



## UCH FAZALI IKKI CHULG‘AMLI TRANSFORMATORINI “ELCUT” DASTURIDA LOYIHALASH

*Uralova Feruza Tojiboy qizi*

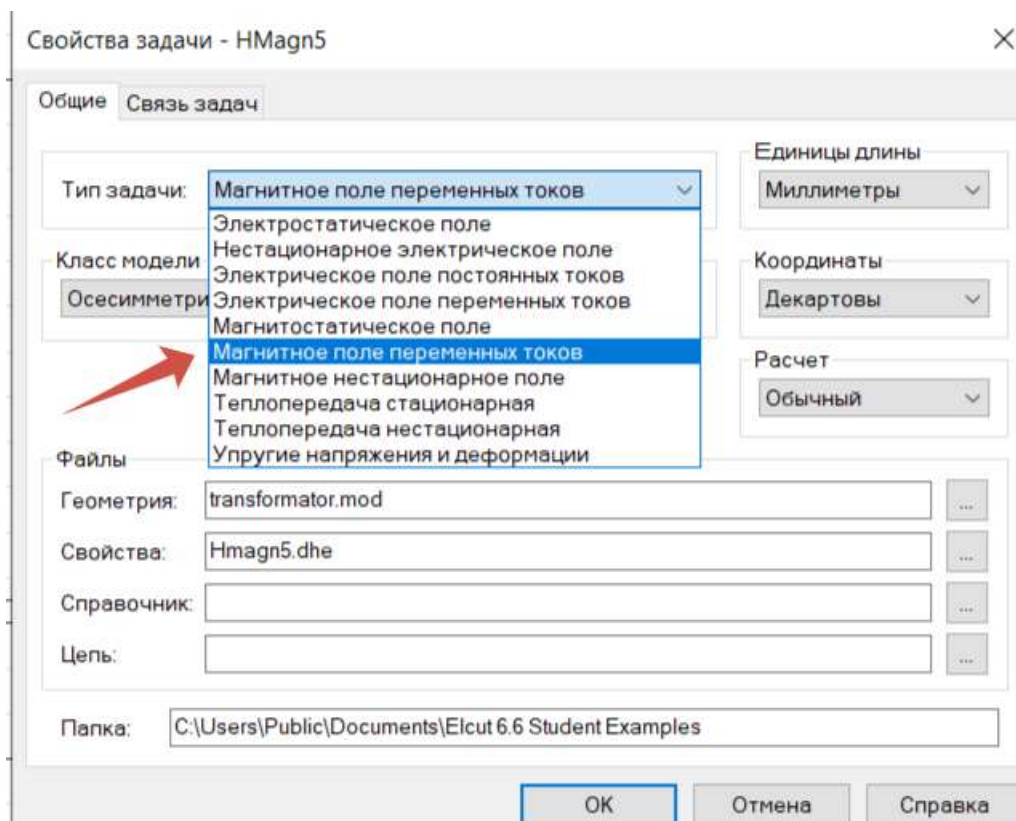
*Olmaliq davlat texnika instituti assistenti*

[uralovaferuza80@gmail.com](mailto:uralovaferuza80@gmail.com)

### 1. Loyiha yaratish

Elcut dasturi ishga tushiriladi va **New Project** tanlanadi.

**2D model** (kesim bo‘yicha hisoblash) yoki **3D model** (to‘liq fazoviy hisoblash)ni tanlash mumkin. Odatda transformatorlar uchun **2D kesim** yetarli bo‘ladi.



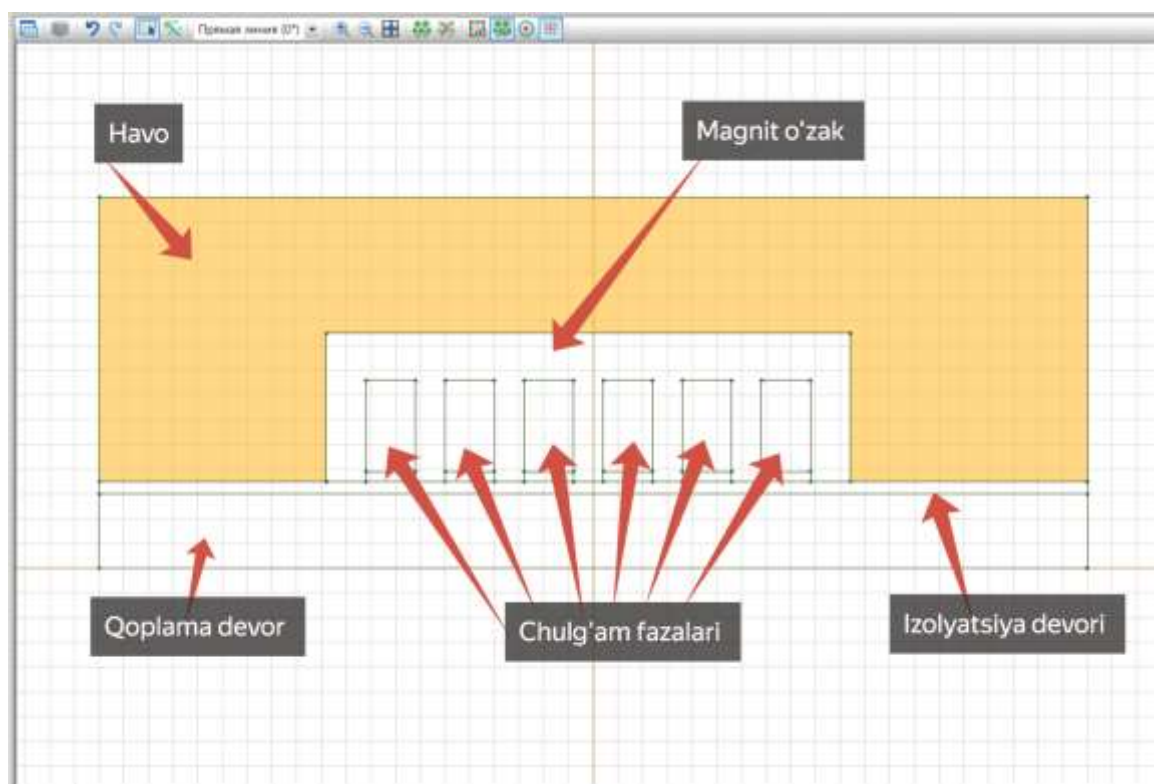


*Yangi model yaratish oynasi ochiladi, modelga nom berilib “O’zgaruvchan tokning magnit maydoni” bo’limi tanlanadi.*

## 2. Geometriya qurilishi

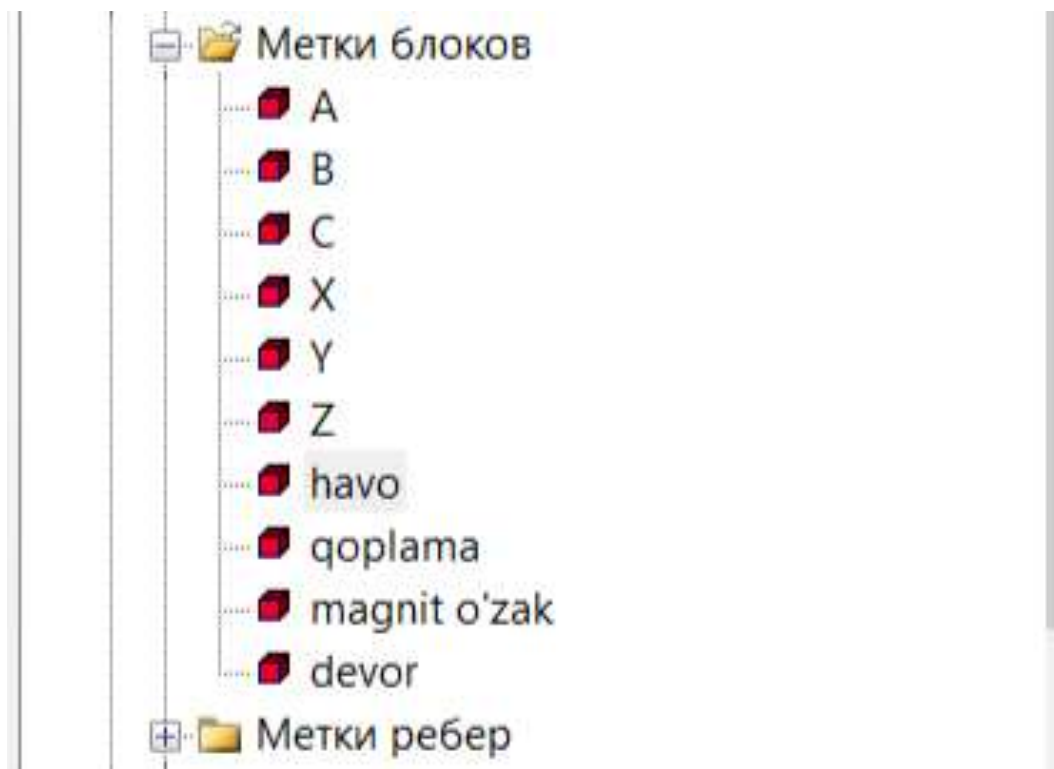
O’zak (yadro) materialining shaklini chizish – toroidal yoki E-I tipdagi plastinalar asosida amalga oshirialdi.

Birlamchi va ikkilamchi chulg’amlarning joylashuvi belgilanadi. Agar sovutish kanallari yoki ekranlash elementlari bo’lsa, ular ham chiziladi.

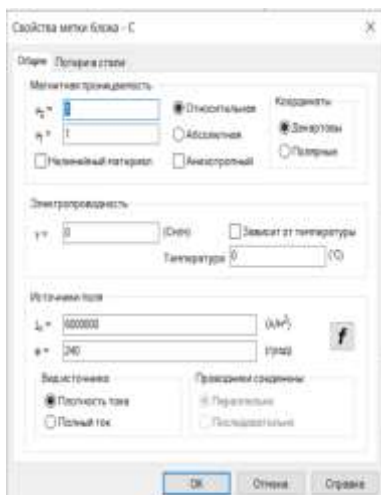
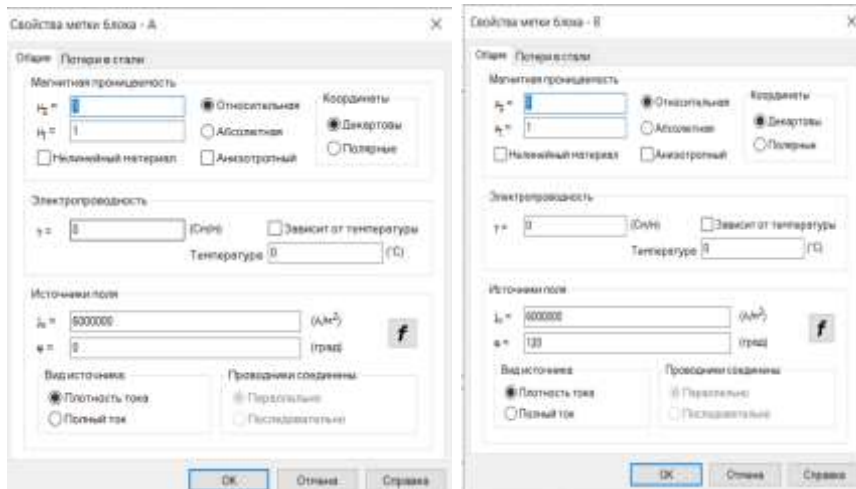


*Maydonda ushbu geometriya chiziladi, chulg’amlarni dumaloq shaklda ham tasvirlash mumkin*

Geometriya chizilgach har bir geometrik shakl uchun bloklarni yaratib olamiz olamiz:



Har blokka kerakli ma'lumotlarni kiritamiz:





Свойства метал блока - X

Общие Потери стали

Магнитная проницаемость

$\mu_x = 1$   Относительная Координаты  Декартов

$\mu_y = 1$   Абсолютная  Полярная

Неизотропный материал  Анизотропный  Полимерный

Электропроводность

$\gamma_x = 0$  (См/м)  Зависит от температуры

Температура  $0$  (°C)

Источники полей

$J_0 = 600000$  (А/м<sup>2</sup>)

$\varphi = 0$  (град)

Вид источника:  Плотность тока  Полный ток

Проводники соединены:  Параллельно  Последовательно

OK Отмена Справка

Свойства метал блока - Y

Общие Потери стали

Магнитная проницаемость

$\mu_x = 1$   Относительная Координаты  Декартов

$\mu_y = 1$   Абсолютная  Полярная

Неизотропный материал  Анизотропный  Полимерный

Электропроводность

$\gamma_x = 0$  (См/м)  Зависит от температуры

Температура  $0$  (°C)

Источники полей

$J_0 = 600000$  (А/м<sup>2</sup>)

$\varphi = 0$  (град)

Вид источника:  Плотность тока  Полный ток

Проводники соединены:  Параллельно  Последовательно

OK Отмена Справка

Свойства метал блока - Z

Общие Потери стали

Магнитная проницаемость

$\mu_x = 1$   Относительная Координаты  Декартов

$\mu_y = 1$   Абсолютная  Полярная

Неизотропный материал  Анизотропный  Полимерный

Электропроводность

$\gamma_x = 0$  (См/м)  Зависит от температуры

Температура  $0$  (°C)

Источники полей

$J_0 = 600000$  (А/м<sup>2</sup>)

$\varphi = 20$  (град)

Вид источника:  Плотность тока  Полный ток

Проводники соединены:  Параллельно  Последовательно

OK Отмена Справка



Свойства метки блока - havo

Общие: Потери в стали

Магнитная проницаемость

$\mu_2 =$    Относительная  Абсолютная

$\mu_1 =$

Нелинейный материал  Анизотропный

Координаты

Декартовы  Полярные

Электропроводность

$\gamma =$   (См/н)  Зависит от температуры

Температура  (°C)

Источники поля

$I_0 =$   (Ам<sup>2</sup>)  f

$\varphi =$   (град)

Вид источника:  Плотность тока  Полный ток

Проводники соединены:  Параллельно  Последовательно

OK Отмена Справка

Свойства метки блока - qorlata

Общие: Потери в стали

Магнитная проницаемость

$\mu_2 =$    Относительная  Абсолютная

$\mu_1 =$

Нелинейный материал  Анизотропный

Координаты

Декартовы  Полярные

Электропроводность

Зависит от температуры

Температура  (°C)

Источники поля

$\psi =$   (В)  f

$\varphi =$   (град)

Вид источника:  Напряжение  Полный ток

Проводники соединены:  Параллельно  Последовательно

OK Отмена Справка



Свойства метки блока - magnit o'zak

Общие Потери в стали

Магнитная проницаемость

$\mu_r = 2000$   Относительная Координаты

$\mu_z = 200$   Абсолютная  Декартовы

Нелинейный материал  Анизотропный  Полярные

Электропроводность

$\gamma = 0$  (Сл/м)  Зависит от температуры

Температура  $0$  (°C)

Источники поля

$J_0 = 0$  (А/м<sup>2</sup>) **f**

$\varphi = 0$  (град)

Вид источника:  Плотность тока  Полный ток

Проводники соединены:  Параллельно  Последовательно

OK Отмена Справка

Свойства метки блока - devor

Общие Потери в стали

Магнитная проницаемость

$\mu_r = 1$   Относительная Координаты

$\mu_z = 1$   Абсолютная  Декартовы

Нелинейный материал  Анизотропный  Полярные

Электропроводность

$\gamma = 0$  (Сл/м)  Зависит от температуры

Температура  $0$  (°C)

Источники поля

$J_0 = 0$  (А/м<sup>2</sup>) **f**

$\varphi = 0$  (град)

Вид источника:  Плотность тока  Полный ток

Проводники соединены:  Параллельно  Последовательно

OK Отмена Справка

### 3. Materiallarni tayinlash

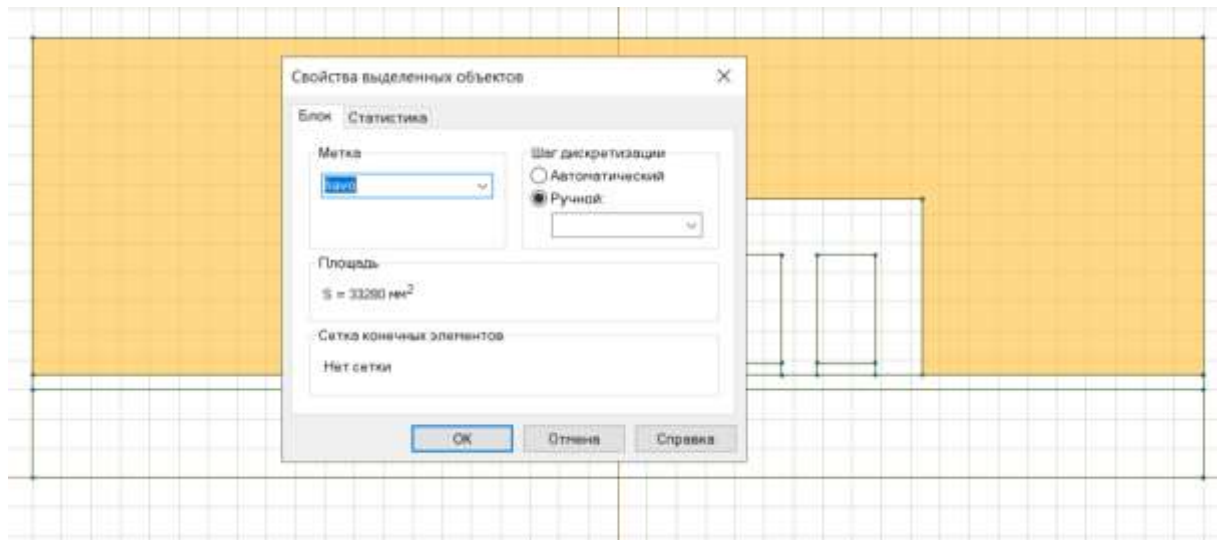
О‘zak uchun: **Magnetik po‘lat (Electrical Steel,  $\mu \approx 1000-5000$ , B–H xossalari).**

Chulg‘amlar uchun: **Mis yoki alyuminiy ( $\sigma \approx 5.8 \times 10^7$  S/m).**



Izolyatsiya uchun: **Havo yoki dielektrik material.**

*Geometrik blokni ustiga ikki martta bosilganda buyuruq kiritish oynasi ochiladi, shu oynaga metka bo'limidan kerakli blok tanlanadi:*



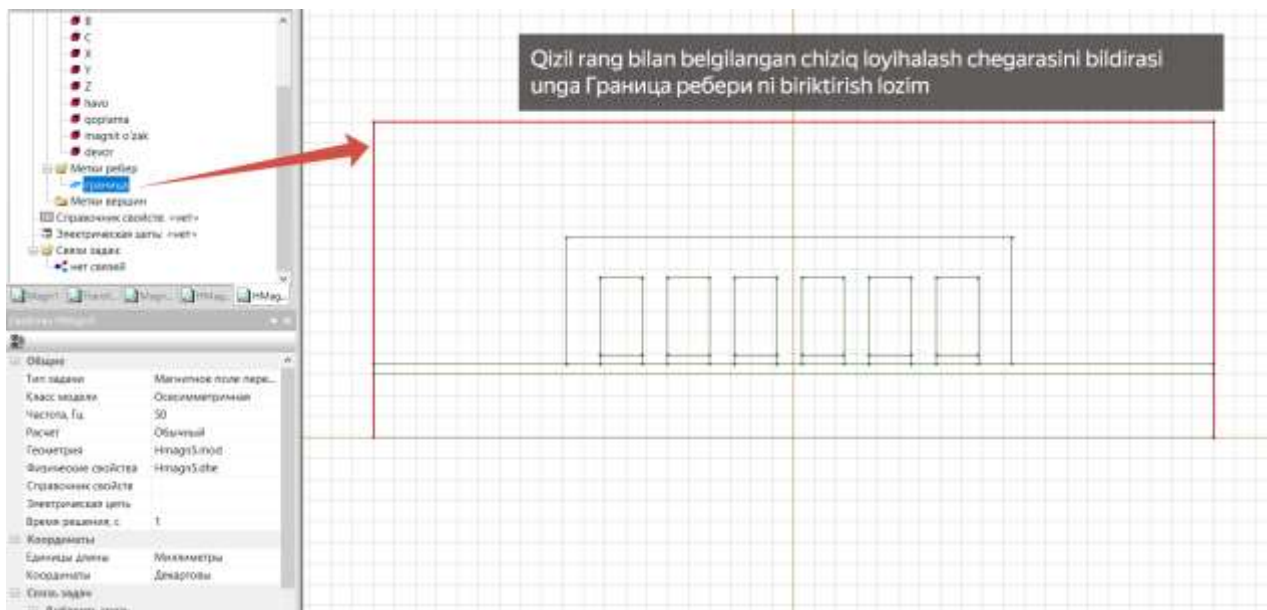
*Qolgan bloklar ham shu tartibda biriktirilib chiqiladi.*

#### 4. Chegara shartlari

Transformator atrofidagi hudud uchun **infinity boundary condition** qo'yiladi.

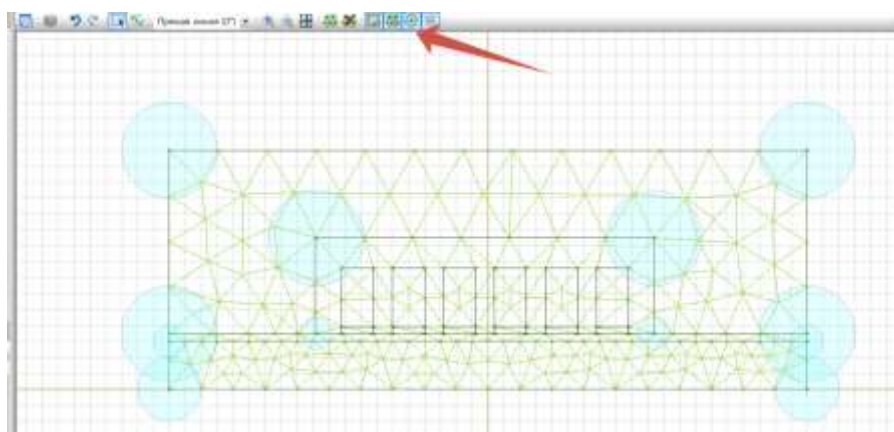
Bu tashqi maydonlarning chegaralanishini hisobga olishga yordam beradi.

*Shundan so'ng Memku reber bo'limiga bitta reber hosil qilinib chegara belgilanadi va shartlar kiritiladi:*

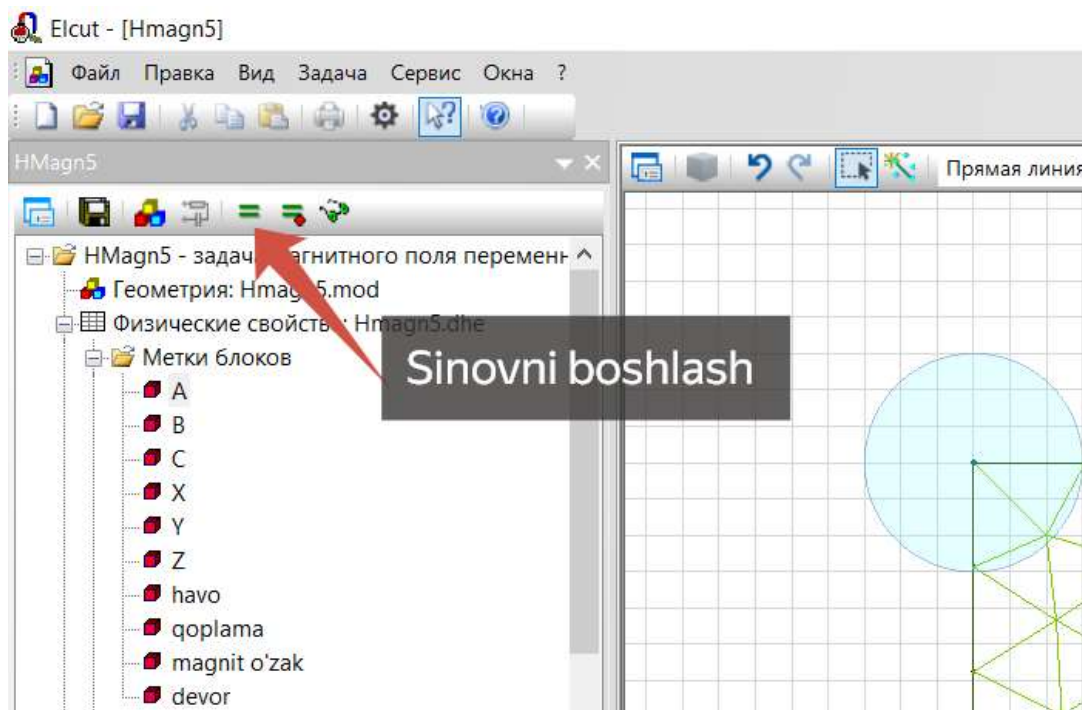


## 5. Loyihalashga tayyorlash

Dasturning yuqori tomonidagi belgilar orqali geometrik shaklga to'rt o'rnatiladi:



Loyihalash nihoyasiga yetgach sinov jarayoni ishga tushiriladi:



## 6. Hisoblash rejimi

**Magnetostatik hisoblash** – magnet oqim taqsimotini olish uchun.

**AC Magnetics (Time Harmonic)** – tok va kuchlanish sinusoidal o'zgarishini hisoblash uchun.

**Transient** – vaqt bo'yicha o'zgarishlarni o'rganish uchun.

## 7. Mesh yaratish (to'r)

Geometriya ustida **to'r elementlari** hosil qilinadi.

O'zak qismida to'r mayda, havo hududida esa yirik bo'lishi mumkin.

Mesh qanchalik nozik bo'lsa, natija shunchalik aniq bo'ladi.

## 8. Hisoblash natijalari

Hisoblash tugagandan so'ng quyidagi ma'lumotlar olinadi:

**Magnet induksiya taqsimoti (B, T)** – o'zakda magnet oqim zichligi.



**Magnit kuchlanish ( $H$ , A/m)** – magnit maydon intensivligi.

**Induktivlik ( $L$ )** – chulg'am induktivligi.

**Transformatsiya koeffitsienti ( $k = U_2/U_1$ ).**

**Tok va kuchlanish qiymatlari.**

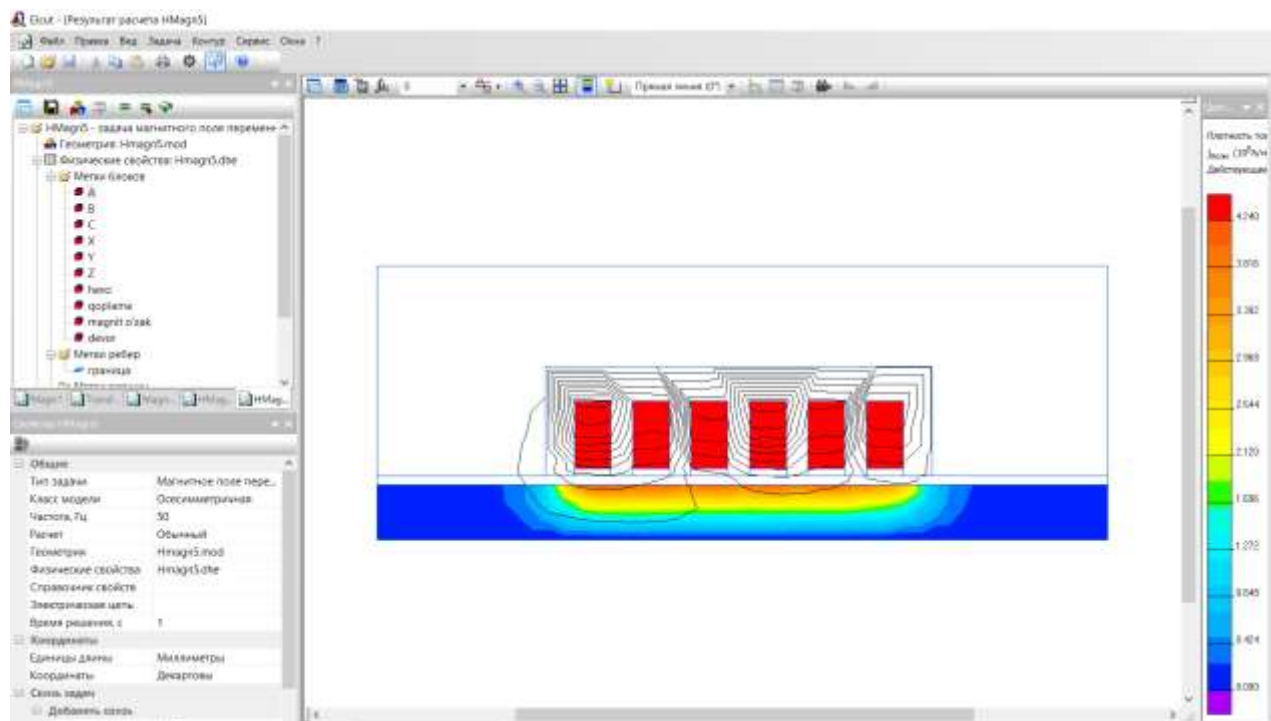
Toklar natijasida hosil bo'ladigan issiqlik yo'qotishlari (eddy current losses, copper losses).

## 9. Vizualizatsiya

O'zardagi magnit oqimning rangli chiziqli kartinasi (flux lines).

Issiqlik taqsimoti (agar issiqlik moduli ham ishlatilsa).

Vektor diagrammalar.





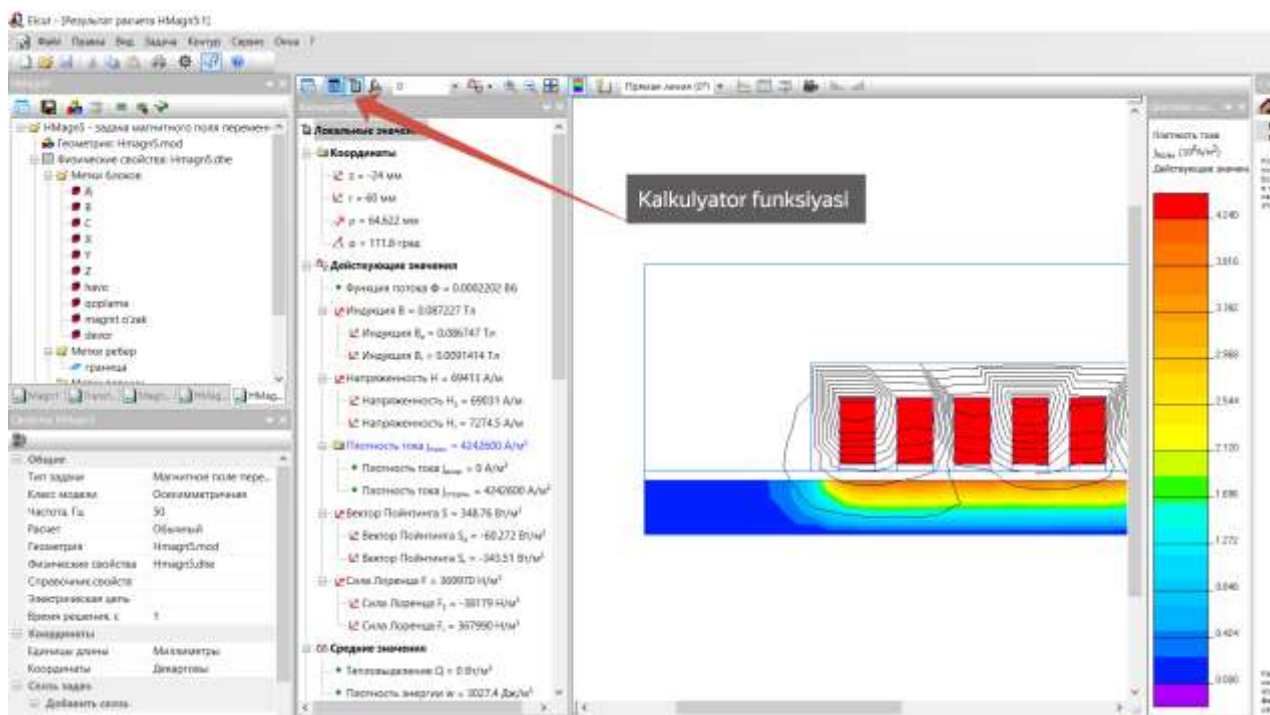
**Loyihamizning ko'rinishi** quyidagicha bo'ladi. Bu yerda rang bilan o'zgraavchi gradiyent Elektromagnit maydondagi materiallarning tok zichligini bildiradi, chiziqlar esa magnit maydon tarqalishini ko'rsatadi.

## 10. Natijalarni tahlil qilish

Transformatorning samaradorligi ( $\eta$ ) hisoblanadi.

Kuchlanishning pasayishi, oqim zichligi, qizib ketish chegaralari tahlil qilinadi.

Loyihaviy parametrlar talabga javob beradimi yoki yo'q – baholanadi.



Loyiha tayyor bo'lgach Kalkulyator funksiyasini ishga tushirib geometrik loyihaning nuqtalari bo'ylab har bir parametrlarni tahlil qilish mumkin bo'ladi.



**ADABIYOTLAR RO'YXATI**

1. **И.П. Копылова.** – Проектирование электрических машин.  
Москва-Юрайт-2011
2. **V. V. Dunaev, Yu. P. Kostyuk** – *Проектирование электрических машин* – Энергоатомиздат.
3. **Boldea, I., Nasar, S. A.** – *Electric Machine Design* – CRC Press.
4. **Guru, B. S., Hizirolu, H. R.** – *Electric Machinery and Transformers*  
– Oxford University Press.
5. **Chapman, S. J.** – *Electric Machinery Fundamentals* – McGraw-Hill.
6. **IEC 60034 Series** – *Rotating Electrical Machines* – IEC Standartlar to'plami.
7. **R. Krishnan** – *Electric Motor Drives: Modeling, Analysis, and Control*  
– Prentice Hall.
8. **J. Pyrhonen, T. Jokinen, V. Hrabovcová** – *Design of Rotating Electrical Machines* – Wiley.
9. **M. V. Deshpande** – *Design of Electrical Machines* – PHI Learning.
10. **Yulong Zhao** – *Modern Electromagnetic Design and FEM Analysis in Motors* – Springer.