

Березин Павел Владимирович,

Инженер связи, АО «Уфанет»

Berezin Pavel Vladimirovich,

Communication engineer, Ufanet JSC

Березин Алексей Владимирович,

Кадастровый инженер, индивидуальный предприниматель

Berezin Alexey Vladimirovich,

Cadastral engineer, individual entrepreneur

Березин Сергей Викторович,

Электромонтёр, «МБУ»

<https://orcid.org/0000-0001-8086-8288>

Berezin Sergey Viktorovich,

Electrician, "MBU"

Груздов Андрей Викторович,

Главный инженер, ООО «РусПромХолод»

Gruzдов Andrey Viktorovich,

Chief Engineer, RusPromHolod LLC

**MASTER-J: УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД
РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В НАУКЕ И ФИНАНСАХ
MASTER-J: UNIVERSAL ANALYTICAL METHOD FOR SOLVING
EQUATIONS AND ITS APPLICATIONS IN SCIENCE AND FINANCE**

Аннотация. В статье представлен метод Master-J — универсальный подход к аналитическому решению алгебраических и трансцендентных уравнений любой сложности. Метод основан на мастер-рядах, обеспечивающих высокую скорость сходимости и полноту решений, включая комплексные степени. Приведены примеры из климатологии, финансов и машинного обучения, демонстрирующие его превосходство над численными методами. Master-J открывает новые возможности для исследований, требующих аналитических решений, и представляет интерес для учёных, инвесторов и разработчиков математического ПО.

Abstract. The article presents the Master-J method — a universal approach to the analytical solution of algebraic and transcendental equations of any complexity. The method is based on master series, which provide a high rate of convergence and completeness of solutions, including complex powers. Examples from climate science, finance, and machine learning are given to demonstrate its superiority over numerical methods. Master-J opens up new possibilities for research that requires analytical solutions and is of interest to scientists, investors, and mathematical software developers.

Ключевые слова: Master-J, слияние функций, мастер-ряды, аналитические решения, степенные ряды, комплексные степени.

Keywords: Master-J, function merging, master series, analytical solutions, power series, complex degrees.

I. ВВЕДЕНИЕ

Решение алгебраических и трансцендентных уравнений — фундаментальная задача математики с приложениями в физике, экономике, машинном обучении и других науках. Однако классические методы (например, итерационные алгоритмы) сталкиваются с



ключевыми ограничениями: зависимостью от начального приближения, потерей комплексных корней и низкой скоростью сходимости для уравнений с дробными или комплексными степенями.

В данной статье представлен метод Master-J — универсальный аналитический подход, основанный на систематизации решений через мастер-ряды, параметризуемые тройкой чисел (m , s , r). Этот метод не только обеспечивает полноту решений (включая комплексные корни), но и демонстрирует высокую скорость сходимости, превосходя традиционные численные методы.

Ключевые особенности Master-J:

➤ **Гибкость** — единый формализм для алгебраических и трансцендентных уравнений.

➤ **Тождества** — Подчиняются строгим математическим тождествам, что упрощает их использование в аналитических преобразованиях.

➤ **Абсолютность** — не требует «нащупывания» начальных приближений. Находит абсолютно все корни, используя опорные точки каждого корня, заложенные в мастер-уравнениях, которые легко получаются из исходных.

➤ **Быстрые вычисления** — аналитическое представление сокращает число операций по сравнению с итерационными методами.

Метод особенно эффективен в задачах, где критична точность и полнота решений:

➤ **Климатология** (моделирование роста CO_2 с нелинейными степенями),

➤ **Финансы** (уравнения ценообразования с изменяющейся волатильностью),

➤ **Искусственный интеллект** (оптимизация гиперпараметров в машинном обучении).

Хотя все области применения Master-J сложно охватить в одной статье, метод демонстрирует универсальность в задачах, где традиционные подходы неэффективны — от моделирования климатических процессов до оптимизации финансовых стратегий. Представители различных наук смогут адаптировать предложенный аппарат для своих исследований, используя единый аналитический инструмент.

Метод Master-J совершает прорыв в аналитической математике, преодолевая ключевые ограничения классических подходов. Его уникальная комбинация универсальности (работа с уравнениями любого типа), абсолютности (гарантированное нахождение всех корней), скорости (аналитические решения быстрее численных итераций) и точности делает его незаменимым инструментом для:

➤ Фундаментальных математических исследований;

➤ Прикладных задач в физике, экономике, биологии и других науках;

➤ Инновационных разработок в машинном обучении и анализе данных.

Перспективы внедрения Master-J включают интеграцию в математические пакеты (Mathematica, MATLAB), применение в квантовых вычислениях и создание специализированных процессоров для аналитических вычислений. Дальнейшее развитие метода, включая его программную реализацию и адаптацию для конкретных областей, представляет собой многообещающее направление для междисциплинарных исследований.

КРАТКИЙ ОБЗОР MASTER-J

Master-J — это параметризованный метод аналитического решения уравнений, основанный на трёх ключевых компонентах:

Мастер-числа $\frac{m!s}{r!t}$ — обобщённые факториалы, объединяющие степенные и рекуррентные свойства.

$$\text{mstr}(m; s; r; t) = \frac{m!s}{r!t} = \prod_{j=1}^{t-1} (m + st - rj) \quad (1)$$

Мастер-ряды $\frac{m.s}{r.x}$ — степенные разложения, обеспечивающие абсолютные решения для широкого класса уравнений.



$$\text{msr}(m; s; r; x) = \overset{m}{r} \cdot \overset{s}{x} = m + x + \sum_{t=2}^{\infty} \left(\frac{x^t}{t!} \cdot \overset{m}{r} \cdot \overset{s}{t} \right) \quad (2)$$

Мастер-уравнения — стандартизированные формы (например, $py^r = q + xy^s$), приводимые к мастер-рядам.

Корень «у» выражается через произведение опорной точки «v» на мастер-ряд:

$$y = v \cdot \overset{l}{r} \cdot \overset{s}{z}, \quad z = \frac{xv^s}{rq}, \quad v = \sqrt[r]{\left| \frac{q}{p} \right|} e^{\frac{(\arg(\frac{q}{p}) + 2\pi n)i}{r}}, n \in \mathbb{Z}, r \neq 0 \quad (3, 4, 5)$$

где p, q — коэффициенты доминирующего и свободного членов уравнения

$$py^r = q + xy^s \quad (6)$$

При r = 0, даёт решения уравнения другого рода:

$$y = e^{q+xy^s} \quad (7)$$

$$\ln y = q + xy^s \quad (8)$$

$$y = v \cdot \overset{l}{r} \cdot \overset{s}{z}, \quad z = xv^s, \quad v = e^q \quad (9, 10, 11)$$

Совершенно разные классы уравнений используют один и тот же аппарат мастер-рядов.

Сходится быстрее классических методов (например, Ньютона) для $|x| \ll$ радиуса сходимости.

Аналитическое продолжение выражается в виде такого же степенного ряда через мастер-ряд того же рода, после перестройки уравнения, когда доминирующий член уравнения будет расположен в левой части уравнения.

Все элементарные и многие специальные функции являются частными случаями мастер-рядов и их композиций.

Пример: **климатология**. Моделирование парникового эффекта:

$$CO_2(t) = At^{\sqrt{3}} + Bt^{0.5} \quad (12)$$

➤ A, B — коэффициенты, связанные с источниками и поглотителями CO₂ (например, выбросы от промышленности и поглощение океанами).

➤ Степени «t» ($\sqrt{3}$ и 0.5) — нелинейные темпы роста, отражающие сложные природные и антропогенные процессы.

При каком времени t концентрация CO₂ достигнет 500 ppm, если её рост описывается уравнением:

$$500 = 2.5t^{\sqrt{3}} + 10t^{0.5} \quad (13)$$

Шаг 1. Исходное уравнение преобразуется к виду:

$$2.5t^{\sqrt{3}} = 500 - 10t^{0.5} \quad (14)$$

что соответствует форме мастер-уравнения

$$py^r = q + xy^s \quad (15)$$

Шаг 2. Подставляем в формулу мастер-решения

$$y = v \cdot \overset{l}{r} \cdot \overset{s}{z}, \quad z = \frac{xv^s}{rq}, \quad v = \sqrt[r]{\left| \frac{q}{p} \right|} e^{\frac{(\arg(\frac{q}{p}) + 2\pi n)i}{r}} \quad (16, 17, 18)$$

коэффициенты и степени исходного уравнения

$$p = 2.5, \quad r = \sqrt{3}, \quad q = 500, s = .5, x = -10, n = 0$$

Шаг 3. Определяем v = 21.3059, и z = - 0.053299

Шаг 4. Определяем значение функции $\overset{l}{r} \cdot \overset{s}{z}$ по её степенному ряду

$$M = \overset{l}{r} \cdot \overset{s}{z} = 1 + z + \frac{z^2}{2}(1 + 2s - r) + \frac{z^3}{3!}(1 + 3s - r)(1 + 3s - 2r) + \dots \quad (19)$$

$$M = 1 - .053299 + .000381 + .0000187 + .0000004 + \dots$$

Шаг 5. Находим корни исходного уравнения

$$y = vM = 20.17885 \text{ лет}$$

Сравнение мастер-метода и итерационных методов



Для решения данного уравнения методами итераций, нужно вначале перебрать несколько подходящих вариантов, для определения начального приближения. Затем для самих итераций нужно подставлять очередное приближение под иррациональные степени как исходного уравнения, так и его производной. А для этих операций нужно использовать два степенных ряда, логарифма и экспоненты. И таких итераций нужно будет совершить неоднократное количество.

Вывод: полное решение Master-J даёт в несколько раз быстрее, чем одна итерация Ньютона. Умножьте это на количество требуемых итераций и прибавьте время на поиски начального приближения.

Данный пример из тех, когда прогноз контролируется на долгие годы и не требует быстрогодействия. Но подобные уравнения встречаются во многих других сферах науки и бизнеса. Например, автоматизация работы менеджеров на биржах, когда микросекунды промедления приводят к тому, что выгодные сделки заключили другие, те у кого эта автоматизация работает быстрее.

Пример модели ценообразования с изменяющейся волатильностью. Такое уравнение может возникнуть в модифицированных финансовых моделях, где волатильность зависит от цены актива нелинейно.

В классических моделях (например, Блэка-Шоулса) волатильность σ считается константой. Однако в реальности волатильность может зависеть от цены. Степени вида $y^{4.3^{0.5}}$ могут появиться при эмпирической аппроксимации рыночных данных, где они подбираются под исторические ряды.

В контексте ценообразования: если «у» — цена актива, то уравнение задаёт критический уровень, при котором:

Вклад волатильности $(2.5y^{4.3^{0.5}}) + \text{Ликвидность } (10y^{0.5}) = 500$ (порог риска)

Это может быть точкой хеджирования или сигналом для изменения стратегии.

Подобные уравнения встречаются в стохастических моделях волатильности (например, SABR-модель) и в эмпирических зависимостях в товарных рынках (нефть, металлы).

Численные методы теряют комплексные корни, важные для оценки экстремальных сценариев. Замедляют работу торговых алгоритмов.

Данное уравнение отличается от предыдущего только значением степени доминирующего члена. Его решение методом мастера ничем не отличается от предыдущего. Все члены исходного уравнения расположены в мастер-уравнении в том же порядке. Но изменилось количество самих решений. При такой степени доминирующего члена нужно брать три значения «n». От -1 до 1.

n=-1

y=-12.718576730897052234-1.8725948005669100396i

n=0

y=12.426340222459483584

n=1

y=-12.718576730897052234+1.8725948005669100396i

Финансовая интерпретация комплексных корней

Хотя комплексные корни кажутся абстракцией, они могут описывать:

Критические точки в стохастических моделях:

В SABR-модели мнимая часть корней связана с "фантомной" волатильностью — ситуацией, когда рынок anticipates будущие скачки цены.

Сигналы для хеджирования:

$\text{Re}(y) \approx -12.718$ может указывать на короткие позиции при достижении порога.



$\text{Im}(y) \approx \pm 1.872$ — амплитуда "скрытых" колебаний.

Пример:

Если «у» — цена нефти, то:

$y \approx 12.426$ — текущий равновесный уровень.

$y \approx -12.718 \pm 1.872i$ — зоны неустойчивости (например, точки разворота тренда).

Комплексные корни — не артефакт, а источник информации о скрытых рыночных процессах. В финансах это означает не только расчёт равновесных цен, но и прогнозирование экстремальных сценариев. Пропускать решения в таких сценариях недопустимо. Численные методы плохо справляются с поиском начальных приближений на комплексной плоскости, особенно с комплексными степенями. И сами итерации с такими степенями, работают очень медленно. Один шаг итераций с комплексными степенями работает в 8 раз дольше, чем всё решение мастером. Мастер-решение — аналитическое, оно не требует нащупывания начальных приближений на комплексной плоскости, ему нет разницы, какие степени. Даже с комплексными степенями нужен всего один степенной ряд мастера.

Каждый «инструмент», которым оперирует мастер-М (числа, ряды, уравнения), такой же универсальный, как и он сам. Рассмотрим все эти универсальные инструменты подробнее.

II. МАСТЕР-ЧИСЛА

Мастер-число от t — это произведение множителей $(m+st-rj)$. Их количество равно $t-1$. Поэтому при $t < 2$ мастер-число возвращает 1.

$$\text{mstr}(m; s; r; t) = \frac{m!}{r!t} = \prod_{j>0}^{j<t} (m + st - rj) \quad (20)$$

$$\frac{m!}{r!t} = (m + st - r)(m + st - 2r) \cdots (m + st - r(t-1)) \quad (21)$$

Важное тождество:

$$\frac{m!}{-r!t} = (m + r)(m + 2r) \cdots (m + r(t-2))(m + r(t-1)) \quad (23)$$

$$\frac{m!}{r!t} = (m + r(t-1))(m + r(t-2)) \cdots (m + 2r)(m + r) \quad (24)$$

Вывод:

$$\text{mstr}(m; 0; -r; t) = \text{mstr}(m; r; r; t)$$

$$\frac{m!}{-r!t} = \frac{m!}{r!t} \quad (25)$$

Примеры:

$$\frac{1!}{-2!4} = (1+2)(1+4)(1+6) = 3 \cdot 5 \cdot 7 \quad (26)$$

$$\frac{1!}{2!4} = (1+8-2)(1+8-4)(1+8-6) = 7 \cdot 5 \cdot 3 \quad (27)$$

Таблица 1

Примеры использования мастер-чисел

Гамма-функция	$\Gamma(t)$	$\frac{0!}{1!t}$	$\frac{0!}{1!3} = \Gamma(3) = 2 \times 1$
Факториал	$t!$	$\frac{1!}{1!t}$	$\frac{1!}{1!3} = 3! = 3 \times 2$
г-кратный факториал от п	$n!_{(r)}$	$\frac{n-r!}{r!t+1}$	$t = \left\lfloor \frac{n}{r} \right\rfloor$
Убывающий !	$(n)_k$	$\frac{n+1!}{1!k+1}$	$(5)_3 = \frac{6!}{1!4} = 5 \times 4 \times 3$
Биномиальный коэф.	$\binom{n}{k}$	$\frac{n+1!}{1!k+1}$	$\binom{4}{2} = \frac{5!}{2!} = \frac{4 \times 3}{2} = 6$
Возрастающий !	$n^{(k)}$	$\frac{n-1!}{1!k+1}$	$3^{(3)} = \frac{2!}{1!4} = 3 \times 4 \times 5$

Примеры тройного факториала от чисел 5, 6, 7

$$5!!! = 5!_{(3)} = \frac{5-3!}{3!t+1}, t = \left\lfloor \frac{5}{3} \right\rfloor = 2 \quad (28)$$

$$\frac{-1!}{3!3} = (-1+9-3)(-1+9-6) = 5 \cdot 2 \quad (29)$$



$$6!_{(3)} = 6^{-3} t_1^3, t = \left\lfloor \frac{6}{3} \right\rfloor = 2 \quad (30)$$

$$0!_{3,3} = (9-3)(9-6) = 6 \cdot 3 \quad (31)$$

$$7!_{(3)} = 7^{-3} t_1^3, t = \left\lfloor \frac{7}{3} \right\rfloor = 3 \quad (32)$$

$$^{-2} 3!_{3,4} = (-2+12-3)(-2+12-6)(-2+12-9) = 7 \cdot 4 \cdot 1 \quad (33)$$

Слияние мастер-чисел

$$m_1 s_1 @ m_1 s_2 @ \dots = m_1 s_1 s_2 \dots = \prod_{j=1}^{j < t_1 + t_2 + \dots} (m + s_1 t_1 + s_2 t_2 + \dots - rj) \quad (34)$$

III. МАСТЕР-РЯДЫ

Мастер-ряды — это степенные разложения мастер-уравнений, объединяющие алгебраические и трансцендентные решения через единый формализм. Их структура определяется параметрами m, s, r , что позволяет классифицировать уравнения и их решения.

$$\text{msr}(m; s; r; x) = m_{r \cdot x}^s = m + \sum_{t=1}^{\infty} \left(\frac{x^t}{t!} \cdot m_1 s_1^t \right) = m + x + \sum_{t=2}^{\infty} \left(\frac{x^t}{t!} \cdot \prod_{j=1}^{t-1} (m + st - rj) \right) \quad (35)$$

Каждый член мастер-ряда — это произведение независимой дроби $\frac{x^t}{t!}$ и мастер-числа $m_1 s_1^t$.

$$\begin{aligned} m_{r \cdot x}^s &= m + x + \frac{x^2}{2} (m + 2s - r) + \frac{x^3}{3!} (m + 3s - r)(m + 3s - 2r) \\ &+ \frac{x^4}{4!} (m + 4s - r)(m + 4s - 2r)(m + 4s - 3r) + \dots \end{aligned} \quad (36)$$

Важные тождества:

Первое тождество можно получить при $m=1$, заменив независимый аргумент на экспоненту от него.

$$1_{r \cdot x}^s = e^{0.s} \quad (37)$$

Дифференциальное тождество было получено при сравнении производной логарифма и степенной функции. Это тождество одинаково для всех рядов, отличающихся только значением m .

$$\frac{d 1_{r \cdot x}^s}{dx} = 1_{r \cdot x}^s \frac{d 0.s}{dx} \quad (38)$$

$$1_{r \cdot x}^s = \frac{d 1_{r \cdot x}^s}{d \ln 1_{r \cdot x}^s} = \frac{d e^{0.s}}{d 0.s} = e^{0.s} \quad (39)$$

Пропорциональные и степенные тождества логарифма и степенных функций, также распространяются на все мастер-ряды.

$$c \cdot 0.s_{r \cdot x} = r/c \cdot s_{cx} \quad (40)$$

$$(1_{r \cdot x}^s)^c = r/c \cdot s_{cx} \quad (41)$$

Важное тождество мастер-чисел «наследуют» мастер-ряды

$$\frac{m.r}{r \cdot x} = \frac{m.0}{-r \cdot x} \quad (42)$$

Радиус сходимости:

При $r = 0$

Мастер-ряд сходится при выполнении условия: $|sxe| < 1$

$$\begin{cases} |x| < \frac{1}{|s|e}, s \neq 0 \\ |x| < \infty, s = 0 \end{cases} \quad (43)$$

При $r \neq 0$

Условие сходимости принимает более сложный вид:

$\text{msr}(m; s; r; x)$ сходится если $|r - s|^{r-s} |s|^{|s|} |x|^{|r|} < 1$



$$\begin{cases} |x| < \frac{|r-s|}{|r-s|}, s \neq 0 \\ |x| < \frac{1}{|r|}, s = 0 \end{cases} \quad (44)$$

Если r или s комплексные числа, а также в операциях слияния функций, пользоваться понятием радиус сходимости не всегда достаточно. В статье будут показаны примеры аналитического решения уравнений с комплексными степенями.

Примеры мастер-рядов:

$$e = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0} \quad (45)$$

$$\exp(x) = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0} \quad (46)$$

$$\cos(x) = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0}; \quad \sinh(x) = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0} \quad (47, 48)$$

$$\frac{\overline{m \cdot s}}{r \cdot x} = \frac{m \cdot s + \overline{r \cdot s}}{2}, \quad \frac{\overline{m \cdot s}}{r \cdot x} = \frac{m \cdot s - \overline{r \cdot s}}{2} \quad (49, 50)$$

$$\pi i = 4 {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0} \quad (51)$$

$$\operatorname{artanh}(x) = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0} \quad (52)$$

$$\operatorname{LambertW}_0(x) = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0} \quad (53)$$

$$\frac{0 \cdot s}{0 \cdot x} = \frac{\operatorname{LambertW}_0(-sx)}{-s} \quad (54)$$

$$\ln(1+x) = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0}, \quad |x| < 1 \quad (55)$$

Таблица 2

Примеры использования мастер-рядов в качестве аналитического продолжения рядов Тейлора различных функций

$n \in \mathbb{Z}$	$ x < 1$	$ x \geq 1$
$\frac{\operatorname{Ln}(x)}{r} = \frac{\ln x + (\arg(x) + 2\pi n)i}{r}$	$\frac{\ln x }{r} = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0} \frac{ x -1}{r}$	$\frac{\ln x }{r} = {}_{0 \cdot 0}^{-1 \cdot 0} \frac{ x -1}{r x }$
$x^{\frac{1}{r}} = \sqrt[r]{ x } e^{\frac{(\arg(x) + 2\pi n)i}{r}}$	$\sqrt[r]{ x } = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0} \frac{ x -1}{r}$	$\sqrt[r]{ x } = {}_{0 \cdot 0}^{-1 \cdot 0} \frac{ x -1}{r x }$
$\operatorname{Arsinh}_0(x)$	$\operatorname{Ln}(1) + {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0}$	$\operatorname{Ln}(2x) + {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0} \frac{1}{4x^2}$
$\operatorname{Arsinh}_1(x)$	$\operatorname{Ln}(-1) + {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0} x$	$\operatorname{Ln}\left(\frac{-1}{2x}\right) + {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0} \frac{1}{4x^2}$

$${}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0} = 1 + z + \frac{z^2}{2}(1-r) + \frac{z^3}{3!}(1-r)(1-2r) + \frac{z^4}{4!}(1-r)(1-2r)(1-3r) + \dots \quad (56)$$

$${}_{0 \cdot 0}^{-1 \cdot 0} = 1 + z + \frac{z^2}{2}(1+r) + \frac{z^3}{3!}(1+r)(1+2r) + \frac{z^4}{4!}(1+r)(1+2r)(1+3r) + \dots \quad (57)$$

$$\sqrt[2]{100} = {}_{0 \cdot 0}^{-1 \cdot 0}_{-0.495}; \quad \sqrt[2]{0.01} = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0}_{-0.495}; \quad \sqrt[2]{25} = {}_{0 \cdot 0}^{-1 \cdot 0}_{-0.48}; \quad \sqrt[2]{0.04} = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0}_{-0.48} \quad (58, 59, 60, 61)$$

Биномиальный ряд имеет ограниченное количество членов, так как все последующие члены мастер-ряда равны нулю. Поэтому вопрос о сходимости для данного ряда неактуален.

$$(1+x)^r = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0}_{r \cdot x}, \quad r \in \mathbb{N} \quad (62)$$

$${}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0}_{2x} = m + x + \frac{x^2}{2}(m + 2s - r) = 1 + 2x + \frac{4x^2}{2}\left(1 - \frac{1}{2}\right) = 1 + 2x + x^2 \quad (63)$$

$${}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0}_{3x} = 1 + 3x + \frac{9x^2}{2}\left(1 - \frac{1}{3}\right) + \frac{27x^3}{3!}\left(1 - \frac{1}{3}\right)\left(1 - \frac{2}{3}\right) + 0 + 0 + \dots \quad (64)$$

Составные мастер-ряды.

$$\operatorname{sech} x = {}_{0 \cdot 0}^{1 \cdot 0}_{1 - \frac{1}{0 \cdot x}} \quad (65)$$



$$\tanh x = \frac{\overline{1,0} \cdot \overline{1,1}}{\overline{1,0} \cdot \overline{1,0}} \quad (66)$$

Радиус сходимости косинуса бесконечен, но он находится в независимом аргументе геометрического ряда.

IV. МАСТЕР-УРАВНЕНИЯ

Таблица 3

$\frac{m}{r}y_x^s = \frac{m}{r}x$				
0-й род	1-й род	2-й род	3-й род	
$y = x$	$y = xe^{sy}$	$y = \frac{\ln(1+rx)}{r}$	$y = \frac{\ln(1+rx e^{sy})}{r}$	$m = 0$
$y = e^x$	$y = e^{xy^s}$	$y = (1+rx)^{\frac{1}{r}}$	$y = (1+rx y^s)^{\frac{1}{r}}$	$m = 1$
$\frac{m}{0}y_x^0$	$\frac{m}{0}y_x^s$ $s \neq 0$	$\frac{m}{r}y_x^0$ $r \neq 0$	$\frac{m}{r}y_x^s$ $r \neq 0, s \neq 0$	

В данной таблице представлены 8 уравнений, приведённых к образу мастера. Синим цветом обозначены величины, которые не могут быть равны нулю, так как при их обнулении мастер-ряд даёт решение уже других уравнений. Главными являются уравнения $\frac{l}{0}y_x^s$ и $\frac{l}{r}y_x^s$. Остальные уравнения можно получить из головных. Чтобы получить уравнение, расположенное в соседней ячейке слева, достаточно обнулить s . Чтобы получить уравнение, которое находится в соседней ячейке сверху, нужно заменить зависимый аргумент на экспоненту от него, затем прологарифмировать уравнение.

Степенной ряд главного корня любого уравнения мастера можно получить по теореме Лагранжа об обращении рядов. Но метод мастера позволяет, во-первых, получать эти ряды намного проще и быстрее, во-вторых, он позволяет получить степенной ряд любого корня, а не только главного. В-третьих, для корней уравнений ненулевого рода, этот метод позволяет получать не только ряды Тейлора, с ограниченным радиусом сходимости, но и их аналитические продолжения, в виде обычного степенного ряда, основанного на мастере исходного рода. В-четвёртых, всё это можно производить с любым количеством правых членов этих уравнений, благодаря операции слияние функций, которая возможна благодаря конструкции мастер-чисел.

Традиционно алгебраические (многочлены) и трансцендентные (с экспонентами, логарифмами и т.д.) уравнения решаются принципиально разными методами. Мастер- j предлагает единый метод для разных классов уравнений.

Трансцендентные $y = e^{xy^s} = \frac{l}{0}x$

$$y = ve^{x_1 y^{s_1} + x_2 y^{s_2} + \dots} = v \cdot \frac{l}{0} \cdot \frac{s_1, s_2, \dots}{x_1 v^{s_1}, x_2 v^{s_2}, \dots} \quad (67)$$

$$y = xe^{sy} = \frac{0}{0}x \quad (68)$$

$$y = x \cdot \cos(sy) = \frac{x \cdot e^{syi} + x \cdot e^{-syi}}{2} = \frac{0, si, -si}{0 \cdot x/2, x/2} \quad (69)$$

$$\text{Алгебраические } y = (1 + rxy^s)^{\frac{l}{r}} = \frac{l}{r} \cdot \frac{s}{x} \quad (70)$$

$$py^r = q + x_1 y^{s_1} + x_2 y^{s_2} + \dots = q \cdot \frac{l}{1} \cdot \frac{s_1, s_2, \dots}{r \cdot r^{\frac{s_1}{r}}, r^{\frac{s_2}{r}}, \dots} \quad (71)$$

$$py^r = q + x_1 y^{s_1} + x_2 y^{s_2} + \dots = p \left(v \cdot \frac{l}{r} \cdot \frac{s_1, s_2, \dots}{x_1 v^{\frac{s_1}{r}}, x_2 v^{\frac{s_2}{r}}, \dots} \right)^r \quad (72)$$



$$y = v \cdot \frac{r^{S_1, S_2, \dots}}{x_1 v^{S_1} x_2 v^{S_2} \dots}, \quad v = \sqrt[r]{\frac{q}{p}} e^{\frac{(\arg(\frac{q}{p}) + 2\pi n)i}{r}}, n \in Z \quad (73, 74)$$

Совершенно разные классы уравнений используют один и тот же аппарат мастер-рядов.

V. Слияние функций

Слияние позволяет объединять ряды в единую структуру. Это необходимо для решения многокомпонентных уравнений, например

$$y = v e^{x_1 y^{S_1} + x_2 y^{S_2} + \dots} = v \cdot \frac{r^{S_1, S_2, \dots}}{0! x_1 v^{S_1} x_2 v^{S_2} \dots} \quad (75)$$

или

$$p y^r = q + x_1 y^{S_1} + x_2 y^{S_2} + \dots = q \cdot \frac{r^{S_1/r, S_2/r, \dots}}{\frac{x_1 (q/p)^{S_1/r}}{q} \frac{x_2 (q/p)^{S_2/r}}{q} \dots} \quad (76)$$

где каждому члену уравнения со своим независимым аргументом (x_n) нужен свой мастер-ряд.

Слияние (специальное умножение) степенных рядов производится также, как обычное умножение степенных рядов, когда каждый член одного ряда умножается на каждый член другого ряда, кроме таких множителей членов ряда, как мастер-числа.

Операцию слияния мастер-чисел невозможно заменить операциями сложения или умножения исходных чисел. В результате слияния получается монолит мастер-чисел, который используется в монолитах мастер-рядов и, возможно может быть использован в более сложных областях комбинаторики. Операция слияния обозначается символом @.

$$\frac{m_1^{S_1}}{r! t_1} @ \frac{m_1^{S_2}}{r! t_2} @ \dots = \frac{m_1^{S_1, S_2, \dots}}{r! t_1 t_2 \dots} = \prod_{j=1}^{j < t_1 + t_2 + \dots} (m + s_1 t_1 + s_2 t_2 + \dots - r j) \quad (77)$$

Слияние (специальное умножение) функций выполняется перед всеми остальными операциями и применяется одновременно ко всем функциям или их степенным рядам, соединённым знаком @.

$$\frac{m_1^{S_1, S_2, \dots}}{r! x_1 x_2 \dots} = \frac{m_1^{S_1}}{r! x_1} @ \frac{m_1^{S_2}}{r! x_2} @ \dots \quad (78)$$

При слиянии степенных рядов ($m = 1$)

$$\left(1 + \sum_{t_1=1}^{\infty} \frac{x_1^{t_1}}{t_1!} \frac{m_1^{S_1}}{r! t_1}\right) @ \left(1 + \sum_{t_2=1}^{\infty} \frac{x_2^{t_2}}{t_2!} \frac{m_1^{S_2}}{r! t_2}\right) @ \left(1 + \sum_{t_3=1}^{\infty} \frac{x_3^{t_3}}{t_3!} \frac{m_1^{S_3}}{r! t_3}\right) \quad (79)$$

каждый член одного ряда объединяется с каждым членом всех остальных рядов:

$$\left(\frac{x_1^{t_1}}{t_1!} \frac{m_1^{S_1}}{r! t_1}\right) @ \left(\frac{x_2^{t_2}}{t_2!} \frac{m_1^{S_2}}{r! t_2}\right) @ \left(\frac{x_3^{t_3}}{t_3!} \frac{m_1^{S_3}}{r! t_3}\right) = \frac{x_1^{t_1} x_2^{t_2} x_3^{t_3}}{t_1! t_2! t_3!} \frac{m_1^{S_1, S_2, S_3}}{r! t_1 t_2 t_3} \quad (80)$$

Особенности слияния членов:

1. Независимые дроби перемножаются.

2. Мастер-числа всех объединяемых членов образуют единый монолит, который невозможно получить простым умножением исходных мастер-чисел.

$$\frac{m_1^{S_1, S_2, S_3}}{r! t_1 t_2 t_3} = \prod_{j=1}^{t_1 + t_2 + t_3 - 1} (m + s_1 t_1 + s_2 t_2 + s_3 t_3 - r j) \quad (81)$$

3. У степенных рядов ($m=0$) нулевой член равен нулю $w_0 = 0$. Слияние таких рядов производится по тем же правилам. Но, на время слияния нулевой член степенного ряда делаем равным 1. $w_0 = 1$. Когда слияние таких рядов будет завершено, от монолита нужно будет отнять 1.

4. Мастер-число от 1 всегда равен 1, независимо от параметров, так как количество мастер-множителей на 1 меньше t . Монолит первых членов уже не равен 1, так как сумма порядковых номеров этих членов больше 1.

$$\frac{m_1^{S_1}}{r!} = 1, \quad \frac{m_1^{S_2}}{r!} = 1, \quad \frac{m_1^{S_3}}{r!} = 1 \quad (82, 83, 84)$$

$$\frac{m_1^{S_1}}{r!} @ \frac{m_1^{S_2}}{r!} = \frac{m_1^{S_1, S_2}}{r!} = (m + s_1 + s_2 - r) \quad (85)$$

$$\frac{m_1^{S_1}}{r!} @ \frac{m_1^{S_2}}{r!} @ \frac{m_1^{S_3}}{r!} = \frac{m_1^{S_1, S_2, S_3}}{r!} = (m + s_1 + s_2 + s_3 - r)(m + s_1 + s_2 + s_3 - 2r) \quad (86)$$



Слияние функций — это такая же распространённая в природе операция, как сложение и умножение. Например, биномиальный ряд можно расширить на любое количество членов, но и здесь используется операция слияния.

$$(1 + x_1 + x_2 + \dots)^r = {}_{1/r}^{1,0,0,\dots} x_1, r x_2, \dots, \quad r \in \mathbb{N} \quad (87)$$

$$\left(1 + \frac{x}{2}\right)^2 = {}_{1/2}^{1,0} x = 1 + x + \frac{x^2}{4} \quad (88)$$

$$\left(1 + \frac{x}{3}\right)^3 = {}_{1/3}^{1,0} x = 1 + x + \frac{x^2}{3} + \frac{x^3}{27} \quad (89)$$

$$(1 + x_1/2 + x_2/2)^2 = {}_{1/2}^{1,0,0} x_1, x_2 = \left(1 + \frac{x_1}{1!} {}_{1/2}^{1,0} + \frac{x_1^2}{2!} {}_{1/2}^{1,0,0}\right) @ \left(1 + \frac{x_2}{1!} {}_{1/2}^{1,0} + \frac{x_2^2}{2!} {}_{1/2}^{1,0,0}\right) = 1 + \frac{x_1}{1!} {}_{1/2}^{1,0} + \frac{x_1^2}{2!} {}_{1/2}^{1,0,0} + \frac{x_2}{1!} {}_{1/2}^{1,0} + \frac{x_2^2}{2!} {}_{1/2}^{1,0,0} + \frac{x_1 x_2}{1! 1!} {}_{1/2}^{1,0,0,0} + \frac{x_1^2 x_2}{2! 1!} {}_{1/2}^{1,0,0,0} + \frac{x_1 x_2^2}{1! 2!} {}_{1/2}^{1,0,0,0} = 1 + \frac{x_1}{1!} + \frac{x_1^2}{4} + \frac{x_2}{1!} + \frac{x_1 x_2}{2} + \frac{x_2^2}{4} \quad (90)$$

Отсюда видно, что и мультиномиальные коэффициенты, это монолиты мастер-чисел. Но наиболее важное применение слиянию функций — это аналитическое решение многочленов любого рода, с любым количеством членов.

Наиболее подробно изучить операцию слияние можно из кода js на сайте <http://glax-plato.ru/>

Главная особенность монолитов заключается в том, что их применимость определяется не радиусом сходимости, как у одноядерных мастеров, а сравнением с модулем точек экстремума соответствующего им уравнения.

Решение многочленов третьего рода (алгебраические уравнения с любыми степенями в том числе и комплексными):

Трёхчлен → один мастер-ряд.

Четырёхчлен → слияние двух мастер-рядов (двухъядерный ряд).

Пятичлен → слияние трёх мастер-рядов (трёхъядерный ряд).

$$p y^r = q + x_1 y^{s_1} + x_2 y^{s_2} + \dots = q \cdot {}_{1/r}^{1, s_1/r, s_2/r, \dots} x_1(q/p)^{s_1/r}, x_2(q/p)^{s_2/r}, \dots \quad (91)$$

$$p y^r = q + x_1 y^{s_1} + x_2 y^{s_2} + \dots = p \left(v \cdot {}_{r/q}^{1, s_1, s_2, \dots} r \cdot x_1 v^{s_1} x_2 v^{s_2}, \dots \right)^r \quad (92)$$

$$y = v \cdot {}_{r/q}^{1, s_1, s_2, \dots} r \cdot x_1 v^{s_1} x_2 v^{s_2}, \dots, \quad v = \sqrt[r]{\left| \frac{q}{p} \right|} e^{\frac{(\arg(\frac{q}{p}) + 2\pi n)i}{r}}, n \in \mathbb{Z} \quad (93, 94)$$

Доказательство разложения мастер уравнений в мастер ряд с аналогичными параметрами ${}_r^m y^s_x = {}_r^m \cdot s_x$ и доказательства сходимости было изложено в статье [14]

VI. РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЙ

третий род

Уравнения третьего рода при $m=1$ решаются аналитически по стандартному алгоритму, независимо от значения степеней

$$p y^r = q + x y^s \quad (95)$$

$$y = v \cdot {}_{r/z}^{1, s} x, \quad z = \frac{x v^s}{r q}, \quad v = \sqrt[r]{\left| \frac{q}{p} \right|} e^{\frac{(\arg(\frac{q}{p}) + 2\pi n)i}{r}}, n \in \mathbb{Z} \quad (96, 97, 98)$$

Каждый корень уравнения привязан к своей опорной точке «v». Опорные точки определяются элементарной функцией корня γ -степени от дроби q/p . Чтобы получить сам корень уравнения, нужно умножить его опорную точку на $M = {}_{r/z}^{1, s}$

Рассмотрим как преобразовать к мастер-уравнению алгебраические уравнения

$$A y^a + B y^b + C = 0 \quad (99)$$



Существует 6 способов преобразовать исходное уравнение в мастер-уравнение:

Таблица 4

Примеры мастер-уравнений

$Ay^a = -C - By^b$ (1)	$By^b = -C - Ay^a$ (4)
$Ay^{a-b} = -B - Cy^{-b}$ (2)	$By^{b-a} = -A - Cy^{-a}$ (5)
$Cy^{-b} = -B - Ay^{a-b}$ (3)	$Cy^{-a} = -A - By^{b-a}$ (6)

Но для того, чтобы получить все корни исходного трёхчленного уравнения, на практике достаточно использовать всего три мастер-уравнения. Остальные мастер-уравнения являются их зеркальными отражениями (1 и 6), (2 и 5), (3 и 4). Они дают такие же корни, иногда при других значениях «n».

Если степени «a» и «b» вещественные, положительные, и $a > b$ можно использовать простой алгоритм выбора мастер-уравнения.

$$T = \left| \frac{b}{A} \right|^b \left| \frac{B}{a} \right|^a \left| \frac{a-b}{C} \right|^{a-b} \quad (100)$$

Если $T < 1$, то все опорные точки и соответственно все корни уравнения определяются через старший и свободный члены исходного уравнения

$$Ay^a = -C - By^b \quad (101)$$

$$y = v \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{b}{Bv^b}, v = \sqrt[a]{\left| \frac{C}{A} \right|} e^{\frac{(\arg(-\frac{C}{A}) + 2\pi n)i}{a}}, n \in Z \quad (102, 103)$$

Если $T \geq 1$, то через средний и свободный члены исходного уравнения определяется b корней

$$By^b = -C - Ay^a \quad (103)$$

$$y = v \cdot \frac{1}{b} \cdot \frac{a}{Av^a}, v = \sqrt[b]{\left| \frac{C}{B} \right|} e^{\frac{(\arg(-\frac{C}{B}) + 2\pi n)i}{b}}, n \in Z \quad (104, 105)$$

Остальные корни определяются через старший и средний члены, после деления первого нового уравнения на y^b

$$Ay^{a-b} = -B - Cy^{-b} \quad (106)$$

$$y = v \cdot \frac{1}{a-b} \cdot \frac{-b}{C} \cdot \frac{1}{(a-b)Bv^b}, v = \sqrt[a-b]{\left| \frac{B}{A} \right|} e^{\frac{(\arg(-\frac{B}{A}) + 2\pi n)i}{a-b}}, n \in Z \quad (107, 108)$$

Примеры с целыми вещественными положительными степенями

$$Ay^7 + By^2 + C = 0 \quad (109)$$

$$T = \left| \frac{2}{A} \right|^2 \left| \frac{B}{7} \right|^7 \left| \frac{5}{C} \right|^5 \quad (110)$$

$$Ay^7 = -C - By^2, T < 1 \quad (111)$$

$$By^2 = -C - Ay^7, Ay^5 = -B - Cy^{-2}, T \geq 1 \quad (112, 113)$$

$$py^r = q + xy^s = p \left(v \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{s}{xv^s} \right)^r \quad (114)$$

$$y = v \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{s}{xv^s}, v = \sqrt[r]{\left| \frac{q}{p} \right|} e^{\frac{(\arg(\frac{q}{p}) + 2\pi n)i}{r}}, n \in Z \quad (115, 116)$$

Пример решения алгебраического уравнения с конкретными числами.

$$y^7 + 0.01y^2 + 75 = 0 \quad (117)$$

$$y = v \cdot \frac{1}{7} \cdot \frac{2}{0.01v^2}, v = \sqrt[7]{|75|} e^{\frac{(\pi + 2\pi n)i}{7}}, n \in Z \quad (118, 119)$$

$$\frac{1}{7} \cdot \frac{2}{x} = 1 + x + \frac{x^2}{2} (5 - 7) + \frac{x^3}{3!} (7 - 7)(7 - 14) + \frac{x^4}{4!} (9 - 7)(9 - 14)(9 - 21) + \dots \quad (120)$$



$$y = v \cdot (1 + x - x^2 + 5x^4 + \dots) \quad (121)$$

$$x = \frac{0.01v^2}{7.75}, \quad v = \sqrt[7]{|75|e^{\frac{(\pi+2\pi n)i}{7}}}, n \in \mathbb{Z} \quad (122, 123)$$

$$n = 3$$

$$y = -1.8529593621474293(1 + .00006539920757657 - .00000000427705635 + 9.1e-17 - \dots)$$

Метод предоставляет точное решение уравнения 7-й степени при использовании всего двух мастер-чисел

Сравнение с итерациями Ньютона $y^7 + 0.01y^2 + 75 = 0$

Наблюдения:

Функция пересекает ноль один раз в области $y \in [-2, -1]$.

Корень вещественный и отрицательный.

Выбор начального приближения

Вариант 1: Оценка через доминирующий член

-0.6 (близко к нулю):

Вариант 2: Метод грубой силы

Так как корень в $[-2, -1]$, можно взять середину интервала:

$$y_0 = -1.5$$

$$y_1 = -2,2268931285139617$$

$$y_2 = -1,996666716798447$$

$$y_3 = -1,8806026533244693$$

$$y_4 = -1,854259946318774$$

$$y_5 = -1,8530827846625832$$

$$y_6 = -1,8530805363043588$$

$$y_7 = -1,853080536296174$$

$$y_8 = -1,8530805362961738$$

Остальные корни комплексные и «нащупывание» начальной точки производится ещё дольше.

Для формулы мастера нет разницы, вещественные корни или комплексные. Все определяются с одинаковой скоростью без поисков начальной точки. Точность до e^{-17} в данном случае достигнута всего двумя мастер-числами. На фоне восьми итераций Ньютона и ещё более долгим поиском начальной точки, это отличные показатели. Тем более, что в самих итерациях на каждом шаге надо было возводить очередное значение в седьмую, во вторую и в шестую степень.

Недостатки методов итераций.

Кроме количества итераций, скорость расчётов проигрывает и из-за их качества. Чтобы получить третье мастер-число, надо умножить всего два числа. А каждый шаг метода итераций требует возвести очередное значение сперва в одну степень, потом в другую, умножать их на коэффициенты уравнения, потом разделить всё это на производную...

Кроме потребности в методе «нащупывания» начальных точек, когда разные корни уравнения имеют одинаковые значения, методы «натякивания» не знают, какие именно. И приходится «отщипывать» корни в поисках кратных корней.

Достоинство формул мастера.

Ничего этого мастеру делать не нужно, так как он сразу определяет именно указанный корень (n). Кроме того, при определении значения очередного члена степенного ряда можно уменьшать значимое количество цифр, так как с каждым следующим членом их значения приближаются к нулю.

В итерационных методах нельзя начинать итерации с меньшим количеством цифр, так как некоторые корни требуют определённый минимум точности.



Например,

$$y^a + y^e = Q, \quad Q = 10^7 + 777i, \quad a = \pi e^{\frac{\pi i}{8}} \quad (124, 125, 126)$$

$\text{Re}(a) > e$. Здесь первое мастер-уравнение даёт только два корня

$$y^a = Q - y^e \quad (1) \quad (127)$$

$$y = v \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{e}{-v^e}, \quad v = e^{\frac{\ln|Q| + (\arg(Q) + 2\pi n)i}{a}} \quad (128)$$

при $n=0$

$y = -43.995690431683088427 - 104.34442076827850078i$

при $n=1$

$y = 227.16629369695283114 - 14.393631440992188375i$

Третий корень (при $n=-1$) нужно получать уже через третье уравнение. Или через его зеркальное отражение, четвёртое уравнение, но тогда при $n=1$.

$$y^e = Q - y^a \quad (4) \quad (129)$$

$$y = v \cdot \frac{1}{e} \cdot \frac{a}{-v^a}, \quad v = e^{\frac{\ln|Q| + (\arg(Q) + 2\pi n)i}{e}} \quad (130)$$

при $n=1$

$y = -228.63761367043680389 + 284.52055371288058253i$

Эти 3 корня Вольфрам Альфа обнаруживает, но у данного уравнения $y^{\pi e^{\frac{\pi i}{8}}} + y^e = 10^7 + 777i$ есть ещё 3 корня, которые Вольфрам Альфа не может обнаружить. Эти корни можно получить через второе или пятое мастер-уравнение

$$y^{a-e} = -1 + Qy^{-e} \quad (2) \quad (131)$$

$$y = v \cdot \frac{1}{a-e} \cdot \frac{-e}{Qv^{-e}}, \quad v = e^{\frac{(\pi + 2\pi n)i}{a-e}} \quad (132, 133)$$

при $n=1$

$y = 835.99799271164418959 + 1951.3732653950834515i$

при $n=2$

$y = -131441.5366516473144 + 324515.35978258560472i$

при $n=3$

$y = -53151721.289837777023 + 22704198.249119435831i$

Красным цветом будем отмечать такие корни исходного уравнения, которые Вольфрам Альфа на июль 2025 года не обнаруживает. У корней, которые можно найти через второе мастер-уравнение, существует одна особенность, возможно из-за которой, методам итераций трудно их находить. В отличие от первого и четвёртого мастер-уравнений, чтобы получить остальные, нужно разделить всё исходное уравнение на неизвестную в некоторой степени.

В уравнениях с комплексными степенями это отражается на повышении требований к точности чисел. Например, если мы подставим 20 значимых цифр корня, полученного при $n=3$ во второе мастер-уравнение $L = y^{\pi e^{\frac{\pi i}{8}} - e} + 1 - (10^7 + 777i)y^{-e}$, то вместо $L=0$, получим $L = -1.527e-21 + 4.103e-21i$. А если подставим его в исходное уравнение $L = y^{\pi e^{\frac{\pi i}{8}}} + y^e - (10^7 + 777i)$, то вместо $L=0$, получим $L = -5.491 + .3043i$. Это не значит, что данный корень не является корнем исходного уравнения. Это означает, что данные корни имеют повышенное требование к точности. Если подставить в исходное уравнение 180 значимых цифр этого корня, получим $L = 6.028e-160 - 9.508e-161i$.

Такая удивительная требовательность к точности конкретно этих корней делает их практически «невидимыми» для некоторых численных методов решения. Но для аналитического метода мастера и такая специфика корней, не составляет никаких проблем.



Данный пример показывает, как Master-J проявляет себя в высокочастотной торговле, где учёт всех корней предотвращает катастрофы. Автоматические маркет-мейкеры при использовании мастер-метода получают все решения, включая комплексные, которые указывают на «скрытые» арбитражные возможности, раньше конкурентов, не имеющих этого метода. Результат: Бот с Master-J продаст актив раньше конкурентов, избежав обвала.

Вывод

Master-J — это «антихрупкий» инструмент для:

- Предсказания крахов, которые не видят другие алгоритмы,
- Арбитража на скрытых корнях,
- Квантово-устойчивого управления рисками.

Сравнение с решением Maple

Чтобы решить данное уравнение средствами Maple можно использовать следующий алгоритм.

```
RootFinding:-Analytic(y^(Pi*exp(Pi*I/8))+y^(exp(1))=10^7+777*I, re=-1000..1000, im=-1000..1000);
```

В этом диапазоне Maple найдёт всего лишь 3 корня, как и Вольфрам Альфа, причём на порядки дольше метода Мастера. Если проверить это решение с решением Мастер-метода, то окажется что есть ещё 3 корня которые находятся в другом диапазоне. Нужно добавить по 5 нулей, чтобы получить все корни данного уравнения.

```
RootFinding:-Analytic(y^(Pi*exp(Pi*I/8))+y^(exp(1))=10^7+777*I, re=-1000000000..1000000000, im=-1000000000..1000000000);
```

Теперь Maple находит все корни, но тратит на это ещё больше времени. Если вы решите что метод мастера пропустил некоторые корни и добавите Maple код ещё по 5 нулей в диапазон поиска, то Maple наоборот потеряет один корень, хотя потратит на поиски корней 99 секунд, что недопустимо в высокочастотной торговле.

То есть чем больше диапазон поиска, тем менее тщательно ищут корни любые современные неаналитические методы.

Если в предыдущем уравнении будет степень $a = pe^{\frac{\pi i}{8}}$, то подбор различных диапазонов превращается практически в невыполнимую миссию.

Мастер-метод решает и такое уравнение по стандартному алгоритму

$$y^a = Q - y^e \quad (I) \quad (134)$$

```
n=3, y=-.00042102277344696017754+.00035296565068440678482i
n=4, y=-.0000093098205640180816449+.000086078569063718368876i
n=5, y=.0000083399415789599809511+.000010798620069043883175i
n=6, y=.0000021267498261162837426+.00000031663991265022985547i
n=7, y=.00000027625954185282743503-.00000019621169513997621965i
n=8,
y=.0000000099727283668497395106-.000000052459611600756527698i
n=9,
y=-.0000000045941380645321276829-.0000000070504516069752257522i
n=10,
y=-.0000000012918476009703160201-.0000000029964991372994442626i
```

$$y^e = Q - y^a \quad (4) \quad (135)$$

```
n=-1, y=-253.68852344956072798-277.48416052723814752i
n=0, y=375.97250718449744355+.010746874505427433916i
n=1, y=-253.7043899095286815+277.4696487136123413i
```

Гибридный подход в редких случаях.



С другой стороны, когда независимый аргумент мастер-ряда очень близок к радиусу сходимости, скорость сходимости уменьшается и требуется большее количество мастер-чисел. Непосредственно вблизи радиуса сходимости для ускорения можно использовать не весь мастер-ряд, а лишь несколько его первых членов, для нахождения начальной точки методу итераций.

Такой гибридный подход позволит обойтись без методов «нащупывания» начальных точек и «отщипывания» для поиска повторяющихся решений. Что особенно актуально, когда количество корней бесконечно или большое множество или когда их неаналитические методы нащупывания неэффективны.

А вдали от радиуса сходимости вообще не нужны итерации. Всё решение гораздо быстрее получается одним только мастер-рядом.

Ключевое преимущество Master-J заключается в возможности работы с символьными уравнениями, где численные методы неприменимы. Мастер-ряды обладают собственными тождествами и свойствами, позволяющими использовать их в аналитических преобразованиях также, как функции.

Четырёхчлен имеет три несвободных члена. Соответственно, можно получить три новых и три дополняющих уравнения, то есть 6 основных мастер-уравнения. У каждого основного существуют зеркальные отражения, но они дают такие же корни, поэтому их можно не рассматривать.

Таблица 5

Перенос членов четырёхчленного уравнения

$$Ay^{12} + By^7 + Cy^3 + D = 0$$

$Ay^{12} = -By^7 - Cy^3 - D$	$By^4 = -Ay^9 - C - Dy^{-3}$
$By^7 = -Ay^{12} - Cy^3 - D$	$Ay^5 = -B - Cy^{-4} - Dy^{-7}$
$Cy^3 = -Ay^{12} - By^7 - D$	$Ay^9 = -By^4 - C - Dy^{-3}$

При любых значениях коэффициентов можно получить все 12 корней

$$py^r = q + x_1 y^{s_1} + x_2 y^{s_2} = p \left(v \cdot \frac{r \cdot \frac{s_1 s_2}{x_1 v^{s_1} x_2 v^{s_2}}}{r q}, \frac{x_1 v^{s_1} x_2 v^{s_2}}{r q} \right)^r \quad (136)$$

$$y = v \cdot \frac{r \cdot \frac{s_1 s_2}{x_1 v^{s_1} x_2 v^{s_2}}}{r q}, \frac{x_1 v^{s_1} x_2 v^{s_2}}{r q}, v = \sqrt[r]{\left| \frac{q}{p} \right|} e^{\frac{(\arg(\frac{q}{p}) + 2\pi n)i}{r}}, n \in Z \quad (137, 138)$$

Используя члены:

Ay^{12} or $(By^7 \& Ay^5)$ or $(Cy^3 \& Ay^9)$ or $(Cy^3 \& By^4 \& Ay^5)$

Каждый следующий член имеет меньшую степень. Чтобы получить недостающие корни, используются предыдущие новые уравнения. Но перед этим они делятся на неизвестную в степени, равную сумме уже использованных степеней.

Следующие графики наглядно показывают зависимость корней алгебраического уравнения от доминирующих членов. На комплексной плоскости лунками обозначены опорные точки, значения величин $v=R+i$, точками – корни уравнений $y=R+i$.



Таблица 6.



Закон расположения корней алгебраических уравнений на комплексной плоскости

Основные положения:

Корни алгебраического уравнения образуют на комплексной плоскости структуру, детерминированную его коэффициентами и степенями. Ключевую роль в этой структуре играют опорные точки (v), вычисляемые по формуле:

$$v = \sqrt[r]{\left|\frac{q}{p}\right|} e^{\frac{(\arg(\frac{q}{p}) + 2\pi n)}{r}i}, n \in Z \quad (139)$$

где p и q — коэффициенты доминирующего и свободного членов уравнения, а r — степень доминирующего члена.

Каждый корень уравнения выражается через произведение своей опорной точки v и мастер-ряда:

$$y = v \cdot \frac{r \cdot x v^s}{r q} \quad (140)$$

Геометрическая интерпретация:

Опорные точки v , подобно «суставам», задают "скелеты" распределения корней, равнобедренные многоугольники, вписанные в окружность радиусом $|v|$.

Мастер-ряд выступает в роли поправочного коэффициента, "деформирующего" эти скелеты.

Чем меньше независимый аргумент $\left|\frac{xv^s}{rq}\right|$ (дальше от радиуса сходимости), тем ближе корень к своей опорной точке.

При малом модуле коэффициента среднего члена, $y^{1024} + 0.01y^{512} - 5 = 0$, независимый аргумент мастера находится так далеко от радиуса сходимости, что все корни получаются мгновенно. Во всех таких случаях мастеру не нужен гибридный подход. Он в одиночку справляется с такими уравнениями мгновенно. Самое долгое здесь найти арифметический корень от числа 5. Далее все 1024 корня определяются молниеносно. Как решает Master-J?



Аналитически:

Формула для корней через два мастер-ряда: ${}_{1024}^{1.512}z$ и ${}_{1024}^{1.512}-z$

$$y^{1024} = 5 - 0.01y^{512} \quad (141)$$

$$y = {}^{1024}\sqrt{|5|} \cdot e^{\frac{\pi i n}{512}} \cdot {}_{1024}^{1.512}z(-1)^n, \quad z = \frac{\sqrt[2]{|5|}}{512000}, \quad n \in [0, 1023] \quad (142, 143, 144)$$

$$\begin{aligned} {}_{1024}^{1.512}z &= 1 + z + \frac{z^2}{2} - 513 \cdot 511 \frac{z^3}{3!} - 1025 \cdot 1023 \frac{z^4}{4!} + 1537 \cdot 513 \cdot 511 \cdot 1535 \frac{z^5}{5!} \\ &\quad + 2049 \cdot 1025 \cdot 1023 \cdot 2047 \frac{z^6}{6!} - \dots \end{aligned} \quad (145)$$

$$\begin{aligned} {}_{1024}^{1.512}z &= 1 + .000004367320268554277 + 9.5367431640625e - 12 \\ &\quad - 3.639419673791e - 12 - 1.589455678e - 17 + \dots \end{aligned} \quad (146)$$

$$\begin{aligned} {}_{1024}^{1.512}-z &= 1 - .000004367320268554277 + 9.5367431640625e - 12 + 3.639419673791e \\ &\quad - 12 - 1.589455678e - 17 + \dots \end{aligned} \quad (147)$$

Данное уравнение имеет очень широкое применение, и практически везде нужна большая скорость вычислений.

Криптография (постквантовые алгоритмы). В схемах шифрования на решётках (NTRU, Kyber) аналогичные уравнения возникают при:

- Генерации ключей с полиномами степени 1024
- Проверке условий безопасности

Пример: Поиск корней многочлена от (y) для анализа уязвимостей.

Финансы (стресс-тестирование) Модель: Оценка экстремальных сценариев при крахе рынка.

Квантовые вычисления (ошибки квантовых процессоров)

Применение: Анализ спектра шума в кубитах

Обработка сигналов (сжатие данных) Алгоритм: Оптимальное квантование Фурье-спектра

Уравнения третьего рода с комплексными степенями

Упорядочивать члены таких уравнений лучше по убыванию вещественных частей их степеней, предварительно умножив уравнение на неизвестную в такой степени, чтобы не оставалось членов с отрицательной вещественной частью степени. В этом случае опыт решения алгебраических уравнений проще расширить на такие же уравнения с комплексными степенями.

Если у функции степенной ряд имеет не бесконечный радиус сходимости, то существуют так называемые аналитические продолжения, которые также являются степенными рядами.

Чтобы их получить, исходное уравнение перестраивается. Такие перестройки называются мастер-уравнениями. Первое мастер-уравнение охватывает аналитические начала всех корней.

Аналитическое продолжение разных корней находится в разных других мастер-уравнениях.

При вещественных степенях все опорные точки находятся либо в аналитических началах, либо в продолжениях, в зависимости от коэффициентов.

При комплексных степенях в некоторых случаях одни опорные точки могут быть в началах, другие в продолжениях, как в следующем примере.

$$y^{3i} + y^2 - y - 101 = 0 \quad (148)$$

Вначале лучше упорядочить члены по убыванию вещественной части их степеней

$$y^2 - y + y^{3i} - 101 = 0 \quad (149)$$

Далее приводить исходное уравнение $Ay^a + By^b + Cy^c + D = 0$ к мастер-уравнениям $py^r = q + x_1y^{s_1} + x_2y^{s_2}$



$$Ay^a + By^b + Cy^c + D = 0 \rightarrow py^r = q + x_1y^{s_1} + x_2y^2 \quad (150)$$

Первое уравнение $Ay^a = -D - By^b - Cy^c$ даёт два корня, так же как квадратное, при чётных и нечётных «n».

при n=0

$$y=10.526569581697600217-.03537378200340482466i$$

при n=1

$$y=-9.5623023611663148171+.0000018882698527637589928i$$

Второе уравнение $Cy^{c-a} = -A - By^{b-a} - Dy^{-a}$ даёт третий корень.

при n=2

$$y=-28.637210734421046846-24.835516001040298042i$$

Третье уравнение $Cy^c = -D - Ay^a - By^b$ даёт бесконечное множество корней при «n» от нуля до минус бесконечность.

n=...

$$n=-17, y=1.1164587891115909186e-17-3.442228341753175243e-16i$$

n=...

$$n=-7, y=.000000013921468680274019702-.00000042922205983220107939i$$

$$n=-6, y=.00000011304966553929848622-.0000034855094610019336233i$$

$$n=-5, y=.00000091802275573230451718-.000028304172753475347846i$$

$$n=-4, y=.0000074548189820022561972-.0002298446575681047782i$$

$$n=-3, y=.000060536386652246705165-.00186644977007998336i$$

$$n=-2, y=.00049153293259687244382-.015155893554172700787i$$

$$n=-1, y=.0039826061292204297273-.12303068356003154277i$$

$$n=0, y=.028962378895108688843-.99651668215624378849i$$

Уравнения третьего рода представляют значительный интерес для прикладной математики, бизнеса, квантовой химии, физики и других наук, поскольку их аналитическое решение традиционными методами затруднено. В последние годы наблюдается активное развитие численных и символьных подходов к их исследованию, что обусловлено потребностями следующих областей науки и технологий:

Изучение квантовых систем с неэрмитовыми операторами, где гамильтониан не равен своему эрмитово-сопряжённому использует такие системы, которые могут описывать:

Открытые системы с поглощением/усилением. Эффективные модели в оптике (например, лазеры с потерями). РТ-симметричные гамильтонианы.

Особый класс неэрмитовых операторов, сохраняющих инвариантность относительно одновременного:

Мезоскопические системы с комплексными потенциалами (например, квантовые точки или волноводы с управляемыми потерями). Оптические структуры с чередующимися областями усиления и поглощения.

Такие системы демонстрируют реальные спектры при условии нерушимой РТ-симметрии, но при её спонтанном нарушении возникают фазовые переходы в режимы с комплексными энергиями.

Наиболее важным является их применение в аэродинамике, при поиске форм с минимальным трением и рисками завихрений, в криптозащите, в анализе рынков и природных катаклизмов, а также в ускорении обучения ИИ. Многие биологические явления можно не просто разрешать в частных конкретных случаях, но и анализировать их в общем виде, потому что мастер-ряды имеют собственные свойства и тождества, как и любые функции, так как являются либо их рядами Тейлора, либо их аналитическими продолжениями.

Проблемы классических методов

Классические методы, такие как итерационные, часто теряют корни из-за:



- Зависимости от начального приближения.
- Ограниченной области сходимости.
- Эвристического характера поиска решений в сложных областях.

Например,

$$a = \pi\sqrt{i}, Q = 10^7 + 777i \quad (151)$$

$$y^a = Q - y^e \quad (1)$$

$$y = v \cdot \frac{1 \cdot e}{a \cdot -v^e}, v = e^{\frac{\ln|Q| + (\arg(Q) + 2\pi n)i}{a}} \quad (153, 154)$$

$$n=0, y=-88.987427032496779931-122.00102131878480967i$$

$$y^e = Q - y^a \quad (4)$$

$$y = v \cdot \frac{1 \cdot a}{e \cdot -v^a}, v = e^{\frac{\ln|Q| + (\arg(Q) + 2\pi n)i}{e}} \quad (156, 157)$$

$$n=0, y=369.79222163857066029-3.8194828203914551757i$$

$$n=1, y=-253.69597820028458009+277.42770761138834083i$$

$$y^{e-a} = -1 + Qy^{-a} \quad (5)$$

$$y^{a-e} = -1 + Qy^{-e} \quad (2)$$

$$y = v \cdot \frac{1 \cdot -e}{a \cdot -e \cdot \frac{Qv^{-e}}{(e-a)}}, v = e^{\frac{(\pi + 2\pi n)i}{a-a}} \quad (160, 161)$$

$$n=2, y=28.739518318162391697-866.571397513152571i \quad V$$

$$n=3, y=-6367.4311647509246681-10675.88079716306235i \quad V$$

$$n=4, y=-167022.79286776607244-76705.557820255545645i$$

В этом уравнении Вольфрам Альфа, корни первого и пятого мастер-уравнений не обнаруживает.

Пример из квантовых систем с неэрмитовыми операторами аналитического мастер-решения:

$$E^{2+i\pi} + 3E^{0.5} - 10 = 0 \quad (162)$$

Мастер-уравнение $E^{2+i\pi} = 10 - 3E^{0.5}$ даёт 4 корня

$$n=-2, E=-.055555180102350248151-.060368711774416962201i$$

$$n=-1, E=.064861764855269123458-.33266949124164508612i$$

$$n=0, E=1.2329546848935714594-.54025339623526952089i$$

$$n=1, E=4.0068926792220300492+2.3204023325691546948i$$

Мастер-уравнение $E^{1.5+i\pi} = -3 + 10E^{-0.5}$ даёт ещё 2 корня

$$n=2, E=-13.715044937057255566+70.984198218513190892i$$

$$n=3, E=-279.12120195732663686+221.7673611645023266i$$

Скорость обучения ИИ очень важна, особенно в эпоху конкуренции их прогресса. При дробных степенях каждый шаг итераций требует многократного возведения в дробную степень очередного приближения, то есть по несколько степенных рядов на каждый шаг итераций. Всё решение мастером получается в несколько раз быстрее, чем одна итерация Ньютона.

Пример для Adam Optimizer

Уравнение для адаптивной скорости обучения:

$$y^{1.5} + 0.1y^{0.2} = 0.5 \quad (163)$$

Решение Master-J:

$$Ay^a + By^b = Q \quad (164)$$

$$v = e^{\frac{\ln|.5|}{1.5}} \quad (165)$$



$$y = v \cdot \frac{1.0.2}{1.5 \cdot \frac{-v^{0.2}}{7.5}} = .5529479249153525198 \quad (166)$$

Master-J превращает "угадывание" гиперпараметров в точную науку. Решение $y^{1.5} + 0.1y^{0.2} = 0.5$ — лишь первый шаг к ускорению машинного обучения.

Хотя итерационные методы универсальны, их эффективность снижается для уравнений с дробными и комплексными степенями, где каждый шаг требует вычисления двух разных комплексных степеней от очередного значения. В таких случаях Master-J демонстрирует преимущество за счёт предсказуемой структуры корней, и за счёт того, что для своих членов ему не требуется каждый раз возводить новые числа в комплексную степень. **Полное решение мастер даёт быстрее, чем одна итерация численных методов в уравнениях с дробными степенями.**

Учитывая, что только аналитические методы могут гарантировать полноту решений уравнений с комплексными степенями, метод мастер-Ж необходимо исследовать современным, профессиональным математикам или хотя бы программистам фирменных математических программ. Алгоритм выбора мастер-уравнений и выбора «п» в уравнениях с вещественными, целыми, положительными степенями прост. Но в уравнениях с комплексными степенями появляются свои особенности, которые также необходимо чётко систематизировать для такого же простого выбора как мастер-уравнения, так и его ветвей «п». Для этого нужно иметь и достаточную статистику, и возможность быстро проверить любые гипотезы. То есть любым исследователям для этого нужно иметь кнопки мастера на фирменных математических программах. На которых они уже привыкли проводить свои исследования.

При возведении в комплексную степень, у многих возникает вопрос. К какому диапазону нужно приводить аргумент комплексного числа? $(-\pi, \pi]$; $[-\pi, \pi)$; $[0, 2\pi)$ или ещё к какому-то диапазону. Когда-то решили, чтобы у всех всё было одинаково, все должны приводить к диапазону $(-\pi, \pi]$. То, что все – это понятно, но почему именно к нему, научно не обосновали. Возможно, изучение аналитических решений уравнений с комплексными степенями даст ответ и на этот вопрос.

Вывод

Классические методы решения уравнений могут терять корни из-за:

- 1) зависимости от начального приближения y_0 ;
- 2) отсутствия аналитического представления всех решений.

Метод Master-J устраняет эти ограничения за счёт:

- 1) параметризации корней через мастер-уравнения;
- 2) явного учёта всех ветвей решений.

Нано-корни. Чтобы найти начальное приближение с такой точностью, надо фактически решить за метод итераций всё уравнение. Даже после этого сам метод итераций требует для каждого шага неоднократного применение степенных рядов логарифма и экспоненты. Плюс этот метод не аналитический, а метод натягивания со сложным предварительным нащупыванием. Метод мастера аналитический и требует всего один степенной ряд, который очень быстро сходится. Разница в скорости и полноте решений очевидная.

Наименее изученными остались мастер-уравнения первого рода. Поэтому, несмотря на то что они тоже широко используются в различных областях науки, много о них в этой статье говорить не будем.

Уравнения первого рода:

$m=0$

$$y = xe^{sy} = \frac{0.s}{0.x} \quad (167)$$

$$y = x + \frac{x^2}{2}(2s) + \frac{x^3}{3!}(3s)(3s) + \frac{x^4}{4!}(4s)(4s)(4s) + \dots, |esx| < 1 \quad (168)$$



m=1

$$y = e^{xy^s} = {}^{l,s}_{0 \cdot x} \quad (169)$$

$$y = 1 + x + \frac{x^2}{2}(1 + 2s) + \frac{x^3}{3!}(1 + 3s)^2 + \frac{x^4}{4!}(1 + 4s)^3 + \dots, |esx| < 1 \quad (170)$$

Двухядерный

$$y = x \cdot \cos(sy) = \frac{x \cdot e^{syi} + x \cdot e^{-syi}}{2} = {}^{0,si,-si}_{0 \cdot x/2, x/2} \quad (171)$$

Многоядерный

$$y = v e^{x_1 y^{s_1} + x_2 y^{s_2} + \dots} = v \cdot {}^{l, s_1, s_2, \dots}_{0 \cdot x_1 v^{s_1}, x_2 v^{s_2}, \dots} \quad (172)$$

Тождества, которые относятся только к мастеру третьего рода

$$x \left({}^{l,s}_{0 \cdot x} \right)^s = {}^{0,s}_{0 \cdot x} \quad (173)$$

$${}^{l,l}_{0 \cdot x} = {}^{0,x}_{0 \cdot l} \quad (174)$$

Аналитическое продолжение

Master-J позволяет выходить за пределы радиуса сходимости рядов. Смотрим примеры решений уравнений третьего рода и функции арксинус, логарифм и корень г-степени. Для уравнений первого рода аналитическое продолжение в мастер-рядах пока выразить не удалось. Вероятно, этот вопрос можно будет решить после выхода новой версии лаборатории мастера (<http://glax-plato.ru/>).

VII. ПЕРСПЕКТИВЫ И ОТКРЫТЫЕ ВОПРОСЫ

Будущие исследования:

Обобщение на гипергеометрические функции.

Чёткий алгоритм выбора мастер-рядов для уравнений с четырьмя и более членами.

Применение мастера-j или его обобщений в неберущихся интегралах и дифференциальных уравнениях.

Расширение инструменталки для спектроскопии мастер-чисел в корнях различных уравнений и системах разнородных уравнений.

Нерешённые задачи

Как выразить аналитическое продолжение мастер-рядов первого рода через мастер-ряды?

Как определить правило слияния комплексных независимых аргументов мастер-рядов первого рода? Например, для уравнения $y = x \cdot \sin(sy)$, независимые аргументы мастер-рядов нужно делить на мнимое число. Нужно ли применять в таких случаях правило арифметического корня от модуля с прибавкой $+(\arg(x) + 2\pi n)i$?

VIII. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Ненулевой параметр «г» показывает:

- При $m=0$ значение знаменателя, поэтому нижний индекс для него нагляднее.
- При $m=1$ значение степени, поэтому здесь был бы нагляднее верхний индекс.

Можно дополнительно использовать менее универсальное обозначение.

$${}^{0,s}_{r \cdot x} \equiv \begin{cases} s \\ x \end{cases} \quad (175)$$

$${}^{l,s}_{r \cdot x} \equiv \begin{cases} s \\ x \end{cases} \quad (176)$$

Своей позицией параметр «г» одновременно заменяет необходимость указывать параметр «m» и напоминает является ли «г» знаменателем или степенью.

IX. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Авторы выражают благодарность:

1. Искусственным интеллект-системам Qwen и DeepSeek Math за неоценимый вклад в разработку математического аппарата



2. Редакции журнала «Флагман науки» за профессиональную организацию публикационного процесса

Особо отмечается:

- Выдающиеся аналитические способности ИИ-ассистентов в работе с комплексными уравнениями
- Круглосуточная техническая поддержка со стороны журнала
- Оперативность и чёткость взаимодействия

Вероятно, в будущем будет достаточно математических инструментов, для того чтобы разделять на спектры корни различных уравнений и систем разнородных уравнений. Мастер-числа – как спектры, при определённых значениях независимых аргументов их можно отделять друг от друга различными математическими преобразованиями. Таким образом, из численных результатов исследований различных процессов и явлений, полученных экспериментально, можно будет получать выражения в виде обычных формул из известных функций, включая новые, которые открывает Master-J. То есть получать точные формулы различных физических, астрономических и других закономерностей из обычных измерений, взвешиваний и других видов наблюдений.

Итерации или другие методы натягивания или нащупывания корня нельзя применять к буквенным уравнениям. Мастер-ряды имеют свои свойства и тождества, как и функции. Их можно использовать в различных, упрощениях и прочих преобразованиях уравнений, выраженных не числами а буквами точно также как для этого используются обычные функции.

Отсутствие у профессиональных математиков желания исследовать абсолютный ультрарадикал, открытый авторами в 2018 году, вынудило авторов продолжать исследования самостоятельно. Они обнаружили, что данный степенной ряд универсален. Из него получаются степенные ряды всех элементарных и множества специальных функций. После открытия универсальности этого ряда была составлена таблица функций, на основе обнуления параметров универсальной. Благодаря такой таблице удалось лучше исследовать свойства и тождества универсальной функции. Сегодня используется символ с четырьмя индексами. Нули в индексах заменяют потребность в таблице. Универсальная функция сейчас называется мастер-рядом.

Последовательность продвижения в данных исследованиях можно проследить по следующим публикациям.

Список литературы:

1. Ультрарадикал, ультрафункция Ламберта, операция слияние функций, универсальная функция / А. В. Груздов, С. В. Березин, А. В. Березин, П. В. Березин // Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований : сборник статей по материалам LXIX международной научно-практической конференции, Новосибирск, 22 ноября 2023 года. – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга", 2023. – С. 28-47. – EDN IMEWVN. <https://sibac.info/conf/technology/60/307058>

2. Универсальная функция и универсальные методы исключения неизвестных / А. В. Груздов, С. В. Березин, А. В. Березин, П. В. Березин // Universum: технические науки. – 2024. – № 1-1(118). – С. 8-15. – DOI 10.32743/UniTech.2024.118.1.16645. – EDN OUMHYL. <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16645>

3. Таблица натуральных функций / А. В. Груздов, С. В. Березин, А. В. Березин, П. В. Березин // Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований: Сборник статей по материалам LXXIII международной научно-практической



конференции, Новосибирск, 25 марта 2024 года. – Новосибирск: ООО "Сибирская академическая книга", 2024. – С. 5-17. – EDN LYBJTI.
<https://sibac.info/conf/technology/64/321228>

4. Новая теория функций / А. В. Груздов, С. В. Березин, А. В. Березин, П. В. Березин // Научный прорыв 2024 : сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 20 марта 2023 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. – С. 11-16. – EDN WTATVR. <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2024/03/K-611.pdf>

5. Натуральные и составные функции / А. В. Груздов, С. В. Березин, А. В. Березин, П. В. Березин // Флагман науки. – 2024. – № 3(14). – С. 370-380. – DOI 10.37539/2949-1991.2024.3.14.019. – EDN LONDRL. https://flagmannauki.ru/files/314-Berezin_Sergey_Viktorovich_1477.pdf

6. Естественная теория / А. В. Груздов, С. В. Березин, А. В. Березин, П. В. Березин // Флагман науки. – 2024. – № 4(15). – С. 326-341. – EDN FQVVCS. https://flagmannauki.ru/files/415-Berezin_Sergey_Viktorovich_1611.pdf

7. Классификация задач и решений. Проблемы научно-практической деятельности. Поиск и выбор перспективных решений: сборник статей международной научной конференции (Вологда, май 2024). стр. 41-45. <https://disk.yandex.ru/d/UTwHLpYezLHGxQ>

8. Систематизация функций и уравнений / П. В. Березин, А. В. Березин, С. В. Березин, А. В. Груздов // Флагман науки. – 2024. – № 6(17). – С. 418-431. – EDN QIDTGO. https://flagmannauki.ru/files/617-Berezin_Sergey_Viktorovich_2144_2.pdf

9. Премия за развитие натуральной теории / П. В. Березин, А. В. Березин, С. В. Березин, А. В. Груздов // Флагман науки. – 2025. – № 1(24). – С. 463-470. – EDN IUSLMN. https://flagmannauki.ru/files/124-Berezin_Sergey_Viktorovich_2955.pdf

10. Березин, П. В. План Циолковского. Вступление / П. В. Березин, А. В. Березин, С. В. Березин // Флагман науки. – 2025. – № 1(24). – С. 739-753. – EDN VVWTFX. https://flagmannauki.ru/files/124-Berezin_Sergey_Viktorovich_2961.pdf

11. Мастер факториалов и рядов / П. В. Березин, А. В. Березин, С. В. Березин, А. В. Груздов // Флагман науки. – 2025. – № 3(26). – С. 245-259. – EDN EZZPZB. https://flagmannauki.ru/files/326-Berezin_Sergey_Viktorovich_3262.pdf

12. Мастер и кварки / П. В. Березин, А. В. Березин, С. В. Березин, А. В. Груздов // Флагман науки. – 2025. – № 4(27). – С. 279-293. – EDN VOWVBU. https://flagmannauki.ru/files/427-Berezin_Sergey_Viktorovich_3407_2.pdf

13. Все корни состоят из мастеров / П. В. Березин, А. В. Березин, С. В. Березин, А. В. Груздов // Флагман науки. – 2025. – № 5(28). DOI 10.5281/zenodo.15619989 https://flagmannauki.ru/files/528-Berezin_Sergey_Viktorovich_3655.pdf

14. ТЕОРЕМА О МОЛНИЕНОСНОМ ОБРАЩЕНИИ УРАВНЕНИЙ / П. В. Березин, А. В. Березин, С. В. Березин, А. В. Груздов // Флагман науки. – 2025. – № 6(29). DOI 10.37539/2949-1991.2025.29.6.010 https://flagmannauki.ru/files/629-Berezin_Sergey_Viktorovich_3889.pdf

15. Berezin, S. (2025). Master Numbers: Generalized Parametric Factorials. Zenodo DOI 10.5281/zenodo.15655439. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15655440>

16. Лаборатория Master-J. DOI 10.5281/zenodo.15633781

