



## ➤ 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 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).

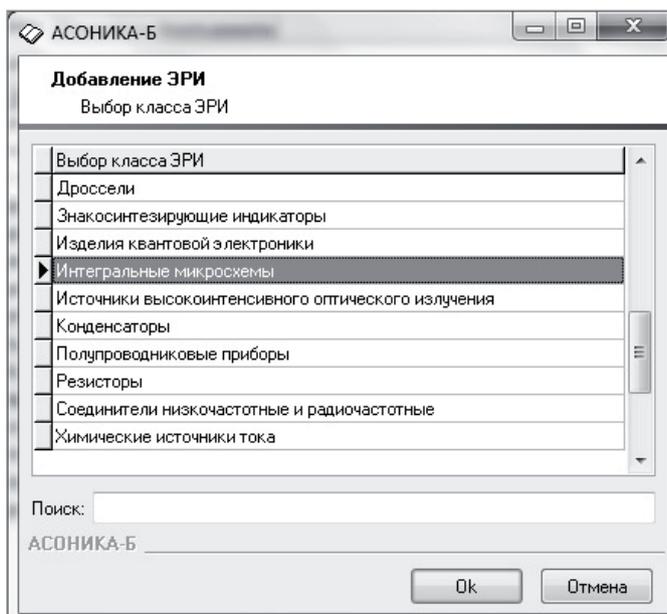


Рис. 14. Диалоговое окно *Выбор класса ЭРИ*



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

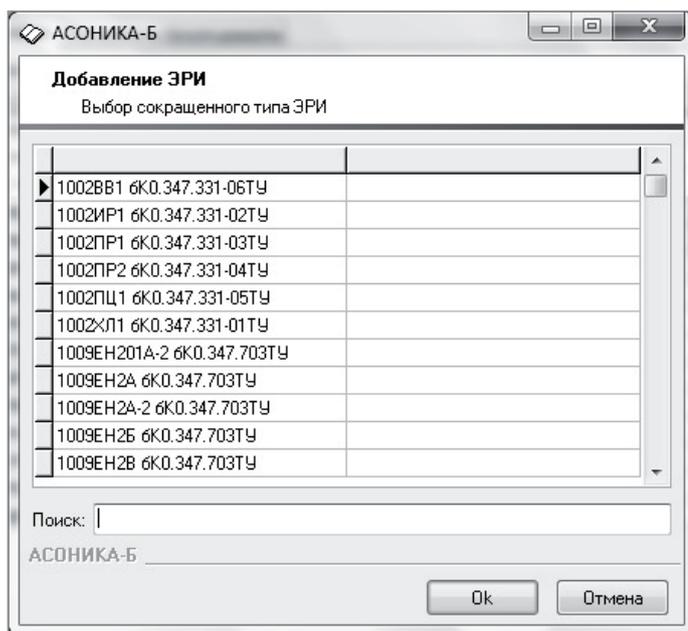


Рис. 15. Диалоговое окно *Выбор сокращенного типа ЭРИ*

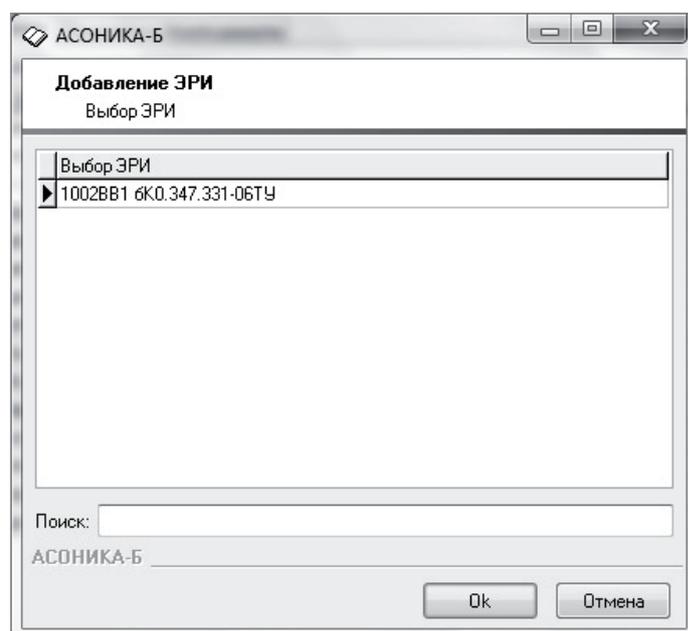


Рис. 16. Диалоговое окно *Выбор ЭРИ*

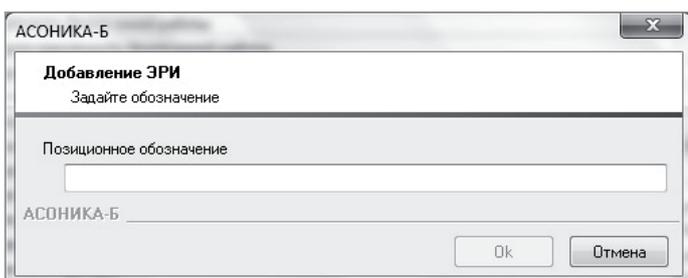


Рис. 17. Диалоговое окно *Выбор позиционного обозначения*

**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*

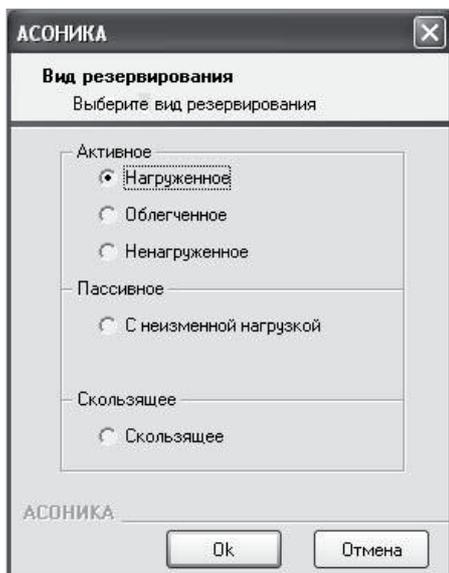


Рис. 18. Диалоговое окно для выбора вида резервирования



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



Рис. 20. Редактирование параметра вручную



Рис. 21. Параметр, требующий выбора значения из списка

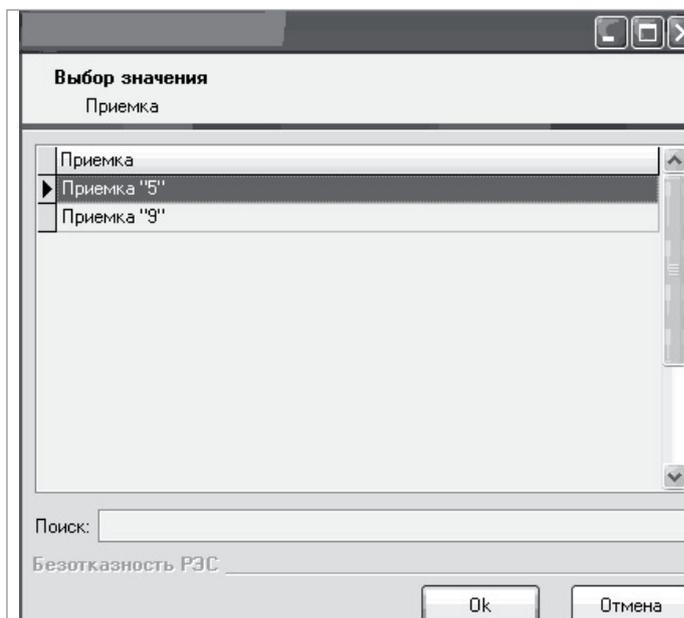


Рис. 22. Диалоговое окно для выбора значения параметра

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

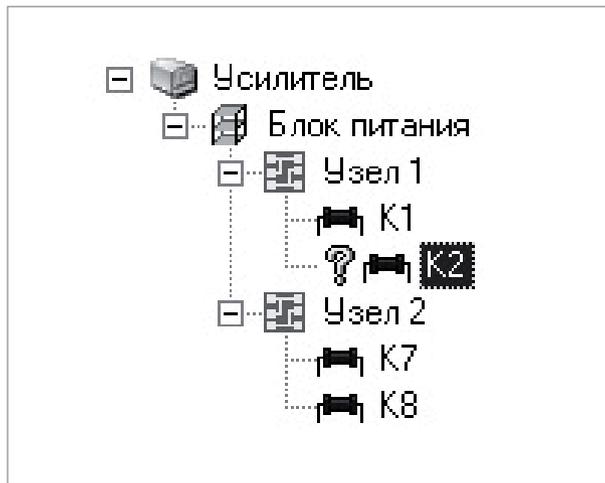


Рис. 24. Элемент, для которого не производился расчет

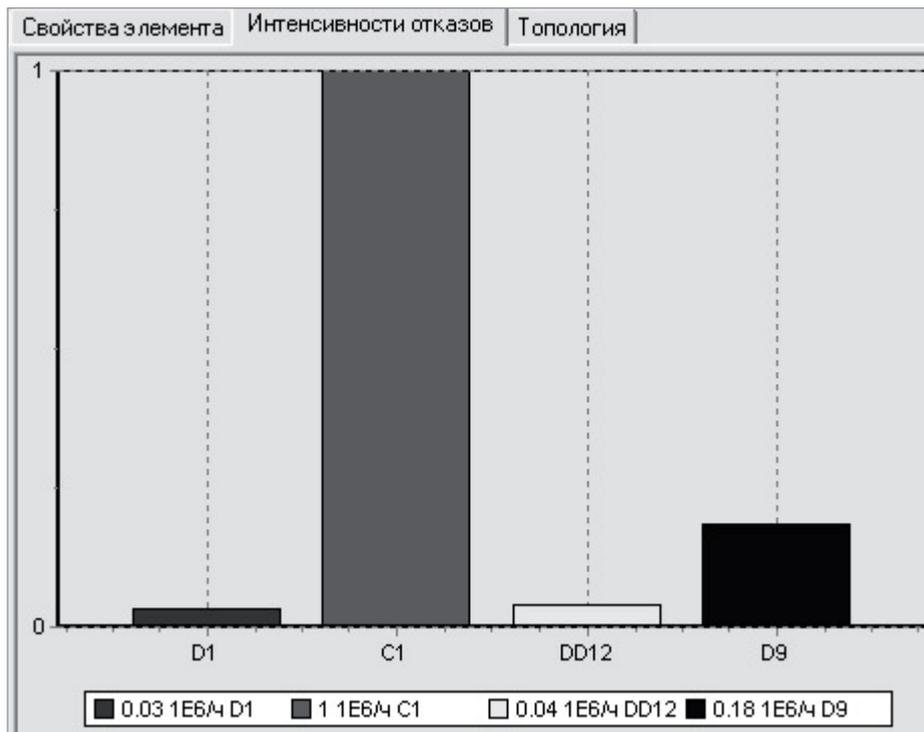


Рис. 25. Диаграмма интенсивностей отказов

Наименование	Обозначение	Значение
100И.Д162 И63.088.068ТУ11	D1	3.34964101278447E-8
K53-18-16В-1.5мкФ+10%-В ОЖ0.464.136ТУ	C1	1E-6
530ИР22 6K0.347.022-33ТУ	DD12	4.03886285061457E-8
1002ПЦ1 6K0.347.331-05ТУ	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: графическое и табличное.

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-

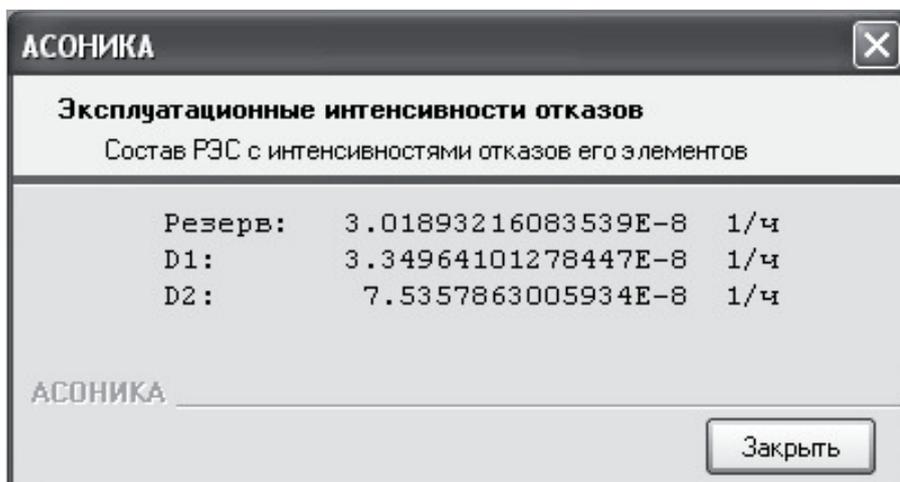


Рис. 27. Текстовое представление результатов расчета

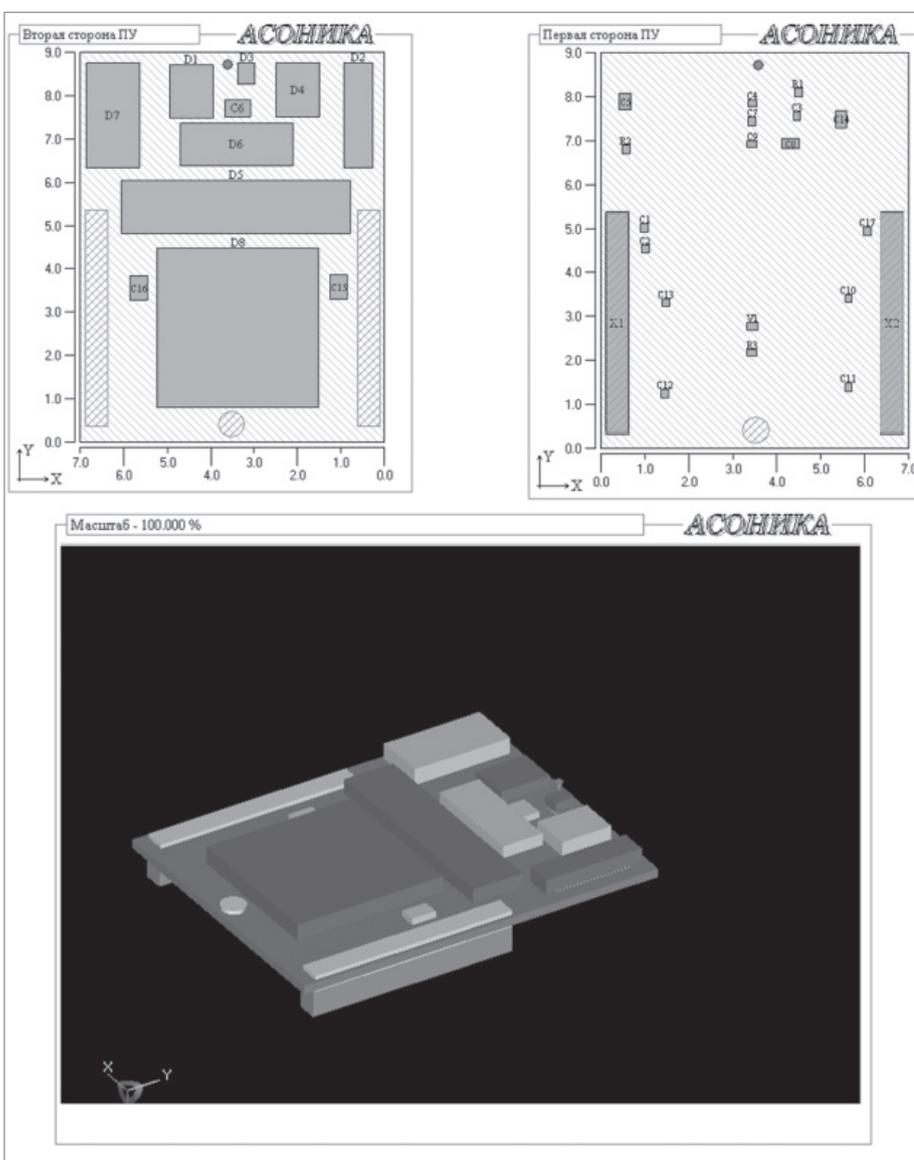


Рис. 28. Конструкция печатного узла, конвертированная из системы P-CAD

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 PСУ**

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.

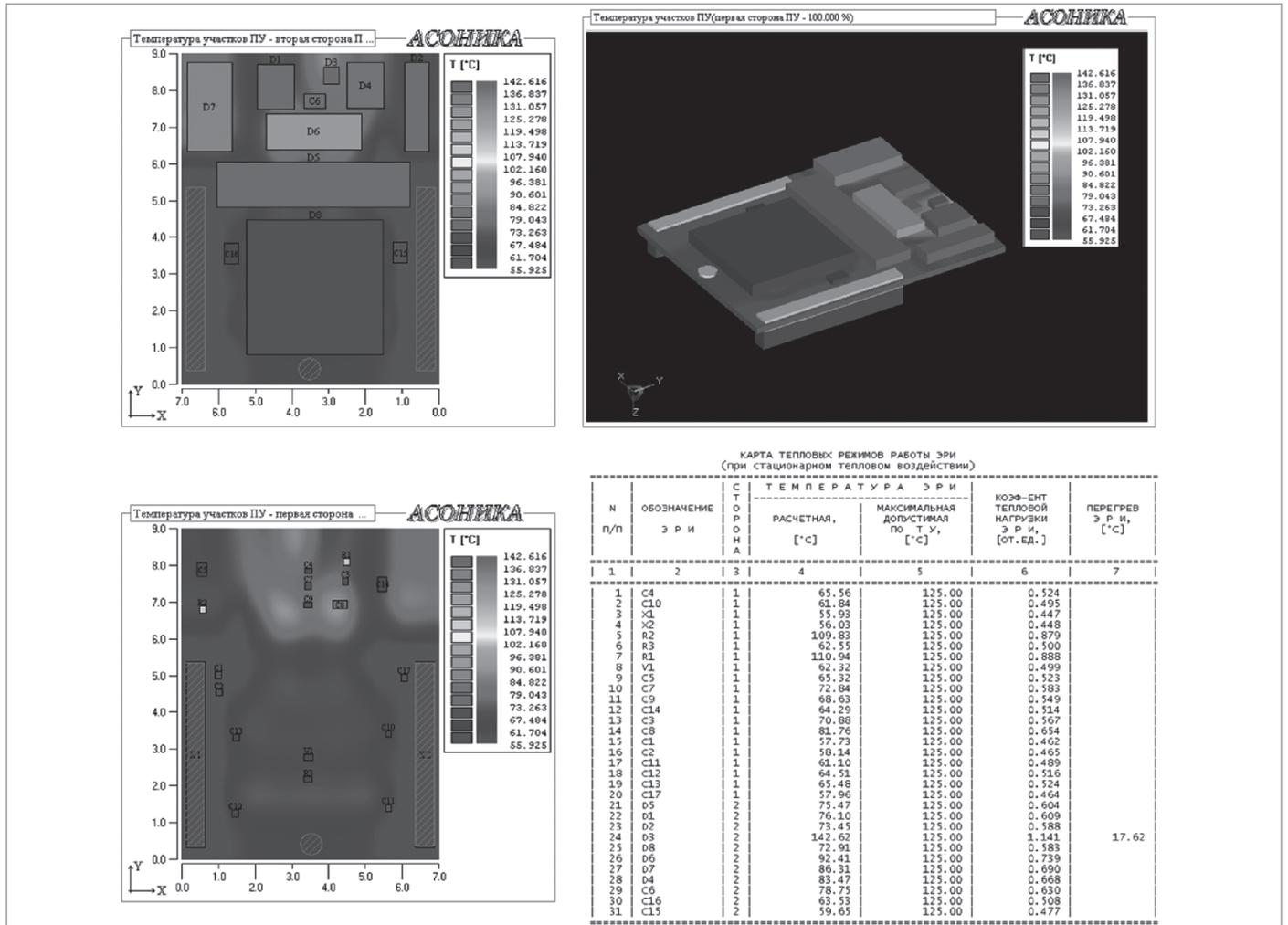


Рис. 29. Результаты моделирования тепловых режимов

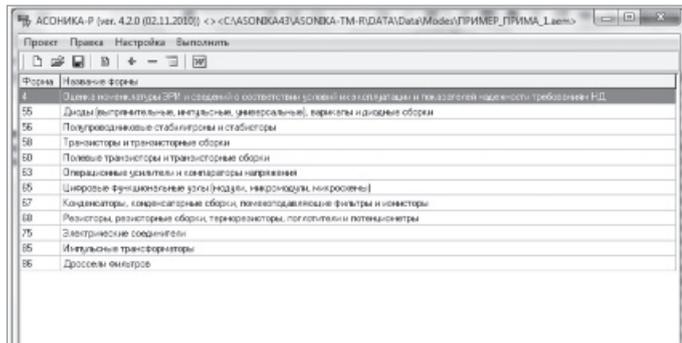


Рис. 30. Диалоговое окно для формирования карт рабочих режимов

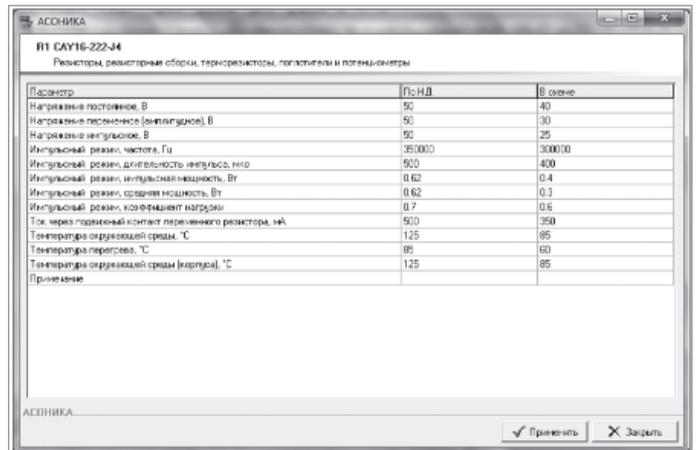


Рис. 31. Диалоговое окно для задания исходных данных в подсистеме АСОНИКА-Р

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	1	40	30	40	30	40
Напряжение питания (аналоговое), В	3	30	30	30	30	30
Напряжение импульсов, В	4	30	30	30	30	30
Частота, Гц	5	30000	30000	30000	30000	30000
Длительность импульса, нс	6	400	400	400	400	400
Длительность паузы, нс	7	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Средняя мощность, Вт	8	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Коэффициент нагрузки	9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ток через подводящий контакт первичного резистора, мА	10	300	300	300	300	300
Температура окружающей среды, °C	11	125	125	125	125	125
Температура перегрева, °C	12	85	85	85	85	85
Окружающая среда, °C	13	85	85	85	85	85
Температура окружающей среды (внутренняя), °C	14	125	125	125	125	125
Условия монтажа	15	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Плотность	16	300	300	300	300	300

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
```

```
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*

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.

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*