

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**НАУКОВІ ПРАЦІ
ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Серія: “Обчислювальна техніка
та автоматизація”*

№ 1(26) 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

№ 1(26) 2014

Донецьк
2014

УДК 681.5: 658.5: 621.3

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. Заблодський, 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.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: серія КВ № 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)

ЗМІСТ

Стор.

Розділ 1 Автоматизація технологічних процесів	5
Борисов А.А. Применение FF-, FB-, MFC-AGC регуляторов в концепции управления приводами клетей прокатного стана по мощности.	6
Воротникова З.Е. Формирование и использование архивной базы данных в системе «советчик оператора доменной печи»	14
Суздаль В.С., Тавровский И.И., Соболев А.В., Кобылянский Б.Б. Система с параметрической инвариантностью для процессов кристаллизации	24
Лапта С.С., Масолова Н.В., Зиновьева Я.В. Развитие теории моделирования переходного процесса в сложной гомеостатической системе	29
Мироненко Л.П., Петренко И.В., Власенко А.Ю. Интеграл Ньютона-Лейбница и вторая интегральная теорема о среднем	36
Найденова Т.В., Федюн Р.В. Синтез САУ процессом биохимической водоочистки	41
Федюн Р.В. Автоматичне управління занурювальними насосами водовідливу ліквідованих шахт	51
Гарматенко А.М. Алгоритм поиска кратковременной памяти в данных акустической эмиссии угольных пластов	61
Розділ 2 Інформаційні технології та телекомунікації	69
Воропаєва А.О. Розробка методу керування безпроводовими телекомунікаційними мережами нового покоління на основі застосування підходу максимізації завантаженості мережі	70
Гостев В.И., Кунах Н.И., Артюшик А.С. Аппроксимация звена чистого запаздывания для АQM-систем комплексной передаточной функцией звена Паде	77
Дегтяренко И.В., Лозинская В.Н. Динамические модели средств управления трафиком в сетевом узле	85
Дмитриева О.А. Оптимизация выполнения матрично-векторных операция при параллельном моделировании динамических процессов	94
Євсєєва О.Г. Використання комп'ютерно-орієнтованих засобів проектування і організації навчання математики на засадах діяльнісного підходу в технічному університеті	101
Воропаєва В.Я., Жуковська Д.О. Оцінка впливу алгоритмів обробки черг на показники QOS	111
Воропаєва В.Я., Кабакчей В.И. Выбор методов оценки количества меток в рабочей зоне RFID-ридера для достижения максимальной пропускной способности	119
Кануннікова К.П., Червинський В.В. Алгоритм динамічного регулювання споживаної потужності мікростілками гетерогенної мережі LTE	126
Klymash M.M., Haider Abbas Al-Zayadi, Lavriv O.A. Improving throughput using channel quality indicator in LTE technology	134

Мірошкін О.М. Модифікація системи адресації мікрокоманд у пристрої керування при його реалізації у базисі гібридних FPGA	144
Молоковский И.А. Моделирование процессов распространения радиоволн в подземной части угледобывающего предприятия	152
Пасічник В.В., Назарук М.В. Інформаційно-технологічний супровід системних трансформацій вітчизняної освітньої галузі	160
Батыр С.С., Хорхордин А.В. Особенности оценки эффективности методов управления очередью маршрутизатора	169
Розділ 3 Інформаційно-вимірювальні системи, електронні та мікропроцесорні прилади	177
Вовна А.В., Зори А.А. Оптический измеритель концентрации метана с аппаратно-программной компенсацией температурного дрейфа	178
Жукова Н.В., Литвинов В.И., Голиков В.В. Лабораторный стенд регулируемого линейного асинхронного электропривода – аналога электропривода постоянного тока	189
Кузнецов Д.Н., Чупис Д.А. Исследование физической модели ступенчатого испытательного воздействия для определения динамических характеристик термопреобразователей	202
Куценко В.П. Математичне моделювання властивостей діелектричних матеріалів при використанні мікрохвильових експертних систем	210
Лыков А.Г., Косарев Н.П. Исследование влияния ширины спектра излучения источника на чувствительность измерительных каналов газоанализаторов выхлопных газов автомобильного транспорта	218
Штепа А.А. Обоснование концепции структурно алгоритмической организации модульной компьютеризированной информационно-измерительной системы электрофизиологических сигналов	226

Розділ 1

Автоматизація технологічних процесів

УДК 51 (071)

Л.П. Мироненко (канд. физ.-мат. наук)
И.В. Петренко (канд. физ.-мат. наук), А.Ю. Власенко
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
кафедра высшей математики,
кафедра радиотехники и защиты информации
e-mail: mironenko.leon@yandex.ua

ИНТЕГРАЛ НЬЮТОНА-ЛЕЙБНИЦА И ВТОРАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ ТЕОРЕМА О СРЕДНЕМ

В статье рассматривается определение интеграла в более узком смысле, чем интеграл Римана. Можно считать новое определение, в некотором смысле, частным случаем интеграла Римана. В интегральной сумме Римана функция вычисляется в левых (или правых) точках τ – разбиения отрезка интегрирования. В основе интеграла Ньютона-Лейбница лежит определение первообразной, дифференциала функции и специальный способ выбора точек на частичных отрезках разбиения. Преимуществом такого подхода является формула Ньютона-Лейбница и вторая интегральная теорема о среднем, которые следуют из нашей теории. Предложенная схема углубляет понимание природы интеграла.

Ключевые слова: методика, интеграл, интегрирование, дифференциал, формула Ньютона-Лейбница, разбиение.

Введение

В курсе математического анализа определенный интеграл обычно вводится по Риману на основе интегральной суммы (Римана) [1-3]. Определение интеграла по Риману является самым широким определением интеграла, не считая интеграла Лебега, Стильбеса, функционального интегрирования. В более узком смысле, с большими ограничениями интеграл может быть определен другими способами. Одним из примеров этого определения является интеграл Лагранжа, когда функция в интегральной сумме Римана вычисляется в специально выбранных точках (удовлетворяющих теореме Лагранжа [1]) [4].

Мы рассмотрим еще один способ выбора – левые или правые концы частичных отрезков и покажем еще один вариант формулировки интеграла. Этот вариант мы назвали интегралом Ньютона-Лейбница.

Определение интеграла через дифференциал функции. Формула Ньютона-Лейбница.

Пусть функция $F(x)$ дифференцируема на некотором отрезке $[a, b]$. Ее дифференциал в произвольной точке отрезка $dF(x) = F'(x)dx$. Обозначим $F'(x) = f(x)$. Тогда $dF(x) = f(x)dx$, а в произвольной фиксированной точке x_i

$$dF(x_i) = f(x_i)\Delta x_i, \quad (1)$$

где $\Delta x_i = x - x_i$, $x_i \in [a, b]$.

Произведем τ – разбиение отрезка $[a, b]$ точками $x_i, i = 0, 1, \dots, n$, расположив их на отрезке, как это обычно делается при определении τ – разбиения отрезка $a = x_0 < x_1 < \dots < x_{n-1} < x_n = b$. Обозначим длину каждого из отрезков разбиения $\Delta x_j = x_j - x_{j-1} > 0$,

$j = 1, 2, \dots, n$, а $|\tau| = \max \Delta x_j$ - наибольший по длине из отрезков Δx_j .

Применим формулу (1) к каждой точке отрезка разбиения, начиная с точки $a = x_0$.

Построим сумму

$$\sum_{j=1}^n dF(x_j) = \sum_{j=1}^n f(x_{j-1})\Delta x_j. \quad (2)$$

Рассмотрим отдельно левую и правую части равенства.

Выразим дифференциал $dF(x_j)$ через конечное приращение $\Delta F(x_j)$, используя определение дифференциала [2]:

$$\Delta F(x_j) = dF(x_j) + o(\Delta x_j),$$

где $o(\Delta x_j)$ - бесконечно малая более высокого порядка малости, чем Δx_j . Теперь левая часть равенства (2) $\sum_{j=1}^n \Delta F(x_j) - \sum_{j=1}^n o(\Delta x_j)$.

Первая сумма, равная $F(b) - F(a)$ - разность первообразных функции $f(x)$. В самом деле,

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \Delta F(x_j) &= (F(x_1) - F(x_0)) + (F(x_2) - F(x_1)) + \dots + (F(x_{n-1}) - F(x_{n-2})) + (F(x_n) - F(x_{n-1})) = \\ &= F(x_n) - F(x_0) = F(b) - F(a). \end{aligned}$$

Все внутренние слагаемые суммы $\sum_{j=1}^n \Delta F(x_j)$ взаимно уничтожаются.

Предел второй суммы должен вычисляться при условиях $n \rightarrow \infty, |\tau| \rightarrow 0$. При этом

$$\lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ |\tau| \rightarrow 0}} \sum_{j=1}^n o(\Delta x_j) = 0.$$

Доказательство ограничим случаем равностоящих точек разбиения отрезка $[a, b]$. В этом случае $\Delta x_j = (b-a)/n$. Поэтому величина $o(\Delta x_j)$ есть бесконечно малая более высокого порядка малости, чем $1/n$. Число слагаемых в сумме $\sum_{j=1}^n o(\Delta x_j)$ равно n . Фактически, речь идет о вычислении предела $\lim_{n \rightarrow \infty} n \cdot o(1/n)$, который равен нулю.

Правая часть равенства (2) называется интегральной суммой Ньютона-Лейбница для функции $f(x)$, а предел $\lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ |\tau| \rightarrow 0}} \sum_{j=1}^n f(x_{j-1})\Delta x_j$ - определенным интегралом в смысле Ньютона-Лейбница.

Лейбница.

Итак, в формулировке Ньютона-Лейбница определенный интеграл может быть определен двояко:

$$\text{как предел } \lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ |\tau| \rightarrow 0}} \sum_{j=1}^n dF(x_j) \text{ или } \lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ |\tau| \rightarrow 0}} \sum_{j=1}^n f(x_{j-1})\Delta x_j. \quad (3)$$

В любом из этих вариантов имеем формулу Ньютона-Лейбница

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a). \quad (4)$$

При этом функция $f(x)$ называется интегрируемой по Ньютону-Лейбницу. Как ясно из

рассуждений, основным требованием к функции $f(x)$ является существование первообразной $F(x)$ на $[a, b]$. Это условие гарантирует существование интеграла Ньютона-Лейбница.

Сравнение с интегралом Римана.

В интегральной сумме Римана $\sigma_\tau = \sum_{j=1}^n f(\xi_j) \Delta x_j$ точки ξ_j выбираются произвольно на частичных отрезках Δx_j разбиения τ , а определение интеграла Римана имеет следующие особенности:

1. Разбиение отрезка $[a, b]$ произвольное - τ - разбиение.
2. Выбор точек $\xi_j \in [x_{j-1}, x_j]$ произвольный.
3. Существует конечный предел интегральной суммы σ_τ , при условиях $n \rightarrow \infty$ и $|\tau| \rightarrow 0$.

В формулировке Ньютона-Лейбница первое и третье условия остаются прежними, а вот точки $\xi_j = x_{j-1}$ - левые концы частичных отрезков Δx_j . Во втором условии точки ξ_j не произвольные, а выбираются специальным образом. Безусловно, это сужает определение определенного интеграла, но дает формулу Ньютона-Лейбница, что невозможно в формулировке Римана.

Вторая интегральная теорема о среднем

Применим определение интеграла Ньютона-Лейбница к трем точкам $x_0 = a, x_1, x_2 = b$ разбиения отрезка $[a, b]$

$$\int_a^b f(x) dx = f(a)(x_1 - a) - f(b)(x_1 - b) + o_1(x_1 - a) + o_2(b - x_1).$$

Обратим внимание на то, что $f(a) = F'(a)$ и $f(b) = F'(b)$. Если функция $f(x)$ монотонная и непрерывная на $[a, b]$, то найдется точка $\xi \in [a, b]$, такая, что $o_1(\xi - a) = -o_2(b - \xi)$. В таком случае имеем равенство, выражающее вторую теорему о среднем в интегральном исчислении

$$\int_a^b f(x) dx = f(a)(\xi - a) + f(b)(b - \xi).$$

Обобщение теоремы о среднем простое, если переписать формулу в виде

$$\int_a^b f(x) dx = f(a) \int_a^\xi dx + f(b) \int_\xi^b dx,$$

и применить элементы теории меры [5-6]:

$$\int_a^b f(x)g(x) dx = f(a) \int_a^\xi g(x) dx + f(b) \int_\xi^b g(x) dx.$$

Подчеркнем, что функция $g(x)$ достаточно произвольная, основное требование к ней - интегрируемость, а функция $f(x)$ должна быть непрерывной и монотонной на $[a, b]$.

В формулировке определенного интеграла по Лагранжу точки ξ_j на частичных отрезках Δx_j τ - разбиения выбираются согласно теореме Лагранжа $\Delta F(x_j) = F'(\xi_j) \Delta x_j = f(\xi_j) \Delta x_j$. Применение к интегральной сумме Лагранжа разбиения отрезка на три точки приводит к первой интегральной теореме о среднем $\int_a^b f(x) dx = f(\xi)(b - a)$. А обобщенная теорема имеет вид

$$\int_a^b f(x)g(x) dx = f(\xi) \int_a^b g(x) dx.$$

Мы приходим к следующему заключению. Формулировка определенного интеграла по Лагранжу легко приводит к первой интегральной теореме о среднем, а формулировка по Ньютону-Лейбницу - ко второй теореме о среднем.

В заключении мы предлагаем методическую схему изучения определенного интеграла (рис. 1).

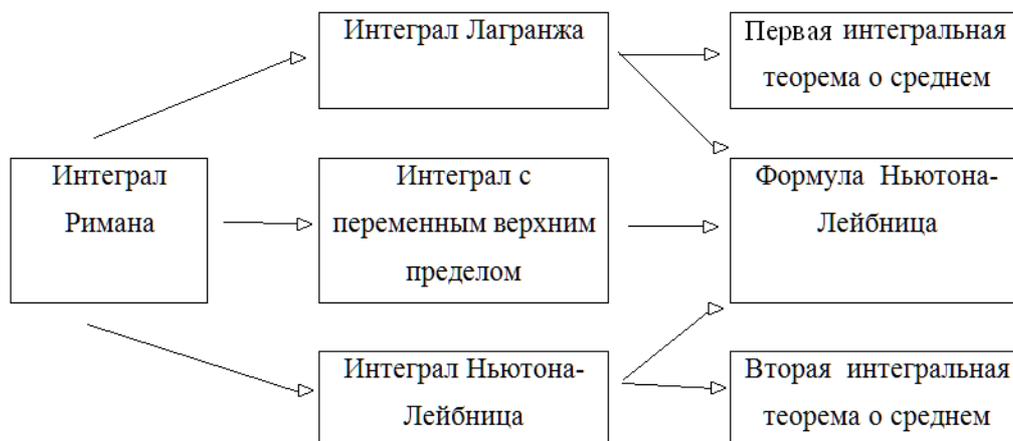


Рисунок 1 – Методическая схема более углубленного изучения определенного интеграла в курсе математического анализа

Выводы

1. Главным результатом работы является еще одна формулировка определенного интеграла, которую мы назвали интегралом Ньютона-Лейбница. Формулировка основана на формуле связи между приращением функции и ее дифференциалом. Подход сразу приводит к формуле Ньютона-Лейбница – основной теореме интегрального исчисления. Формула Ньютона-Лейбница получается за счет специального выбора точек на частичных отрезках разбиения.

2. Отметим два важных достоинства нашего подхода, не считая формулы Ньютона-Лейбница. Первое из них – вторая интегральная теорема о среднем является простым следствием построения интегральной суммы Ньютона-Лейбница. В интеграле Римана доказательство второй теоремы о среднем весьма сложное и не является простым следствием интегральной суммы Римана.

3. Второе достоинство нашего подхода состоит в том, что формулировка и доказательство многих свойств определенного интеграла проще проводить, используя формулу Ньютона-Лейбница, а не с помощью интегральной суммы Римана и предельным переходом в ней, как это делается в стандартном курсе анализа и учебных пособиях [1-3]. В стандартных курсах анализа формула Ньютона-Лейбница обычно рассматривается после свойств интеграла.

Список использованной литературы

1. Кудрявцев Л.Д. Математический анализ. Т. 1 / Л.Д. Кудрявцев. - М.: Наука, 1970. - 571 с.
2. Ильин В.А. Основы математического анализа. Т. 1 / В.А. Ильин, Э.Г. Поздняк. - М.: Изд-во ФМЛ, Москва, 1956. - 472 с.
3. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 1 / Г.М. Фихтенгольц. - М.: Наука, Изд-во ФМЛ, 1972. - 795 с.
4. Мироненко Л.П. Интегральная форма теоремы Лагранжа и ее применение к определенному интегралу / Л.П. Мироненко, Н.А. Прокопенко // Сб. научно-методичних робіт. – 2009. - вип. 6. - С. 119-126.
5. Мироненко Л.П. Интегральные теоремы о среднем. Подход, основанный на свойствах интегральной меры. / Л.П. Мироненко, И.В. Петренко, О.А.Рубцова // Искусственный интеллект. – 2010. – 4. - С. 617-622.
6. Мироненко Л.П. Простой способ доказательства теоремы о среднем в интегральном исчислении / Л.П. Мироненко, О.А. Рубцова, Т. И. Табаленкова // Материалы

регіональної студентської конференції «Математическа культура інженера». – Донецьк, 2010. - С. 233-237.

References

1. Kudrjavstev, L.D. (1970), *Matematicheskyy analiz. Tom 1.* [Mathematical analysis. Vol.1.], Nauka, Moscow, Russia.
2. Плын, V.A. and Pozdnjak, E.G. (1956), *Osnovy matematicheskogo analiza. Tom 1.* [The bases of mathematical analysis. Vol.1.], FML, Moscow, Russia.
3. Fih tengolts, G.M. (1972), *Kurs differentsialnogo i integralnogo ischislenia. Tom 1.* [A course of differential and integral calculus. Vol.1.], Nauka, FML, Moscow, Russia.
4. Mironenko, L.P. and Prokopenko, N.A. (2009), “Integralnija forma teoremy Lagranga i primenenie k opredelennomu integralu”, *sbornic naukovo-metodichnih robot DonNTU*, vol, 6, pp. 119-126.
5. Mironenko, L.P., Petrenko, I.V., and Rubtsova, O.A. (2010), “Integralnie teoremy o srednem. Podhod, osnovanniy na svojstvah integralnoj meri”, *Iskustvenniy intelekt* [Artificial intelligence], no. 4, pp. 617-622.
6. Mironenko, L.P., Rubtsova, O.A. and Tabalenkova, T., (2010), “A simple prove of the theorems in the integral calculus”, *Proc. of regionaly student conference “Mathematical culture engineer”*, National Technical University, Donetsk, pp. 233-238.

Надійшла до редакції:
18.05.2014

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

Л.П. Мироненко, І.В. Петренко, А.Ю. Власенко
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Інтеграл Ньютона-Лейбніца та друга інтегральна теорема про середнє. У статті розглядається визначення інтеграла в більш вузькому сенсі, ніж інтеграл Рімана. Можна вважати нове визначення, в деякому розумінні, окремим випадком інтеграла Рімана. В інтегральній сумі Рімана функція обчислюється в лівих (або правих) точках τ – розбиття відрізка інтегрування. В основі інтеграла Ньютона-Лейбніца лежить визначення первісної, диференціала функції і спеціальний спосіб вибору точок на часткових відрізках розбиття. Перевагою такого підходу є формула Ньютона-Лейбніца і друга інтегральна теорема про середню, які випливають з нашої теорії. Запропонована схема поглиблює розуміння природи інтегралу.

Ключові слова: методика, інтеграл, інтегрування, диференціал, формула Ньютона-Лейбніца, дроблення відрізка.

L.P. Mironenko, I.V. Petrenko, A.Yu. Vlasenko
Donetsk National Technical University

Newton-Leibnitz's integral and the second mean value theorem

The paper considers an integral in a more narrow sense than Riemann's integral. The integral is a case of Riemann's integral when values of the integral function in the Riemann's integral sum are taken at left (right) points on the partial intervals of a τ – breaking of the total integration interval. Newton-Leibnitz's integral is based on the definitions of a primitive function and differential and, as was pointed above, by special choice of points in partial intervals. Advantages of the approach are Newton-Leibnitz's formula and the second mean value theorem, which follow right from our theory. Also we proposed a method of more deep studying of the definite integral in the course of mathematical analysis.

Keywords: methods, integral, integration, differential, Newton-Leibnitz's formula, mean value.