oladigan ochiq B' to‘plamni tashkil etadi. Agar 2 ta $L(a_i,\rho)$ va $L(a_j,\rho)$ lemniskatalar kesishsa, u holda $|\psi(a_i,a_j)|<\frac{\rho_i+\rho_j}{2}$ dan kelib chiqadiki, $|\psi(a_i,a_j)|<\max\{\rho_i,\rho_j\}$ bo‘ladi. Aytaylik, $\max\{\rho_i,\rho_j\}=\rho_i$ bo‘lsin. U vaqtda $L(a_i,\rho)$ lemniskata a_j nuqtani o‘z ichiga oladi, binobarin, B to‘plamning nuqtalari cheksiz to‘plam bo‘ladi. $\psi(z,a_i)$ va $\psi(z,a_j)$ bo‘yicha yoyilgan qatorlar ko‘rsatilgan to‘plamning nuqtalarida ustma-ust tushadi, shuningdek, $L(a_i,\rho)$ va $L(a_j,\rho)$ larning kesishadigan umumiy qismida bu qatorlar bir xil bo‘ladi. Shunday qilib, $\sum_{k=0}^{\infty}c_j^{(k)}\psi^k(z,a_j),\ j=1,2,...,p$ darajali qatorlar $f(z)$ funksiya mos lemniskatalarda ifodalanadi, B' da aniqlangan $A(z)-$analitik funksiyalar B da $f(z)$ bilan ustma-ust tushadi. Agar B' juft-jufti bilan umumiy nuqtasi bo‘lmaydiga qavariq sohalarning birlashmasidan iborat bo‘lsa, u holda B' to‘plamga va $f(z)$ funksiyalarga yuqoridagi $A(z)-$analitik funksiyalar uchun Runge teoremasini qo‘llash qoldi. B' sohaning komponentali to‘plamlari orasida ko‘p bog‘lamli sohalari bo‘lsin. B' to‘plamning chegarasi chekli p sondagi kontinum quvvatli to‘plamdan tuzilgan, E juft-jufti bilan umumiy nuqtaga ega bo‘lmagan va E sohada joylashgan. E sohaning ichida $\zeta_1,\ \zeta_2,\ ...,\ \zeta_p$ larning har bir nuqta tanlanishida $\zeta_1,\ \zeta_2,\ ...,\ \zeta_{p-1}$ bilan ζ_p nuqtalarning jordan $\gamma_1,\ \gamma_2,\ ...,\ \gamma_p$ yoylari bilan tutashtiramiz. U vaqtda $B'\setminus(\gamma_1\setminus\gamma_2\setminus...\setminus\gamma_{p-1})=D$ ochiq to‘plamni ifodalaydi, B ni va umumiy nuqtalarga ega bo‘lmagan barcha komponentali qavariq sohalarni o‘z ichiga oladi. $B\subset D\subset D'$ ni qo‘shishni qoldiramiz, shunday qilib Runge teoremasi analogini qo‘llash shartlarida ko‘rsatamiz.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

(1). Маркушевич А.И. Теория аналитических функций, Москва, Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1950, 704 с.

(2). Векуа И.Н. Обобщённые аналитические функции, Москва, “Наука”, 1988, 512 с.

(3). Жабборов Н.М., Отабоев Т.У. Теорема Коши для $A(z)-$аналитических функций, Узб. мат. жур., 2014, № 1, с. 15–18.

(4). Жабборов Н.М., Отабоев Т.У. Аналог интегральной формулы Коши для $A(z)-$аналитических функций, Узб. мат. жур., 2016, № 4, с. 50–59.

(5). Sadullayev A., Jabborov N.M. On a class of $A-$analytic functions. Journal Siberian Federal University, Mathematics & Physics, Volume 9. Issue 3. 2016, 374–383 p.

Ismaylov Qanatbay Abdureyimovich (Qoraqalpoq davlat universiteti professori),
Yakubov Komiljon Ruzmetovich (Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti dotsenti, professor v.b.),
Qurbanov Davron Shavkatovich (Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti, katta o‘qituvchi; davronkurbanow89@gmail.com),
Qadambayeva Raviyajon Bakpulatovna (Urganch davlat universiteti magistarnti),
Aminov Doniyorbek Rashidovich (Urganch davlat universiteti doktoranti)

KREMNIY ASOSLI p-Si/n-Si, p^+-Si BSF/p-Si/n-Si VA p^+-Si BSF/p-Si/ZnO QUYOSH ELEMENTLARINING ELEKTROFIZIK XUSUSIYATLARINI O‘RGANISH

Annotatsiya. *Mazkur maqolada kremniy asosidagi p-Si/n-Si, p^+-Si BSF/p-Si/n-Si hamda p^+-Si BSF/p-Si/ZnO quyosh elementlarining elektrofizik xususiyatlari nazariy jihatdan tadqiq qilindi. Tadqiqot davomida turli qatlam tuzilmalari uchun asosiy fotoelektrik parametrlarning o‘zgarishi tahlil etildi. Natijalar shu-*

ni ko'rsatdiki, qalinligi 2 μm bo'lgan Back Surface Field (BSF) qatlamini qo'llash quyosh elementining samaradorligini 0,56%ga oshiradi. Shuningdek, 0,5 μm qalinlikdagi n-Si qatlam o'rniga 0,001 μm qalinlikdagi ZnO qatlamini joriy etish umumiy samaradorlikni 1,51%ga oshirish imkonini berishi aniqlandi. Bundan tashqari, p-Si qatlam qalinligini 300 μm. dan 120 μm.gacha kamaytirish qurilma samaradorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi o'rganildi. Olingan natijalar asosida turli tuzilmalarning samaradorligi o'zaro taqqoslanib, yuqori samaradorlikni ta'minlovchi optimal qurilma konfiguratsiyasi aniqlangan.

Kalit so'zlar: *quyosh elementi, kremniy, BSF, ZnO, elektrofizik xususiyatlar, samaradorlik, SCAPS-1D.*

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ p-Si/n-Si, p+-Si BSF/p-Si/n-Si И p+-Si BSF/p-Si/ZnO

Аннотация. *В данной работе теоретически исследованы электрофизические свойства кремниевых солнечных элементов со структурами p-Si/n-Si, p^+-Si BSF/p-Si/n-Si и p^+-Si BSF/p-Si/ZnO. В ходе исследования был проведён анализ изменения основных фотоэлектрических параметров для различных конфигураций слоёв. Установлено, что применение слоя Back Surface Field (BSF) толщиной 2 мкм приводит к увеличению эффективности солнечного элемента на 0,56%. Показано, что замена слоя n-Pi толщиной 0,5 мкм на слой ZnO толщиной 0,001 мкм позволяет повысить общую эффективность устройства на 1,51%. Кроме того, исследовано влияние изменения толщины слоя p-Si в диапазоне от 300 мкм до 120 мкм, что также оказывает положительное влияние на эффективность элемента. На основе полученных результатов проведено сравнительное исследование различных структур и определена оптимальная конфигурация устройства, обеспечивающая более высокую эффективность.*

Ключевые слова: *солнечный элемент, кремний, BSF, ZnO, электрофизические свойства, эффективность, SCAPS-1D.*

STUDY OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF SILICON-BASED p-Si/n-Si, p+-Si BSF/p-Si/n-Si AND p+-Si BSF/p-Si/ZnO SOLAR CELLS

Annotation. *In this paper, the electrophysical properties of silicon-based solar cells with p-Si/n-Si, p^+-Si BSF/p-Si/n-Si, and p^+-Si BSF/p-Si/ZnO structures were theoretically investigated. During the study, the variation of the main photoelectric parameters for different layer configurations was analyzed. The results show that the introduction of a Back-Surface Field (BSF) layer with a thickness of 2 μm increases the efficiency of the solar cell by 0.56%. It was also found that replacing the 0.5 μm n-Pi layer with a 0.001 μm ZnO layer can increase the overall efficiency by 1.51%. In addition, the effect of reducing the p-Si layer thickness from 300 μm to 120 μm on the device performance was investigated, which showed a positive impact on the efficiency. Based on the obtained results, the efficiencies of different structures were compared, and the optimal device configuration providing higher efficiency was determined.*

Key words: *solar cell, silicon, BSF, ZnO, electrophysical properties, efficiency, SCAPS-1D*

Kirish. Hozirgi kunda sanoatda keng qo'llanilayotgan quyosh elementlarining asosiy qismi kremniy materialiga asoslangan bo'lib, uning keng tarqalganligi, nisbatan past tannarxi va mukammal o'rganilgan texnologik jarayonlari bilan izohlanadi. Ayniqsa, p-Si/n-Si getero va gomotuzilmalari yuqori barqarorlikka ega bo'lib, uzoq muddatli ekspluatatsiya imkoniyatlarini ta'minlaydi. Biroq, bunday an'anaviy tuzilmalarda orqa kontakt sohasidagi yo'qotishlar qurilmaning umumiy samaradorligini cheklab qo'yadi.

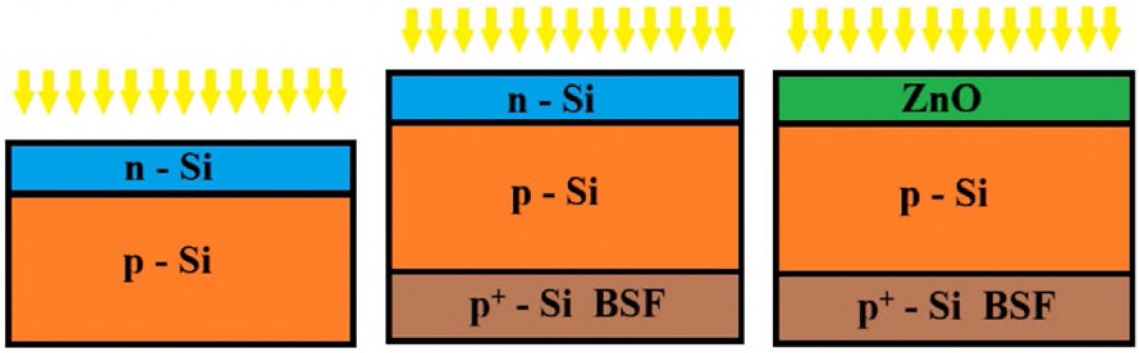
Mazkur kamchilikni kamaytirish maqsadida quyosh elementlari tuzilmasiga back surface field (BSF) qatlamini kiritish samarali yechimlardan biri hisoblanadi. p^+-Si BSF qatlamining qo'llanilishi orqa sirt hududida elektr maydon hosil qilib, asosiy zaryad tashuvchilarning yig'ilish ehtimolini oshiradi. Natijada ochiq zanjir kuchlanishi va qisqa tutashuv toki ortib, qurilmaning umumiy samaradorligi yaxshilanadi [1,2].

So'nggi tadqiqotlarda kremniy asosli quyosh elementlarida shaffof o'tkazuvchi oksid materiallaridan foydalanishga katta e'tibor qaratilmoqda. Jumladan, rux oksidi (ZnO) yuqori optik shaffoflik, yetarli elektr o'tkazuvchanlik va yaxshi energetik moslashuv xususiyatlariga ega bo'lib, u kontakt yoki ustki qatlam sifatida samarali qo'llanilishi mumkin. p^+-Si BSF/p-Si/ZnO tuzilmasining joriy etilishi fotoelektrik jarayonlarni yanada optimallashtirish hamda qurilmaning elektrofizik xususiyatlarini yaxshilash imkonini beradi [3,4].

Mazkur tadqiqotda kremniy asosli p-Si/n-Si, p^+-Si BSF/p-Si/n-Si hamda p^+-Si BSF/p-Si/ZnO quyosh elementlarining elektrofizik xususiyatlari bir o'lchamli nazariy modellashtirish usuli yordamida o'rganildi. Hisob-kitoblar yarimo'tkazgich qurilmalarining fotoelektrik xususiyatlarini tahlil qilish uchun keng qo'llaniladigan SCAPS-1D dasturiy muhiti yordamida amalga oshirildi. Mazkur dastur Puasson tenglamasi,

uzluksizlik tenglamalari hamda zaryad tashuvchilar oqimi tenglamalarini birgalikda yechish orqali quyosh elementining asosiy parametrlarini aniqlash imkonini beradi [5,6].

Hisoblash usuli va modellari. Tadqiqot jarayonida uch xil qurilma tuzilmasi modellashtirildi. Birinchi holatda an'anaviy p-Si/n-Si gomotuzilmasi ko'rib chiqildi. Ikkinchi tuzilma sifatida orqa kontakt hududida kuchli legirlangan p^+-Si qatlamidan iborat back surface field (BSF) qo'llanilgan p^+-Si BSF/p-Si/n-Si konfiguratsiyasi tanlandi. Uchinchi holatda esa n-Si qatlam o'rniga shaffof o'tkazuvchi oksid material sifatida ZnO qatlamidan foydalanilgan p^+-Si BSF/p-Si/ZnO tuzilmasi modellashtirildi (1-rasm).



1-rasm. p-Si/n-Si, p^+-Si BSF/p-Si/n-Si hamda p^+-Si BSF/p-Si/ZnO quyosh elementlari.

Har bir qurilma uchun qatlamlar qalinligi, legirlash konsentratsiyasi va energetik parametrlar adabiyot ma'lumotlariga asoslanib tanlandi [7,8] (1-jadval).

1-jadval

SCAPS-1Dda nazariy hisoblashlarni bajarish uchun ishlatiladigan simulatsiya parametrlari (T=300K)

Parametrlar	p-Si	n-Si	p^+-Si BSF	ZnO
Qalinlik (μm)	300	0.5	2	0.001
Dielektrik singdiruvchanlik	11.9	11.9	11.9	12.00
Elektron yaqinligi (eV)	4.5	4.5	4.5	4.3
Taqiqlangan zona kengligi (eV)	1.12	1.12	1.12	1.53
O'tkazuvchanlik zonasidagi holatlar zichligi ($1/cm^3$)	$2.8\cdot10^{19}$	$2.8\cdot10^{19}$	$2.8\cdot10^{19}$	$1.00\cdot10^{19}$
Valent zonasidagi holatlar zichligi ($1/cm^3$)	$1.04\cdot10^{19}$	$1.04\cdot10^{19}$	$1.04\cdot10^{19}$	$1.00\cdot10^{19}$
Elektron harakatchanligi (cm^2/Vs)	$1.5\cdot10^{3}$	$1.5\cdot10^{3}$	$1.5\cdot10^{3}$	$1.00\cdot10^{2}$
Kovak harakatchanligi (cm^2/Vs)	$4.5\cdot10^{3}$	$4.5\cdot10^{3}$	$4.5\cdot10^{3}$	$2.5\cdot10^{1}$
Elektron termal issiqlik harakat tezligi (cm/s)	$1.00\cdot10^{7}$	$1.00\cdot10^{7}$	$1.00\cdot10^{7}$	$1.00\cdot10^{7}$
Kovak termal issiqlik harakat tezligi (cm/s)	$1.00\cdot10^{7}$	$1.00\cdot10^{7}$	$1.00\cdot10^{7}$	$1.00\cdot10^{7}$
Donor konsentratsiyasi ($1/cm^3$)	0.00	$1.00\cdot10^{20}$	0.00	$1.00\cdot10^{20}$
Akseptor konsentratsiyasi ($1/cm^3$)	$1.00\cdot10^{16}$	0.00	$1.00\cdot10^{19}$	0.00

Modellashtirishda kremniy qatlamlari uchun asosiy material parametrlari, jumladan, taqiqlangan zona kengligi, dielektrik doimiysi, elektron va kovaklar harakatchanligi hamda holatlar zichligi hisobga olindi. BSF qatlam p^+-Si ko'rinishida yuqori akseptor konsentratsiyasiga ega qilib belgilandi, bu esa orqa sirt hududida ichki elektr maydon hosil bo'lishini ta'minlaydi. ZnO qatlam uchun esa yuqori optik shaffoflik va elektron o'tkazuvchanlikni ifodalovchi parametrlar kiritildi [9,10,11].

Olingan natijalar asosida turli tuzilmalarning elektrofizik xususiyatlari o'zaro taqqoslandi hamda BSF va ZnO qatlamlarining quyosh elementi samaradorligiga ta'siri baholandi.

Natija va muhokama; Hisoblashlar AM1.5 spektrli quyosh nurlanishi sharoitida, 1000 W/m² yoritilish intensivligida va 300 K haroratda olib borildi. Qurilmalarning elektrofizik xususiyatlarini baholash uchun ochiq zanjir kuchlanishi (Voc), qisqa tutashuv toki zichligi (Jsc), to'ldirish koeffitsiyenti (FF) va umumiy energiya samaradorligi (η) kabi asosiy fotoelektrik parametrlari aniqlandi va o'zaro taqqoslandi (2-jadval).

2-jadval

p-Si/n-Si, p^+-Si BSF/p-Si/n-Si hamda p^+-Si BSF/p-Si/ZnO quyosh elementlarining asosiy fotoelektrik parametrlari

Quyosh elementlari	Voc(V)	Jsc(mA/cm^2)	FF(%)	η(%)
p-Si/n-Si	0,6153	35,233946	83,09	18,01
p^+-Si BSF/p-Si/n-Si	0,6210	36,009165	83,05	18,57
p^+-Si BSF/p-Si/ZnO	0,6223	37,758494	83,06	19,52

Modellashtirish natijalariga ko‘ra, p-Si/n-Si tuzilma barqaror ishlash xususiyatiga ega bo‘lsa-da, kovaklarning orqa kontakt sohasida yo‘qolishi ochiq zanjir kuchlanishi va qisqa tutashuv toki qiymatlarining kamayishiga olib keladi [12]. Natijada umumiy samaradorlik 18,01% qiymatda shakllandi.

p-Si/n-Si tuzilmasiga p^+-Si BSF qatlamining kiritilishi qurilmaning elektrofizik xususiyatlariga sezilarli ijobiy ta’sir ko‘rsatdi. BSF qatlam hisobiga orqa sirt hududida qo‘shimcha elektr maydon hosil bo‘lib, zaryad tashuvchilarning faol qatlamga qaytarilishi ta’minlandi [13]. Bu holat ochiq zanjir kuchlanishining ortishi va qisqa tutashuv toki zichligining oshishi bilan namoyon bo‘ldi. Shuningdek, to‘ldirish koeffitsiyentining yaxshilanishi ichki yo‘qotishlarning kamayganligini ko‘rsatadi. Natijada qurilmaning umumiy energiya samaradorligi an’anaviy p-Si/n-Si tuzilmasiga nisbatan 0,56%ga yuqoriroq qiymatga erishdi.

ZnO qatlamidan foydalanilgan p^+-Si BSF/p-Si/ZnO tuzilmasi eng yuqori fotoelektrik ko‘rsatkichlarni namoyon etdi. ZnO materialining yuqori optik shaffofligi fotonlarning faol qatlamga samarali kirib borishini ta’minladi. Natijada ochiq zanjir kuchlanishi, qisqa tutashuv toki zichligi va to‘ldirish koeffitsiyenti eng yuqori qiymatlarga ega bo‘ldi. Ushbu omillar yig‘indisi qurilmaning umumiy samaradorligini 1,51 % ga oshirdi.

p^+-Si BSF/p-Si/ZnO quyosh elementining samaradorligini yanada oshirish va materialni tejash maqsadida p-Si qatlam qalinligi 300 μm.dan 120 μm gacha kamaytirildi. Natijada ochiq zanjir kuchlanishi va samaradorlik sezilarli darajada o‘zgardi (3-jadval).

3-jadval

p-Si qatlam qalinligiga fotoelektrik parametrlarning bog‘liqligi

p-Si qatlam qalinligi (μm)	Voc(V)	Jsc(mA/cm^2)	FF(%)	η(%)
300	0,6223	37,758494	83,06	19,52
280	0,6228	37,773260	83,06	19,54
260	0,6234	37,787025	83,07	19,57
240	0,6242	37,795773	83,08	19,60
220	0,6252	37,799849	83,09	19,64
200	0,6263	37,793099	83,10	19,67
180	0,6278	37,755741	83,12	19,70
160	0,6296	37,708731	83,14	19,74
140	0,6319	37,623303	83,43	19,84
120	0,6348	37,479209	83,42	19,85

Xulosa. An’anaviy p-Si/n-Si tuzilmasiga 2 μm qalinlikdagi p^+-Si BSF qatlamining kiritilishi qurilma samaradorligi 18,01% dan 18,57%gacha oshirdi. n-Si qatlam o‘rniga qo‘llanilgan 0,001 μm qalinlikdagi ZnO qatlamidan foydalanilgan p^+-Si BSF/p-Si/ZnO tuzilmasi esa eng yuqori elektrofizik ko‘rsatkichlarni namoyon etdi. ZnO ning yuqori optik shaffofligi va qulay elektr xususiyatlari qurilmaning umumiy samaradorligini 19,52%gacha oshirdi. Bundan tashqari, p-Si qatlami qalinligi 300 μm dan 120 μm ga o‘zgarganda samaradorlik 19,85%gacha ortgani kuzatildi. Bu tadqiqot ishida samaradorlikni 1,84% ga oshirish mumkinligi isbotlandi. Olingan natijalar asosida p^+-Si BSF/p-Si/ZnO konfiguratsiyasi kremniy asosli yuqori samaradorlikka ega quyosh elementlarini yaratish uchun istiqbolli tuzilma sifatida baholandi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

(1). Green M.A., Dunlop E.D., Hohl-Ebinger J., Yoshita M., Kopidakis N., Hao X.Solar cell efficiency tables. Progress in Photovoltaics: Research and Applications.https://doi.org/10.1002/pip.3647

(2). Yoshikawa K., Kawasaki H., Yoshida W. et al. High-efficiency silicon heterojunction solar cells. Solar Energy Materials and Solar Cells. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927796X20300371

(3). Özgür Ü., Alivov Y.I., Liu C. et al. A comprehensive review of ZnO materials and devices. Journal of Applied Physics, 2005. https://doi.org/10.1063/1.1992666

(4). Ellmer K. Past achievements and future challenges in the development of optically transparent electrodes. Nature Photonics, 2012.

(5). Burgelman M., Nollet P., Degrave S. Modelling polycrystalline semiconductor solar cells. Thin Solid Films, 2000, vol. 361–362, p. 527–532.

(6). Burgelman M., Verschraegen J., Degrave S., Nollet P. Modeling thin-film PV devices using SCAPS. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 2004, vol. 12, p. 143–153.

(7). Basore P.A. Extended spectral analysis of internal quantum efficiency in silicon solar cells. *IEEE* Transactions on Electron Devices, 1990, Vol. 37, № 2, p. 337–343.

(8). Green M.A. Solar Cells*:* Operating Principles, Technology and System Applications. Prentice-Hall, 1982.

(9). Sze S.M., Ng K.K. Physics of Semiconductor Devices. 3rd ed., Wiley, New York, 2007.

(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*