и третья, четвертая разновидность ансамблей уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения обеспечивает получение 60000 ($120 \times 4 \times 125 = 60000$) формализованных уравнений избыточных измерений с усреднением для всех четырех базовых комбинаторных уравнений величин.

Указанные особенности и структуры формализованных уравнений избыточных измерений учитываются при программно-технической реализации процессов усреднения, выборе необходимого объема данных и их обработки.

Приведем обобщенные частные определения правилам вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, учитывающие четвертую разновидность четвертой группы комбинаторных способов усреднения.

Определение 1 (для (1) и (2))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания накопленных выходных величин, полученных в результате усреднения четного количества одноименных величин, из суммы двух неповторяющихся разноименных выходных величин, усредненных, соответственно, при нечетном и четном количествах одноименных величин с учетом двух комбинаторных позиций коэффициента накопления k_2 , с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Определение 2 (для (3) и (4))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания одной суммы разноименных выходных величин, полученных в результате усреднения, соответственно, четных количеств одноименных выходных величин при двух комбинаторных позициях коэффициентов накопления k_2 , из другой накопленной суммы неповторяющихся выходных величин, усредненных при нечетном количестве одноименных величин с учетом коэффициента накопления k_3 , с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Определение 3 (обобщенное)

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования следует начинать с перебора всех вариантов разности сумм неповторяющихся разноименных выходных величин, усредненных согласно закономерности «нечет – чет – чет» с учетом двух положений коэффициентов накопления во взаимно инверсных структурах уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Таким образом, каждый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений, получают путем использования четвертой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения и перебора количества усредняемых выходных величин, входящих в структуру формализованных комбинаторных уравнений величин согласно табл. 3. Причем, первый ансамбль получают при позиционном расположении коэффициента накопления k_2 при первой из выходных величин первой суммы, второй ансамбль, — при второй, третий ансамбль, — при второй, а четвертый — при третьей выходной величине (см. табл. 4).

Таблица 5

Формализованное представление пятой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по четвертой группе комбинаторных способов									
Базовый вариант 1	Базовый вариант 2	Базовый вариант 3	Базовый вариант 4						
$[(k_2 U'_{i1} + U'_{i2}) - k_3 U'_{j1}] / x^*$	$[(U'_{i1} + k_2 U'_{i2}) - k_3 U'_{j1}] / x^*$	$[k_3 U'_{i1} - (k_2 U'_{j1} + U'_{j2})] / x^*$	$[(k_3 U'_{i1}) - (U'_{j1} + k_2 U'_{j2})] / x^*$						
Здесь t — сочетания количеств одноименных величин типа «чет – нечет – нечет»									
<u>1-й этап</u>	<u>2-й этап</u>	<u>3-й этап</u>	<u>4-й этап</u>	<u>5-й этап</u>	<u>6-й этап</u>	<u>7-й этап</u>	<u>8-й этап</u>	<u>9-й этап</u>	<u>10-й этап</u>
1) 2,1,1;	1) 2,5,1;	1) 2,9,1;	1) 4,3,1;	1) 4,7,1;	1) 6,1,1	1) 6,5,1	1) 6,9,1;	1) 8,3,1;	1) 8,7,1;
2) 2,1,3;	2) 2,5,3;	2) 2,9,3;	2) 4,3,3;	2) 4,7,3;	2) 6,1,3;	2) 6,5,3;	2) 6,9,3;	2) 8,3,3;	2) 8,7,3;
3) 2,1,5;	3) 2,5,5;	3) 2,9,5;	3) 4,3,5;	3) 4,7,5;	3) 6,1,5;	3) 6,5,5;	3) 6,9,5;	3) 8,3,5;	3) 8,7,5;
4) 2,1,7;	4) 2,5,7;	4) 2,9,7;	4) 4,3,7;	4) 4,7,7;	4) 6,1,7;	4) 6,5,7;	4) 6,9,7;	4) 8,3,7;	4) 8,7,7;
5) 2,1,9;	5) 2,5,9;	5) 2,9,9;	5) 4,3,9;	5) 4,7,9;	5) 6,1,9;	5) 6,5,9;	5) 6,9,9;	5) 8,3,9;	5) 8,7,9;
6) 2,3,1;	6) 2,7,1;	6) 4,1,1;	6) 4,5,1;	6) 4,9,1;	6) 6,3,1;	6) 6,7,1;	6) 8,1,1;	6) 8,5,1.	6) 8,9,1;
7) 2,3,3;	7) 2,7,3;	7) 4,1,3;	7) 4,5,3;	7) 4,9,3;	7) 6,3,3;	7) 6,7,3;	7) 8,1,3;	7) 8,5,3;	7) 8,9,3;
8) 2,3,5;	8) 2,7,5;	8) 4,1,5;	8) 4,5,5;	8) 4,9,5;	8) 6,3,5;	8) 6,7,5;	8) 8,1,5;	8) 8,5,5;	8) 8,9,5;
9) 2,3,7;	9) 2,7,7;	9) 4,1,7;	9) 4,5,7;	9) 4,9,7;	9) 6,3,7;	9) 6,7,7;	9) 8,1,7;	9) 8,5,7;	9) 8,9,7;
10) 2,3,9.	10) 2,7,9.	10) 4,1,9.	10) 4,5,9.	10) 4,9,9.	10) 6,3,9.	10) 6,7,9.	10) 8,1,9.	10) 8,5,9.	10) 8,9,9.
<u>11-й этап</u>			<u>12-й этап</u>				<u>13-й этап</u>		
1) 10,1,1;	5) 10,1,9;	8) 10,3,5;	1) 10,5,1;	5) 10,5,9;	8) 10,7,5;	1) 10,9,1;	4) 10,9,7;		
2) 10,1,3;	6) 10,3,1;	9) 10,3,7;	2) 10,5,3;	6) 10,7,1;	9) 10,7,7;	2) 10,9,3;	5) 10,9,9.		
3) 10,1,5;	7) 10,3,3;	10) 10,3,9.	3) 10,5,5;	7) 10,7,3;	10) 10,7,9.	3) 10,9,5;			
4) 10,1,7;				4) 10,5,7;					

Пятая разновидность четвертой группы комбинаторных способов усреднения

Сущность пятой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения состоит в использовании 120 комбинаторных вариантов перестановок трех из шести неповторяющихся выходных величин и двух коэффициентов накопления, входящих в структуру базового комбинаторного уравнения величин, при формировании первой выходной величины путем усреднения четных количеств одноименных величин, а второй и третьей, — путем усреднения их при нечетных количествах одноименных величины согласно табл. 5.

Формализовано сущность пятой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения также можно представить в виде таблицы (см. табл. 5) с указанием базового комбинаторного уравнения величин, числа этапов пространственно-временного усреднения, количества используемых вариантов комбинаторных способов усреднения заданной последовательностей выходных величин, общего количества пространственно-временных способов усреднения, а также позиционного положения коэффициентов накопления.

Пространственно-временное усреднение трех выходных величин, входящих в структуру уравнений избыточных измерений, осуществляется путем поочередного комбинаторного усреднения одноименных величин при разных перестановках и разных количествах усредняемых величин, — например, при t равном: 2, 1, 1; 2, 5, 1; 2, 9, 1; 4, 3, 1; 4, 7, 1; 6, 1, 1; 6, 5, 1 и т.д. (табл. 5).

В табл. 6 приведены примеры записей для 7-го варианта 4-го этапа усреднения 1-го, 60-го и 120-го формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением (частный случай $t = 4, 5, 3$ (см. табл. 5).

Таблица 6

Ансамбли формализованных уравнений избыточных измерений с использованием пятой группы комбинаторных способов усреднения выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин вида $\left[(k_2 \overline{U'_{4i1}} + \overline{U'_{5i2}}) - k_3 \overline{U'_{3j1}} \right] / x^*$ (везде $t = 4, 5, 3$ из табл. 5)							
Первый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 7-го варианта 4-го этапа усреднения)							
1	$\left[(k_2 \overline{U'_{41}} + \overline{U'_{52}}) - k_3 \overline{U'_{33}} \right] / x^*$...	60	$\left[(k_2 \overline{U'_{43}} + \overline{U'_{56}}) - k_3 \overline{U'_{35}} \right] / x^*$...	120	$\left[(k_2 \overline{U'_{46}} + \overline{U'_{55}}) - k_3 \overline{U'_{34}} \right] / x^*$
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(\overline{U'_{4i1}} + k_2 \overline{U'_{5i2}}) - k_3 \overline{U'_{3j1}} \right] / x^*$							
Второй ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 7-го варианта 4-го этапа усреднения)							
1	$\left[(\overline{U'_{41}} + k_2 \overline{U'_{52}}) - k_3 \overline{U'_{33}} \right] / x^*$...	60	$\left[(\overline{U'_{43}} + k_2 \overline{U'_{56}}) - k_3 \overline{U'_{35}} \right] / x^*$...	120	$\left[(\overline{U'_{46}} + k_2 \overline{U'_{55}}) - k_3 \overline{U'_{34}} \right] / x^*$
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[k_3 \overline{U'_{4i1}} - (k_2 \overline{U'_{5j1}} + \overline{U'_{3j2}}) \right] / x^*$							
Третий ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 7-го варианта 4-го этапа усреднения)							
1	$\left[k_3 \overline{U'_{41}} - (k_2 \overline{U'_{52}} + \overline{U'_{33}}) \right] / x^*$...	60	$\left[k_3 \overline{U'_{43}} - (k_2 \overline{U'_{56}} + \overline{U'_{35}}) \right] / x^*$...	120	$\left[k_3 \overline{U'_{46}} - (k_2 \overline{U'_{55}} + \overline{U'_{34}}) \right] / x^*$
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(k_3 \overline{U'_{4i1}}) - (\overline{U'_{5j1}} + k_2 \overline{U'_{3j2}}) \right] / x^*$							
Четвертый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 7-го варианта 4-го этапа усреднения)							
1	$\left[k_3 \overline{U'_{41}} - (\overline{U'_{52}} + k_2 \overline{U'_{33}}) \right] / x^*$...	60	$\left[k_3 \overline{U'_{43}} - (\overline{U'_{56}} + k_2 \overline{U'_{35}}) \right] / x^*$...	120	$\left[k_3 \overline{U'_{46}} - (\overline{U'_{55}} + k_2 \overline{U'_{34}}) \right] / x^*$

Для более полного восприятия вида формализованных уравнений величин, в качестве примера запишем, через знак суммы, четыре базовые закономерности, соответствующие 1-у и 120-у комбинаторным уравнениям избыточных измерений с усреднением одноименных выходных величин (см. табл. 6, 7-й вариант 6-го этапа усреднения, т.е. при $t = 4, 5, 3$:

$$\begin{aligned}
 & 1) 1. \left[\left(\frac{k_2}{k_4} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i2} + \frac{1}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i2} \right) - \sum_{i=1}^{t=3} U'_{i3} \right] / x^* \dots, 120. \left[\left(\frac{1}{k_2} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i6} + \frac{1}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i5} \right) - \frac{k_3}{k_3} \sum_{i=1}^{t=3} U'_{i4} \right] / x^*, \\
 & 2) 1. \left[\left(\frac{1}{k_3} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i1} + \frac{k_2}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i2} \right) - \sum_{i=1}^{t=3} U'_{i3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(\frac{1}{k_4} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i6} + \frac{k_2}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i5} \right) - \frac{k_3}{k_3} \sum_{i=1}^{t=3} U'_{i4} \right] / x^*, \\
 & 3) 1. \left[\frac{k_3}{k_4} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i1} - \left(\frac{k_2}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i2} + \frac{1}{k_3} \sum_{i=1}^{t=3} U'_{i3} \right) \right] / x^* \dots, 120. \left[\frac{k_3}{k_4} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i6} - \left(\frac{k_2}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i5} - \frac{1}{k_3} \sum_{i=1}^{t=3} U'_{i4} \right) \right] / x^*, \\
 & 4) 1. \left[\frac{k_3}{k_4} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i1} - \left(\frac{1}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i2} + \frac{k_2}{k_3} \sum_{i=1}^{t=3} U'_{i3} \right) \right] / x^* \dots, 120. \left[\frac{k_3}{k_4} \sum_{i=1}^{t=4} U'_{i6} - \left(\frac{1}{k_5} \sum_{i=1}^{t=5} U'_{i5} + \frac{k_2}{k_3} \sum_{i=1}^{t=3} U'_{i4} \right) \right] / x^*.
 \end{aligned} \tag{7}$$

Для пятой разновидности формализованных уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения характерны следующие особенности: а) первая, вторая и третья выходные величины формируются путем усреднения одноименных величин, — четного количества для первой и нечетных количеств для второй и третьей; б) выходные величины не содержат одинакового количества усредняемых одноименных величин; в) в структуре комбинаторных уравнений величин без усреднения остаются величины в 42 вариантах, причем по две выходные величины не усредняются в 5-ти вариантах комбинаторных уравнений величин; г) каждый последующий ряд чисел получают путем изменения предыдущего ряда чисел на две единицы (по правилу накопления чисел) (см. табл. 5); д) разное позиционное положение коэффициентов накопления при двух парах взаимно инверсных структур комбинаторных уравнений величин обеспечивает увеличение в четыре раза общего числа получаемых формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

Установлено, что пятая разновидность ансамблей уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения составляет 60000 ($120 \times 4 \times 125 = 60000$) формализованных уравнений избыточных измерений для всех четырех базовых комбинаторных уравнений величин с усреднением.

Указанные особенности и структуры формализованных уравнений избыточных измерений учитываются при программно-технической реализации процессов усреднения, выборе необходимого объема данных и их обработки.

Приведем обобщенные частные определения правилам вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, применяемые при использовании пятой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения.

Определение 1 (для (1) и (2))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания накопленных выходных величин, полученных в результате усреднения четного количества одноименных величин, из суммы двух неповторяющихся разноименных выходных величин, усредненных, соответственно, при четном и нечетном количествах одноименных величин с учетом двух комбинаторных позиций коэффициента накопления k_2 , с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Определение 2 (для (3) и (4))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания одной суммы разноименных выходных величин, полученных в результате усреднения четного количества одноименных выходных величин при двух комбинаторных позиций коэффициентов накопления k_2 , из другой накопленной суммы неповторяющихся выходных величин, усредненных при нечетном количестве одноименных величин с учетом коэффициента накопления k_3 , с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Определение 3 (обобщенное)

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования следует начинать с перебора всех вариантов разности сумм неповторяющихся разноименных выходных величин, усредненных согласно закономерности «чет – нечет – нечет» с учетом двух положений коэффициентов накопления во взаимно инверсных структурах уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Таким образом, четыре ансамбля формализованных уравнений избыточных измерений получают путем использования пятой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения и перебора количества усредняемых выходных величин, входящих в структуру формализованных комбинаторных уравнений величин согласно табл. 5.

Шестая разновидность четвертой группы комбинаторных способов усреднения

Сущность шестой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения состоит в использовании всех 120 комбинаторных вариантов перестановок трех из шести неповторяющихся выходных величин и двух коэффициентов накопления, входящих в структуру базового комбинаторного уравнения величин, при усреднении четных количества первой и третьей выходных величин и нечетных количеств второй выходной величины, выбранных согласно табл. 7.

Формализовано сущность шестой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения также можно представить в виде таблицы (см. табл. 7) с указанием базового комбинаторного уравнения величин, этапов пространственно-временного усреднения, используемых вариантов комбинаторных способов усреднения заданной последовательностей выходных величин, общего количества пространственно-временных способов усреднения, а также с указанием позиционного положения коэффициентов накопления.

Пространственно-временное усреднение трех выходных величин, входящих в структуру уравнений избыточных измерений, осуществляется путем поочередного комбинаторного усреднения одноименных величин при разных перестановках и разных количествах усредняемых величин, например, при t равном: 2, 1, 2; 2, 5, 2; 2, 9, 2; 4, 3, 2; 4, 7, 2; 6, 1, 2; 6, 5, 2; 6, 9, 2 и т.д. (табл. 7).

В табл. 2 приведены примеры записей для 7-го варианта 7-го этапа усреднения 1-го, 60-го и 120-го формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением (частный случай $t = 6, 7, 4$ (см. табл. 8).

Формализованное представление шестой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по четвертой группе комбинаторных способов			
Базовый вариант 1	Базовый вариант 2	Базовый вариант 3	Базовый вариант 4
$\left[\frac{(k_2 \overline{U'_{i1}} + \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}}}{x^*} \right]$	$\left[\frac{(\overline{U'_{i1}} + k_2 \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}}}{x^*} \right]$	$\left[\frac{k_3 \overline{U'_{i1}} - (k_2 \overline{U'_{j1}} + \overline{U'_{j2}})}{x^*} \right]$	$\left[\frac{(k_3 \overline{U'_{i1}}) - (\overline{U'_{j1}} + k_3 \overline{U'_{j2}})}{x^*} \right]$
Здесь t — сочетания количеств одноименных величин типа «чет – нечет – чет»			
<u>1-й этап</u>	<u>2-й этап</u>	<u>3-й этап</u>	<u>4-й этап</u>
1) 2,1,2;	1) 2,5,2;	1) 2,9,2;	1) 4,3,2;
2) 2,1,4;	2) 2,5,4;	2) 2,9,4;	2) 4,3,4;
3) 2,1,6;	3) 2,5,6;	3) 2,9,6;	3) 4,3,6;
4) 2,1,8;	4) 2,5,8;	4) 2,9,8;	4) 4,3,8;
5) 2,1,10;	5) 2,5,10;	5) 2,9,10;	5) 4,3,10.
<u>5-й этап</u>	<u>6-й этап</u>	<u>7-й этап</u>	<u>8-й этап</u>
1) 4,7,2;	1) 6,1,2;	1) 6,5,2;	1) 6,9,2;
2) 4,7,4;	2) 6,1,4;	2) 6,5,4;	2) 6,9,4;
3) 4,7,6;	3) 6,1,6;	3) 6,5,6;	3) 6,9,6;
4) 4,7,8;	4) 6,1,8;	4) 6,5,8;	4) 6,9,8;
5) 4,7,10;	5) 6,1,10;	5) 6,5,10;	5) 6,9,10;
<u>9-й этап</u>	<u>10-й этап</u>	<u>11-й этап</u>	<u>12-й этап</u>
1) 8,3,2;	1) 8,7,2;	1) 10,1,2;	1) 10,5,2;
2) 8,3,4;	2) 8,7,4;	2) 10,1,4;	2) 10,5,4;
3) 8,3,6;	3) 8,7,6;	3) 10,1,6;	3) 10,5,6;
4) 8,3,8;	4) 8,7,8;	4) 10,1,8;	4) 10,5,8;
5) 8,3,10;	5) 8,7,10;	5) 10,1,10;	5) 10,5,10;
<u>13-й этап</u>			
1) 8,3,2;	2) 8,3,4;	3) 8,3,6;	4) 8,3,8;
2) 8,3,4;	3) 8,3,6;	4) 8,3,8;	5) 8,3,10;
3) 8,3,6;	4) 8,3,8;	5) 8,3,10;	
4) 8,3,8;	5) 8,3,10;		

Для более полного восприятия вида формализованных уравнений величин, в качестве примера запишем, через знак суммы, четыре базовые закономерности, соответствующие 1-у и 120-у комбинаторным уравнениям избыточных измерений с усреднением одноименных выходных величин (см. табл. 7, 10-й вариант 5-го этапа усреднения, т.е. при $t = 6, 7, 4$):

$$\left. \begin{aligned}
 &1) 1. \left[\frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=6} U'_{t2} + \frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t2} \right] - \frac{k_3}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{t3} \Big/ x^*, \dots, 120. \left[\frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=6} U'_{t6} + \frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t5} \right] - \frac{k_3}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{t4} \Big/ x^*, \\
 &2) 1. \left[\frac{1}{k_6} \sum_{t=1}^{t=6} U'_{t1} + \frac{k_2}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t2} \right] - \frac{k_3}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{t3} \Big/ x^*, \dots, 120. \left[\frac{1}{k_6} \sum_{t=1}^{t=6} U'_{t6} + \frac{k_2}{k_5} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t5} \right] - \frac{k_3}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{t4} \Big/ x^*, \\
 &3) 1. \left[\frac{k_2}{k_9} \sum_{t=1}^{t=6} U'_{t1} - \left(\frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t2} + \frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{t3} \right) \right] \Big/ x^*, \dots, 120. \left[\frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=6} U'_{t6} - \left(\frac{k_2}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t5} - \frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{t4} \right) \right] \Big/ x^*, \\
 &4) 1. \left[\frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=6} U'_{t1} - \left(\frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{t3} \right) \right] \Big/ x^*, \dots, 120. \left[\frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=6} U'_{t6} - \left(\frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t5} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{t4} \right) \right] \Big/ x^*.
 \end{aligned} \right\} (8)$$

Шестая разновидность формализованных уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения присущи следующие особенности: а) все три выходных величины получают путем усреднения четного количества первой и третьей, и нечетного количества второй выходных величин; б) выходные величины не содержат одинаковое число усредняемых одноименных величин; в) в 13-ти этапах усреднения в структуре комбинаторных уравнений величин без усреднения остается вторая величина в 25 вариантах; г) 12-ть этапов усреднения содержит по два способа усреднения одинакового количества одноименных величин при получении первой и третьей выходных величин комбинаторных уравнений величин (2 – 2, 4 – 4, 6 – 6, ...), а 13-й этап один способ; д) каждый последующий ряд чисел получают путем изменения предыдущего ряда чисел на две единицы (по правилу накопления чисел) (см. табл. 7); е) разное позиционное положение коэффициентов накопления при двух парах взаимно инверсных структур комбинаторных уравнений величин обеспечивает увеличение в четыре раза общего числа получаемых формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, т.е. $120 \times 4 = 480$.

Ансамбли формализованных уравнений избыточных измерений с использованием шестой группы комбинаторных способов усреднения выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин вида $\left[(k_2 \overline{U'_{6i1}} + \overline{U'_{7i2}}) - k_3 \overline{U'_{4j1}} \right] / x^*$ (везде $t = 6, 7, 4$ из табл. 7)						
Первый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 7-го варианта 7-го этапа усреднения)						
1	$\left[(k_2 \overline{U'_{61}} + \overline{U'_{72}}) - k_3 \overline{U'_{43}} \right] / x^*$	...	60	$\left[(k_2 \overline{U'_{63}} + \overline{U'_{76}}) - k_3 \overline{U'_{45}} \right] / x^*$	...	120 $\left[(k_2 \overline{U'_{66}} + \overline{U'_{75}}) - k_3 \overline{U'_{44}} \right] / x^*$
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(\overline{U'_{6i1}} + k_2 \overline{U'_{7i2}}) - k_3 \overline{U'_{4j1}} \right] / x^*$						
Второй ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 7-го варианта 7-го этапа усреднения)						
1	$\left[(\overline{U'_{61}} + k_2 \overline{U'_{72}}) - k_3 \overline{U'_{43}} \right] / x^*$	...	60	$\left[(\overline{U'_{63}} + k_2 \overline{U'_{76}}) - k_3 \overline{U'_{45}} \right] / x^*$	...	120 $\left[(\overline{U'_{66}} + k_2 \overline{U'_{75}}) - k_3 \overline{U'_{44}} \right] / x^*$
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[k_3 \overline{U'_{6i1}} - (k_2 \overline{U'_{7j1}} + \overline{U'_{4j2}}) \right] / x^*$						
Третий ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 7-го варианта 7-го этапа усреднения)						
1	$\left[k_3 \overline{U'_{61}} - (k_2 \overline{U'_{72}} + \overline{U'_{43}}) \right] / x^*$	...	60	$\left[k_3 \overline{U'_{63}} - (k_2 \overline{U'_{76}} + \overline{U'_{45}}) \right] / x^*$	...	120 $\left[k_3 \overline{U'_{66}} - (k_2 \overline{U'_{75}} + \overline{U'_{44}}) \right] / x^*$
Ансамбль комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(k_3 \overline{U'_{6i1}}) - (\overline{U'_{7j1}} + k_2 \overline{U'_{4j2}}) \right] / x^*$						
Четвертый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 7-го варианта 7-го этапа усреднения)						
1	$\left[k_3 \overline{U'_{61}} - (\overline{U'_{72}} + k_2 \overline{U'_{43}}) \right] / x^*$	...	60	$\left[k_3 \overline{U'_{63}} - (\overline{U'_{76}} + k_2 \overline{U'_{45}}) \right] / x^*$	...	120 $\left[k_3 \overline{U'_{66}} - (\overline{U'_{75}} + k_2 \overline{U'_{44}}) \right] / x^*$

Установлено, что шестая разновидность ансамблей уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения также состоит из 60000 ($120 \times 4 \times 125 = 60000$) формализованных уравнений избыточных измерений для всех четырех базовых комбинаторных уравнений величин с усреднением.

Указанные особенности и структуры формализованных уравнений избыточных измерений учитываются при программно-технической реализации процессов усреднения, выборе необходимого объема данных и их обработки.

Приведем обобщенные частные определения правилам вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, учитывающие шестую разновидность четвертой группы комбинаторных способов усреднения для выводов 3-й группы правил.

Определение 1 (для (1) и (2))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания накопленных выходных величин, полученных в результате усреднения четного количества одноименных величин, из суммы двух неповторяющихся разноименных выходных величин, усредненных, соответственно, при четном и нечетном количествах одноименных величин с учетом двух комбинаторных позиций коэффициента накопления k_2 , с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанным определенным способом (например, суммо-разностным).

Определение 2 (для (3) и (4))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания одной суммы разноименных выходных величин, полученных в результате усреднения, соответственно, четного и нечетного количества одноименных выходных величин при двух комбинаторных позиций коэффициентов накопления k_2 , из другой накопленной суммы неповторяющихся выходных величин, усредненных при четном количестве одноименных величин с учетом коэффициента накопления k_3 , с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанным определенным способом (например, суммо-разностным).

Определение 3 (обобщенное)

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования следует начинать с перебора всех вариантов разности сумм неповторяющихся разноименных выходных величин, усредненных согласно закономерности «чет – нечет – чет» с учетом двух положений коэффициентов накопления во взаимно инверсных структурах уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанным определенным способом (например, суммо-разностным).

Таким образом, каждый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений, получают путем использования шестой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения и перебора

количества усредняемых выходных величин, входящих в структуру формализованных комбинаторных уравнений величин согласно табл. 7. Причем, первый ансамбль получают при позиционном расположении коэффициента накопления k_2 при первой из выходных величин первой суммы, второй ансамбль, — при второй, третий ансамбль, — при второй, а четвертый — при третьей выходной величине (см. табл. 2).

Седьмая разновидность четвертой группы комбинаторных способов усреднения

Сущность седьмой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения состоит в использовании всех 120 комбинаторных вариантов перестановок трех из шести неповторяющихся выходных величин и двух коэффициентов накопления, входящих в структуру базового комбинаторного уравнения величин, при усреднении нечетных количества первых двух величин и четных количеств третьей выходной величины согласно табл. 9.

Таблица 9

Формализованное представление седьмой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по третьей группе комбинаторных способов									
Базовый вариант 1		Базовый вариант 2		Базовый вариант 3		Базовый вариант 4			
$[(k_2 \overline{U'_{i1}} + \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}}] / x^*$		$[(\overline{U'_{i1}} + k_2 \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}}] / x^*$		$[k_3 \overline{U'_{i1}} - (k_2 \overline{U'_{j1}} + \overline{U'_{j2}})] / x^*$		$[(k_3 \overline{U'_{i1}}) - (\overline{U'_{j1}} + k_3 \overline{U'_{j2}})] / x^*$			
Здесь t — сочетание количеств одноименных величин типа «чет – чет – нечет»									
1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап	5-й этап	6-й этап	7-й этап	8-й этап	9-й этап	10-й этап
1) 2, 2, 1;	1) 2, 6, 1;	1) 2, 10, 1;	1) 4, 4, 1;	1) 4, 8, 1;	1) 6, 2, 1;	1) 6, 6, 1;	1) 6, 10, 1;	1) 8, 4, 1;	1) 8, 8, 1;
2) 2, 2, 3;	2) 2, 6, 3;	2) 2, 10, 3;	2) 4, 4, 3;	2) 4, 8, 3;	2) 6, 2, 3;	2) 6, 6, 3;	2) 6, 10, 3;	2) 8, 4, 3;	2) 8, 8, 3;
3) 2, 2, 5;	3) 2, 6, 5;	3) 2, 10, 5;	3) 4, 4, 5;	3) 4, 8, 5;	3) 6, 2, 5;	3) 6, 6, 5;	3) 6, 10, 5;	3) 8, 4, 5;	3) 8, 8, 5;
4) 2, 2, 7;	4) 2, 6, 7;	4) 2, 10, 7;	4) 4, 4, 7;	4) 4, 8, 7;	4) 6, 2, 7;	4) 6, 6, 7;	4) 6, 10, 7;	4) 8, 4, 7;	4) 8, 8, 7;
5) 2, 2, 9;	5) 2, 6, 9;	5) 2, 10, 9;	5) 4, 4, 9;	5) 4, 8, 9;	5) 6, 2, 9;	5) 6, 6, 9;	5) 6, 10, 9;	5) 8, 4, 9;	5) 8, 8, 9;
6) 2, 4, 1;	6) 2, 8, 1;	6) 4, 2, 1;	6) 4, 6, 1;	6) 4, 10, 1;	6) 6, 4, 1;	6) 6, 8, 1;	6) 8, 2, 1;	6) 8, 6, 1;	6) 8, 10, 1;
7) 2, 4, 3;	7) 2, 8, 3;	7) 4, 2, 3;	7) 4, 6, 3;	7) 4, 10, 3;	7) 6, 4, 3;	7) 6, 8, 3;	7) 8, 2, 3;	7) 8, 6, 3;	7) 8, 10, 3;
8) 2, 4, 5;	8) 2, 8, 5;	8) 4, 2, 5;	8) 4, 6, 5;	8) 4, 10, 5;	8) 6, 4, 5;	8) 6, 8, 5;	8) 8, 2, 5;	8) 8, 6, 5;	8) 8, 10, 5;
9) 2, 4, 7;	9) 2, 8, 7;	9) 4, 2, 7;	9) 4, 6, 7;	9) 4, 10, 7;	9) 6, 4, 7;	9) 6, 8, 7;	9) 8, 2, 7;	9) 8, 6, 7;	9) 8, 10, 7;
10) 2, 4, 9;	10) 2, 8, 9;	10) 4, 2, 9;	10) 4, 6, 9;	10) 4, 10, 9;	10) 6, 4, 9;	10) 6, 8, 9;	10) 8, 2, 9;	10) 8, 6, 9;	10) 8, 10, 9;
11-й этап			12-й этап			13-й этап			
1) 10, 2, 1;	5) 10, 2, 9;	8) 10, 4, 5;	1) 10, 6, 1;	5) 10, 6, 9;	8) 10, 8, 5;	1) 10, 10, 1;			
2) 10, 2, 3;	6) 10, 4, 1;	9) 10, 4, 7;	2) 10, 6, 3;	6) 10, 8, 1;	9) 10, 8, 7;	2) 10, 10, 3;	4) 10, 10, 7;		
3) 10, 2, 5;	7) 10, 4, 3;	10) 10, 4, 9;	3) 10, 6, 5;	7) 10, 8, 3;	10) 10, 8, 9;	3) 10, 10, 5;	5) 10, 10, 9;		
4) 10, 2, 7;			4) 10, 6, 7;						

В табл. 10 приведены примеры записей для 10-го варианта 2-го этапа усреднения 1-го, 60-го и 120-го формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением (частный случай $t = 2, 8, 9$).

Формализовано сущность седьмой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения также можно представить в виде таблицы (см. табл. 9) с указанием базового комбинаторного уравнения величин, этапов пространственно-временного усреднения, используемых вариантов комбинаторных способов усреднения заданной последовательностей выходных величин, общего количества пространственно-временных способов усреднения, а также с указанием позиционного положения коэффициентов накопления.

Пространственно-временное усреднение трех выходных величин, входящих в структуру уравнений избыточных измерений, осуществляется путем поочередного комбинаторного усреднения одноименных величин при разных перестановках и разных количествах усредняемых величин, например, при t равном: 2, 2, 1; 2, 6, 1; 2, 10, 1; 4, 4, 1; 4, 8, 1; 6, 2, 1; 6, 6, 1 и т.д. Комбинаторные группы количеств усредняемых одноименных величин приведены в табл. 9.

Ансамбли формализованных уравнений избыточных измерений с использованием седьмой группы комбинаторных способов усреднения выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин вида $\left[(k_2 \overline{U'_{21}} + \overline{U'_{82}}) - k_3 \overline{U'_{9j1}} \right] / x^*$ (везде $t = 2, 8, 9$ из табл. 9)						
Первый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 10-го варианта 2-го этапа усреднения)						
1	$\left[(k_2 \overline{U'_{21}} + \overline{U'_{82}}) - k_3 \overline{U'_{93}} \right] / x^*$	...	60	$\left[(k_2 \overline{U'_{23}} + \overline{U'_{86}}) - k_3 \overline{U'_{95}} \right] / x^*$	...	120 $\left[(k_2 \overline{U'_{26}} + \overline{U'_{85}}) - k_3 \overline{U'_{94}} \right] / x^*$
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(\overline{U'_{21}} + k_2 \overline{U'_{8i2}}) - k_3 \overline{U'_{9j1}} \right] / x^*$						
Второй ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 10-го варианта 2-го этапа усреднения)						
1	$\left[(\overline{U'_{21}} + k_2 \overline{U'_{82}}) - k_3 \overline{U'_{93}} \right] / x^*$	...	60	$\left[(\overline{U'_{23}} + k_2 \overline{U'_{86}}) - k_3 \overline{U'_{95}} \right] / x^*$	...	120 $\left[(\overline{U'_{26}} + k_2 \overline{U'_{85}}) - k_3 \overline{U'_{94}} \right] / x^*$
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[k_3 \overline{U'_{2i1}} - (k_2 \overline{U'_{8j1}} + \overline{U'_{9j2}}) \right] / x^*$						
Третий ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 10-го варианта 2-го этапа усреднения)						
1	$\left[k_3 \overline{U'_{21}} - (k_2 \overline{U'_{82}} + \overline{U'_{93}}) \right] / x^*$	...	60	$\left[k_3 \overline{U'_{23}} - (k_2 \overline{U'_{86}} + \overline{U'_{95}}) \right] / x^*$	...	120 $\left[k_3 \overline{U'_{26}} - (k_2 \overline{U'_{85}} + \overline{U'_{94}}) \right] / x^*$
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(k_3 \overline{U'_{2i1}}) - (\overline{U'_{8j1}} + k_2 \overline{U'_{9j2}}) \right] / x^*$						
Четвертый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 10-го варианта 2-го этапа усреднения)						
1	$\left[k_3 \overline{U'_{21}} - (\overline{U'_{82}} + k_2 \overline{U'_{93}}) \right] / x^*$	...	60	$\left[k_3 \overline{U'_{23}} - (\overline{U'_{86}} + k_2 \overline{U'_{95}}) \right] / x^*$	...	120 $\left[k_3 \overline{U'_{26}} - (\overline{U'_{85}} + k_2 \overline{U'_{94}}) \right] / x^*$

Для естественного восприятия вида ансамблей формализованных уравнений величин, запишем через знак суммы четыре базовые закономерности, соответствующие 1-у и 120-у комбинаторным уравнениям избыточных измерений с усреднением одноименных выходных величин (см. табл. 9, 10-й вариант 10-го этапа усреднения, $t = 2, 8, 9$):

$$\left. \begin{aligned}
 & 1) 1. \left[\left(\sum_{i=1}^{t=2} U'_{i2} + \frac{1}{k_8} \sum_{i=1}^{t=8} U'_{i2} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{i=1}^{t=9} U'_{i3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(\sum_{i=1}^{t=2} U'_{i6} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{i=1}^{t=8} U'_{i5} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{i=1}^{t=9} U'_{i4} \right] / x^*, \\
 & 2) 1. \left[\left(\frac{1}{k_3} \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i1} + \frac{1}{k_4} \sum_{i=1}^{t=8} U'_{i2} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{i=1}^{t=9} U'_{i3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(\frac{1}{k_2} \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i6} + \frac{1}{k_4} \sum_{i=1}^{t=8} U'_{i5} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{i=1}^{t=9} U'_{i4} \right] / x^*, \\
 & 3) 1. \left[\frac{k_3}{k_2} \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i1} - \left(\frac{1}{k_4} \sum_{i=1}^{t=8} U'_{i2} + \frac{1}{k_9} \sum_{i=1}^{t=9} U'_{i3} \right) \right] / x^*, \dots, 120. \left[\frac{k_3}{k_2} \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i6} - \left(\frac{1}{k_4} \sum_{i=1}^{t=8} U'_{i5} - \frac{1}{k_9} \sum_{i=1}^{t=9} U'_{i4} \right) \right] / x^*, \\
 & 4) 1. \left[\frac{k_3}{k_2} \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i1} - \left(\frac{1}{k_8} \sum_{i=1}^{t=8} U'_{i2} + \frac{k_2}{k_9} \sum_{i=1}^{t=9} U'_{i3} \right) \right] / x^*, \dots, 120. \left[\frac{k_3}{k_2} \sum_{i=1}^{t=2} U'_{i6} - \left(\frac{1}{k_8} \sum_{i=1}^{t=8} U'_{i5} + \frac{k_2}{k_9} \sum_{i=1}^{t=9} U'_{i4} \right) \right] / x^*.
 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Седьмая разновидность формализованных уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения присущи следующие особенности: а) первые две выходные величины получают путем усреднения четных количеств одноименных величин, а третья — нечетных; б) все три выходные величины не содержат одинаковые количества усредняемых одноименных величин; в) на каждом этапе усреднения в структуре комбинаторных уравнений величин без усреднения остаются по одной величине в 26 вариантах; г) 12-ть этапов усреднения содержит по два способа усреднения одинакового количества одноименных величин при получении первой и третьей выходных величин комбинаторных уравнений величин (2 – 2, 4 – 4, 6 – 6, ...), а 13-й этап один способ; д) каждый последующий ряд чисел получают путем изменения предыдущего ряда чисел на две единицы (по правилу накопления чисел) (см. табл. 9); е) разное позиционное положение коэффициентов накопления при двух парах взаимно инверсных структур комбинаторных уравнений величин обеспечивает увеличение в четыре раза общего числа получаемых формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, — $120 \times 4 = 480$.

Седьмая разновидность ансамблей уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения в целом включает в себя 60000 ($120 \times 4 \times 125 = 60000$) формализованных уравнений избыточных

измерений. Это свидетельствует о широких возможностях комбинаторных способов пространственно-временного усреднения одноименных величин в сочетании с изменением позиционного расположения коэффициентов накопления.

Указанные структуры и особенности формализованных уравнений избыточных измерений также учитываются при программно-технической реализации процессов усреднения, выборе необходимого объема данных и их обработки.

Приведем обобщенные частные определения правилам вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, применяемые при использовании седьмой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения.

Определение 1 (для (1) и (2))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания накопленных выходных величин, полученных в результате усреднения четного количества одноименных величин, из суммы двух неповторяющихся разноименных выходных величин, усредненных, соответственно, при четных количествах одноименных величин с учетом двух комбинаторных позиций коэффициента накопления k_2 , с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Определение 2 (для (3) и (4))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания одной суммы разноименных выходных величин, полученных в результате усреднения, соответственно, четных количеств одноименных выходных величин при двух комбинаторных позиций коэффициентов накопления k_2 , из другой накопленной суммы неповторяющихся выходных величин, усредненных при нечетном количестве одноименных величин с учетом коэффициента накопления k_3 , с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Определение 3 (обобщенное)

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования следует начинать с перебора всех вариантов разности сумм неповторяющихся разноименных выходных величин, усредненных согласно закономерности «чет – чет – нечет» с учетом двух положений коэффициентов накопления во взаимно инверсных структурах уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Таким образом, каждый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений, получают путем использования седьмой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения и перебора количества усредняемых выходных величин, входящих в структуру формализованных комбинаторных уравнений величин согласно табл. 9.

Восьмая разновидность пятой группы комбинаторных способов усреднения

Сущность восьмой разновидности четвертой группы комбинаторных способов пространственно-временного усреднения состоит в использовании 120 комбинаторных вариантов перестановок трех из шести неповторяющихся выходных величин при четырёх вариантах перестановок двух коэффициентов накопления, входящих в структуру базового комбинаторного уравнения величин, причем при формировании трех выходных величин путем усреднения четных количеств одноименных величин согласно табл. 11.

Формализовано сущность восьмой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения можно представить в виде таблицы (см. табл. 11) с указанием базового комбинаторного уравнения величин, этапов пространственно-временного усреднения, используемых вариантов комбинаторных способов усреднения заданной последовательностей выходных величин, общего количества способов усреднения, а также с указанием позиционного положения коэффициентов накопления.

Пространственно-временное усреднение трех выходных величин, входящих в структуру уравнений избыточных измерений, осуществляется путем поочередного усреднения нечетных количеств одноименных величин при разных перестановках их и разных количествах усредняемых величин, например, при t равном: 2, 2, 2; 2, 6, 2; 2, 10, 2; 4, 4, 2; 4, 8, 2; 6, 2, 2 и т.д. (см. табл. 11).

В табл. 12 приведены примеры записей для 4-го варианта 10-го этапа усреднения 1-го, 60-го и 120-го формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением (частный случай $t = 8, 8, 8$ (см. табл. 11)).

Формализованное представление седьмой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по третьей группе комбинаторных способов									
Базовый вариант 1	Базовый вариант 2			Базовый вариант 3			Базовый вариант 4		
$[(k_2 \overline{U'_{i1}} + \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}}] / x^*$	$[(\overline{U'_{i1}} + k_2 \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}}] / x^*$			$[k_3 \overline{U'_{i1}} - (k_2 \overline{U'_{j1}} + \overline{U'_{j2}})] / x^*$			$[(k_3 \overline{U'_{i1}}) - (\overline{U'_{j1}} + k_3 \overline{U'_{j2}})] / x^*$		
Здесь t — сочетания количеств одноименных величин типа «чет – чет – чет»									
<u>1-й этап</u>	<u>2-й этап</u>	<u>3-й этап</u>	<u>4-й этап</u>	<u>5-й этап</u>	<u>6-й этап</u>	<u>7-й этап</u>	<u>8-й этап</u>	<u>9-й этап</u>	<u>10-й этап</u>
1) 2, 2, 2;	1) 2, 6, 2;	1) 2, 10, 2;	1) 4, 4, 2;	1) 4, 8, 2;	1) 6, 2, 2;	1) 6, 6, 2;	1) 6, 10, 2;	1) 8, 4, 2;	1) 8, 8, 2;
2) 2, 2, 4;	2) 2, 6, 4;	2) 2, 10, 4;	2) 4, 4, 4;	2) 4, 8, 4;	2) 6, 2, 4;	2) 6, 6, 4;	2) 6, 10, 4;	2) 8, 4, 4;	2) 8, 8, 4;
3) 2, 2, 6;	3) 2, 6, 6;	3) 2, 10, 6;	3) 4, 4, 6;	3) 4, 8, 6;	3) 6, 2, 6;	3) 6, 6, 6;	3) 6, 10, 6;	3) 8, 4, 6;	3) 8, 8, 6;
4) 2, 2, 8;	4) 2, 6, 8;	4) 2, 10, 8;	4) 4, 4, 8;	4) 4, 8, 8;	4) 6, 2, 8;	4) 6, 6, 8;	4) 6, 10, 8;	4) 8, 4, 8;	4) 8, 8, 8;
5) 2, 2, 10;	5) 2, 6, 10;	5) 2, 10, 10;	5) 4, 10;	5) 4, 8, 10;	5) 6, 2, 10;	5) 6, 6, 10;	5) 6, 10, 10;	5) 8, 4, 10;	5) 8, 8, 10;
6) 2, 4, 2;	6) 2, 8, 2;	6) 4, 2, 2;	6) 4, 6, 2;	6) 4, 10, 2;	6) 6, 4, 2;	6) 6, 8, 2;	6) 8, 2, 2;	6) 8, 6, 2;	6) 8, 10, 2;
7) 2, 4, 4;	7) 2, 8, 4;	7) 4, 2, 4;	7) 4, 6, 4;	7) 4, 10, 4;	7) 6, 4, 4;	7) 6, 8, 4;	7) 8, 2, 4;	7) 8, 6, 4;	7) 8, 10, 4;
8) 2, 4, 6;	8) 2, 8, 6;	8) 4, 2, 6;	8) 4, 6, 6;	8) 4, 10, 6;	8) 6, 4, 6;	8) 6, 8, 6;	8) 8, 2, 6;	8) 8, 6, 6;	8) 8, 10, 6;
9) 2, 4, 8;	9) 2, 8, 8;	9) 4, 2, 8;	9) 4, 6, 8;	9) 4, 10, 8;	9) 6, 4, 8;	9) 6, 8, 8;	9) 8, 2, 8;	9) 8, 6, 8;	9) 8, 10, 8;
10) 2, 4, 10;	10) 2, 8, 10;	10) 4, 2, 10;	10) 4, 6, 10;	10) 4, 10, 10;	10) 6, 4, 10;	10) 6, 8, 10;	10) 8, 2, 10;	10) 8, 6, 10;	10) 8, 10, 10;
	<u>11-й этап</u>	<u>12-й этап</u>			<u>13-й этап</u>				
	1) 10, 2, 2;	6) 10, 4, 2;	1) 10, 6, 2;	6) 10, 8, 2;	1) 10, 10, 2;				
	2) 10, 2, 4;	7) 10, 4, 4;	2) 10, 6, 4;	7) 10, 8, 4;	2) 10, 10, 4;				
	3) 10, 2, 6;	8) 10, 4, 6;	3) 10, 6, 6;	8) 10, 8, 6;	3) 10, 10, 6;				
	4) 10, 2, 8;	9) 10, 4, 8;	4) 10, 6, 8;	9) 10, 8, 8;	4) 10, 10, 8;				
	5) 10, 2, 10;	10) 10, 4, 10;	5) 10, 6, 10;	10) 10, 8, 10;	5) 10, 10, 10;				

Таблица 12

Ансамбли формализованных уравнений избыточных измерений с использованием восьмой группы комбинаторных способов усреднения выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин вида $[(k_2 \overline{U'_{8i1}} + \overline{U'_{8i2}}) - k_3 \overline{U'_{8j1}}] / x^*$ (везде $t = 8, 8, 8$ из табл. 20)						
Первый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 4-го варианта 10-го этапа усреднения)						
1	$[(k_2 \overline{U'_{81}} + \overline{U'_{82}}) - k_3 \overline{U'_{83}}] / x^*$	...	60	$[(k_2 \overline{U'_{83}} + \overline{U'_{86}}) - k_3 \overline{U'_{85}}] / x^*$	...	120
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $[(\overline{U'_{8i1}} + k_2 \overline{U'_{8i2}}) - k_3 \overline{U'_{8j1}}] / x^*$						
Второй ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 4-го варианта 10-го этапа усреднения)						
1	$[(\overline{U'_{81}} + k_2 \overline{U'_{82}}) - k_3 \overline{U'_{83}}] / x^*$	...	60	$[(\overline{U'_{83}} + k_2 \overline{U'_{86}}) - k_3 \overline{U'_{85}}] / x^*$	...	120
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $[k_3 \overline{U'_{8i1}} - (k_2 \overline{U'_{8j1}} + \overline{U'_{8j2}})] / x^*$						
Третий ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 4-го варианта 10-го этапа усреднения)						
1	$[k_3 \overline{U'_{81}} - (k_2 \overline{U'_{82}} + \overline{U'_{83}})] / x^*$	...	60	$[k_3 \overline{U'_{83}} - (k_2 \overline{U'_{86}} + \overline{U'_{85}})] / x^*$	...	120
Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $[(k_3 \overline{U'_{8i1}}) - (\overline{U'_{8j1}} + k_2 \overline{U'_{8j2}})] / x^*$						
Четвертый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 4-го варианта 10-го этапа усреднения)						
1	$[k_3 \overline{U'_{81}} - (\overline{U'_{82}} + k_2 \overline{U'_{83}})] / x^*$	...	60	$[k_3 \overline{U'_{83}} - (\overline{U'_{86}} + k_2 \overline{U'_{85}})] / x^*$	...	120

Для естественного восприятия вида ансамблей формализованных уравнений величин, запишем че-

рез знак суммы четыре базовые закономерности, соответствующие 1-у и 120-у комбинаторным уравнениям избыточных измерений с усреднением одноименных выходных величин (см. табл. 9, 4-й вариант 10-го этапа усреднения, $t = 8, 8, 8$):

$$\left. \begin{aligned}
 &1) 1. \left[\left(\frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t2} + \frac{1}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t2} \right) - \frac{k_3}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(\frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t6} + \frac{1}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t5} \right) - \frac{k_3}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t4} \right] / x^*, \\
 &2) 1. \left[\left(\frac{1}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t1} + \frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t2} \right) - \frac{k_3}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(\frac{1}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t6} + \frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t5} \right) - \frac{k_3}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t4} \right] / x^*, \\
 &3) 1. \left[\frac{k_3}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t1} - \left(\frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t2} + \frac{1}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t3} \right) \right] / x^*, \dots, 120. \left[\frac{k_3}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t6} - \left(\frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t5} - \frac{1}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t4} \right) \right] / x^*, \\
 &4) 1. \left[\frac{k_3}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t1} - \left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t2} + \frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t3} \right) \right] / x^*, \dots, 120. \left[\frac{k_3}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t6} - \left(\frac{1}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t5} + \frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{t4} \right) \right] / x^*.
 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Восьмой разновидности формализованных уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения присущи следующие особенности: а) все три выходные величины получают путем усреднения четного количества одноименных величин; б) все три выходные величины содержат одинаковое число усредняемых одноименных величин в 1-м, 4-м, 7-м, 10-м и 13-м этапах усреднения; в) в 13-ти этапах усреднения в структуре комбинаторных уравнений величин по две выходные величины усредняются в 12-ти вариантах комбинаторных уравнений величин; г) каждый последующий ряд чисел получают путем изменения предыдущего ряда чисел на две единицы (по правилу накопления нечетных чисел) (см. табл. 11); д) разное позиционное положение коэффициентов накопления при двух парах взаимно инверсных структур комбинаторных уравнений величин обеспечивает увеличение в четыре раза общего числа получаемых формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

Установлено, что восьмая разновидность ансамблей уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения также включает в себя 60000 ($120 \times 4 \times 125 = 60000$) формализованных уравнений избыточных измерений. Это свидетельствует о широких возможностях комбинаторных способов пространственно-временного усреднения одноименных величин в сочетании с изменением позиционного расположения коэффициентов накопления.

Указанные структуры и особенности формализованных уравнений избыточных измерений учитываются при программно-технической реализации процессов усреднения, выборе необходимого объема данных и их обработки.

Приведем обобщенные частные определения правилам вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, учитывающие восьмую разновидность четвертой группы комбинаторных способов усреднения.

Определение 1 (для (1) и (2))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания накопленных выходных величин, полученных в результате усреднения четного количества одноименных величин, из суммы двух неповторяющихся разноименных выходных величин, также усредненных при четных количествах одноименных величин с учетом двух комбинаторных позиций коэффициента накопления k_2 , с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Определение 2 (для (3) и (4))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания одной суммы разноименных выходных величин, полученных в результате усреднения четных количеств одноименных выходных величин при двух комбинаторных позиций коэффициентов накопления k_2 , из другой накопленной суммы неповторяющихся выходных величин, усредненных при четных количествах одноименных величин с учетом коэффициента накопления k_3 , с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Определение 3 (обобщенное)

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования следует начинать с перебора всех вариантов разности сумм неповторяющихся разноименных выходных величин, усредненных согласно закономерности «чет – чет – чет» с учетом двух положений коэффициентов накопления во взаимно инверсных структурах уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Таким образом, каждый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений, получают путем использования восьмой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения и перебора

количества усредняемых выходных величин, входящих в структуру формализованных комбинаторных уравнений величин согласно табл. 11.

В целом восемь разновидностей четвертой группы комбинаторных способов усреднения обеспечивают получение четыреста семьдесят тысяч пятьсот двадцать $(119520 + 60000 \times 6 = 479520)$ формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

Выводы

Установлено восемь разновидностей независимых ансамблей комбинаторных способов усреднения, объединенных в этапы и варианты усреднения одноименных величин согласно предложенным закономерностям усреднения.

Впервые описаны 360000 формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с пространственно-временным усреднением выходных величин, полученные с использованием третьей – восьмой разновидностей четвертой группы комбинаторных способов усреднения.

Даны определения общим и частным правилам вывода уравнений избыточных измерений на основе шести разновидностей четвертой группы комбинаторных способов пространственно-временного усреднения одноименных величин.

Показана возможность получения до 479520 уравнений избыточных измерений крутизны преобразования при использовании восьми разновидностей четвертой группы комбинаторных способов усреднения и разных позиций коэффициентов накопления. Это свидетельствует о широких возможностях четвертой группы комбинаторных способов пространственно-временного усреднения одноименных величин в сочетании с изменением позиционного расположения коэффициентов накопления.

Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего развития метрологической комбинаторики при числе входных физических величин $m = 5, 7, \dots, 10(12)$ и числе измерительных преобразований их от 2-х до 34-х.

По-прежнему актуальными являются исследования статистических свойств ансамблей уравнений избыточных измерений, полученных при реализации четвертой группы комбинаторных способов усреднения одноименных величин.

Литература

1. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание четвертой группы третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.6.1 / В. Т. Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2014. — № 3. — С. 3 – 18.

References

1. Kondratov V.T. Teorija izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmerenij: formalizovannoe opisanie chetvertoj podgruppy tretjej grupy pravil vyvoda uravnenij krutizny preobrazovaniya. Soobshchenie 7.6.1. /V. T. Kondratov // Vymiryuvala ta obchyslyuvalna tekhnika v tekhnologichnykh protsesakh. – 2014.– № 3. – С. 3 – 18.

Рецензія/Peer review : 11.9.2014 р.

Надрукована/Printed :29.10.2014 р.

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради
Хмельницького національного університету,
протокол № 4 від 29.10.2014 р.**

Підп. до друку 30.10.2014 р. Ум.друк.арк. 19,34 Обл.-вид.арк. 18,5
Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різнографією.
Наклад 100, зам. № 337/11

Тиражування здійснено редакційно-видавничим центром
Хмельницького національного університету
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1. тел (0382) 72-83-63