

## ЧЕБЫШЕВСКИЙ СБОРНИК

Том 25. Выпуск 3.

УДК 511.36

DOI 10.22405/2226-8383-2024-25-3-365-372

## Бесконечная алгебраическая независимость некоторых почти полиадических чисел

В. Ю. Матвеев

**Матвеев Владимир Юрьевич** — кандидат физико-математических наук, Российская академия народного хозяйства и государственной службе при Президенте РФ (г. Москва).  
*e-mail: salomaa@mail.ru*

## Аннотация

В работе рассматриваются  $F$ -ряды  $f_{i,j}(z) = \sum_{n=0}^{\infty} (\alpha_i)_n (\beta_j z)^n$ , где  $\alpha_i, \beta_j$  — некоторые рациональные числа. Эти ряды удовлетворяют системе линейных дифференциальных уравнений первого порядка с коэффициентами из  $\mathbb{C}(z)$ . Используя предыдущие результаты, полученные с помощью подхода, предложенного в одной из работ В.Х. Салихова, устанавливается алгебраическая независимость этих рядов над  $\mathbb{C}(z)$ . Применение общей теоремы об арифметических свойствах  $F$ -рядов из работ В.Г. Чирского, позволяет утверждать бесконечную алгебраическую независимость значений этих рядов. Это означает, что для любого многочлена  $P(x_{1,1}, \dots, x_{m,n})$  с целыми коэффициентами, отличного от тождественного нуля и любого целого числа  $\xi \neq 0$ , существует бесконечное множество простых чисел  $p$  таких что в поле  $\mathbb{Q}_p$  выполняется неравенство  $\left| P(f_{1,1}^{(p)}(\xi), \dots, f_{m,n}^{(p)}(\xi)) \right|_p \neq 0$ . Здесь символы  $f_{ij}^{(p)}(\xi)$  обозначают суммы рядов  $\sum_{n=0}^{\infty} (\alpha_i)_n (\beta_j \xi)^n$  в поле  $\mathbb{Q}_p$ .

**Ключевые слова:** Бесконечная алгебраическая независимость, почти полиадические числа.

**Библиография:** 17 названий.

## Для цитирования:

Матвеев, В. Ю. Бесконечная алгебраическая независимость некоторых почти полиадических чисел // Чебышевский сборник, 2024, т. 25, вып. 3, с. 365–372.

## CHEBYSHEVSKII SBORNIK

Vol. 25. No. 3.

UDC 511.36

DOI 10.22405/2226-8383-2024-25-3-365-372

## Infinite algebraic independence of some almost polyadic numbers

V. Y. Matveev

**Matveev Vladimir Yur'evich** — candidate of physical and mathematical sciences, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Moscow).  
*e-mail: salomaa@mail.ru*

### Abstract

The paper considers  $F$ -series  $f_{i,j}(z) = \sum_{n=0}^{\infty} (\alpha_i)_n (\beta_j z)^n$ , where  $\alpha_i, \beta_j$  are some rational numbers. These series satisfy a system of first-order linear differential equations with coefficients from  $\mathbb{C}(z)$ . Using previous results obtained using the approach proposed in one of the works of V.Kh. Salikhov, the algebraic independence of these series over  $\mathbb{C}(z)$  is established. Application of the general theorem on the arithmetic properties of  $F$ -series from the works of V.G. Chirsky, allows us to assert the infinite algebraic independence of the values of these series. This means that for any polynomial  $P(x_{1,1}, \dots, x_{m,n})$  with integer coefficients other than the identical zero and any integer  $\xi \neq 0$ , there is an infinite set of prime numbers  $p$  such that in the field  $\mathbb{Q}_p$  the inequality  $\left| P\left(f_{1,1}^{(p)}(\xi), \dots, f_{m,n}^{(p)}(\xi)\right) \right|_p \neq 0$ . Here the symbols  $f_{ij}^{(p)}(\xi)$  denote the sums of the series  $\sum_{n=0}^{\infty} (\alpha_i)_n (\beta_j \xi)^n$  in the field  $\mathbb{Q}_p$ .

**Keywords:** Infinite algebraic independence, almost polyadic numbers.

**Bibliography:** 17 titles.

### For citation:

Matveev, V. Yu. 2024, "Infinite algebraic independence of some almost polyadic numbers", *Chebyshevskii sbornik*, vol. 25, no. 3, pp. 365–372.

## 1. Введение

Работа посвящена применению обобщения метода Зигеля-Шидловского на полиадическую область к конкретным рядам, обобщающим классический ряд Эйлера, расходящийся в поле комплексных чисел. В направлении обобщения метода Зигеля-Шидловского на полиадическую область имеется достаточно много работ [17], [3]. В последнее время большое внимание привлекают ряды – параметры которых – полиадические числа Лиувилля [5]–[16].

Дадим необходимые определения.

Элементы кольца целых полиадических чисел  $\mathfrak{a} \in \mathfrak{G}_t$  имеют каноническое представление в виде ряда

$$\mathfrak{a} = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cdot n! \quad (1)$$

где  $a_n \in \{0, 1, \dots, n\}$ .

Кольцо  $\mathfrak{G}_t$  является прямым произведением колец  $\mathbb{Z}_{p_i}$  по всем простым числам  $p_i$ , при этом ряд  $\mathfrak{a}$  сходится в любом  $\mathbb{Z}_{p_i}$  и его сумма в этом кольце обозначается  $a^{(p_i)}$ .

В работе [3] предложена следующая классификация полиадических чисел.

Назовем полиадическое число  $\mathfrak{a}$  *алгебраическим*, если существует отличный от нуля многочлен  $P(x)$  с целыми коэффициентами такой, что полиадическое число  $P(\mathfrak{a})$  равно нулю, т.е. для любого простого числа  $p$  в кольце  $\mathbb{Z}_p$  выполнено равенство  $P(a^{(p)}) = 0$ .

Полиадическое число, которое не является алгебраическим, естественно называть *трансцендентным полиадическим числом*. В этом случае для любого отличного от нуля многочлена  $P(x)$  с целыми коэффициентами существует хотя бы одно простое число  $p$  такое, что в кольце  $\mathbb{Z}_p$  выполнено неравенство  $P(a^{(p)}) \neq 0$ .

Термин *почти полиадическое число* использован для обозначения того случая, когда рассматриваемый ряд сходится во всех полях  $\mathbb{Q}_p$ , кроме, быть может, конечного их числа.

Назовем почти полиадическое число  $\mathfrak{a}$  *алгебраическим*, если существует отличный от нуля многочлен  $P(x)$  с целыми коэффициентами такой, что почти полиадическое число  $P(\mathfrak{a})$  равно нулю, т.е. для любого простого числа  $p$  кроме конечного числа простых, для которых рассматриваемый ряд расходится в  $\mathbb{Q}_p$ , в кольце  $\mathbb{Z}_p$  выполнено равенство  $P(a^{(p)}) = 0$ .

Почти полиадическое число, которое не является алгебраическим, естественно называть *трансцендентным почти полиадическим числом*. В этом случае для любого отличного от

нуля многочлена  $P(x)$  с целыми коэффициентами существует хотя бы одно простое число  $p$  такое, что в кольце  $\mathbb{Z}_p$  выполнено неравенство  $P(a^{(p)}) \neq 0$ .

Будем называть почти полиадическое число *бесконечно трансцендентным*, если для любого отличного от нуля многочлена  $P(x)$  с целыми коэффициентами существует бесконечное множество простых чисел  $p$  таких, что в кольце  $\mathbb{Z}_p$  выполнено неравенство  $P(a^{(p)}) \neq 0$ .

Наконец, будем называть почти полиадическое число *глобально трансцендентным*, если для любого отличного от нуля многочлена  $P(x)$  с целыми коэффициентами и любого простого числа  $p$  в кольце  $\mathbb{Z}_p$  выполнено неравенство  $P(a^{(p)}) \neq 0$ .

Отметим, что из бесконечной трансцендентности  $\mathbf{a}$  не следует трансцендентность  $a^{(p)}$  хотя бы для одного простого числа  $p$ .

Почти полиадические числа  $\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_m$  называются *алгебраически независимыми*, если для любого отличного от нуля многочлена  $P(x_1, \dots, x_m)$  с целыми коэффициентами существует хотя бы одно простое число  $p$  такое, что в кольце  $\mathbb{Z}_p$  выполнено неравенство  $P(a_1^{(p)}, \dots, a_m^{(p)}) \neq 0$ .

Будем называть почти полиадические числа *бесконечно алгебраически независимыми*, если для любого отличного от нуля многочлена  $P(x_1, \dots, x_m)$  с целыми коэффициентами существует бесконечное множество простых чисел  $p$  таких, что в кольце  $\mathbb{Z}_p$  выполнено неравенство  $P(a_1^{(p)}, \dots, a_m^{(p)}) \neq 0$ .

## 2. Основные результаты

Рассмотрим ряды  $f_{ij} = \sum_{n=0}^{\infty} (\alpha_i)_n (\beta_j z)^n$ .

В работе доказываются теоремы.

**ТЕОРЕМА 1.** Пусть  $\alpha_i, \beta_j, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, l$  рациональные числа, удовлетворяющие уравнениям

$$\begin{aligned} \text{при } j \neq s \quad & \beta_j \neq \beta_s, \\ \text{при } i \neq r \quad & \alpha_i - \alpha_r \notin \mathbb{Z} \end{aligned}$$

Пусть  $\xi \in \mathbb{Z}, \xi \neq 0$ . Тогда полиадические числа  $f_{1,1}(\xi), \dots, f_{m,n}(\xi)$  – бесконечно алгебраически независимы.

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.** Сначала требуется доказать алгебраическую независимость рядов (1) над полем  $\mathbb{C}(z)$ . Для этого мы применим теорему из [1], доказанную методом, предложенным В.Х. Салиховым в работе [2], для  $E$ -функций. Сформулируем эту теорему из [1].

Ряд

$$\sum_{n=0}^{\infty} (\alpha)_n (\beta z)^n = y$$

удовлетворяет уравнению

$$y' = \frac{1 - \alpha \beta z}{\beta z^2} y - \frac{1}{\beta z^2}$$

Поэтому  $f_{ij}(z)$  удовлетворяют системе уравнений

$$y_{ij}' = \frac{1 - \alpha_i \beta_j z}{\beta_j z^2} y_{ij} - \frac{1}{\beta_j z^2}; i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, l \quad (2)$$

Эта система после умножения на  $\beta_j z^2$  каждого из уравнений примет вид

$$\beta_j z^2 y_{ij}' - (1 - \alpha_i \beta_j z) y_{ij} = -1$$

Обозначим  $\beta_j z^2 = P_{1,ij}, -(1 - \alpha_i \beta_j z) = P_{0,ij}, Q_{ij} = -1$  тогда уравнения (2) примут вид

$$P_{1,ij}y_{ij}' + P_{0,ij}y_i = Q_{ij}.$$

Пусть

$$P_{1,i}y_i' + P_{0,i}y_i = Q_i, i = 1, \dots, m \quad (3)$$

где  $P_{0,i}, P_{1,i}, Q_i \in \mathbb{Q}(z)$ .

$$\exp \left( \int \left( \frac{P_{0,i}(z)}{P_{1,i}(z)} - \frac{P_{0,j}(z)}{P_{1,j}(z)} \right) dz \right) \notin \mathbb{C}(z), \quad i \neq j. \quad (4)$$

Тогда  $f_1(z), i = 1, \dots, m$  алгебраически независимы над  $\mathbb{C}(z)$  Рассмотрим

$$\begin{aligned} & \frac{P_{0,i,j}}{P_{1,i,j}} - \frac{P_{0,r,s}}{P_{1,r,s}} = \\ & \frac{-(1 - \alpha_i \beta_j z)}{\beta_j z^2} + \frac{(1 - \alpha_r \beta_s z)}{\beta_s z^2} = \\ & \left( \frac{1}{\beta_s} - \frac{1}{\beta_j} \right) \cdot \frac{1}{z^2} + \frac{\alpha_i}{z} - \frac{\alpha_r}{z} = \\ & \left( \frac{1}{\beta_s} - \frac{1}{\beta_j} \right) \cdot \frac{1}{z^2} + \frac{(\alpha_i - \alpha_r)}{z} = \\ & \int \left( \frac{P_{0,i,j}}{P_{1,i,j}} - \frac{P_{0,r,s}}{P_{1,r,s}} \right) dz = \\ & (\alpha_i - \alpha_r) \cdot \ln z + \left( \frac{1}{\beta_j} - \frac{1}{\beta_s} \right) \cdot \frac{1}{z}; \\ & \exp \int \left( \frac{P_{0,i,j}}{P_{1,i,j}} - \frac{P_{0,r,s}}{P_{1,r,s}} \right) dz = z^{\alpha_i - \alpha_r} \cdot e^{\left( \frac{1}{\beta_j} - \frac{1}{\beta_s} \right) \cdot \frac{1}{z}}. \end{aligned}$$

если  $\beta_i \neq \beta_s$ , то эта величина не входит в  $\mathbb{C}(z)$ , какими бы ни были  $\alpha_i$  и  $\alpha_r$ . Если  $\beta_j = \beta_s$ , то эта величина становится равной  $z^{\alpha_i - \alpha_r}$  и она не принадлежит  $\mathbb{C}(z)$ , если  $\alpha_i - \alpha_r \notin \mathbb{Z}$  для всех  $i, r, i \neq r$ .

В работе В.Г. Чирского [3] сформулирована и доказана следующая теорема:

**ТЕОРЕМА 2.** Пусть  $f_1(z), \dots, f_m(z)$  входят в класс  $F$ -рядов  $\sum_{n=0}^{\infty} a_n \cdot n! \xi^n$ ,  $a_n \in \mathbb{Q}$  составляют решение системы линейных дифференциальных уравнений

$$Y_i' = \sum_{j=1}^m B_{i,j}(z)Y_j + B_{i,0}(z), \quad i = 1, \dots, m, \quad (5)$$

где  $B_{i,j} \in \mathbb{Q}(z)$ . Пусть  $T_0(z) \in \mathbb{Z}[z]$  и  $T_0(z) \cdot B_{i,j}(z) \in \mathbb{Z}[z]$ ,  $i = 1, \dots, m, j = 0, \dots, m$  причем степень  $T_0(z)$  – наименьшая возможная, а коэффициенты  $T_0(z)$  – взаимно простые целые числа и алгебраически независимы над  $\mathbb{Q}(z)$ . Пусть число  $\xi \in \mathbb{Z}$ ,  $\xi \neq 0$  и отлично от особых точек системы (5). Тогда почти полиадические числа  $\mathbf{a}_i = \sum_{n=1}^{\infty} a_{i,n} \cdot n! \xi^n$ ,  $i = 1, \dots, m$ ,  $a_{i,n} \in \mathbb{Z}$  бесконечно алгебраически независимы.

Так как  $f_{i,j}(z)$  ходят в класс  $F$ -рядов, все условия этой теоремы выполнены и теорема 1 доказана.  $\square$

Пусть

$$\xi = \sum_{k=0}^{\infty} \theta_k, \quad (6)$$

$$\Theta_n = \sum_{k=0}^n \theta_k. \quad (7)$$

Пусть  $\Xi$  – ряд (4), где  $\theta_k$  – целые числа из поля  $\mathbb{K}$ , сходящийся во всех полях  $\mathbb{K}_v$ ,  $v \in V_0$ . Пусть  $\epsilon > 0$ ,  $0 < \delta < 1$  и существует бесконечное множество номеров  $n$  таких, что для всех простых чисел  $p$  удовлетворяющих неравенству

$$p \leq m \exp(\ln^{1+2\epsilon} |\overline{\Theta_n}|) \quad (8)$$

и любого нормирования  $v$ , продолжающего  $p$  – адическое нормирование в поле  $\mathbb{K}$ , выполняется неравенство

$$|\Xi - \Theta_n|_v < \exp(-(\exp(\ln^{1+\epsilon} |\overline{\Theta_n}|) \ln^{1+2\epsilon} |\overline{\Theta_n}|)) > \exp(\ln^{2+\epsilon} |\overline{\Theta_n}|) \quad (9)$$

**ТЕОРЕМА 3.** Пусть  $\alpha_i, \beta_j, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, l$  рациональные числа, удовлетворяющие уравнениям

$$\begin{aligned} \text{при } j \neq s \quad & \beta_j \neq \beta_s, \\ \text{при } i \neq r \quad & \alpha_i - \alpha_r \notin \mathbb{Z} \end{aligned}$$

Пусть  $\Xi \in \mathbb{Z}$ ,  $\Xi \neq 0$ . Тогда полиадические числа  $f_{1,1}(\Xi), \dots, f_{m,n}(\Xi)$  – бесконечно алгебраически независимы.

Доказательства теоремы 3 следуют из приведенных выше рассуждений и теоремы 2 статьи [4].

### 3. Заключение

Работа продолжает исследования автора (ссылку на статью). Планируется исследовать статистические свойства этих рядов.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев, В. Ю. Свойства элементов прямых произведений полей // Чебышевский сборник.- 2019.- Т. 20.- Вып. 2 (70).- С. 386 – 393.
2. Салихов, В. Х. Об алгебраической независимости значений Е-функций, удовлетворяющих линейным дифференциальным уравнениям первого порядка // Матем. заметки.- 2019.- Т.13.- № 1.- С. 29 – 40.
3. Chirskii, V. G. Product formula, global relations and polyadic integers // Russian Journal of Mathematical Physics, издательство Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation).-2019.- Т. 26.- № 3.- С. 286 – 305
4. Юденкова, Е. Ю. Бесконечная линейная и алгебраическая независимость значений F-рядов в полиадических лиувиллевых точках // Чебышевский сборник.- 2021.- Т. 22.- Вып. 2.-с. 334 – 346
5. Чирский, В. Г. Трансцендентность некоторых 2-адических чисел // Чебышевский сборник.- 2023.- Т. 24.- № 5.- С. 194 – 200. DOI
6. Чирский, В. Г. Трансцендентность  $p$ -адических значений обобщённых гипергеометрических рядов с трансцендентными полиадическими параметрами // Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления, издательство Российской академии наук (Москва).- 2023.- Т. 510.- С. 29 – 32. DOI

7. Chirskii, V. G. On Polyadic Liouville Numbers // *Doklady Mathematics*, издательство Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation).- 2022.- Т. 106.- № S2. -С. 161 – 164.
8. Chirskii, V. G. Arithmetic Properties of Values at Polyadic Liouville Points of Euler-Type Series with Polyadic Liouville Parameter // *Doklady Mathematics*, издательство Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation).- 2022.- Т. 106.- № S2.- С. 150 – 153. DOI
9. Chirskii, V. G. Infinite Linear Independence with Constraints on a Subset of Prime Numbers for Values of Euler-Type Series with Polyadic Liouville Parameter // *Doklady Mathematics*, издательство Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation).- 2022.- Т. 106.- № S2.- С. 154 – 160. DOI
10. Chirskii, V. G. Arithmetic Properties of Polyadic Integers // *Doklady Mathematics*, издательство Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation).- 2022.- Т. 106, № S2, С. 142 – 146. DOI
11. Chirskii, V. G. Arithmetic Properties of the Values of Generalized Hypergeometric Series with Polyadic Transcendental Parameters // *Doklady Mathematics*, издательство Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation).- 2022.- Т. 106.- № 2.- С. 386 – 397. DOI
12. Чирский, В. Г. Арифметические свойства значений обобщённых гипергеометрических рядов с полиадическими трансцендентными параметрами // *Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления*, издательство Российская академия наук (Москва).- 2022.- Т. 506.- С. 95 – 107. DOI
13. Чирский, В. Г., Новые задачи теории трансцендентных полиадических чисел // *Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления*, издательство Российская академия наук (Москва).- 2022.- Т. 505.- С. 63 – 65. DOI
14. Чирский, В. Г. Полиадические числа Лиувилля // *Чебышевский сборник*.- 2021.- Т. 22.- № 3.- С. 245 – 255 DOI
15. Chirskii, V. G. Arithmetic Properties of Euler-Type Series with a Liouvillean Polyadic Parameter // *Доклады Академии наук*, издательство ФГБУ «Издательство Наука» (Москва).-2020.- Т. 102.- № 2.- С. 68 – 70.
16. Чирский, В. Г. Арифметические свойства рядов эйлера типа с параметром – лиувиллевым полиадическим числом // *Доклады Академии наук*, издательство ФГБУ «Издательство Наука» (Москва).- 2020.- Т. 494.- С. 65 – 67. DOI
17. Chirskii, V. G. Arithmetic properties of Generalized Hypergeometric Series // *Russian Journal of Mathematical Physics*, издательство Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation).- 2020.- Т. 27.- № 2.-С. 175 – 184. DOI

## REFERENCES

1. Matveev, V. Yu. 2019, “Properties of elements of direct products of fields”, *Chebyshevskii sbornik*, vol. 20, № . 2, pp. 383—390.
2. Salikhov, V. Kh. 1973, “The algebraic independence of the values of  $E$ -functions satisfying linear first-order differential equations”, *Matem. zametki*, Vol. 13., № 1, pp. 29 – 40.

3. Chirskii, V. G. 2019, "Product formula, global relations and polyadic integers", *Russian Journal of Mathematical Physics, izdatel'stvo Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation)*, Vol 26, № 3, pp. 286 – 305.
4. Yudenkova, E. Y. 2021, "Infinite linear and algebraic independence of values of  $F$ -series at polyadic Liouville points", *Chebyshevskii sbornik*, Vol. 22, Iss. 2, pp. 334 – 346.
5. Chirskii, V. G. 2023, "Transcendence of certain 2-adic numbers", *Chebyshevskii sbornik*, Vol. 24, Iss. 5, pp. 194 – 200. DOI
6. Chirskii, V. G. 2023, "Transcendence of  $p$ -adic values of generalized hypergeometric series with transcendental polyadic parameters", *Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Matematika, informatika, protsessy upravleniya, izdatel'stvo Rossiyskaya akademiya nauk (Moskva)*, Vol. 510, pp. 29 – 32. DOI
7. Chirskii, V. G. 2022, "On Polyadic Liouville Numbers", *Doklady Mathematics, izdatel'stvo Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation)*, Vol 106, № S2, pp. 161 – 164. DOI
8. Chirskii, V. G. 2022, "Arithmetic Properties of Values at Polyadic Liouville Points of Euler-Type Series with Polyadic Liouville Parameter", *Doklady Mathematics, izdatel'stvo Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation)*, Vol. 106, № S2, pp. 150 – 153. DOI
9. Chirskii, V. G. 2022, "Infinite Linear Independence with Constraints on a Subset of Prime Numbers for Values of Euler-Type Series with Polyadic Liouville Parameter", *Doklady Mathematics, izdatel'stvo Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation)*, Vol. 106, № S2, pp. 154 – 160. DOI
10. Chirskii, V. G. 2022, "Arithmetic Properties of Polyadic Integers", *Doklady Mathematics, izdatel'stvo Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation)*, tom 106, № S2, pp. 142 – 146. DOI
11. Chirskii, V. G. 2022, "Arithmetic Properties of the Values of Generalized Hypergeometric Series with Polyadic Transcendental Parameters", *Doklady Mathematics, izdatel'stvo Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation)*, Vol. 106, № 2, pp. 386 – 397. DOI
12. Chirskii, V. G. 2022, "Arithmetic properties of the values of generalized hypergeometric series with polyadic transcendental parameters", *Doklady Rossijskoj Akademii Nauk. Matematika, Informatika, Processy Upravleniya, izdatel'stvo Rossiyskaya akademiya nauk (Moskva)*, Vol. 506, pp. 95 – 107. DOI
13. Chirskii, V. G. 2022, "New problems in the theory of transcendental polyadic numbers", *Doklady Mathematics, izdatel'stvo Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation)*, Vol. 106, № 1, pp. 265 – 267. DOI
14. Chirskii, V. G. 2022, "Polyadic Liouville Numbers", *Chebyshevskii Sbornik*, Vol. 106, № S2, pp. 137 – 141. DOI
15. Chirskii, V. G. 2020, "Arithmetic Properties of Euler-Type Series with a Liouvillean Polyadic Parameter", *Doklady Akademii nauk, izdatel'stvo FGBU "Izdatel'stvo Nauka" (Moskva)*, Vol. 102, № 2, pp. 68 – 70
16. Chirskii, V. G. 2021, "Arithmetic Properties of an Euler-Type Series with Polyadic Liouville Parameter", *Russian Journal of Mathematical Physics, izdatel'stvo Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation)*, Vol. 28, № 3, pp. 293 – 302. DOI

17. Chirskii, V. G. 2020, “Arithmetic properties of Generalized Hypergeometric Series”, *Russian Journal of Mathematical Physics*, издательство Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation), Vol. 27, № 2, pp. 175 – 184. DOI

Получено: 21.04.2024

Принято в печать: 04.09.2024