

Описание программы «Контур» v. 3.4.0.0

Содержание

1.	Введение	2
1.1.	Что такое «Контур»?.....	2
2.	Общая информация.....	9
2.1.	Покупка.....	9
2.2.	Требования к системе	9
2.3.	Установка программы	9
2.4.	Обновления и поддержка	10
2.5.	Лицензия/Авторские права	10
2.6.	Обратная связь	11
3.	Использование программы	12
3.1.	Пользовательский интерфейс	12
3.1.1.	Элементы интерфейса	12
3.1.1.1.	Подменю «Файл»	13
3.1.1.2.	Подменю «Вид»	15
3.1.1.3.	Подменю «Редактирование»	19
3.1.1.4.	Подменю «Контур заземления».....	25
3.1.1.5.	Подменю «Помощь».....	31
3.1.2.	Вывод результатов расчетов	31
3.1.3.	Панель инструментов	34
3.1.4.	Другие элементы управления	35
3.1.5.	Клавиатурные сочетания.....	36
3.2.	Примеры создания расчетной модели ЗУ.....	37
3.2.1.	Создание расчетной модели ЗУ в программе «Контур».....	38
3.2.2.	Импорт схемы из программы AutoCAD	44
3.3.	Примеры расчетов и обработка результатов.....	44
3.3.1.	Данные необходимые для расчетов	45
3.3.2.	Расчет сопротивления растеканию заземляющего устройства объекта.....	45
3.3.3.	Расчет сопротивления металлосвязи.....	46
3.3.4.	Расчет разностей потенциалов при замыканиях в высоковольтной сети на частоте 50Гц	47
3.3.5.	Расчет напряжения шага и прикосновения	48
3.3.6.	Расчет величины постоянно действующего магнитного поля	51
3.3.7.	Расчет величины кратковременного магнитного поля	51
3.3.8.	Расчет импульсных разностей потенциалов при протекании ВЧ-токов	52
3.3.9.	Оценка нагрева экранов вторичных цепей.....	53
3.3.10.	Расчет импульсных разностей потенциалов при молниевом разряде	54
3.3.11.	Расчет величины импульсного магнитного поля.....	56
3.3.12.	Расчет модели для двухслойного грунта	57

1. Введение

1.1. Что такое «Контур»?

Программный комплекс «Контур» предназначен для:

- расчетов параметров заземляющих устройств действующих и проектируемых электроустановок согласно ПУЭ, РД 153-34.0-20.525-00, РД 34.20.116-93 и ГОСТ 12.1.038-82. Определяются сопротивление растеканию, потенциал на заземляющем устройстве, разности потенциалов между элементами контура заземления, импульсные сопротивления молниеотводов и опор воздушных линий, значений напряжения шага и напряжения прикосновения;
- расчетного определения параметров электромагнитной обстановки на электрических станциях и подстанциях согласно СО 34.35.311-2004. «Контур» позволяет вычислять значения напряжений и токов в элементах заземляющих устройств и других проводящих коммуникациях, в том числе для импульсных режимов при ударах молнии и замыканиях в высоковольтной сети. Имеется возможность построения карты магнитного поля промышленной частоты и импульсного магнитного поля;
- расчетного определения параметров электромагнитной обстановки на объектах газовой отрасли, согласно СТО «Газпром» 2008.
- расчета воздействия вторичных проявлений молниевых разрядов на объекты транспортировки нефти согласно РД-91.020.00-КТН-276-07.
- Проведения других расчетов характеристик заземляющих устройств, систем уравнивания потенциалов, параметров электромагнитной обстановки, в том числе – при проведении исследовательских, проектных и опытно-конструкторских работ.

Основные характеристики

Программный комплекс «Контур» имеет простой и наглядный графический интерфейс (см. Рис. 1-1). В программе может быть смоделировано заземляющее устройство любой конфигурации, используя различные материалы (сталь, медь и алюминий, а также задаваемые пользователем) с учетом естественных и искусственных заземлителей. При этом могут быть смоделированы как подземные элементы расчетной модели ЗУ, так и надземные (на любой глубине или высоте). Имеется возможность моделирования заземлителей круглого и прямоугольного сечения, а также трубопроводов.

Модель заземляющего устройства представляется в виде совокупности узлов и соединяющих их проводящих элементов. В месте пересечения элементом поверхности земли добавляется узел, делящий элемент на подземную и надземную части. Физические характеристики элемента ЗУ (материал, форма, сечение и т.п.) задаются шаблоном данного элемента.

Для расчета параметров модели заземляющего устройства необходимы следующие данные:

- материал и поперечное сечение элементов ЗУ;
- глубина залегания контура заземления,
- данные по имеющимся естественным заземлителям и проводящим коммуникациям;
- структура грунта (однородный или многослойный) и его удельное сопротивление;
- виды внешних воздействий (замыкания в высоковольтной сети, молниевые разряды и т.п.) и их ожидаемые амплитуды;
- частотный диапазон внешних воздействий;

- количество элементов ЗУ (для расчета модели из 8.000 элементов потребуется ~ 2 GB оперативной памяти).

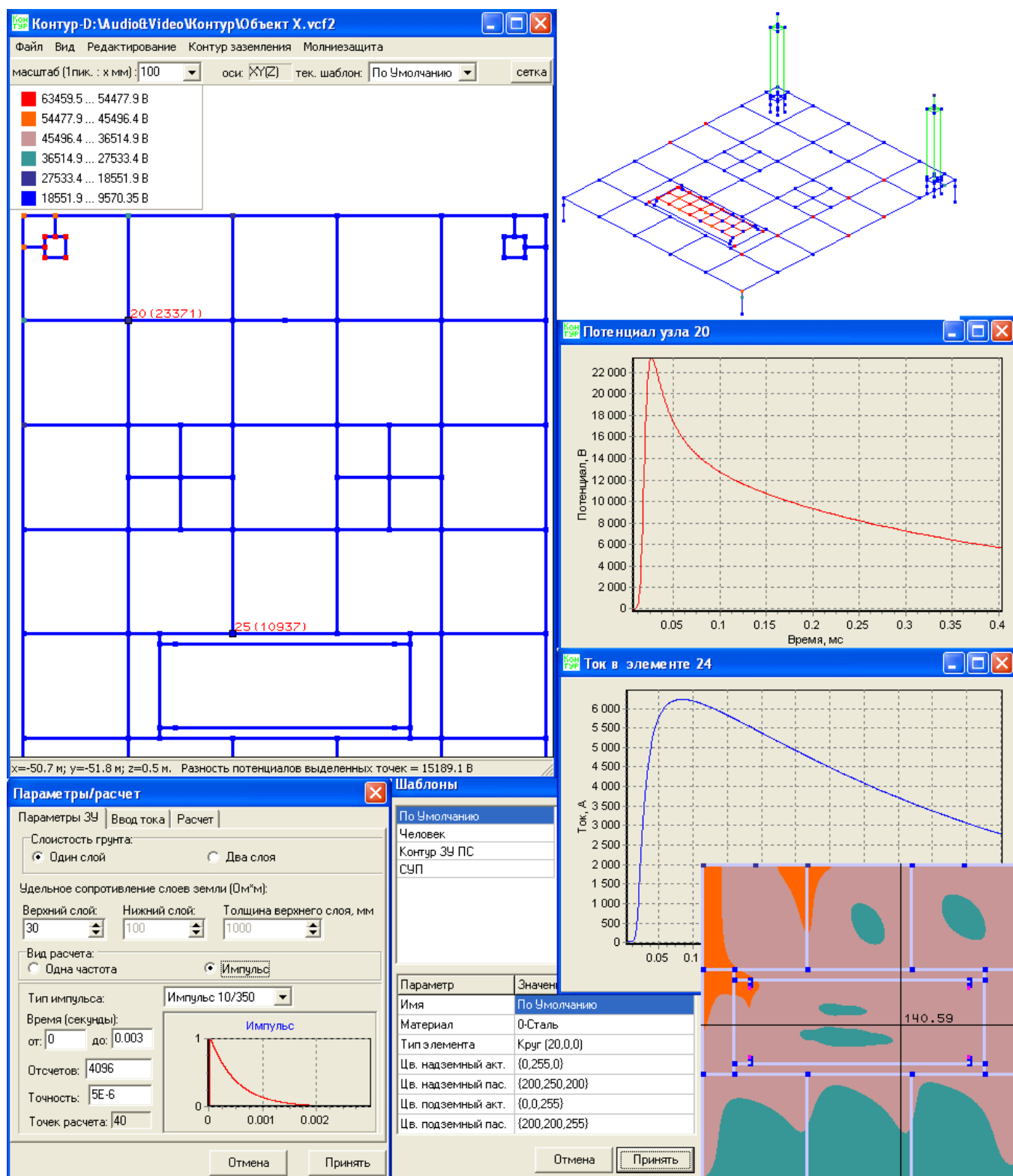


Рис. 1-1. Элементы графического интерфейса программы «Контур».

Значительно сократить время создания расчетной модели и проведения расчетов, а также упростить возможность редактирования готовых схем позволяют следующие встроенные функции программы:

- гибкая настройка параметров графического интерфейса;
- импорт готовых схем из программы AutoCAD (формат DXF(R12/LT2));

- применение различных шаблонов для элементов расчетной модели ЗУ (с возможностью группового редактирования параметров элементов модели ЗУ);
- проверка расчетной схемы на наличие наиболее распространенных ошибок и автоматическое их исправление;
- просмотр трехмерной схемы расчетной модели.

Основные возможности

Программный комплекс «Контур» позволяет выполнять следующие вычисления:

- расчет сопротивления растеканию заземляющего устройство с учетом естественных и искусственных заземлителей;

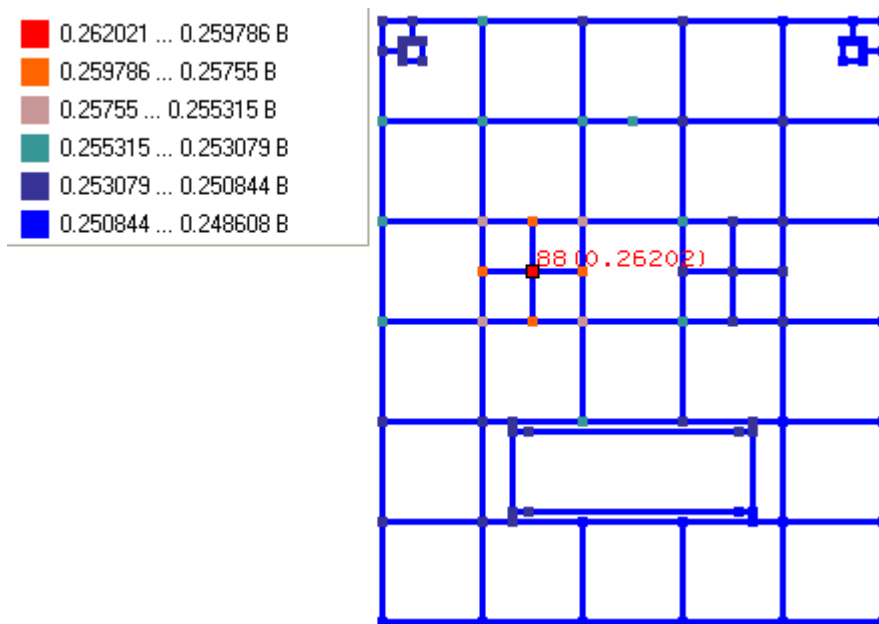


Рис. 1-2. Результат расчета сопротивления растеканию ЗУ объекта.

- расчет потенциала на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания;
- расчет сопротивления металlosвязи между различными элементами расчетной модели ЗУ;
- расчет сопротивлений, в том числе импульсных, молниеотводов и опор воздушных линий;
- расчет разности потенциалов при замыкании в сети до 1 кВ для системы уравнивания потенциалов здания;
- расчет разностей потенциалов между любыми выбранными точками заземляющего устройства при замыканиях в высоковольтной сети на промышленной частоте;

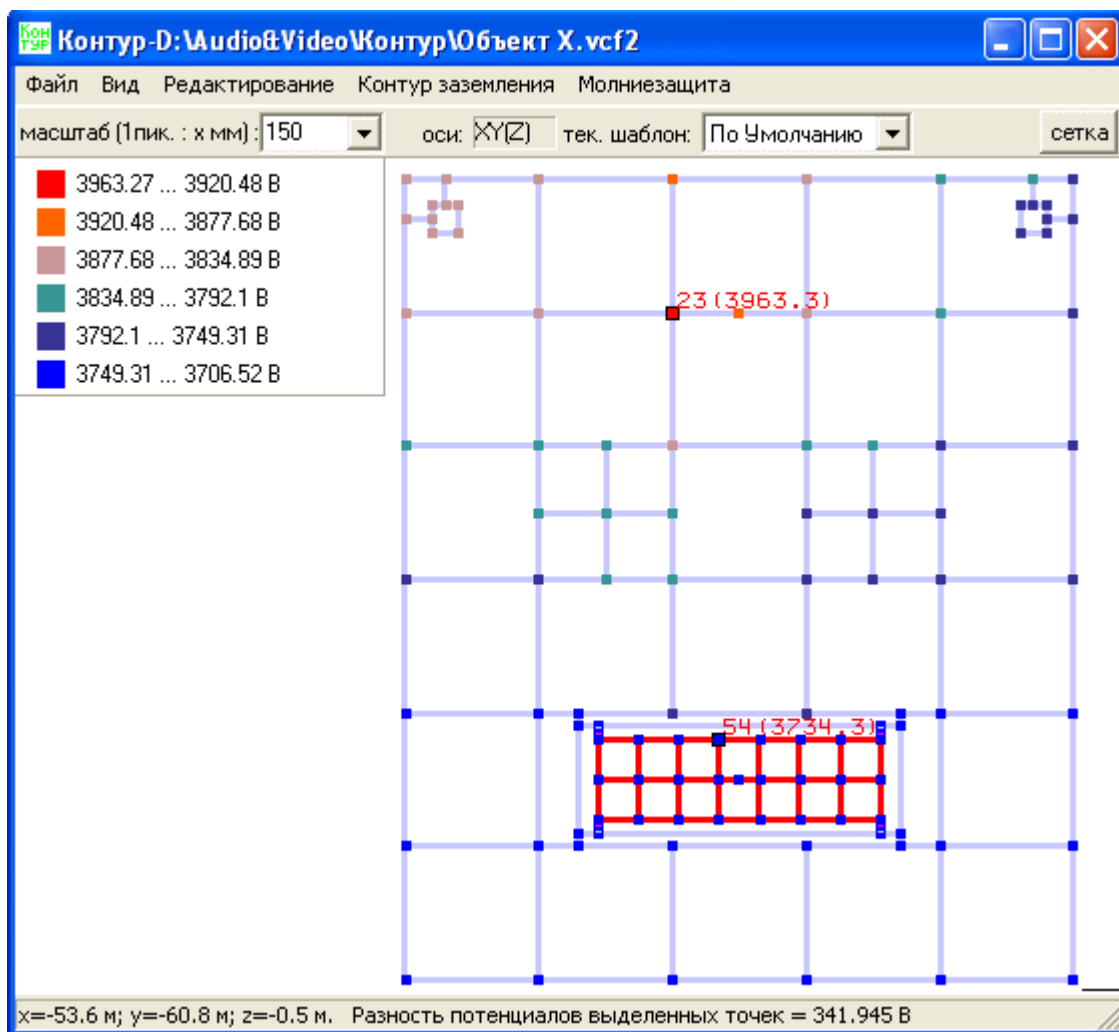


Рис. 1-3. Результат расчета разности потенциалов при замыкании в высоковольтной сети.

- расчет напряжения шага и прикосновения с построением эпюры напряжения шага в интересующей области модели ЗУ;

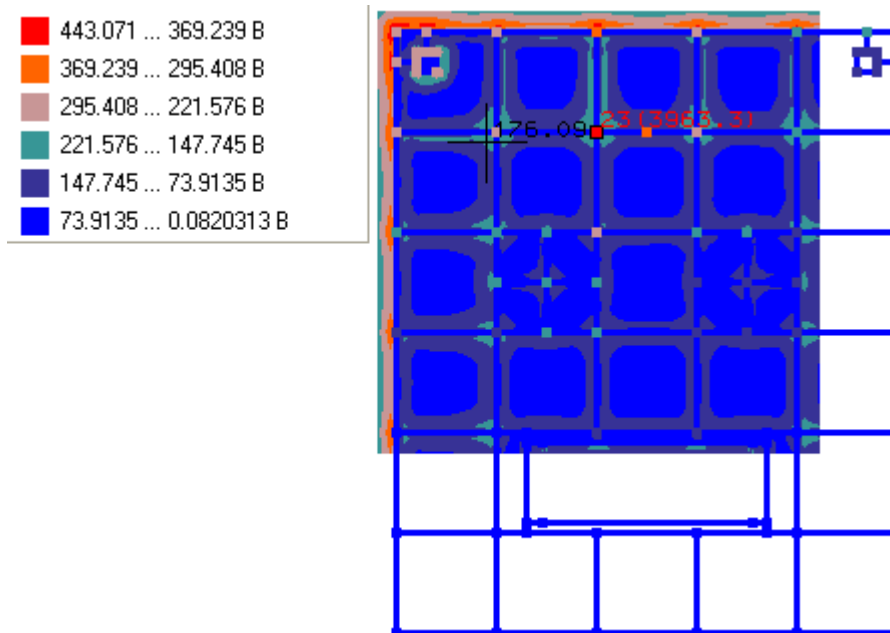


Рис. 1-4. Результат расчета напряжения шага.

- расчет величины кратковременных магнитных полей в заданной области пространства с

построением эпюры напряженности магнитного поля. При расчете учитываются токи, протекающие по высоковольтным ошиновкам и элементам контура заземления;

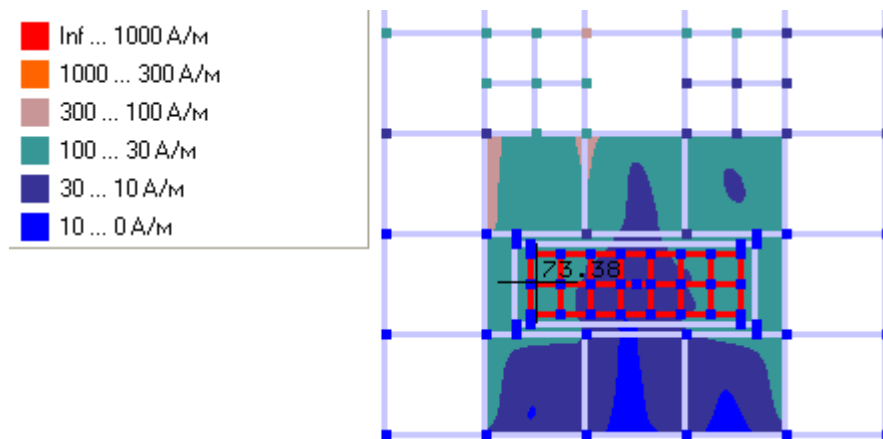


Рис. 1-5. Результат расчета величины кратковременного магнитного поля.

- расчет импульсных разностей потенциалов при протекании ВЧ-токов на частотах до 1 МГц;
- оценка нагрева вторичных цепей. Результатом расчета являются значения токов, протекающих по элементам контура заземления при замыканиях в высоковольтной сети. В следующих версиях программы можно будет непосредственно оценить нагрев элементов в зависимости от времени отключения замыкания;

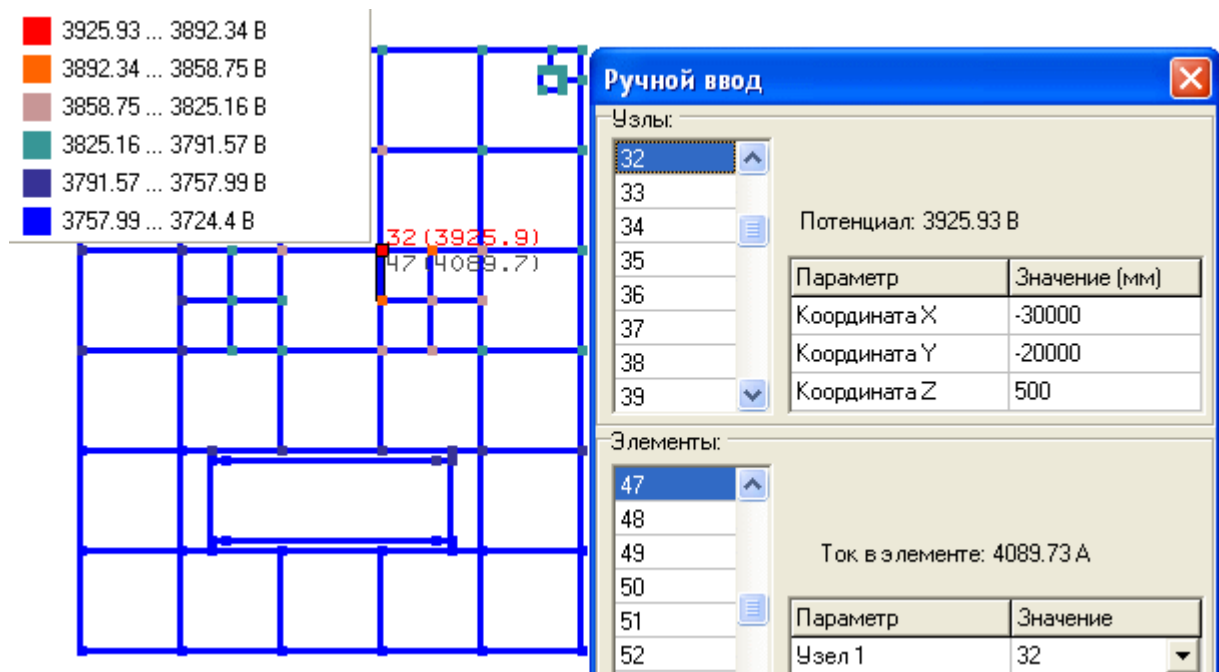


Рис. 1-6. Результат расчета тока в элементе ЗУ ПС при замыкании в высоковольтной сети.

- расчет импульсных разностей потенциалов при молниевом разряде. Расчет может выполняться для двух типов импульсов – 10/350 мкс (см. Рис. 1-7) и 0.25/100 мкс (см. Рис. 1-8);

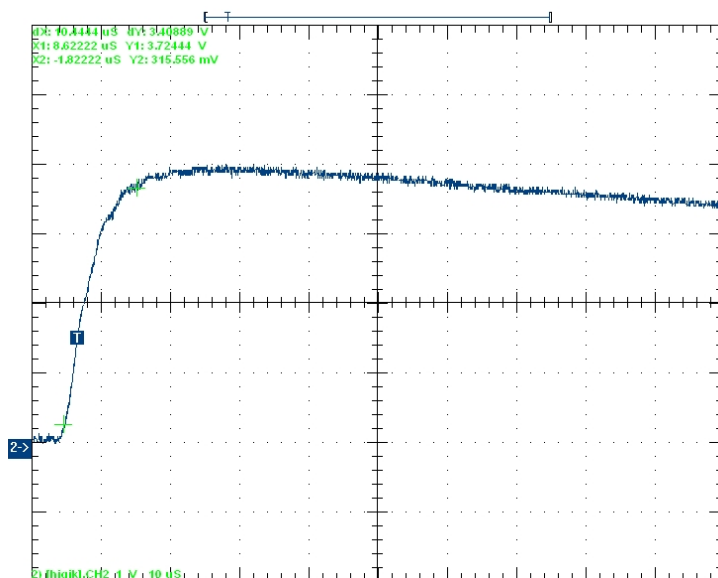


Рис. 1-7. Первый импульс тока молнии (длительность фронта импульса 10 мкс, длительность импульса на полувысоте 350 мкс).

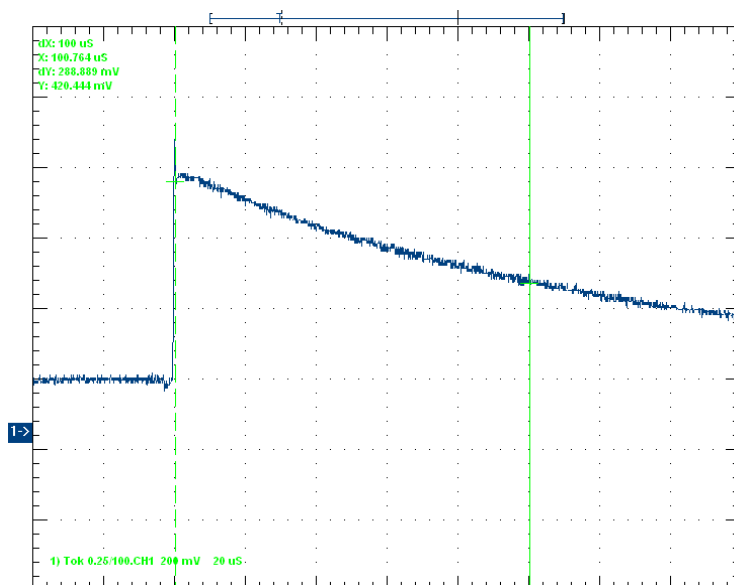


Рис. 1-8. Последующий импульс тока молнии (длительность фронта импульса 0.25 мкс; длительность импульса на полувысоте 100 мкс).

- расчет величины импульсных магнитных полей в заданной области пространства с построением эпюры напряженности магнитного поля. При расчете учитываются токи, протекающие по металлоконструкциям элементов системы молниезащиты и контура заземления;

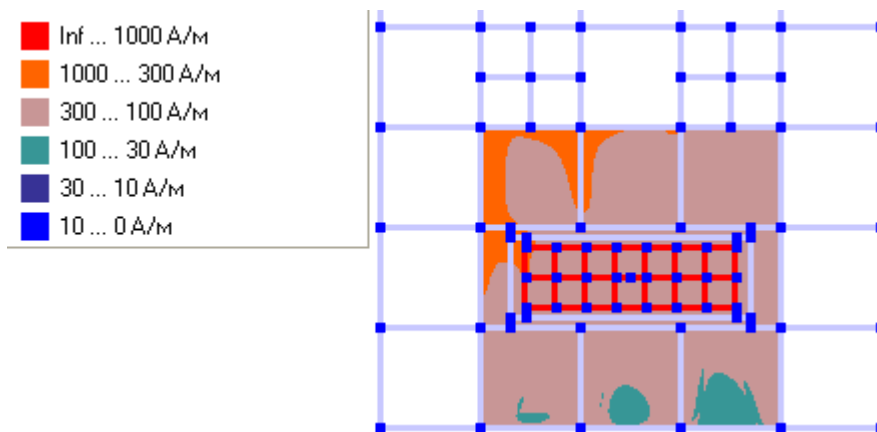


Рис. 1-9. Результат расчета величины импульсного магнитного поля.

- все перечисленные выше расчеты могут выполняться для однородной и двухслойной структуры грунта;

Для определения точности расчетов параметров ЗУ в программном комплексе «Контур» компанией «ЭЗОП» проводились натурные измерения для некоторых случаев выполнения заземляющего устройства, а также сравнение с результатами расчетов ЗУ, описанными в СО 34.35.311-2004. Максимальное расхождение в полученных данных на промышленной частоте не превысило 15% для натуральных измерений и 8% - при сравнении результатов с тестовыми примерами СО 34.35.311-2004.

Согласно СО 34.35.311-2004, расхождение между измеренными значениями и рассчитанными для промышленной частоты не должно превышать 15%, а при расчетах импульсных помех – не более 20 %.

Математическая модель

Математическая модель программного комплекса «Контур» построена на основе решения системы из трех групп уравнений:

- первая группа описывает гальваническое взаимодействие элементов расчетной модели контура заземления через землю, т.е. подъем потенциала в районе подверженного влиянию заземлителя вследствие стекания с него тока замыкания (молнии);
- вторая группа описывает распространение тока вдоль протяженных заземлителей (уравнение потенциалов для расчетной схемы) – второй закон Кирхгофа;
- третья группа описывает токи в узлах расчетной схемы – первый закон Кирхгофа. При этом за положительное направление тока принимается направление от узла с меньшим порядковым номером к узлу с большим номером.

Следует особо подчеркнуть, что математическая модель программы «Контур» не использует предположение об эквипотенциальности заземляющего устройства, что позволяет использовать ее, в частности, для расчета импульсных характеристик заземляющего устройства, когда неравномерность распределения потенциала вдоль заземлителей высока.

В математической модели приняты следующие упрощения:

- распределение потенциалов вдоль каждого элемента модели заземляющего устройства принимается линейным, т.е. конечный потенциал элемента рассчитывается как среднее арифметическое между значениями потенциалов его концов. В связи с этим не рекомендуется при создании модели использовать протяженные проводники без дополнительного разбиения, особенно при расчетах импульсных разностей потенциалов и импульсных разностей потенциалов при протекании ВЧ-токов;

- при расчетах импульсных характеристик не учитываются волновые эффекты распространения электромагнитной волны;
- модель не учитывает взаимной индуктивности элементов контура заземления;
- модель не учитывает магнитного насыщения проводников заземляющего устройства из стали при протекании больших токов;
- модель не учитывает изменения сопротивления проводников заземляющего устройства при нагреве вследствие протекания по ним токов замыкания/молнии;
- не учитывается изменение характеристик грунта вследствие протекания по нему тока КЗ или молнии (включая эффект искрообразования).

2. Общая информация

2.1. Покупка

По всем вопросам, связанным с приобретением ПО «Контур», просьба обращаться по телефону (факсу) – (499) 613-33-18, (495) 727-08-36, или по электронной почте: ezop@ezop.ru. В теме сообщения просьба указывать «Контур» или “Kontur”.

2.2. Требования к системе

Следует отметить, что расчет параметров ЗУ является довольно ресурсоемкой задачей. Например, выполнение расчетов параметров ЗУ ПС среднего размера требует решения системы линейных уравнений n -го порядка, где n соответствует количеству узлов в расчетной модели (порядка нескольких сотен или даже тысяч). Порядок системы уравнений возрастает пропорционально количеству элементов модели. При определении импульсных характеристик используется преобразование Фурье, что увеличивает время вычислений по сравнению с расчетом на фиксированной частоте. Поэтому, в целях повышения стабильности работы программы и снижения времени вычислений, настоятельно рекомендуется использование вычислительной системы с профессиональными характеристиками. Не рекомендуется одновременно с проведением расчетов в ПО «Контур» запускать на том же компьютере другие ресурсоемкие программы (включая MS Office, AutoCAD и т.п.).

Минимальные требования к системе:

- Операционная система Windows XP или более поздние версии.
- Установлен драйвер OpenGL (opengl32.dll содержится в DirectX) и совместимая видеокарта.
- Тип процессора - любой совместимый x86 процессор (желательно с тактовой частотой более 1 ГГц).
- Необходимое место на диске - 5 Мб свободного пространства (желательно более 20 Гб свободного дискового пространства для возможности сохранения файлов с результатами расчетов).
- Объем оперативной памяти – 128 Мб (желательно более 512 Мб для выполнения расчетов параметров ЗУ объектов средней величины). При расчете схемы содержащей 8000 элементов необходимо не менее 2 Гб оперативной памяти.

2.3. Установка программы

Для начала работы нужно просто запустить исполняемый файл программы `kontur.exe`. На экране появиться главное окно программы. Программа полностью готова к работе.

Одновременно могут быть запущены несколько копий программы «Контур». При одновременном запуске на расчет программ на компьютере с одноядерным процессором, расчет будет проводиться параллельно. При этом общее время расчета моделей может превышать время, которое требуется для последовательного расчета этих же моделей из-за постоянного перераспределения вычислительных ресурсов компьютера.

При одновременном запуске на расчет двух программ на компьютере с двухъядерным процессором, расчет каждой из программ будет проводиться отдельно каждым из ядер процессора без потери общей производительности системы.

2.4. Обновления и поддержка

Обновление предыдущих версий программы «Контур»

Если Вы - зарегистрированный пользователь программы «Контур» версии 3.3.0.1 или более поздней, то можете получить обновленный установочный файл программы бесплатно, послав по E-mail ваше имя, адрес и регистрационный номер (указанный в Вашей лицензии) по адресу ezop@ezop.ru.

На странице <http://www.ezop.ru/tech.htm?id=4> Вы найдете подробные инструкции по обновлению.

Отчеты об ошибках

Если вы найдете в программе «Контур» ошибку, то можете сообщить о ней по следующему адресу ezop@ezop.ru Пожалуйста, предоставьте следующую информацию:

- Описание ошибки (на какой стадии произошла, как ее можно воспроизвести, скриншот сообщения об ошибке и, по возможности, вкладки «Расчет» окна «Параметры/расчет»).
- Номер версии (указана в названии исполнительного файла).
- Версию операционной системы.
- Основные параметры расчетного компьютера.
- Файл с моделью ЗУ.
- Для общих нарушений защиты: адрес ошибки и, по возможности, файл drwatson.log, созданный программой drwatson.exe или содержимое окна ошибки.

Поддержка

Прежде всего, прочтите, пожалуйста, FAQ (список часто задаваемых вопросов) и посетите нашу Web-страницу в Интернете: <http://www.ezop.ru>

Если у вас все еще имеются вопросы или сообщения об ошибках, можете связаться с нами с помощью E-mail по адресу: ezop@ezop.ru

2.5. Лицензия/Авторские права

Лицензирование программы

Пожалуйста, внимательно прочтите все нижеследующее перед использованием этой программы. Если вы с чем-то из этого не согласны, вам не следует пользоваться программой, и вы ДОЛЖНЫ ее немедленно удалить.

Использование этой программы без регистрации является нарушением международного и Российского законодательства об авторских правах.

Регистрация

Эта программа не является ни свободно распространяемой, ни предназначенной для общего пользования. Для ее использования требуется регистрация.

Зарегистрированная версия (персональная лицензия)

Зарегистрированная версия может быть установлена на нескольких компьютерах, но использоваться может ТОЛЬКО на одном одновременно (то есть по одной копии устанавливается на домашнем и на офисном компьютерах, используемых одним и тем же человеком). Одновременное использование несколькими людьми (на нескольких компьютерах) требует дополнительных лицензий.

Дополнительные лицензии (многопользовательские лицензии)

Дополнительные лицензии позволяют учреждению, компании или учебному заведению устанавливать программу на нескольких компьютерах. Принимая данное соглашение, Вы гарантируете, что программа не будет использоваться одновременно на большем количестве машин, чем количество купленных лицензий. Все лицензии выпускаются на то же самое имя (название компании), которое появляется в заголовке программы. Каждая дополнительная лицензия также позволяет отдельному пользователю использовать программу дома.

Ответственность

Мы стараемся, чтобы наша программа была настолько безошибочной, насколько это возможно. Но, согласно всеобщему закону Мерфи, программ без ошибок не бывает, а число ошибок возрастает с усложнением программы. Именно поэтому мы не можем гарантировать, что эта программа будет безукоризненно работать в любой среде, на всякой Windows-совместимой машине и совместно с любым другим приложением. Таким образом, отвергается всякая ответственность за какие-либо виды ущерба. В любом случае наша ответственность ограничивается суммой регистрационного взноса.

Пожалуйста, проверьте эту программу с не критичными данными. Мы не можем гарантировать безопасность Ваших данных. Зарегистрировав программу, Вы тем самым соглашаетесь использовать ее со всеми ошибками, не выявленными нами до регистрации.

Авторские права

Все авторские права на программный комплекс «Контур» принадлежат ООО «ЭЗОП». Свидетельство от государственной регистрации программы для ЭВМ №2008615248 от 31 октября 2008 года.

2.6. Обратная связь

Наш адрес: 115201, Москва, Каширское шоссе, 22 корп. 3.

Связаться с нами можно по телефону (факсу) – (499) 613-33-18, (495) 727-08-36, или по электронной почте: ezop@ezop.ru. В теме сообщения просьба указывать «Контур» или “Kontur”.

Мы расположены в офисе 517 на 5 этаже 10-этажного здания ВНИИЭ.

3. Использование программы

3.1. Пользовательский интерфейс

3.1.1. Элементы интерфейса

Главное окно состоит из следующих частей:

- Заголовок;
- Рабочая область;
- Меню;
- Панель инструментов;
- Строка состояния.

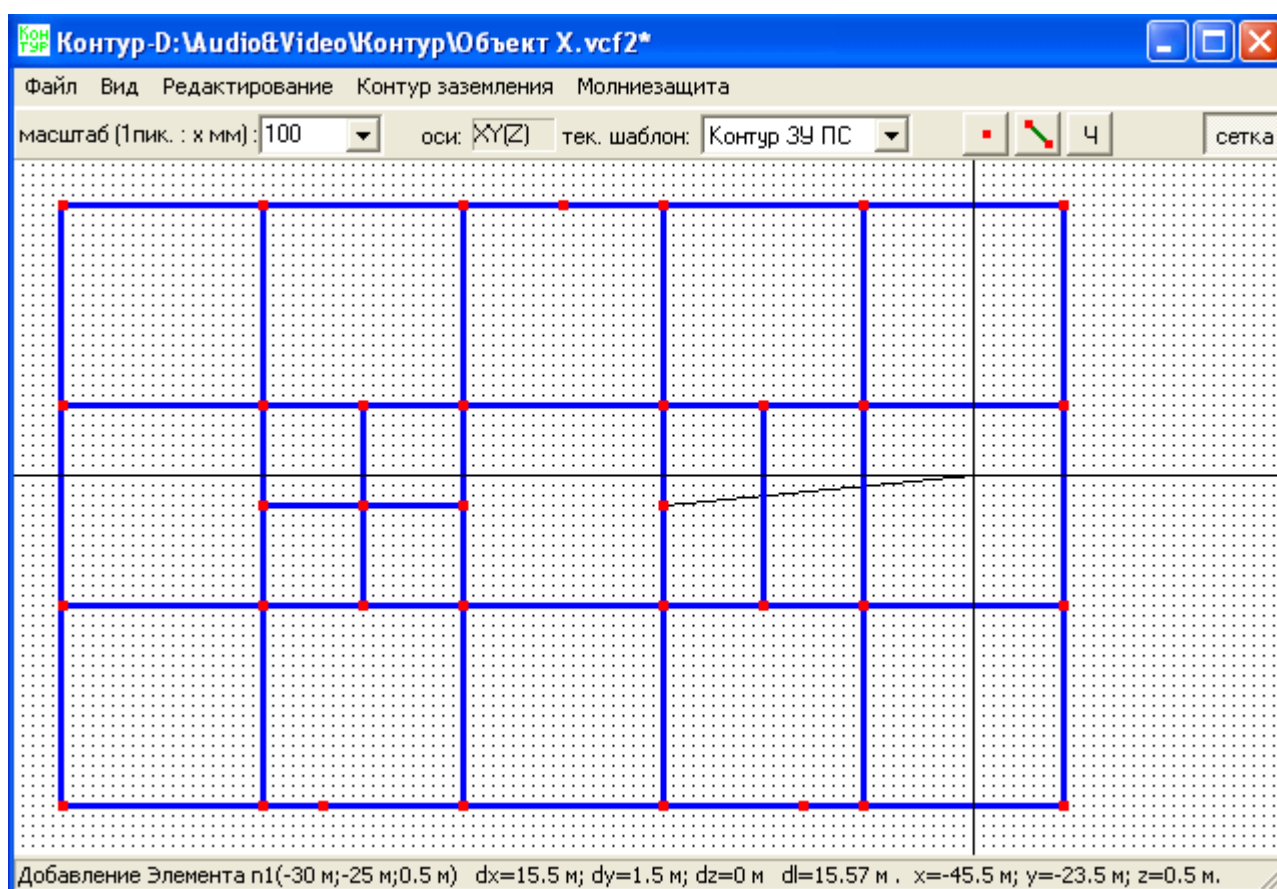


Рис. 3-1. Главное окно программы.

В рабочей области программы «Контур» представлена модель заземляющего устройства объекта с различными цветовыми обозначениями для различных уровней залегания и различных типов элементов ЗУ. Узлы контура привязываются к координатной сетке, шаг которой может изменяться пользователем. Редактирование схемы в рабочей области возможно как с помощью пунктов меню, так и с помощью «мыши». После проведения расчета в данной области отображаются полученные результаты в соответствии с видом расчета и выбранными пользователем опциями. Подробнее возможности редактирования и расчета описываются ниже.

Меню программы состоит из следующих пунктов меню:

- Файл;
- Вид;
- Редактирование;

- Контур заземления;
- Молниезащита;
- Помощь.

3.1.1.1. Подменю «Файл»

Подменю «Файл» служит для операций с файлами и печати текущего проекта. Он включает пункты:

- **Создать.** Этот пункт меню позволяет создавать новую рабочую область. Если в ранее созданную/открытую модель заземляющего устройства (далее кратко «модель ЗУ») были внесены изменения, то при попытке создать новую рабочую область появится диалоговое окно с предложением сохранить изменения.
- **Открыть.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно открытия ранее сохраненного файла с моделью ЗУ. Файл имеет определенный формат и расширение vcf2 – Virtual Circuit File 2, созданный специально для хранения сведений о модели ЗУ. Программа автоматически определяет наличие в файле результатов расчета. Если в ранее созданную/открытую модель ЗУ были внесены изменения, то при попытке открыть сохраненный файл появится диалоговое окно с предложением сохранить изменения текущего файла.
- **Сохранить.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно сохранения текущей модели ЗУ. Сохранить модель можно только в формате vcf2.

В программном комплексе «Контур» встроена функция автоматического сохранения текущего проекта. При создании новой модели ЗУ объекта происходит автоматическое сохранение данных проекта каждые 10 мин. При этом создается файл autosave.vcf2. Каждое последующее сохранение перезаписывает данные этого файла. В случае необходимости использования данных из файла autosave.vcf2, его рекомендуется переименовать для избежания перезаписи сохраненных данных более новыми.

В том случае, если выполняется редактирование ранее созданного файла модели ЗУ, файл автоматического сохранения будет иметь вид: xxx-autosave.vcf2, где xxx – имя редактируемого файла.

При одновременном запуске на расчет нескольких копий программы «Контур» рекомендуется для каждого из расчетов сохранять файл расчетной модели под своим именем. Это необходимо для того, чтобы данные одной программы, при автоматическом сохранении, не уничтожили данные, сохраненные другими копиями программы.

- **Сохранить с результатами.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно сохранения текущей модели ЗУ с результатами расчетов. Сохраняются результаты последнего расчета для последующего их использования. Расширение файла с результатами расчета такое же, как и без результатов – vcf2, поэтому, чтобы не возникло путаницы, эти файлы необходимо соответствующим образом именовать. Наибольшего размера файл с сохраненными результатами достигает при расчете молниевых импульсов с токами, и может составлять порядка 100 Мб.
- **Импорт.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно импорта схем из подготовленных ранее файлов AutoCAD версии 2005 или выше. Импортированы могут быть только схемы из файлов с расширением dxf. После выбора необходимого файла открывается диалоговое окно с выбором параметров будущей схемы (см. Рис. 3-2), в котором необходимо указать импортируемый слой, шаблон для импортируемых элементов, глубину залегания контура, масштаб и порядок округления координат. Пример импортирования готовой схемы описан в Разд. 3.2.2.

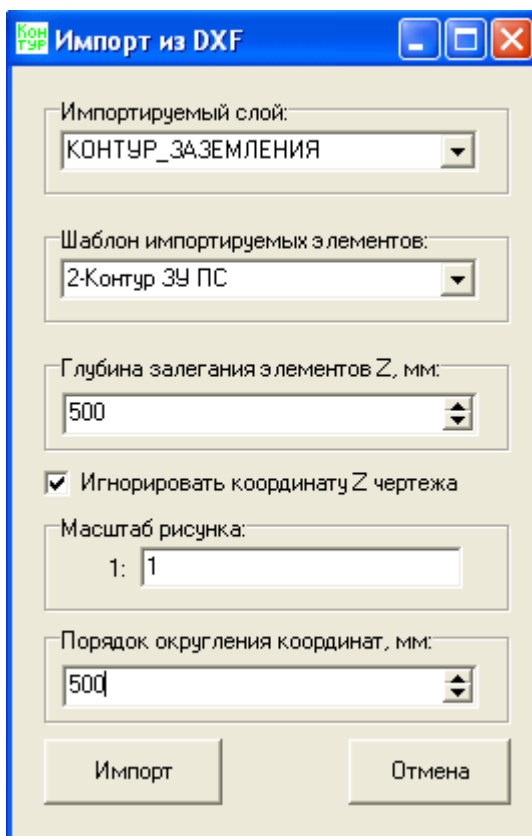


Рис. 3-2. Окно «Импорт из DXF».

Замечания: для корректного импорта нужного слоя необходимо сохранять его в файле с расширением *dxf* таким образом, что бы все размеры были даны в миллиметрах. Округление координат позволяет сгладить неточности прорисовки контура в программе AutoCAD (несостыковки линий и т.п.). Величина округления «500 мм» означает, что все линии и пересечения будут после импортирования привязаны к координатной сетке с шагом 0.5x0.5 м. Более подробно использование координатной сетки описано в Разд. 3.1.1.2 и 3.1.3.

По умолчанию галочкой отмечен пункт «Игнорировать координату Z». В этом случае глубина залегания импортируемого слоя в модели «Контура» задается пользователем вручную. Если снять выделение этого пункта, то импортируемый слой будет расположен на глубине, соответствующей его расположению в файле AutoCAD (обычно 0 м). При этом окно «Глубина залегания элементов» становится неактивным. Данная возможность предусмотрена для случая импортирования трехмерных моделей, созданных в программе AutoCAD.

В случае пересечения элементов вставляемого слоя с уже существующими элементами модели ЗУ будут автоматически добавлены новые узлы в местах пересечения. Если автоматического разбиения элементов не произошло, то необходимо запустить проверку модели ЗУ на наличие ошибок (см. Разд. 3.1.1.4). В случае наложения новых элементов на уже существующие, новые элементы (в месте наложения) не будут добавлены. В этом месте останутся уже существующие элементы модели ЗУ.

В будущих версиях программы «Контур» будет добавлена возможность экспорта созданных моделей ЗУ, а также построенных зон молниезащиты [в программу AutoCAD](#).

- **Печать.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно печати текущего проекта Рис. 3-3.

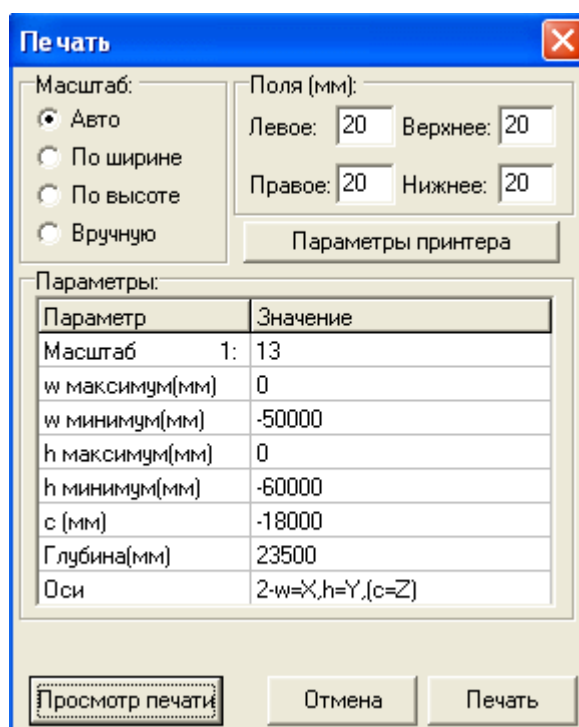


Рис. 3-3. Диалог печати текущего контура.

С помощью панели «Масштаб» можно выбрать способ определения масштаба. Если выбрано «Авто» (по умолчанию), то масштаб подбирается таким образом, чтобы определенная в панели «Параметры» окна «Печать» область модели 3У вместились на страницу. При выборе способа «По ширине» или «По высоте» масштаб выбирается таким образом, чтобы область модели 3У занимала всю ширину или высоту страницы соответственно. Выбор способа «Вручную» позволяет изменять свойство «Масштаб» в панели «Параметры».

Панель «Поля» позволяет задать поля от края бумаги в миллиметрах.

В панели «Параметры» задается область модели 3У, которая будет выводиться на печать. Параметр «Оси» задает, какая ось будет находиться по ширине и по высоте страницы (w – ширина страницы, h – высота страницы, c – ось перпендикулярная странице). Параметр « c (мм)» определяет положение камеры просмотра, а «Глубина (мм)» - до какой глубины виден контур. По умолчанию выбираются такие параметры, чтобы была видна вся модель 3У. Все параметры доступны для редактирования непосредственно в диалоговом окне.

Настроить параметры принтера можно нажатием кнопки «Параметры принтера». Здесь задаются такие параметры, как качество печати, положение страницы и т.п. Диалоговое окно, вызываемое по этой кнопке, зависит от драйвера принтера и операционной системы.

Нажав на кнопку «Просмотр печати» можно увидеть, что должен распечатать принтер.

При нажатии кнопки «Печать» произойдет подготовка страницы к печати и отправка страницы на печать.

- **Выход.** Выход из программы. Если последние изменения не были сохранены, то появится диалоговое окно с предложением сохранить изменения. В случае, если данные уже были сохранены, появится диалоговое окно с подтверждением выхода из программы.

3.1.1.2. Подменю «Вид»

Подменю «Вид» управляет параметрами редактора, а также позволяет просмотреть текущий проект в трехмерном виде. Он содержит следующие подпункты:

- **Размер сетки.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно (Рис. 3-4), с помощью которого можно задать шаг сетки редактирования, которую можно включить, нажав кнопку «сетка» на панели инструментов. Это диалоговое окно можно также вызвать с помощью контекстного меню, нажав на правую кнопку «мыши» на рабочей области. Размер шага задается в миллиметрах. Использование сетки редактирования позволяет создавать модель ЗУ с точной привязкой к координатам с шагом, определенным пользователем. По умолчанию координатная сетка имеет размеры 500x500 мм.

Исходной точкой для задания сетки служит узел с координатами (0; 0; Z), где Z – текущая глубина/высоты слоя. Если расчетная модель изначально была создана без использования координатной сетки, то узлы этой модели могут не совпадать с узлами сетки. Для привязки модели ЗУ к координатной сетке (в зависимости от линейных размеров модели эта привязка не всегда может быть полной) необходимо скопировать модель (участок модели) и вставить ее, предварительно включив режим отображения координатной сетки.

При создании модели ЗУ без отображения координатной сетки, минимальный шаг между узлами модели будет равен текущему масштабу отображения, выраженному в миллиметрах. Например, если текущий масштаб – 100, то возможное минимальное расстояние между узлами модели будет равно 100 мм.

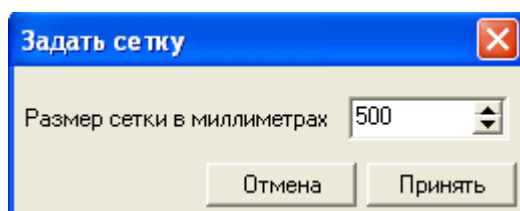


Рис. 3-4. Окно «Задать сетку».

- **Перемещение.** Этот пункт меню включает/отключает режим перемещения, с помощью которого можно перемещать окно редактирования текущей модели ЗУ, нажав и удерживая левую кнопку «мыши». Для выключения режима перемещения нужно повторно выбрать этот пункт меню. Включить/выключить режим перемещение можно также с помощью контекстного меню, нажав на правую кнопку «мыши» на рабочей области.
- **Размер курсора.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно задания размера перекрестия курсора в пикселях (Рис. 3-5).

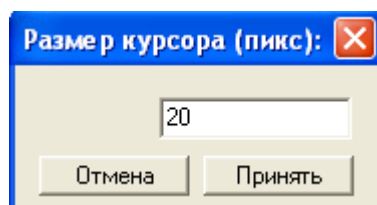


Рис. 3-5. Окно «Размер курсора».

- **Сменить оси.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно смены осей текущей модели ЗУ (Рис. 3-6), с помощью которого можно изменить не только оси редактирования, но и задать координаты центра экрана (камеры). Это диалоговое окно также можно вызвать с помощью контекстного меню, нажав на правую кнопку «мыши» на рабочей области.

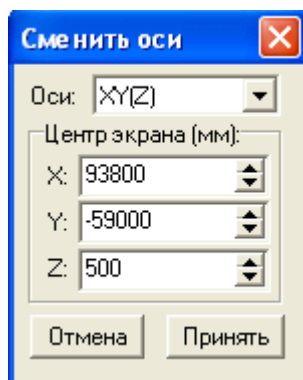


Рис. 3-6. Окно «Сменить оси».

- **Третья координата.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно «Сменить оси» (Рис. 3-6), но для изменения доступна только координата оси перпендикулярной к плоскости рабочей области. Таким образом, можно быстро задать «глубину» текущего слоя.
- **Просмотр.** Этот пункт меню позволяет просматривать текущую модель ЗУ в трехмерном виде под различными углами зрения. При выборе этого пункта открывается окно (Рис. 3-7). Это окно включает в себя: заголовок, панель инструментов и рабочую область. На панели инструментов расположены три группы кнопок «вверх-вниз» с помощью которых можно изменять параметры, расположенные рядом с этими группами.

Кнопка «Сохранить» вызывает диалоговое окно сохранения текущего окна в файл формата jpg.

Залипающая кнопка «Большие узлы» включает/выключает увеличение размера узлов. А залипающая кнопка «Подсказка» включает/выключает подсказку о клавишах управления параметрами просмотра.

Нажав и удерживая левую кнопку «мышки» можно передвигать трехмерную модель ЗУ. Если «мышь» имеет ролик, то с помощью него можно изменять масштаб. Двойное нажатие на поле «Масштаб» в панели инструментов вызовет окно изменения масштаба вручную.

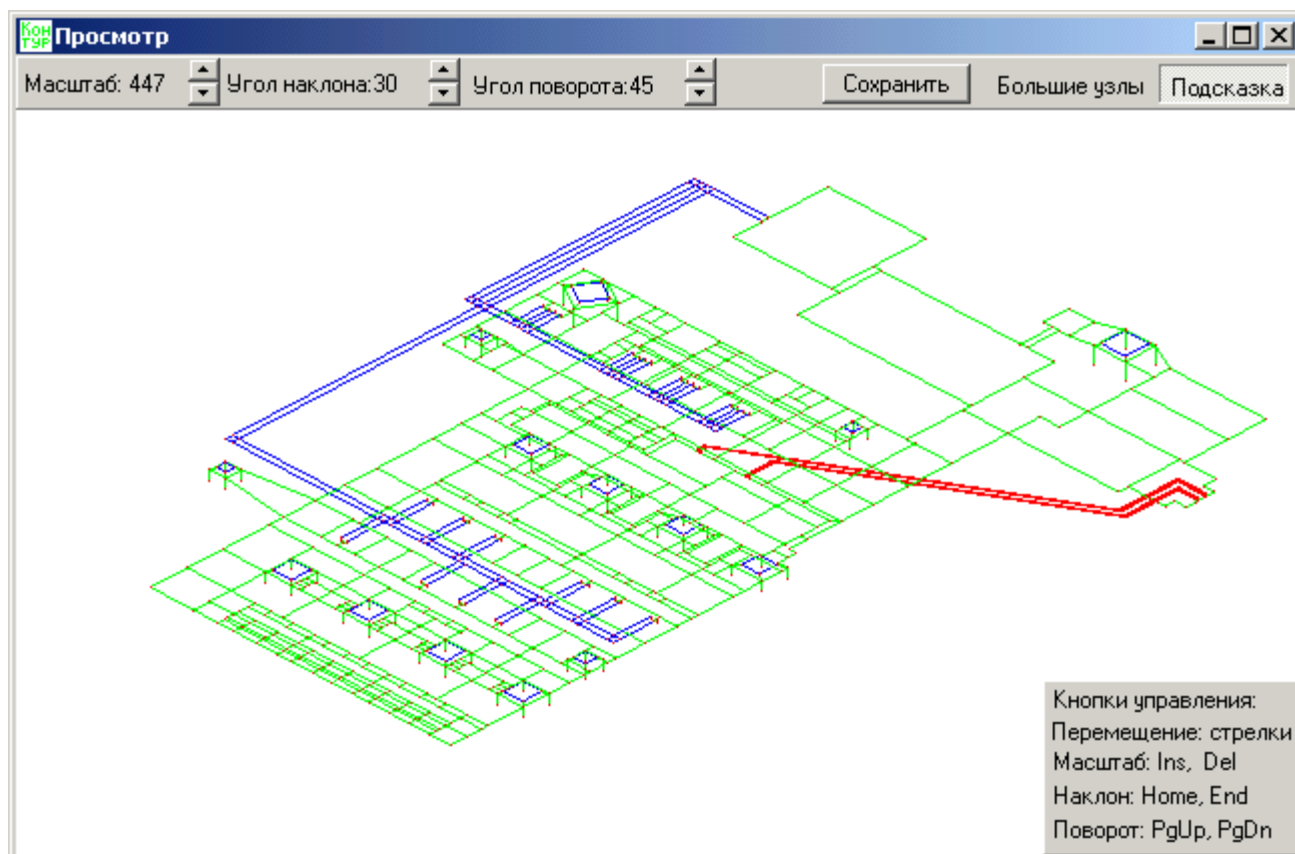


Рис. 3-7. Окно просмотра текущей геометрии модели ЗУ.

- **Диапазон и цвета.** Этот пункт меню позволяет изменять стандартные настройки цветового обозначения величины потенциалов на расчетной схеме. При выборе этого пункта открывается диалоговое окно (Рис. 3-8). По умолчанию, весь диапазон получившихся после расчета значений (потенциала в точке или напряжения шага) делится равномерно на 6 групп (за исключением расчета магнитных полей). Диапазоны изменения величины магнитного поля поделены на группы в соответствии с классами жесткости испытаний аппаратуры на воздействие различных магнитных полей (в соответствии с ГОСТ Р 50648-94 и ГОСТ Р 50649-94).

Каждой группе присваивается определенное цветовое обозначение, в соответствии с которым окрашиваются узлы (или область) модели ЗУ после расчета. Таким образом можно визуально контролировать изменение потенциалов (напряжения шага, магнитного поля) при удалении от точки воздействия помехи.

Цветовая градация и границы диапазонов всех групп могут быть изменены вручную непосредственно в диалоговом окне.

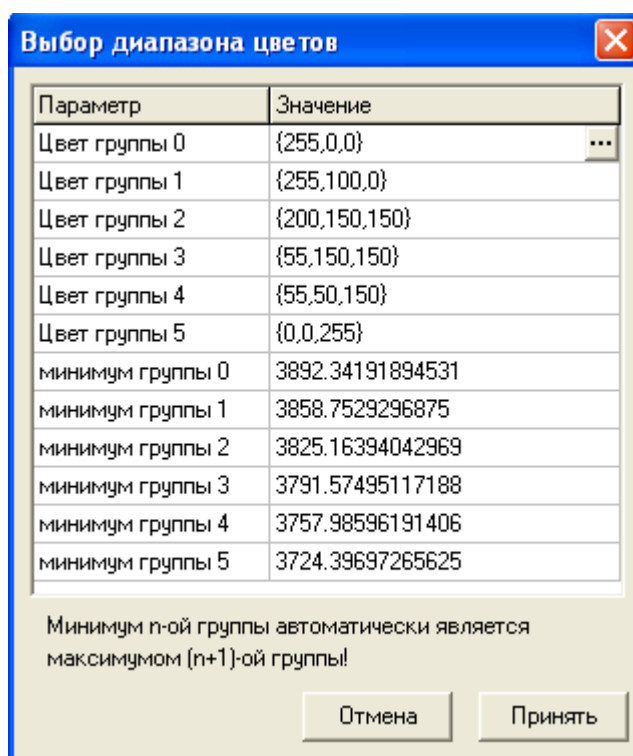


Рис. 3-8. Окно редактирования диапазона и цвета.

3.1.1.3. Подменю «Редактирование»

Подменю «Редактирование» содержит пункты меню, позволяющие редактировать текущую модель ЗУ:

- **Ввод по координатам.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно ручного ввода параметров узлов и элементов модели ЗУ (Рис. 3-9). Это диалоговое окно имеет две панели управления: «Узлы» и «Элементы».

Панель «Узлы» содержит список всех узлов модели ЗУ, кнопки добавления и удаления узлов, а также окно с координатами текущего узла. Все координаты узлов можно изменять, внося изменения в соответствующие окошки значений координат узла.

Можно выбрать группу узлов (нажав и удерживая правую кнопку «мышки» при выборе «мышкой» или клавиши «shift» при выборе стрелками на клавиатуре) для группового изменения какого-либо параметра (в основном «Z»).

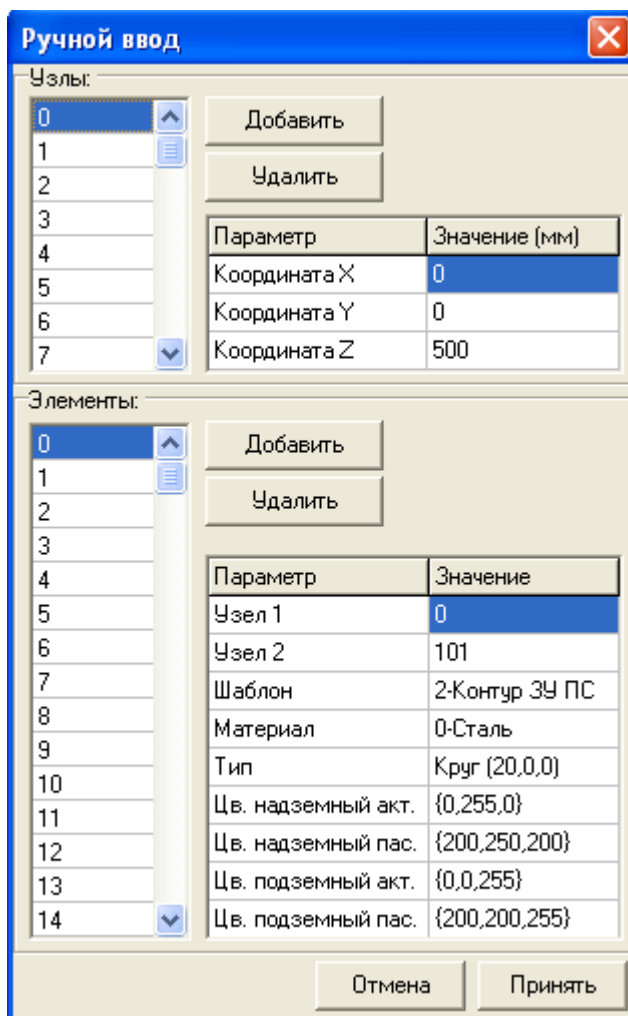


Рис. 3-9. Окно «Ручной ввод».

При нажатии кнопки «Добавить» в панели «Узлы» открывается диалоговое окно добавления нового узла (Рис. 3-10), где можно ввести координаты нового узла и добавить его. Если узел с такими координатами уже существует, то новый узел не добавиться, а список «Узлы» покажет номер узла с введенными координатами.

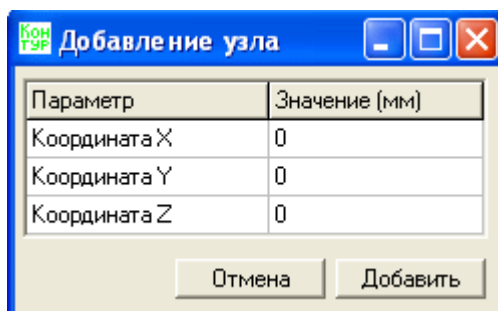


Рис. 3-10. Окно «Добавление узла».

При нажатии кнопки «Удалить» в панели «Узлы», произойдет удаление текущего узла и всех элементов, присоединенных к этому узлу.

Панель «Элементы» содержит список всех элементов модели 3У, кнопки добавления и удаления элементов, а также окно с параметрами текущего элемента. Каждый элемент модели имеет следующие параметры: два узла, которые соединяет данный элемент и шаблон. Шаблон – это группа параметров элемента, к которой этот элемент принадлежит.

При нажатии кнопки «Добавить» в панели «Элементы», открывается диалоговое окно добавления нового элемента (Рис. 3-11), где можно ввести параметры нового элемента и

добавить его. Если элемент с такими параметрами уже существует, то новый элемент не добавиться, а список «Элементы» покажет номер элемента имеющего эти параметры.

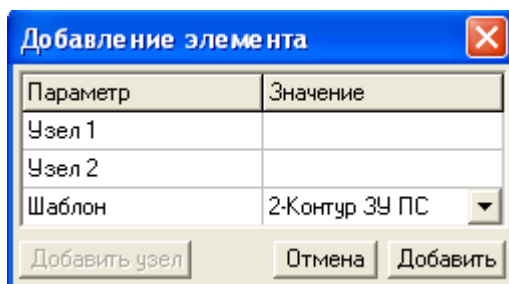


Рис. 3-11. Окно «Добавление элемента».

При нажатии кнопки «Удалить» в панели «Элементы» произойдет удаление текущего элемента.

Геометрическое разрешения модели составляет 1 мм, так как координаты узлов описываются только целыми числами. Таким образом, элементы будут считаться пересекающимися, если глубина их взаимного проникновения равна или больше 1 мм.

- **Вставить сетку.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно добавления сетки на определенной глубине (высоте) с заданными параметрами (Рис. 3-12). В диалоговом окне задаются начальная (верхняя левая) точка, от которой строиться вся сетка. Следует обратить внимание на то, что вся сетка будет находится на глубине (высоте) с координатой «Z». Далее задаются размеры ячеек сетки по длине (координата X) и ширине (координата Y), а также количество ячеек по координатам X и Y. Далее следует выбрать шаблон элементов, из которых будет состоять сетка и нажать кнопку «Добавить».

В случае пересечения элементов вставляемой сетки с уже существующими элементами модели 3У будут автоматически добавлены новые узлы в местах пересечения. Если автоматического разбиения элементов не произошло, то необходимо запустить проверку модели 3У на наличие ошибок (см. Разд. 3.1.1.4). В случае наложения новых элементов на уже существующие, новые элементы (в месте наложения) не будут добавлены. В этом месте останутся уже существующие элементы модели 3У.

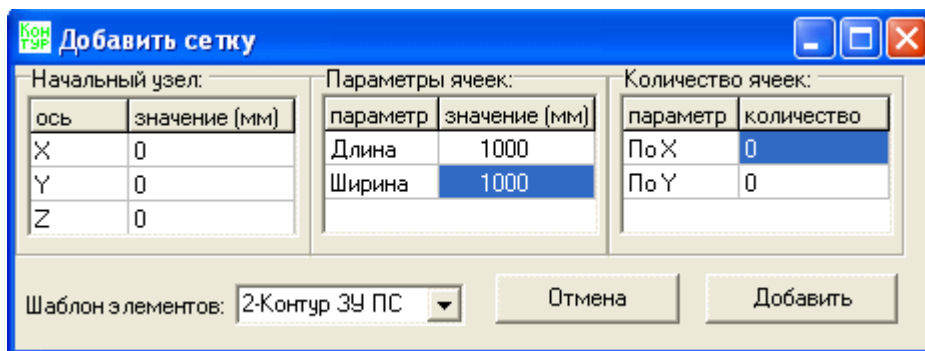


Рис. 3-12. Окно «Добавить сетку».

- **Шаблоны.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно «Шаблоны» (Рис. 3-13), которое позволяет управлять шаблонами элементов модели 3У.

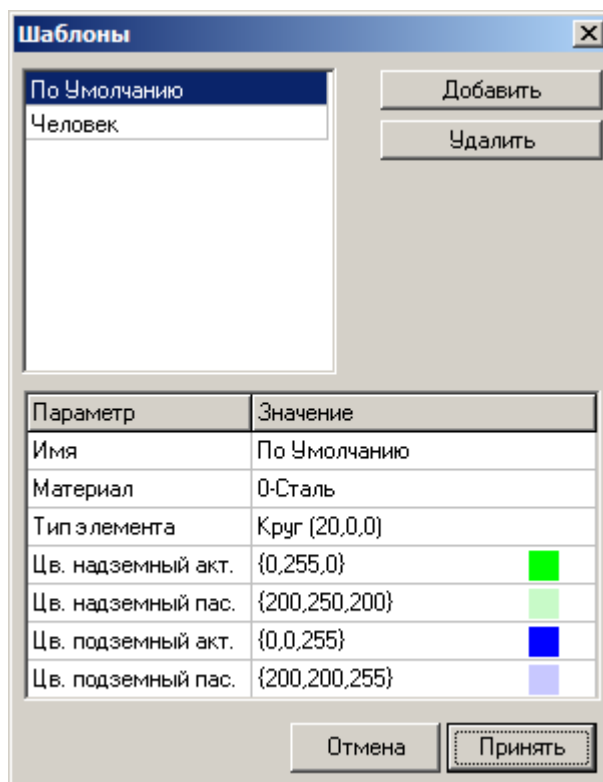


Рис. 3-13. Окно «Шаблоны».

Шаблоны созданы для того, чтобы объединять элементы, имеющие одинаковые параметры, такие как материал, диаметр и т.п. Для изменения какого-либо параметра этой группы (например, диаметра), достаточно изменить параметр шаблона, а не менять этот параметр для каждого элемента модели ЗУ. Шаблон с номером 0 («По Умолчанию») задает начальные значения параметров элементов, нарисованных данным шаблоном.

Для создания элементов с параметрами, отличными от начальных значений, рекомендуется создавать пользовательские шаблоны. Необходимо отметить, что изменить индивидуально параметры элемента из группы, объединенной одним шаблоном, нельзя. Для такого элемента необходимо создавать новый шаблон с требуемыми параметрами.

После выхода из диалогового окна создания нового шаблона или редактирования существующего, указанный шаблон будет выбран в качестве рабочего на панели инструментов.

Шаблон имеет следующие параметры:

- Имя;
- Материалы;
- Диаметр;
- Цвет надземный активный;
- Цвет надземный пассивный;
- Цвет подземный активный;
- Цвет подземный пассивный.

В качестве «Типа элемента» могут быть выбраны: круглый прут, полоса, труба. В зависимости от типа элемента меняются доступные для редактирования параметры элемента.

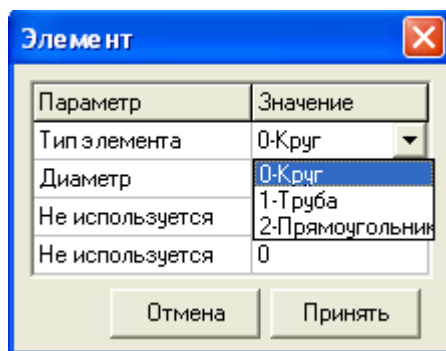


Рис. 3-14. Окно «Элемент».

Активный цвет – это цвет элементов, которые находятся в текущем слое редактирования, а остальные элементы (с меньшей координатой «Z») рисуются пассивным цветом. Подземный элемент – это элемент, у которого $Z > 0$.

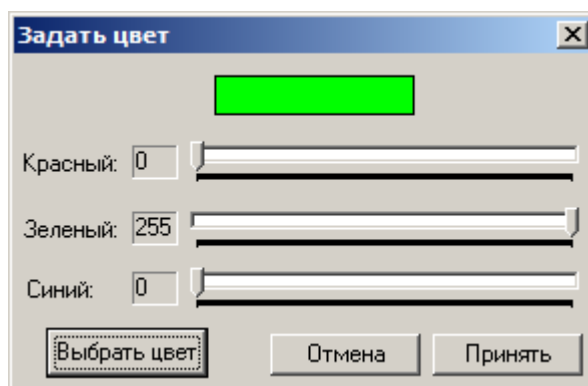


Рис. 3-15. Окно «Задание цвета».

Кнопкой «Добавить» можно добавить шаблон, а кнопкой «Удалить» – удалить текущий шаблон.

- **Материалы.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно «Материалы» (Рис. 3-16), с помощью которого можно управлять свойствами материалов элементов модели ЗУ.

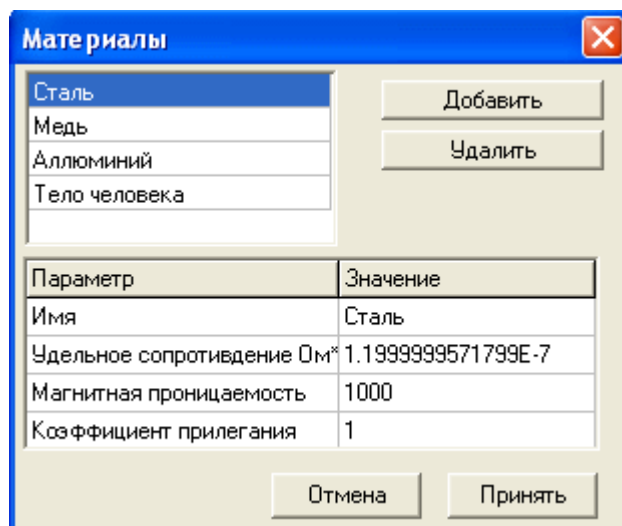


Рис. 3-16. Окно «Материалы».

Кнопкой «Добавить» можно добавить новый материал. Кнопкой «Удалить» удаляется текущий материал. Все параметры материала доступны для редактирования. По умолчанию заданы четыре типа материала. Материал «Тело человека» используется для расчета напряжения прикосновения. Следует отметить, что параметр «коэффициент прилегания» характеризует прилегание проводника к грунту, т.е. фактически долю площади поверхности

проводника, участвующей в процессе стекания тока в землю.

- **Выделить все.** Этот пункт меню позволяет выделять все текущие элементы и узлы.
- **Добавить узел (N).** Этот пункт меню позволяет добавить новый узел нажатием левой кнопкой «мыши» в нужное место. В скобках указана горячая клавиша этого пункта меню. Добавить узел можно так же нажатием на кнопку «Узел» на панели инструментов.

Если узел добавляется на элемент, то он разделит этот элемент на два элемента.

- **Добавить узел от.** Этот пункт меню позволяет добавить новый узел на нужном расстоянии от заданной точки отсчета. При выборе данного пункта нужно нажатием правой кнопкой «мышки» выбрать точку отсчета. После чего можно добавить узел на нужном расстоянии от точки отсчета. Расстояние выводится в строке состояния параметром «dl».
- **Добавить элемент (E).** Этот пункт меню позволяет добавить новый элемент в указанное место. Узлы по концам элемента, если их не было, добавляются автоматически. Элемент имеет параметры шаблона, выбранного в списке шаблонов на панели инструментов. В скобках указана горячая клавиша этого пункта меню. Добавить элемент можно так же нажатием на кнопку «Элемент» на панели инструментов. Горизонтальный элемент добавляется введением начального и конечного узлов в рабочей области с помощью нажатия на левую кнопку «мыши». Вертикальный (или наклонный) элемент может быть добавлен следующим образом:

- введения начального узла с помощью нажатия на левую кнопку «мыши»;
- перемещения на нужную глубину/высоту с помощью колеса прокрутки «мыши» или непосредственного ввода координаты Z в окне «Сменить оси» (Ctrl+E);
- введения конечного узла с помощью нажатия на левую кнопку «мыши».

Для точного присоединения нового элемента к определенному узлу существующей модели ЗУ рекомендуется включить режим координатной сетки. При пересечении двух элементов автоматически добавляется узел на место пересечения. При переходе элемента через $Z=0$ также автоматически добавляется узел. Некоторые ошибки, возникающие при создании модели ЗУ (наложение элементов, двойные узлы, отдельные узлы, отдельные элементы в воздухе и т.п.) могут быть автоматически устранены при запуске процедуры проверки (Ctrl+T).

- **Изменить шаблон.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно «Изменение шаблона» (Рис. 3-17), с помощью которого можно изменять шаблон для выделенных элементов. Один или несколько элементов модели ЗУ можно выделить, нажав и удерживая левую кнопку «мыши». В ниспадающем списке шаблонов можно выбрать тот шаблон, который следует присвоить выделенным элементам. Данный пункт меню активен, только если выделен хотя бы один элемент. Это диалоговое окно также можно вызвать с помощью контекстного меню, нажав на правую кнопку «мыши» на рабочей области.

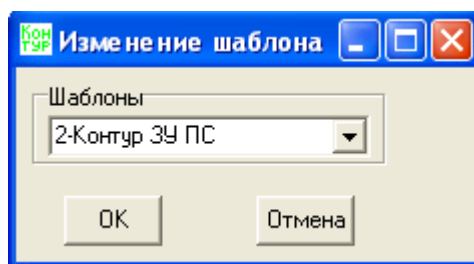


Рис. 3-17. Окно «Изменение шаблона».

- **Отмена.** Этот пункт меню отменяет последнее действие (горячая клавиша «Z»). Данный пункт меню активен только в случае, если возможна отмена последнего действия.

3.1.1.4. Подменю «Контур заземления»

Подменю «Контур заземления» содержит операции, применимые для всей модели ЗУ в целом и содержит следующие подменю:

- **Проверка.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно «Тестирование» (см. Рис. 3-18) для проверки геометрии модели ЗУ на ошибки, которые могут привести к сбоям и неправильным результатам расчета. Перед запуском расчета модели ЗУ **необходимо** производить проверку этой модели на ошибки.

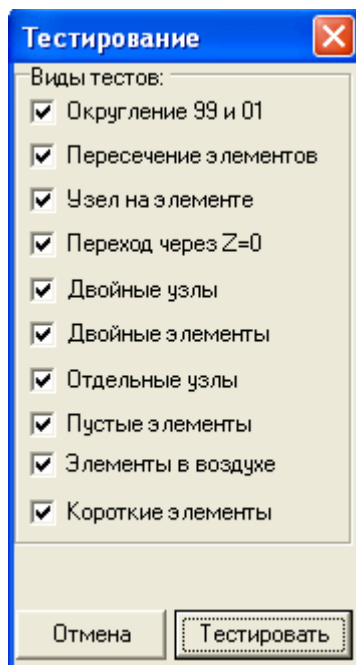


Рис. 3-18. Окно «Тестирование».

- **Параметры/Расчет.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно «Параметры/Расчет», с помощью которого запускается расчет потенциалов и токов в элементах и точках модели ЗУ. Диалоговое окно состоит из трех вкладок:
 - Параметры ЗУ;
 - Ввод тока;
 - Расчет.

Вкладка «Параметры ЗУ»

Вкладка «Параметры ЗУ» (Рис. 3-19) позволяет задавать общие параметры расчета для модели ЗУ: слоистость грунта, удельное сопротивление слоев земли, вид и параметры расчета.

При выборе в качестве вида расчета – «Импульс», появляются дополнительные настройки. «Время» задает общую длительность импульса в секундах. Количество «Отсчетов» - это количество точек, на которое разбивается импульс для последующих расчетов. Оно должно быть кратно 2^n для возможности выполнения быстрого преобразования Фурье. Программа производит автоматическую проверку вводимого числа и не позволяет ввести число, не кратное 2^n . Рекомендуемое значение не менее 1024. При расчетах импульса 0.25/100 мкс рекомендуется количество «Отсчетов» ставить не менее 8192.

«Точность» обратно пропорциональна количеству «Точек расчета». После преобразования Фурье амплитудно-частотная характеристика аппроксимируется прямыми линиями. Количество отрезков, на которые разбивается АЧХ, соответствует количеству «Точек расчета».

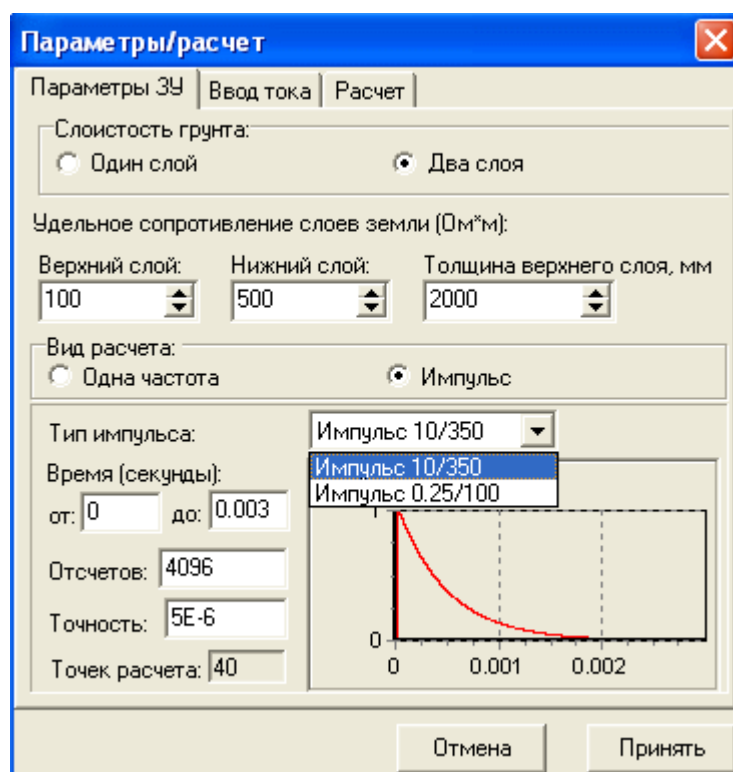


Рис. 3-19. Вкладка «Параметры 3У».

Вкладка «Ввод тока»

Вкладка «Ввод тока» (Рис. 3-20) позволяет задать точки (узлы) ввода тока в модель 3У и его амплитуду (действительную и мнимую части). В случае расчетов с использованием импульсов тока окно ввода мнимой части тока будет неактивным.

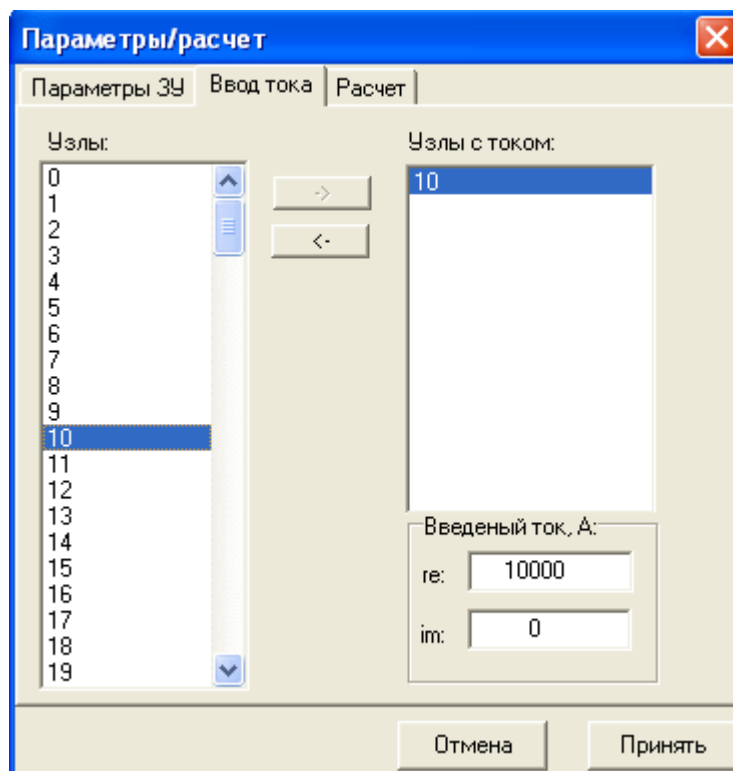


Рис. 3-20. Вкладка «Ввод тока».

Вкладка «Расчет»

Вкладка «Расчет» (Рис. 3-21) позволяет запустить расчет потенциалов и токов в элементах и точках модели ЗУ. При нажатии на кнопку «Начать расчет» программа начнет выполнять расчет с заданными параметрами, при этом, если стоит «галочка» в поле «Рассчитывать с токами» (как на Рис. 3-21), то помимо вывода потенциалов в узлах, будут выведены токи в элементах. В поле «Задача» отображается текущее действие расчетной программы, а в поле «выполнено (%)» - процент выполнения текущего действия.

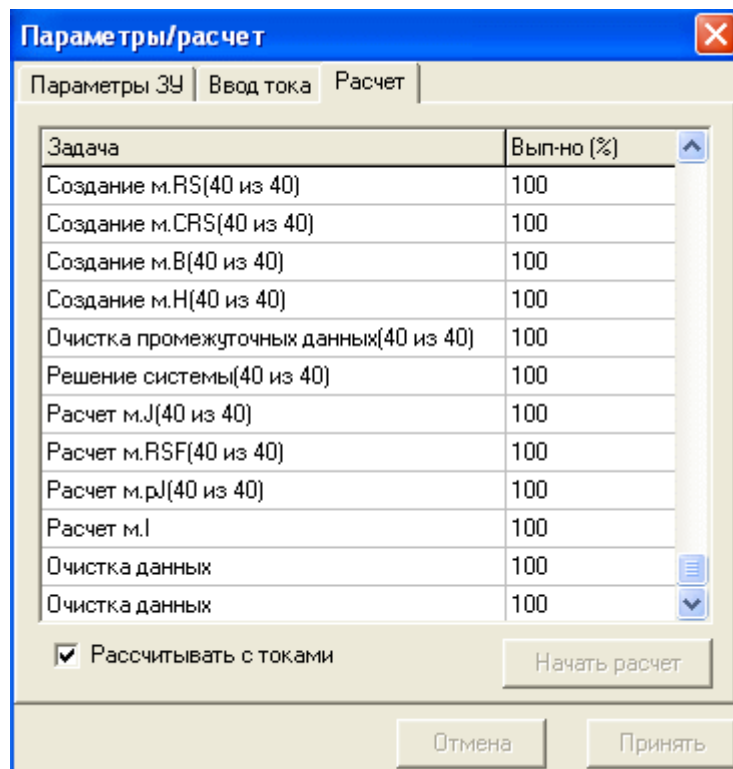


Рис. 3-21. Вкладка «Расчет».

- **Режим редактирования.** Этот пункт меню позволяет перейти в режим редактирования геометрии модели ЗУ после проведения расчетов. После выполнения расчетов в области редактирования отображаются результаты расчетов. В данном режиме редактирование геометрии модели ЗУ невозможно. Для изменения параметров модели следует перейти в режим редактирования, при этом все результаты расчетов (потенциалы в узлах, токи в элементах, напряжения шага, магнитные поля) будут утеряны. При выборе пункта меню «Режим редактирования» выводится предупреждение о том, что данные предыдущего расчета будут потеряны.
- **Разбить элементы.** Этот пункт меню позволяет произвести разбивку длинных элементов модели ЗУ на элементы заданной длины в определенной области. Разбивке подвергаются только элементы, находящиеся под землей ($Z > 0$). При вызове этой функции появляется диалоговое окно, представленное на Рис. 3-22. В нем необходимо указать: номер узла, вокруг которого происходит разбивка элементов; радиус окружности, внутри которой все элементы подвергнутся разбивке (по умолчанию стоит 25 м); длина элементов после разбивки. Все размеры указаны в миллиметрах. При нажатии на кнопку «Принять» произойдет разбиение подземных элементов в заданной области. При этом диалоговое окно будет закрыто.

Разбиение элементов следует проводить для достижения большей точности при расчетах разностей потенциалов на частотах выше 10 кГц и импульсных потенциалов. Однако малая длина элементов и большой радиус разбиения может привести к значительному увеличению количества элементов, что скажется на продолжительности расчета. Примеры использования разбиения приведены в Разд. 3.3.8 и 3.3.10.

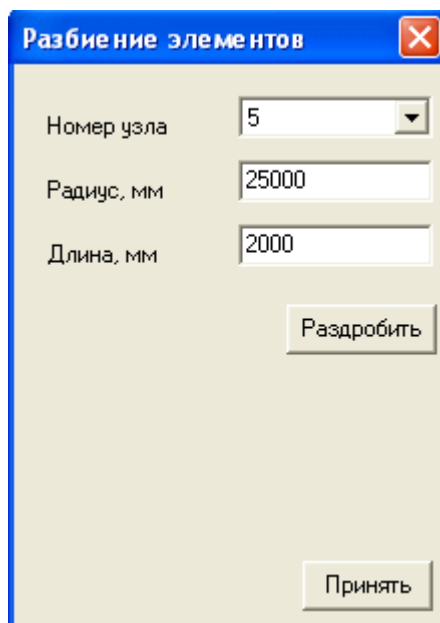


Рис. 3-22. Окно разбивки подземных элементов.

- Расчет напряжения шага.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно «Расчет напряжения шага» (Рис. 3-23), с помощью которого выполняется расчет напряжения шага, после того как был проведен расчет потенциалов и токов. В диалоговом окне необходимо указать координаты центральной точки расчета и радиус области, для которой будет вычисляться напряжение шага. Все размеры указаны в миллиметрах. Кнопка «Курсором» позволяет ввести координаты точки расчета курсором «мыши». Параметр «Разбиение» влияет на точность расчета напряжения шага. Примеры расчета напряжения шага, а также напряжения прикосновения приведены в Разд. 3.3.5. Результатом расчета напряжения шага является эпюра распределения напряжения шага на поверхности грунта.

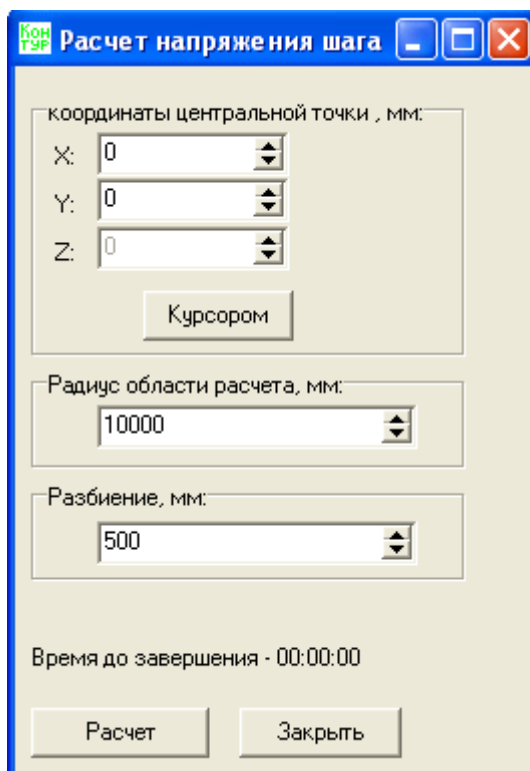


Рис. 3-23. Окно расчета напряжения шага.

В том случае если предварительно не был проведен расчет токов в элементах модели ЗУ, при попытке выполнить расчет напряжения шага, появляется сообщение об ошибке (Рис. 3-24).

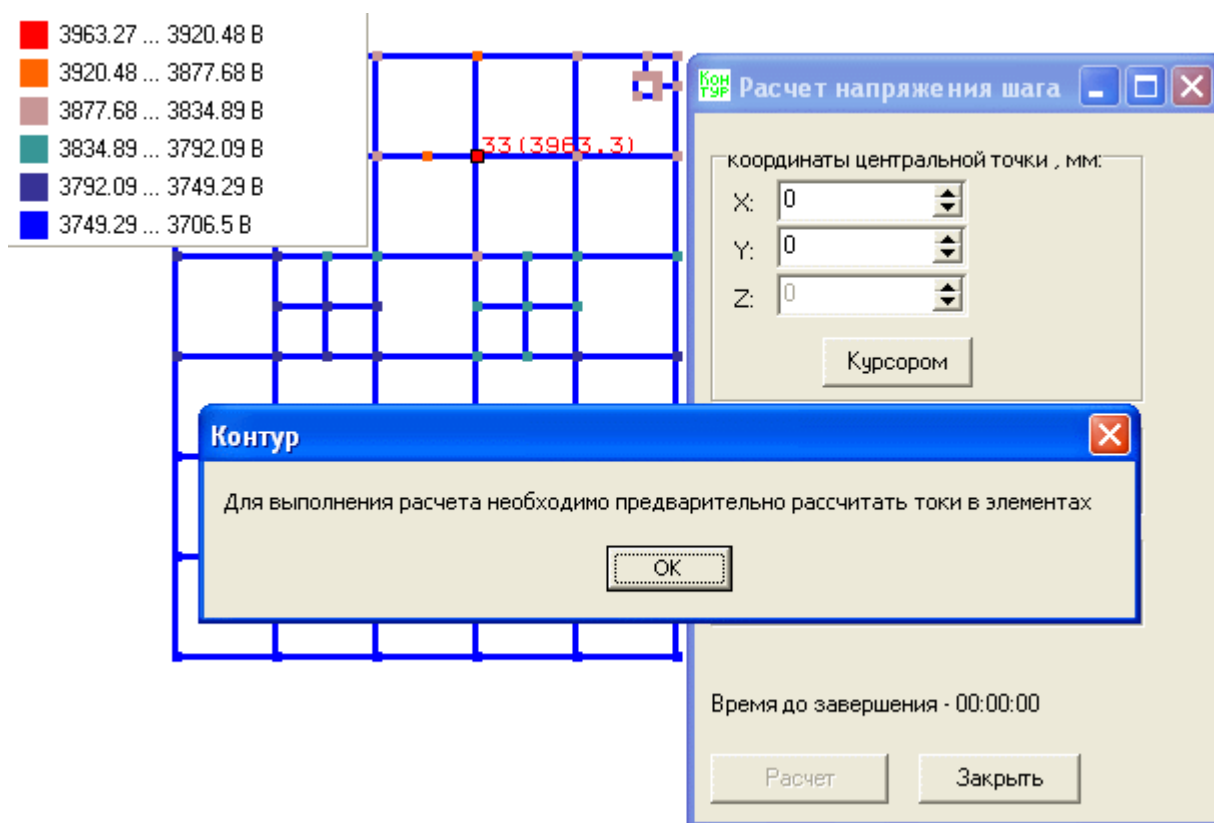


Рис. 3-24. Сообщение об ошибке.

- Расчет напряженности магнитного поля.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно «Расчет магнитного поля» (Рис. 3-25), с помощью которого выполняется расчет кратковременного (при замыкании в высоковольтной сети) или импульсного (при молниевом разряде в элементы системы молниезащиты) магнитного поля, после того как был проведен расчет потенциалов и токов. В диалоговом окне необходимо указать координаты центральной точки расчета и радиус области, для которой будет вычисляться напряженность магнитного поля. Кнопка «Курсором» позволяет ввести координаты точки расчета курсором «мыши». Параметр «Разбиение» влияет на точность расчета напряженности магнитного поля. При расчете импульсных магнитных полей необходимо отметить галочкой пункт «Учитывать поле канала молнии». Примеры расчета напряженности магнитного поля приведены в Разд. 3.3.7 и 3.3.11. Результатом расчета является эпюра распределения напряженности магнитного поля в заданной области пространства.

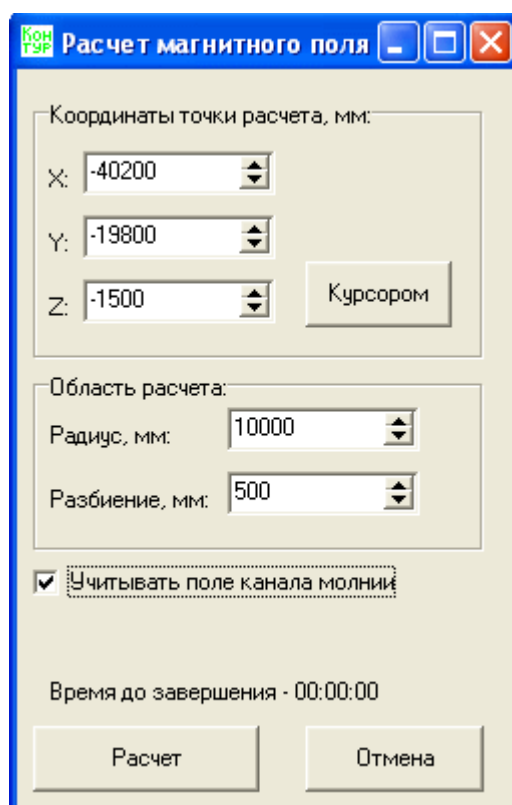


Рис. 3-25. Окно расчета напряженности магнитного поля.

В том случае если предварительно не был проведен расчет токов в элементах модели ЗУ, при попытке выполнить расчет напряженности магнитного поля, появляется сообщение об ошибке (Рис. 3-26).

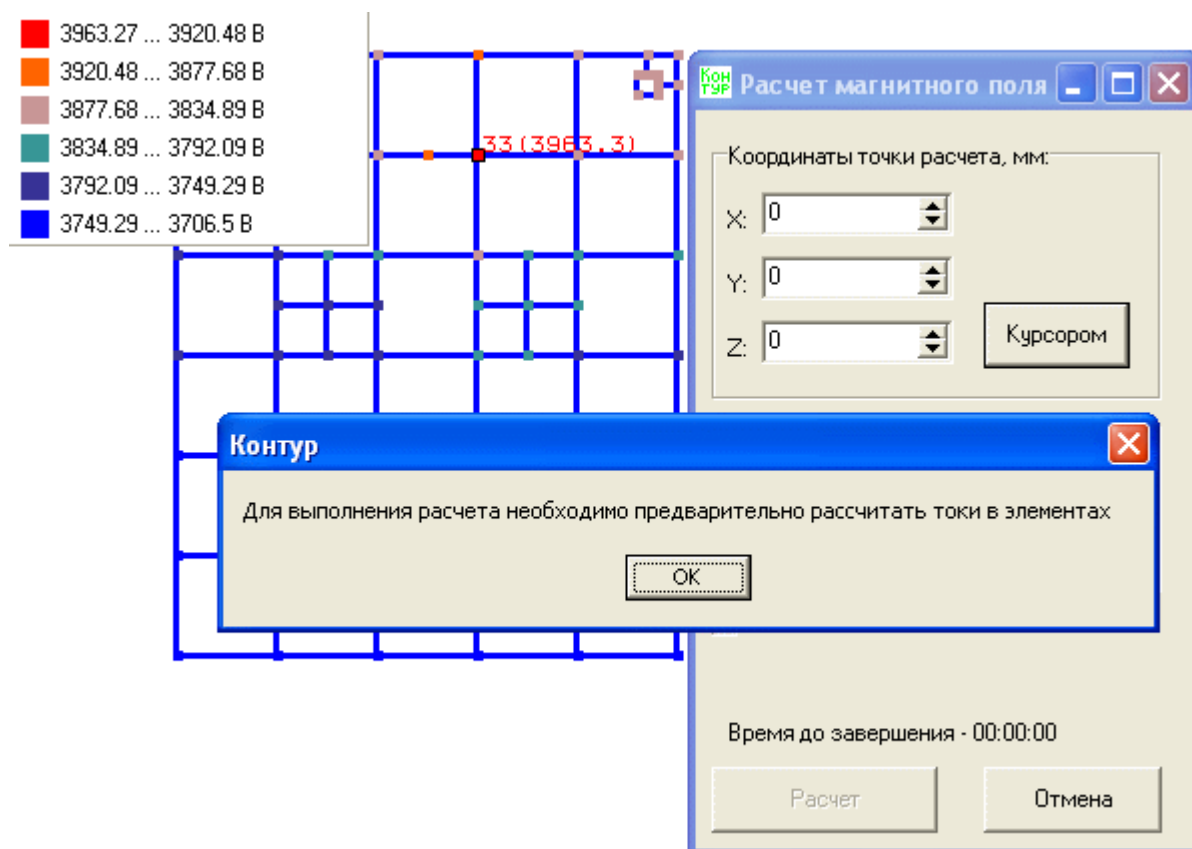


Рис. 3-26. Сообщение об ошибке.

3.1.1.5. Подменю «Помощь»

Подменю «Помощь» служит для получения справки по программе «Контур», а также ввода регистрационных данных и содержит следующие подменю:

- **Помощь.** Этот пункт меню вызывает файл-справку с описание возможностей программы «Контур».
- **О программе.** Этот пункт меню вызывает диалоговое окно «О программе», которое содержит информацию о версии используемой программы и ее производителе.

3.1.2. Вывод результатов расчетов

Полученные в результате расчетов в программе «Контур» значения могут быть представлены в следующем виде:

- При расчетах сопротивления растеканию (в том числе импульсного) или подъема потенциала на ЗУ объекта, полученное значение отображается рядом с интересующим узлом модели ЗУ при нажатии на него левой кнопкой «мыши». Полный диапазон рассчитанных значений для всей модели ЗУ отображается в левом верхнем углу рабочей области.

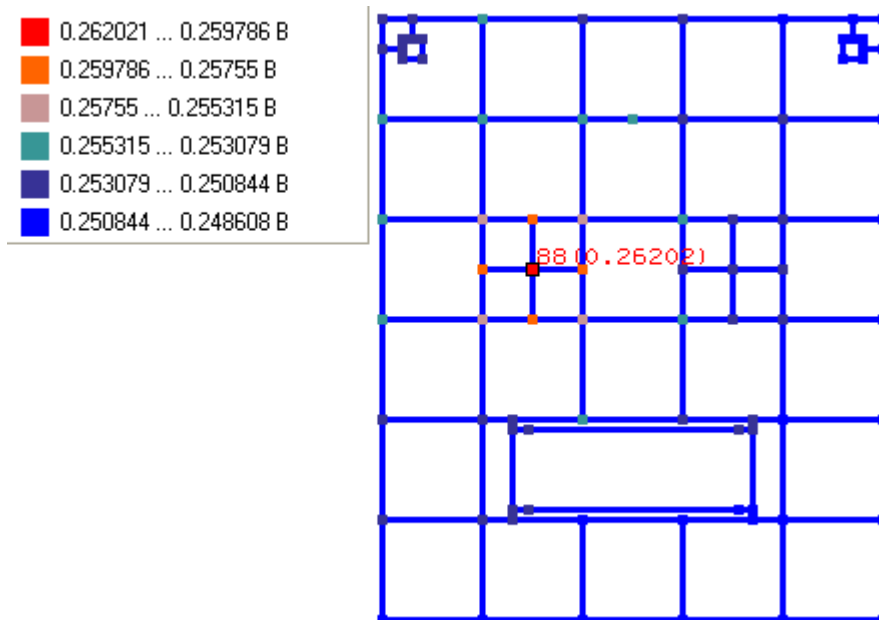


Рис. 3-27. Результат расчета сопротивления растеканию ЗУ объекта.

- При расчетах сопротивления металlosвязи, разности потенциалов (импульсных и на промышленной частоте), а также напряжения прикосновения, необходимое значение вычисляется как разность потенциалов между интересующими узлами модели ЗУ. Значения потенциалов отображаются рядом с интересующими узлами модели ЗУ при нажатии на них левой кнопкой «мыши». Полный диапазон рассчитанных значений для всей модели ЗУ отображается в левом верхнем углу рабочей области. Получившиеся значение выводится в строке состояния как параметр «Разность потенциалов выделенных точек». Полный диапазон рассчитанных значений для всей модели ЗУ отображается в левом верхнем углу рабочей области.

Замечание: при расчетах различных параметров модели ЗУ значение, указанное в строке состояния, обычно не совпадает со значением, полученным вычитанием разностей потенциалов выделенных узлов. Это различие связано с тем, что в строке состояния приводится значение, рассчитанное как модуль разности двух комплексных чисел. В случае вычитания разностей потенциалов выделенных точек мы получаем значение разности

модулей комплексных чисел. В качестве результата расчета необходимо брать значение, приведенное в строке состояния.

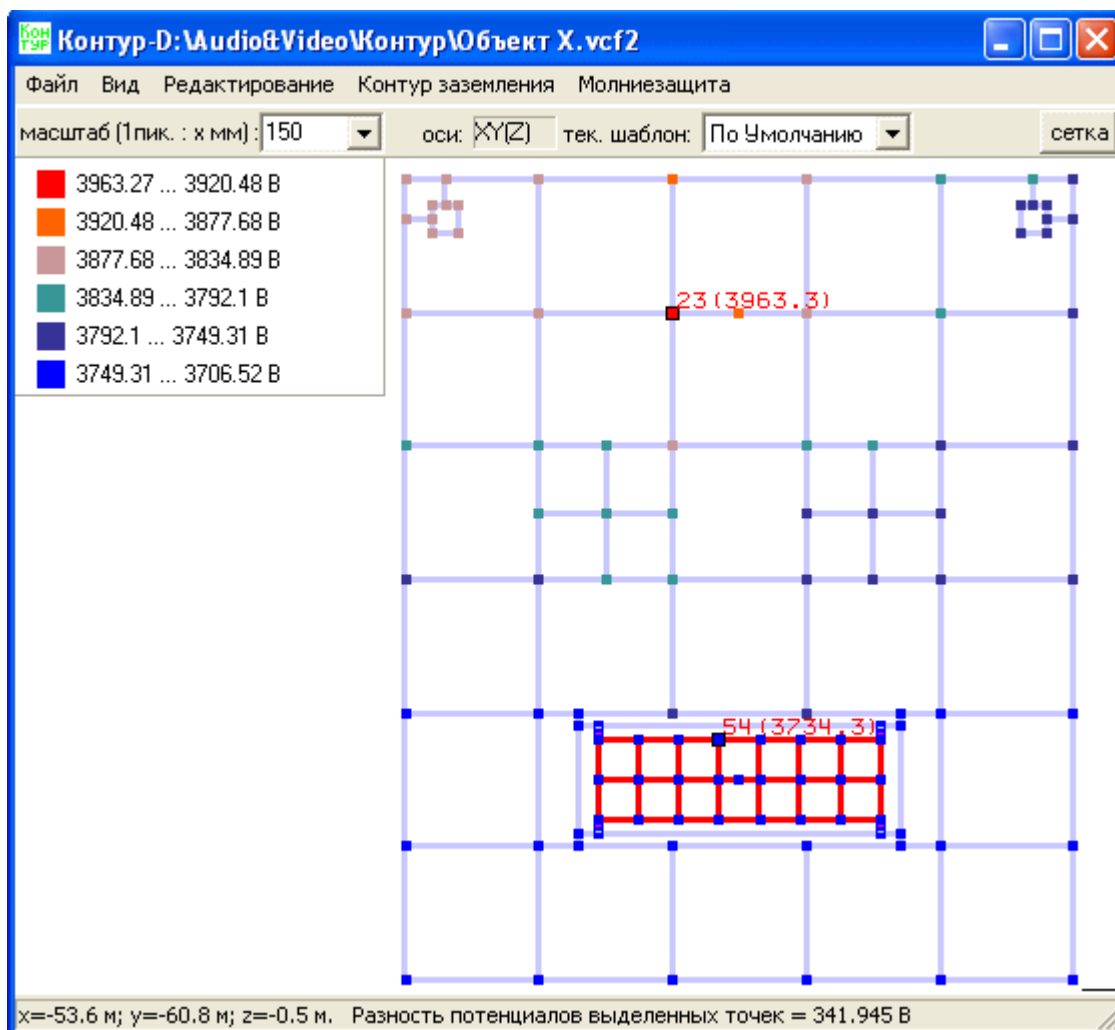


Рис. 3-28. Результат расчета разности потенциалов при замыкании в высоковольтной сети.

При одновременном выделении трех и более узлов модели ЗУ параметр «Разность потенциалов выделенных точек» перестает отображаться в строке состояния.

При расчетах импульсных разностей потенциалов для молниевых разрядов в элементы системы молниезащиты программа «Контур» позволяет выводить графики потенциала и тока в любых узлах и элементах расчетной модели ЗУ. Для этого необходимо дважды нажать левой кнопкой «мыши» на интересующий узел или элемент. При этом откроется диалоговое окно «Ручной ввод», где будут приведены значения потенциалов для всех узлов и значения токов для всех элементов модели ЗУ. В этом же окне имеются кнопки «График» на панелях «Узлы» и «Элементы», при нажатии на которые выводятся соответствующие графики потенциала или тока. Полученные графики можно масштабировать непосредственно в открывшемся окне.

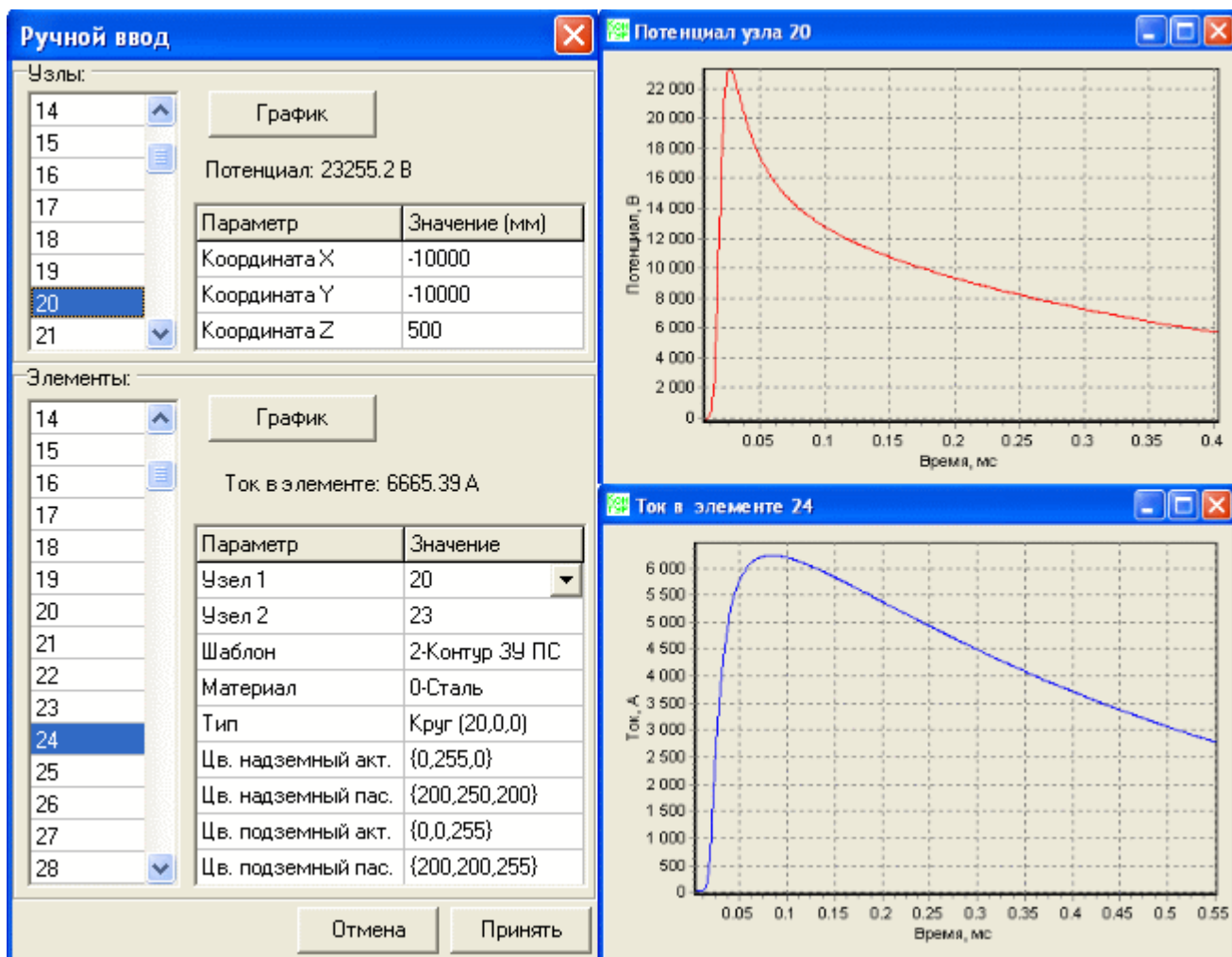


Рис. 3-29. Графики тока и потенциала при расчете импульсных разностей потенциалов.

В диалоговом окне «Ручной ввод» можно также посмотреть значения потенциалов при любых расчетах параметров модели ЗУ. Значение токов можно посмотреть, если предварительно был включен расчет токов в элементах модели ЗУ (на вкладке «Расчет» окна «Параметры/Расчет»).

- При расчетах напряжения шага полученные значения отображаются в виде эпюры распределения напряжения шага в заданной области. Значение напряжения шага в каждой рассматриваемой точке соответствует максимальной разности потенциалов между двумя точками, расположенными на расстоянии 0.5 м от рассматриваемой точки и на расстоянии 1 м друг от друга. Напряжение шага в определенной точке отображается при наведении на нее курсора. Полный диапазон рассчитанных значений для заданной области модели ЗУ отображается в левом верхнем углу рабочего окна.

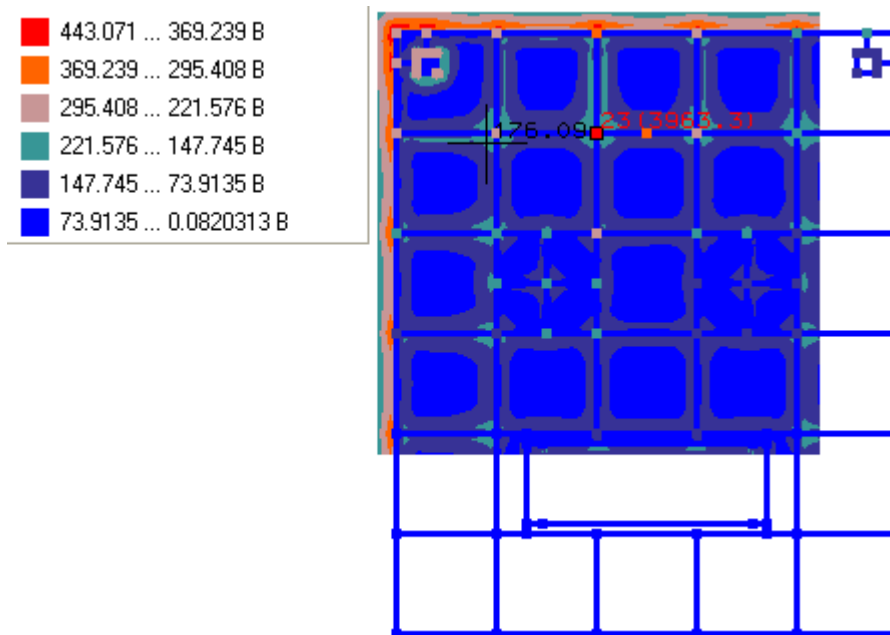


Рис. 3-30. Результат расчета напряжения шага.

- При расчетах магнитных полей полученные значения отображаются в виде эпюры распределения напряженности магнитного поля в заданной области. Значение напряженности магнитного поля в определенной точке отображается при наведении на нее курсора. Полный диапазон рассчитанных значений для заданной области модели ЗУ отображается в левом верхнем углу рабочего окна.

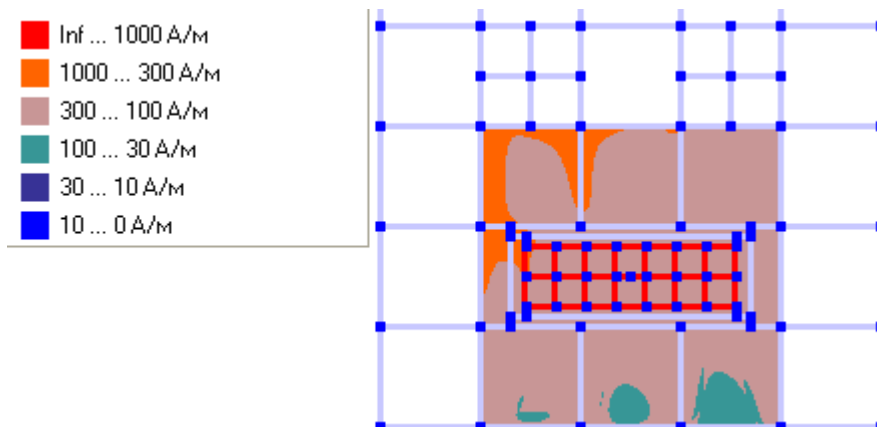
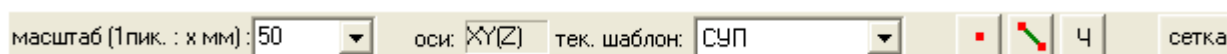


Рис. 3-31. Результат расчета величины импульсного магнитного поля.

3.1.3. Панель инструментов



На панели инструментов расположены следующие элементы:

- масштаб;
- текущие оси;
- текущий шаблон;
- кнопка добавления узла;
- кнопка добавления элемента;
- вставка человека;

- кнопка включения/выключения сетки.

С помощью элемента «Масштаб» можно выбрать удобный для редактирования модели 3У масштаб рабочей области. Масштаб имеет размерность пиксель на миллиметр.

Элемент «Текущие оси» отображает в каких координатных осях расположен текущий проект. Изменить текущие координатные оси можно с помощью диалогового окна «Сменить оси» (Ctrl+B).

Элемент «Текущий шаблон» определяет тип шаблона для новых элементов модели 3У.

Нажатие на кнопки «Добавления узла» или «Добавление элемента» приводит к включению режима добавления узла или элемента.

Нажатие на кнопку «Вставить человека» позволяет добавить в расчетную схему 3У модель человека для расчета напряжения прикосновения при замыканиях в высоковольтной сети.

Кнопка «Сетка» позволяет включить отображение координатной сетки на рабочей области. Сетка не включается, если размер сетки и масштаб редактирования заданы таким образом, что шаг сетки меньше четырех пикселей или в окне помещается менее 8 шагов сетки по ширине или высоте. Использование координатной сетки при создании модели 3У позволяет точно располагать (с точностью до шага сетки) новые узлы и элементы на рабочей области.

3.1.4. Другие элементы управления

В нормально режиме (не запущенны функции добавления элементов модели) нажатие левой кнопкой «мыши» на элементе или узле модели приведет к его выделению. В этом случае над элементом или узлом высветиться его номер, как показано на Рис. 3-32 – 20 для узла и 23 для элемента. Выделить нескольких узлов и элементов можно нажав и удерживая левую кнопку «мыши».

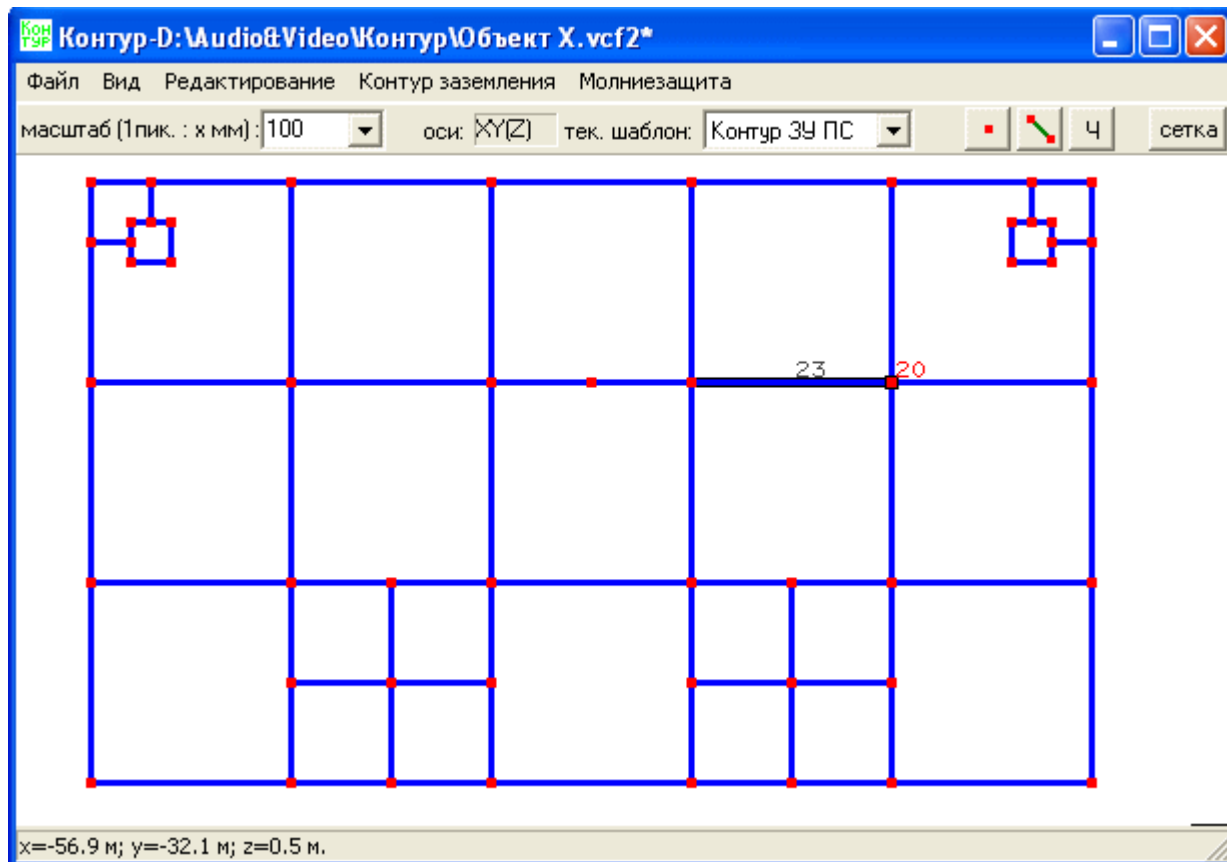


Рис. 3-32. Выделение элемента и узла.

Для удаления выделенных элементов нужно нажать кнопку «Del». Удаление узла элемента

приводит к удалению самого элемента.

Двойное нажатие на элементе или узле в нормальном режиме вызывает окно «Ручной ввод» (см. Разд. 3.1.1.3) с выводом номера этого элемента или узла.

Нажатие на правую кнопку «мыши» в рабочей области вызовет диалоговое окно контекстного меню, которое включает в себя следующие пункты:

- размер сетки;
- третья координата;
- перемещение;
- изменить шаблон;
- сменить оси;
- копировать;
- вставить.

Указанные пункты меню выполняют действия аналогичные действиям аналогичных пунктов основного меню главного окна. Пример использования функций «копировать» и «вставить» приведен в Разд. 3.2.1 п.13. При выделении области копирования, выделяется как текущий слой, так и все нижележащие слои (с большей координатой «Z») в выделяемой области. При выборе пункта «Копировать» будут скопированы все выделенные слои. При этом могут быть выделены и скопированы несколько несвязанных областей модели ЗУ. Вставка скопированной области модели ЗУ происходит таким образом, что верхний слой скопированной области располагается в плоскости текущей координаты «Z». Например, для создания второй молниеотводной мачты достаточно скопировать ранее созданную мачту на высоте «Z», соответствующей вершине мачты, и вставить ее в другое место на той же высоте «Z».

В будущих версиях программы «Контур» будет добавлена возможность копирования моделей ЗУ из одного проекта в другой.

3.1.5. Клавиатурные сочетания

Ctrl + N – создать новую схему;

Ctrl + O – открыть ранее созданную схему;

Ctrl + S – сохранить созданную схему;

Ctrl + Alt + S – сохранить созданную схему с результатами расчета;

Ctrl + P – печать;

Ctrl + Z – размер сетки;

Ctrl + R – перемещение;

Ctrl + Q – размер курсора;

Ctrl + B – сменить оси;

Ctrl + E – третья координата;

Ctrl + K – ввод по координатам;

Ctrl + J – вставить сетку;

Ctrl + L – шаблоны;

Ctrl + M – материалы;

Ctrl + A – выделить все;
Ctrl + T – проверка;
Alt + F4 – выход;
F2 – параметры/расчет;
F3 – режим редактирования;
F4 – разбить элементы;
F5 – расчет напряжения шага;
F6 – расчет напряженности магнитного поля;
N – добавить узел;
E – добавить элемент;
Z – отмена.

3.2. Примеры создания расчетной модели ЗУ

В настоящем разделе на простом примере будет показано, как создать расчетную модель ЗУ ПС.

Допустим, необходимо провести расчеты для небольшой подстанции (ПС) 110/10 кВ с двумя силовыми трансформаторами. На ПС, помимо ОРУ 110 кВ, расположено здание ОПУ (размер здания 7х23 м), совмещенное с ЗРУ 10 кВ. На Рис. 3-33 представлена схема ЗУ такой ПС. Предполагается, что контур заземления будет выполнен на глубине 0.5 м. Линейные размеры ЗУ – 50х60 м. Размер ячейки сетки ЗУ – 10х10 м. Материал элементов заземляющего устройства – стальной прутки диаметром 20 мм. По углам ЗУ ПС планируется установить вертикальные заземлители длиной 5 м, выполненные из того же материала, что и горизонтальные элементы ЗУ. В здании ОПУ/ЗРУ планируется выполнить систему уравнивания потенциалов (СУП) в виде сетки с размерами ячейки 3х3 м и соединить ее с ЗУ ПС в четырех точках. Элементы СУП выполнены из того же материала, что и элементы ЗУ ПС. На ПС расположены две молниеотводные мачты высотой 15 м, металлические элементы фундамента будут моделироваться вертикальными электродами длиной 3 м, выполненными из того же материала, что и элементы заземления. Указанных данных достаточно, для того чтобы создать расчетную модель ЗУ ПС в ПО «Контур».

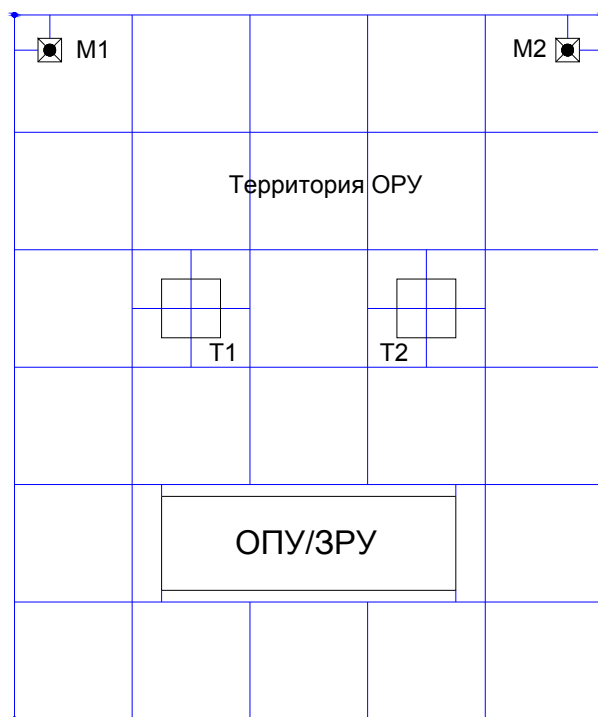


Рис. 3-33. Часть генерального плана территории ПС 110/10 кВ, созданная в программе AutoCAD. План содержит схему контура заземления, а также конструкции на территории объекта.

3.2.1. Создание расчетной модели ЗУ в программе «Контур»

Расчетная модель ЗУ описанного в предыдущем разделе объекта может быть создана непосредственно в программе «Контур». Для этого необходимо выполнить следующие действия:

1. Запустить исполняемый файл `kontur3_3_0_1.exe`.
2. Создать новый шаблон для элементов модели ЗУ:
«Редактирование» → «Шаблоны» → «Добавить».

Появляется новый шаблон с именем «Шаблон2». В нижней части окна «Шаблоны» изменяем имя нового шаблона на «Контур ЗУ ПС». По умолчанию, в качестве материала заземлителей, стоит сталь, а в качестве типа элемента установлен проводник круглого сечения диаметром 20 мм. Нажимаем «Принять».

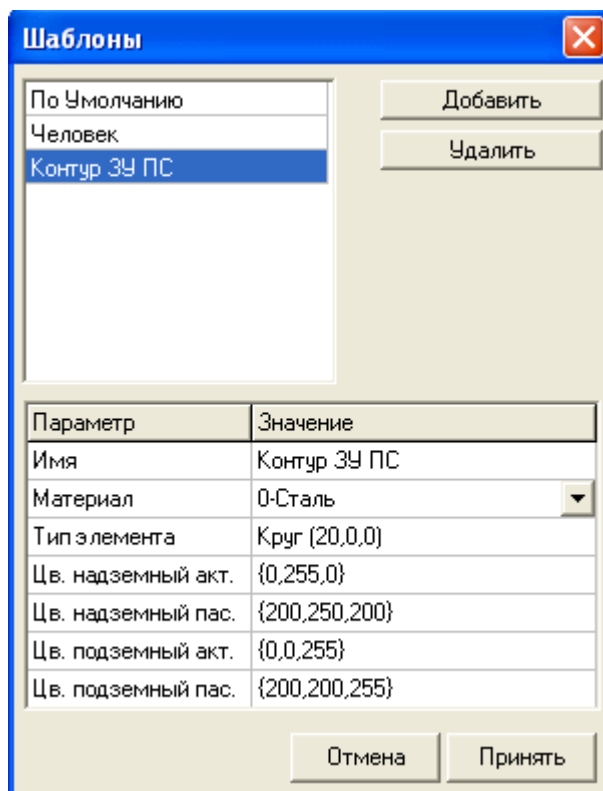


Рис. 3-34. Создание нового шаблона «Контур ЗУ ПС».

3. Добавляем сетку основного контура заземления ПС.

«Редактирование» → «Вставить сетку».

Вводим в качестве координаты «Z» - 500 мм (направление от границы раздела земля-воздух вниз под землю принято за положительное). Задаем размеры ячейки ЗУ ПС - 10000 мм по длине и ширине, задаем количество ячеек ЗУ ПС по X (5) и по Y (6). Выбираем в качестве шаблона элементов «Контур ЗУ ПС». Нажимаем «Добавить». Узлы созданной модели ЗУ располагаются в точках координатной сетки, которая по умолчанию имеет размер 500x500 мм. В случае сложной структуры контура заземления его придется рисовать вручную поэлементно или корректировать введенную «идеальную» сетку.

4. Переходим на глубину залегания слоя ЗУ ПС. Перемещение по координате «Z» может выполняться с помощью колеса прокрутки «мыши», либо через меню «Сменить оси», вызываемое комбинацией Ctrl+E. В качестве координаты «Z» вводим 500 мм. Нажимаем «Принять».
5. Удаляем лишние элементы модели ЗУ. Наводим поочередно курсор на элементы модели, располагающихся на месте будущего периметрального заземления здания ОПУ, и выделяем их нажатием левой кнопки «мыши». Нажимаем «Del».
6. Дорисовываем периметральный контур заземления здания ОПУ, который должен располагаться на расстоянии 0.5 м от стен здания. Таким образом, размер периметрального контура составляет 8x24 м. На панели инструментов в окне «Текущий шаблон» выбираем «Контур ЗУ ПС», включаем режим рисования линии выбором соответствующей пиктограммы на панели инструментов или нажатием клавиши «E» (в латинской раскладке). Нажатием левой кнопки «мыши» устанавливаем начальную точку нашей линии на расстоянии 3 м от ближайшего вертикального заземлителя (расстояния можно отсчитывать по узлам координатной сетки) и на расстоянии 1 м от ближайшего горизонтального заземлителя (см. Рис. 3-35). Проводим горизонтальную линию длиной 24 м (длину можно контролировать по значению параметра «dl» в строке состояния). Повторным нажатием левой кнопки «мыши» устанавливаем конечную точку линии. Для отмены неверного

действия нужно нажать «Z» и повторно нарисовать линию. Для удобства рисования на панели инструментов в окне «Масштаб» может быть выбран более крупный масштаб.

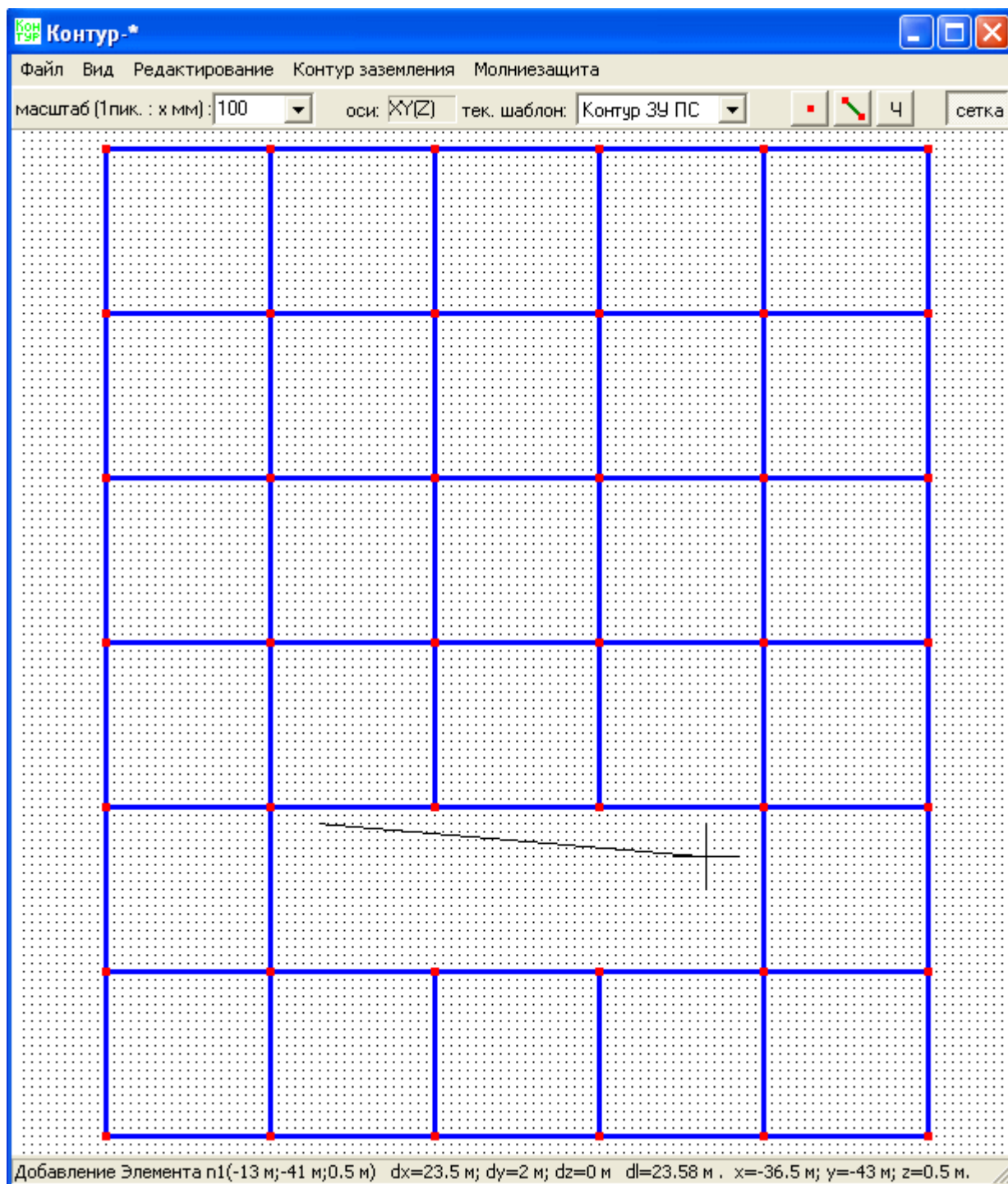


Рис. 3-35. Создание периметрального контура здания ОПУ.

7. Аналогичным образом дорисовываем периметральный контур заземления здания ОПУ, связки с основным контуром ЗУ ПС по углам периметрального контура и заземление нейтралей силовых трансформаторов.
8. Для создания сетки системы уравнивания потенциалов внутри здания ОПУ необходимо создать новый шаблон «СУП», повторив последовательность действий, описанную в п.2 данного раздела. Для наглядности изменим надземный цвет элементов на красный (255,0,0).
9. Условно СУП имеет размеры 6x21 м (размер ячейки 3x3 м) и располагается симметрично внутри здания на расстоянии 1.5 м от торцевых стен и на расстоянии 1 м от других стен. Т.к. СУП находится внутри здания, а не в земле, то располагаться она будет на высоте 500 мм

над землей. В соответствии с заданными размерами находим координаты начальной точки для добавления сетки – (-14.5, -42, -0.5). Повторив последовательность действий п.3 данного раздела, вставляем сетку СУП.

10. Теперь нужно дорисовать связки между СУП (по углам сетки) и периметральным контуром заземления. При этом начинаться линия должна на уровне -500 мм координаты «Z», а заканчиваться на уровне 500 мм. В результате должна получиться модель, представленная на Рис. 3-36. Узлы в местах пересечения поверхности земли будут добавлены автоматически.

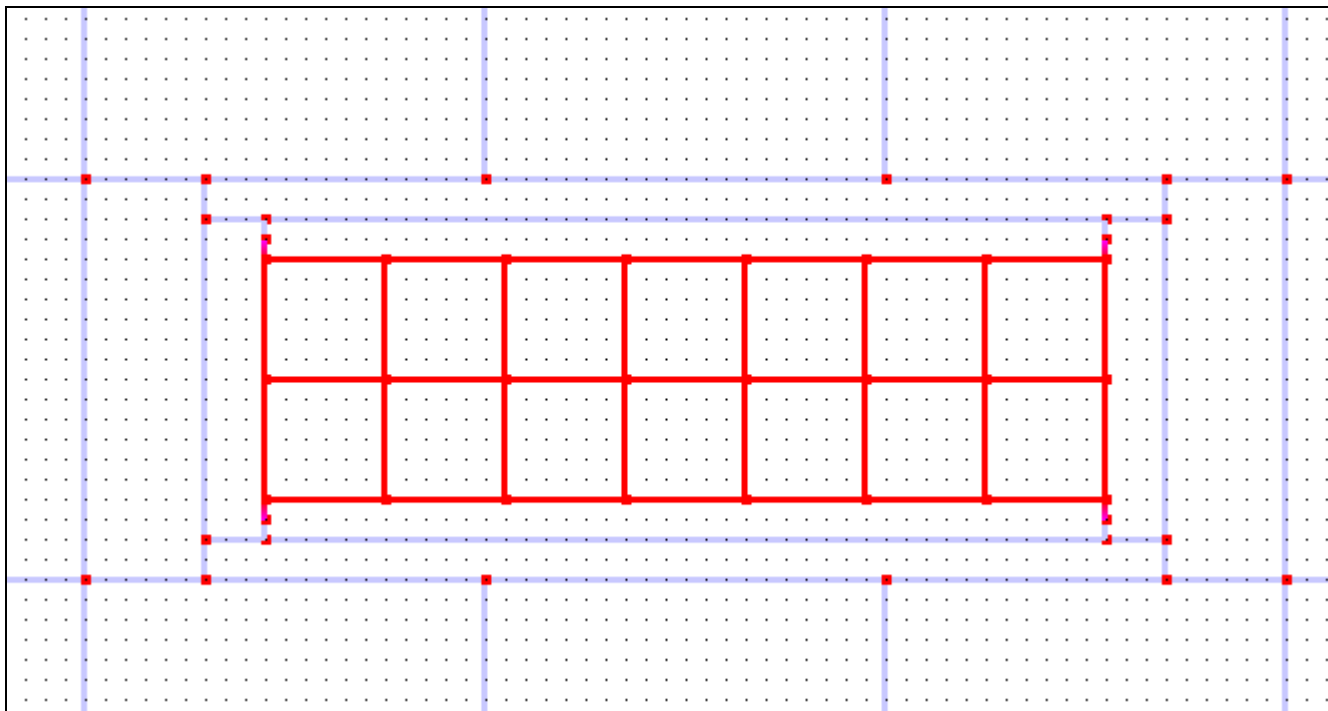


Рис. 3-36. Модель здания ОПУ с системой уравнивания потенциалов.

11. Аналогично описанным выше способам дорисовываем четыре вертикальных заземлителя по углам общего контура ЗУ ПС (длиною 5 м). При этом начинаться заземлитель должен на уровне 500 мм координаты «Z», а заканчиваться на уровне 5500 мм.

Вертикальный элемент может быть добавлен следующим образом:

- введения начального узла с помощью нажатия на левую кнопку «мыши»;
- перемещения на нужную глубину/высоту с помощью колеса прокрутки «мыши» или непосредственного ввода координаты Z в окне «Сменить оси» (Ctrl+E);
- введения конечного узла с помощью нажатия на левую кнопку «мыши».

12. Далее создаем молниеотводную мачту, например, в левом верхнем углу контура ЗУ ПС на расстоянии 2 м от вертикального и горизонтального заземлителей. В качестве собственного заземления мачты используются горизонтальные металлические элементы фундамента размером 2x2 м на глубине 500 мм. Для упрощения модели в качестве материала заземлителей мачты и тела самой мачты используется элементы шаблона «Контур ЗУ ПС». По углам фундамента мачты устанавливаются вертикальные заземлители длиной 3 м. При этом начинаться заземлители должны на уровне 500 мм координаты «Z», а заканчиваться на уровне 3500 мм. Тело мачты рисуется от фундамента вверх на высоту 15 м над поверхностью земли. Вверху вертикальные элементы должны соединяться по периметру. Для удобства введения тока может быть дорисовано перекрестие и шпиль молниеотвода. В результате должна получиться модель мачты, представленная на Рис. 3-37. На рисунке приведена часть трехмерной модели, которую можно наблюдать, выбрав в меню «Вид» пункт «Просмотр».

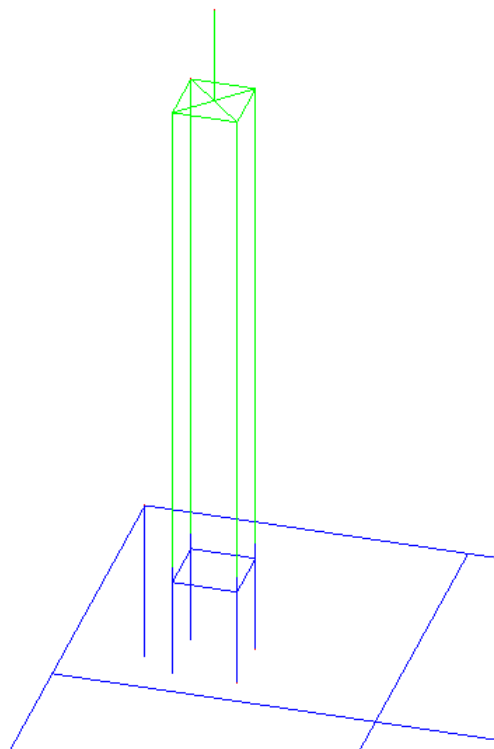


Рис. 3-37. Модель молниеотводной мачты. 3D.

13. Вторая мачта может быть создана копированием первой мачты. Для этого нужно перейти на высоту верхней точки мачты (кончик шпиля) и, удерживая левую кнопку «мыши», выделить область с молниеотводной мачтой. Нажатием правой кнопки «мыши» вызывает контекстное меню → «Копировать» → «Вставить». Теперь остается разместить новую мачту в правом верхнем углу сетки ЗУ ПС на расстоянии 2 м от вертикального и горизонтального заземлителей.
14. Для завершения расчетной модели необходимо соединить элементы фундамента (на глубине 500 мм) молниеотводных мачт с ближайшими вертикальными и горизонтальными заземлителями. В результате должна получиться расчетная модель ЗУ, представленная на Рис. 3-38.
15. После создания расчетной модели ЗУ необходимо в обязательном порядке провести проверку полученной модели на наличие ошибок. «Контур заземления» → «Проверка» → отмечаем галочками все пункты → «Тестировать». При необходимости подтверждаем выполнение предложенных программой действий.
16. Если создаваемый контур ЗУ объекта имеет значительные размеры и содержит различные конструкции, то рекомендуется периодически сохранять расчетную модель ЗУ под разными именами.
17. В случае необходимости, могут быть дополнительно смоделированы заземляющие проводники конструкций и электроаппаратов, а также естественные заземлители (трубопроводы, грозотросы, броня силовых кабелей и т.п.). Для последующих расчетов постоянно действующего и кратковременного магнитных полей необходимо дорисовать ближайшие к точке расчета высоковольтные ошиновки. По этим ошиновкам будет моделироваться протекание рабочего тока или тока замыкания в высоковольтной сети.

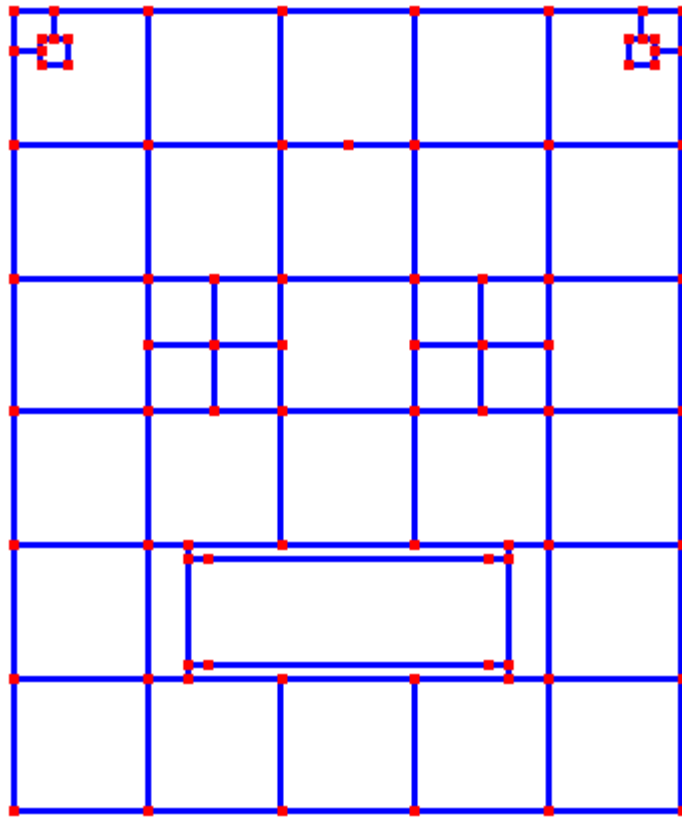


Рис. 3-38. Расчетная схема ЗУ ПС.

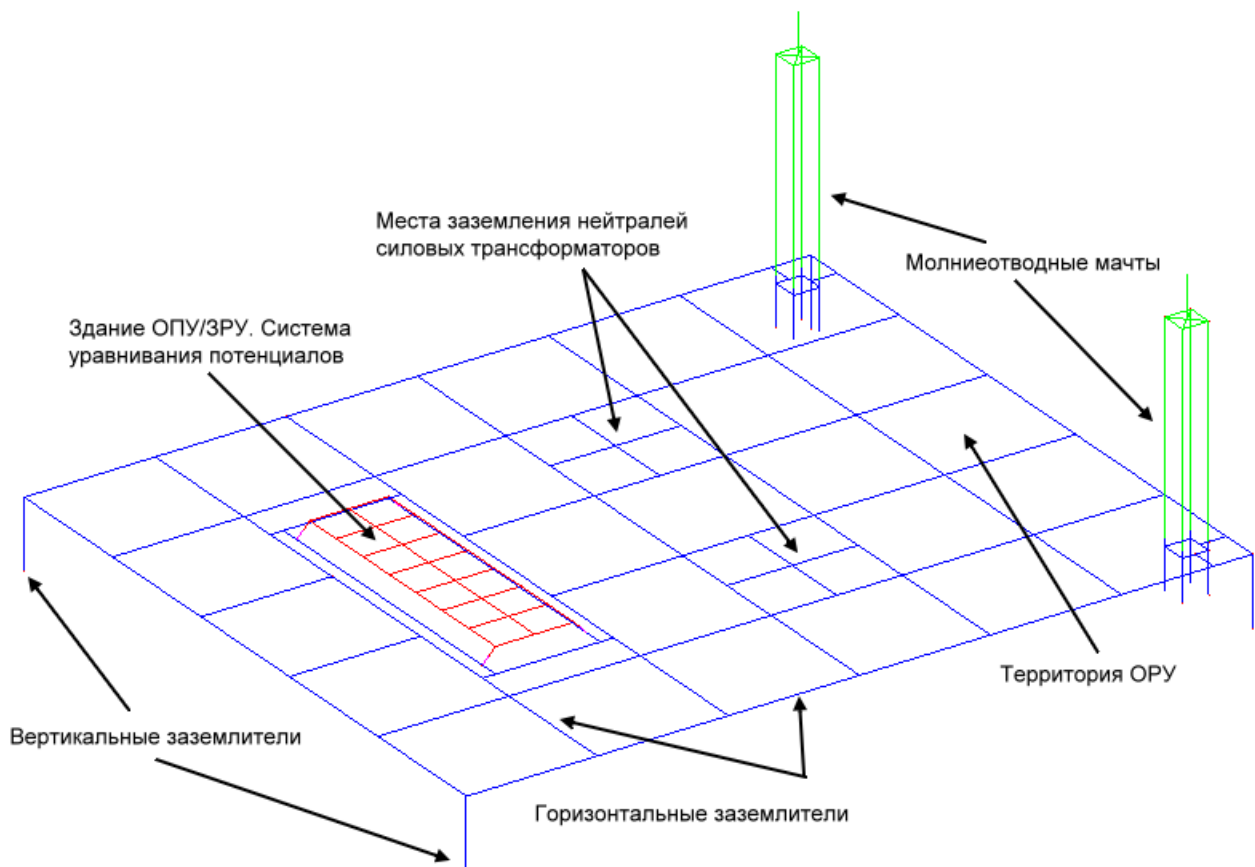


Рис. 3-39. Расчетная схема ЗУ ПС. 3D.

3.2.2. Импорт схемы из программы AutoCAD

В предыдущем разделе была описана примерная последовательность создания расчетной модели ЗУ «с нуля» в программе «Контур». Но это не единственная возможность создания расчетной модели ЗУ. Подобная модель может быть импортирована из файла AutoCAD, в случае наличия такового (см. Рис. 3-33). Для этого необходимо нужный слой(и) (например, проектной схемы контура заземления) из файла DWG отдельно сохранить в файл DXF (AutoCAD R12/LT2 DXF). После этого запускаем исполняемый файл kontur.exe и создаем шаблон будущего контура ЗУ объекта.

«Файл» → «Импорт» → выбираем сохраненный ранее файл dxf → «Открыть».

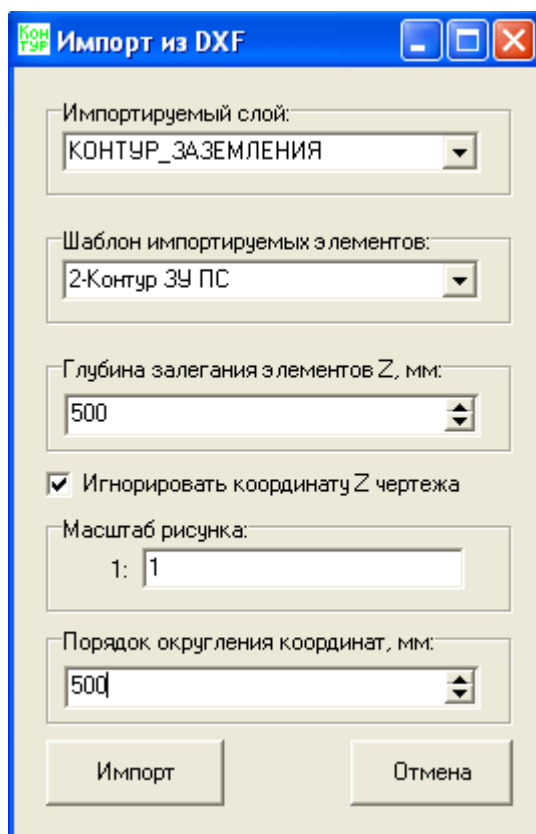


Рис. 3-40. Импорт созданного в программе AutoCAD слоя.

В раскрывающихся списках выбираем импортируемый слой и необходимый шаблон, указываем глубины залегания контура, необходимый масштаб импорта и порядок округления координат (см. Рис. 3-2). Нажимаем «Импорт».

Замечание: для корректного импорта нужного слоя рекомендуется сохранять его в файле dxf таким образом, что бы все размеры были в миллиметрах. Округление координат позволяет сгладить неточности прорисовки контура в программе AutoCAD (несостыковки линий и т.п.). Величина округления 500 мм означает, что все линии и пересечения будут после импортирования привязаны к координатной сетке с шагом 0.5x0.5 м. Кроме того, элементы будущего контура должны быть нарисованы в программе AutoCAD только с помощью инструмента «Отрезок» («Line»).

После импорта основной схемы ЗУ объекта останется дорисовать необходимые конструкции и связать их с основным контуром.

В программу «Контур» могут быть последовательно импортированы несколько слоев из одного или нескольких файлов AutoCAD.

3.3. Примеры расчетов и обработка результатов

В настоящем разделе будут приведены примеры расчетов, которые могут проводиться в ПО

«Контур».

3.3.1. Данные необходимые для расчетов

Для проведения расчетов в ПО «Контур» необходимо иметь следующие начальные данные:

- Удельное сопротивление грунта. Для однородной модели грунта достаточно одного значения удельного сопротивления, выраженного в Ом*м. Для двухслойной модели необходимо два значения удельного сопротивления – для верхнего и нижнего слоя, а также толщину верхнего слоя грунта. В случае более сложных грунтовых условий рекомендуется выполнить приведение к эквивалентной двухслойной модели.
- Значения токов замыкания на землю в Амперах.
- Значение тока молнии, используемого в конкретном расчете.
- Параметры тока молнии. Для большей части расчетов используются стандартные параметры первого импульса тока молнии: 10/350 мкс, согласно МЭК 62305. В некоторых случаях могут понадобиться расчеты с параметрами второго и последующих импульсов молнии: 0,25/100 мкс, согласно МЭК 62305.
- Значение ВЧ-составляющей тока КЗ и его частота для данного класса ОРУ.
- Документ, в соответствии с которым будет рассчитываться зона молниезащиты, а также надежность системы МЗ.

Следует отметить, что все указанные параметры не являются одновременно необходимыми для того или иного расчета, кроме параметров грунта. Так, например, при необходимости расчета распределения потенциалов по элементам ЗУ и токов в элементах ЗУ или естественных заземлителях при КЗ/замыканиях (когда расчет проводится на частоте 50 Гц), достаточно только параметров грунта и значения токов КЗ/замыканий.

3.3.2. Расчет сопротивления растеканию заземляющего устройства объекта

Для расчета сопротивления растеканию ЗУ объекта необходимо определить точку ввода тока и указать величину удельного сопротивления грунта. Расчет проводится для промышленной частоты 50 Гц. В качестве точки ввода тока может быть выбрано место заземления нейтрали силового трансформатора. В эту точку вводится ток величиной 1А. Полученное после расчета значение будет соответствовать сопротивлению растекания контура ЗУ в Ом (см. Рис. 3-41).

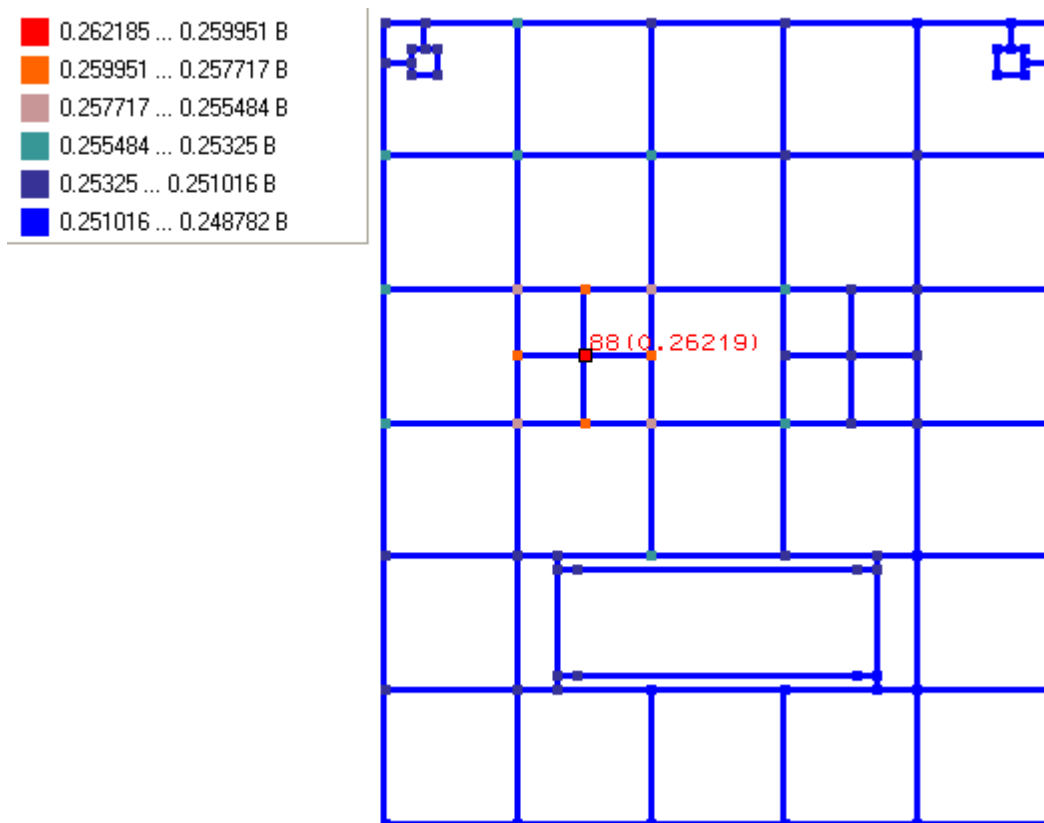


Рис. 3-41. Результат расчета сопротивления растеканию ЗУ ПС.

3.3.3. Расчет сопротивления металlosвязи

Для расчета сопротивления металlosвязи между двумя различными точками схемы ЗУ объекта необходимо в одну из этих точек ввести ток величиной 1А, а в другую – ток величиной -1А. Также необходимо указать величину удельного сопротивления грунта. В этом случае разность полученных после расчета значений будет соответствовать сопротивлению металlosвязи между рассматриваемыми точками в Ом. Получившееся значение выводится в строке состояния как параметр «Разность потенциалов выделенных точек» (см. Рис. 3-42).

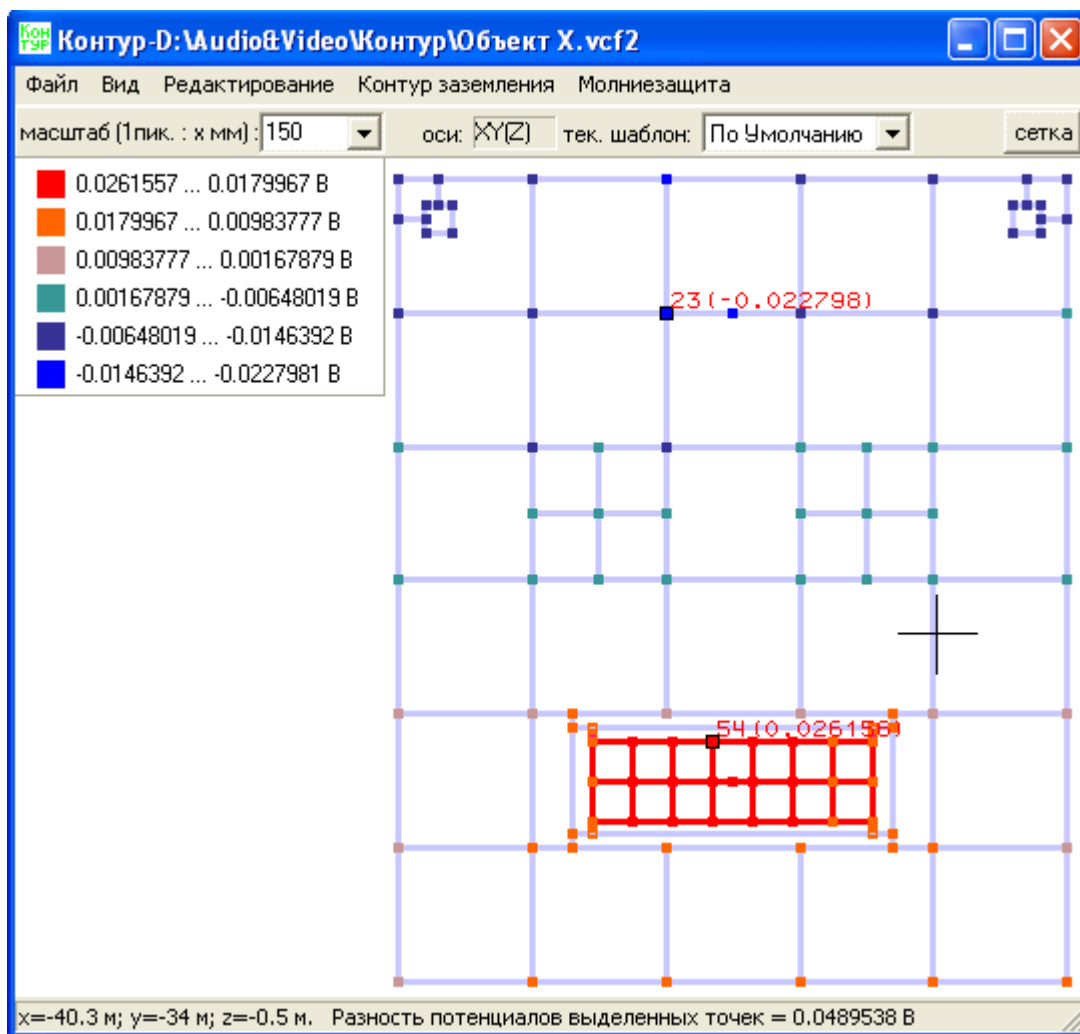


Рис. 3-42. Результат расчета сопротивления металlosвязи.

3.3.4. Расчет разностей потенциалов при замыканиях в высоковольтной сети на частоте 50Гц

Для расчета разностей потенциалов при замыканиях в высоковольтной сети (внешних и внутренних) необходимо определить точку ввода тока (место возможного замыкания), схему замыкания и указать величину удельного сопротивления грунта.

В качестве схем возможного замыкания наиболее часто рассматриваются следующие случаи:

- Замыкание в сетях 110÷750 кВ с подпиткой от системы;
- Замыкание в сетях 110÷750 кВ с подпиткой от силовых трансформаторов;
- Замыкание на линии 110÷750 кВ;
- Двойное разнесенное замыкание в сети 3÷35 кВ.

Далее будет рассмотрен случай замыкания в высоковольтной сети с подпиткой от системы. В этом случае весь ток КЗ вводится в точку, соответствующую месту КЗ. После расчета необходимо выделить точки, разность потенциалов между которыми необходимо посмотреть. Разность полученных значений для выделенных точек будет соответствовать разности потенциалов между элементами модели ЗУ объекта. Получившиеся значение выводится в строке состояния как параметр «Разность потенциалов выделенных точек» (см. Рис. 3-43).

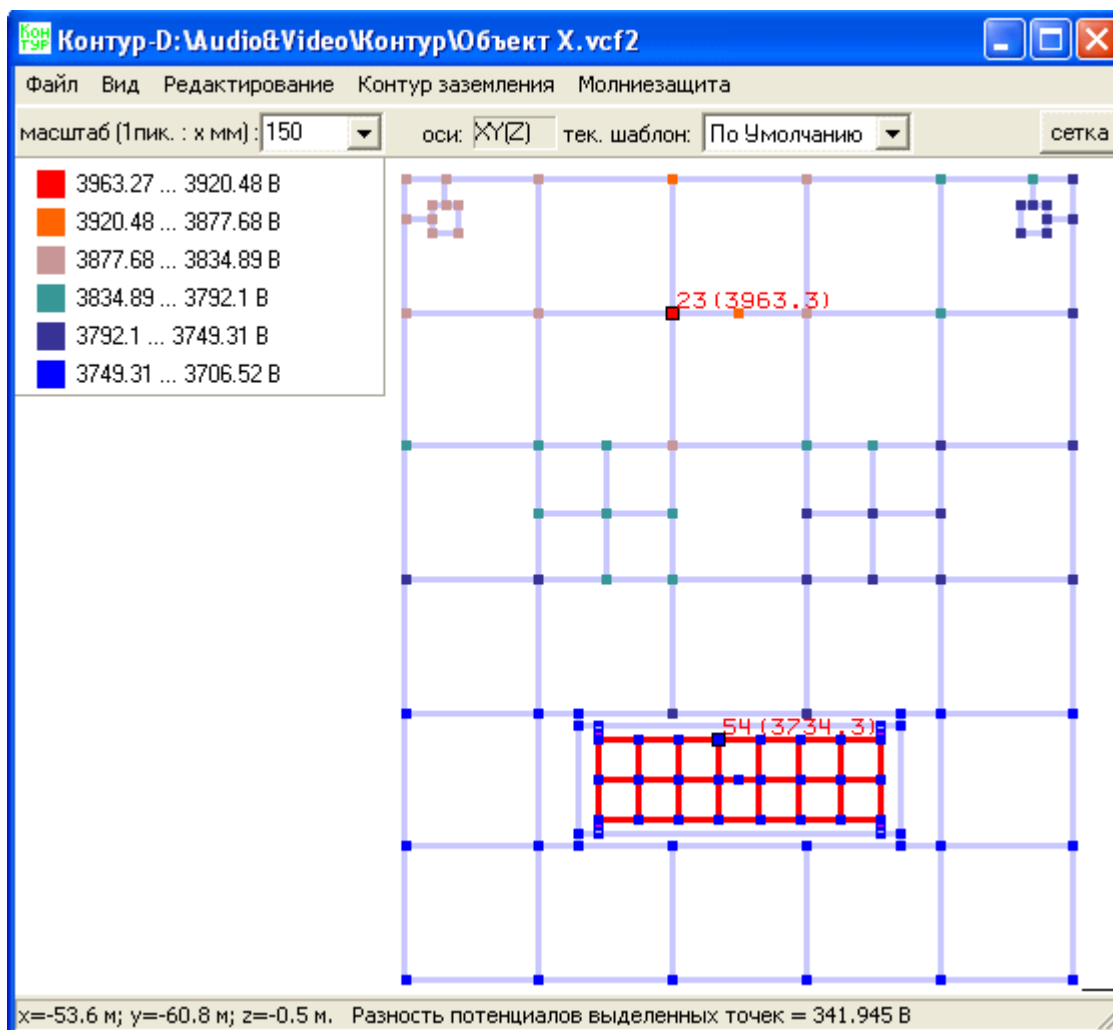


Рис. 3-43. Результат расчета разности потенциалов при замыкании в высоковольтной сети.

3.3.5. Расчет напряжения шага и прикосновения

Для расчета напряжения шага и прикосновения необходимо определить точку ввода тока, указать величину удельного сопротивления грунта, а также включить расчет токов в элементах модели ЗУ (на вкладке «Расчет» окна «Параметры/Расчет»). При этом необходимо в точку ввода тока (например, заземляющий спуск электроаппарата) установить модель человека для расчета напряжения прикосновения (кнопка «Ч» на панели инструментов). Модель человека устанавливается на высоте 1 м над поверхностью земли.

Модель человека представляет собой несколько проводников с разным сопротивлением (см. Рис. 3-44). Верхний горизонтальный проводник имитирует тело человека. Длина и материал проводника подобраны таким образом, что его сопротивление составляет 1 кОм. Данная конфигурация выбрана исходя из схемы измерения напряжения прикосновения, указанной в РД 153-34.0-20.525-00.

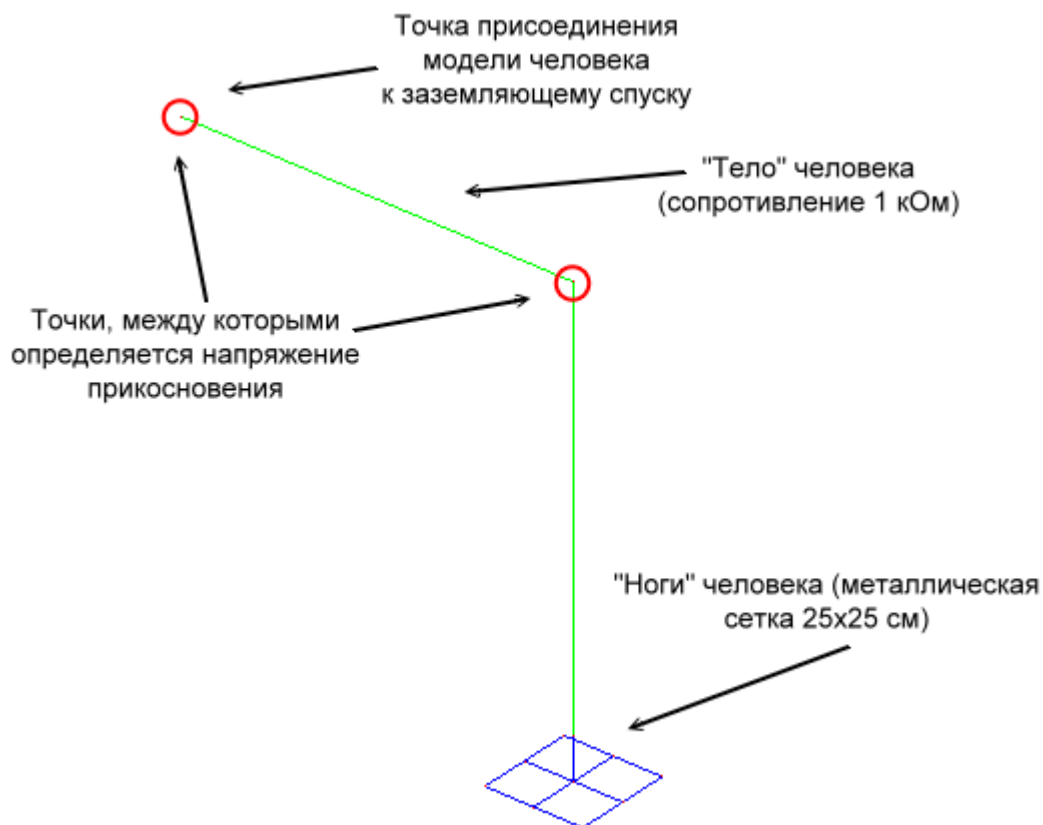


Рис. 3-44. Модель человека при расчете напряжения прикосновения.

Для расчета напряжения прикосновения необходимо для лучшей наглядности перейти к координате -1000 мм по оси «Z» и выделить две точки на модели человека, как показано на Рис. 3-45. Для удобства просмотра на панели инструментов в окне «Масштаб» может быть выбран более крупный масштаб. Получившиеся значение напряжения прикосновения выводится в строке состояния как параметр «Разность потенциалов выделенных точек».

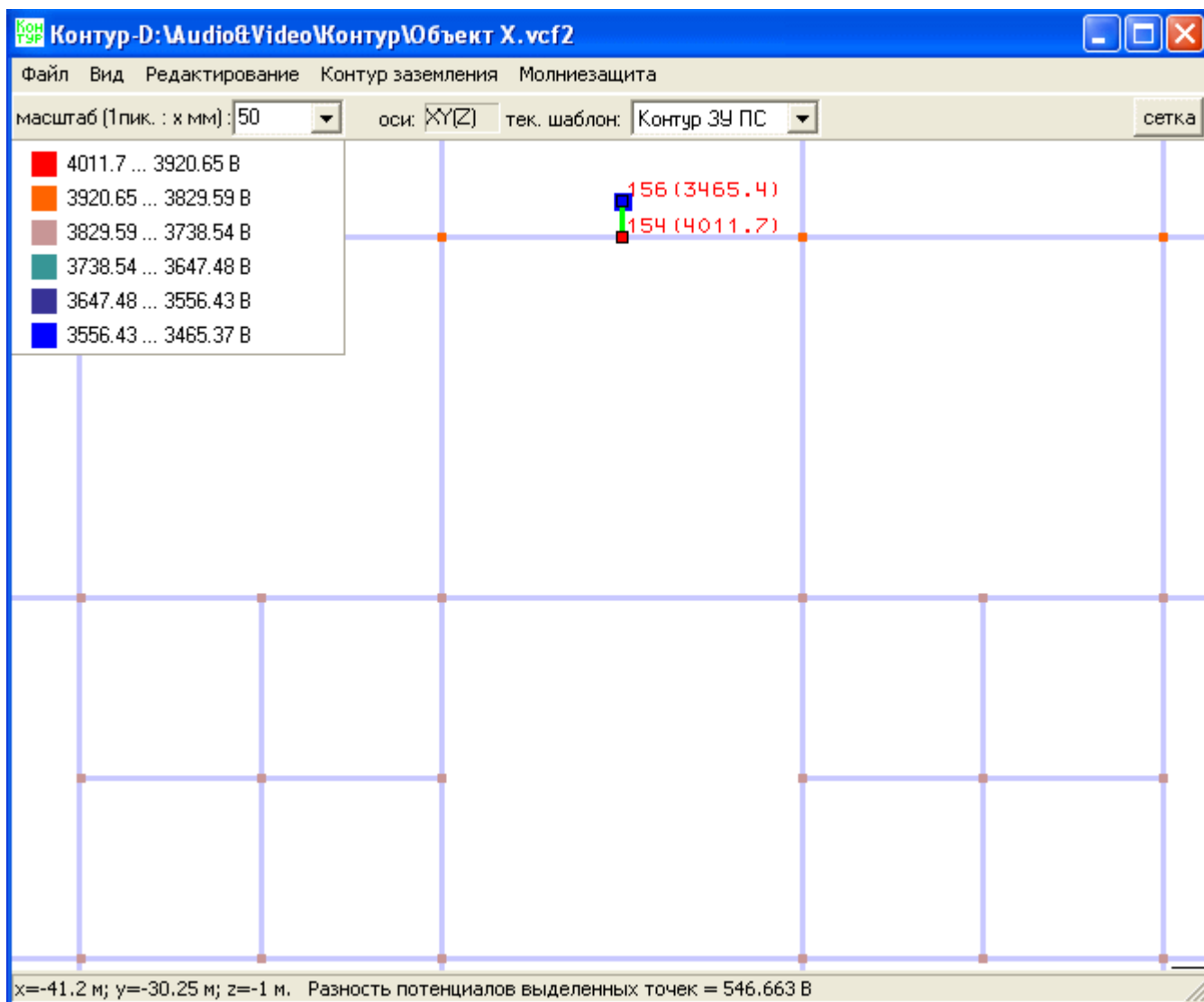


Рис. 3-45. Результат расчета напряжения прикосновения.

Для расчета напряжения шага необходимо вызвать соответствующее меню (F6), где указать координаты точки расчета, радиус области расчета и величину разбиения. Координата «Z» по умолчанию равна «0», т.к. напряжение шага рассчитывается для поверхности грунта. Пример полученной эпюры напряжения шага приведен на Рис. 3-46. На представленном рисунке значение напряжения шага в каждой рассматриваемой точке соответствует максимальной разности потенциалов между двумя точками, расположенными на расстоянии 0.5 м от рассматриваемой точки и на расстоянии 1 м друг от друга.

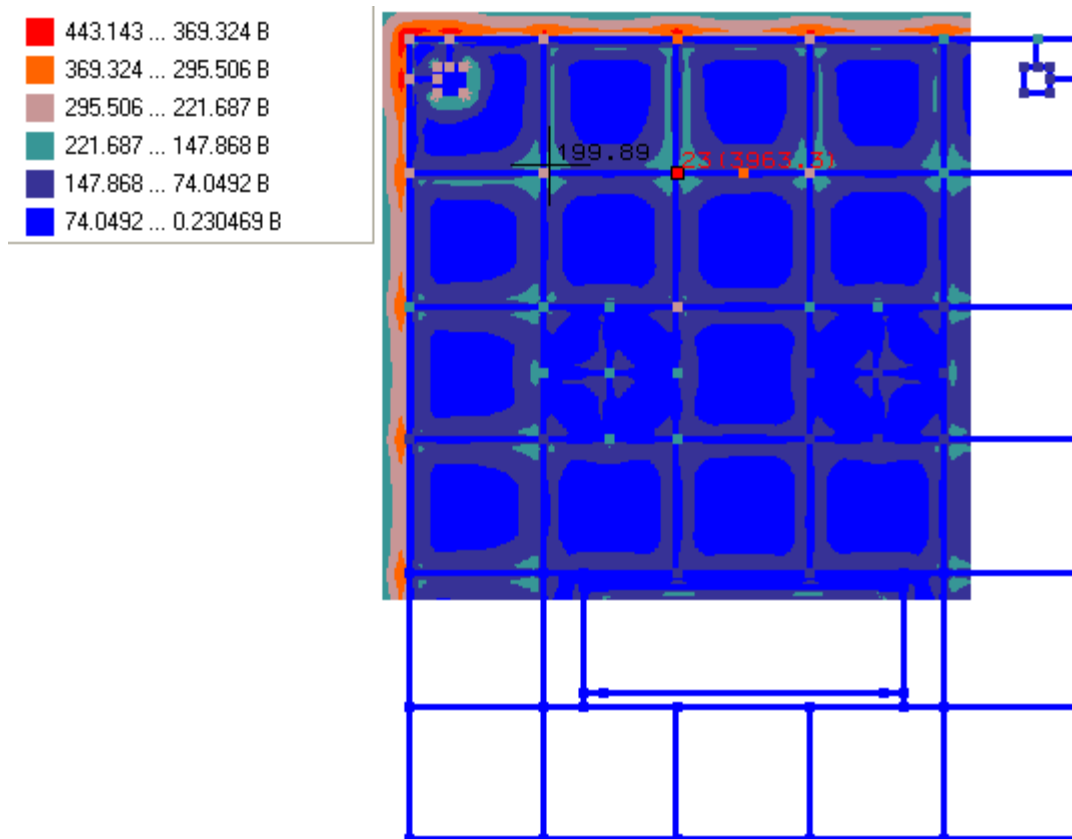


Рис. 3-46. Результат расчета напряжения шага.

3.3.6. Расчет величины постоянно действующего магнитного поля

Для расчета величины постоянно действующего магнитного поля необходимо определить точку ввода тока (предварительно дорисовав шинопроводы, по которым будет протекать рабочий ток), указать величину удельного сопротивления грунта, а также включить расчет токов в элементах модели ЗУ (на вкладке «Расчет» окна «Параметры/Расчет»).

После расчета необходимо вызвать меню расчета напряжения магнитного поля (F7), где указать координаты точки расчета, радиус области расчета и величину разбиения. Значение координаты «Z» должно соответствовать высоте установки оборудования над поверхностью земли. Эпюра напряженности постоянно действующего магнитного поля схожа с приведенной на Рис. 3-47.

С помощью курсора можно посмотреть величину кратковременного магнитного поля в любой точке области расчета, выраженную в А/м.

3.3.7. Расчет величины кратковременного магнитного поля

Для расчета величины кратковременного магнитного поля необходимо определить точку ввода тока (предварительно дорисовав шинопроводы, по которым может протекать ток замыкания в высоковольтной сети), указать величину удельного сопротивления грунта, а также включить расчет токов в элементах модели ЗУ (на вкладке «Расчет» окна «Параметры/Расчет»). Следует учесть, что нарисованные шинопроводы должны быть соединены с ЗУ в точке предполагаемого замыкания.

После расчета необходимо вызвать меню расчета напряжения магнитного поля (F7), где указать координаты точки расчета, радиус области расчета и величину разбиения. Значение координаты «Z» должно соответствовать высоте установки оборудования над поверхностью земли. Пример полученной эпюры напряженности кратковременного магнитного поля приведен на Рис. 3-47.

С помощью курсора можно посмотреть величину кратковременного магнитного поля в любой точке области расчета, выраженную в А/м.

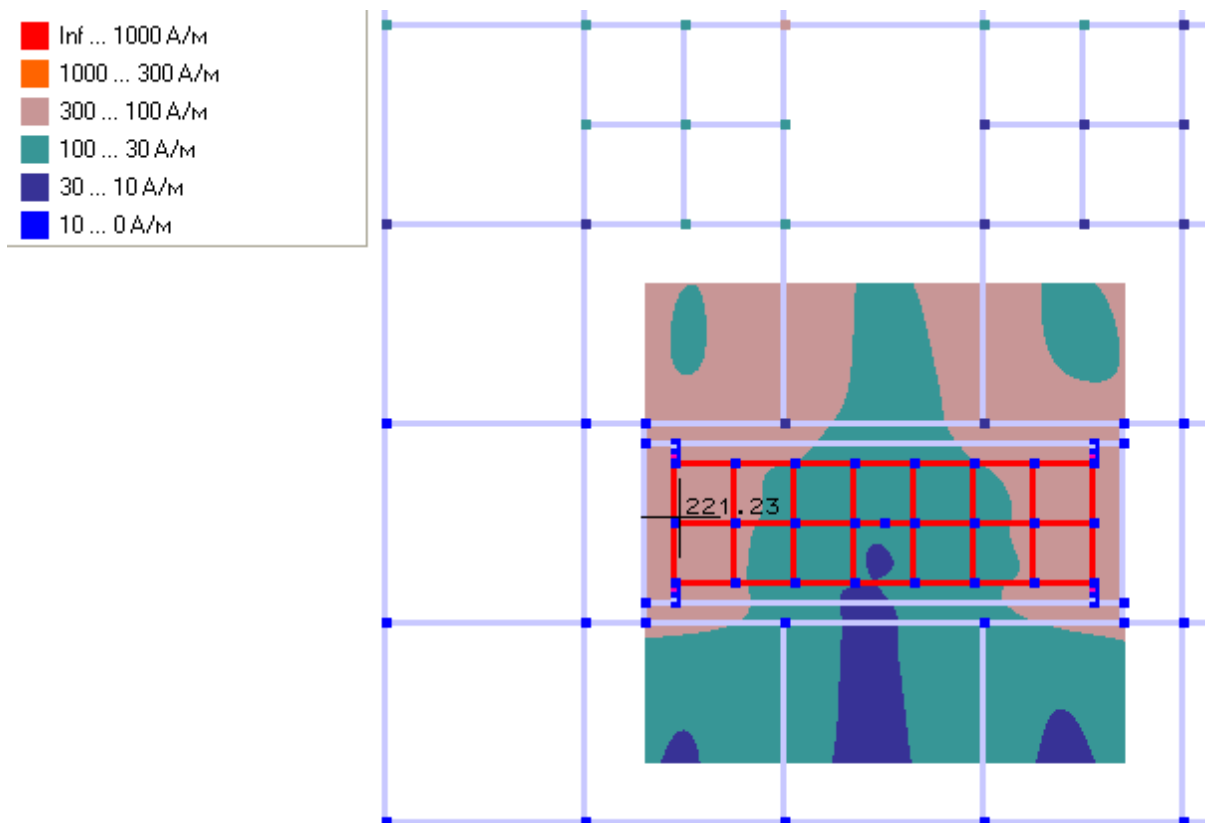


Рис. 3-47. Результат расчета величины кратковременного магнитного поля.

3.3.8. Расчет импульсных разностей потенциалов при протекании ВЧ-токов

Для расчета импульсных разностей потенциалов при протекании ВЧ-токов в случае КЗ в сетях 110÷750 кВ необходимо определить точку ввода тока (место возможного замыкания), величину и частоту тока, а также указать величину удельного сопротивления грунта.

Параметры ВЧ-составляющей тока КЗ (амплитуда тока и частота) принимаются из следующих документов:

- «Методические указания по контролю заземляющих устройств электроустановок». РД 153-34.0-20.525-00, М. СПО ОРГРЭС, 2000;
- «Методических указаний по обеспечению электромагнитной совместимости на электросетевых объектах ЕНЭС. Стандарт организации. Проект». 2007.

Для корректного расчета потенциалов на частотах выше 10 кГц необходимо провести принудительное разбиение элементов модели ЗУ (F5) в районе места замыкания. Обычно достаточно провести разбиение в радиусе 25 м от точки КЗ с шагом 1 м.

После расчета необходимо выделить точки, разность потенциалов между которыми необходимо посмотреть. Разность полученных значений для выделенных точек будет соответствовать импульсной разности потенциалов (см. Рис. 3-48). Значение выводится в строке состояния как параметр «Разность потенциалов выделенных точек».

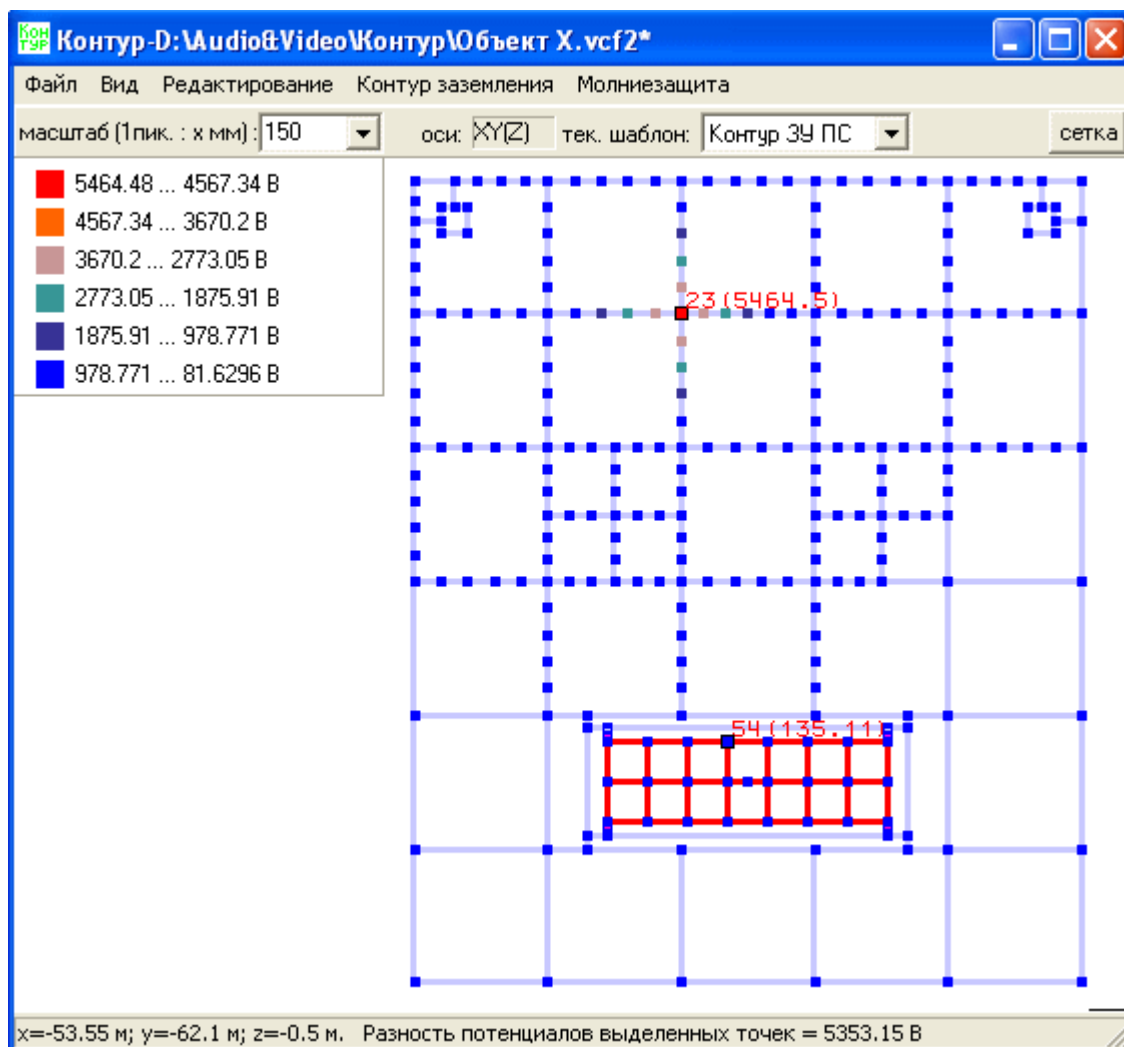


Рис. 3-48. Результат расчета разностей потенциалов при протекании ВЧ-токов.

3.3.9. Оценка нагрева экранов вторичных цепей

Для оценки нагрева экранов вторичных цепей необходимо определить точку ввода тока, предварительно дорисовать необходимые кабели между электроаппаратом, на котором имитируется КЗ, и клеммным шкафом (или помещением ОПУ/ЗРУ), указать величину удельного сопротивления грунта, а также включить расчет токов в элементах модели ЗУ (на вкладке «Расчет» окна «Параметры/Расчет»).

После расчета необходимо выделить интересующий элемент двойным нажатием левой кнопки «мыши» и в появившемся окне (см. Рис. 3-49) посмотреть величину тока (выраженную в А), протекающего по этому элементу. Полученная величина тока может быть использована при расчете нагрева экрана вторичного кабеля. Отрицательное значение тока говорит только о направлении тока (от узла 33).

В будущих версиях программы «Контур» будут включена возможность расчета нагрева экранов вторичных цепей непосредственно в программе.

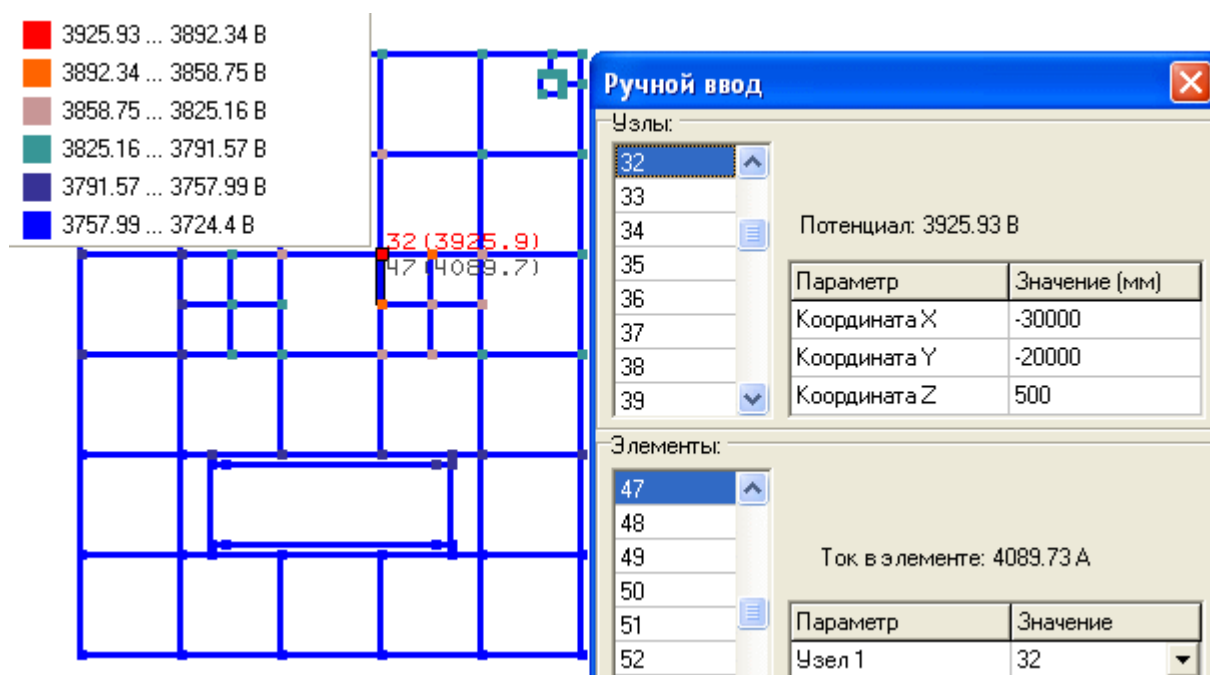


Рис. 3-49. Результат расчета тока в элементе ЗУ ПС при замыкании в высоковольтной сети.

3.3.10. Расчет импульсных разностей потенциалов при молниевом разряде

Для расчета импульсных разностей потенциалов при молниевом разряде в элементы системы молниезащиты объекта необходимо определить точку ввода тока (вершина молниеотвода, опора портала, молниеотводная сетка, грозотрос и т.п.), указать величину тока молнии и удельного сопротивления грунта. При этом необходимо на вкладке «Параметры ЗУ» окна «Параметры/Расчет» выбрать вид расчета – «Импульс».

После расчета необходимо выделить точки, разность потенциалов между которыми необходимо посмотреть. Разность полученных значений для выделенных точек будет соответствовать импульсной разности потенциалов между элементами модели ЗУ объекта (см. Рис. 3-50). Получившиеся значение выводится в строке состояния как параметр «Разность потенциалов выделенных точек».

Для корректного расчета импульсных потенциалов необходимо провести принудительное разбиение элементов модели ЗУ (F5) в районе места замыкания. Обычно достаточно провести разбиение в радиусе 25 м от точки КЗ с шагом 3 м.

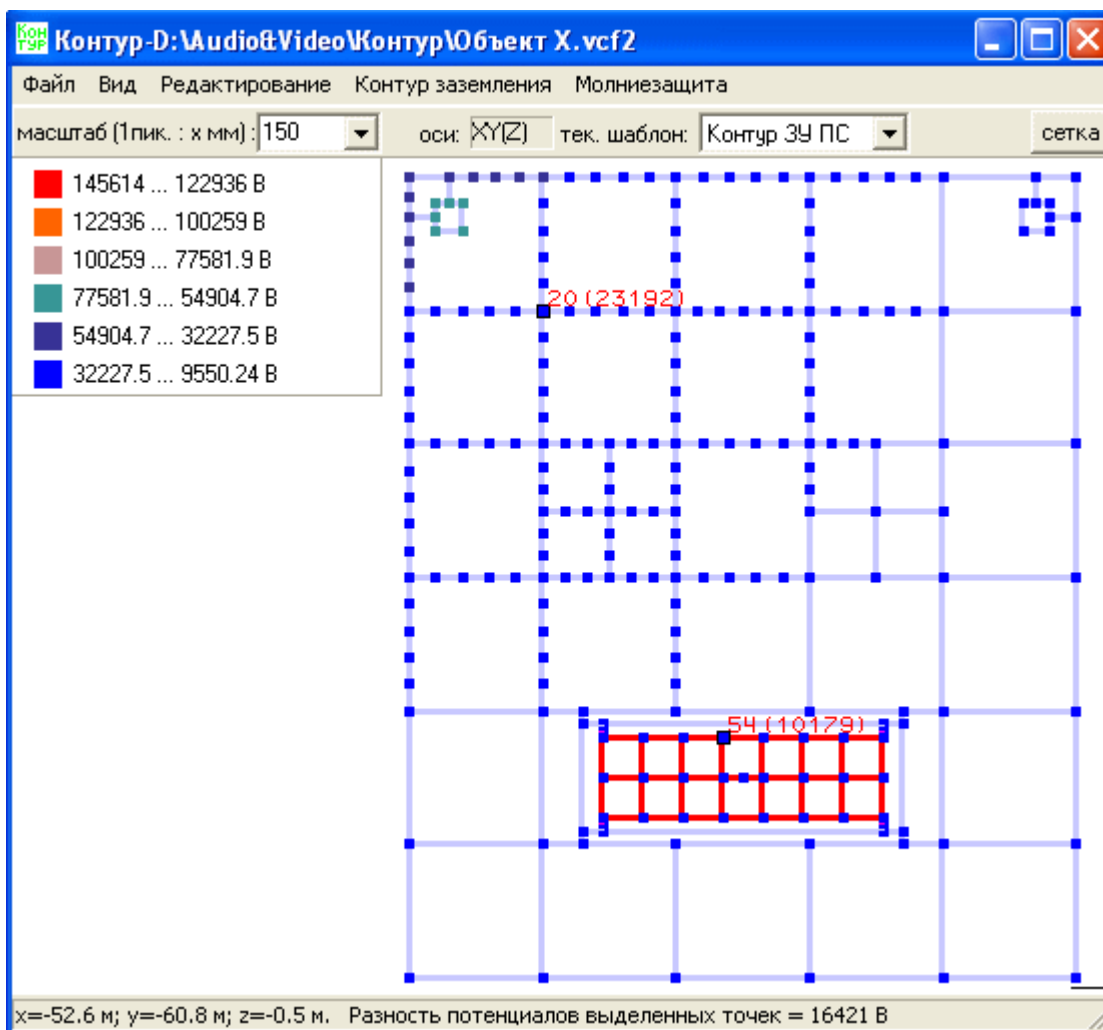


Рис. 3-50. Результат расчета импульсных разностей потенциалов при молниевом разряде.

Помимо конечных значений потенциалов и токов программа «Контур» позволяет выводить графики потенциала и тока в любых узлах и элементах расчетной модели ЗУ (см. Рис. 3-51). Для этого необходимо дважды нажать левой кнопкой «мыши» на интересующий узел или элемент. При этом откроется диалоговое окно «Ручной ввод», где будут приведены значения потенциалов для всех узлов и значения токов для всех элементов модели ЗУ. В этом же окне имеются кнопки «График» на панелях «Узлы» и «Элементы», при нажатии на которые выводятся соответствующие графики потенциала или тока. Полученные графики можно масштабировать непосредственно в открывшемся окне.

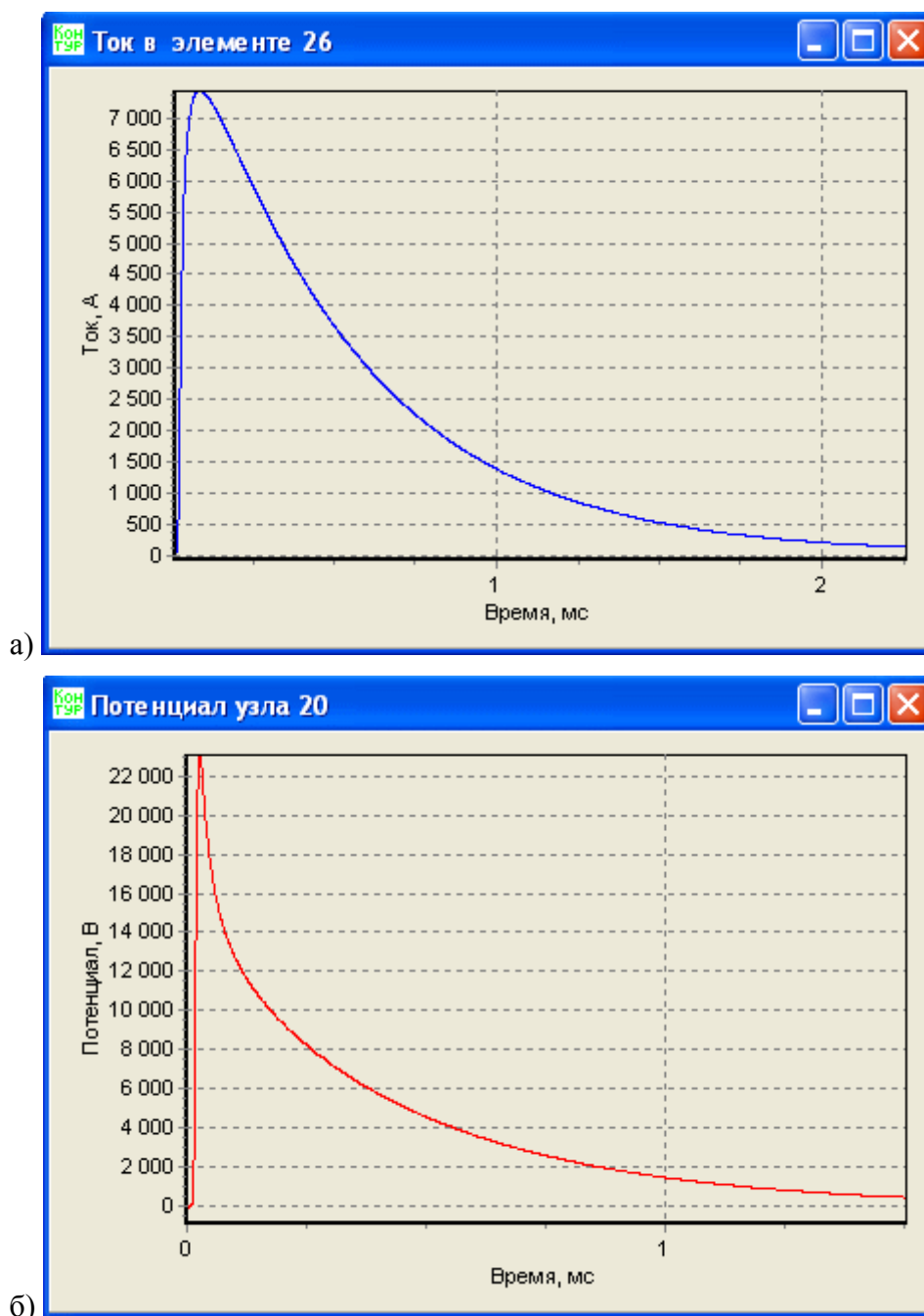


Рис. 3-51. Графики тока и напряжения в выбранном узле и соседнем элементе модели ЗУ.

3.3.11. Расчет величины импульсного магнитного поля

Для расчета величины импульсного магнитного поля необходимо определить точку ввода тока (см. Разд. 3.3.10), указать величину тока молнии и удельного сопротивления грунта. При этом необходимо на вкладке «Параметры ЗУ» окна «Параметры/Расчет» выбрать вид расчета – «Импульс», а на вкладке «Расчет» включить расчет токов в элементах модели ЗУ.

После расчета необходимо вызвать меню расчета напряжения магнитного поля (F7), где указать координаты точки расчета, радиус области расчета и величину разбиения. Значение координаты «Z» должно соответствовать высоте установки оборудования над поверхностью земли. При расчете импульсных магнитных полей рекомендуется отметить галочкой пункт «Учитывать поле канала молнии». Пример полученной эпюры напряженности импульсного магнитного поля приведен на Рис. 3-52.

С помощью курсора можно посмотреть величину импульсного магнитного поля в любой точке области расчета, выраженную в А/м.

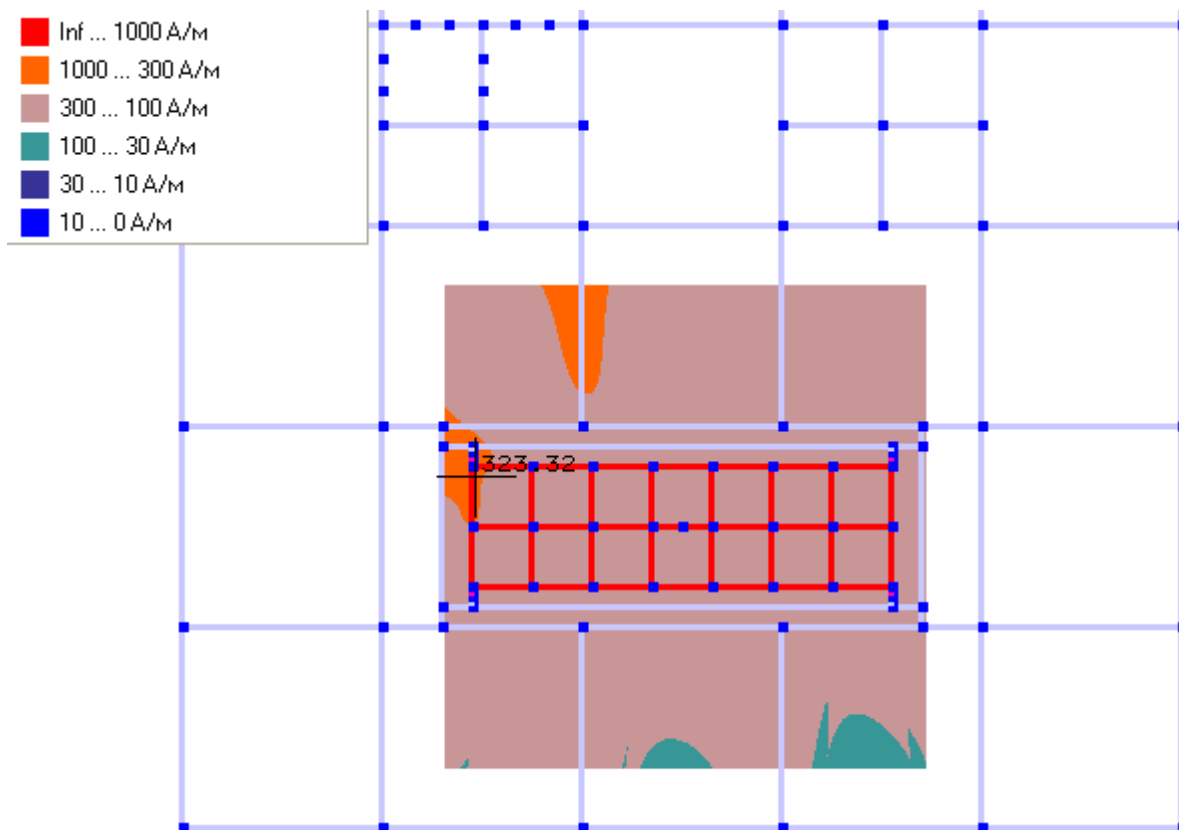


Рис. 3-52. Результат расчета величины импульсного магнитного поля.

3.3.12. Расчет модели для двухслойного грунта

В связи с тем, что строение грунта может изменяться по глубине, а также в результате промерзания верхнего слоя грунта в зимний период, значение удельного сопротивления грунта для разных глубин может различать в несколько раз. В программе «Контур» предусмотрена возможность расчета контура ЗУ для двухслойного грунта. Расчет для большего количества слоев потребует значительных временных затрат и вычислительных ресурсов. Для решения большинства задач по расчету параметров модели ЗУ является достаточным использование двухслойной модели.

Наиболее часто расчет двухслойного грунта требуется для учета сезонного промерзания грунта в зимний период при следующих расчетах:

- расчет сопротивления растеканию;
- расчет разностей потенциалов при замыканиях в высоковольтной сети;
- расчет напряжения шага и прикосновения;
- расчет импульсных разностей потенциалов при протекании ВЧ-токов.

Для расчета модели с двухслойным грунтом необходимо дополнительно указать величину удельного сопротивления нижнего слоя грунта и толщину верхнего слоя грунта.

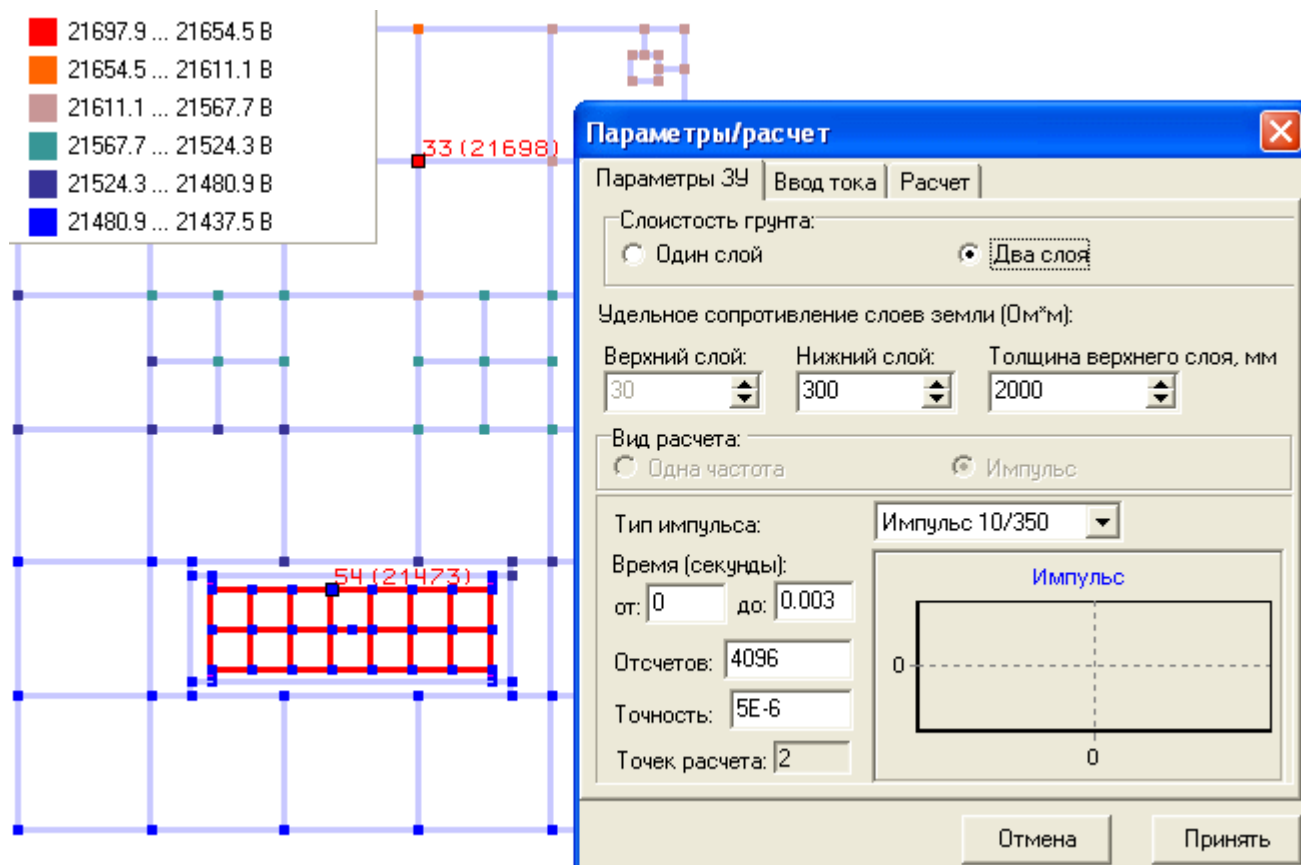


Рис. 3-53. Результат расчета разности потенциалов при замыкании в высоковольтной сети Двухслойный грунт.