Таблица 2. Результаты расчетов в вероятностной постановке

№ п/п	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
U, кВ	113,8	119,1	215, 6	224,1	230, 4	230,4	227,9
ΔP, кВт	9,98	1,36	0,42	0,56	3,99	0,2	3,41

Таблица 3. Результаты потерь электроэнергии за год и экономическая выгода

№ п/п	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
Э, кВт·ч	1138,8	1051,2	525,6	87,6	87,6	87,6	1051,2
Руб.	1283,4	1184,7	592,4	98,3	98,3	98,3	1184,7

Предложенная модель позволяет прогнозировать обоснованно запас по потерям. Для рассмотренной схемы снижение потерь электроэнергии составляет 12%. Это приведет к значительному экономическому эффекту и, в конечном счете, к снижению цены единицы продукции, отпущенной потребителю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манусов В.З., Озерных И.Л., Медведков В.В. Модели и методы принятия решений в задачах электроэнергетики / Учебное пособие. – Новосибирский электротехнический институт, Новосибирск, 1987, 65с.

2. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях: Учеб. Пособие для вузов / Ю.Н. Астахов, В.А. Веников, Во. В. Ежков и др., под ред. В.А. Веникова. – М.: Энергоатомиздат, 1983. –504 с., ил

ЛОКАЛЬНЫЙ ∂-ОПЕРАТОР КОМПЛЕКСНЫХ ПОРЯДКОВ ОДНОЙ ВЕЩЕСТВЕННОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ДЕЙСТВУЮЩИЙ В ПРОСТРАНСТВАХ МНОГОМЕРНЫХ ФУНКЦИЙ

В.А. Чуриков
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, пр. Ленина, д. 30, 634050
E-mail: vachurikov@list.ru

LOCAL ∂-OPERATOR COMPLEX ORDER ONE MATERIAL VARIABLE ACTING IN SPACE MULTIVARIATE FUNCTION

V.A. Churikov
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: vachurikov@list.ru

It is entered multivariate local operator fractional integration and fractional differentiation complex order one material variable, which is a generalization d-operator complex order.

В [1] был введён многомерный ∂-оператор вещественных переменных и вещественных порядков. Здесь рассматривается более общий случай ∂-оператора вещественных порядков, где порядки интегродифференцирования являются комплексными.

Вводимый ∂-оператор имеет ряд важных особенностей. Данный оператор относится к локальным оператором, т. е. носит алгебраический характер, в отличие от нелокальных операторов дробного интегродифференцирования, которые являются интегральными преобразованиями определёнными в рамках классического анализа, поэтому нелокальные операторы не выходят за его пределы. Для ∂-оператора выполняется *принцип простоты*, т. е. он является достаточно простым и действует в пространстве достаточно простых функций. И самое важное, это то, что для ∂-оператора строго выполняется *принцип соответствия*, т. е. в частном случае, для порядка интегродифференцирования равного 1, ∂-оператор переходит в операторы дифференцирования и интегрирования степенных функций по соответствующей переменной в классическом анализе функций нескольких вещественных переменных.

Определение. *Многомерным вещественным локальным оператором дробного интегрирования и дробного дифференцирования* $\partial^{\pm s_i} x_i$, комплексного порядка $s_i = \chi_i + i\gamma_i;\ \chi_i, \gamma_i \in$ [redacted] $0;\ \chi_i, \gamma_i = \mathrm{const};$ $i \in \{1, 2, \dots, h\};\ h \geq 1;$ действующий по одной вещественной переменной $x_i;\ x_i \in$ Ў в пространстве *многомерных степенных функций* $x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_h^{q_h} = \prod_{i=1}^{h} x_i^{q_i}$ с комплексными показателями $q_i = \mu_i + i\nu_i;\ \mu_i, \nu_i \in$ [redacted] $\mathrm{const} < \infty$, будем называть *многомерным вещественным ∂-оператором комплексного порядка по одной комплексной переменной* x_i, называется отображение определяемое равенствами

$$\begin{cases} \dfrac{\partial^{s_i}}{\partial x_i^{s_i}} : x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i} \dots x_h^{q_h} \equiv \partial^{-s_i} x_i : x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i} \dots x_h^{q_h} = \dfrac{\Gamma(q_i+1)}{\Gamma(q_i - s_i + 1)} x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i - s_i} \dots x_h^{q_h} + C_{-s_i}(x_i); \\ \qquad \neg[(q_i = -1, -2, -3, \dots) \vee (q_i - s_i \neq -1, -2, -3, \dots)]; \\ \int x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i} \dots x_h^{q_h} d^{s_i} x_i \equiv \partial^{s_i} x_i : x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i} \dots x_h^{q_h} = \dfrac{\Gamma(q_i+1)}{\Gamma(q_i + s_i + 1)} x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i + s_i} \dots x_h^{q_h} + C_{s_i}(x_i); \\ \qquad \begin{cases} \neg[(q_i = -1, -2, -3, \dots) \vee (q_i + s_i \neq -1, -2, -3, \dots)]; \\ s_i \neq -q_i; \end{cases} \\ \dfrac{\partial^{s_i}}{\partial x_i^{s_i}} x_i : x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i} \dots x_h^{q_h} \equiv \partial^{-s_i} x_i : x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i} \dots x_h^{q_h} = \dfrac{(-1)^{-q_i - 1}}{(-q_i - 1)!\,\Gamma(-s_i - q_i + 1)} x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i - s_i} \dots x_h^{q_h}; \\ \qquad -q_i \in \acute{\Gamma};\ -s_i + q_i \neq -1, -2, -3, \dots; \\ \int x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i} \dots x_h^{q_h} d^{s_i} x_i \equiv \partial^{s_i} x_i : x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i} \dots x_h^{q_h} = \dfrac{(-1)^{-q_i - 1}}{(-q_i - 1)!\,\Gamma(s_i - q_i + 1)} x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i + s_i} \dots x_h^{q_h} + C_{s_i}(x_i); \\ \qquad \begin{cases} -q_i \in \acute{\Gamma};\ s_i + q_i \neq -1, -2, -3, \dots; \\ s \neq m; \end{cases} \\ \int x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i} \dots x_h^{q_h} d^{s_i} x_i \equiv \partial^{s_i} x_i : x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_i^{q_i} \dots x_h^{q_h} = x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots \ln_{s_i}(x_i) \dots x_h^{q_h} + C_{1_i};\quad s_i = -q_i;\ s_i > 0;\quad s_i \neq 0. \end{cases} \tag{1}$$

Знак перед порядком s_i в операторе определяет тип операции. Если стоит знак минус, то это оператор дробного дифференцирования порядка s_i, а если перед порядком стоит знак плюс, то это соответствует оператору дробного интегрирования порядка s_i.

Первое равенство в операторе (1) определяет дробное дифференцирование порядка s_i, Дополнительные условия в этом равенстве исключают случаи дифференцирования, когда значения гамма-функции $\Gamma(\dots)$ стоящая в числителе коэффициента оператора, попадают я полюс, т. е. обращаются в бесконечность, а значение гамма-функции в знаменателе в полюс не попадает.

Второе равенство определяет дробное интегрирование порядка $s_i \geq 0$, когда значение гамма-функции в числителе коэффициента не попадает в полюс. Первые дополнительные условия в данном равенстве исключают случаи интегрирования, когда аргумент гамма-функции, стоящей в числителе коэффициента оператора, попадает в полюс, а аргумент гамма-функции знаменателя в полюс не попадает. Вторые дополнительные условия исключают интегрирование в логарифмических случаях.

Третье и *четвёртое* равенства определяют, соответственно, дифференцирование и интегрирование «в полюсах», когда показатели степени степенных функций имеют отрицательные целочисленные значения. Заметим, что для случаев попадания в полюс значений гамма-функций стоящих в знаменателе коэффициентов оператора, специальных дополнительных условий интегродифференцирования нет.

Пятое равенство определяет интегрирование в логарифмических случаях, которое определяется как $s_i = -q_i; s_i > 0; s_i \neq 0$.

Рассмотрим частные случаи возможных порядков интегродифференцирования.

Когда порядок $s_i = \chi_i = \gamma_i = 0$, то это соответствует *единичному оператору*, который действует по переменной x_i и переводит функции самих в себя, что можно записать $¶^{0_i} x_i = \mathbf{1}_i$.

Когда порядок интегродифференцирования вещественный, $s_i = \mathrm{Re}(s_i) = \chi_i > 0$, то если в равенствах (1) перед показателем порядка оператора s_i, стоит знак минус, то это будет соответствовать *оператору дробного дифференцирования вещественного порядка* χ_i, а если значение порядка оператора со знаком плюс, то это будет соответствовать *оператору дробного интегрирования вещественного порядка* χ_i.

Когда порядок интегродифференцирования мнимый, $s_i = i\,\mathrm{Im}(s_i) = i\gamma_i; \gamma_i > 0$, и если в равенствах оператора (1) перед показателем порядка оператора s_i, стоит знак минус, то это будет *оператор дробного дифференцирования мнимого порядка* γ_i, а если значение мнимого порядка со знаком плюс, то это будет *оператор дробного интегрирования мнимого порядка* γ_i.

Если порядок интегродифференцирования комплексный, $s_i = \chi_i + i\gamma_i; \chi_i, \gamma_i > 0$, а знак у порядка отрицательный, то это будет *дробное дифференцирование комплексного порядка*, а если знак положительный, то *дробное интегрирование комплексного порядка*.

Если знаки у вещественной и мнимой части порядка интегродифференцирования различаются, т. е. $s_i = -\chi_i + i\gamma_i$, или $s_i = \chi_i - i\gamma_i$, то такие порядки являются *смешанными комплексными порядками*. В этом случае нельзя говорить только о дифференцировании, или только об интегрировании. Если в операторе у смешанного порядка перед вещественной частью стоит знак минус, то формально будем говорить, что это *оператор смешанного дифференцирования комплексного порядка* s_i, а если знак плюс, то это *оператор смешанного интегрирования комплексного порядка* s_i. Тогда *оператор смешанного дифференцирования* (*интегрирования*) *комплексного порядка* $\pm s_i$ будет соответствовать *оператору смешанного интегрирования* (*дифференцирования*) *комплексного порядка* $\mp s_i$.

Функция $\ln_{s_i}(x_i)$ - логарифм порядка s_i по переменной x_i, который является функцией обратной для функции $\exp_{s_i}(x_i)$, которая названа *главной экспонентой порядка* s_i по переменной x_i и для этих функций выполняются равенства.

Для логарифмов и экспонент справедливы равенства: $\exp_{s_i}(\ln_{s_i}(x_i)) = \ln_{s_i}(\exp_{s_i}(x_i)) = x_i$

$C_{-s_i}(x_i)$ - *полиномы дифференцирования* порядка s_i по переменной x_i, а $C_{s_i}(x_i)$ - *полиномы интегрирования* порядка s_i по переменной x_i. Полиномы интегрирования являются обобщениями констант интегрирования классического анализа, а полиномы дифференцирования аналогами полиномов интегрирования для операции дробного дифференцирования.

Если такой оператор действует в пространстве одномерных степенных функций, то он совпадает с *d*-оператором комплексных порядков вещественной переменной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чуриков В.А. Многомерный локальный оператор дробного интегрирования и дробного дифференцирования вещественных порядков вещественных переменных // Сборник научных трудов X Международной конференции студентов и молодых учёных: Перспективы развития фундаментальных наук. Россия, Томск, НИ ТПУ, 23 – 26 апреля 2013 г. (X International Conference “Prospects of fundamental sciences development”. Russia, Tomsk, April 23 – 26, 2013). – Томск: Изд-во ТПУ, – 2013, – С. 638–640.

МНОГОМЕРНЫЙ ∂-ОПЕРАТОР ИНТЕГРОДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПОРЯДКОВ НЕСКОЛЬКИХ ВЕЩЕСТВЕННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

В.А. Чуриков
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, пр. Ленина, д. 30, 634050
E-mail: vachurikov@list.ru

MULTIVARIATE ∂-OPERATOR INTEGRODIFFERENTIATION COMPLEX ORDER SEVERAL MATERIAL VARIABLE

V.A. Churikov
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: vachurikov@list.ru

It is entered multivariate local operator fractional integration and fractional differentiation complex order material variable.

Для развития многомерного анализа необходим *многомерный оператор дробного интегродифференцирования*, которые действуют, на любое возможное число переменных многомерных степенных функций, а не на одну переменную, как в случае *локального ∂-оператор комплексных порядков одной вещественной переменной действующий в пространствах многомерных функций*.

Определение. Композицию (произведение) конечного количества *локальных ∂-операторов комплексных порядков одной вещественной переменной*, каждый из которых действует по одной вещественной переменной из переменных $x_1, x_2, ..., x_h$, будем называть *многомерным ∂-оператором интегродифференцирования нескольких вещественных переменных* $x_1, x_2, ..., x_h$ *комплексных порядков* $s_1, s_2, ..., s_h; s_i \in$ [redacted] nst; $\infty >| s_i | \geq 0$