6. Углубленные сведения о подготовке модели

6.1. Экспорт и импорт геометрии

\delta Elcut -	[соленоид	ą.mo	d]						
<u></u> дайл	Правка р	<u>В</u> ид	<u>З</u> адача	<u>С</u> ервис	<u>О</u> кна	2			
	дать			Ctrl	+N	8 9			
<u> </u>	крыть			Ctrl	+0				
<u>З</u> ак	рыть								
Coz	фанить			Ctrl	+S		7		dvf
Cox	кранить к <u>а</u> к							7	UAI
Cox	оанить все	: фай	пы задачи	1			/	\checkmark	
Отг	править зал	ачу г	почтой			(•	
Имг	юрт <u>D</u> XF								
Экс	пор <u>т</u> модел	и							
<u> </u>	порт карти:	нки	•				To	очка	
				Ctrl	+P	I			
							Pe	ебро	•
							Л	VLA	
								yr u mywu (ОСТИ
							Or	грумп	

6.1. Экспорт и импорт геометрии

Модель сохраненая в DXF файле:



Замечание: в DXF файле не хранятся единицы длины. При импорте следует заранее позаботиться, чтобы модель ELCUT была с правильными единицами длины.





<u> Practice/6.1_импорт_модели/импорт метры.pbm</u>

6.1. Экспорт и импорт геометрии





<u>Practice/6.1_модель_для_экспорта/модель_для_экспорта.mod</u>

Помните, что только макро объекты импортируются в ELCUT. Сетку ELCUT будет строить сам.

Метод конечных элементов основан на разбиении области расчета на маленькие кусочки простой формы. В ELCUT область разбивается на треугольники.



Густота сетки контролируется при помощи шагов дискретизации, выставляемых в вершинах.



6.2. Ручная генерация сетки

Если в модели задан только один ручной шаг, то сетка будет однородной, с примерно одинаковыми размерами треугольников.



6.2. Ручная генерация сетки

Ручные шаги отображаются как малиновые кружочки вокруг вершин. Размер кружочка соответствует величине заданного шага.



Каждая область (блок) разбивается на меньшие подобласти для построения сетки.



Сетка конечных элементов состоит из треугольников и строится последовательно в каждой из маленьких подобластей.



Однородная сетка

Неоднородная сетка





Сетка настроенная вручную, для расчета задачи вихревых токов.



Сетка настроенная вручную для моделирования электрической машины.



Использование вспомогательных ребер для улучшения сетки





Разрежьте узкие длинные блоки на более короткие части, чтобы уменьшить время построения сетки



6.2. Ручная генерация сетки. Пример

2-слойный индуктор





6.3. Автоматическое улучшение сетки

Задача> Решить с уточнением.

Решение с улучшением сетки	×
Задача соленоид.pbm, которую Вы собираетесь решить, уже имеет решение.	
Выберите, что Вы хотите сделать:	
С <u>Р</u> ешить задачу еще раз	
Улучшить сетку на базе старого решения	
Параметры улучшения сетки	
Мин. кол-во итераций:	
Макс. кол-во итераций:	
Сейчас сетка содержит 277 узлов	
Оцените достаточное число <u>уз</u> лов сетки или введите ноль, чтобы оставить решение за ELCUT:	
ОК Отмена <u>С</u> правка	

Исходная задача

После

улучшения







Practice/6.3 автоматическое улучшение сетки/



7.1. Использование библиотек



R

<u>Practice/7.1_библиотеки_данных/магнит.pbm</u> материалы

7.2. Сплайны и функции













8.1. Использование контуров для вычисления интегралов

Под Контуром в терминологии ELCUT мы понимаем направленную линию, состоящую из прямых отрезков и дуг (включая ребра модели). Контура используются для генерации и показа графиков, таблиц, а также для вычисления поверхностных и объемных интегралов.



В плоско-параллельной модели контур определяет цилиндрическую (в общем смысле) поверхность бесконечной глубины, или объем этого цилиндра вычисления объемного интеграла. Соответственно, в *плоско параллельных формулировках поверхностные и объемные интегралы вычисляется на единицы длины*. В осесимметричных случаях контур определяет поверхность тороида, или тороид для объемных интегралов.





8.1. Использование контуров для вычисления интегралов

Положительное направление контура – против часовой стрелки. Постпроцессор ELCUT выделяет цветом замкнутые контура с положительным направлением обхода.



•Для вычисления объемных интегралов – область интегрирование берется слева от контура .

•Для поверхностных интегралов положительный вектор нормали к поверхности указывает направо относительно направления обхода.

•На графиках или при вычислении интегралов, если значения слева или справа от контура различаются – берется правое значение.

8.1. Использование контуров для вычисления интегралов



8.2. Сохранение и восстановление статуса постпроцессора

ELCUT позволяет сохранять настройки окна результатов. Настройки хранятся в файле состояния .SST. Можно иметь несколько файлов состояния для одной задачи.

файл состояния зазор.sst

файл состояния момент.sst







8.3. Анализатор гармоник

Анализатор гармоник – это утилита для вычисления и просмотра разложения в ряд Фурье (фазы и амплитуды для каждой гармоники). Эта утилита работает с распределением полевых величин вдоль контура.



Анализатор Гармоник может быть запущен из меню Вид в окне анализа результатов, после того как контур задан.

8.3. Анализатор гармоник



8.3. Анализатор гармоник

Распределение магнитного поля в зазоре электрической машины.





<u>Practice/8.4_анализ_гармоник/двигатель.pbm</u> (с файлом состояния контур.sst)

8.4. Экспорт результатов

Результаты полученные в ELCUT можно экспортировать для использования в других приложениях.

Распределение поля можно экспортировать в текстовый файл (например, для анализа в MATLAB).



8.4. Экспорт результатов

Полевые величины экспортируется в текстовый файл фиксированного формата. Полевые величины выводятся в файл узлах сетки. Саму сетку тоже можно экспортировать в файл.



8.4. Экспорт результатов

Практика:

- 1. Экспортировать распределение тепловыделения вдоль поверхности трубы.
- 2. Экспортировать распределение токов в трубе (область (0, 20) (250, 22) мм) в узлах сетки конечных элементов.
- 3. Экспортировать распределение токов в трубе (область (0, 20) (250, 22) мм) в узлах прямоугольной сетки с шагом 1 мм.





<u>Practice/8.2_экспорт_поля/индукционный нагрев2.pbm</u>

9. Мастера параметров

Общеупотребительные характеристики вычисляются в ELCUT с помощью мастеров:



9. Мастера параметров

Чтобы запустить мастер выберите пункт Мастер... в меню Вид, или дважды щелкните имя мастера в окне интегрального калькулятор.

В окне интегрального калькулятора можно также видеть все промежуточные величины, используемые для расчета. Дважды щелкнув по величине можно быстро перейти к нужной странице мастера.



9. Мастера параметров

Вычислите емкость провода используя Мастер Емкости (меню Вид в окне анализа результатов).





<u>Practice/4.5_npoвod/npoвod.pbm</u> (с файлом состояния контур.sst)

<u>Practice/4.5_провод_густая_сетка/провод.pbm</u> (с файлом состояния контур.sst)

10. Надстройки. Вычисление матрицы емкостей

$$q1 = c_{11} \cdot (U1 - 0) + c_{12} \cdot (U1 - U2) + \dots + c_{1n} \cdot (U1 - Un)$$

$$q2 = c_{21} \cdot (U2 - U1) + c_{22} \cdot (U2 - 0) + \dots + c_{2n} \cdot (U2 - Un)$$

.....

$$qn = c_{n1} \cdot (Un - U1) + c_{n2} \cdot (Un - U2) + \dots + c_{nn} \cdot (Un - 0)$$



10. Надстройки. Вычисление матрицы емкостей

Вычислите матрицу емкостей для задачи 4-х жильного кабеля





11.1. Параметрический анализ с LabelMover



11.1. Параметрический анализ с LabelMover

Практика:посчитать момент двигателя для различных положений ротора

Откройте задачу по ссылке и запустите LabelMover.



<u>Practice/5.3_LabelMover/двигатель.pbm</u>



- 1. Нажмите кнопку Задать значения
- 2. Создайте составной контур из меток "магнит" и "ротор" и укажите, что хотите посчитать Вращающий момент.





X

11.1. Параметрический анализ с LabelMover

- 3. Нажмите кнопку Записать шаги
- 4. Выберите объекты составляющие ротор (метки *магнит* и *ротор*)
- Укажите тип шага Перемещение, и введите шаг 20 градусов, как показано на картинке.
- 6. Нажмите кнопку **ОК** и ELCUT сделает задачу соответствующую этому шагу.
- 7. Затем нажмите кнопку Закрыть.
- 8. Щелкните правой кнопкой по имени шага и в контекстном меню выберите Изменить.
- 9. В появившемся диалоге укажите число повторении 17. И нажмите кнопку **ОК**.





- 10. Затем нажмите кнопку Получить результаты. LabelMover решит серию задач.
- 11. Вы можете посмотреть результаты в закладке График.

11. Статистический анализ с LabelMover

Вдобавок к серийным расчетам, LabelMover также может выполнять статистические расчеты.

🕦 ELCUT LabelMover 2.1 - [motor.qta]	
<u>Ф</u> айл Правка <u>В</u> ид <u>?</u>	
Начало Значения Допуски Результаты	График Стат 🔸 🕨
Номинал = 0.57036 Среднее значение = 0.56 Макс. отклонение = 0.083702 Станд. отклонение = 0.0	5727 Задать значения
Систограмма Значение: Maxwell torque for copper	Задать допуски Получить результаты Испытаний: 50 • Посмотреть модель Картина поля Контуры
Для получения справки нажмите клавишу F1	1.

11. Статистический анализ с LabelMover

Практика: оценить влияние положения ротора на момент двигателя

Откройте задачу по ссылке и запустите LabelMover.



Practice/5.4_статистический_анализ/асинхронный.pbm



- 1. Нажмите кнопку Задать значения
- 2. Создайте составной контур из меток "вал", "медь", "ротор" и укажите, что хотите посчитать полный вращающий момент.



5.4.3. Статистический анализ с LabelMover

- 3. Нажмите кнопку Задать допуски
- 4. Выберите объекты, которые представляют ротор (метки "вал", "ротор" и "медь")
- 5. Укажите тип допуска "Допуск для геометрии" и укажите случайное изменение положения в пределах 0.5 мм.
- 6. Нажмите кнопку **Добавить**. LabelMover добавит допуск к списку допусков.
- 7. Укажите число испытаний

	<u></u>
Гра	юфик Стат <u>ФР</u>
	Задать значения
	Задать допуски
	Получить результаты
	Испытаний: 10 💌

Merry	-
<u>Метки:</u> Вал Вал Воздух Медь ротор Метки ребер Метки ребер Метки ребер Метки вершин Метки вершин Метки вершин	_ <u>I</u> ип: Допуск для геометрии Метод Перенос ↓ В случайном направлении ○ Поворот ○ Масштабирование Макс. смещение dr= 0.5
Описание:	
Перемещение в случайном на Вы должны задать максимал	аправлении на случайное расстояние. ьное расстояние.

- 8. Затем нажмите кнопку **Получить результаты**. LabelMover решит серию задач и выполнит статистический анализ.
- 9. Вы можете посмотреть результаты в закладке График и Статистика.

5.5.1. Оптимизация с LabelMover

LabelMover также может выполнять оптимизацию.

- •Для многомерной оптимизации метод Нелдера-Мида (Nelder-Mead method).
- •Для одномерной оптимизации используется метод Брендта (Brent method).

🕦 ELCUT LabelMover 2	2.1 - [Оптимизация1]		_ 🗆 🗵	
<u>Ф</u> айл Правка <u>В</u> ид <u>И</u>	<u>1</u> нструменты <u>?</u>			
🗅 🚅 🖬 🗎 👔				
Начало	Значения 📔 Параметры	Результаты	График	
Последовательные ра	счеты Статистический ана	лив Оптимизация	Задать цель / знач	
Вы работаете	е с подсистемой оптимизац	ни .	Задать <u>п</u> араметры	
Для знакомства с ее возможностями:				
• Нажмите Исходная задача и выберите задачу, которую вы				
хотите исследовать. • Нажмите Задать цель / знач и задайте значение, которое вы				
 хотите оптимизировать. Нажмите Задать параметры и определите пространство 				
поиска. В качестве параметра вы можете задать любое возможное изменение геометрии или физических свойств				
• Нажмите Полицит	ь першиктаты утобы науат	ь помек		
Исходная <u>з</u> адача:		Исходная задача		
Для получения справки нажмите клавишу F1 ///				

ActiveField и его приложения

5.5.2. Оптимизация с LabelMover

Практика: изменить толщину стенки магнитопровода так, чтобы сила, действующая на боёк, была максимальной

Откройте задачу по ссылке и запустите LabelMover.



Practice\5.5_оптимизация\электромагнит.pbm





- 1. Нажмите кнопку Задать цель/значения
- 2. Выберите **боёк**, и укажите, что хотите посчитать *минимальную* силу вдоль оси *х* (боёк втягивается).



ActiveField и его приложения

5.5.3. Оптимизация с LabelMover

- 3. Нажмите кнопку Задать параметры
- 4. Выберите объекты, которые можно перемещать (метка "стенка").
- Укажите тип изменений "Изменение геометрии" и метод – Перенос. Стенку можно двигать вверх пределах 3 см.
- 6. Нажмите кнопку **ОК**. LabelMover добавит параметр оптимизации.
- 7. Укажите максимальное число шагов оптимизации.

Г	рафик
	Задать цель/значения
	Задать <u>п</u> араметры
	Получить результаты
	Шагов <= 10 💌

Параметры изменения	1
Метки блоков боёк воздух обмотка сердечник метки ребер Стенка Метки вершин (нет)	ип: Изменение геометрии Метод © Перенос В любом направлении © Поворот Макс. смещение dx1= 0 dy1= 0 dy2= 3
Описание:	
Задайте (dx1,dy1) и (dx2,dy2). В вектора на отрезке между (dx	озможные перемещения - это все 1,dy1) и (dx2,dy2).
	<u>О</u> К Отмена

- 8. Затем нажмите кнопку **Получить результаты**. LabelMover решит серию задач и предоставит вам оптимизированное значение параметра
- 9. Чтобы посмотреть модель дважды щелкните в строке с минимальным параметром.

12. ActiveField и его приложения

5.1. Что такое ActiveField





Movies/afield.exe



Practice/5.1_activefield/Cable.doc

6. Заключительные комментарии

Тот факт, что мы – разработчики – имеем доступ к исходным текстам ELCUT и знаем, что происходит под капотом, не дает существенных преимуществ. Программа предоставляет один и тот же интерфейс и выдает одни и те же результаты для любого пользователя, будь он клиентом или разработчиком.