

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 7.6.1**

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

Рассмотрены подходы, описывающие получение 480 формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования без усреднения и 119520 с пространственно-временным усреднением выходных величин. При этом последние получают за счет использования: формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования без усреднения; комбинаторных способов пространственно-временного усреднения третьей группы правил вывода и двух позиций коэффициентов накопления для двух пар взаимно инверсных структур уравнений избыточных измерений. Приведены формулировки правил вывода уравнений избыточных измерений для первых двух разновидностей четвертой группы комбинаторных способов усреднения. Данные подходы описаны впервые.

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 7.6.1**

Abstract — *In the paper possibility of reception of ensembles of the formalized equations of redundant measurements by use is shown: the combinatory equations of redundant measurements; the fourth group of combinatory ways of averaging; combinatory change of positions of factors of the accumulation connected with output quantities; and two mutually inverse structures of the equations of redundant measurements. The given approaches are described for the first time.*

It is formalized the equations of redundant measurements of a steepness of transformation without averaging and with spatio-temporal averaging of output quantities are described at use of the fourth group of combinatory ways of averaging.

It is established, that at measurements of six input physical quantities receive 480 base formalized equations of redundant measurements of a steepness of transformation which are used for formation of ensembles of the equations of redundant measurements of a steepness of transformation with spatio-temporal averaging of output quantities with the same name.

It is confirmed, that thanks to changes of positions of pair factors of accumulation it is provided the quadrupling of the total number of the formalized equation of redundant measurements.

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

Possibility of reception for the first version of ensembles of the equations of quantities of the fourth group of combinatory ways of averaging of ensemble from 59520 formalized equations of redundant measurements, and for the second — 60000 formalized equations of redundant measurements is shown. This testifies to the wide possibilities combinatorial methods of spatial-temporal averaging of quantities with the same name in combination with a change in the positional location of accumulation factors.

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

Topical is researches of statistical properties of ensembles of the equations of the redundant measurements received at realization of the fourth group of combinatory ways of averaging of the quantities with the same name.

Введение

В настоящей работе исследуется возможность получения ансамблей формализованных уравнений избыточных измерений благодаря использованию комбинаторных уравнений избыточных измерений, четвертой группы комбинаторных способов усреднения, комбинаторного изменения положений двух коэффициентов накопления, связанных с выходными величинами, и двух взаимно инверсных структур уравнений избыточных измерений.

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 досліджень — процес вивода формалізованих рівнянь избыточних вимірювань крутизны преобразования на основе четвёртой (из шести) группы комбинаторных способов 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 при использовании четвёртой группы комбинаторных способов усреднения выходных величин с учетом базовых комбинаторных уравнений величин, а также с соответствующими правилами вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования измерительного канала.

Ниже рассматривается вывод и формализованное описание уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с пространственно-временным усреднением одноименных выходных величин, пути и методы получения новых ансамблей уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, необходимых для решения задач сверхизбыточных измерений [1].

Результаты исследований

Ранее в работах [2], ..., [5] была исследована возможность получения ансамблей формализованных уравнений избыточных измерений путем использования комбинаторных уравнений избыточных измерений четвертой и пятой подгрупп комбинаторных способов усреднения третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Ниже рассматриваются подходы к выводу уравнений избыточных измерений на основе четвёртой группы комбинаторных способов пространственно-временного усреднения выходных величин.

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

Третья из шести комбинаторная группа правил вывода уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением формализовано описывается следующими комбинаторными уравнениями:

$$R_{S_{i1}^{III-III}(3/6)} = \frac{1}{x^*} [(k_2 \bar{I}_{i1} + \bar{I}_{i2}) - k_3 \bar{I}_{j1}] \quad (1)$$

$$R_{S_{i2}^{III-III}(3/6)} = \frac{1}{x^*} [\bar{I}_{i1} + k_2 \bar{I}_{i2}) - k_3 \bar{I}_{j1}] \quad (2)$$

$$R_{S_{i3}^{III-III}(3/6)} = \frac{1}{x^*} [k_3 \bar{I}_{i1} - (\bar{I}_{j1} + k_2 \bar{I}_{j1})] \quad (3)$$

$$R_{S_{i4}^{III-III}(3/6)} = \frac{1}{x^*} [(k_3 \bar{I}_{i1}) - (k_2 \bar{I}_{j1} + \bar{I}_{j1})] \quad (4)$$

где I и III — римские числа один и три; индексы «i» и «j» характеризуют те или иные выходные величины, полученные в результате многократного измерительного преобразования расширенных рядов входных величин, а k_2 и k_3 — коэффициенты накопления, благодаря позиционным перестановкам которых число комбинаторных уравнений увеличивается в четыре раза (см. рис. 1, ..., рис. 4).

Если увеличить значения коэффициентов накопления на единицу с целью получения иных соотношений четного и нечетного количеств накапливаемых величин, то комбинаторные уравнения (1) – (4) будут выглядеть таким образом:

$$R_{S_{i1}^{III-III}(3/6)} = \frac{1}{x^*} [(k_3 \bar{I}_{i1} + \bar{I}_{i2}) - k_4 \bar{I}_{j1}] \quad (5)$$

$$R_{S_{i2}^{III-III}(3/6)} = \frac{1}{x^*} [\bar{I}_{i1} + k_3 \bar{I}_{i2}) - k_4 \bar{I}_{j1}] \quad (6)$$

$$R_{S_{i3}^{III-III}(3/6)} = \frac{1}{x^*} [k_4 \bar{I}_{i1} - (\bar{I}_{j1} + k_3 \bar{I}_{j1})] \quad (7)$$

$$R_{S_{i4}^{III-III}(3/6)} = \frac{1}{x^*} [(k_4 \bar{I}_{i1}) - (k_3 \bar{I}_{j1} + \bar{I}_{j1})] \quad (8)$$

где k_3 и k_4 — коэффициент накопления ($k_3 = 3$ и $k_4 = 4$).

Такой подход позволяет простым способом увеличивать число уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Варианты структур комбинаторных уравнений величин (5), ..., (8) в данной работе не рассматриваются.

На основании (1) – (4), определение третьей группы правил с комбинаторным усреднением выходных величин, полученных в результате многократного (не более 10 раз) измерительного преобразования ограниченного числа входных величин, может быть сформулировано следующим образом.

Определение 1 (для (1) и (2))

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания накопленных выходных величин (с индексом « j ») из суммы неповторяющихся разноименных и усредненных комбинаторно изменяемых выходных величин (с индексом « i ») 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 будем понимать многократно преобразованные выходные величины, размеры которых отличаются между собой только значениями погрешности. На их основе и формируются усредненные выходные величины. 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 или одноименных усредненных и комбинаторно изменяемых выходных величин (с индексом « j ») при двух комбинаторных позициях коэффициентов накопления k_2 , из накопленной суммы неповторяющихся и усредненных комбинаторно изменяемых выходных величин (с индексом « i ») 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 по разным правилам с учетом двух положений коэффициентов накопления во взаимно инверсных структурах уравнений избыточных измерений крутизны преобразования и с последующим делением полученных разностей на измеряемые физические величины, — на одну или на несколько, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Совокупность уравнений избыточных измерений крутизны преобразования для рассматриваемого случая 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 $k_3 = 3$:

$$\overline{S_{л1}^{III-III}} = \frac{1}{x_1^*} \left[\left(\frac{k_2}{n_1} \sum_{t=1}^{n_1} U'_{it1} + \frac{1}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} U'_{it2} \right) - \frac{k_3}{n_3} \sum_{t=1}^{n_3} U'_{jt1} \right] = \frac{1}{x_1^*} [(k_2 \overline{U_{it1}} + \overline{U_{it2}}) - k_3 \overline{U_{jt1}}], \quad (9)$$

$$\overline{S_{л2}^{III-III}} = \frac{1}{x_2^*} \left[\left(\frac{1}{n_1} \sum_{t=1}^{n_1} U'_{it1} + \frac{k_2}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} U'_{it2} \right) - \frac{k_3}{n_3} \sum_{t=1}^{n_3} U'_{jt1} \right] = \frac{1}{x_2^*} [\overline{U_{it1}} + k_2 \overline{U_{it2}} - (k_3 \overline{U_{jt1}})], \quad (10)$$

$$\overline{S_{л3}^{III-III}} = \frac{1}{x_3^*} \left[\frac{k_3}{n_1} \sum_{t=1}^{n_1} U'_{it1} - \left(\frac{1}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} U'_{jt1} + \frac{k_2}{n_3} \sum_{t=1}^{n_3} U'_{jt2} \right) \right] = \frac{1}{x_3^*} [k_3 \overline{U_{it1}} - (\overline{U_{jt1}} + k_2 \overline{U_{jt2}})], \quad (11)$$

$$\overline{S_{л4}^{III-III}} = \frac{1}{x_4^*} \left[\frac{k_3}{n_1} \sum_{t=1}^{n_1} U'_{it1} - \left(\frac{1}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} U'_{jt1} + \frac{k_2}{n_3} \sum_{t=1}^{n_3} U'_{jt2} \right) \right] = \frac{1}{x_4^*} [(k_3 \overline{U_{it1}}) - (\overline{U_{jt1}} + k_2 \overline{U_{jt2}})]. \quad (12)$$

Комбинаторные уравнения величин (9) ... (12) в общем виде описывают структуры пространственно-временных связей выходных величин, их позиции в данной структуре величин, а также местоположения двух коэффициентов накопления.

Структуры уравнений избыточных измерений крутизны преобразования (9) – (12) обладают следующими свойствами (при $x_1^* \neq x_2^* \neq x_3^* \neq x_4^*$):

— обеспечивают определение погрешностей вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования через разности комбинаторных уравнений величин (9), ..., (12), т.е.

$$\overline{\Delta_{S_{л12}^{III-III}}} = \overline{S_{л1}^{III-III}} - \overline{S_{л2}^{III-III}} = \frac{1}{x_1^*} [(k_2 \overline{U_{it1}} + \overline{U_{it2}}) - k_3 \overline{U_{jt1}}] - \frac{1}{x_2^*} [\overline{U_{it1}} + k_2 \overline{U_{it2}} - k_3 \overline{U_{jt1}}]; \quad (13)$$

$$\overline{\Delta_{S_{л13}^{III-III}}} = \overline{S_{л1}^{III-III}} - \overline{S_{л3}^{III-III}} = \frac{1}{x_1^*} [(k_2 \overline{U_{it1}} + \overline{U_{it2}}) - k_3 \overline{U_{jt1}}] - \frac{1}{x_3^*} [k_3 \overline{U_{it1}} - (\overline{U_{jt1}} + k_2 \overline{U_{jt2}})]; \quad (14)$$

$$\overline{\Delta_{S_{л14}^{III-III}}} = \overline{S_{л1}^{III-III}} - \overline{S_{л4}^{III-III}} = \frac{1}{x_1^*} [(k_2 \overline{U_{it1}} + \overline{U_{it2}}) - k_3 \overline{U_{jt1}}] - \frac{1}{x_4^*} [k_3 \overline{U_{it1}} - (k_2 \overline{U_{jt1}} + \overline{U_{jt2}})]; \quad (15)$$

$$\overline{\Delta_{S_{\Pi 23}}^{\text{III-III}}} = \overline{S_{\Pi 2}^{\text{III-III}}} - \overline{S_{\Pi 3}^{\text{III-III}}} = \frac{1}{x_2^*} [(k_2 \overline{U_{i1}} + \overline{U_{i2}}) - k_3 \overline{U_{j1}}] - \frac{1}{x_3^*} [k_3 \overline{U_{i1}} - (\overline{U_{j1}} + k_2 \overline{U_{j2}})]; \quad (16)$$

$$\overline{\Delta_{S_{\Pi 24}}^{\text{III-III}}} = \overline{S_{\Pi 2}^{\text{III-III}}} - \overline{S_{\Pi 4}^{\text{III-III}}} = \frac{1}{x_2^*} [(k_2 \overline{U_{i1}} + \overline{U_{i2}}) - k_3 \overline{U_{j1}}] - \frac{1}{x_4^*} [k_3 \overline{U_{i1}} - (k_2 \overline{U_{j1}} + \overline{U_{j2}})]; \quad (17)$$

$$\overline{\Delta_{S_{\Pi 34}}^{\text{III-III}}} = \overline{S_{\Pi 3}^{\text{III-III}}} - \overline{S_{\Pi 4}^{\text{III-III}}} = \frac{1}{x_3^*} [k_3 \overline{U_{i1}} - (\overline{U_{j1}} + k_2 \overline{U_{j2}})] - \frac{1}{x_4^*} [k_3 \overline{U_{i1}} - (k_2 \overline{U_{j1}} + \overline{U_{j2}})], \quad (18)$$

где через индекс Δ обозначена погрешность, на которую отличаются сравниваемые результаты;

— обеспечивают вывод уравнения избыточных измерений крутизны преобразования с новой структурой через сумму (или полусумму) комбинаторных уравнений величин (при $x_1^* \neq x_2^* \neq x_3^* \neq x_4^*$), т.е.

$$\overline{S_{\Pi \Sigma 12}^{\text{III-III}}} = \overline{S_{\Pi 1}^{\text{III-III}}} + \overline{S_{\Pi 2}^{\text{III-III}}} = \frac{1}{x_1^*} [(k_2 \overline{U_{i1}} + \overline{U_{i2}}) - k_3 \overline{U_{j1}}] + \frac{1}{x_2^*} [\overline{U_{i1}} + k_2 \overline{U_{i2}} - k_3 \overline{U_{j1}}]; \quad (19)$$

$$\overline{S_{\Pi \Sigma 13}^{\text{III-III}}} = \overline{S_{\Pi 1}^{\text{III-III}}} + \overline{S_{\Pi 3}^{\text{III-III}}} = \frac{1}{x_1^*} [(k_2 \overline{U_{i1}} + \overline{U_{i2}}) - k_3 \overline{U_{j1}}] + \frac{1}{x_3^*} [k_3 \overline{U_{i1}} - (\overline{U_{j1}} + k_2 \overline{U_{j2}})]; \quad (20)$$

$$\overline{S_{\Pi \Sigma 14}^{\text{III-III}}} = \overline{S_{\Pi 1}^{\text{III-III}}} + \overline{S_{\Pi 4}^{\text{III-III}}} = \frac{1}{x_1^*} [(k_2 \overline{U_{i1}} + \overline{U_{i2}}) - k_3 \overline{U_{j1}}] + \frac{1}{x_4^*} [k_3 \overline{U_{i1}} - (k_2 \overline{U_{j1}} + \overline{U_{j2}})]; \quad (21)$$

$$\overline{S_{\Pi \Sigma 23}^{\text{III-III}}} = \overline{S_{\Pi 2}^{\text{III-III}}} + \overline{S_{\Pi 3}^{\text{III-III}}} = \frac{1}{x_2^*} [(k_2 \overline{U_{i1}} + \overline{U_{i2}}) - k_3 \overline{U_{j1}}] + \frac{1}{x_3^*} [k_3 \overline{U_{i1}} - (\overline{U_{j1}} + k_2 \overline{U_{j2}})]; \quad (22)$$

$$\overline{S_{\Pi \Sigma 24}^{\text{III-III}}} = \overline{S_{\Pi 2}^{\text{III-III}}} + \overline{S_{\Pi 4}^{\text{III-III}}} = \frac{1}{x_2^*} [(k_2 \overline{U_{i1}} + \overline{U_{i2}}) - k_3 \overline{U_{j1}}] + \frac{1}{x_4^*} [k_3 \overline{U_{i1}} - (k_2 \overline{U_{j1}} + \overline{U_{j2}})]; \quad (23)$$

$$\overline{S_{\Pi \Sigma 34}^{\text{III-III}}} = \overline{S_{\Pi 3}^{\text{III-III}}} + \overline{S_{\Pi 4}^{\text{III-III}}} = \frac{1}{x_3^*} [k_3 \overline{U_{i1}} - (\overline{U_{j1}} + k_2 \overline{U_{j2}})] + \frac{1}{x_4^*} [k_3 \overline{U_{i1}} - (k_2 \overline{U_{j1}} + \overline{U_{j2}})], \quad (24)$$

где индекс Σ означает, что уравнение избыточных измерений крутизны преобразования получено в результате суммирования комбинаторных уравнений величин (9), ..., (12).

В результате исследований установлено, что при измерениях шести входных физических величин можно получить 120 формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования (табл. 1, табл. 2, табл. 3 и табл. 4), отличающихся между собой только случайной оставляющей погрешности результата избыточных измерений.

Формализованные уравнения избыточных измерений крутизны преобразования (табл. 1, ..., табл. 4) являются базовыми и служат основой для дальнейшего формирования ансамблей уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением одноименных величин. Они отличаются между собой неповторяющимися совокупностями выходных физических величин и парами коэффициентов накопления, расположенных определенным образом.

Комбинаторные уравнения величин (1) – (4) в общем виде описывают структуру пространственно-временных связей выходных величин при их неизменных позициях в структуре этих уравнений. Для решения задачи пространственно-временного усреднения в структуре комбинаторных уравнений величин используются только три из шести разноименных выходных величин, полученных при разных перестановках трех выходных величин, полученных в результате измерительных преобразований входных величин. Как видно из табл. 1, ..., табл. 4, при $m = 6 - 3 = 3$ получают 480 формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования без пространственно-временного усреднения при учете четырех комбинаторных вариантов позиционного расположения коэффициентов накопления.

Вывод новых ансамблей уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением осуществляется следующим образом. Все 480 формализованных уравнений величин рассматриваются как распределенные в пространстве структуры с фиксированными связями между элементами. В них используются выходные величины измерительного канала, полученные в результате не одного, а нескольких измерительных преобразований входных величин. В рассматриваемой задаче количество усредняемых одноименных величин t варьирует от 1-го до 10-ти. В общем случае t может варьировать от 1-го до 100 и более. Все зависит от решаемой метрологической задачи и значения случайной составляющей погрешности избыточных измерений.

В общем виде 480 формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования до осуществления процесса усреднения могут быть записаны без указания конкретного числа усредняемых величин, но с указанием переменной t , как показано в табл. 5. В данной и во всех других таблицах коэффициент накопления $k_2 = 2$, а $k_3 = 3$.

**Четвёртая группа формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования
третьей группы правил вывода**

| Первое базовое комбинаторное уравнение величин без усреднения $[(k_2U'_{i1}+U'_{i2})-k_3U'_{j1}]/x^*$ | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|----|-----------------------------------|----|--------------------------------|-----|-----------------------------------|
| Первый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (Базовая закономерность 1, 120 вариантов) | | | | | | | |
| 1 | $[(k_2U'_1+U'_2)-k_3U'_3]/x^*$ | 31 | $[(k_2U'_2+U'_4)-k_3U'_5]/x^*$ | 61 | $[(k_2U'_4+U'_1)-k_3U'_2]/x^*$ | 91 | $[(k_2U'_5+U'_3)-k_3U'_4]/x^*$ |
| 2 | $[(k_2U'_1+U'_2)-k_3U'_{i4}]/x^*$ | 32 | $[(k_2U'_2+U'_4)-k_3U'_6]/x^*$ | 62 | $[(k_2U'_4+U'_1)-k_3U'_3]/x^*$ | 92 | $[(k_2U'_5+U'_3)-k_3U'_6]/x^*$ |
| 3 | $[(k_2U'_1+U'_2)-k_3U'_5]/x^*$ | 33 | $[(k_2U'_2+U'_5)-k_3U'_1]/x^*$ | 63 | $[(k_2U'_4+U'_1)-k_3U'_5]/x^*$ | 93 | $[(k_2U'_5+U'_4)-k_3U'_1]/x^*$ |
| 4 | $[(k_2U'_1+U'_2)-k_3U'_6]/x^*$ | 34 | $[(k_2U'_2+U'_5)-k_3U'_3]/x^*$ | 64 | $[(k_2U'_4+U'_1)-k_3U'_6]/x^*$ | 94 | $[(k_2U'_5+U'_4)-k_3U'_2]/x^*$ |
| 5 | $[(k_2U'_1+U'_3)-k_3U'_2]/x^*$ | 35 | $[(k_2U'_2+U'_5)-k_3U'_4]/x^*$ | 65 | $[(k_2U'_4+U'_2)-k_3U'_1]/x^*$ | 95 | $[(k_2U'_5+U'_4)-k_3U'_3]/x^*$ |
| 6 | $[(k_2U'_1+U'_3)-k_3U'_{i4}]/x^*$ | 36 | $[(k_2U'_2+U'_5)-k_3U'_6]/x^*$ | 66 | $[(k_2U'_4+U'_2)-k_3U'_3]/x^*$ | 96 | $[(k_2U'_5+U'_4)-k_3U'_6]/x^*$ |
| 7 | $[(k_2U'_1+U'_3)-k_3U'_5]/x^*$ | 37 | $[(k_2U'_2+U'_6)-k_3U'_1]/x^*$ | 67 | $[(k_2U'_4+U'_2)-k_3U'_5]/x^*$ | 97 | $[(k_2U'_5+U'_6)-k_3U'_1]/x^*$ |
| 8 | $[(k_2U'_1+U'_3)-k_3U'_6]/x^*$ | 38 | $[(k_2U'_2+U'_6)-k_3U'_3]/x^*$ | 68 | $[(k_2U'_4+U'_2)-k_3U'_6]/x^*$ | 98 | $[(k_2U'_5+U'_6)-k_3U'_2]/x^*$ |
| 9 | $[(k_2U'_1+U'_4)-k_3U'_2]/x^*$ | 39 | $[(k_2U'_2+U'_6)-k_3U'_4]/x^*$ | 69 | $[(k_2U'_4+U'_3)-k_3U'_1]/x^*$ | 99 | $[(k_2U'_5+U'_6)-k_3U'_3]/x^*$ |
| 10 | $[(k_2U'_1+U'_4)-k_3U'_3]/x^*$ | 40 | $[(k_2U'_2+U'_6)-k_3U'_5]/x^*$ | 70 | $[(k_2U'_4+U'_3)-k_3U'_2]/x^*$ | 100 | $[(k_2U'_5+U'_6)-k_3U'_4]/x^*$ |
| 11 | $[(k_2U'_1+U'_4)-k_3U'_5]/x^*$ | 41 | $[(k_2U'_3+U'_1)-k_3U'_2]/x^*$ | 71 | $[(k_2U'_4+U'_3)-k_3U'_5]/x^*$ | 101 | $[(k_2U'_6+U'_1)-k_3U'_2]/x^*$ |
| 12 | $[(k_2U'_1+U'_4)-k_3U'_6]/x^*$ | 42 | $[(k_2U'_3+U'_1)-k_3U'_4]/x^*$ | 72 | $[(k_2U'_4+U'_3)-k_3U'_6]/x^*$ | 102 | $[(k_2U'_6+U'_1)-k_3U'_3]/x^*$ |
| 13 | $[(k_2U'_1+U'_5)-k_3U'_2]/x^*$ | 43 | $[(k_2U'_3+U'_1)-k_3U'_5]/x^*$ | 73 | $[(k_2U'_4+U'_5)-k_3U'_1]/x^*$ | 103 | $[(k_2U'_6+U'_1)-k_3U'_4]/x^*$ |
| 14 | $[(k_2U'_1+U'_5)-k_3U'_3]/x^*$ | 44 | $[(k_2U'_3+U'_1)-k_3U'_6]/x^*$ | 74 | $[(k_2U'_4+U'_5)-k_3U'_2]/x^*$ | 104 | $[(k_2U'_6+U'_1)-k_3U'_5]/x^*$ |
| 15 | $[(k_2U'_1+U'_5)-k_3U'_{i4}]/x^*$ | 45 | $[(k_2U'_3+U'_2)-k_3U'_1]/x^*$ | 75 | $[(k_2U'_4+U'_5)-k_3U'_3]/x^*$ | 105 | $[(k_2U'_6+U'_2)-k_3U'_1]/x^*$ |
| 16 | $[(k_2U'_1+U'_5)-k_3U'_6]/x^*$ | 46 | $[(k_2U'_3+U'_2)-k_3U'_4]/x^*$ | 76 | $[(k_2U'_4+U'_5)-k_3U'_6]/x^*$ | 106 | $[(k_2U'_6+U'_2)-k_3U'_3]/x^*$ |
| 17 | $[(k_2U'_1+U'_6)-k_3U'_2]/x^*$ | 47 | $[(k_2U'_3+U'_2)-k_3U'_5]/x^*$ | 77 | $[(k_2U'_4+U'_6)-k_3U'_1]/x^*$ | 107 | $[(k_2U'_6+U'_2)-k_3U'_4]/x^*$ |
| 18 | $[(k_2U'_1+U'_6)-k_3U'_3]/x^*$ | 48 | $[(k_2U'_3+U'_2)-k_3U'_6]/x^*$ | 78 | $[(k_2U'_4+U'_6)-k_3U'_2]/x^*$ | 108 | $[(k_2U'_6+U'_2)-k_3U'_5]/x^*$ |
| 19 | $[(k_2U'_1+U'_6)-k_3U'_{i4}]/x^*$ | 49 | $[(k_2U'_3+U'_4)-k_3U'_1]/x^*$ | 79 | $[(k_2U'_4+U'_6)-k_3U'_3]/x^*$ | 199 | $[(k_2U'_6+U'_3)-k_3U'_1]/x^*$ |
| 20 | $[(k_2U'_1+U'_6)-k_3U'_5]/x^*$ | 50 | $[(k_2U'_3+U'_4)-k_3U'_2]/x^*$ | 80 | $[(k_2U'_4+U'_6)-k_3U'_5]/x^*$ | 110 | $[(k_2U'_6+U'_3)-k_3U'_2]/x^*$ |
| 21 | $[(k_2U'_2+U'_1)-k_3U'_3]/x^*$ | 51 | $[(k_2U'_3+U'_4)-k_3U'_5]/x^*$ | 81 | $[(k_2U'_5+U'_1)-k_3U'_2]/x^*$ | 111 | $[(k_2U'_6+U'_3)-k_3U'_4]/x^*$ |
| 22 | $[(k_2U'_2+U'_1)-k_3U'_{i4}]/x^*$ | 52 | $[(k_2U'_3+U'_4)-k_3U'_6]/x^*$ | 82 | $[(k_2U'_5+U'_1)-k_3U'_3]/x^*$ | 112 | $[(k_2U'_6+U'_3)-k_3U'_5]/x^*$ |
| 23 | $[(k_2U'_2+U'_1)-k_3U'_5]/x^*$ | 53 | $[(k_2U'_3+U'_5)-k_3U'_1]/x^*$ | 83 | $[(k_2U'_5+U'_1)-k_3U'_4]/x^*$ | 113 | $[(k_2U'_6+U'_4)-k_3U'_1]/x^*$ |
| 24 | $[(k_2U'_2+U'_1)-k_3U'_6]/x^*$ | 54 | $[(k_2U'_3+U'_5)-k_3U'_2]/x^*$ | 84 | $[(k_2U'_5+U'_1)-k_3U'_6]/x^*$ | 114 | $[(k_2U'_6+U'_4)-k_3U'_2]/x^*$ |
| 25 | $[(k_2U'_2+U'_3)-k_3U'_1]/x^*$ | 55 | $[(k_2U'_3+U'_5)-k_3U'_4]/x^*$ | 85 | $[(k_2U'_5+U'_2)-k_3U'_1]/x^*$ | 115 | $[(k_2U'_6+U'_4)-k_3U'_3]/x^*$ |
| 26 | $[(k_2U'_2+U'_3)-k_3U'_{i4}]/x^*$ | 56 | $[(k_2U'_3+U'_5)-k_3U'_6]/x^*$ | 86 | $[(k_2U'_5+U'_2)-k_3U'_3]/x^*$ | 116 | $[(k_2U'_6+U'_4)-k_3U'_5]/x^*$ |
| 27 | $[(k_2U'_2+U'_3)-k_3U'_5]/x^*$ | 57 | $[(k_2U'_3+U'_6)-k_3U'_1]/x^*$ | 87 | $[(k_2U'_5+U'_2)-k_3U'_4]/x^*$ | 117 | $[(k_2U'_6+U'_5)-k_3U'_1]/x^*$ |
| 28 | $[(k_2U'_2+U'_3)-k_3U'_6]/x^*$ | 58 | $[(k_2U'_3+U'_6)-k_3U'_2]/x^*$ | 88 | $[(k_2U'_5+U'_2)-k_3U'_6]/x^*$ | 118 | $[(k_2U'_6+U'_5)-k_3U'_2]/x^*$ |
| 29 | $[(k_2U'_2+U'_4)-k_3U'_1]/x^*$ | 59 | $[(k_2U'_3+U'_6)-k_3U'_{i4}]/x^*$ | 89 | $[(k_2U'_5+U'_3)-k_3U'_1]/x^*$ | 119 | $[(k_2U'_6+U'_5)-k_3U'_3]/x^*$ |
| 30 | $[(k_2U'_2+U'_4)-k_3U'_3]/x^*$ | 60 | $[(k_2U'_3+U'_6)-k_3U'_5]/x^*$ | 90 | $[(k_2U'_5+U'_3)-k_3U'_2]/x^*$ | 120 | $[(k_2U'_6+U'_5)-k_3U'_{i4}]/x^*$ |

**Четвёртая группа формализованных уравнений избыточных измерений
крутизны преобразования третьей группы правил вывода**

| Второе базовое комбинаторное уравнение величин без усреднения $[(U'_{i1}+k_2U'_{i2})-k_3U'_{j1}]/x^*$ | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|----|----------------------------------|----|----------------------------------|-----|--------------------------------|
| Второй ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (Базовая закономерность 2, 120 вариантов) | | | | | | | |
| 1 | $[(U'_1+k_2U'_2)-k_3U'_3]/x^*$ | 31 | $[(U'_2+k_2U'_4)-k_3U'_5]/x^*$ | 61 | $[(U'_4+k_2U'_1)-k_3U'_2]/x^*$ | 91 | $[(U'_5+k_2U'_3)-k_3U'_4]/x^*$ |
| 2 | $[(U'_1+k_2U'_2)-k_3U'_{i4}]/x^*$ | 32 | $[(U'_2+k_2U'_4)-k_3U'_6]/x^*$ | 62 | $[(U'_4+k_2U'_1)-k_3U'_3]/x^*$ | 92 | $[(U'_5+k_2U'_3)-k_3U'_6]/x^*$ |
| 3 | $[(U'_1+k_2U'_2)-k_3U'_5]/x^*$ | 33 | $[(U'_2+k_2U'_5)-k_3U'_1]/x^*$ | 63 | $[(U'_4+k_2U'_1)-k_3U'_5]/x^*$ | 93 | $[(U'_5+k_2U'_4)-k_3U'_1]/x^*$ |
| 4 | $[(U'_1+k_2U'_2)-k_3U'_6]/x^*$ | 34 | $[(U'_2+k_2U'_5)-k_3U'_3]/x^*$ | 64 | $[(U'_4+k_2U'_1)-(k_3U'_6)]/x^*$ | 94 | $[(U'_5+k_2U'_4)-k_3U'_2]/x^*$ |
| 5 | $[(U'_1+k_2U'_3)-k_3U'_2]/x^*$ | 35 | $[(U'_2+k_2U'_5)-k_3U'_4]/x^*$ | 65 | $[(U'_4+k_2U'_2)-k_3U'_1]/x^*$ | 95 | $[(U'_5+k_2U'_4)-k_3U'_3]/x^*$ |
| 6 | $[(U'_1+k_2U'_3)-k_3U'_4]/x^*$ | 36 | $[(U'_2+k_2U'_5)-k_3U'_6]/x^*$ | 66 | $[(U'_4+k_2U'_2)-k_3U'_3]/x^*$ | 96 | $[(U'_5+k_2U'_4)-k_3U'_6]/x^*$ |
| 7 | $[(U'_1+k_2U'_3)-k_3U'_5]/x^*$ | 37 | $[(U'_2+k_2U'_6)-k_3U'_1]/x^*$ | 67 | $[(U'_4+k_2U'_2)-k_3U'_5]/x^*$ | 97 | $[(U'_5+k_2U'_6)-k_3U'_1]/x^*$ |
| 8 | $[(U'_1+k_2U'_3)-k_3U'_6]/x^*$ | 38 | $[(U'_2+k_2U'_6)-k_3U'_3]/x^*$ | 68 | $[(U'_4+k_2U'_2)-k_3U'_6]/x^*$ | 98 | $[(U'_5+k_2U'_6)-k_3U'_2]/x^*$ |
| 9 | $[(U'_1+k_2U'_4)-k_3U'_2]/x^*$ | 39 | $[(U'_2+k_2U'_6)-k_3U'_4]/x^*$ | 69 | $[(U'_4+k_2U'_3)-k_3U'_1]/x^*$ | 99 | $[(U'_5+k_2U'_6)-k_3U'_3]/x^*$ |
| 10 | $[(U'_1+k_2U'_4)-k_3U'_3]/x^*$ | 40 | $[(U'_2+k_2U'_6)-k_3U'_5]/x^*$ | 70 | $[(U'_4+k_2U'_3)-k_3U'_2]/x^*$ | 100 | $[(U'_5+k_2U'_6)-k_3U'_4]/x^*$ |
| 11 | $[(U'_1+k_2U'_4)-k_3U'_5]/x^*$ | 41 | $[(U'_3+k_2U'_1)-k_3U'_2]/x^*$ | 71 | $[(U'_4+k_2U'_3)-k_3U'_5]/x^*$ | 101 | $[(U'_6+k_2U'_1)-k_3U'_2]/x^*$ |
| 12 | $[(U'_1+k_2U'_4)-k_3U'_6]/x^*$ | 42 | $[(U'_3+k_2U'_1)-k_3U'_4]/x^*$ | 72 | $[(U'_4+k_2U'_3)-k_3U'_6]/x^*$ | 102 | $[(U'_6+k_2U'_1)-k_3U'_3]/x^*$ |
| 13 | $[(U'_1+k_2U'_5)-k_3U'_2]/x^*$ | 43 | $[(U'_3+k_2U'_1)-k_3U'_5]/x^*$ | 73 | $[(U'_4+k_2U'_5)-k_3U'_1]/x^*$ | 103 | $[(U'_6+k_2U'_1)-k_3U'_4]/x^*$ |
| 14 | $[(U'_1+k_2U'_5)-k_3U'_3]/x^*$ | 44 | $[(U'_3+k_2U'_1)-k_3U'_6]/x^*$ | 74 | $[(U'_4+k_2U'_5)-k_3U'_2]/x^*$ | 104 | $[(U'_6+k_2U'_1)-k_3U'_5]/x^*$ |
| 15 | $[(U'_1+k_2U'_5)-k_3U'_4]/x^*$ | 45 | $[(U'_3+k_2U'_2)-k_3U'_1]/x^*$ | 75 | $[(U'_4+k_2U'_5)-k_3U'_3]/x^*$ | 105 | $[(U'_6+k_2U'_2)-k_3U'_1]/x^*$ |
| 16 | $[(U'_1+k_2U'_5)-k_3U'_6]/x^*$ | 46 | $[(U'_3+k_2U'_2)-k_3U'_4]/x^*$ | 76 | $[(U'_4+k_2U'_5)-(k_3U'_6)]/x^*$ | 106 | $[(U'_6+k_2U'_2)-k_3U'_3]/x^*$ |
| 17 | $[(U'_1+k_2U'_6)-k_3U'_2]/x^*$ | 47 | $[(U'_3+k_2U'_2)-k_3U'_5]/x^*$ | 77 | $[(U'_4+k_2U'_6)-k_3U'_1]/x^*$ | 107 | $[(U'_6+k_2U'_2)-k_3U'_4]/x^*$ |
| 18 | $[(U'_1+k_2U'_6)-k_3U'_3]/x^*$ | 48 | $[(U'_3+k_2U'_2)-k_3U'_6]/x^*$ | 78 | $[(U'_4+k_2U'_6)-k_3U'_2]/x^*$ | 108 | $[(U'_6+k_2U'_2)-k_3U'_5]/x^*$ |
| 19 | $[(U'_1+k_2U'_6)-k_3U'_4]/x^*$ | 49 | $[(U'_3+k_2U'_4)-k_3U'_1]/x^*$ | 79 | $[(U'_4+k_2U'_6)-k_3U'_3]/x^*$ | 199 | $[(U'_6+k_2U'_3)-k_3U'_1]/x^*$ |
| 20 | $[(U'_1+k_2U'_6)-k_3U'_5]/x^*$ | 50 | $[(U'_3+k_2U'_4)-k_3U'_2]/x^*$ | 80 | $[(U'_4+k_2U'_6)-k_3U'_5]/x^*$ | 110 | $[(U'_6+k_2U'_3)-k_3U'_2]/x^*$ |
| 21 | $[(U'_2+k_2U'_1)-k_3U'_3]/x^*$ | 51 | $[(U'_3+k_2U'_4)-k_3U'_5]/x^*$ | 81 | $[(U'_5+k_2U'_1)-k_3U'_2]/x^*$ | 111 | $[(U'_6+k_2U'_3)-k_3U'_4]/x^*$ |
| 22 | $[(U'_2+k_2U'_1)-k_3U'_4]/x^*$ | 52 | $[(U'_3+k_2U'_4)-k_3U'_6]/x^*$ | 82 | $[(U'_5+k_2U'_1)-k_3U'_3]/x^*$ | 112 | $[(U'_6+k_2U'_3)-k_3U'_5]/x^*$ |
| 23 | $[(U'_2+k_2U'_1)-k_3U'_5]/x^*$ | 53 | $[(U'_3+k_2U'_5)-k_3U'_1]/x^*$ | 83 | $[(U'_5+k_2U'_1)-k_3U'_4]/x^*$ | 113 | $[(U'_6+k_2U'_4)-k_3U'_1]/x^*$ |
| 24 | $[(U'_2+k_2U'_1)-k_3U'_6]/x^*$ | 54 | $[(U'_3+k_2U'_5)-k_3U'_2]/x^*$ | 84 | $[(U'_5+k_2U'_1)-k_3U'_6]/x^*$ | 114 | $[(U'_6+k_2U'_4)-k_3U'_2]/x^*$ |
| 25 | $[(U'_2+k_2U'_3)-k_3U'_1]/x^*$ | 55 | $[(U'_3+k_2U'_5)-k_3U'_4]/x^*$ | 85 | $[(U'_5+k_2U'_2)-k_3U'_1]/x^*$ | 115 | $[(U'_6+k_2U'_4)-k_3U'_3]/x^*$ |
| 26 | $[(U'_2+k_2U'_3)-k_3U'_4]/x^*$ | 56 | $[(U'_3+k_2U'_5)-(k_3U'_6)]/x^*$ | 86 | $[(U'_5+k_2U'_2)-k_3U'_3]/x^*$ | 116 | $[(U'_6+k_2U'_4)-k_3U'_5]/x^*$ |
| 27 | $[(U'_2+k_2U'_3)-k_3U'_5]/x^*$ | 57 | $[(U'_3+k_2U'_6)-k_3U'_1]/x^*$ | 87 | $[(U'_5+k_2U'_2)-k_3U'_4]/x^*$ | 117 | $[(U'_6+k_2U'_5)-k_3U'_1]/x^*$ |
| 28 | $[(U'_2+k_2U'_3)-(k_3U'_6)]/x^*$ | 58 | $[(U'_3+k_2U'_6)-k_3U'_2]/x^*$ | 88 | $[(U'_5+k_2U'_2)-(k_3U'_6)]/x^*$ | 118 | $[(U'_6+k_2U'_5)-k_3U'_2]/x^*$ |
| 29 | $[(U'_2+k_2U'_4)-k_3U'_1]/x^*$ | 59 | $[(U'_3+k_2U'_6)-k_3U'_4]/x^*$ | 89 | $[(U'_5+k_2U'_3)-k_3U'_1]/x^*$ | 119 | $[(U'_6+k_2U'_5)-k_3U'_3]/x^*$ |
| 30 | $[(U'_2+k_2U'_4)-k_3U'_3]/x^*$ | 60 | $[(U'_3+k_2U'_6)-k_3U'_5]/x^*$ | 90 | $[(U'_5+k_2U'_3)-k_3U'_2]/x^*$ | 120 | $[(U'_6+k_2U'_5)-k_3U'_4]/x^*$ |

**Четвёртая группа формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования
третьей группы правил вывода**

| Третье базовое комбинаторное уравнение величин без усреднения $[k_3U'_{j1} - (k_2U'_{j1} + U'_{j2})]/x^*$ | | | | | | | |
|---|------------------------------------|----|------------------------------------|----|------------------------------------|-----|------------------------------------|
| Третий ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (Базовая закономерность 3, 120 вариантов) | | | | | | | |
| 1 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_2 + U'_3)]/x^*$ | 31 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_4 + U'_5)]/x^*$ | 61 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_1 + U'_2)]/x^*$ | 91 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_3 + U'_4)]/x^*$ |
| 2 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_2 + U'_4)]/x^*$ | 32 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_4 + U'_6)]/x^*$ | 62 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_1 + U'_3)]/x^*$ | 92 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_3 + U'_6)]/x^*$ |
| 3 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_2 + U'_5)]/x^*$ | 33 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_5 + U'_1)]/x^*$ | 63 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_1 + U'_5)]/x^*$ | 93 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_4 + U'_1)]/x^*$ |
| 4 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_2 + U'_6)]/x^*$ | 34 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_5 + U'_3)]/x^*$ | 64 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_1 + U'_6)]/x^*$ | 94 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_4 + U'_2)]/x^*$ |
| 5 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_3 + U'_2)]/x^*$ | 35 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_5 + U'_4)]/x^*$ | 65 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_2 + U'_1)]/x^*$ | 95 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_4 + U'_3)]/x^*$ |
| 6 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_3 + U'_4)]/x^*$ | 36 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_5 + U'_6)]/x^*$ | 66 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_2 + U'_3)]/x^*$ | 96 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_4 + U'_6)]/x^*$ |
| 7 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_3 + U'_5)]/x^*$ | 37 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_6 + U'_1)]/x^*$ | 67 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_2 + U'_5)]/x^*$ | 97 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_6 + U'_1)]/x^*$ |
| 8 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_3 + U'_6)]/x^*$ | 38 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_6 + U'_3)]/x^*$ | 68 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_2 + U'_6)]/x^*$ | 98 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_6 + U'_2)]/x^*$ |
| 9 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_4 + U'_2)]/x^*$ | 39 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_6 + U'_4)]/x^*$ | 69 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_3 + U'_1)]/x^*$ | 99 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_6 + U'_3)]/x^*$ |
| 10 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_4 + U'_3)]/x^*$ | 40 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_6 + U'_5)]/x^*$ | 70 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_3 + U'_2)]/x^*$ | 100 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_6 + U'_4)]/x^*$ |
| 11 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_4 + U'_5)]/x^*$ | 41 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_1 + U'_2)]/x^*$ | 71 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_3 + U'_5)]/x^*$ | 101 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_1 + U'_2)]/x^*$ |
| 12 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_4 + U'_6)]/x^*$ | 42 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_1 + U'_4)]/x^*$ | 72 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_3 + U'_6)]/x^*$ | 102 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_1 + U'_3)]/x^*$ |
| 13 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_5 + U'_2)]/x^*$ | 43 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_1 + U'_5)]/x^*$ | 73 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_5 + U'_1)]/x^*$ | 103 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_1 + U'_4)]/x^*$ |
| 14 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_5 + U'_3)]/x^*$ | 44 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_1 + U'_6)]/x^*$ | 74 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_5 + U'_2)]/x^*$ | 104 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_1 + U'_5)]/x^*$ |
| 15 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_5 + U'_4)]/x^*$ | 45 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_2 + U'_1)]/x^*$ | 75 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_5 + U'_3)]/x^*$ | 105 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_2 + U'_1)]/x^*$ |
| 16 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_5 + U'_6)]/x^*$ | 46 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_2 + U'_4)]/x^*$ | 76 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_5 + U'_6)]/x^*$ | 106 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_2 + U'_3)]/x^*$ |
| 17 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_6 + U'_2)]/x^*$ | 47 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_2 + U'_5)]/x^*$ | 77 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_6 + U'_1)]/x^*$ | 107 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_2 + U'_4)]/x^*$ |
| 18 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_6 + U'_3)]/x^*$ | 48 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_2 + U'_6)]/x^*$ | 78 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_6 + U'_2)]/x^*$ | 108 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_2 + U'_5)]/x^*$ |
| 19 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_6 + U'_4)]/x^*$ | 49 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_4 + U'_1)]/x^*$ | 79 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_6 + U'_3)]/x^*$ | 109 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_3 + U'_1)]/x^*$ |
| 20 | $[k_3U'_1 - (k_2U'_6 + U'_5)]/x^*$ | 50 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_4 + U'_2)]/x^*$ | 80 | $[k_3U'_4 - (k_2U'_6 + U'_5)]/x^*$ | 110 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_3 + U'_2)]/x^*$ |
| 21 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_1 + U'_3)]/x^*$ | 51 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_4 + U'_5)]/x^*$ | 81 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_1 + U'_2)]/x^*$ | 111 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_3 + U'_4)]/x^*$ |
| 22 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_1 + U'_4)]/x^*$ | 52 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_4 + U'_6)]/x^*$ | 82 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_1 + U'_3)]/x^*$ | 112 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_3 + U'_5)]/x^*$ |
| 23 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_1 + U'_5)]/x^*$ | 53 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_5 + U'_1)]/x^*$ | 83 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_1 + U'_4)]/x^*$ | 113 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_4 + U'_1)]/x^*$ |
| 24 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_1 + U'_6)]/x^*$ | 54 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_5 + U'_2)]/x^*$ | 84 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_1 + U'_6)]/x^*$ | 114 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_4 + U'_2)]/x^*$ |
| 25 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_3 + U'_1)]/x^*$ | 55 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_5 + U'_4)]/x^*$ | 85 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_2 + U'_1)]/x^*$ | 115 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_4 + U'_3)]/x^*$ |
| 26 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_3 + U'_4)]/x^*$ | 56 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_5 + U'_6)]/x^*$ | 86 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_2 + U'_3)]/x^*$ | 116 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_4 + U'_5)]/x^*$ |
| 27 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_3 + U'_5)]/x^*$ | 57 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_6 + U'_1)]/x^*$ | 87 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_2 + U'_4)]/x^*$ | 117 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_5 + U'_1)]/x^*$ |
| 28 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_3 + U'_6)]/x^*$ | 58 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_6 + U'_2)]/x^*$ | 88 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_2 + U'_6)]/x^*$ | 118 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_5 + U'_2)]/x^*$ |
| 29 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_4 + U'_1)]/x^*$ | 59 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_6 + U'_4)]/x^*$ | 89 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_3 + U'_1)]/x^*$ | 119 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_5 + U'_3)]/x^*$ |
| 30 | $[k_3U'_2 - (k_2U'_4 + U'_3)]/x^*$ | 60 | $[k_3U'_3 - (k_2U'_6 + U'_5)]/x^*$ | 90 | $[k_3U'_5 - (k_2U'_3 + U'_2)]/x^*$ | 120 | $[k_3U'_6 - (k_2U'_5 + U'_4)]/x^*$ |

**Четвёртая группа формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования
третьей группы правил вывода**

| Четвертое базовое комбинаторное уравнение величин без усреднения $\left[(k_3 U'_{i1}) - (U'_{j1} + k_3 U'_{j2}) \right] / x^*$ | | | | | | | |
|---|--|----|--|----|--|-----|--|
| Четвертый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (Базовая закономерность 4, 120 вариантов) | | | | | | | |
| 1 | $[k_3 U'_1 - (U'_2 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 31 | $[k_3 U'_2 - (U'_4 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 61 | $[k_3 U'_4 - (U'_1 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 91 | $[k_3 U'_5 - (U'_3 + k_2 U'_4)] / x^*$ |
| 2 | $[k_3 U'_1 - (U'_2 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 32 | $[k_3 U'_2 - (U'_4 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 62 | $[k_3 U'_4 - (U'_1 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 92 | $[k_3 U'_5 - (U'_3 + k_2 U'_6)] / x^*$ |
| 3 | $[k_3 U'_1 - (U'_2 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 33 | $[k_3 U'_2 - (U'_5 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 63 | $[k_3 U'_4 - (U'_1 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 93 | $[k_3 U'_5 - (U'_4 + k_2 U'_1)] / x^*$ |
| 4 | $[k_3 U'_1 - (U'_2 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 34 | $[k_3 U'_2 - (U'_5 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 64 | $[k_3 U'_4 - (U'_1 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 94 | $[k_3 U'_5 - (U'_4 + k_2 U'_2)] / x^*$ |
| 5 | $[k_3 U'_1 - (U'_3 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 35 | $[k_3 U'_2 - (U'_5 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 65 | $[k_3 U'_4 - (U'_2 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 95 | $[k_3 U'_5 - (U'_4 + k_2 U'_3)] / x^*$ |
| 6 | $[k_3 U'_1 - (U'_3 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 36 | $[k_3 U'_2 - (U'_5 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 66 | $[k_3 U'_4 - (U'_2 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 96 | $[k_3 U'_5 - (U'_4 + k_2 U'_6)] / x^*$ |
| 7 | $[k_3 U'_1 - (U'_3 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 37 | $[k_3 U'_2 - (U'_6 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 67 | $[k_3 U'_4 - (U'_2 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 97 | $[k_3 U'_5 - (U'_6 + k_2 U'_1)] / x^*$ |
| 8 | $[k_3 U'_1 - (U'_3 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 38 | $[k_3 U'_2 - (U'_6 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 68 | $[k_3 U'_4 - (U'_2 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 98 | $[k_3 U'_5 - (U'_6 + k_2 U'_2)] / x^*$ |
| 9 | $[k_3 U'_1 - (U'_4 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 39 | $[k_3 U'_2 - (U'_6 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 69 | $[k_3 U'_4 - (U'_3 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 99 | $[k_3 U'_5 - (U'_6 + k_2 U'_3)] / x^*$ |
| 10 | $[k_3 U'_1 - (U'_4 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 40 | $[k_3 U'_2 - (U'_6 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 70 | $[k_3 U'_4 - (U'_3 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 100 | $[k_3 U'_5 - (U'_6 + k_2 U'_4)] / x^*$ |
| 11 | $[k_3 U'_1 - (U'_4 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 41 | $[k_3 U'_3 - (U'_1 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 71 | $[k_3 U'_4 - (U'_3 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 101 | $[k_3 U'_6 - (U'_1 + k_2 U'_2)] / x^*$ |
| 12 | $[k_3 U'_1 - (U'_4 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 42 | $[k_3 U'_3 - (U'_1 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 72 | $[k_3 U'_4 - (U'_3 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 102 | $[k_3 U'_6 - (U'_1 + k_2 U'_3)] / x^*$ |
| 13 | $[k_3 U'_1 - (U'_5 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 43 | $[k_3 U'_3 - (U'_1 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 73 | $[k_3 U'_4 - (U'_5 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 103 | $[k_3 U'_6 - (U'_1 + k_2 U'_4)] / x^*$ |
| 14 | $[k_3 U'_1 - (U'_5 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 44 | $[k_3 U'_3 - (U'_1 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 74 | $[k_3 U'_4 - (U'_5 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 104 | $[k_3 U'_6 - (U'_1 + k_2 U'_5)] / x^*$ |
| 15 | $[k_3 U'_1 - (U'_5 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 45 | $[k_3 U'_3 - (U'_2 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 75 | $[k_3 U'_4 - (U'_5 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 105 | $[k_3 U'_6 - (U'_2 + k_2 U'_1)] / x^*$ |
| 16 | $[k_3 U'_1 - (U'_5 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 46 | $[k_3 U'_3 - (U'_2 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 76 | $[k_3 U'_4 - (U'_5 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 106 | $[k_3 U'_6 - (U'_2 + k_2 U'_3)] / x^*$ |
| 17 | $[k_3 U'_1 - (U'_6 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 47 | $[k_3 U'_3 - (U'_2 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 77 | $[k_3 U'_4 - (U'_6 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 107 | $[k_3 U'_6 - (U'_2 + k_2 U'_4)] / x^*$ |
| 18 | $[k_3 U'_1 - (U'_6 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 48 | $[k_3 U'_3 - (U'_2 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 78 | $[k_3 U'_4 - (U'_6 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 108 | $[k_3 U'_6 - (U'_2 + k_2 U'_5)] / x^*$ |
| 19 | $[k_3 U'_1 - (U'_6 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 49 | $[k_3 U'_3 - (U'_4 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 79 | $[k_3 U'_4 - (U'_6 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 199 | $[k_3 U'_6 - (U'_3 + k_2 U'_1)] / x^*$ |
| 20 | $[k_3 U'_1 - (U'_6 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 50 | $[k_3 U'_3 - (U'_4 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 80 | $[k_3 U'_4 - (U'_6 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 110 | $[k_3 U'_6 - (U'_3 + k_2 U'_2)] / x^*$ |
| 21 | $[k_3 U'_2 - (U'_1 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 51 | $[k_3 U'_3 - (U'_4 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 81 | $[k_3 U'_5 - (U'_1 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 111 | $[k_3 U'_6 - (U'_3 + k_2 U'_4)] / x^*$ |
| 22 | $[k_3 U'_2 - (U'_1 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 52 | $[k_3 U'_3 - (U'_4 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 82 | $[k_3 U'_5 - (U'_1 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 112 | $[k_3 U'_6 - (U'_3 + k_2 U'_5)] / x^*$ |
| 23 | $[k_3 U'_2 - (U'_1 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 53 | $[k_3 U'_3 - (U'_5 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 83 | $[k_3 U'_5 - (U'_1 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 113 | $[k_3 U'_6 - (U'_4 + k_2 U'_1)] / x^*$ |
| 24 | $[k_3 U'_2 - (U'_1 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 54 | $[k_3 U'_3 - (U'_5 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 84 | $[k_3 U'_5 - (U'_1 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 114 | $[k_3 U'_6 - (U'_4 + k_2 U'_2)] / x^*$ |
| 25 | $[k_3 U'_2 - (U'_3 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 55 | $[k_3 U'_3 - (U'_5 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 85 | $[k_3 U'_5 - (U'_2 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 115 | $[k_3 U'_6 - (U'_4 + k_2 U'_3)] / x^*$ |
| 26 | $[k_3 U'_2 - (U'_3 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 56 | $[k_3 U'_3 - (U'_5 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 86 | $[k_3 U'_5 - (U'_2 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 116 | $[k_3 U'_6 - (U'_4 + k_2 U'_5)] / x^*$ |
| 27 | $[k_3 U'_2 - (U'_3 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 57 | $[k_3 U'_3 - (U'_6 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 87 | $[k_3 U'_5 - (U'_2 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 117 | $[k_3 U'_6 - (U'_5 + k_2 U'_1)] / x^*$ |
| 28 | $[k_3 U'_2 - (U'_3 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 58 | $[k_3 U'_3 - (U'_6 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 88 | $[k_3 U'_5 - (U'_2 + k_2 U'_6)] / x^*$ | 118 | $[k_3 U'_6 - (U'_5 + k_2 U'_2)] / x^*$ |
| 29 | $[k_3 U'_2 - (U'_4 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 59 | $[k_3 U'_3 - (U'_6 + k_2 U'_4)] / x^*$ | 89 | $[k_3 U'_5 - (U'_3 + k_2 U'_1)] / x^*$ | 119 | $[k_3 U'_6 - (U'_5 + k_2 U'_3)] / x^*$ |
| 30 | $[k_3 U'_2 - (U'_4 + k_2 U'_3)] / x^*$ | 60 | $[k_3 U'_3 - (U'_6 + k_2 U'_5)] / x^*$ | 90 | $[k_3 U'_5 - (U'_3 + k_2 U'_2)] / x^*$ | 120 | $[k_3 U'_6 - (U'_5 + k_2 U'_4)] / x^*$ |

Усеченная и записанная в общем виде четвертая группа формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования третьей группы правил вывода

| | | | | | | | |
|---|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| Первое базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(k_2 \overline{U'_{i1}} + \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$ | | | | | | | |
| Первый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений | | | | | | | |
| 1 | $\left[(k_2 \overline{U'_{11}} + \overline{U'_{12}}) - k_3 \overline{U'_{13}} \right] / x^*$ | 31 | $\left[(k_2 \overline{U'_{12}} + \overline{U'_{14}}) - k_3 \overline{U'_{15}} \right] / x^*$ | 61 | $\left[(k_2 \overline{U'_{14}} + \overline{U'_{11}}) - k_3 \overline{U'_{12}} \right] / x^*$ | 91 | $\left[(k_2 \overline{U'_{15}} + \overline{U'_{13}}) - k_3 \overline{U'_{14}} \right] / x^*$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 30 | $\left[(k_2 \overline{U'_{12}} + \overline{U'_{14}}) - k_3 \overline{U'_{13}} \right] / x^*$ | 60 | $\left[(k_2 \overline{U'_{13}} + \overline{U'_{16}}) - k_3 \overline{U'_{15}} \right] / x^*$ | 90 | $\left[(k_2 \overline{U'_{15}} + \overline{U'_{13}}) - k_3 \overline{U'_{12}} \right] / x^*$ | 120 | $\left[(k_2 \overline{U'_{16}} + \overline{U'_{15}}) - k_3 \overline{U'_{14}} \right] / x^*$ |
| Второе базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(\overline{U'_{i1}} + k_2 \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$ | | | | | | | |
| Второй ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений | | | | | | | |
| 1 | $\left[(\overline{U'_{11}} + k_2 \overline{U'_{12}}) - k_3 \overline{U'_{13}} \right] / x^*$ | 31 | $\left[(\overline{U'_{12}} + k_2 \overline{U'_{14}}) - k_3 \overline{U'_{15}} \right] / x^*$ | 61 | $\left[(\overline{U'_{14}} + k_2 \overline{U'_{11}}) - k_3 \overline{U'_{12}} \right] / x^*$ | 91 | $\left[(\overline{U'_{15}} + k_2 \overline{U'_{13}}) - k_3 \overline{U'_{14}} \right] / x^*$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 30 | $\left[(\overline{U'_{12}} + k_2 \overline{U'_{14}}) - k_3 \overline{U'_{13}} \right] / x^*$ | 60 | $\left[(\overline{U'_{13}} + k_2 \overline{U'_{16}}) - k_3 \overline{U'_{15}} \right] / x^*$ | 90 | $\left[(\overline{U'_{15}} + k_2 \overline{U'_{13}}) - k_3 \overline{U'_{12}} \right] / x^*$ | 120 | $\left[(\overline{U'_{16}} + k_2 \overline{U'_{15}}) - k_3 \overline{U'_{14}} \right] / x^*$ |
| Третье базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[k_3 \overline{U'_{i1}} - (k_2 \overline{U'_{j1}} + \overline{U'_{j2}}) \right] / x^*$ | | | | | | | |
| Третий ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений | | | | | | | |
| 1 | $\left[k_3 \overline{U'_{11}} - (k_2 \overline{U'_{12}} + \overline{U'_{13}}) \right] / x^*$ | 31 | $\left[k_3 \overline{U'_{12}} - (k_2 \overline{U'_{14}} + \overline{U'_{15}}) \right] / x^*$ | 61 | $\left[k_3 \overline{U'_{14}} - (k_2 \overline{U'_{11}} + \overline{U'_{12}}) \right] / x^*$ | 91 | $\left[k_3 \overline{U'_{15}} - (k_2 \overline{U'_{13}} + \overline{U'_{14}}) \right] / x^*$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 30 | $\left[k_3 \overline{U'_{12}} - (k_2 \overline{U'_{14}} + \overline{U'_{13}}) \right] / x^*$ | 60 | $\left[k_3 \overline{U'_{13}} - (k_2 \overline{U'_{16}} + \overline{U'_{15}}) \right] / x^*$ | 90 | $\left[k_3 \overline{U'_{15}} - (k_2 \overline{U'_{13}} + \overline{U'_{12}}) \right] / x^*$ | 120 | $\left[k_3 \overline{U'_{16}} - (k_2 \overline{U'_{15}} + \overline{U'_{14}}) \right] / x^*$ |
| Четвертое базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(k_3 \overline{U'_{i1}}) - (\overline{U'_{j1}} + k_2 \overline{U'_{j2}}) \right] / x^*$ | | | | | | | |
| Четвертый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений | | | | | | | |
| 1 | $\left[k_3 \overline{U'_{11}} - (\overline{U'_{12}} + k_2 \overline{U'_{13}}) \right] / x^*$ | 31 | $\left[k_3 \overline{U'_{12}} - (\overline{U'_{14}} + k_2 \overline{U'_{15}}) \right] / x^*$ | 61 | $\left[k_3 \overline{U'_{14}} - (\overline{U'_{11}} + k_2 \overline{U'_{12}}) \right] / x^*$ | 91 | $\left[k_3 \overline{U'_{15}} - (\overline{U'_{13}} + k_2 \overline{U'_{14}}) \right] / x^*$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 30 | $\left[k_3 \overline{U'_{12}} - (\overline{U'_{14}} + k_2 \overline{U'_{13}}) \right] / x^*$ | 60 | $\left[k_3 \overline{U'_{13}} - (\overline{U'_{16}} + k_2 \overline{U'_{15}}) \right] / x^*$ | 90 | $\left[k_3 \overline{U'_{15}} - (\overline{U'_{13}} + k_2 \overline{U'_{12}}) \right] / x^*$ | 120 | $\left[k_3 \overline{U'_{16}} - (\overline{U'_{15}} + k_2 \overline{U'_{14}}) \right] / x^*$ |

Первая разновидность четвертой группы комбинаторных способов усреднения

Сущность первой 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 усреднении нечетных количеств одноименных выходных величин (см. табл. 6).

Формализовано сущность первой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения можно представить в виде таблицы 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: 1, 5, 1; 1, 9, 1; 3, 3, 1; 3, 7, 1; 5, 5, 1; 5, 9, 1 и т.д. (см. табл. 6).

В табл. 7 приведены примеры записей для 9-го варианта 1-го этапа усреднения 1-го, 60-го и 120-го формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением (частный случай $t = 1, 3, 9$ (см. табл. 6).

Все четыре ансамбля формализованных уравнений избыточных измерений получают с использованием первой группы комбинаторных способов усреднения выходных величин и на основе табл. 1, ..., табл. 4 и табл. 6.

Формализованное представление первой 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 | |
| $\left[(k_2 \overline{U'_{i1}} + \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$ | | | $\left[(\overline{U'_{i1}} + k_2 \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$ | | | $\left[k_3 \overline{U'_{i1}} - (k_2 \overline{U'_{j1}} + \overline{U'_{j2}}) \right] / x^*$ | | | $\left[(k_3 \overline{U'_{i1}}) - (\overline{U'_{j1}} + k_3 \overline{U'_{j2}}) \right] / x^*$ | |
| Здесь t — нечетные количества одноименных величин (сочетания типа «нечет – нечет – 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 | 11-й этап |
| 1) 1,1,3; | 2) 1,5,3; | 2) 1,9,3; | 2) 3,3,3; | 2) 3,7,3; | 2) 5,1,3; | 2) 5,5,3; | 2) 5,9,3; | 2) 7,3,3; | 2) 7,7,3; | 2) 9,1,3; |
| 2) 1,1,5; | 3) 1,5,5; | 3) 1,9,5; | 3) 3,3,5; | 3) 3,7,5; | 3) 5,1,5; | 3) 5,5,5; | 3) 5,9,5; | 3) 7,3,5; | 3) 7,7,5; | 3) 9,1,5; |
| 3) 1,1,7; | 4) 1,5,7; | 4) 1,9,7; | 4) 3,3,7; | 4) 3,7,7; | 4) 5,1,7; | 4) 5,5,7; | 4) 5,9,7; | 4) 7,3,7; | 4) 7,7,7; | 4) 9,1,7; |
| 4) 1,1,9; | 5) 1,5,9; | 5) 1,9,9; | 5) 3,3,9; | 5) 3,7,9; | 5) 5,3,9; | 5) 5,5,9; | 5) 5,9,9; | 5) 7,3,9; | 5) 7,7,9; | 5) 9,1,9; |
| 5) 1,3,1; | 6) 1,7,1; | 6) 3,1,1; | 6) 3,5,1; | 6) 3,9,1; | 6) 5,3,1; | 6) 5,7,1; | 6) 7,1,1; | 6) 7,5,1; | 6) 7,9,1; | 6) 9,3,1; |
| 6) 1,3,3; | 7) 1,7,3; | 7) 3,1,3; | 7) 3,5,3; | 7) 3,9,3; | 7) 5,3,3; | 7) 5,7,3; | 7) 7,1,3; | 7) 7,5,3; | 7) 7,9,3; | 7) 9,3,3; |
| 7) 1,3,5; | 8) 1,7,5; | 8) 3,1,5; | 8) 3,5,5; | 8) 3,9,5; | 8) 5,3,5; | 8) 5,7,5; | 8) 7,1,5; | 8) 7,5,5; | 8) 7,9,5; | 8) 9,3,5; |
| 8) 1,3,7; | 9) 1,7,7; | 9) 3,1,7; | 9) 3,5,7; | 9) 3,9,7; | 9) 5,3,7; | 9) 5,7,7; | 9) 7,1,7; | 9) 7,5,7; | 9) 7,9,7; | 9) 9,3,7; |
| 9) 1,3,9; | 10) 1,7,9; | 10) 3,1,9; | 10) 3,5,9; | 10) 3,9,9; | 10) 5,3,9; | 10) 5,7,9; | 10) 7,1,9; | 10) 7,5,9; | 10) 7,9,9; | 10) 9,3,9; |
| 12-й этап | 13-й этап | | | | | | | | | |
| 1) 9,5,1; | 3) 9,5,5; | 5) 9,5,9; | 7) 9,7,3; | 9) 9,7,7; | 1) 9,9,1; | 3) 9,9,5; | 5) 9,9,9; | | | |
| 2) 9,5,3; | 4) 9,5,7; | 6) 9,7,1; | 8) 9,7,5; | 10) 9,7,9; | 2) 9,9,3; | 4) 9,9,7; | | | | |

Таблиця 7

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

| | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|----|---|-----|-----|---|--|--|--|
| Базовое комбинаторное уравнение величин вида $\left[(k_2 \overline{U'_{i1}} + \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$ (везде $t = 1, 3, 9$ из табл. 6) | | | | | | | | | | |
| Первый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 9-го варианта 1-го этапа усреднения) | | | | | | | | | | |
| 1 | $\left[(k_2 \overline{U'_{11}} + \overline{U'_{32}}) - k_3 \overline{U'_{93}} \right] / x^*$ | ... | 60 | $\left[(k_2 \overline{U'_{13}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{95}} \right] / x^*$ | ... | 120 | $\left[(k_2 \overline{U'_{16}} + \overline{U'_{35}}) - k_3 \overline{U'_{94}} \right] / x^*$ | | | |
| Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(\overline{U'_{i1}} + k_2 \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$ | | | | | | | | | | |
| Второй ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 9-го варианта 1-го этапа усреднения) | | | | | | | | | | |
| 1 | $\left[(\overline{U'_{11}} + k_2 \overline{U'_{32}}) - k_3 \overline{U'_{93}} \right] / x^*$ | ... | 60 | $\left[(\overline{U'_{13}} + k_2 \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{95}} \right] / x^*$ | ... | 120 | $\left[(\overline{U'_{16}} + k_2 \overline{U'_{35}}) - k_3 \overline{U'_{94}} \right] / x^*$ | | | |
| Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[k_3 \overline{U'_{i1}} - (k_2 \overline{U'_{j1}} + \overline{U'_{j2}}) \right] / x^*$ | | | | | | | | | | |
| Третий ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 9-го варианта 1-го этапа усреднения) | | | | | | | | | | |
| 1 | $\left[k_3 \overline{U'_{11}} - (k_2 \overline{U'_{32}} + \overline{U'_{93}}) \right] / x^*$ | ... | 60 | $\left[k_3 \overline{U'_{13}} - (k_2 \overline{U'_{36}} + \overline{U'_{95}}) \right] / x^*$ | ... | 120 | $\left[k_3 \overline{U'_{16}} - (k_2 \overline{U'_{35}} + \overline{U'_{94}}) \right] / x^*$ | | | |
| Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(k_3 \overline{U'_{i1}}) - (\overline{U'_{j1}} + k_2 \overline{U'_{j2}}) \right] / x^*$ | | | | | | | | | | |
| Четвертый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 9-го варианта 1-го этапа усреднения) | | | | | | | | | | |
| 1 | $\left[k_3 \overline{U'_{11}} - (\overline{U'_{32}} + k_2 \overline{U'_{93}}) \right] / x^*$ | ... | 60 | $\left[k_3 \overline{U'_{13}} - (\overline{U'_{36}} + k_2 \overline{U'_{95}}) \right] / x^*$ | ... | 120 | $\left[k_3 \overline{U'_{16}} - (\overline{U'_{35}} + k_2 \overline{U'_{94}}) \right] / x^*$ | | | |

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. 7, 9-й вариант 1-го этапа, усреднения, т.е. при $t = 1, 3, 9$):

$$\left. \begin{aligned}
 & 1) 1. \left[\left(k_2 U'_1 + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{t2} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(k_2 U'_6 + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{t5} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t4} \right] / x^*, \\
 & 2) 1. \left[\left(U'_{t1} + \frac{k_2}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{t2} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(U'_6 + \frac{k_2}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{t5} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t4} \right] / x^*, \\
 & 3) 1. \left[U'_{t1} - \left(\frac{k_2}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{t2} + \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t3} \right) \right] / x^*, \dots, 120. \left[k_3 U'_6 - \left(\frac{k_2}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{t5} - \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t4} \right) \right] / x^*, \\
 & 4) 1. \left[k_3 U'_1 - \left(\frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{t2} + \frac{k_2}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t3} \right) \right] / x^*, \dots, 120. \left[k_3 U'_6 - \left(\frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{t5} + \frac{k_2}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t4} \right) \right] / x^*.
 \end{aligned} \right\} (9)$$

Первой разновидности формализованных уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения присущи следующие особенности: а) все три выходные величины получают путем усреднения нечетного количества одноименных величин; б) все три выходные величины содержат одинаковое число усредняемых одноименных величин в 4-м, 7-м, 10-м и 13-м этапах усреднения; в) в 13-ти этапах усреднения в структуре комбинаторных уравнений величин без усредняется остается первая (слева) величина в 54 вариантах, причем в 1-м, 2-м и 3-м этапах усреднения первая величина не усредняется в 24-х вариантах. По две выходные величины не усредняются в 10-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. 6); 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 первая разновидность ансамблей уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения состоит из 59520 ($120 \times 4 \times 124 = 59520$) формализованных уравнений избыточных измерений для всех четырех базовых комбинаторных уравнений величин с усреднением. С учетом 480 вариантов без усреднения, получим 60000 вариантов формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

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 первой 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, также усредненных при нечетных 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 нечетных количеств одноименных выходных величин при двух комбинаторных позиций коэффициентов накопления k_2 , из другой накопленной суммы неповторяющихся выходных величин, усредненных при нечетных 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 «нечет – 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, каждый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений, получают путем использования первой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения и перебора

количества усредняемых выходных величин, входящих в структуру формализованных комбинаторных уравнений величин согласно табл. 6. 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. 7).

Вторая разновидность четвертой группы комбинаторных способов усреднения

Сущность второй 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. 8.

Формализовано сущность второй разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения также можно представить в виде таблицы (см. табл. 8) 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 иных количествах усредняемых величин, например, при t равном: 1, 5, 2; 1, 9, 2; 3, 3, 2; 3, 7, 2; 5, 5, 2; 5, 9, 2 и т.д. Комбинаторные группы количеств усредняемых одноименных величин приведены в табл. 8.

Таблица 8

Формализованное представление второй 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 | | | |
| $[(k_2\overline{U_{i1}}+\overline{U_{i2}})-k_3\overline{U_{j1}}]/x^*$ | $[(\overline{U_{i1}}+k_2\overline{U_{i2}})-k_3\overline{U_{j1}}]/x^*$ | | $[k_3\overline{U_{i1}}-(k_2\overline{U_{j1}}+\overline{U_{j2}})]/x^*$ | | | $[(k_3\overline{U_{i1}})-(\overline{U_{j1}}+k_3\overline{U_{j2}})]/x^*$ | | | |
| Здесь t — нечетные и четные количества 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) 1,1,2; | 1) 1,5,2; | 1) 1,9,2; | 1) 3,3,2; | 1) 3,7,2; | 1) 5,1,2; | 1) 5,5,2; | 1) 5,9,2; | 1) 7,3,2; | 1) 7,7,2; |
| 2) 1,1,4; | 2) 1,5,4; | 2) 1,9,4; | 2) 3,3,4; | 2) 3,7,4; | 2) 5,1,4; | 2) 5,5,4; | 2) 5,9,4; | 2) 7,3,4; | 2) 7,7,4; |
| 3) 1,1,6; | 3) 1,5,6; | 3) 1,9,6; | 3) 3,3,6; | 3) 3,7,6; | 3) 5,1,6; | 3) 5,5,6; | 3) 5,9,6; | 3) 7,3,6; | 3) 7,7,6; |
| 4) 1,1,8; | 4) 1,5,8; | 4) 1,9,8; | 4) 3,3,8; | 4) 3,7,8; | 4) 5,1,8; | 4) 5,5,8; | 4) 5,9,8; | 4) 7,3,8; | 4) 7,7,8; |
| 5) 1,1,10; | 5) 1,5,10; | 5) 1,9,10; | 5) 3,3,10; | 5) 3,7,10; | 5) 5,1,10; | 5) 5,5,10; | 5) 5,9,10; | 5) 7,3,10; | 5) 7,7,10; |
| 6) 1,3,2; | 6) 1,7,2; | 6) 3,1,2; | 6) 3,5,2; | 6) 3,9,2; | 6) 5,3,2; | 6) 5,7,2; | 6) 7,1,2; | 6) 7,5,2; | 6) 7,9,2; |
| 7) 1,3,4; | 7) 1,7,4; | 7) 3,1,4; | 7) 3,5,4; | 7) 3,9,4; | 7) 5,3,4; | 7) 5,7,4; | 7) 7,1,4; | 7) 7,5,4; | 7) 7,9,4; |
| 8) 1,3,6; | 8) 1,7,6; | 8) 3,1,6; | 8) 3,5,6; | 8) 3,9,6; | 8) 5,3,6; | 8) 5,7,6; | 8) 7,1,6; | 8) 7,5,6; | 8) 7,9,6; |
| 9) 1,3,8; | 9) 1,7,8; | 9) 3,1,8; | 9) 3,5,8; | 9) 3,9,8; | 9) 5,3,8; | 9) 5,7,8; | 9) 7,1,8; | 9) 7,5,8; | 9) 7,9,8; |
| 10) 1,3,10; | 10) 1,7,10; | 10) 3,1,10; | 10) 3,5,10; | 10) 3,9,10; | 10) 5,3,10; | 10) 5,7,10; | 10) 7,1,10; | 10) 7,5,10; | 10) 7,9,10; |
| | <u>11-й этап</u> | <u>12-й этап</u> | <u>13-й этап</u> | | | | | | |
| | 1) 9,1,2; | 6) 9,3,2. | 1) 9,5,2. | 1) 9,7,2; | 6) 9,9,2; | | | | |
| | 2) 9,1,4; | 7) 9,3,4; | 2) 9,5,4; | 2) 9,7,4; | 7) 9,9,4; | | | | |
| | 3) 9,1,6; | 8) 9,3,6; | 3) 9,5,6; | 3) 9,7,6; | 8) 9,9,6; | | | | |
| | 4) 9,1,8; | 9) 9,3,8; | 4) 9,5,8; | 4) 9,7,8; | 9) 9,9,8; | | | | |
| | 5) 9,1,10; | 10) 9,3,10. | 5) 9,5,10; | 5) 9,7,10; | 10) 9,9,10. | | | | |

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. 8, 10-й вариант 10-го этапа усреднения):

$$\left. \begin{aligned}
 &1) 1. \left[\left(\frac{k_2}{k_3} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t2} + \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t2} \right) - \frac{k_3}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(\frac{k_2}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t6} + \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t5} \right) - \frac{k_3}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t4} \right] / x^*, \\
 &2) 1. \left[\left(\frac{k_2}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t1} + \frac{k_2}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t2} \right) - \frac{k_3}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t3} \right] / x^*, \dots, 120. \left[\left(\frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t6} + \frac{k_2}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t5} \right) - \frac{k_3}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t4} \right] / x^*, \\
 &3) 1. \left[\frac{k_3}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t1} - \left(\frac{k_2}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t2} + \frac{k_3}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t3} \right) \right] / x^*, \dots, 120. \left[\frac{k_3}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t6} - \left(\frac{k_2}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t5} - \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t4} \right) \right] / x^*, \\
 &4) 1. \left[\frac{k_3}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t1} - \left(\frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t2} + \frac{k_2}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t3} \right) \right] / x^*, \dots, 120. \left[\frac{k_3}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{t6} - \left(\frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{t5} + \frac{k_2}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{t4} \right) \right] / x^*.
 \end{aligned} \right\} (9)$$

В табл. 9 приведенные примеры записей для 10-го варианта 10-го этапа усреднения 1-го, 60-го и 120-го формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением (частный случай $t = 7, 9, 10$). Все четыре ансамбля формализованных уравнений избыточных измерений получают с использованием второй группы комбинаторных способов усреднения выходных величин и на основе табл. 1, ..., табл. 4 и табл. 8.

Таблица 9

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

| | | | | | | | |
|--|--|-----|----|--|-----|-----|--|
| Базовое комбинаторное уравнение величин вида $\left[(k_2 \overline{U'_{71}} + \overline{U'_{92}}) - k_3 \overline{U'_{10j1}} \right] / x^*$ (везде $t = 7, 9, 10$ из табл. 8) | | | | | | | |
| Первый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 10-го варианта 10-го этапа усреднения —) | | | | | | | |
| 1 | $\left[(k_2 \overline{U'_{71}} + \overline{U'_{92}}) - k_3 \overline{U'_{103}} \right] / x^*$ | ... | 60 | $\left[(k_2 \overline{U'_{73}} + \overline{U'_{96}}) - k_3 \overline{U'_{105}} \right] / x^*$ | ... | 120 | $\left[(k_2 \overline{U'_{76}} + \overline{U'_{95}}) - k_3 \overline{U'_{104}} \right] / x^*$ |
| Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(\overline{U'_{71}} + k_2 \overline{U'_{92}}) - k_3 \overline{U'_{10j1}} \right] / x^*$ | | | | | | | |
| Второй ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 10-го варианта 10-го этапа усреднения) | | | | | | | |
| 1 | $\left[(\overline{U'_{71}} + k_2 \overline{U'_{92}}) - k_3 \overline{U'_{103}} \right] / x^*$ | ... | 60 | $\left[(\overline{U'_{73}} + k_2 \overline{U'_{96}}) - k_3 \overline{U'_{105}} \right] / x^*$ | ... | 120 | $\left[(\overline{U'_{76}} + k_2 \overline{U'_{95}}) - k_3 \overline{U'_{104}} \right] / x^*$ |
| Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[k_3 \overline{U'_{71}} - (k_2 \overline{U'_{9j1}} + \overline{U'_{10j2}}) \right] / x^*$ | | | | | | | |
| Третий ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 10-го варианта 10-го этапа усреднения) | | | | | | | |
| 1 | $\left[k_3 \overline{U'_{71}} - (k_2 \overline{U'_{92}} + \overline{U'_{103}}) \right] / x^*$ | ... | 60 | $\left[k_3 \overline{U'_{73}} - (k_2 \overline{U'_{96}} + \overline{U'_{105}}) \right] / x^*$ | ... | 120 | $\left[k_3 \overline{U'_{76}} - (k_2 \overline{U'_{95}} + \overline{U'_{104}}) \right] / x^*$ |
| Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(k_3 \overline{U'_{71}}) - (\overline{U'_{9j1}} + k_2 \overline{U'_{10j2}}) \right] / x^*$ | | | | | | | |
| Четвертый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений (пример для 10-го варианта 10-го этапа усреднения) | | | | | | | |
| 1 | $\left[k_3 \overline{U'_{71}} - (\overline{U'_{92}} + k_2 \overline{U'_{103}}) \right] / x^*$ | ... | 60 | $\left[k_3 \overline{U'_{73}} - (\overline{U'_{96}} + k_2 \overline{U'_{105}}) \right] / x^*$ | ... | 120 | $\left[k_3 \overline{U'_{76}} - (\overline{U'_{95}} + k_2 \overline{U'_{104}}) \right] / x^*$ |

Второй разновидности формализованных уравнений величин четвертой группы комбинаторных способов усреднения присущи следующие особенности: а) две выходные величины получают путем усреднения нечетных количеств одноименных величин, а третья — четных; б) все три выходные величины не содержат одинаковые количества усредняемых одноименных величин; в) в 13-ти этапах усреднения в структуре комбинаторных уравнений величин без усредняется остается первая (слева) величина в 45 вариантах, причем в 1-м, 2-м и 3-м этапах усреднения первая величина не усредняется во всех 30-ти вариантах. Первые две выходные величины не усредняются в первых 10-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. 8); 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 $480 (120 \times 4 = 480)$.

Установлена возможность проведения 12 этапов усреднения по 10 способов усреднения и один этап по 5 способов усреднения (см. табл. 8). В результате, с учетом четырех комбинаторных положений коэффициентов накопления, получают $125 (12 \times 10 + 5 = 125)$ комбинаторных вариантов пространственно-временного усреднения.

В целом вторая разновидность ансамблей уравнений величин четвертой группы комбинаторных спосо-

бов усреднения включает в себя 60000 ($120 \times 4 \times 125 = 60000$) формализованных уравнений избыточных измерений с учетом всех четырех базовых комбинаторных уравнений величин с усреднением. 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.

Дадим частные определения правилам вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, применимого для второй 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 при нечетных 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 нечетных 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 «нечет – 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, сочетанных определенным способом (например, суммо-разностным).

Таким образом, в рассматриваемом случае каждый ансамбль формализованных уравнений избыточных измерений, получают с использованием второй разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения за счет перебора количества усредняемых выходных величин, входящих в структуру формализованных комбинаторных уравнений величин, согласно табл. 8. При этом, 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. 8, табл. 9).

В виду существующих ограничений по объему статьи, следующие шесть разновидностей четвертой группы комбинаторных способов усреднения будут рассмотрены в сообщении 7.6.2.

Выводы

Показана возможность получения ансамблей формализованных уравнений избыточных измерений путем использования комбинаторных уравнений избыточных измерений, четвертой группы комбинаторных способов усреднения, комбинаторного изменения положений двух коэффициентов накопления и двух взаимно инверсных структур уравнений избыточных измерений. Данные подходы описываются впервые.

Формализовано описаны уравнения избыточных измерений крутизны преобразования с пространственно-временным усреднением выходных величин без усреднения и с усреднением при использовании четвертой группы комбинаторных способов усреднения.

Установлено, что при измерениях шести входных физических величин получают 480 базовых формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, которые используются для формирования ансамблей уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с пространственно-временным усреднением одноименных величин.

Подтверждено, что благодаря изменению позиций пары коэффициентов накопления обеспечивается учет-ление общего количества формализованных уравнений избыточных измерений.

Даны определения общим и частным правилам вывода уравнений избыточных измерений, в которых используется четвертая группа комбинаторных способов пространственно-временного усреднения одноименных величин.

Показано, что при использовании первой разновидности четвертой группы комбинаторных способов усреднения можно получить ансамбль из 59520 формализованных уравнений избыточных измерений, а при второй — 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.

Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего развития метрологической ком-

бинаторики при числе входных физических величин $m = 5, 7, \dots, 10(12)$ и числе измерительных преобразований их от 2-х до 34-х.

Актуальными являются исследования статистических свойств ансамблей уравнений избыточных измерений, полученных на основе первой и второй разновидностей четвертой группы комбинаторных способов усреднения одноименных величин.

Литература

1. Кондратов В.Т. Сверхизбыточные измерения. Режим доступа: <http://kondratov.com.ua/index.php/nauchnye-trudy-111/glavnye-trudy-2013>.
2. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание четвертой подгруппы третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.4.3 / В. Т. Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. — 2014. — № 3. — С. 165–178.
3. Кондратов В.Т., Кондратов Ю.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание четвертой подгруппы третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.4.4 / В.Т.Кондратов, Ю.Т.Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. — 2014. — № 3. — С. 179 – 190.
4. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание пятой под-
5. группы третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.5.1. /В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2014. — № 2. — С. 7 – 29.
6. Кондратов В.Т., Кондратов Ю.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание пятой подгруппы третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.5.2. /В.Т.Кондратов, Ю.Т.Кондратов// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2014. — № 2. — С. 194 – 209.

References

1. Kondratov V.T. Sverkhizbytochnye izmerenija. Rezhim dostupa: <http://kondratov.com.ua/index.php/nauchnye-trudy-111/glavnye-trudy-2013>.
2. Kondratov V.T. Teorija izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmerenij: formalizovannoe opisanie chetvertoj podgruppy trettej grupy pravil vyvoda uravnenij izbytochnykh izmerenij krutizny preobrazovanija. Soobschenie 7.4.3. /V. T. Kondratov // Visnyk Khmelniczkogo naczionalnogo universitetu. Tekhnichni nauky. — 2013. — № 3. — С. 165 – 178.
3. Kondratov V.T., Kondratov Yu.T. Teorija izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmerenij: formalizovannoe opisanie chetvertoj podgruppy trettej grupy pravil vyvoda uravnenij izbytochnykh izmerenij krutizny preobrazovanija. Soobschenie 7.4.3. /V. T. Kondratov, Yu.T. Kondratov // Visnyk Khmelniczkogo naczionalnogo universitetu. Tekhnichni nauky. — 2013. — № 3. — С. 179 – 190.
4. Kondratov V.T. Teorija izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmerenij: formalizovannoe opisanie pjatoj podgruppy trettej grupy pravil vyvoda uravnenij krutizny preobrazovanija. Soobschenie 7.5.1. /V. T. Kondratov // Vymiryuvalna ta obchislyuvalna tekhnika v tekhnologichnykh protsesakh/ — 2014. — № 2. — С. 7 – 29.
5. Kondratov V.T., Kondratov Yu.T. Teorija izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmerenij: formalizovannoe opisanie pjatoj podgruppy trettej grupy pravil vyvoda uravnenij krutizny preobrazovanija. Soobschenie 7.5.1. /V. T. Kondratov, Yu.T. Kondratov // Vymiryuvalna ta obchislyuvalna tekhnika v tekhnologichnykh protsesakh/ — 2014. — № 2. — С. 194 – 209.

Рецензія/Peer review : 24.9.2014 р.

Надрукована/Printed :22.10.2014 р.