

## ➤ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА РЭС

**Добавление новых элементов конструкции.** Выделите в дереве конструкции элемент, к которому вы хотите добавить новый элемент. Новые элементы всегда добавляются как дочерние к выбранному элементу дерева.

Выберите пункт меню *Правка* → *Добавить*. В открывшемся подменю укажите элемент конструкции, который вы хотите добавить к текущему. Элементы добавляются в конструкцию в соответствии с иерархией. Это означает, что элементы, стоящие выше в иерархии, не могут входить в состав элементов, стоящих ниже (например, блок не может входить в состав узла, но может входить в состав ЭРИ).

Если вы добавляете в конструкцию узел или блок, то после выбора соответствующего пункта меню откроется диалоговое окно, в котором необходимо указать имя добавляемого элемента и подтвердить добавление нажатием кнопки *ОК* либо отменить добавление нажатием кнопки *Отмена*.

Процесс добавления в конструкцию ИЭТ более сложен, поэтому будет описан пошагово.

**Шаг 1.** Выберите пункт меню *Правка* → *Добавить* → *ИЭТ*.

**Шаг 2.** В появившемся диалоговом окне укажите класс добавляемого ЭРИ и нажмите кнопку *ОК* (рис. 14).

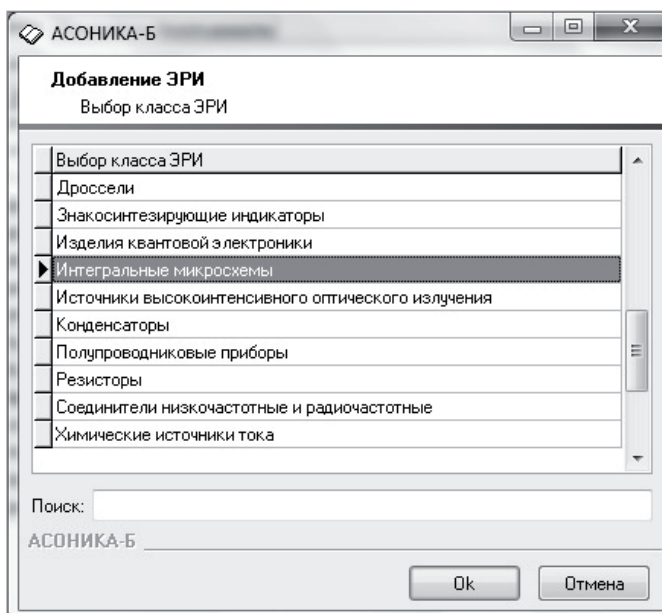


Рис. 14. Диалоговое окно *Выбор класса ЭРИ*



Окончание. Начало см.: CADmaster, № 1/2019, с. 44-51.

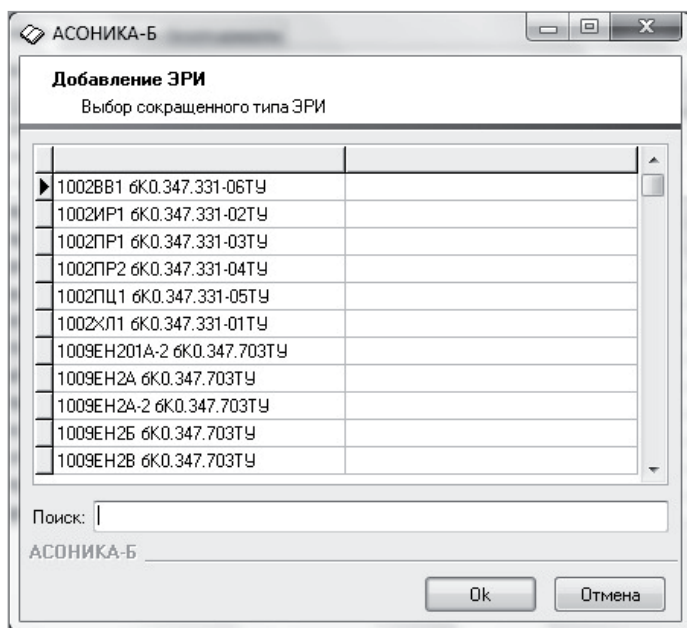


Рис. 15. Диалоговое окно *Выбор сокращенного типа ЭРИ*

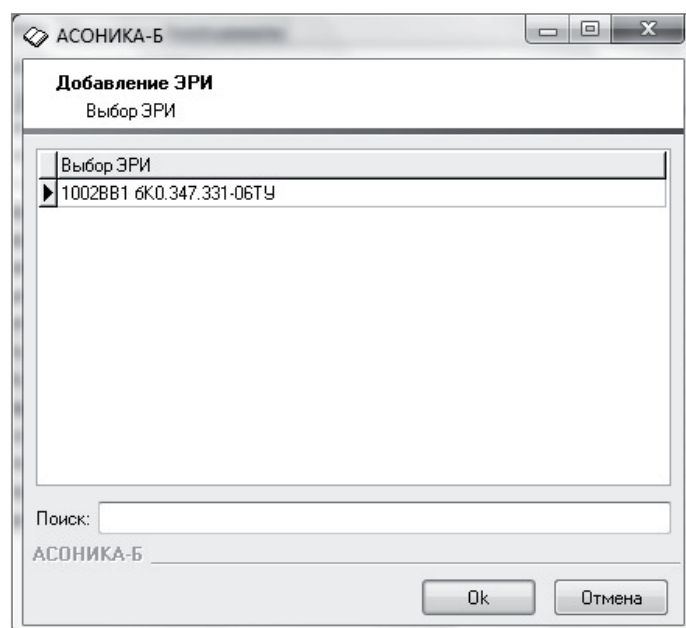


Рис. 16. Диалоговое окно *Выбор ЭРИ*

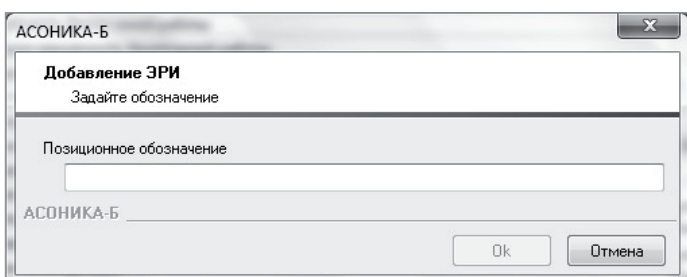


Рис. 17. Диалоговое окно *Выбор позиционного обозначения*

**Шаг 3.** В появившемся диалоговом окне укажите сокращенный тип добавляемого ЭРИ и нажмите кнопку *OK* (рис. 15).

**Шаг 4.** В появившемся диалоговом окне укажите полный тип добавляемого ЭРИ и нажмите кнопку *OK* (рис. 16).

**Шаг 5.** В появившемся диалоговом окне введите позиционное обозначение добавляемого ЭРИ (рис. 17) и нажатием кнопки *OK* завершите процесс добавления ЭРИ.

При добавлении ЭРИ в РЭС можно вернуться на шаг назад нажатием клавиши *Отмена*. Для полного выхода нужно нажать крестик.

**Удаление элементов конструкции.** Укажите в дереве конструкции элемент, который вы хотите удалить, а затем выберите пункт меню *Правка* → *Удалить*. В появившемся диалоговом окне нажмите кнопку *Да* для подтверждения удаления или кнопку *Нет* для отмены удаления.

При удалении элемента конструкции также будут удалены *все* принадлежащие ему дочерние элементы.

**Копирование, вставка.** Чтобы скопировать блок, узел или ЭРИ, содержащийся в другом или в настоящем проекте, следует выполнить следующие операции:

- установить курсор на элемент, который нужно копировать;
- нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт *Копировать конструкцию* или нажать функциональную клавишу *F5*;
- установить курсор на тот элемент конструкции, в котором надо расположить копируемый элемент, нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт *Вставить конструкцию* или нажать функциональную клавишу *F7*.

Для ввода нескольких одинаковых ЭРИ можно использовать групповое

копирование, выполнив следующие действия:

- установить курсор на ЭРИ;
- нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт *Копировать конструкцию* или нажать функциональную клавишу *F5*;
- если нужно добавить один ЭРИ, следует установить курсор на *Узел* и, нажав правую кнопку мыши, выбрать пункт *Вставить конструкцию* или нажать функциональную клавишу *F7*;
- если нужно добавить несколько ЭРИ, следует установить курсор на пункт *Узел* и, нажав правую кнопку мыши, выбрать пункт *Групповая вставка* или нажать клавиши *Ctrl + F7*.

**Резервирование.** Выделите в дереве конструкции элемент, к которому вы хотите добавить резерв. Выберите пункт меню *Правка* → *Добавить*

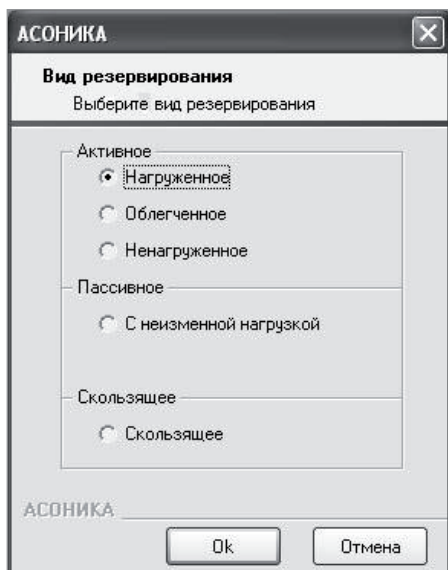


Рис. 18. Диалоговое окно для выбора вида резервирования

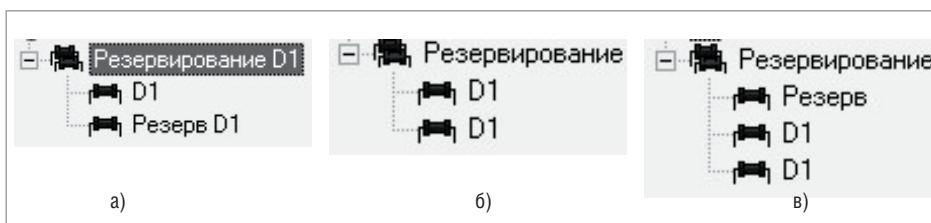


Рис. 19. Резервирование: активное (а); пассивное (б); скользящее (в)



Рис. 20. Редактирование параметра вручную



Рис. 21. Параметр, требующий выбора значения из списка

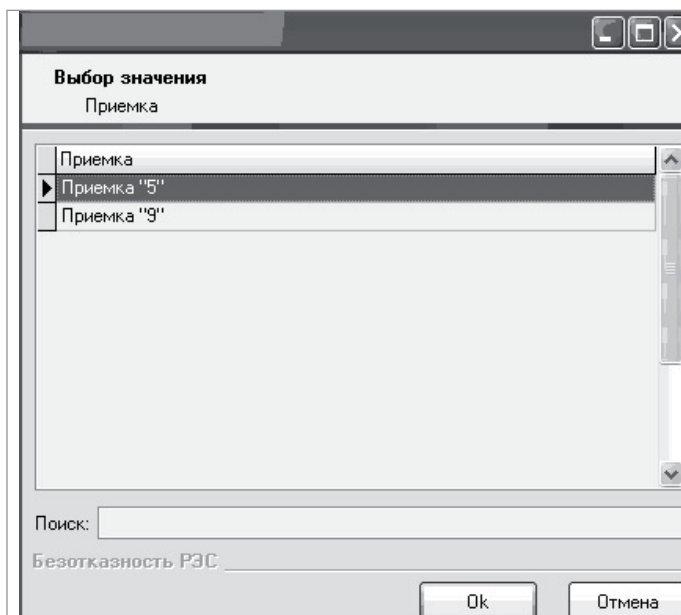


Рис. 22. Диалоговое окно для выбора значения параметра

конструкцию → Резерв. В открывшемся диалоговом окне необходимо указать вид резервирования (рис. 18) и либо подтвердить добавление нажатием кнопки *ОК*, либо отменить его нажатием кнопки *Отмена*.

В дереве конструкции РЭС резервирование будет выглядеть как отдельный узел (рис. 19), в состав которого входят основные и резервные элементы в зависимости от типа резервирования.

Для добавления дополнительных элементов в резервирование необходимо указать в дереве конструкции РЭС, а затем выбрать пункт меню *Правка → Добавить → Резерв*.

**Импорт перечня ЭРИ.** Чтобы ознакомиться со списком ЭРИ, содержащимся в файле с расширением .ilr, нужно:

- установить курсор на узел, в который следует ввести список ЭРИ;
- войти в меню *Проект → Импорт → Список ЭРИ*;
- выбрать файл с расширением .ilr.



При этом сообщается информация об отсутствии в базе ЭРИ.

Чтобы сохранить список ЭРИ в файле с расширением .ilr, нужно:

- установить курсор на узел, в котором следует сохранить список ЭРИ;
- войти в меню *Проект → Экспорт → Список ЭРИ*;
- ввести имя файла с расширением .ilr;
- сохранить произведенные изменения.

**Редактирование параметров элемента.** Для редактирования параметров элемента предназначена таблица, в которой они перечислены. Чтобы отредактировать значение параметра, необходимо выбрать его в столбце *Значение* этой таблицы.

Если после выбора параметра соответствующая ячейка таблицы, содержащая его значение, превращается в поле для текстового ввода (рис. 20), то значение параметра должно быть введено с клавиатуры.

Если в правой части ячейки таблицы появляется кнопка , то значение параметра следует выбрать из списка (рис. 21). Для этого нажмите кнопку  и в появившемся диалоговом окне выберите значение параметра из списка возможных (рис. 22). Выбор подтвердите нажатием кнопки *Выбрать*.

Если при выборе параметра из таблицы с ячейкой, содержащей его значение, ничего не происходит, это означает, что параметр не является редактируемым.

**Импортирование реальных характеристик.**

*Для импорта температур* из дерева конструкций выберите узел, для которого проводился расчет тепла в подсистеме АСОНИКА-ТМ. Выделите в меню пункт *Проект → Импорт → Температур* и в открывшемся стандартном диалоге открытия файлов укажите выходной файл расчета температур подсистемы АСОНИКА-ТМ. При импорте проводится сопоставление позиционных обозначений элементов выбранного узла и элементов в файле.





Рис. 23. Строка состояния

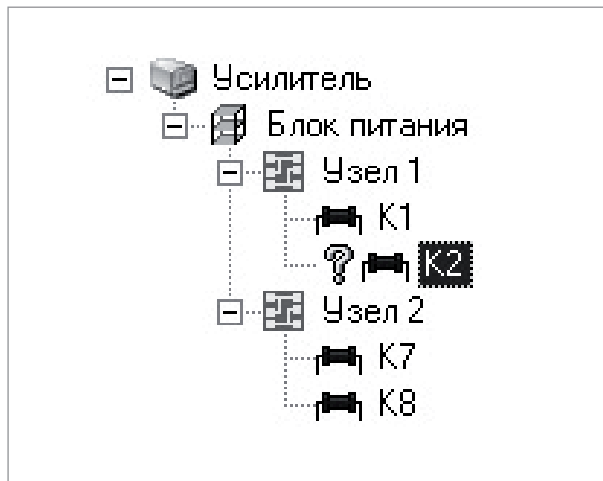


Рис. 24. Элемент, для которого не производился расчет

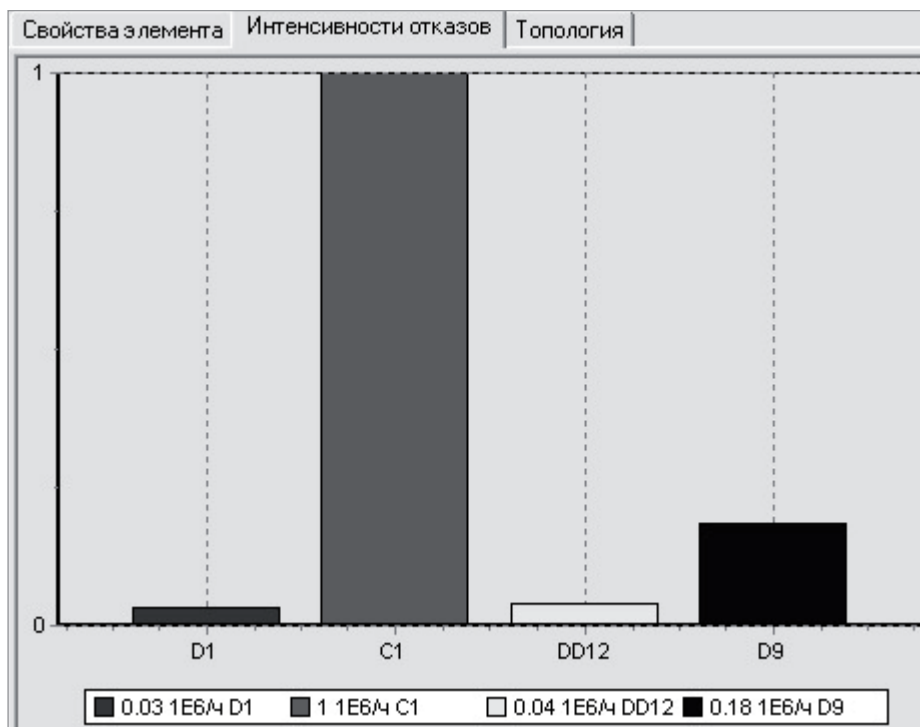


Рис. 25. Диаграмма интенсивностей отказов

Свойства элемента	Интенсивности отказов	Топология
Наименование	Обозначение	Значение
100ИД162 И63.088.068ТУ11	D1	3.34964101278447E-8
К53-18-16В-1.5мкФ+10%-В ОЖ0.464.136ТУ	C1	1E-6
530ИР22 6К0.347.022-33ТУ	DD12	4.03886285061457E-8
1002ПЦ1 6К0.347.331-05ТУ	D9	1.83636922589087E-7

Рис. 26. Табличное представление результатов расчета

Для импорта электрических характеристик выберите из дерева конструкций узел, для элементов которого составлена карта режимов работы в подсистеме АСОНИКА-Р. Выделите в меню пункт *Проект* → *Импорт* → *Электр. характеристики* и в открывшемся стандартном диалоге открытия файлов укажите выходной файл подсистемы АСОНИКА-Р. При импорте проводится сопоставление позиционных обозначений элементов выбранного узла и элементов в файле.

**Расчет показателей безотказности.** Перед запуском процесса расчета показателей безотказности следует ввести все необходимые значения параметров элементов. Расчет запускается нажатием кнопки *Расчет* на кнопочной панели, а его продолжительность зависит от числа элементов в конструкции и может составлять несколько минут. В строке состояния главного окна программы (рис. 23) появляются иконка калькулятора и полоса прогресса, которая отображает степень завершенности процесса расчета.


Если к моменту начала расчета значения некоторых параметров какого-либо элемента конструкции были заданы неверно или не были заданы вообще, то расчет показателей безотказности будет прерван, а этот элемент конструкции станет активным и будет выделен знаком вопроса (элемент K2 на рис. 24).

В программе предусмотрены два представления результатов расчета: графический и табличный.

Графическое представление включено по умолчанию и представляет собой столбчатую диаграмму, каждый столбец которой соответствует элементу конструкции, причем его высота пропорциональна рассчитанной интенсивности отказов (рис. 25).

На диаграмме отображаются интенсивности отказов элементов, входящих в состав выбранного в дереве элемента конструкции. Если выбранный элемент конструкции не содержит дочерних элементов, то отображается интенсивность отказов только этого элемента.

Пример табличного представления результатов приведен на рис. 26.

Чтобы представить результаты расчета в виде текста, необходимо нажать кнопку , расположенную в правом верхнем углу диаграммы интенсивностей отказов. После этого откроется диалоговое окно, содержащее список элементов, входящих в состав выбранного элемента конструкции, и соответствующих им ин-

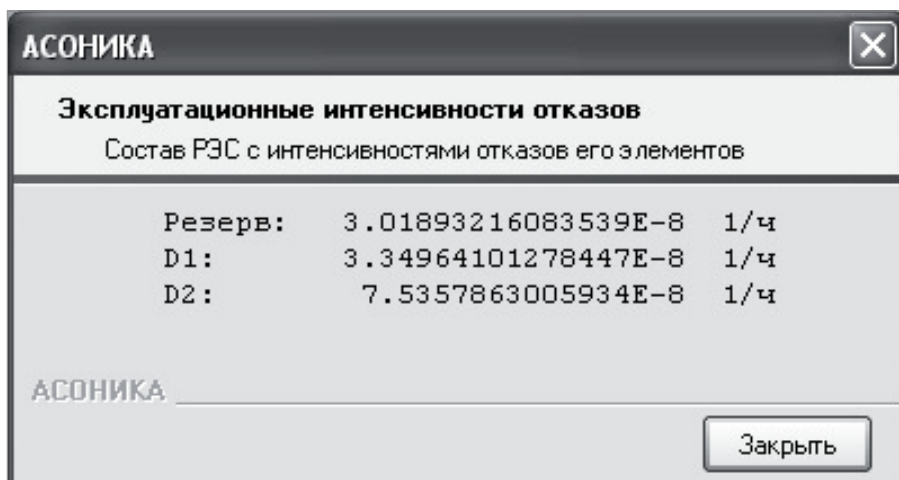


Рис. 27. Текстовое представление результатов расчета

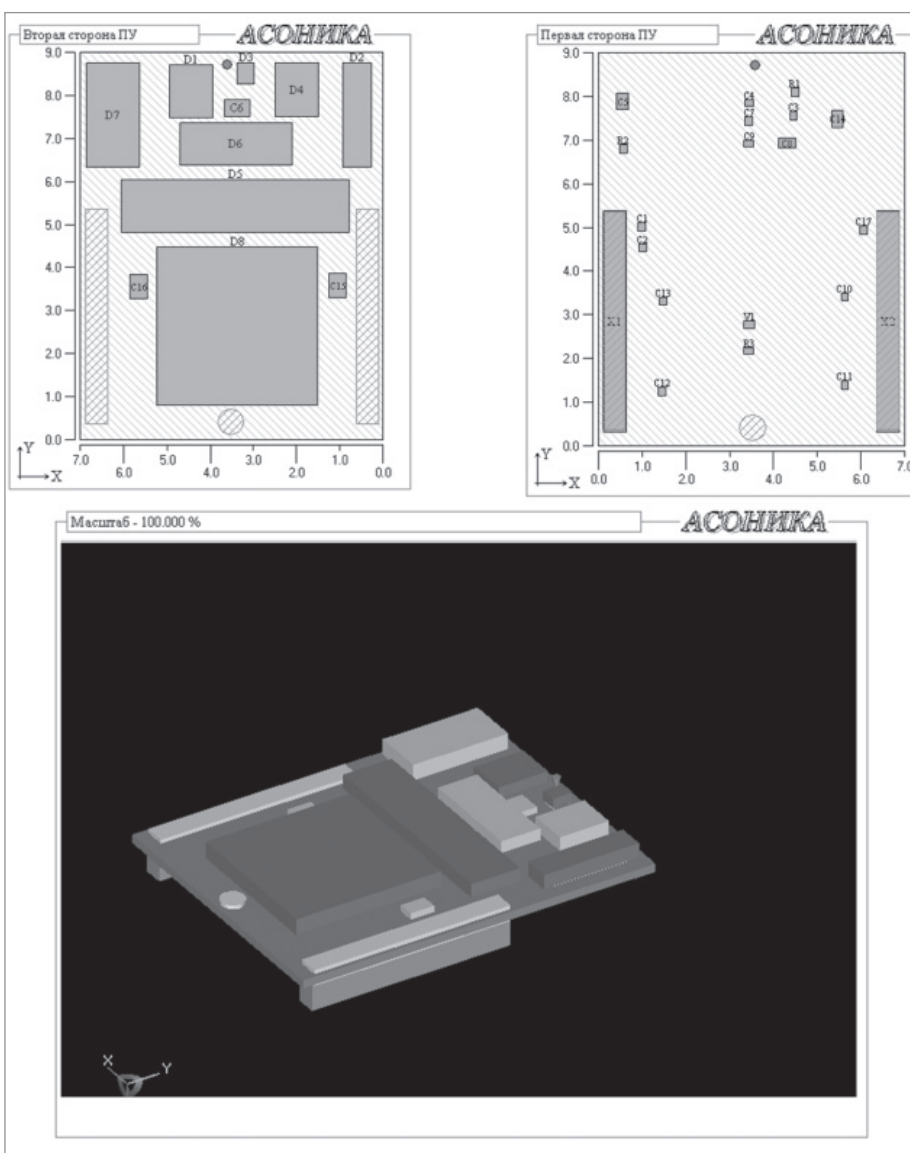


Рис. 28. Конструкция печатного узла, конвертированная из системы P-CAD

тенсивностей отказов в формате таблицы (рис. 27).

**Сохранение результатов расчета.** Программа позволяет сохранять результаты расчетов в различных открытых форматах документов. Процесс сохранения результатов расчета включает в себя генерацию отчета и сохранение его в файле. В текущей версии программы поддерживаются три формата файла: текстовый (\*.txt), HTML (\*.htm) и таблица Excel (\*.xls). Отчет, созданный программой, представляет собой полный список элементов конструкции с указанием имен, позиционных обозначений и интенсивностей отказов элементов. Представление списка элемента в отчете организовано в виде древовидной структуры, соответствующей иерархии элементов конструкции. Чтобы сформировать отчет, выберите пункт меню *Проект* → *Сохранить отчет*. В появившемся стандартном диалоговом окне укажите папку, в которой вы хотите сохранить отчет, имя файла отчета и его формат, а затем нажмите кнопку *Сохранить*.

**Пример использования подсистем АСОНИКА-Р и АСОНИКА-Б при проектировании печатных узлов РЭС**

В качестве примера анализа показателей безотказности печатного узла на основе комплексного моделирования физических процессов рассмотрим процесс разработки печатного узла, в ТЗ на который предусмотрено обеспечение безотказной работы ПУ в течение 10 000 часов с вероятностью не менее 0,95.

Вначале разрабатывается электрическая схема и проводится анализ электрических характеристик в системе Pspice. Затем в системе P-CAD формируется конструкция ПУ.

В подсистеме АСОНИКА-ТМ конструкция печатного узла конвертируется из системы P-CAD (рис. 28) и проводится моделирование тепловых и механических характеристик печатного узла.

Результаты моделирования тепловых режимов показаны на рис. 29. По данным результатам автоматически формируются карты рабочих режимов ЭРИ в подсистеме АСОНИКА-Р (рис. 30-32). При этом температуры и ускорения ЭРИ переносятся в подсистему АСОНИКА-Р из подсистемы АСОНИКА-ТМ, а токи и напряжения – из системы PSpice. Кроме того, конвертор PSpice – АСОНИКА-Р рассчитывает мощности тепловыделения каждого электронного компонента.

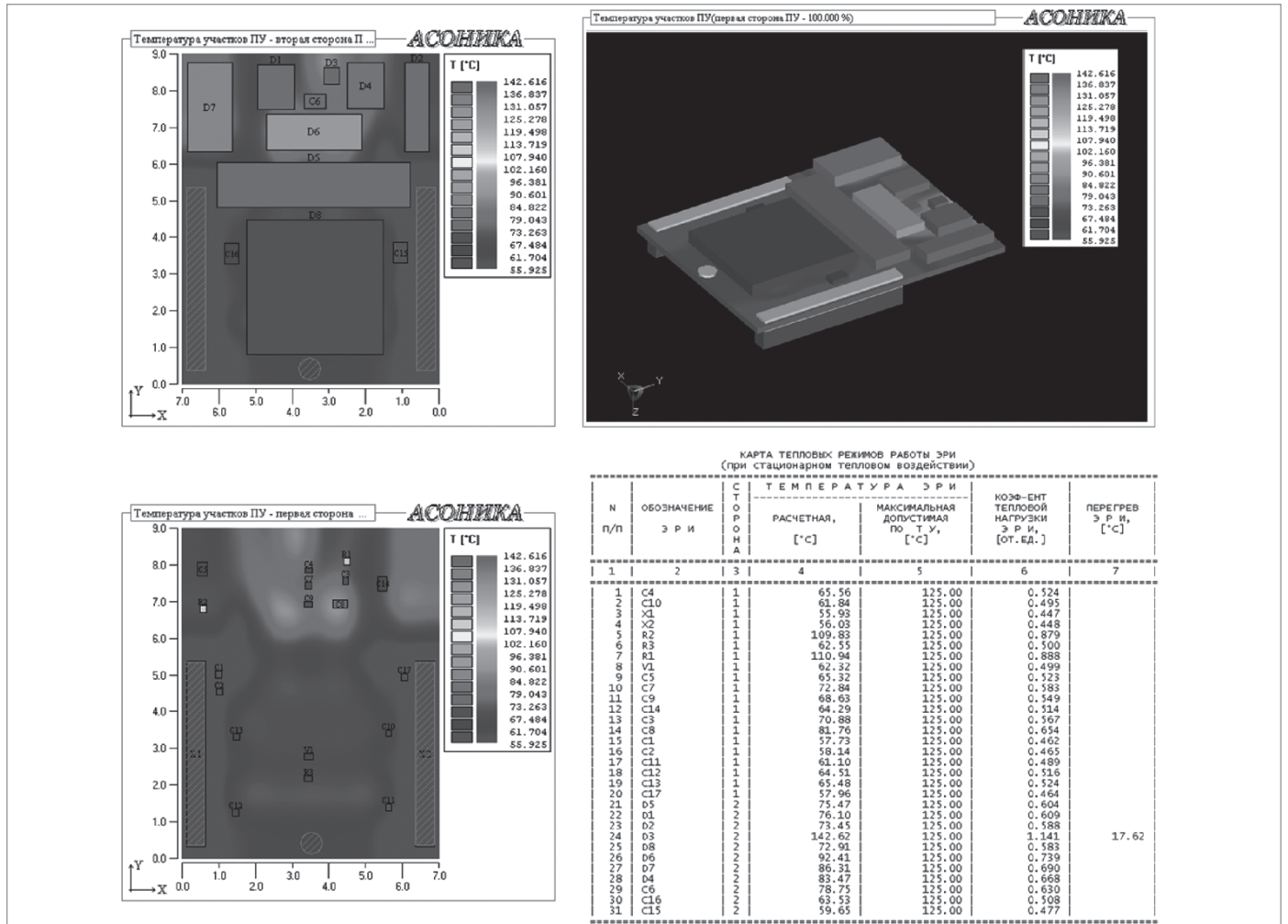


Рис. 29. Результаты моделирования тепловых режимов

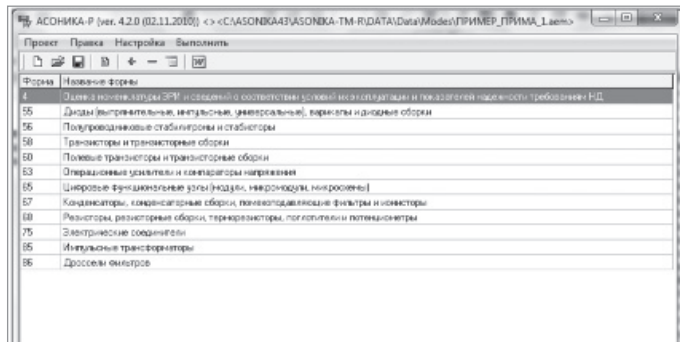


Рис. 30. Диалоговое окно для формирования карт рабочих режимов

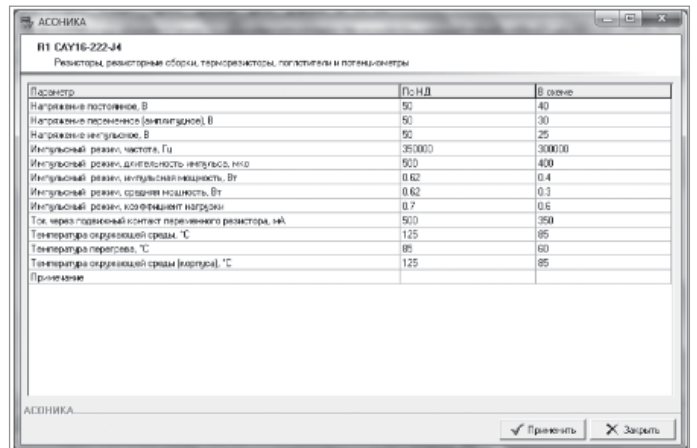


Рис. 31. Диалоговое окно для задания исходных данных в подсистеме АСОНИКА-Р

Карта рабочих режимов резистора, резисторной сборки, терморезистора, логического и потенциометра

Параметр	САУ16-222-J4		САУ16-222-J4		САУ16-222-J4	
	в схеме	по НД	в схеме	по НД	в схеме	по НД
Напряжение питания, В	50	40	50	40	50	40
Напряжение питания (аналоговое), В	50	30	50	30	50	30
Напряжение питания, В	50	25	50	25	50	25
Индуктивный режим, частота, Гц	30000	30000	30000	30000	30000	30000
Индуктивный режим, длительность импульса, нс	500	400	500	400	500	400
Индуктивный режим, длительность паузы, нс	0.62	0.4	0.62	0.4	0.62	0.4
Индуктивный режим, средняя мощность, Вт	0.62	0.3	0.62	0.3	0.62	0.3
Индуктивный режим, коэффициент нагрузки	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6
Ток через подводящий контакт первичного резистора, мА	500	350	500	350	500	350
Температура окружающей среды, °C	125	85	125	85	125	85
Температура перегрева, °C	85	60	85	60	85	60
Температура окружающей среды (внутренняя), °C	125	85	125	85	125	85
Примечание						

32. Вывод карты рабочих режимов в подсистеме АСОНИКА-Р





```
R1: 0,7104 0,7544 5,7E-5 0,000455
R10: 3,582 3,582 0,012831 0,102646
R2: 3,358 3,403 0,000289 0,002316
R3: 1,008 2,269 0,002859 0,022872
R4: 1,434 2,8615 4,1E-5 0,000328
R5: 2,904 3,732 0,00774 0,061921
R6: 0,7102 1,225 0,00015 0,0012
R7: 0,573 0,584 0,000341 0,002728
R8: 0,573 0,5841 0,000341 0,002729
R9: 0,739 1,2539 7,9E-5 0,000629
VT1: 2,846 2,35 0,496 0,00056 1,3E-5 0,000278 0,00066
0,001321
VT2: 2,096 1,434 0,662 0,001606 7E-6 0,001063 0,039507
0,079014
VT3: 1,418 0,739 0,679 0,003545 3,7E-5 0,002407 0,002518
0,005037
VD1: 5 5 0 0
C10: 1,146 1,168 353849,5 11794,983333
C11: 1,9853 1,9857 0,098664 0,003289
C12: 0,4576 0,4576 2,9E-5 1E-6
C13: 0,2214 0,2935 0,008317 0,000277
C2: 0,9316 0,9416 4,8E-5 2E-6
C3: 3,582 3,582 0,012655 0,000422
C4: 5 5 0 0
C5: 3,33 3,3304 0,000875 2,9E-5
C8: 3,358 5,314 1171943 39064,766667
C9: 0,496 0,518 153324,5 5110,816667
```

Рис. 37. Пример файла *log.txt*

### Конвертор PSpice – АСОНИКА-Б

При интеграции системы PSpice и подсистемы анализа показателей надежности РЭС с учетом реальных режимов работы ЭРИ АСОНИКА-Б выполняются следующие действия:

- электрические характеристики (токи, напряжения, мощности и др.), полученные в результате расчета электрической схемы в системе PSpice, сохраняются в текстовом файле в виде структуры <Позиционное обозначение ЭРИ> <Сила тока в А> <Напряжение в В> <Мощность в Вт> <другие возможные электрические характеристики>;
- данный текстовый файл передается в подсистему АСОНИКА-Б;
- на основе полученных электрических характеристик в подсистеме АСОНИКА-Б рассчитываются показатели надежности РЭС, в том числе каждого ЭРИ.

### Конвертор PSpice – АСОНИКА-Р

При интеграции системы PSpice и подсистемы автоматизированного заполнения карт рабочих режимов ЭРИ АСОНИКА-Р выполняются следующие действия:

- электрические характеристики (токи, напряжения, мощности и др.), полученные в результате расчета электрической схемы в системе PSpice, сохраняются в текстовом файле в виде структуры <Позицион-

ное обозначение ЭРИ> <Сила тока в А> <Напряжение в В> <Мощность в Вт> <другие возможные электрические характеристики>;

- данный текстовый файл передается в подсистему АСОНИКА-Р;
- на основе полученных электрических характеристик в подсистеме АСОНИКА-Р формируются карты рабочих режимов ЭРИ.

В системе PSpice проводится расчет электрической схемы и с помощью конвертора создается файл *log.txt* (рис. 37).

Структура файла *ERIModes5.ini*, согласно которой происходит считывание электрических параметров, имеет вид, показанный на рис. 38.

Опишем структуру файла *ERIModes5.ini*: 1-й столбец – номер формы (например, 68 – резисторы); 2-й столбец – число передаваемых электрических параметров; 3-й столбец и последующие – передаваемые параметры.

Затем для каждой формы приводятся позиционные обозначения параметров элементов, входящих в моделируемую конструкцию. Так, для формы 55 (диоды):

- 1 – выпрямительный режим, постоянный или средний выпрямленный ток, мА;
- 2 – выпрямительный режим, максимальный импульс тока при включении, А;
- 6 – максимальное обратное напряжение, В;
- 10 – коэффициент нагрузки.

```
35 3 1 6
55 1 2 6 10
58 1 2 3 4 5 17 18 20
67 1 3 9 14
68 1 3 13 15
```

Рис. 38. Фрагмент файла *ERIModes5.ini*

Для формы 58 (транзисторы биполярные):

- 1 – статический режим, напряжение коллектор-эмиттер, В;
- 2 – статический режим, напряжение коллектор-база, В;
- 3 – статический режим, напряжение эмиттер-база, В;
- 4 – статический режим, ток коллектора, А;
- 5 – статический режим, ток базы, А;
- 17 – средняя мощность, Вт;
- 18 – импульсная мощность, Вт;
- 20 – коэффициент нагрузки.

Для формы 67 (конденсаторы):

- 1 – постоянное напряжение, В;
- 3 – импульсное напряжение, В;
- 9 – реактивная мощность, ВАр;
- 14 – коэффициент нагрузки.

Для формы 68 (резисторы):

- 1 – постоянное напряжение, В;
- 3 – импульсное напряжение, В;
- 13 – суммарная мощность, Вт;
- 15 – коэффициент нагрузки.

*Александр Шалумов,*  
д.т.н., профессор,  
генеральный директор  
ООО "НИИ "АСОНИКА"

*Максим Тихомиров,*  
к.т.н.,  
старший научный сотрудник  
ООО "НИИ "АСОНИКА"

E-mail: [als@asonika-online.ru](mailto:als@asonika-online.ru)