(10). Schroder D.K. Semiconductor Material and Device Characterization. Wiley, New York, 2006.
(11). Özgür Ü., Alivov Y.I., Liu C., et al. A comprehensive review of ZnO materials and devices. *Journal of* Applied Physics, 2005, ol. 98, 041301.
(12). Macdonald, D., et al. "Recombination Losses at the Back Contact of Silicon Solar Cells," Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 13(4), 2005, p. 293–303.
(13). Yamaguchi, M. High-Efficiency Silicon Solar Cells with BSF Technology, Solar Energy Materials & Solar Cells, 65(1-4), 2001, p. 121–131.

Po'latov Baxtiyor Sobirovich (Kattaqo'rg'on davlat Pedagogika instituti "Aniq va tabiiy fanlar" kafedrasi assistent o'qituvchisi; bpsbaxtiyor@gmail.com),
Turdimurodov Otabek Farhod o'g'li (Kattaqo'rg'on davlat Pedagogika instituti "Aniq va tabiiy fanlar" kafedrasi assistent o'qituvchisi; otabekturdimurodov01091992@gmail.com),
Najmiddinova Shohsanam Muzaffar qizi (Kattaqo'rg'on davlat Pedagogika instituti 3-bosqich talabasi; shohsanamnajmiddinova06@gmail.com)

ANIQ INTEGRALNING ENERGIYA SARFI VA IQTISODIY MASALARGA TATBIQLARI

Annotatsiya. *Ushbu maqolada aniq integralning nazariy asoslari hamda uning amaliy qo'llanilish sohalari, xususan, energiya sarfini hisoblash va iqtisodiy masalalarni yechishdagi ahamiyati yoritib berilgan. Ushbu ishda aniq integral yordamida turli jarayonlarda energiya iste'molini aniqlash usullari tahlil qilingan hamda iqtisodiy ko'rsatkichlar, jumladan, do'konlarga olib kelinadigan tovarlarning umumiy hajmini hisoblashdagi roli ko'rib chiqilgan. Shuningdek, real hayotiy misollar asosida aniq integralning qo'llanishi ko'rsatilib, uning aniq integral yordamida yechimlari asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari aniq integralning energetika va iqtisodiyot sohalarda muhim vosita ekanligini ko'rsatadi.*

Kalit so'zlar: *integral, energiya sarfi, iqtisodiyot, tebranish, bo'laklab integrallash, maksimum, mehnat mahsuldorligi.*

Пулатов Бахтиёр Собирович (Ассистент кафедры «Точные и естественные науки» Каттакурганского государственного педагогического института; bpsbaxtiyor@gmail.com),
Турдимуродов Отобек Фарход угли (Ассистент кафедры «Точные и естественные науки» Каттакурганского государственного педагогического института; otabekturdimurodov01091992@gmail.com),
Наджмиддинова Шохсанам Музаффар кизи (Студентка 3 курса Каттакурганского государственного педагогического института; shohsanamnajmiddinova06@gmail.com)

ПРИМЕНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕННОГО ИНТЕГРАЛА К ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЮ И ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПРОБЛЕМАМ

Аннотация. *В данной статье рассматриваются теоретические основы определенного интеграла и его практическое применение, в частности, его значение при расчете энергопотребления и решении экономических задач. Анализируются методы определения энергопотребления в различных процессах с использованием определенного интеграла и рассматривается его роль в расчете экономических показателей, включая общий объем товаров, доставленных на склады. Также демонстрируется применение определенного интеграла на реальных примерах и обосновывается его решение с использованием определенного интеграла. Результаты исследования показывают, что определенный интеграл является важным инструментом в области энергетики и экономики.*

Ключевые слова: *интеграл, энергопотребление, экономика, колебания, интегрирование по частям, максимум, производительность труда.*

Pulatov Bakhtiyor Sobirovich (Assistant teacher of the department of "Exact and Natural Sciences" of the Kattakurgan State Pedagogical Institute; bpsbaxtiyor@gmail.com),
Turdimurodov Otabek Farhod o'gli (Assistant teacher of the department of "Exact and Natural Sciences" of the Kattakurgan State Pedagogical Institute; otabekturdimurodov01091992@gmail.com),
Najmiddinova Shohsanam Muzaffar qizi (3rd year student of Kattakurgan State Pedagogical Institute; shohsanamnajmiddinova06@gmail.com)

APPLICATIONS OF THE DEFINITE INTEGRAL TO ENERGY CONSUMPTION AND ECONOMIC PROBLEMS

Annotation. *This article discusses the theoretical foundations of the definite integral and its practical applications, in particular, its importance in calculating energy consumption and solving economic problems. This work analyzes methods for determining energy consumption in various processes using the definite integral and considers its role in calculating economic indicators, including the total volume of goods brought to stores. Also, the application of the definite integral is shown on the basis of real-life*

examples, and its solutions using the definite integral are justified. The results of the study show that the definite integral is an important tool in the fields of energy and economics.

Keywords: *Integral, energy consumption, economics, oscillation, integration by parts, maximum, labor productivity.*

Kirish. Hozirgi kunda elektr energiyasi jamiyat taraqqiyotining ajralmas qismi bo‘lib, sanoat, qishloq xo‘jaligi, transport va xizmat ko‘rsatish sohalarining uzluksiz faoliyat yuritishida muhim ahamiyat kasb etadi. Elektr energiyasiga bo‘lgan talabning ortib borishi esa uni samarali boshqarish, energiya sarfini aniq hisoblash va kelgusidagi iste’molni oldindan bashorat qilish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Shu sababli energiya resurslaridan oqilona foydalanish masalalari nafaqat texnik, balki iqtisodiy jihatdan ham dolzarb hisoblanadi [1–2].

Elektr energiyasi sarfini aniqlash va prognozlash jarayonida matematik modellashtirish usullari, xususan, aniq integralning tadbiqlari muhim o‘rin tutadi. Aniq integral yordamida vaqtga bog‘liq holda o‘zgaruvchi quvvat funksiyasi asosida umumiy energiya miqdorini hisoblash mumkin. Bu esa energiya iste’molini tahlil qilish, optimal rejimlarni aniqlash hamda ortiqcha sarf-xarajatlarning oldini olish imkonini beradi.

Bundan tashqari, aniq integral iqtisodiy masalalarda ham keng qo‘llanilib, masalan, umumiy daromad, xarajat, foyda kabi ko‘rsatkichlarni aniqlashda samarali vosita hisoblanadi. Ayniqsa, chegaraviy funksiyalar orqali umumiy miqdorlarni hisoblashda integralning ahamiyati beqiyosdir. Shu jihatdan, aniq integral nafaqat nazariy matematik tushuncha, balki amaliy muammolarni hal etishda muhim vosita sifatida qaraladi. Ushbu maqolada elektr energiyasining sarflanishini bashorat qilish hamda iqtisodiy masalalarni yechishda aniq integralning qo‘llanilishi nazariy va amaliy jihatdan dolzarb.

Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili. Aniq integralning energiya sarfi va iqtisodiy masalarga tatbiqlariga oid o‘zbek olimlari tomonidan yozilgan tadqiqotlar va ilmiy ishlanmalarga oid ma’lumotlar mavjud. Quyidagi olimlar va ularning ishlari haqida qisqacha ma'lumotlar keltiraman: Dotsent Pirimov A. ishlarida aniq integralning iqtisodiy masalalarga qo‘llanilishi o‘qitish va amaliy tadqiqotlarning talabalarning matematik bilimlarini oshirishga bo‘lgan ta’siri tahlil qilingan.

Tadqiqot metodologiyasi. Aniq integralning energiya sarfi va iqtisodiy masalalarga tadbiqlari, talabalarga o‘z bilimlarini amaliyotda qo‘llash imkoniyatini beradi. Bu metod talabalar uchun o‘quv jarayonini yanada qiziqarli va samarali qiladi. Chunki fandan olgan bilimlarini kundalik hayotga tatbiq eta olishadi. Aniq integral tatbiqlari yordamida talabalar nafaqat oliy ta’limda, balki ishlab chiqarish zavod-fabrikalarda va savdo markazlarida ham o‘z fikrlarini erkin ifodalab, fan va ishlab chiqarish rivojiga uzviy aloqalarni mustahkamlashda muhim ahamiyatga ega.

Tahlil va natijalar. Ma’lumki, elektr energiyasining har bir chiroq yoki fonar tomonidan sarflanishi, quyosh botgandan to u chiqgunga qadar davom etadi. Kechasi qancha qisqa bo‘lsa, shuncha kam elektr energiyasi sarflanadi. Yilning eng qisqa tuni 22-iyunga to‘g‘ri kelganligini, eng uzun tun esa 22-dekabrga to‘g‘ri kelganligini inobatga olsak, ulardan birinchisida, ikkinchisidan kam elektr energiya sarflanishini ko‘ramiz. Shunday qilib, elektr energiyaning sarflanishi $\omega -$ tebranishli jarayonidan iborat bo‘ladi. Bu jarayon,

$$\omega(t) = a + b \cdot \cos\left(2\pi(t + 0.025)\right) \qquad (1)$$

funksiya orqali ifodalanishi mumkin.

Bu yerda 0.025 qo‘shiluvchi, maksimumning $t = -0.025$ qiymatiga mos kelishini, ya’ni har bir yil boshlanishidan $0.025 \cdot 365 \approx 9$ kun oldinga, 22-dekabrga to‘g‘ri kelishini ko‘rsatadi. 2π ko‘paytuvchi esa uzunligi 1 ga (yilga) teng bo‘lgan davrni ifodalaydi.

1-misol. Tarmoq tomonidan $x = 0$ dan $x = 1$ gacha o‘tgan, bir yilda elektr energiya sarflanishi $\omega(t) = 3 + 2\cos\left(2\pi(t + 0.025)\right)$ funksiya orqali ifodalansin. Ikki yilda, ya’ni $t = 0$ dan $t = 2$ gacha o‘tgan davrda sarflangan energiya miqdorini aniqlang.

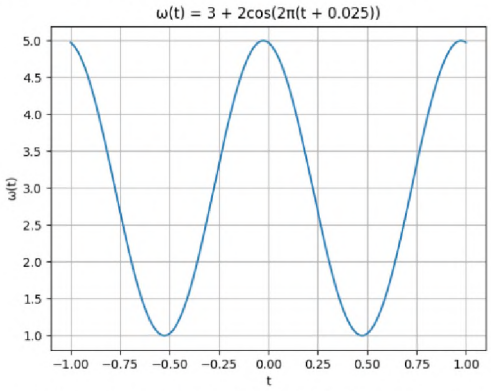
Yechilishi. Yuqoridagi keltirilgan tushunchalarni hisobga olgan holda, dt vaqt davomida sarflangan elektr energiya ωdt, yil davomida sarflangan elektr energiya esa $\int_0^2 \omega(t)dt$ aniq integralga teng bo‘ladi. U holda

$$\int_0^2 \omega(t)dt = \int_0^2 \big(3 + 2\cos\big(2\pi(t + 0.025)\big)\big)dt = 3\int_0^2 dt + 2\int_0^2 \cos\left(2\pi(t + 0.025)\right)dt = 6 + 2\int_0^2 \cos\left(2\pi(t + 0.025)\right)dt.$$

Oxirgi integralni hisoblash uchun, $2\pi(t + 0.025) = z$ almashtirishni bajaramiz. Natijada,

$$\int_0^2 \cos(2\pi(t+0.025))dt = \begin{bmatrix} t = \frac{z}{2\pi} - 0.025;\ dt = \frac{1}{2\pi}dz \\ t = 0 \Rightarrow z = 0.05\pi \\ t = 2 \Rightarrow z = 4.05\pi \end{bmatrix} = \frac{1}{2\pi}\int_{0.05\pi}^{4.05\pi} coszdz =$$
$$\frac{1}{2\pi}(sinz)|_{0.05\pi}^{4.05\pi} = 0$$

bo‘ladi. Bu funksiyaning grafigi quyidagi rasmda keltirilgan:



Demak, bir yilda elektr energiyaning sarflanishi, 6 birlik quvvatni tashkil etishini topamiz.

2-misol. Har bir lampa va fonarning $x = 0$ dan $x = 1$ gacha energiya sarflashi $\omega(t) = 5 + 3\cos(2\pi(t + 0.025))$ funksiya orqali ifodalangan bo‘lsin. Bunda 5 va 3 – qandaydir sonlar to‘plamining yoritilish tarmog‘i $u = 1 + 2t^2$ kvadratik qonun bo‘yicha ortsin. Bu yerda t – yillar bilan o‘lchanadi. U holda, tarmoqning $t = 0$ dan $t = 1$ gacha o‘tgan bir yilda sarflagan energiyasini hisoblang.

Yechilishi. Bu masalada dt vaqt birligi davomida sarflangan energiya $u\omega dt$ miqdorga, bir yil davomida sarflangan energiya esa $\int_0^1 u(t)\omega(t)dt$ integralga teng bo‘ladi.

Demak, $\int_0^1 u(t)\omega(t)dt = \int_0^1 (1+2t^2)(5+3\cos(2\pi(t+0.025)))dt$.

Bu integralni soddaroq ko‘rinishda yozib, ikki marta bo‘laklab integrallaymiz: ya’ni,

$$\int_0^1 (1+2t^2)(5+3\cos(2\pi(t+0.025)))dt = \int_0^1 5dt + 3\int_0^1 \cos(2\pi(t+0.025)))\,dt + 10\int_0^1 t^2dt +$$
$$6\int_0^1 t^2\cos(2\pi(t+0.025)))dt = 5 + \frac{3}{2\pi}\sin\big(2\pi(t+0.025)\big)\Big|_0^1 + \frac{10}{3}t^3\Big|_0^1 +$$
$$6\begin{bmatrix} bo'laklab\ integrallash\ usuli \\ u = t^2, du\ 2tdt \\ dv = \cos(2\pi(t+0.025)))dt, \\ v = \frac{1}{2\pi}\sin\big(2\pi(t+0.025)\big) \end{bmatrix} = \frac{25}{3} + 6\left(\frac{1}{2\pi}\sin(2.05\pi) - \frac{1}{\pi}\begin{bmatrix} bo'laklab\ integrallash\ usuli \\ u = t, du = dt \\ dv = \sin\big(2\pi(t+0.025)\big)\,dt, \\ v = -\frac{1}{2\pi}\cos\big(2\pi(t+0.025)\big) \end{bmatrix}\right) =$$
$$\frac{25}{3} + 6\left(\frac{1}{2\pi}\sin(2.05\pi) - \frac{1}{\pi}\left(-\frac{t}{2\pi}\cos\big(2\pi(t+0.025)\big)\Big|_0^1 + \frac{1}{2\pi}\int_0^1 \cos\big(2\pi(t+0.025)\big))dt\right) \approx 8{,}78\ .$$

Demak, bu yerdan tarmoq tomonidan bir yilda sarflangan energiya miqdori 8,78 birlik quvvatdan iborat bo‘lishi kelib chiqadi.

Hozir biz aniq integralning kundalik hayotdagi ya’ni ma’lum bir korxonaning mahsulot ishlab chiqarish hajmini hisoblash masalasi bilan shug‘ullanamiz.

3-misol. Agar korxonadagi ishchining mehnat mahsuldorligi $f(t) = \frac{4}{4t+1} + 1$ funksiya orqali ifodalansa, ishchi ish kunining to‘rtinchi soati davomida qancha hajmdagi mahsulot ishlab chiqarishini aniqlang.

Yechilishi. Agar ishchining t vaqt davomidagi mehnat mahsuldorligi uzluksiz $f(t)$ funksiya orqali ifodalansa, ishchi t_1 dan t_2 gacha o‘tgan vaqt oralig‘ida hajmi

$$V = \int_{t_1}^{t_2} f(t)dt \quad (2)$$

formula bo‘icha aniqlanadigan, mahsulot ishlab chiqaradi. Qaralayotgan ushbu misolimizda, $f(t) = \frac{4}{4t+1} + 1, t_1 = 3, t_2 = 4$ bo‘lganligidan izlanayotgan hajm,

$$V = \int_3^4 \left(\frac{4}{4t+1} + 1\right)dt = ln|4t+1|\Big|_3^4 + t|_3^4 = \ln\left(\frac{17}{13}\right) + 1$$

bo‘ladi.

Xulosa va takliflar. Xulosa qilib aytish mumkinki, bu usul ishlab chiqarish hajmi o‘zgarib boradigan sharoitlarda iqtisodiy ko‘rsatkichlarni aniqroq baholash imkonini beradi. Shuningdek, tadqiqot davomida talab va taklif funksiyalariga asoslangan holda bozor muvozanatini aniqlash masalalari ham ko‘rib chiqildi. Aniq integral yordamida iste’molchi va ishlab chiqaruvchi yutug‘ini hisoblash orqali iqtisodiy samaradorlikka erishish mumkinligi isbotlandi. Mazkur tadqiqotda aniq integralning energiya sarfi va iqtisodiy masalalarga tatbiqi nazariy hamda amaliy jihatdan o‘rganildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, aniq integral o‘zgaruvchan kattaliklar bilan bog‘liq jarayonlarni ifodalashda samarali matematik vosita hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

(1). Po‘latov B., Xurramov Y., Ibrohimov J. Murakkab funksiyalardan olingan aniq integralni taqribiy hisoblash. Zamonaviy innovatsion tadqiqotlarning dolzarb muammolari va rivojlanish tendensiyalari: yechimlar va istiqbollar. 2022, 1-jild, 1-son.

(2). Umarova N.R., Sharipova Z.Sh. Iqtisodiy masalalarni yechishda matematik usullardan foydalanish. Innovations in Science and Technologies. 2024.

(3). A.Gaziyev, I.Isroilov, M.Yaxshiboyev. “Matematik analizdan misol va masalalar”. 2-qism (o‘quv qo‘llanma). T., “Fan va texnologiya”, 2012, 384-bet.

Rahimova Gulxayo Sobirovna (Denov Tadbirkorlik va pedagogika instituti talabasi),
Muminova Shaxnozaxon Akbarxanovna (Denov Tadbirkorlik va pedagogika instituti dotsenti),
Yo‘ldoshev Azizbek Abdug‘aniyevich (Denov Tadbirkorlik va pedagogika instituti o‘qituvchisi),
O‘ljayev O‘tkir Boymamatovich (Denov Tadbirkorlik va pedagogika instituti dotsenti)

C_{60} FULLEREN QO‘SHILGAN SOVTLARDA VODOROD FIZISORBSIYASINI KUCHAYTIRISH

Annotatsiya. *Ushbu ishda C_{60} fullerenlari qo‘shilgan aromatik SOVT tizimlarida vodorod fizisorbsiyasi molekular dinamika usulida tadqiq etildi C_{60} fullerenlari sferik tuzilishi va π-elektron tizimi tufayli samarali nanoskalali adsorbsiya markazi bo‘lib, vodorodning lokal zichligini oshiradi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, SOVT tarkibiga fullerenlar kiritish gibrid tizimlarda vodorod saqlash samaradorligini oshirishning istiqbolli usulidir.*

Kalit so‘zlar: *vodorod saqlash, SOVT, C_{60} fulleren, fizisorbsiya, molekular dinamika.*

Рахимова Гулхаё Собировна (студент, Деновский институт предпринимательства и педагогики),
Муминова Шахнозахон Акбархановна (доцент, Деновский институт предпринимательства и педагогики),
Юлдашев Азизбек Абдуганиевич (преподаватель, Деновский институт предпринимательства и педагогики),
Улжаев Уткир Боймаматович (доцент, Деновский институт предпринимательства и педагогики)

УСИЛЕНИЕ ФИЗИСОРБЦИИ ВОДОРОДА В СИСТЕМАХ ЖОНВ С ДОБАВЛЕНИЕМ ФУЛЛЕРЕНА C_{60}

Аннотация. *В работе методом молекулярной динамики исследована физисорбция водорода в системах ароматических ЖОНВ с добавлением фуллеренов C_{60}. Благодаря сферической геометрии и π-электронной системе, C_{60} выступают эффективными наноцентрами адсорбции, повышая локальную плотность водорода. Результаты подтверждают, что введение фуллеренов в ЖОНВ является перспективным способом повышения эффективности хранения водорода в гибридных системах.*

Ключевые слова: *хранение водорода, ЖОНВ, фуллерен C_{60}; физисорбция, молекулярная динамика.*

Gulkhayo Sobirovna Rakhimova (Student, Denov Institute of Entrepreneurship and Pedagogy),
Shakhnozakhon Akbarkhanovna Muminova (Associate Professor of Denau Institute of Entrepreneurship and Pedagogy),
Azizbek Abduganiyevich Yuldashev (Teacher, Denov Institute of Entrepreneurship and Pedagogy),
Utkir Boymamatovich Uljaev (Associate Professor of Denau Institute of Entrepreneurship and Pedagogy)

ENHANCEMENT OF HYDROGEN PHYSISORBTION IN LOHC SYSTEMS DOPED WITH C_{60} FULLERENE

Annotation. *This study uses molecular dynamics to investigate hydrogen physisorption in aromatic LOHC systems enriched with C_{60} fullerenes. Due to their spherical geometry and π-electron system, C_{60} fullerenes act as effective nanoscale adsorption centers, increasing local hydrogen density. The results demonstrate that incorporating fullerenes into LOHCs is a promising strategy for enhancing hydrogen storage efficiency in hybrid systems.*