

## Лабораторная работа «Электрическое поле коаксиального кабеля»

Цель работы – Исследовать электрическое поле коаксиального кабеля в системе компьютерного двумерного моделирования электромагнитных полей ELCUT.

### *Загрузка системы моделирования ELCUT 5.2.*

Запуск программы осуществляется из меню **Пуск** (рисунок 1):

**Пуск ► Программы ► TOR Coop ► ELCUT 5.2 ► ELCUT 5.xx Student.**

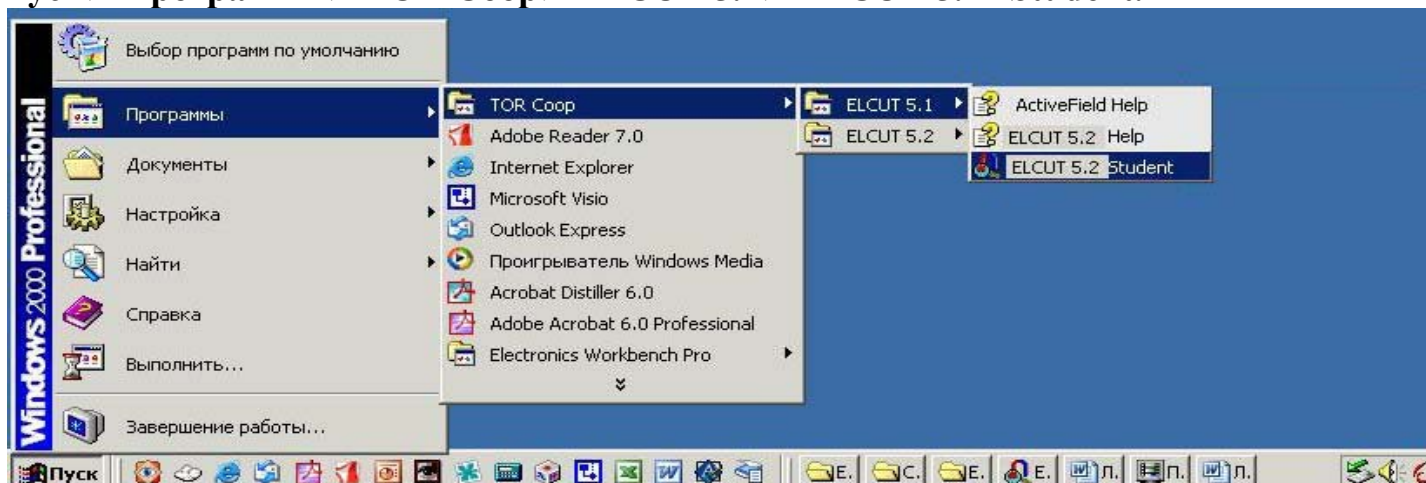


Рисунок 1 - Запуск системы моделирования ELCUT 5.2

После загрузки появится рабочий стол ELCUT (рисунок 2).

### 1 Постановка задачи

1.1 Выбрать в строке меню **Файл/Создать**, а в окне **New - Задача ELCUT/Ok**.

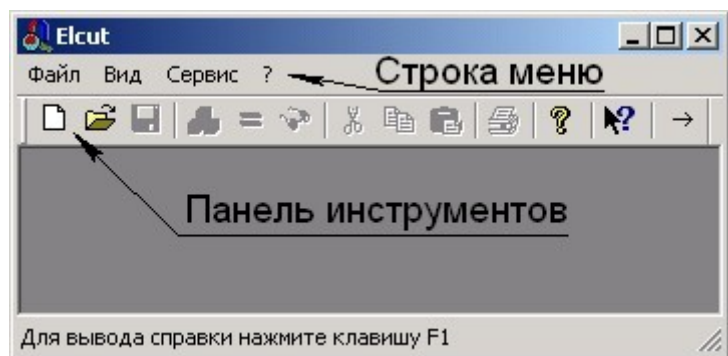


Рисунок 2 - Рабочий стол ELCUT

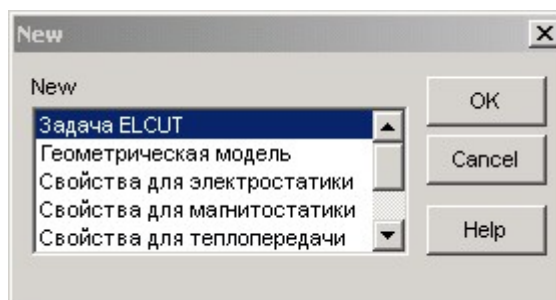


Рисунок 3 – Окно создания новой задачи ELCUT

1.2 В появившемся окне **Создание задачи** (рисунок 4) Задать **Имя файла** по шаблону <Аббревиатура дисциплины>-<лабораторная работа №1> \_<группа>-<вариант>, например: **TOE-LR1\_BAE06-30**.

Для сохранности результатов работы файл задачи следует **Создать в папке на диске WORK (D:)**, разрешенной для сохранения рабочих файлов системным администратором, например, **(D:\BAE-06)**.

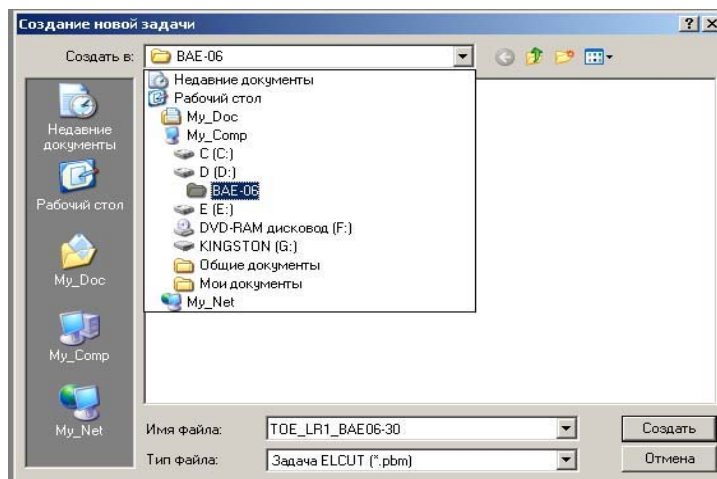
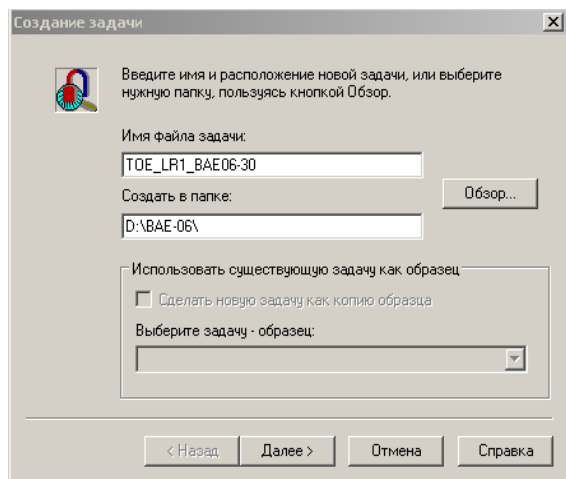


Рисунок 4 – Окно создания задачи Рисунок 5 – Выбор и создание рабочей папки и имени

Открыть и создать папку для результатов работы можно посредством кнопки **Обзор**, щелчок мышки по которой открывает окно выбора и создания рабочей папки – **Создание новой задачи** (рисунок 5).

После выбора папки и имени файла (**Тип файла** должен быть **\*.pbm**) следует нажать в этом окне кнопку **Создать**.

В окне **Создание задачи** (рисунок 4), должны отражаться введенное имя файла (**TOE-LR1\_BAE06-30**) и выбранная папка (**D:\BAE-0633\**).

Если имена файла и папки отражены не правильно, то следует вернуться, выбрав кнопку **<Назад**, а если верно, то щелкнуть по кнопке **Далее>**.

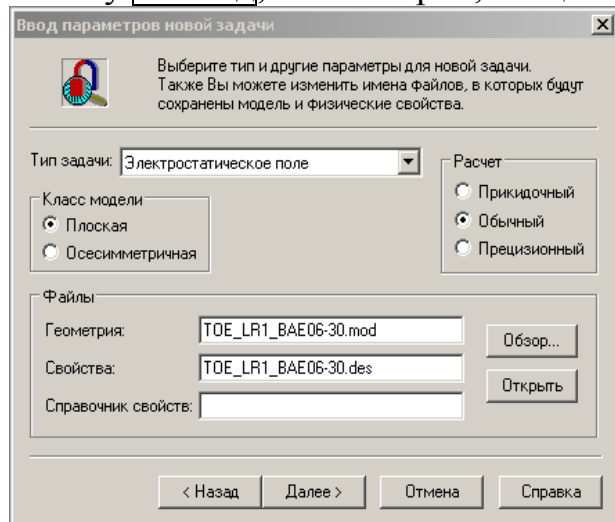


Рисунок 6 – Ввод параметров новой задачи

1.3 В окне **Ввод параметров новой задачи** (рисунок 6) в соответствии с заданием выбрать, например,

**Тип задачи:** **Электростатическое поле**,  
**Класс модели:** **Плоская**,  
**Расчет:** **Обычный**.

При этом в нижней части окна в опции **Файлы** будут приведены имена файлов  
**Геометрия:** **TOE-LR1\_BAE06-30.mod**  
**Свойства:** **TOE-LR1\_BAE06-30.des**.

Если в окне ввода все отражено верно, то изменять здесь что-либо еще не нужно и следует нажать кнопку **Далее>**. В противном случае вернуться **<Назад**.

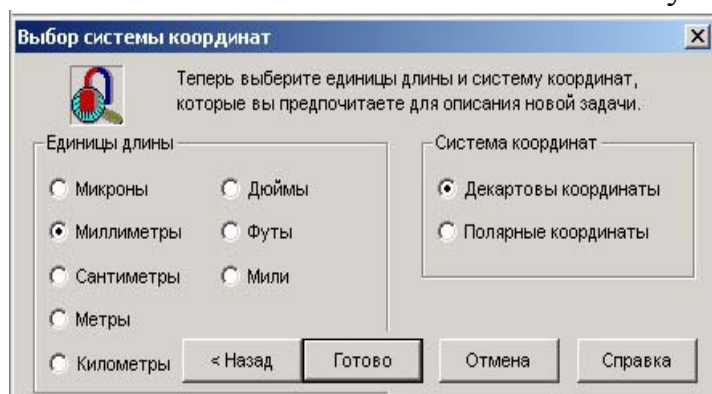


Рисунок 7 – Выбор системы координат

1.4 В окне **Выбор системы координат** в опциях **Единицы длины** и **Система координат** отметить наиболее удобную единицу длины, например, **Миллиметры**, и согласно плоской задаче **Декартовы координаты**. И, если есть уверенность в правильности сделанных выборов, подтвердить **Готово**, а в противном случае вернуться **<Назад** для изменений.



1.5 После щелчка по кнопке **Готово** на панели задач рабочего стола появятся свойства создаваемой задачи (рисунок 8).

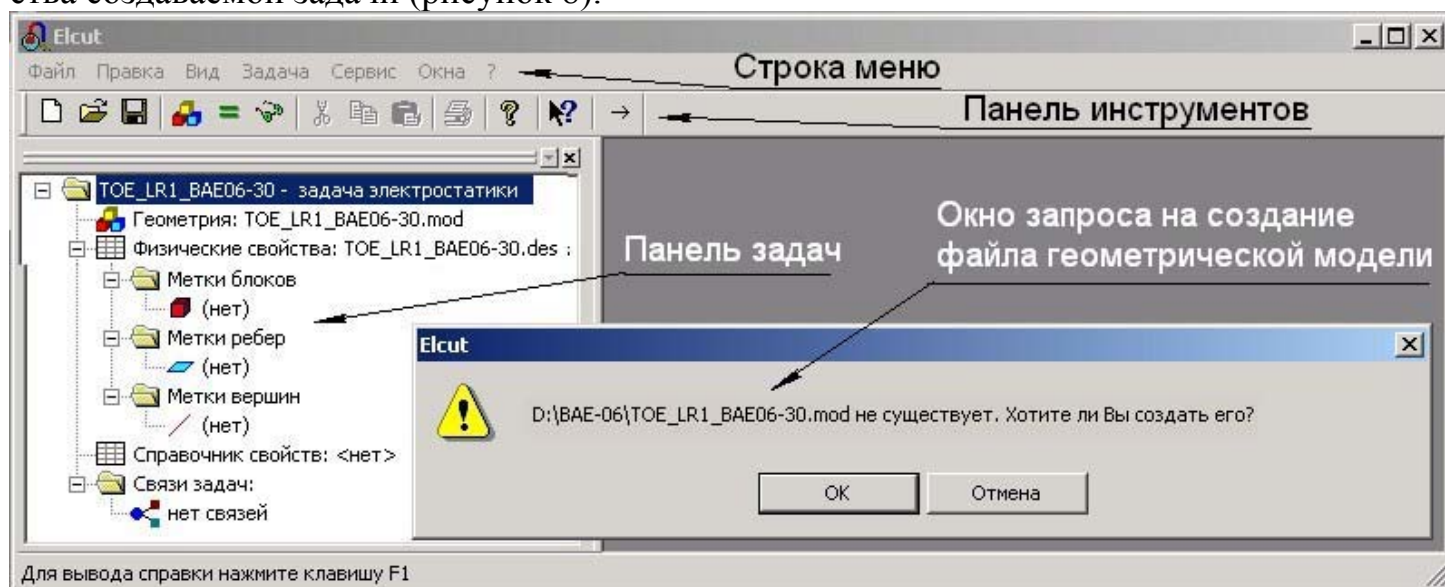


Рисунок 8 – Рабочий стол с панелью задач и окном запроса на создание файла геометрической модели

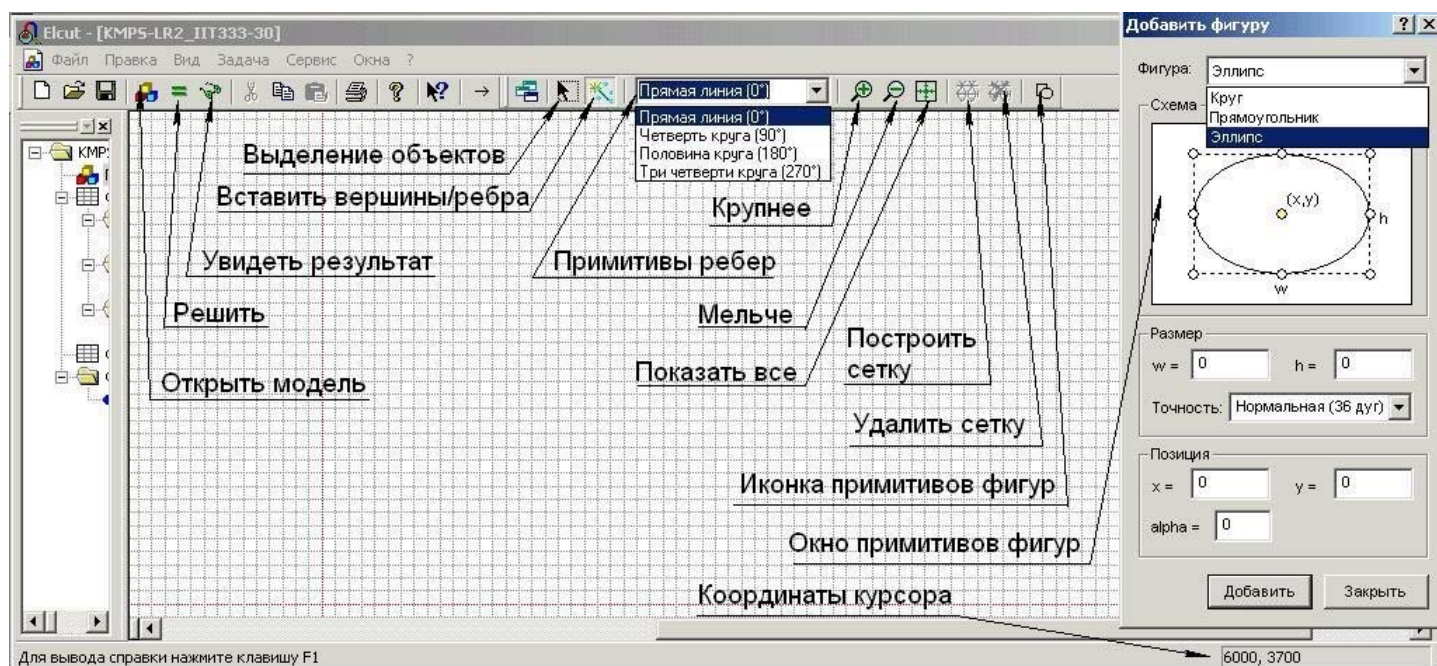


Рисунок 9 – Окно и инструменты геометрической модели

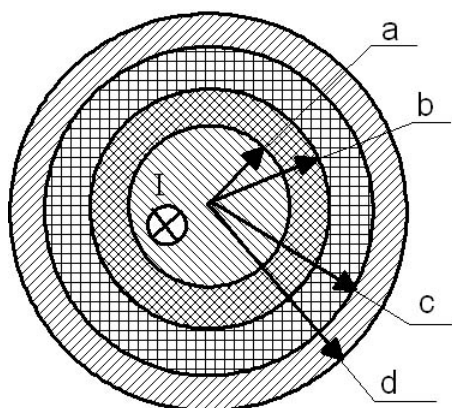


Рисунок 10 - Объект исследования

На панели задач дважды щелкнуть по строке **Геометрия: TOE-LR1\_BAE-30.mod** или выбрать в строке меню: **Правка/Геометрическая модель** и подтвердить кнопкой **Ок** в окошке **Elcut** (рисунок 8) создание файла геометрической модели: **D:\BAE-06\TOE-LR1\_BAE06-30**.

В результате на рабочем столе **ELCUT** появится окно геометрической модели и в панель инструментов добавятся иконки (рисунок 9).

## 2 Построение геометрической модели

2.1 На рисунке 10 приведено поперечное сечение коаксиального кабеля с двухслойной изоляцией, размеры которого приведены в таблице исходных данных.

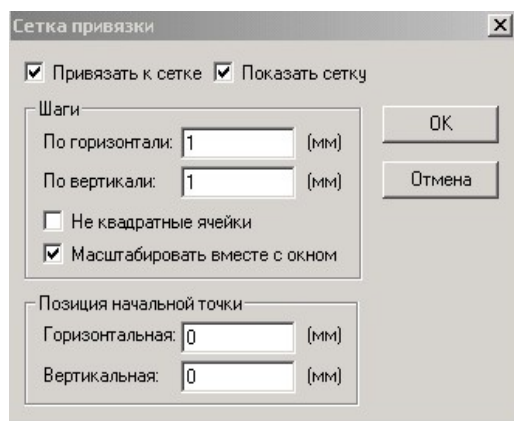






Рисунок 11 – Оптимизация сетки привязки

Если выбрана опция ☒ **Привязать к сетке**, то координаты вершин будут кратны шагам сетки, а для построения координат вершин с координатами, не кратными шагам сетки нужно эту опцию отменить. Точные координаты вершин можно задавать через строку меню: **Правка/Добавить вершины...** . При этом вершины не привязываются к сетке.

Для коаксиального кабеля согласно задания (рисунки 10 и 28) выбраны параметры сетки геометрической модели, показанные на рисунке 11.

2.2 На панели инструментов взять инструмент  - **Вставить Вершины/Рёбра**. Щелкнув по стрелке примитивов ребер  (рисунок 9) выбрать тип ребра (**Прямая линия (0°)**, **Четверть круга (90°)**, **Половина круга (180°)**, **Три четверти круга (270°)**). Целесообразно воспользоваться ребром **Половина круга (180°)**. Поместить указатель (курсор)  в поле чертежа с нужными координатами вершины, которые отображаются в правом нижнем углу строки состояния (рисунок 9), и нажать левую кнопку мыши. Удерживая кнопку мыши, переместить указатель  с вытягиваемой линией (ребром) в конечную точку (вершину) и отпустить кнопку мыши.

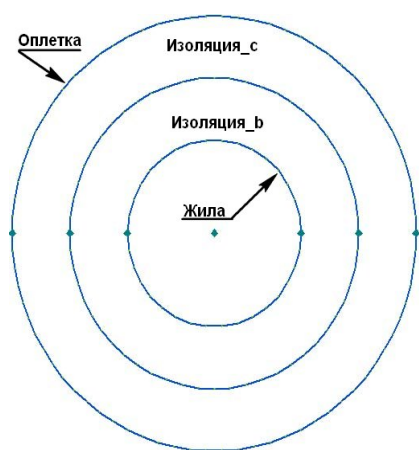



Рисунок 12 – Геометрическая модель

Для точного построения модели следует вводить координаты вершин из строки меню: **Правка/Добавить вершины...**, а затем соединить их ребрами.

Если объект моделирования можно представить простейшими фигурами (круг, прямоугольник, эллипс), то можно воспользоваться иконкой  - **<Добавить фигуру>** и в окне **Добавить фигуру** (рисунок 9) задать размеры и координаты центра фигуры.

В случае коаксиального кабеля можно выбрать **Круг**, задать его диаметр и позицию центра (0, 0).

Действуя таким образом построить геометрическую модель (рисунок 12) (стрелки и надписи приведены на рисунке для пояснения и в окне геометрической модели ELCUT не отображаются). Окружность радиусом  $d$ , соответствующую наружному слою оплетки строить не нужно.

**Примечание.** Для своевременного завершения работы отчет о ней в электронном виде в формате документа Word составляется одновременно с выполнением работы. Требования к отчету приведены в п. 7.



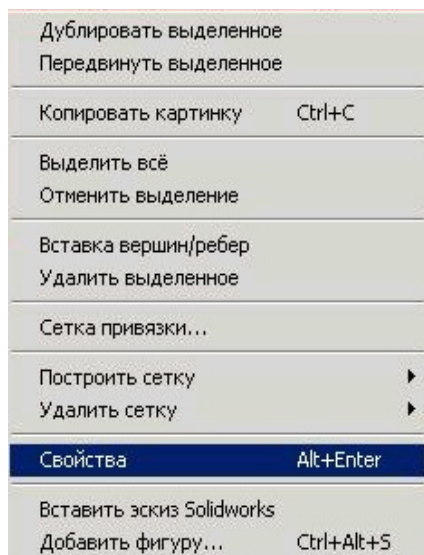


Рисунок 13 – Свойства выделенного объекта

### 3 Параметры блоков

3.1 Поместить мышку на нужный блок и выделить его нажатием левой кнопки. Щелкнуть правой кнопкой мыши на выделенном блоке и в появившемся меню выбрать **Свойства**. В окне **Свойства выделенных объектов** выбрать или дописать, например, в опцию **Метка** **Изоляция С**, а

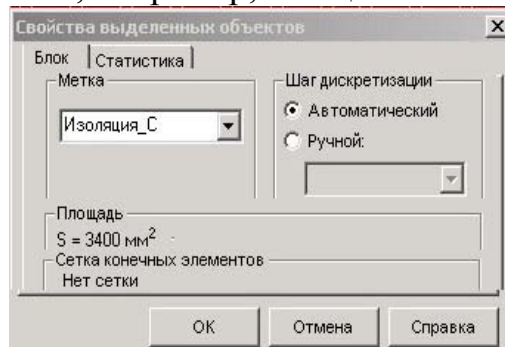


Рисунок 14 – Свойства блока

**Шаг дискретизации** принять **Автоматический** и кликнуть **Ok**. Таким образом, следует поименовать метки всех блоков: **Изоляция\_С**, **Изоляция\_b** и т.п.

3.2. В левой панели свойств задачи (модели) раскрыть папку **Метки блоков** и задать свойства тех блоков, которые отмечены знаком вопроса

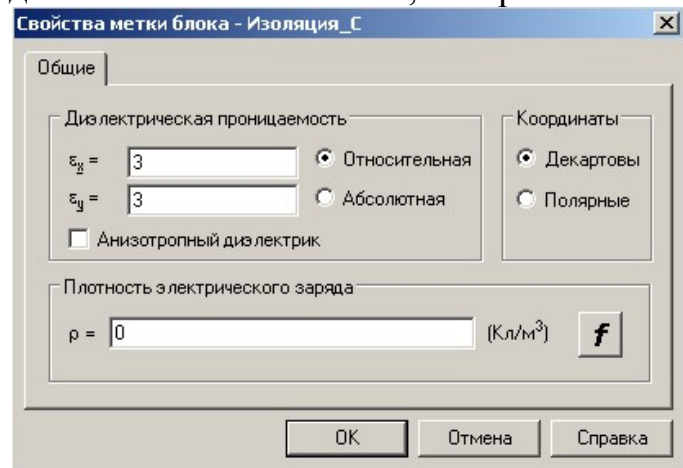


Рисунок 15 – Задание свойств блоков из немагнитных материалов

3.2.1 После двойного щелчка по метке **Воздух** в появившемся окне

**Свойства метки блока – Изоляция\_С** задать опцию

**Диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_x$  и  $\epsilon_y$**  согласно исходным данным, отметив

**Автоматический**

**и Координаты**

**Декартовы.**

Оставить остальные параметры равными нулю и щелкнуть по кнопке **Ok**.

3.2.1 Аналогично поступить с блоком **Изоляция\_b**.

### 4 Граничные условия (параметры ребер)

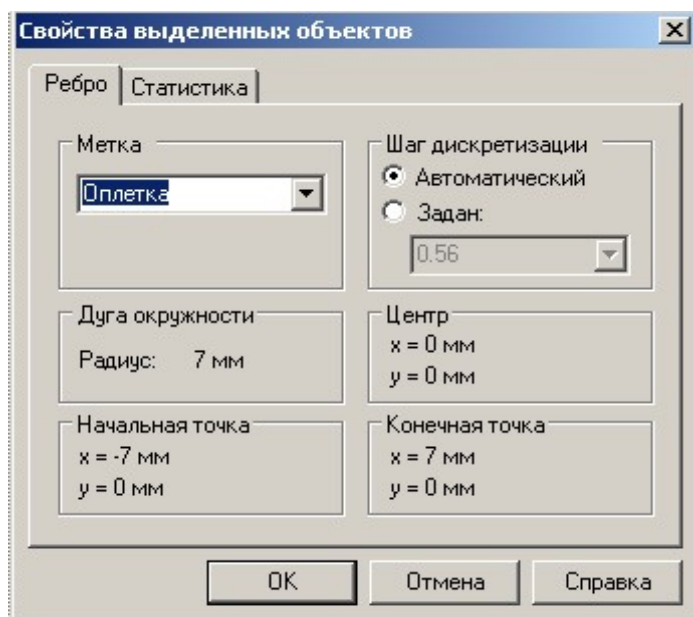


Рисунок 16 - Задание меток ребер

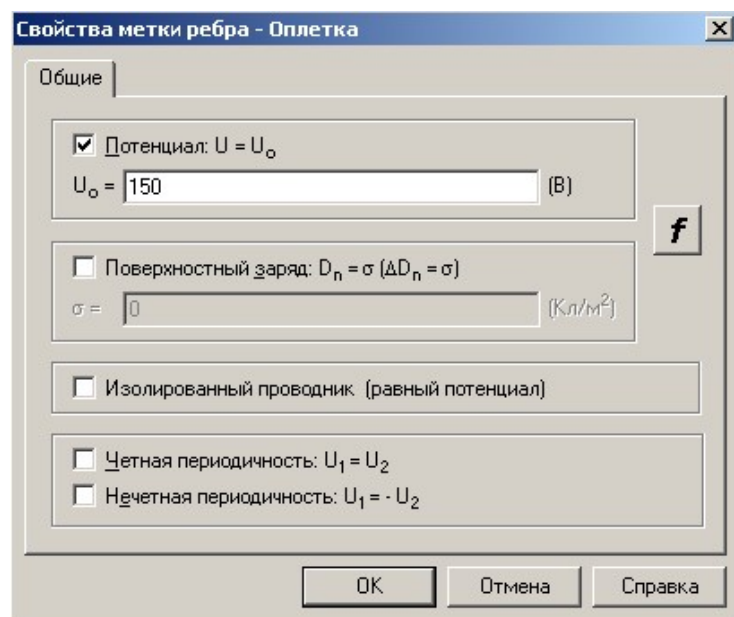


Рисунок 17 – Задание свойств ребер

4.1левой кнопкой мыши выделяется ребро (синий цвет линии меняется на красный), соответствующее внутреннему слою оплетки. Удерживая клавишу <Ctrl>, выделить всю окружность. Затем по нажатию правой кнопки выбрать в появившемся меню пункт **Свойства** (рисунок 13). В окне **Свойства выделенного объекта - Метка** (рисунок 16) записать **Оплетка** и **Ok**.

4.2 Аналогично выделить окружность, соответствующую жиле кабеля, и задать метку, например, **Жила**.

4.3 Открыть папку **Метки ребер** в панели свойств модели. Дважды щелкнуть по метке **Оплетка** и в окне **Свойства метки ребра - Оплетка** отметить галочкой ☒ **Потенциал**  $U=U_0$  и задать согласно задания, например,  $U_0=150$ . Не изменяя других опций закрыть окно **Ok**.

4.4 Подсчитать поверхностную плотность электрических зарядов жилы  $\sigma_{ж}=\tau/2\pi a=1E-9/(2*3.14*0.003)=5.31E-8$  Кл/м<sup>2</sup>.

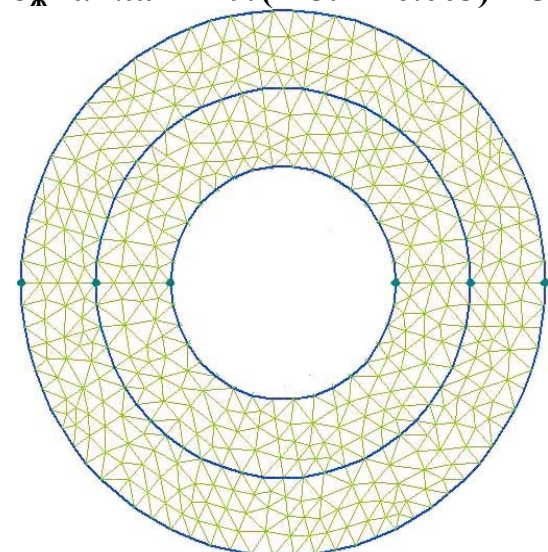


Рисунок 20 – Модель с сеткой конечных элементов

кнопку мыши, выбрать пункт **Свойства/Блок/Шаг дискретизации/ Ручной** и указать шаг сетки примерно 10 % от наибольшего размера модели.

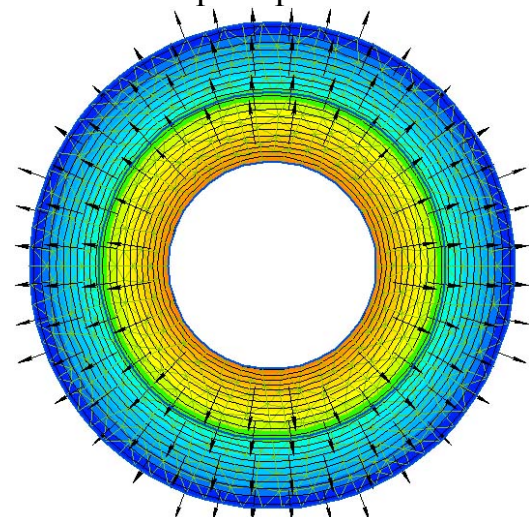


Рисунок 21 – Картина поля

4.5 В папке **Метки ребер** в панели свойств модели дважды щелкнуть по метке **Жила** и в окне **Свойства метки ребра - Жила** отметить галочкой ☒ **Поверхностный заряд**  $Dn=\sigma$ . Задать его величину согласно вычислениям в пп.4.4, например,  $\sigma=5.31E-08$  Кл/м<sup>2</sup> Не изменяя других опций закрыть окно **Ok**.

4.6 Построить сетку конечных элементов для модели можно выбрав опцию меню **Правка/Построить сетку/Во всех блоках** или выделив блок и нажав правую кнопку мыши **Построить сетку/Во всех блоках** или в отдельных блоках. Если при построении сетки появится сообщение о превышении 255 узлов (для студенческой версии ELCUT), то следует выделить какой-либо блок, нажать правую

Изменяя в дальнейшем шаг дискретизации, максимизировать число узлов до доступного количества. Модели с сеткой конечных элементов приведена на рисунке 20.

**5 Расчет поля** выполнить выбрав на панели инструментов **=** или из строки меню **Задача/Решить задачу**.

Специальный индикатор отражает продвижение процесса решения задачи и по окончании появится окно с сообщением: **TOE-LR1\_BAE06-30 решение закончено. Хотите взглянуть?**

Если нажать **Да**, то появится картина поля (рисунок 21).

## 6 Анализ результатов решения

**6.1 Картина поля.** Свойства картины поля появляются в новом окне после нажатия левой клавиши мыши в рабочем поле.

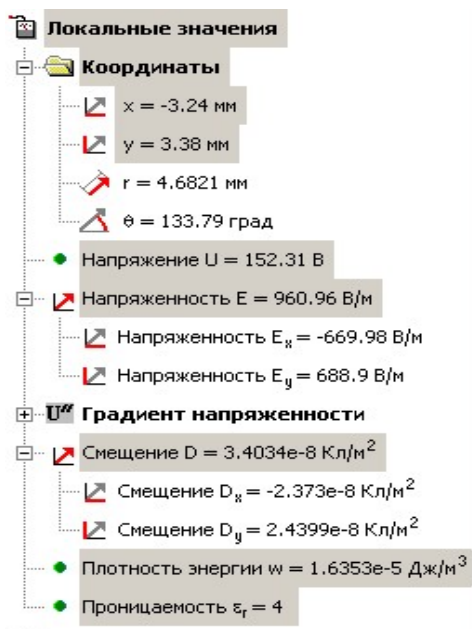


Рисунок 22 – Локальные значения

Чтобы выбрать желаемый вид картины поля, отметьте соответствующий флажок. Вы можете выбрать любую комбинацию видов изображения картины поля. Если не выбран ни один из видов, на экране будут нарисованы только контуры геометрической модели. Для копирования картины поля в отчет следует в строке меню выбрать: **Правка/Копировать картинку**.

## 6.2 Локальные значения



Выбрать в меню **Вид/Локальные значения...** или щелкнуть по иконке  **<Локальные значения>**, поместить измерительный инструмент  в контрольные точки, проанализировать и занести в отчет для одной точки: координаты ХУ, напряжение, напряженность, смещение, плотность энергии и проницаемость. После выделения требуемых величин скопировать в отчет через буфер обмена по нажатию правой клавиши мыши.



Рисунок 23 – Интегральные значения

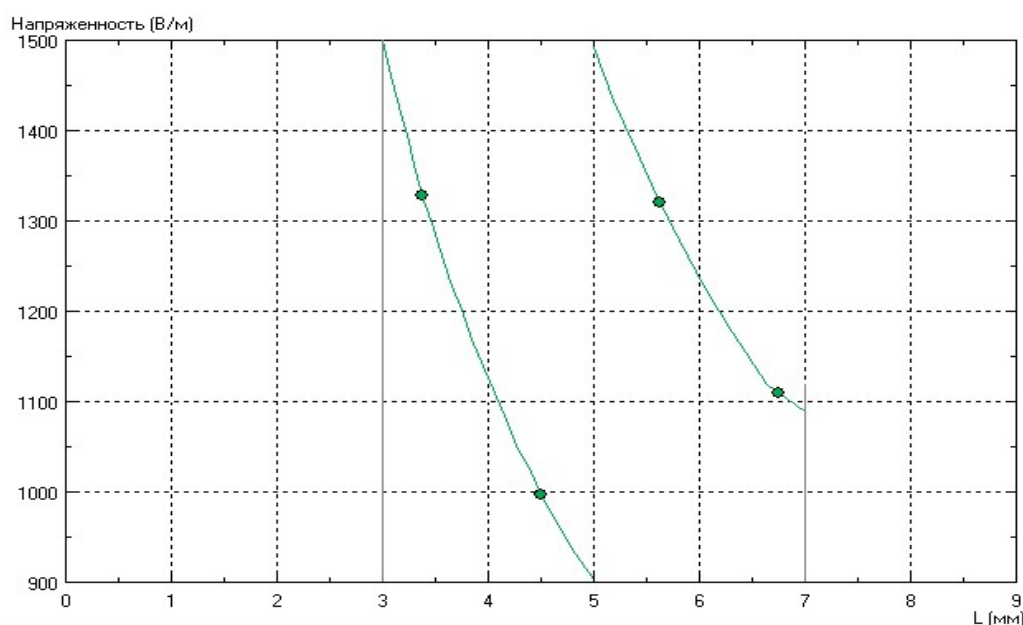





Рисунок 24 – Диаграмма зависимости напряженности электрического поля от длины контура

## 6.3 Интегральные значения

Использував инструмент  **<Добавить к контуру>**, а лучше выбрав в строке меню: **Контур/Ввод линий...**, построить видимую линию контура с координатами [0;0; d;0]. При помощи инструмента  **<Интегральный калькулятор>** или, выбрав в строке меню: **Вид/Интегральные значения...**, проанализировать и занести в отчет интегральные значения следующих величин: длина контура, электрический заряд, механическая сила, поверхностная энергия, разность потенциалов (рисунок 23).

## 6.4 Графики.

Выбрать в меню **Вид/График** или щелкнуть по иконке . В поле чертежа появится диаграмма. Занести в отчет графики напряженности, смещения и потенциала (напряжения) электрического поля в функции длины контура (рисунок 24).



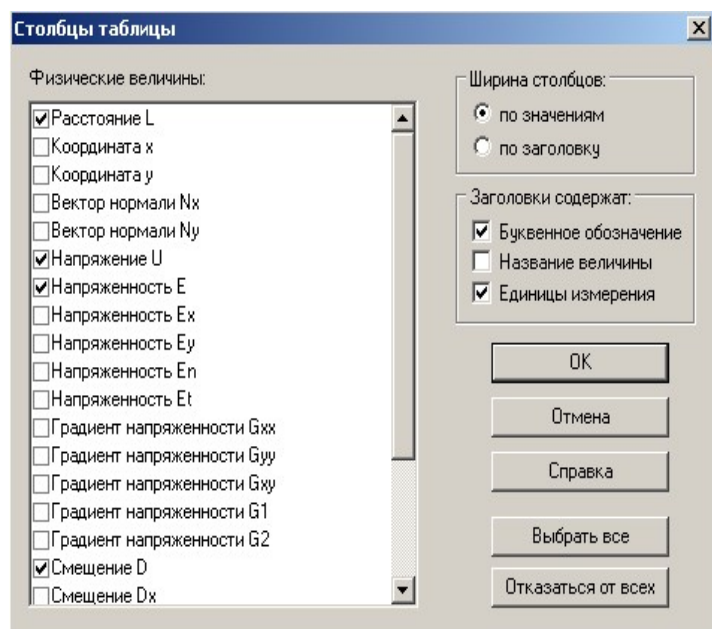



Рисунок 25 – Выбор столбцов таблицы

## 6.5 Таблица.

Выбрать в меню **Вид/Таблица** или . В поле чертежа появится таблица значений физических величин. В таблице необходимо оставить только те значения, для которых построены графики (расстояние, потенциал (напряжение), напряженность и смещение электрического поля).

Выбор столбцов в меню: **Вид/Столбцы** (рисунок 25)

**Примечание.** Картина поля, результаты анализа (локальные и интегральные значения), графики и таблица копируются в отчет через буфер обмена.

## 6.6 Повышение точности моделирования электростатического поля

Поскольку в студенческой версии ELCUT количество узлов сетки конечных элементов ограничено, то, с целью уменьшения погрешности, необходимо уменьшить область моделирования. Для этого следует использовать симметрию конструкции коаксиальной системы проводников, вырезав и оставив только небольшой сектор, удалив большую часть области моделирования (рисунок 26).

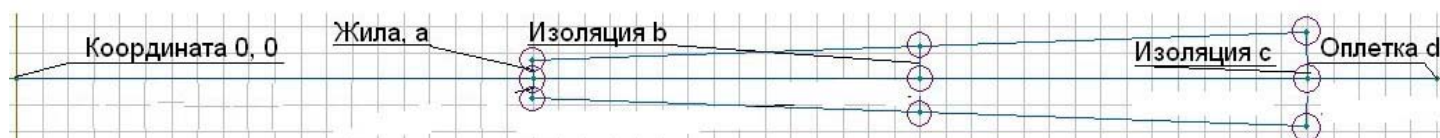


Рисунок 26 – Геометрическая модель для уточненного моделирования

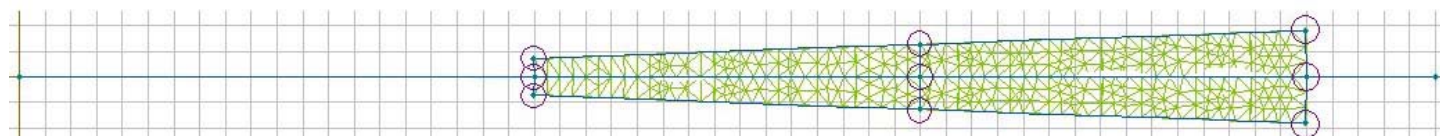


Рисунок 27 – Геометрическая модель с сеткой конечных элементов

Оставив без изменения свойства блоков и ребер (п. 3 и п. 4), еще раз выполнить расчет (п. 5 и п. 6) и построить зависимость напряженности поля от расстояния.

## 6.7 Анализ результатов расчета и моделирования

Результаты моделирования в системе ELCUT и аналитического расчета, выполненного на практических занятиях, свести в таблицу, подсчитать погрешность моделирования по отношению к расчету, проанализировать и сделать выводы.

Таблица 1 – Результаты расчета и моделирования

	Напряженность $E$ , В/м				Смещение $D$ , Кл/м <sup>2</sup>				Потенциал $\phi$ , В			
Расстояние, м	a	b-	b+	c	a	b-	b+	c	a	b-	b+	c
Расчет												
Модель 1												
Погрешность 1												
Модель 2												
Погрешность 2												



## **7 Требования к отчету**

7.1 Отчет предоставляется в электронном виде в формате документа Word.

7.2 Отчет должен содержать:

- титульный лист;
- исходные данные (вид модели, вывод уравнений Пуассона и Лапласа для ЭСП);
- геометрическую модель с сеткой конечных элементов;
- картину поля;
- локальные значения в 2-х точках;
- интегральные значения в контуре;
- графики 3-х величин (напряженности, смещения и потенциала (напряжения) электрического поля;
- таблицу значений для графиков;
- выводы по работе.

7.3 Представить по выполненной работе следующие файлы:

- TOE-LR1\_BAE09-30.doc - отчет в виде документа Word;
- TOE-LR1\_BAE09-30.pbm - описание задачи ELCUT;
- TOE-LR1\_BAE09-30.mod - геометрическая модель;
- TOE-LR1\_BAE09-30.dms - описание свойств материалов модели;
- TOE-LR1\_BAE09-30.res - результаты расчета.

## **8 Защита лабораторной работы**

8.1 К защите допускается студент, выполнивший лабораторную работу и представивший отчет в полном объеме.

8.2 Работа защищается каждым студентом индивидуально в письменном виде. На защите необходимо показать знание теории электрического поля и практических навыков работы с системой моделирования по методу конечных элементов ELCUT.

## **9 Контрольные вопросы**

9.1 Электростатическое поле (ЭСП)

- закон Кулона.
- напряженность ЭСП;
- электрический потенциал;
- градиент потенциала;
- силовые линии и эквипотенциальные поверхности;
- поляризованность диэлектрика;
- электрическая индукция (электрическое смещение):
- теорема Гаусса (дифференциальная и интегральная формы);
- раскрытие дивергенции в декартовой системе координат;
- уравнения Пуассона и Лапласа;
- проводники в ЭСП, электростатическое экранирование;
- граничные условия для ЭСП;
- электрическая емкость;
- энергия и силы ЭСП.

9.4 Работа с системой моделирования ELCUT:

- постановка задачи;
- построение геометрической модели и сетки конечных элементов;
- задание свойств блоков (материалов), источников полей;
- задание свойств ребер (граничных условий);
- анализ решения задачи.

## 10 Исходные данные

Посредством коаксиальной системы проводников (КСП) (коаксиального кабеля) с двухслойной изоляцией к источнику ЭДС  $E$  подключен резистор  $R$ .

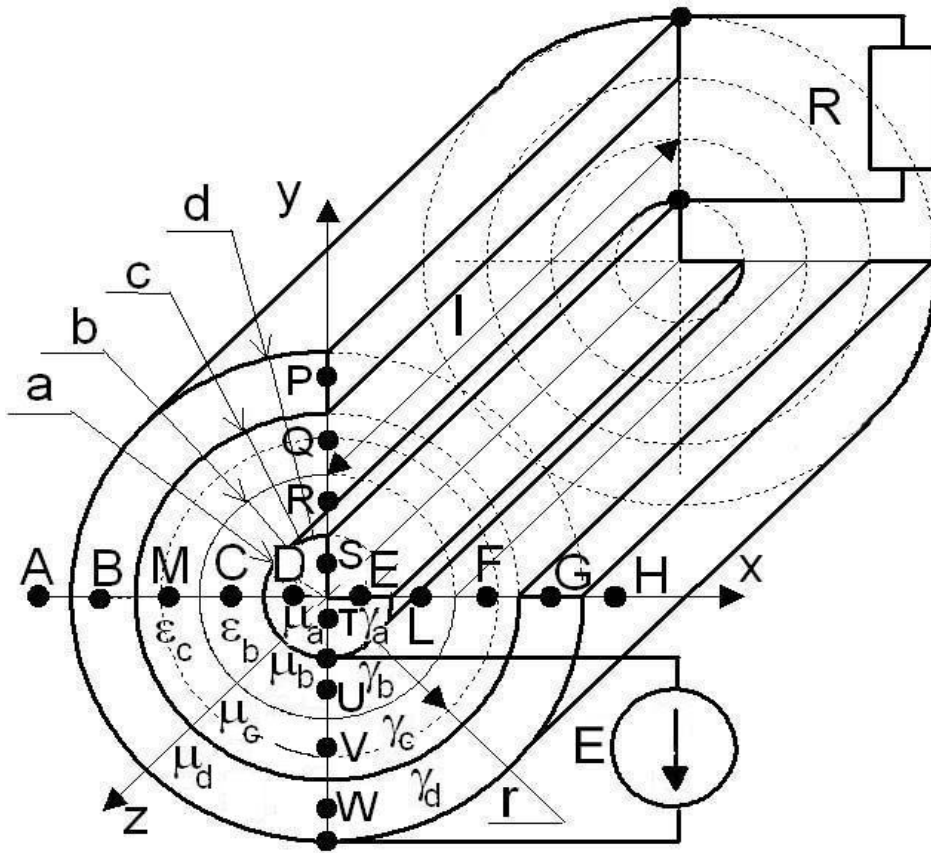


Рисунок 28 – Конструкция КСП

### Конструкция КСП -

коаксиального кабеля - (рисунок 1):

$a, b, c$  и  $d$  - наружные радиусы центрального проводника (жилы), слоев изоляции и наружного проводника (оплетки);

$l$  - длина КСП ( $l \gg d$ );

$\epsilon_b$  и  $\epsilon_c$  - относительные диэлектрические проницаемости слоев изоляции из диамagnetика и парамагнетика;

$\mu_a, \mu_b, \mu_c, \mu_d$  и  $\gamma_a, \gamma_b, \gamma_c, \gamma_d$  относительные магнитные проницаемости и удельные проводимости жилы, изоляции и оплетки;

$\phi_d$  - потенциал оплетки;

$\tau$  - линейная плотность заряда;

Положение контрольных точек (рисунок 26):

$B$  и  $G$  - внутри внешнего проводника (оплетки)  $d$  ( $|x_B| = |x_G| = (c+d)/2$ );

$M$  и  $F$  - в слое изоляции  $c$  ( $|x_M| = |x_F| = (b+c)/2$ );

$C$  и  $L$  - в слое изоляции  $b$  ( $|x_C| = |x_L| = (a+b)/2$ );

$D$  и  $E$  - внутри центрального проводника (жилы)  $a$  ( $|x_D| = |x_E| = a/2$ );

$P$  и  $W$  - внутри внешнего проводника (оплетки)  $d$  ( $|y_P| = |y_W| = (c+d)/2$ );

$Q$  и  $V$  - в слое изоляции  $c$  ( $|y_Q| = |y_V| = (b+c)/2$ );

$R$  и  $U$  - в слое изоляции  $b$  ( $|y_R| = |y_U| = (a+b)/2$ );

$S$  и  $T$  - внутри центрального проводника (жилы)  $a$  ( $|y_S| = |y_T| = a/2$ ).

Таблица 1 – Варианты исходных данных (АЭ № 1-30, БАЭ № 31-60)

№	Размеры				Линейная плотность заряда	Относительная диэлектрическая проницаемость		Потенциал оплетки	Ток	Проводимость				Относительная магнитная проницаемость		Частота	Контрольные точки для построения векторных диаграмм
	a	b	c	d	τ	ε <sub>b</sub>	ε <sub>c</sub>	Φ <sub>d</sub>	I	γ <sub>a</sub>	γ <sub>d</sub>	γ <sub>b</sub>	γ <sub>c</sub>	μ <sub>a</sub>	μ <sub>d</sub>	f	
1	2	4	6	9	6	5	3	0	10	61	12	1	150	3	2	150	В, М
2	3	6	8	10	8	6	3	10	12	60	14	2	148	4	3	160	В, F
3	1	2	4	7	11	3	6	20	8	59	16	3	146	2	2	170	В, Q
4	1	2	5	6	14	8	3	30	6	58	18	4	144	3	4	180	В, V
5	4	6	8	10	22	7	2	40	15	57	20	5	142	5	2	190	G, C
6	5	8	10	12	12	3	1	50	20	56	22	6	140	2	5	200	G, L
7	5	9	11	13	9	2	4	60	24	55	24	7	138	6	2	210	G, R
8	2	4	6	8	14	4	2	70	10	54	26	8	136	3	2	220	G, U
9	3	5	8	10	11	5	8	80	12	53	28	9	134	4	2	230	P, М
10	2	5	7	9	12	3	2	90	8	52	30	10	132	2	4	240	P, F
11	2	6	8	10	13	2	3	100	7	51	32	11	130	3	2	250	P, Q
12	1	3	6	9	14	4	2	110	1	50	34	12	120	3	4	260	P, V
13	3	6	8	10	12	3	4	120	11	49	36	13	118	3	5	270	W, C
14	3	6	9	11	10	4	5	130	14	48	38	14	116	3	5	280	W, L
15	3	7	9	12	10	2	4	140	12	47	40	15	114	5	2	290	W, R
16	5	8	11	13	10	1	4	150	22	62	10	16	112	2	4	300	W, U
17	5	9	12	14	12	2	3	160	18	45	44	17	110	4	2	310	D, C
18	5	7	9	11	8	3	2	170	20	44	46	18	108	5	3	320	D, R
19	3	5	8	10	6	4	6	180	12	43	48	19	106	3	2	330	D, L
20	2	5	7	9	10	2	1	190	10	42	50	20	104	2	3	340	D, U
21	2	4	6	8	20	3	2	200	11	41	52	21	102	3	2	350	E, М
22	3	6	8	10	15	4	3	210	15	40	54	22	100	4	3	360	E, F
23	3	6	9	11	12	3	1	220	13	39	56	23	98	6	2	370	E, Q
24	4	7	9	11	10	4	8	230	16	38	58	24	96	4	2	380	E, V
25	4	6	8	12	8	2	3	240	20	37	60	25	94	2	3	390	S, C
26	3	5	7	10	14	5	3	250	24	36	62	26	92	6	2	400	S, L
27	4	7	9	12	20	5	1	260	28	35	64	27	90	3	2	410	S, Q
28	3	6	8	10	16	2	6	270	22	34	66	28	88	2	3	420	S, V
29	3	6	9	12	16	2	8	280	20	33	68	29	86	6	2	430	T, М
30	4	8	10	12	20	4	1	290	12	32	70	30	84	2	4	440	T, F
31	2	4	6	9	10	1	4	10	20	49	49	31	82	2	5	450	T, Q
32	3	6	8	10	12	2	3	20	24	48	48	32	80	4	2	460	T, V
33	1	2	4	7	8	3	2	30	10	47	47	33	78	5	2	470	В, C
34	1	2	5	6	6	4	6	40	12	62	62	34	76	3	2	480	В, L
35	4	6	8	10	10	2	1	50	8	45	45	35	74	2	3	490	В, R
36	5	8	10	12	20	3	2	60	7	44	44	36	72	3	2	500	В, U
37	5	9	11	13	15	4	5	70	1	43	43	37	70	4	4	510	G, М
38	2	4	6	8	12	3	1	80	11	42	42	38	68	6	2	520	G, F
39	3	5	8	10	10	4	8	90	14	41	41	39	66	4	3	530	G, Q
№	a	b	c	d	τ	ε <sub>b</sub>	ε <sub>c</sub>	Φ <sub>d</sub>	I	γ <sub>a</sub>	γ <sub>d</sub>	γ <sub>b</sub>	γ <sub>c</sub>	μ <sub>a</sub>	μ <sub>d</sub>	f	Точки



<b>№</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b><math>\tau</math></b>	<b><math>\varepsilon_b</math></b>	<b><math>\varepsilon_c</math></b>	<b><math>\varphi_d</math></b>	<b>I</b>	<b><math>\gamma_a</math></b>	<b><math>\gamma_d</math></b>	<b><math>\gamma_b</math></b>	<b><math>\gamma_c</math></b>	<b><math>\mu_a</math></b>	<b><math>\mu_d</math></b>	<b>f</b>	<b>Точки</b>
40	2	5	7	9	8	2	3	100	12	40	40	40	64	2	2	540	G, V
41	2	6	8	10	14	5	3	110	22	39	39	41	62	6	4	550	P, C
42	1	3	6	9	20	5	1	120	18	38	38	42	50	3	2	560	P, L
43	3	6	8	10	16	2	6	130	20	37	37	43	48	2	4	570	P, R
44	3	6	9	11	16	2	8	140	12	36	36	44	46	6	2	580	P, U
45	3	7	9	12	20	4	1	150	10	35	35	45	44	2	5	590	W, M
46	5	8	11	13	6	5	3	160	11	22	62	46	42	3	2	600	W, F
47	5	9	12	14	8	6	3	170	15	18	45	47	40	4	3	610	W, Q
48	5	7	9	11	11	3	6	180	13	20	44	48	38	4	2	620	W, V
49	3	5	8	10	14	8	3	190	16	12	43	49	36	3	2	630	D, M
50	2	5	7	9	22	7	2	200	20	14	42	50	34	5	2	640	D, F
51	2	4	6	8	12	3	1	210	24	16	41	51	32	2	4	650	D, L
52	3	6	8	10	9	2	4	220	28	18	40	52	30	6	2	660	D, V
53	3	6	9	11	14	4	2	230	22	20	39	53	28	3	5	670	E, C
54	4	7	9	11	11	5	8	240	20	22	38	54	22	4	2	680	E, L
55	3	5	8	10	12	2	8	250	12	24	37	55	20	4	3	690	E, R
56	2	5	7	9	13	4	1	260	10	26	36	56	18	2	4	700	E, U
57	2	4	6	8	14	5	3	270	12	28	35	57	16	3	2	710	S, M
58	3	6	8	10	12	6	3	280	8	30	34	58	14	3	4	720	S, F
59	3	6	9	11	10	3	6	290	6	32	33	59	12	3	5	730	S, R
60	5	7	9	11	10	8	3	300	15	34	32	60	10	3	5	740	S, U
T	2	4	8	10	1	3	2	5	10	24	37	70	8	2	3	200	T, F
<b>№</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b><math>\tau</math></b>	<b><math>\varepsilon_b</math></b>	<b><math>\varepsilon_c</math></b>	<b><math>\varphi_d</math></b>	<b>I</b>	<b><math>\gamma_a</math></b>	<b><math>\gamma_d</math></b>	<b><math>\gamma_b</math></b>	<b><math>\gamma_c</math></b>	<b><math>\mu_a</math></b>	<b><math>\mu_d</math></b>	<b>f</b>	<b>Точки</b>