

русский
ИНЖЕНЕР

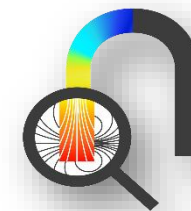


ELCUT 7.0 – Платформа для многолетнего развития

Дубицкий Семен Давидович
директор, к.т.н.
ООО «Тор»

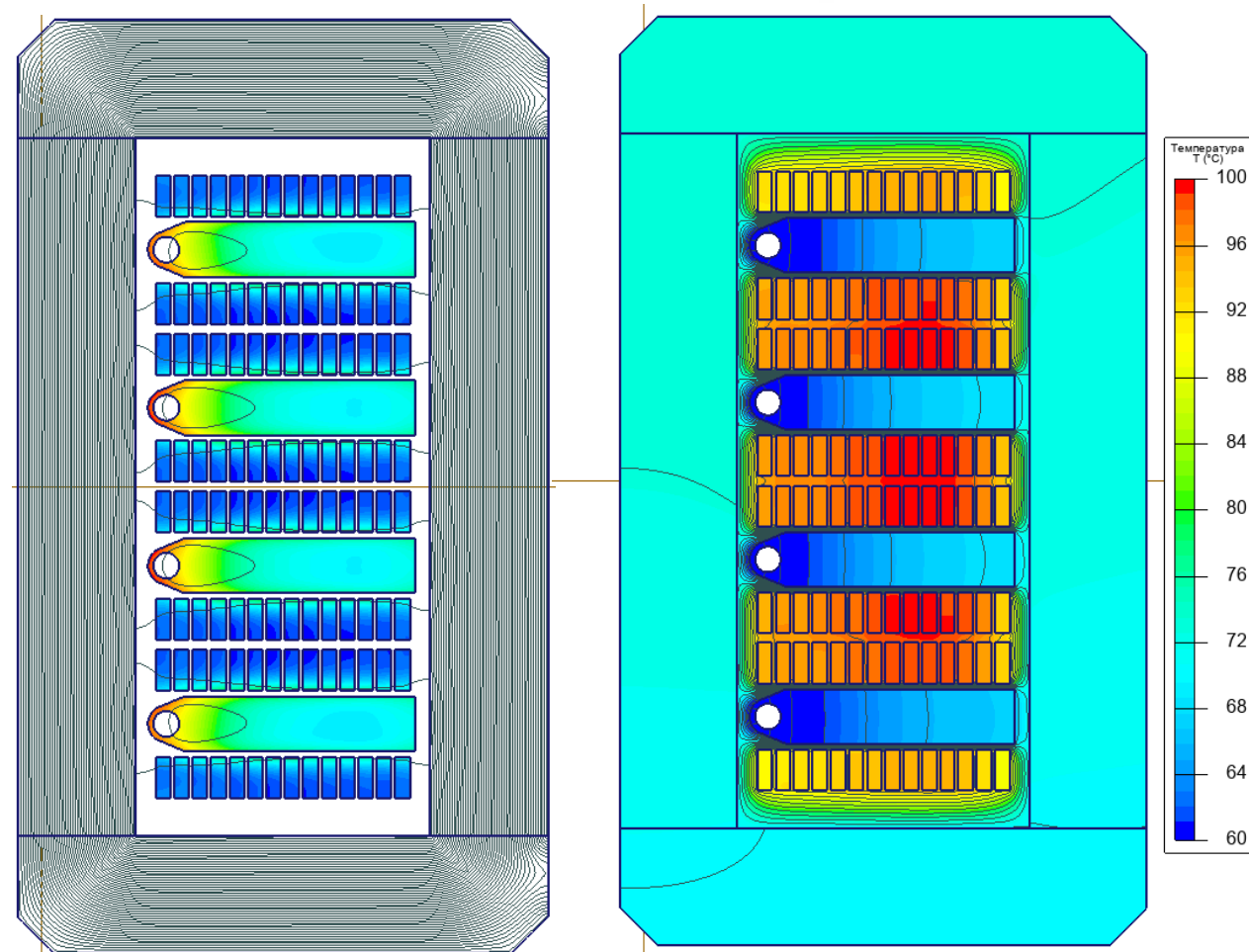
30 ОКТЯБРЯ

МОСКВА

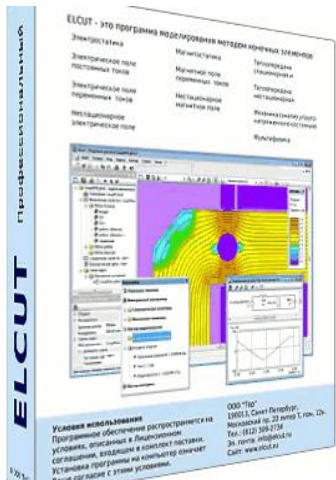


ELCUT – это:

уравнения Максвелла +
метод конечных элементов +
креативный GUI +
объектный API +
30 лет развития



Особенности ELCUT



Компания одного продукта: коробочный продукт с полки.

- Статический анализ,
- Анализ в частотной области,
- Нестационарные задачи.
- Мультифизические связи, цепно-полевые задачи,
- Открытый программный интерфейс (API) на базе COM,
- Преимущественно двумерный анализ,
- Постепенный переход к 3d анализу.

Ниша ELCUT

1. ELCUT – продукт для инженера-проектировщика, неспециалиста в CAE.
2. ELCUT незаменим, когда время от времени требуется получить быструю оценку параметров или осуществимости конструкции, не прибегая к специалистам по моделированию.
В этом качестве ELCUT на предприятии отлично сосуществует с Ansys.
3. ELCUT – лучший выбор для первого знакомства с CAE, особенно для студентов.

Пользователи ELCUT

Электротехника

- Электрические машины
- Трансформаторы
- Электрические аппараты
- Электромагниты привод. механизмы
- Магнитные муфты
- Проектирование ВЛ, КЛ и подстанций (электромагн. экология)
- Электромагнитный и температурный режим подземных кабельных линий
- Неразрушающий контроль (NDT)
- Электрообогрев трубопроводов, полов, водостоков и т.п.
- Индукционный нагрев заготовок
- Индуктивность и емкость дорожек печатной платы, проводов ЛЭП, кабелей и т.п.

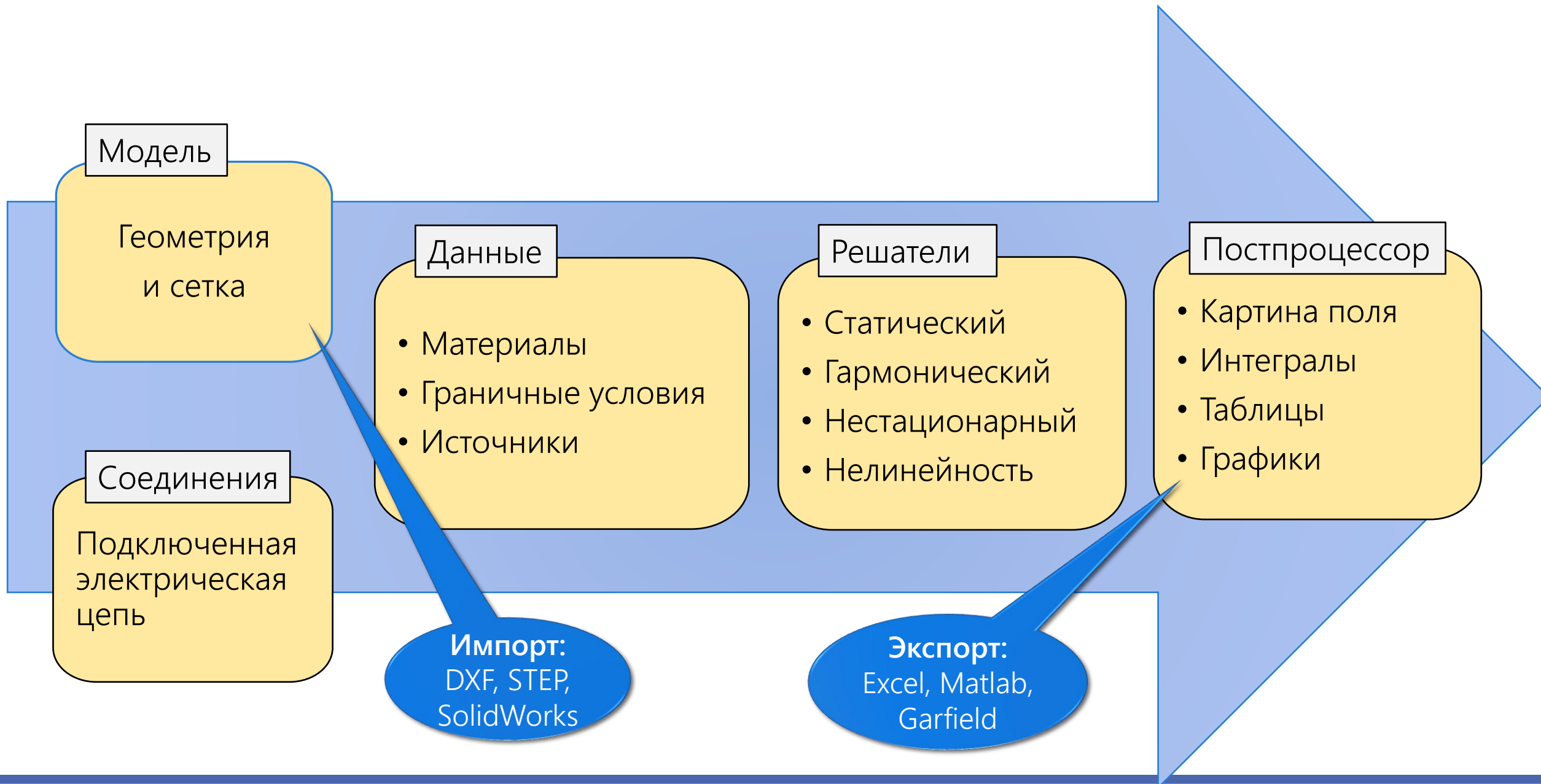
Строительная теплофизика

- Теплозащита ограждающих конструкций зданий с тепловыми неоднородностями по СП 50.13330.2021
- Расчет теплового режима малозаглубленных и утепленных фундаментов
- Огнезащита ж/б и стальных конструкций
- Технология строительства (бетонирование с электроподогревом)

Университеты:

- Общая и теоретическая электротехника
- Электропривод, энергетические сети и системы, электроаппараты
- Строительная физика, технология строительного производства
- Теоретическая теплотехника
- Общая физика

Функциональные подсистемы ELCUT



Пример мультифизического анализа: Сварочный трансформатор*

Трансформатор для морской машины контактной сварки трубопроводов высокого давления.
Завод ПсковЭлектросвар

Особенности:

1. Рабочий режим близок к КЗ;
2. Необходимо низкая индуктивность рассеяния;
3. Повторно-кратковременная нагрузка;
4. Ограниченный габарит;

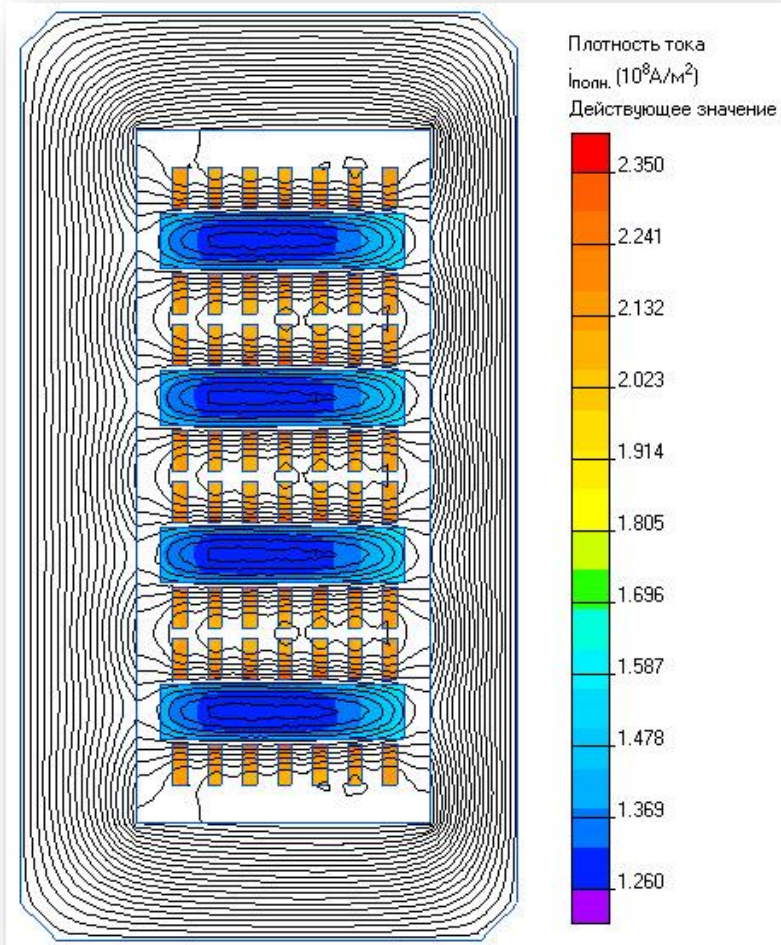


*Сахно Л.И., Сахно О.И., Дубицкий С.Д., Вальков В.В., Зарываев Р.Г. Использование метода конечных элементов для комплексного расчета трансформаторов машин контактной сварки. – Сварочное производство 1(974), янв. 2016, с. 16-22

Мультифизическая цепочка задач

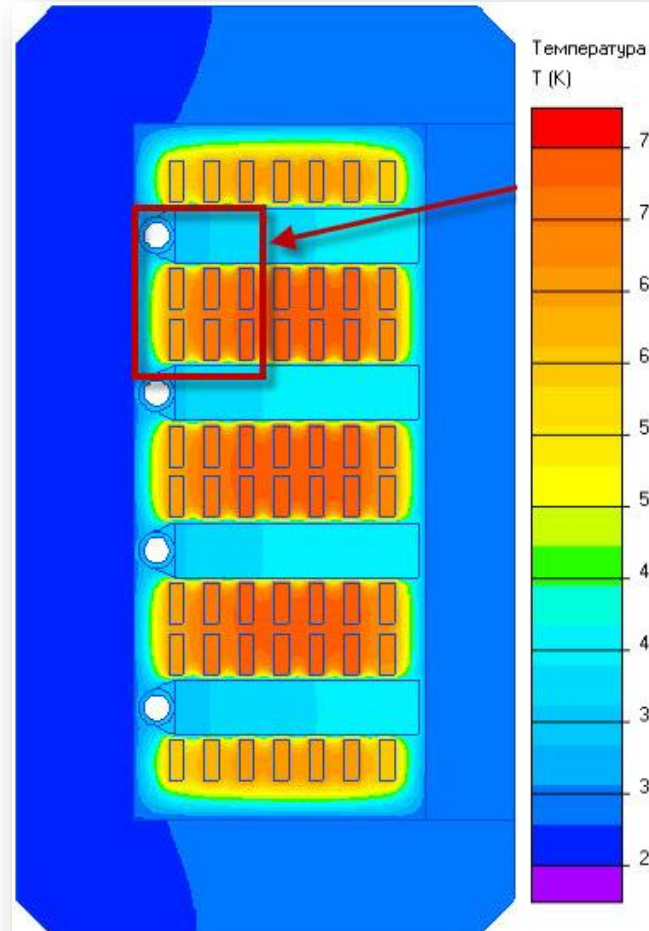
1. Электромагнитный анализ

$$\operatorname{div}\left(\frac{1}{\mu} \operatorname{rot} \vec{A}\right) = -\vec{j}_{\text{extern}} + j \omega \sigma \cdot \vec{A}$$



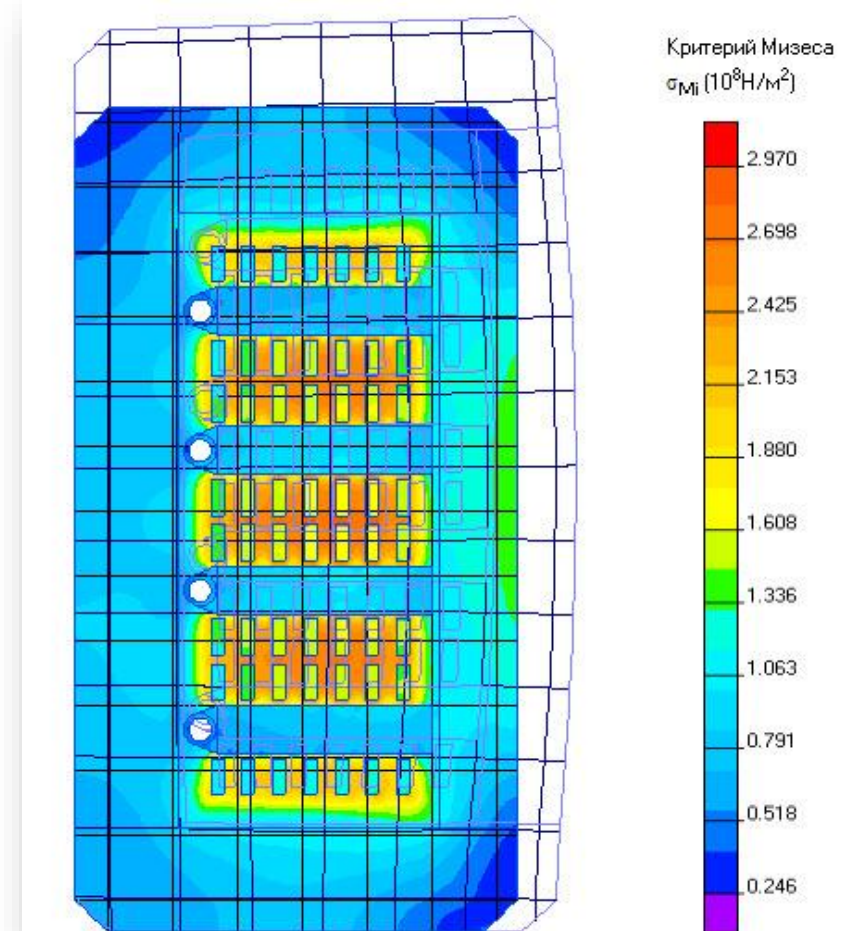
2. Температурный анализ

$$\operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} \theta) = q$$

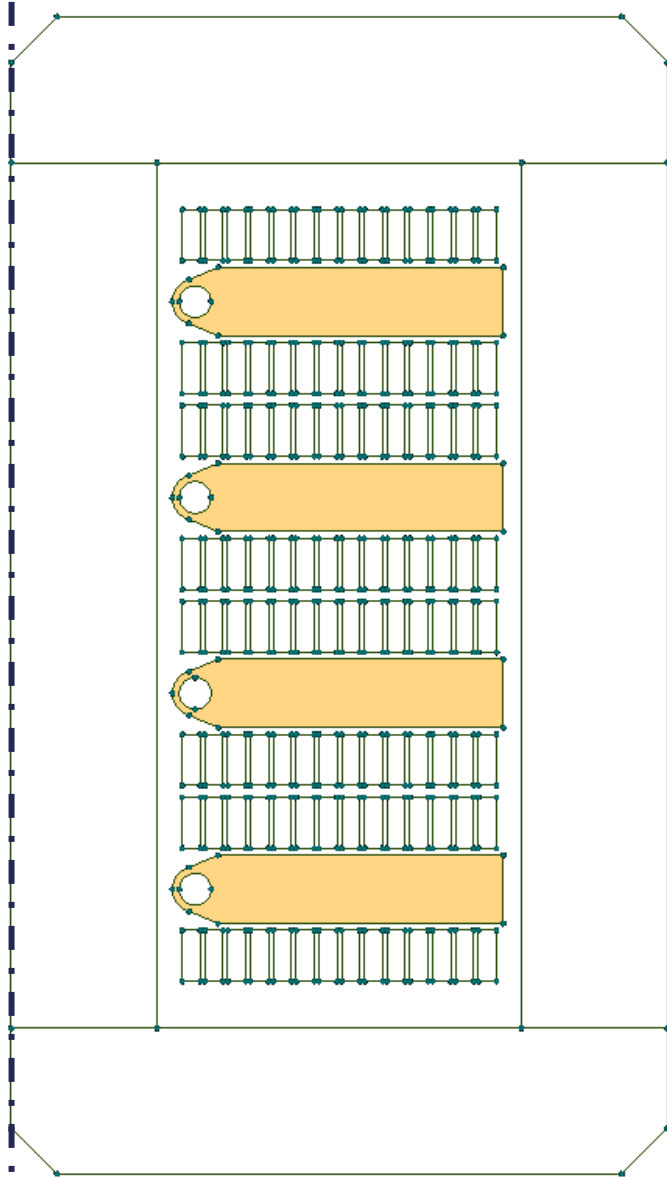


3. Прочностной анализ

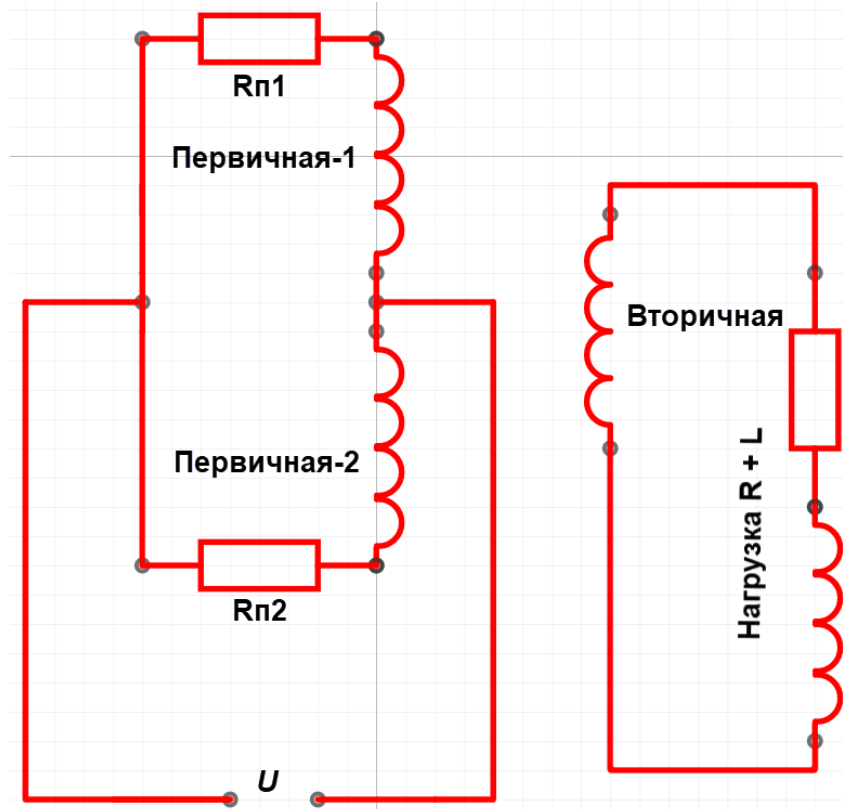
$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = -f_x \\ \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} = -f_y \end{cases}$$



Постановка задачи



1. Геометрия активного окна трансформатора
2. Стальной магнитопровод
3. Первичная обмотка – первая параллельная ветвь, 56 витков
4. Первичная обмотка – вторая параллельная ветвь, 56 витков
5. Вторичная обмотка: 4 медных диска, соединенных параллельно



- К первичной обмотке приложено напряжение источника $U=200\text{ В}, 50\text{ Гц}$.
- Лобовые части первичной обмотки промоделированы их активным сопротивлением $R_{п1}$ и $R_{п2}$.
- Вторичная обмотка замкнута на сварочную нагрузку, для которой имеется оценка активного R и индуктивного ωL сопротивления.

Электромагнитное поле

Настройки

Силловые линии

Показывать	Да
При фазе + 90°	Нет
Шаг, Вб/м	0.000038
База, Вб/м	Полушаг

Векторы

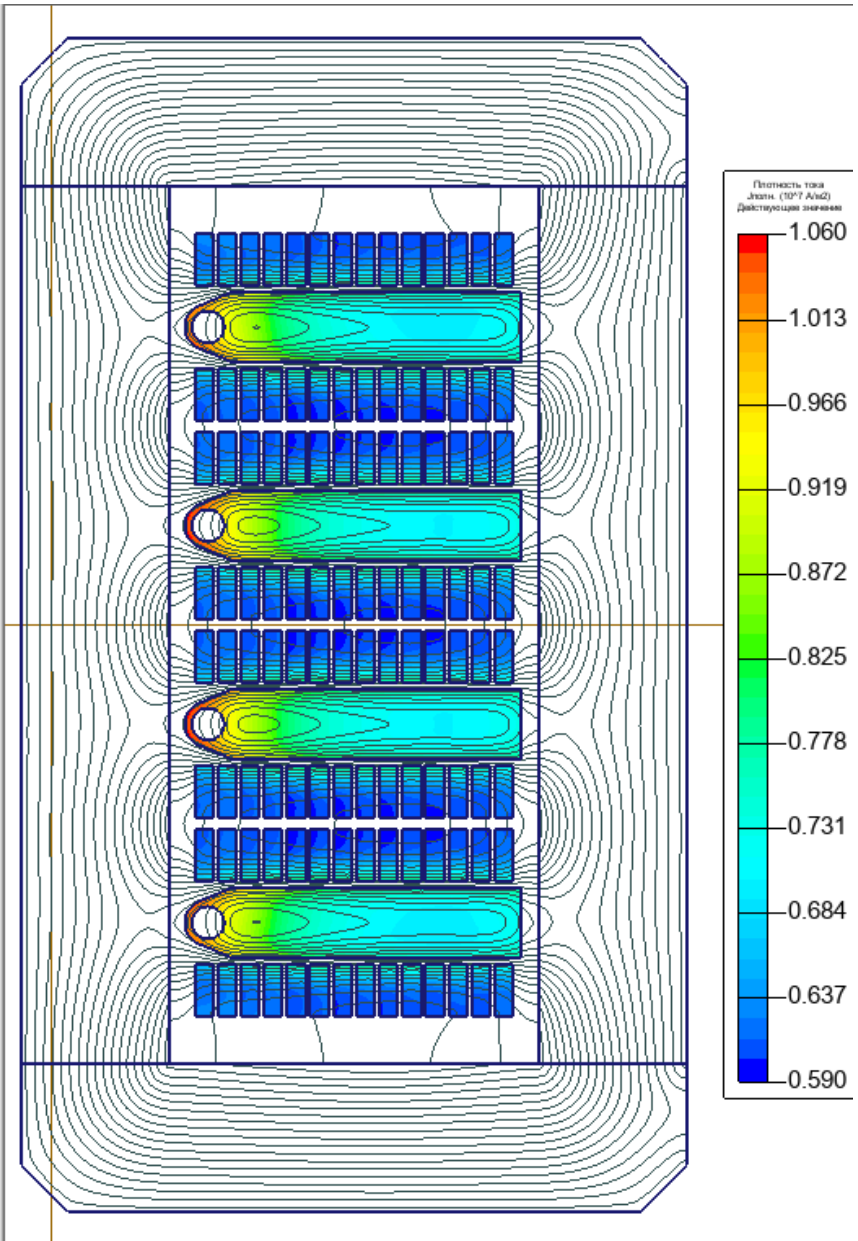
Цветная карта

Показывать	Да
Величина	Плотность тока $J_{\text{полн}}$
Диапазон	5900000, 10600000
Число цветов	42
Шкала	Да

Конечные элементы

Настр... Локал... Интег... Импе...

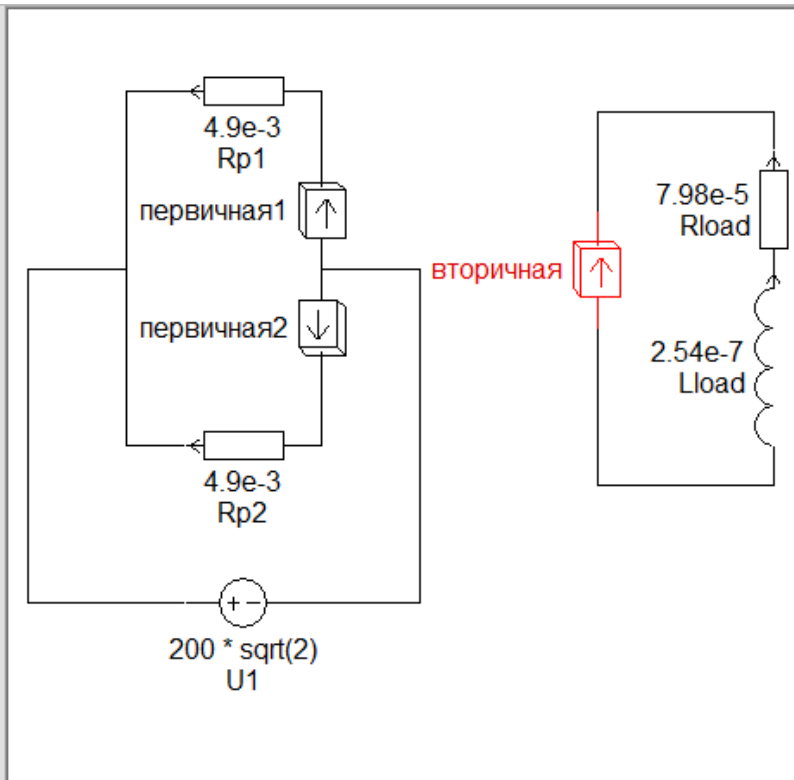
Магнитное поле
и плотность тока



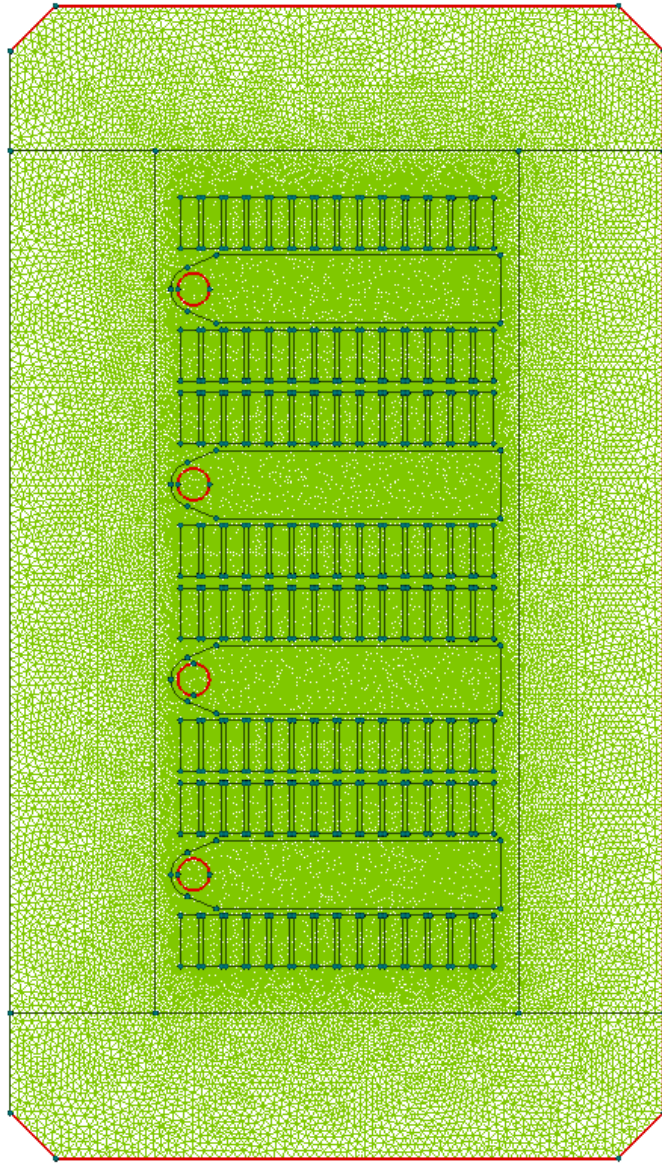
Элементы цепи

- Load
- Rload
- Rp1
- Rp2
- U1
- вторичная
 - Ток I = 30785 A
 - Напряжение U = 3.4742 В
- первичная1
 - Ток I = 276.29 A
 - Напряжение U = 199.05 В
- первичная2
 - Ток I = 279.86 A
 - Напряжение U = 199.03 В

Цепная часть постпроцессора –
токи и напряжения элементов цепи



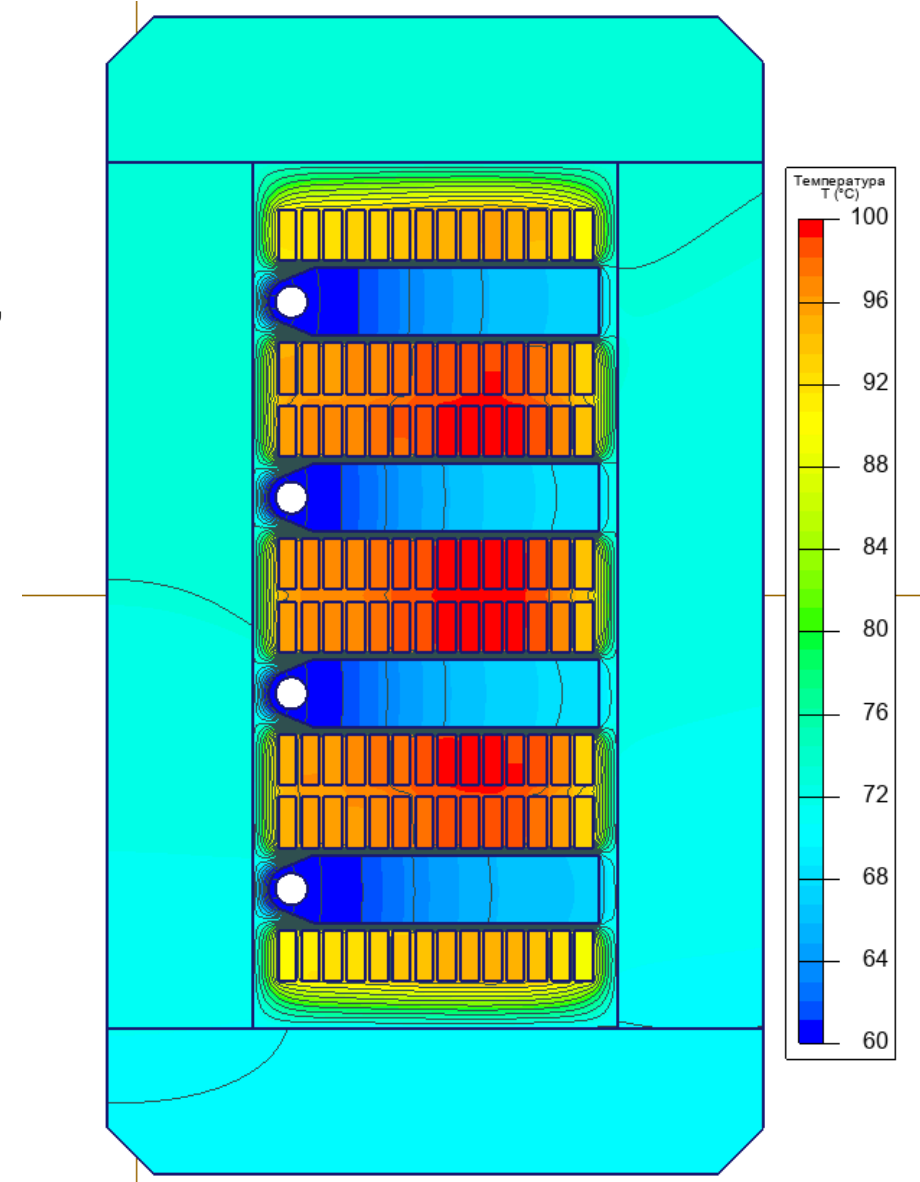
Температурное поле



С учетом источников тепловыделения, рассчитанных в электромагнитной задаче,
И граничных условий теплообмена (на границах, выделенных **красным цветом**),
Рассчитано температурное поле в активной зоне трансформатора.

Это установившееся температурное поле, которое наблюдается при длительном нагреве в ходе испытаний.

Реальный рабочий цикл машины контактной сварки состоит из повторяющихся циклов нагрева/остывания.
Для их анализа применяется нестационарный температурный расчет.

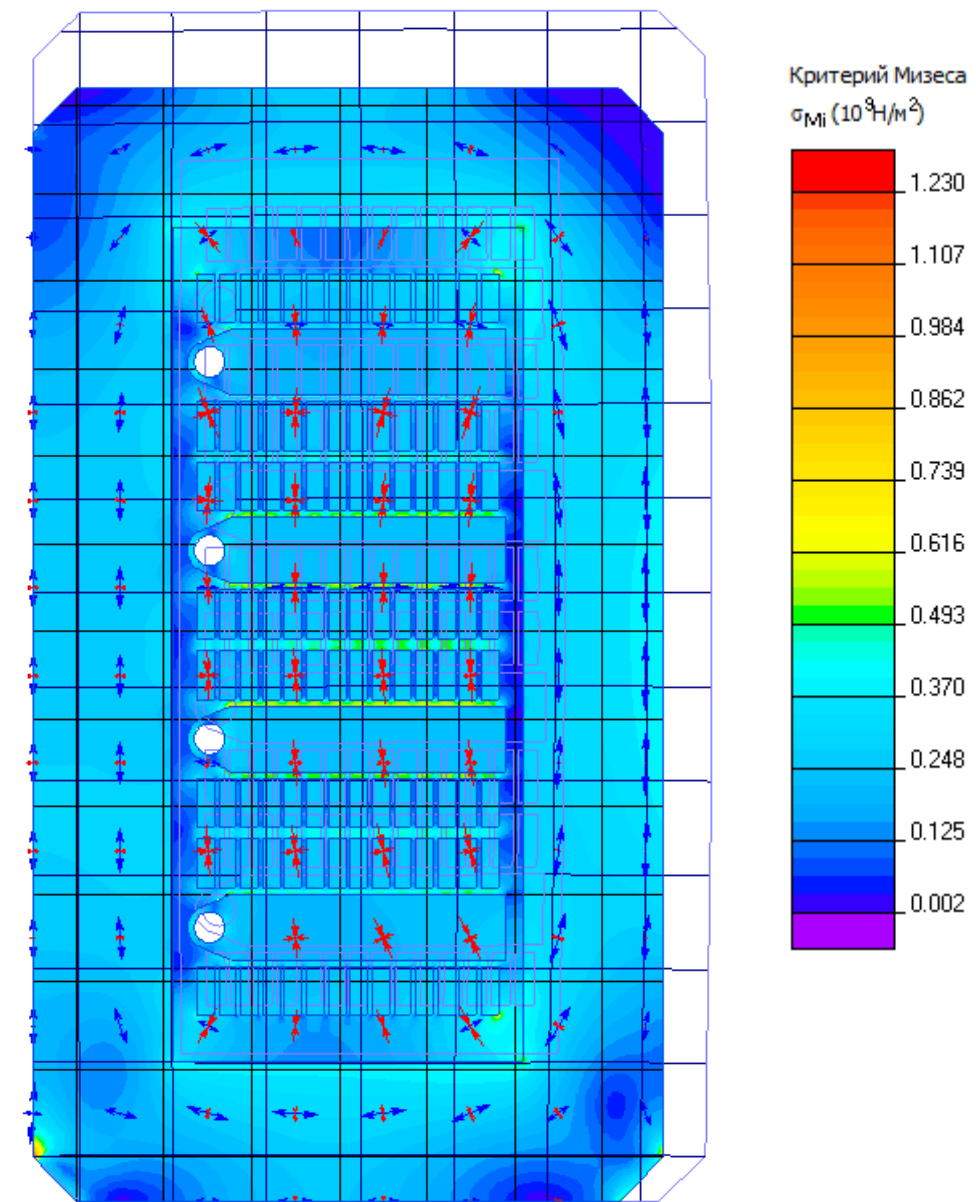


Плоско-напряженное деформированное состояние

С учетом импортированной из электромагнитной задачи плотности сил магнитного тяжения, и импортированного из тепловой задачи температурного поля, рассчитано напряженно-деформированное состояние в активной зоне трансформатора.

Расчет проводится с целью проверки стойкости эпоксидного компаунда, которым заполнено активное окно, к периодически изменяющемуся с частотой $2f = 100 \text{ Гц}$ нагружению со стороны магнитного поля.

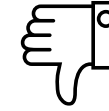
На рисунке показана измененная форма тел, цветная карта напряжения фон Мизеса и стрелочками – главные напряжения (**красные** – сжатие, **синие** – растяжение)



Плюсы и минусы ELCUT



- Научиться легко (2-3 учебных пар достаточно для приобретения базовых навыков)
- В 2d-расчетах практически полный комплект постановок задач, включая цепно-полевые и мультифизические задачи
- Хорошие сетки, гибкое управление, адаптивное сгущение сетки, быстрый решатель
- Максимально полный постпроцессор с вычислением нужных локальных и интегральных величин
- Большое количество примеров, видеороликов, статей



- Недостаточно 3d-формулировок задач (только тепло и электростатика)
- Трудности при импорте 3d-геометрии (только рудиментарное лечение импортируемых CAD-моделей)
- Мультифизика только в 2d, только последовательная
- В цепях нет ключевых элементов (полупроводников)
- У многожильных проводников (без вихревых токов) источником может быть только ток, не напряжение
- Не учитывается ЭДС движения
- Нет специального модуля для электрических машин
- Слабая параметризация, нет макрорекордера

Контакты

- Бесплатную Студенческую версию ELCUT для просмотра примеров и первого знакомства можно загрузить здесь: elcut.ru/free_soft_r.htm
- Связаться с докладчиком: simon.dubitsky@elcut.ru
- Запросить ознакомительную лицензию на 1 месяц: elcut.ru/eval
- Калькулятор цены и форма заказа: elcut.ru/order/order_r.htm
- ELCUT включен в реестр российского программного обеспечения за №4468 от 16.04.2018 по классам:
 - 08.05 Средства инженерного анализа (CAE);
 - 10.03 Средства математического и имитационного моделирования

Искренне ваш

