

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**



**НАУКОВІ ПРАЦІ  
ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Серія: “Обчислювальна техніка  
та автоматизація”*

*№ 2(27) '2014*

Донецьк  
2014

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАУКОВІ ПРАЦІ  
ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Серія: “Обчислювальна техніка  
та автоматизація”*

*Всеукраїнський науковий збірник*

*Заснований у липні 1998 року*

*Виходить 2 рази на рік*

*№ 2(27) '2014*

Донецьк  
2014

Друкується за рішенням Вченої ради державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (протокол № 6 від 20.06.2014).

У збірнику опубліковано статті науковців, аспірантів, магістрів та інженерів провідних підприємств і вищих навчальних закладів України, в яких наведено результати наукових досліджень та розробок, виконаних у 2013-2014 роках згідно напрямків: автоматизація технологічних процесів, комп'ютерні інформаційні технології, інформаційно-вимірювальні системи, електронні і мікропроцесорні прилади.

Матеріали збірника призначено для викладачів, наукових співробітників, інженерно-технічних робітників, аспірантів та студентів, що займаються питаннями розробки і використання автоматичних, комп'ютерних і електронних систем.

**Засновник та видавець** – Донецький національний технічний університет.

**Редакційна колегія:** О.А. Мінаєв, чл-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф., головний редактор; Є.О. Башков, д-р техн. наук, проф., заступник головного редактора; Є.Б. Ковальов, д-р техн. наук, проф., відп. секретар випуску; Ахім Кінле д-р техн. наук, проф.; Іван Тауфер д-р техн. наук, проф.; А.А. Зорі, д-р техн. наук, проф.; О.Г. Воронцов, д-р техн. наук, проф.; Ю.О. Скобцов, д-р техн. наук, проф.; Н.І. Чичикало, д-р техн. наук, проф.; М.М. Заблудський, д-р техн. наук, проф.; В.В. Турупалов, канд. техн. наук, проф.; К.М. Маренич, канд. техн. наук, проф.; О.В. Хорхордін, канд. техн. наук, доц.; М.Г. Хламов, канд. техн. наук, доц.; Б.В. Гавриленко, канд. техн. наук, доц.

Свідцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: серія KB № 7376 від 03.06.2003.

Збірник включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (затверджено постановою президії ВАК України № 1-05/5 від 01. 07. 2010 р., надруковано в бюлетені ВАК №7, 2010).

Збірник включено до бібліографічної бази даних наукових публікацій Російський індекс наукового цитування (РІНЦ) ([http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=38108](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=38108))

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                   | Стор.     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Розділ 1 Автоматизація технологічних процесів</b>                                                                                                              | <b>5</b>  |
| <b>Мироненко Л.П.</b> Два новых метода доказательства фундаментальных пределов в математическом анализе                                                           | 6         |
| <b>Руссиян С.А.</b> Оцінка ефективності замикання пошкодженої фази мережі на землю як засобу підвищення електробезпеки дільничої мережі шахти напругою 3 (3,3) кВ | 11        |
| <b>Скоробогатова И.В., Бирюков А.Б., Гавриленко Б.В., Неежмаков С.В., Гнителиев П.А.</b> Экспериментальное исследование энергосберегающих режимов в камерной печи | 19        |
| <b>Ставицький В.М.</b> Математична модель розгалуженої конвеєрної лінії                                                                                           | 27        |
| <b>Федюн Р.В., Пихно Э.В.</b> Математическая модель полета конвертоплана                                                                                          | 36        |
| <b>Федюн Р.В., Табаленкова Т.В., Попов В.А.</b> Автоматизация процесса химической очистки воды ТЭС                                                                | 45        |
| <b>Ченгарь О.В.</b> Метод Парето-оптимизации производственного расписания на основе «направленного» муравьиного алгоритма                                         | 54        |
| <b>Чернышев Н.Н., Волуева О.С.</b> Компенсация застарания канала дозирования жидкого металла в системе управления уровнем металла в кристаллизаторе МНЛЗ          | 62        |
| <b>Розділ 2 Інформаційні технології та телекомунікації</b>                                                                                                        | <b>70</b> |
| <b>Климаш М.М., Красько О.В., Максимюк Т.А.</b> Метод спектрально-часового мультиплексування інформаційних потоків в оптичних мережах доступу                     | 71        |
| <b>Сахаров В.И., Сахарова С.В.</b> Экономичный Ethernet доступ на микроконтроллере                                                                                | 80        |
| <b>Світлична В.А., Землянська С.Ю., Гавенко С.С.</b> Метод розподілу обслуговуючих робіт при виконанні замовлень                                                  | 85        |
| <b>Серов Ю.О., Матієшин Л.М.</b> Проблеми функціонування веб-сайтів міських рад невеликих міст України                                                            | 94        |
| <b>Скрупський С.Ю., Доля А.С.</b> Фрактальне ущільнення відеоінформації у розподілених комп'ютерних системах                                                      | 101       |
| <b>Стрихалюк Б.М., Шпур О.М., Селюченко М.О.</b> Визначення доступності програмних комплексів з сервісно-орієнтованою архітектурою                                | 109       |
| <b>Ткаченко Н.О., Воропаєва В.Я.</b> Алгоритм роботи інформаційно-пошукової системи зі зворотним зв'язком                                                         | 120       |
| <b>Федоров Е.Е.</b> Метод синтеза вокальных звуков речи по эталонным образцам на основе саундлетов                                                                | 127       |
| <b>Червінська Н.В., Клімов І.О., Ігнатенко Є.Г.</b> Аналіз дослідження протоколів маршрутизації для бездротових AD-HOC мереж                                      | 138       |
| <b>Шаховська Н.Б., Болюбаш Ю.Я., Верес О.М.</b> Організація великих даних у розподіленому середовищі                                                              | 147       |
| <b>Шрамко Н.А., Молоковський И.А., Турупалов В.В.</b> Исследование влияния помех при распространении радиоволн в условиях ограниченного пространства              | 156       |

|                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Щербов І.Л., Воропаєва В.Я., Вашакідзе Г.А.</b> Алгоритм прийняття ризику з метою забезпечення безпеки ТКС                                                | 164 |
| <b>Розділ 3 Інформаційно-вимірювальні системи, електронні та мікропроцесорні прилади</b>                                                                     | 174 |
| <b>Куценко В.П.</b> Оцінка комплексних узагальнених величин спрямованого хвильовідного відгалужувача з використанням нечіткої логіки                         | 175 |
| <b>Лактионов И.С., Вовна А.В.</b> Способ уменьшения дополнительной погрешности измерителя влажности почвы оранжерей ботанического сада                       | 183 |
| <b>Поздняков Е.К.</b> Исследование входных параметров метода определения дальности в многопозиционных пассивных системах при помощи функций чувствительности | 192 |
| <b>Соломічев Р.І.</b> Дослідження двопроменевого оптико-абсорбційного вимірювача концентрації дисперсності пилу в умовах вугільних шахт                      | 200 |
| <b>Соломичева С.В.</b> Обоснование выбора пьезоэлектрического преобразователя измерительного канала контроля уровня жидкости в барабане котла                | 209 |
| <b>Цололо С.О.</b> Оптимізація схеми автомата мура в базисі FPGA                                                                                             | 220 |

## **Розділ 1**

### **Автоматизація технологічних процесів**

УДК 51 (071)

**Л.П. Мироненко (канд. физ.-мат. наук)**

ГБУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

кафедра высшей математики

e-mail: mironenko.leon@yandex.ua

**ДВА НОВЫХ МЕТОДА ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПРЕДЕЛОВ  
В МАТЕМАТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ**

*В статье рассматриваются два совершенно новых способа введения в математический анализ фундаментальных пределов – первый и второй замечательные пределы. Неожиданно найдено новое решение старой проблемы. Подход отличается лаконичностью и прозрачностью, что делает теорию оригинальной и общей для обоих пределов. Вторым способом имеет кинематическое происхождение, что принципиально отличает нашу теорию от классической.*

**Ключевые слова:** методика, предел, функция, тригонометрический, гиперболический, замечательный, фундаментальный.

**Введение**

В теории пределов выделяют два предела, которые играют исключительную роль в дифференциальном исчислении

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e. \quad (1)$$

Последний часто представляют в другой форме  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^x - 1}{x} = 1$ .

Ввиду их значимости в дифференциальном исчислении, многие авторы называют их первым и вторым фундаментальными пределами, часто встречается название первого и второго замечательных пределов [1].

Доказательство каждого из пределов осуществляется различным путем. Так, доказательство первого предела (1) основано на предельном переходе в геометрических построениях с использованием тригонометрического круга, а доказательство второго предела в (1), как правило, на основе бинোма Ньютона. Эти методы эффективны, наглядны, но не носят универсального характера [1].

Перечислим только универсальные подходы к пределам (1) [2-5]. Первый из подходов основан на двойных неравенствах, а предельный переход в этих неравенствах приводит к формулам (1) [2-3]. Второй подход основан на стандартных разложениях функций  $\sin x$  и  $e^x$ . Но сначала доказываются разложения без формулы Тейлора, т.е. в рамках элементарной математики [4]. Затем, известным путем сразу получим (1). Наконец, существует оригинальный подход, основанный на формуле Эйлера. Здесь устанавливается геометрическая и аналитическая связь между пределами [5].

Целью работы является развитие универсального способа доказательства обоих пределов на единой платформе. Такой подход называют универсальным.

**Аналитический метод доказательства**

Рассмотрим следующее двойное неравенство

$$\sin x \leq x \leq \operatorname{tg} x. \quad (2)$$

Неравенства очевидны для достаточно больших значений  $x \geq 0$  (Рис.1). Это следует из поведения функций  $\sin x$ ,  $x$ ,  $\operatorname{tg} x$  при больших  $x$ . Этот очевидный факт используется в доказательстве неравенств (2) для любых значений  $x$ , в том числе и малых. Доказательство будем вести от противного.

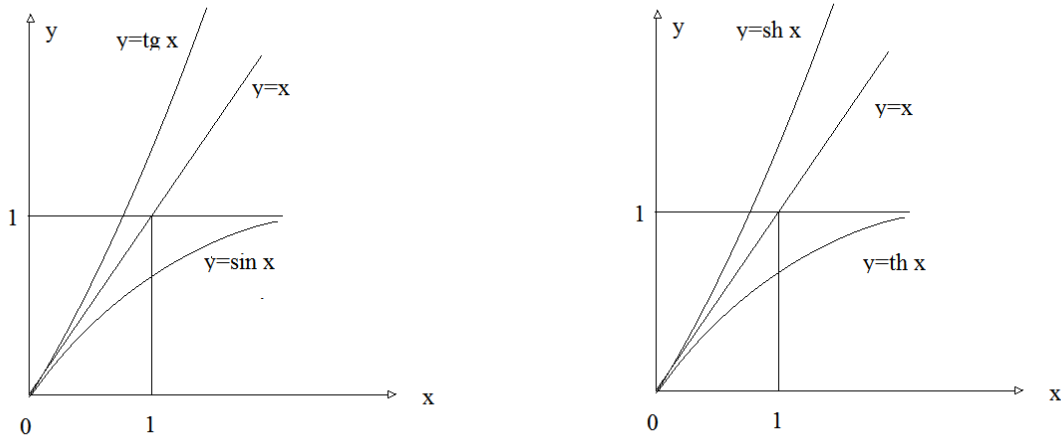


Рисунок 1 – Графики тригонометрических и гиперболических функций, демонстрирующие неравенства  $\sin x \leq x \leq \operatorname{tg} x$  и  $\operatorname{th} x \leq x \leq \operatorname{sh} x$ .

Сначала рассмотрим первое из неравенств  $\sin x \leq x$ , предположив, что существует корень  $x_0 \neq 0$  уравнения  $\sin x = x$  (Рис. 2). На рисунке изображен предполагаемый корень  $x_0 \neq 0$  уравнения  $\sin x_0 = x_0$ . Выполним простейшие преобразования и убедимся в том, что уравнение  $\sin x = x$  имеет единственное решение  $x_0 = 0$ .

$$\sin x = x \Rightarrow 2 \sin \frac{x}{2} \cos \frac{x}{2} = x \Rightarrow \sin \frac{x}{2} \cos \frac{x}{2} = \frac{x}{2}$$

Предположив, что уравнение  $\sin \frac{x}{2} \cos \frac{x}{2} = \frac{x}{2}$  имеет отличный от нуля корень  $x_0$ ,

поэтому в последнем уравнении можно учесть равенство  $\sin \frac{x_0}{2} = \frac{x_0}{2}$ , получим  $\cos \frac{x_0}{2} = 1$ .

Откуда следует, что  $x_0 = 0$ . Неравенство  $\sin x \leq x$  доказано.

Второе неравенство  $x \leq \operatorname{tg} x$  доказывается аналогично в предположении, что существует корень  $x_0 \neq 0$  уравнения  $x = \operatorname{tg} x$ ,

$$x = \operatorname{tg} x \Rightarrow x = \frac{\sin x}{\cos x} \Rightarrow x = \frac{2 \sin \frac{x}{2} \cos \frac{x}{2}}{\cos^2 \frac{x}{2} - \sin^2 \frac{x}{2}} \Rightarrow \frac{x}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{x}{2}}{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{x}{2}}.$$

Последнее уравнение удовлетворяется только при  $x = 0$ .

Таким образом, неравенство (2) доказано полностью. Из него следует первый фундаментальный предел  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$ .

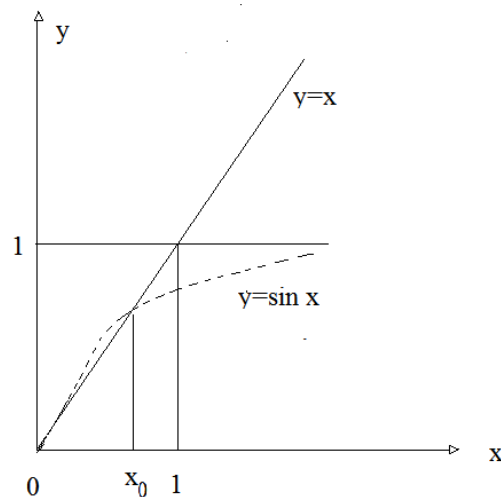


Рисунок 2 – Доказательство от противного. Предполагается, что существует корень  $x_0 \neq 0$  уравнения  $\sin x_0 = x_0$ .

Методика доказательства легко переносится на гиперболические функции. Запишем очевидное при больших значениях  $x$  неравенство (рис. 1):

$$thx \leq x \leq shx. \quad (3)$$

Поступаем точно так же, как в случае неравенства (2), используя формулы-аналоги для гиперболических функций  $shx = 2sh \frac{x}{2} ch \frac{x}{2}$ ,  $chx = ch^2 \frac{x}{2} + sh^2 \frac{x}{2}$ . Например,  $shx = x \Rightarrow 2sh \frac{x}{2} ch \frac{x}{2} = x \Rightarrow sh \frac{x}{2} ch \frac{x}{2} = \frac{x}{2} \Rightarrow ch \frac{x}{2} = 1 \Rightarrow x = 0$ . Разделим неравенство (3) на  $shx > 0$ , представив  $thx = shx / chx$ , получим

$$\frac{1}{chx} \leq \frac{x}{shx} \leq 1 \Rightarrow 1 \leq \frac{shx}{x} \leq chx.$$

Перейдем в неравенствах к пределу при  $x \rightarrow 0$ , учитывая, что  $\lim_{x \rightarrow 0} chx = 1$ , получим

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{shx}{x} = 1. \quad (4)$$

Это один из вариантов второго фундаментального предела.

В самом деле, формулу легко привести к привычному виду, используя определение

$$shx = \frac{e^x - e^{-x}}{2}.$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^x - e^{-x}}{2x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^x - 1}{2x} + \lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - e^{-x}}{2x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^x - 1}{x}. \quad (5)$$

В выражении  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - e^{-x}}{2x}$  сделаем замену  $x \rightarrow -y$ , получим  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - e^{-x}}{2x} = \lim_{y \rightarrow 0} \frac{e^y - 1}{2y}$ . Это выражение в точности совпадает с первым слагаемым суммы (5).

### Кинематический метод доказательства первого фундаментального предела

Существует много подходов к выводу первого стандартного предела [1-5]. Не будем выяснять, какие из них являются более эффективными, имеют преимущества. Отметим только, что условно их можно разделить на две группы - геометрические методы доказательства [1,5] и аналитические [2-4]. Рассмотрим совершенно новый подход, основанный на кинематическом движении точки по окружности.

Обозначим предел  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = A$ . Заметим, что число  $A$  не может быть отрицательным, поскольку функции  $\sin x$  и  $x$  являются нечетными, а при малых  $x > 0$  имеем  $\sin x > 0$ . Поэтому при малых  $x$  обе функции  $\sin x$  и  $x$  имеют одинаковый знак, либо обе положительные (при  $x > 0$ ), либо отрицательные (при  $x < 0$ ).

Рассмотрим вычисление производной от тригонометрических функций  $\sin x$  и  $\cos x$  по определению производной

$$(\sin x)' = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\sin(x + \Delta x) - \sin x}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\sin(\Delta x/2)}{\Delta x/2} \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \cos(x + \Delta x/2) = A \cdot \cos x.$$

Аналогично найдем

$$(\cos x)' = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\cos(x + \Delta x) - \cos x}{\Delta x} = -A \cdot \sin x.$$

Рассмотрим движение точки по окружности единичного радиуса. Как известно, такое движение можно описывать параметрически с помощью тригонометрических функций  $y = \sin t$  и  $x = \cos t$ , где  $t$  время,  $x$  и  $y$  - декартовы координаты точки на окружности единичного радиуса. Полный оборот совершается за  $2\pi$  единиц времени - период функций  $\sin t$  и  $\cos t$ .

Найдем скорость точки

$$v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} = \sqrt{(\cos t)'^2 + (\sin t)'^2}.$$

Теперь учтем  $(\sin x)' = A \cos x$  и  $(\cos x)' = -A \sin x$

$$v = \sqrt{A^2 (-\sin t)^2 + A^2 (\cos t)^2} = |A| \sqrt{(\sin t)^2 + (\cos t)^2} = |A|.$$

Отсюда видно, что скорость движения точки по окружности является постоянной, а с учетом того, что  $A \geq 0$  модуль можно снять.

Длина окружности единичного радиуса  $2\pi$ . С другой стороны, длина окружности - это путь, проходимый точкой с постоянной скоростью  $v = A$  за период  $2\pi$ . Поэтому имеем равенство  $vt = A \cdot 2\pi = 2\pi$ . Откуда  $A = 1$ .

### Выводы

1. Главным результатом работы является разработка двух совершенно новых подходов в изучении стандартных пределов в теории пределов.

2. Первый подход характеризуется универсальностью. Метод доказательства двух внешне совершенно различных пределов, оказывается, имеет одну основу и может рассматриваться с одной точки зрения. Доказано, что природа обоих фундаментальных пределов является общей.

3. Второй подход, условно названный кинематическим подходом, характеризуется тем, что первый стандартный предел связан с механическим движением, не является абстрактным пределом в математике. Он прямо связан с равномерным вращением точки по окружности.

### Список использованной литературы

1. Кудрявцев Л.Д. Математический анализ. Т. 1. / Кудрявцев Л.Д. - М.: Наука, 1970. - 571 с.

2. Мироненко Л.П. Вывод первого и второго стандартных пределов из единой системы неравенств / Л.П. Мироненко, И.В. Петренко // Искусственный интеллект. - 2013. - 1, 2013. - С. 172-179.
3. Mironenko L.P., Vlasenko A.Yu. A compact system of inequalities for the standard limits in the theory of limits // Artificial Intelligence, 2, 2013, 61-70.
4. Мироненко Л.П. Новый метод доказательства фундаментальный пределов в теории пределов / Л.П. Мироненко // Міжнародна науково-практична конференція «Математика в сучасному технічному університеті», 2013.
5. Мироненко Л.П. Эквивалентность стандартных пределов в теории пределов / Л.П. Мироненко // Искусственный интеллект. – 2012. - 2, 2012. - С. 123-128.

### References

1. Kudrjavstev, L.D. (1970), *Matematichesky analiz. Tom 1.* [Mathematical analysis. Vol.1.], Nauka, Moscow, Russia.
2. Mironenko, L.P. and Petrenko, I.V. (2013), "Vivod pervogo I vtorogo standartnih predelov iz edinoj sistemi neravenstv", *Iscustvenniy intelekt* [Artificial intelligence], no. 1, pp. 172-179.
3. Mironenko, L.P. and Vlasenko, A.Yu. (2013), "A compact of inequalities for the standard limits in the theory of limits", *Iscustvenniy intelekt* [Artificial intelligence], no. 2, pp. 61-70.
4. Mironenko, L.P. (2013), "The new method of epy proof of the fundamental limits in the theory of limits", *Mignarodna naukovopraktichna konderentsia «Matematika v suchasnomu tehnicnomu universiteti»* [International scientific-practical conferenc. Mathematics is in a modern technical university], National Technical University, Donetsk.
5. Mironenko, L.P. (2012), "Ekvivalentnost standartnih predelov v teorii predelov", *Iskustvenij intellekt* [Artificial intelligence], no. 2, pp. 123-128.

Надійшла до редакції:  
18.05.2014

Рецензент:  
д-р фіз.-мат. наук, проф. Малащенко В.В.

**Л.П.Мироненко**

**ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»**

*Два новых метода доведения фундаментальных границь у математичному аналізі. У статті розглянуто два нових метода введення у математичний аналіз фундаментальних границь – перша і друга стандартні границі. Непередбачено знайдено нове рішення старої проблеми. Підхід відрізняється стислістю і транспарентністю, що робить теорію оригінальною і загальною для обох границь. Другий спосіб має кінематичне походження, що принципово відрізняє нашу теорію від класичної.*

**Ключові слова:** методика, границя, функція, тригонометричний, гіперболічний, стандартний, фундаментальний.

**L.P.Mironenko**

**Donetsk National Technical University**

*Two new methods of the proof of fundamental limits in mathematical analysis. The paper considers two absolutely new methods of introduction of fundamental limits in mathematical analysis – first and second standard limits. A new solution to the old problem has been found. The method has brief and transparent character that makes the theory attractive and general for both limits. The second method has kinematical nature that differs our theory radically from the classical theory.*

**Keywords:** methodical, limit, function, trigonometric, hyperbolic, standard, fundamental.