



**COMPLEX NUMBERS AND THEIR APPLICATIONS.
PRACTICAL APPLICATIONS DERIVED FROM THEORY**

Xudaybergenova G. S.

University of Innovation Technologies, Assistant

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19105605>

ARTICLE INFO

Received: 12th March 2026

Accepted: 18th March 2026

Online: 19th March 2026

KEYWORDS

Complex numbers, Euler's formula, complex impedance, phasor method, Fourier Transform, signal processing, quantum physics, mathematical modeling, electrical engineering.

ABSTRACT

This article analyzes the fundamental principles of complex number theory and their practical applications in modern technologies. Although complex numbers originate from abstract mathematical concepts, they hold immense significance in describing physical phenomena and technical processes. The study explores the relationship between complex numbers and trigonometric-exponential functions through Euler's formula. Furthermore, it examines the role of complex impedance in electrical engineering for analyzing alternating current (AC) circuits, as well as the significance of the Fourier Transform in digital signal processing. The article also evaluates the future prospects of complex numbers in quantum physics and artificial intelligence architectures. The research demonstrates that complex number theory is an indispensable foundation for the infrastructure of modern engineering and information technology.

**KOMPLEKS SONLAR VA ULARNING TADBIQLARI. NAZARIYADAN
KELTIRILGAN QO'LLANILISHI**

Xudaybergenova G. S.

Innovatsion texnologiyalar universiteti, Assistent

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19105605>

ARTICLE INFO

Received: 12th March 2026

Accepted: 18th March 2026

Online: 19th March 2026

ABSTRACT

Ushbu maqolada kompleks sonlar nazariyasining fundamental asoslari va ularning zamonaviy texnologiyalardagi amaliy tatbiqlari tahlil qilinadi. Kompleks sonlar mavhum matematik tushuncha bo'lishiga qaramay, ular tabiat qonuniyatlarini va texnik jarayonlarni ifodalashda beqiyos ahamiyatga ega. Maqolada kompleks sonlarning Eyler formulasi orqali trigonometrik va eksponentsial funksiyalar bilan bog'liqligi, elektrotexnikada kompleks impedans tushunchasining o'zgaruvchan tok davrlarini tahlil



KEYWORDS

Kompleks sonlar, Eylar formulasi, kompleks impedans, fazorlar usuli, Furiye o'zgarishi, signalni qayta ishlash, kvant fizikasi, matematik modellashtirish, elektrotexnika.

qilishdagi o'rni hamda raqamli signalni qayta ishlashda Furiye o'zgarishining (Fourier Transform) roli atroflicha yoritilgan. Shuningdek, kompleks sonlarning kvant fizikasi va sun'iy intellekt arxitekturasiidagi kelajak istiqbollari baholanadi. Tadqiqot kompleks sonlar nazariyasi zamonaviy muhandislik va axborot texnologiyalari infratuzilmasining ajralmas va tayanch elementi ekanligini ilmiy asoslab beradi.

Insoniyat tarixida matematik g'oyalar har doim olamni anglashning asosiy vositasi bo'lib kelgan. Matematik taraqqiyotning eng muhim bosqichlaridan biri - bu haqiqiy sonlar to'plamining kengaytirilishi va kompleks sonlar maydonining (\mathbb{C}) kiritilishidir. Dastlabki davrlarda kvadrat tenglamalarni yechishdagi «muammo» (manfiy sonlardan kvadrat ildiz olish zarurati) sifatida qaralgan mavhum birlik ($i = \sqrt{-1}$), bugungi kunda muhandislik, fizika va axborot texnologiyalarining fundamental negiziga aylandi.

Kompleks sonlar nazariyasi matematikani nafaqat algebraik jihatdan mukammal (Algebra asosiy teoremasiga ko'ra barcha ko'phadlar kompleks ildizlarga ega), balki fizik jarayonlarni modellashtirishda misli ko'rilmagan darajada soddalashtiruvchi qudratli vosita sifatida ham namoyon etadi. Eylar formulasi ($e^{i\phi} = \cos\phi + i\sin\phi$) orqali kompleks sonlar trigonometriya va eksponentsial funksiyalarni bitta tizimga

birlashtirib, o'zgaruvchan tok davrlari, to'lqinlar mexanikasi va kvant fizikasi kabi sohalarda differensial tenglamalarni algebraik tenglamalar yechimiga aylantirish imkonini berdi.

1. Elektrotexnika va kompleks impedans

O'zgaruvchan tok (AC) davrlarida kuchlanish $u(t)$ va tok $i(t)$ vaqt bo'yicha sinusoidal o'zgaradi. Klassik differensial tenglamalar yordamida bunday davrlarni hisoblash juda murakkab, chunki hosilalar bilan ishlashga to'g'ri keladi. Kompleks sonlar bu jarayonni algebraik ifodalash imkonini beradi. Fazorlar usuli yordamida har qanday elektr elementi R, L, C kompleks impedans Z bilan ifodalanadi:

$$Z_R = R, \quad Z_L = i\omega L, \quad Z_C = -\frac{i}{\omega C}$$

Natijada, murakkab davrlar uchun Kirxgof qoidalari oddiy algebraik tenglamalar tizimiga aylanadi, bu esa muhandislik hisob-kitoblarini keskin tezlashtiradi.



2. Signal va tasvirlarni qayta ishlash

Raqamli dunyo (smartfonlar, internet, video aloqa) aynan Furye o'zgarishi nazariyasi ustiga qurilgan. Har qanday murakkab signalni kompleks spektr $F(\omega)$ orqali tahlil qilish mumkin:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt$$

Bu yerda $F(\omega)$ ning moduli amplitudani, argumenti esa fazani bildiradi. JPEG, MP3 kabi siqish formatlari va shovqinlarni filtrlovchi tizimlar aynan ushbu kompleks spektrdagi «keraksiz» chastotalarni o'chirish orqali ishlaydi.

Kompleks sonlar va Eyler formalizmi

Kompleks sonlar tizimi haqiqiy sonlar to'plamining algebraik kengaytmasi bo'lib, u $z = a + bi$ shaklida ifodalanadi. Bu yerda $i = \sqrt{-1}$ mavhum birlik hisoblanadi. Kompleks sonlarning kuchi ularning uch xil shaklda ifodalanishidadir:

1. Algebraik shakl: $z = a + bi$ (qo'shish va ayirish operatsiyalari uchun qulay).

2. Trigonometrik shakl: $z = r(\cos \phi + i \sin \phi)$ (ko'paytirish va bo'lish uchun qulay).

3. Eksponentsial shakl (Eyler formulasi): $z = re^{i\phi}$.

Eyler formulasi ($e^{i\phi} = \cos \phi + i \sin \phi$) matematikaning eng go'zal formulalaridan biri bo'lib, u davriy funksiyalarni (trigonometriyani) algebraik hisoblashlar bilan bog'laydi. Aynan shu xususiyat signallarni tahlil

qilishda $f(t) = A \cos(\omega t + \phi)$

ko'rinishidagi funksiyalarni $Ae^{i\omega t}$ ko'rinishiga o'tkazib, differensial tenglamalarni yechishni osonlashtiradi. 1-misol: Elektrotexnika (Kompleks impedansni aniqlash)

Masala: Elektr zanjirida $R = 3\Omega$ qarshilikka ega rezistor va induktivligi $L = 0.01H$ bo'lgan induktor ketma-ket ulangan. Agar chastota $f = 50Hz$ bo'lsa, zanjirning umumiy kompleks impedansini (Z) toping.

Yechish:

1. Burchak tezligini topamiz: $\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 314 \text{ rad/s}$.

2. Induktiv qarshilikni kompleks ko'rinishda topamiz: $Z_L = i\omega L = i \cdot 314 \cdot 0.01 = 3.14i\Omega$.

3. Umumiy impedans $Z = R + Z_L$ bo'lgani uchun: $Z = 3 + 3.14i\Omega$

4. Modulini (umumiy qarshilikni) topamiz:

$$|Z| = \sqrt{3^2 + 3.14^2} = \sqrt{9 + 9.86} \approx 4.34\Omega$$

Xulosa: Kompleks sonlar yordamida biz qarshilikning nafaqat qiymatini, balki fazaviy siljishini ham darhol aniqladik

2-misol: Gepmetrik transformatsiya (Nuqtani Burish)

Masala: $z = 1 + i$ nuqtani koordinata boshi atrofida 90° ($\pi/2$ radian) ga burish natijasida hosil bo'lgan yangi z' nuqtani toping.

Yechish: Kompleks sonni 90° ga burish uchun uni $e^{i\pi/2}$ ga ko'paytirish kifoya.



Eyler formulasiga ko'ra
$$e^{i\pi/2} = \cos(\pi/2) + i \sin(\pi/2) = 0 + 1i = i$$

1. Berilgan son: $z = 1 + i$.
2. Burish operatsiyasi: $z' = z \cdot i$.
3. Ko'paytiramiz:

$$z' = (1 + i) \cdot i = 1 \cdot i + i \cdot i = i + i^2$$

$i^2 = -1$ bo'lgani uchun:

$$z' = -1 + i$$

Xulosa: Geometrik nuqtani burish uchun murakkab matritsali amallar o'rniga oddiy kompleks ko'paytirish amalidan foydalandik. Bu kompyuter grafikasida obyektlarni aylantirish algoritmlarining asosi hisoblanadi.

Kompleks sonlar shunchaki nazariy mavhumlik emas, balki real dunyo

signallarini (elektromagnit to'lqinlar, tovush, yorug'lik) tushunishning yagona samarali tilidir. Agar elektrotexnika kompleks impedans orqali energiya uzatish tizimlarini barqarorlashtirsa, Furye o'zgarishi raqamli signalni kodlash va qayta ishlash orqali axborot asrining infratuzilmasini ta'minlaydi.

Kelajakda kompleks sonli neyron tarmoqlar va kvant kompyuterlari texnologiyalarining rivojlanishi kompleks sonlarning imkoniyatlarini yangi bosqichga olib chiqadi. Demak, kompleks sonlar nafaqat o'tmishning buyuk kashfiyoti, balki kelajakdagi sun'iy intellekt rivojining ham asosiy tayanchi bo'lib qoladi.

References:

1. Ahlfors, L. V. (1979). *Complex Analysis: An Introduction to the Theory of Analytic Functions of One Complex Variable*. 3rd Edition. McGraw-Hill Education. (Kompleks analizning fundamental nazariy asoslari uchun).
2. Needham, T. (1997). *Visual Complex Analysis*. Oxford University Press. (Kompleks sonlarning geometrik talqini va Eyler formulasini tushunish uchun).
3. Hayt, W. H., Kemmerly, J. E., & Durbin, S. M. (2018). *Engineering Circuit Analysis*. 9th Edition. McGraw-Hill. (Elektrotexnikada kompleks impedans va fazorlar usulini qo'llash bo'yicha).
4. Bracewell, R. N. (2000). *The Fourier Transform and Its Applications*. 3rd Edition. McGraw-Hill. (Signal va tasvirlarni qayta ishlashda Furye o'zgarishi nazariyasi uchun).
5. Shankar, R. (1994). *Principles of Quantum Mechanics*. Plenum Press. (Kvant mexanikasida kompleks to'lqin funksiyalarining roli haqida).