

# ДИНАМИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

XXI ВЕК

№ 2, т. 6, 2012

Журнал включен в Перечень ВАК

Научная школа  
«Моделирование, информационные технологии  
и автоматизированные системы»

Владимирский филиал  
Российской академии народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте РФ

Редактор выпуска: д.т.н., профессор А.С. Шалумов

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:</b>	От редактора выпуска	5
<b>Председатель совета</b> директор Владимирского филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, к.ю.н. <b>А.М. Наумов</b>	Научная школа «Моделирование, информационные технологии и автоматизированные системы» (НШ МИТАС)	7
<b>Члены редакционного совета</b> к.э.н., доц. А.Е. Илларионов д.т.н., проф. А.С. Шалумов	<b>ДИНАМИКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ПРАВОВЫХ СИСТЕМ</b>	
<b>Главный редактор</b> д.т.н., проф. <b>А.С. Шалумов</b>	Основные этапы законодательного развития института уголовного преследования в России. Институт уголовного преследования в средневековой Руси <b>Наумов А.М.</b>	9
<b>Заместитель главного редактора</b> к.э.н., доц. А.Е. Илларионов	Синергетический подход к управлению развитием социально-экономических систем <b>Захаров П.Н.</b>	14
<b>Ответственный секретарь</b> к.ю.н. Е.А. Лачина	Оценка стратегических направлений реформы жилищно-коммунального хозяйства муниципального образования <b>Захарова Ж.А.</b>	18
<b>РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:</b> д.и.н., доц. А.Г. Аннин	Общая характеристика управленческого потенциала бизнес-структур <b>Лачинина Т.А., Абдряшитова А.И.</b>	24
д.э.н., к.ф.н., доц. О.Б. Дигилина	Проблемы государственного финансового контроля за деятельностью государственных корпораций и государственных компаний <b>Карпов Э.С.</b>	27
д.э.н., к.и.н., доц. В.В. Калмыков	Управление реализацией комплексных инвестиционных планов <b>Кретинин В.А., Мироедов А.А.</b>	31
д.э.н., проф. В.А. Кретицин	Управление инновационным развитием: инновационный синергизм и инвестиции в будущее <b>Лапыгин Ю.Н., Чижов А.В.</b>	36
д.э.н., проф. Ю.Н. Лапыгин		
д.ю.н., проф. В.О. Миронов		
к.ю.н. Б.Н. Нескородов		
д.п.н., к.ф.н., проф. Е.А. Плеханов		
д.м.н., доц. И.А. Тогунов		
д.э.н., к.и.н., проф. К.В. Хартанович		
к.ю.н., доц. В.А. Чирикин		
<b>Зав. редакцией</b> <b>Г.Н. Чернышева</b> E-mail: info@radiotec.ru		

Менеджмент – управление рыночными социальными системами <b>Хартанович К.В.</b>	41
Индикаторы управления развитием социально-экономических систем <b>Лапыгин Ю.Н., Козлов Д.А.</b>	45
Управление социально-экономической системой <b>Хартанович К.В.</b>	51
Государственный аудит как функция управления <b>Чечеткин В.Д.</b>	54
Управление конкурентоспособностью <b>Корецкая Л.К.</b>	59
Команды стратегического управления <b>Корниенко В.И.</b>	62
Управление знаниями как фактором создания стоимости <b>Мартынова Д.Б., Г.В. Ульянов</b>	65
Роль рыночных механизмов в управлении развитием транспортной инфраструктуры муниципальных образований <b>Генералов Б.В., Ковалев С.В.</b>	69
Управление инновационным развитием системы дорог в регионе <b>Архипова В.Ф.</b>	75
Функции аппарата районного суда <b>Смирнова Е.В.</b>	79
<hr/>	
<b>ДИНАМИКА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b>	
Анализ корреляционных свойств многозначных $M$ -последовательностей <b>Малиничев Д.М., Бойков В.В., Болнокин В.Е.</b>	83
Анализ характеристик модифицированного модульного алгоритма вычисления функции корреляции <b>Малиничев Д.М., Бойков В.В., Елисеенков А.В., Болнокин В.Е.</b>	86
Информационно-концептуальная модель данных автоматизированной системы управления моделированием <b>Соловкин А.А., Носков В.Н.</b>	89
Разработка методики повышения надежности несущих конструкций радиоэлектронной аппаратуры на этапе проектирования <b>Урюпин И.С., Шалумов А.С.</b>	92
Сравнительный анализ цифровых программируемых согласованных фильтров, реализующих модифицированный модульный алгоритм <b>Малиничев Д.М., Елисеенков А.В., Болнокин В.Е.</b>	101
Расчет коэффициентов облученности и автоматизация построения тепловых моделей для типовых конструкций радиаторов в подсистеме анализа и обеспечения тепловых характеристик конструкций радиоэлектронных средств АСОНИКА-Т <b>Чабриков С.В., Шалумов А.С., Шалумова Н.А.</b>	103
Методика автоматизированного синтеза конечно-элементных моделей конструкций, разработанных в САД-системе «КОМПАС-3D» <b>Соловкин Д.А., Носков В.Н.</b>	109
Методы оценки и повышения надежности информационных сред промышленного предприятия <b>Ковшов Е.Е., Смирнов О.С.</b>	112
Стабилизация интервальных мехатронных систем методом форм <b>Стебулянин М.М.</b>	116
Применение методов виртуальной реальности в телевизионных системах наведения <b>Балашов В.Н., Горбачев К.А., Песоцкий М.В.</b>	123
Телевизионная система наведения для технологической установки электронно-лучевой сварки <b>Балашов В.Н., Горбачев К.А., Песоцкий М.В.</b>	126
Повышение точности наведения в телевизионных системах за счет учета аберраций объектива <b>Балашов В.Н.</b>	128

---

## МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Классический статистический анализ сложных динамических систем <i>Седнева Р. А., Миркин М. А.</i>	130
О движении среды при экранированном вращении цилиндрического тела <i>Герасимов С. А.</i>	138

## Contents

From Editor	5
Scientific school Modeling, information technology and automation systems (SS MITAS)	7

---

### DYNAMICS OF SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS

The main stages of law development of institute criminal investigation in Russia. Institute of criminal investigation in medieval Russia <i>Naumov A.M.</i>	9
Sinergy approach to management of social and economic systems development <i>Zakharov P.N.</i>	14
Estimation of strategic directions of reform municipal union's housing and communal services <i>Zakharova Z.A.</i>	18
General characteristic of administrative potential of business structures <i>Lachinina T.A., Abdryashitova A.I.</i>	24
Problems of state financial control of the activity of state corporations and companies <i>Karpov E.S.</i>	27
Management of realization complex investment plans <i>Kretinin V.A., Miroedov A.A.</i>	31
Management of innovative development: innovative синергизм and investments into the future <i>Lapygin Y.N., Chizhov A.V.</i>	36
Management – operation by social system <i>Khartanovich K.V.</i>	41
Indicators of management of development social and economic systems <i>Lapygin Y.N., Goats D.A.</i>	45
Management of social and economic system <i>Khartanovich K.V.</i>	51
The state audit as management function <i>Chechetkin V.D.</i>	54
Management of competitiveness <i>Koretskaja L.K.</i>	59
Commands of strategic management <i>Kornienko V.I.</i>	62
Management of knowledge as the factor of creation of cost <i>Martynova D.B., Ulyanov G.V.</i>	65
The role of market mechanisms in the development of transport infrastructure of municipalities <i>Generalov B.V., Kovalev S.V.</i>	69
Management of innovative development systems of roads in region <i>Arhipova V.F.</i>	75
Functions of the office of district court <i>Smirnova E.V.</i>	79

---

### DYNAMIC OF TECHNICAL SYSTEMS

Analysis of correlation properties of M-sequences based on multivalued alphabets <i>Malinichev D.M., Boykov V.V., Bolnokin V.E.</i>	83
Analysis of characteristics the modified modular algorithm for calculation correlation function <i>Malinichev D.M., Boykov V.V., Eliseenkov A.V., Bolnokin V.E.</i>	86
Informational-conceptual data model of the automated management system of simulation <i>Solovkin A.A., Noskov V.N.</i>	89

Working out of a technique of increase of reliability of bearing constructions of radio-electronic equipment at a design stage <i>Uryupin I.S., Shalumov A.S.</i>	92
The comparative analysis the digital programmed coordinated filters, realizing modified modular algorithm <i>Malinichev D.M., Eliseenkov A.V., Bolnokin V.E.</i>	101
Subsystem of the analysis and maintenance of thermal characteristics of designs of radio-electronic means ASONIKA-T <i>Chabrikov S.V., Shalumov A.S., Shalumova N.A.</i>	103
Technique of the automated synthesis of finite-element models of designs, designed in a CAD-system «Compass-3D» <i>Solovkin D.A., Noskov V.N.</i>	109
Methods for evaluating and improving the reliability of the information environments of the industrial enterprise <i>Kovshov E.E., Smirnov O.S.</i>	112
Stabilization of interval mechatronic systems by the form method <i>Stebulyanin M.M.</i>	116
Application of virtual reality in television guidance systems <i>Balashov V.N., Gorbachov R.A., Pesochi M.V.</i>	123
The television guidance system for the process plant of electron beam welding <i>Balashov V.N., Gorbachov R.A., Pesochi M.V.</i>	126
Increased pointing accuracy in television systems by taking into account the aberrations of the lens <i>Balashov V.N.</i>	128
<hr/>	
<b>Methodology of complex systems investigation</b>	
The classical statistical analysis of complex dynamic systems <i>Sedneva R.A., Mirkin M.A.</i>	130
On Motion of Medium at Screened Rotating of Cylindrical Body <i>Gerasimov S.A.</i>	138

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия под номером ПИ №ФС77-46207 от 17.08.2011 г.  
Учредитель: ЗАО «Издательство «Радиотехника»



Издатель: ЗАО «САЙНС-ПРЕСС»

Сдано в набор 06.03.2012 г. Подписано в печать 04.04.2012 г. Формат 60 × 88 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура таймс. Печать офсетная. Печ. л. 17,75. Тираж 500 экз. Изд. № 108.  
Адрес ЗАО «САЙНС-ПРЕСС»: 107031, Москва, К-31, ул. Рождественка, д. 6/9/20, стр. 1  
Тел./факс: (495)621-48-37, 625-78-72, 625-92-41  
E-mail: info@radiotec.ru  
<http://www.radiotec.ru/>  
Компьютерная верстка и фотоформы ЗАО «САЙНС-ПРЕСС»  
Отпечатано: ООО «Галлея-Принт». Тел.: (495) 673-57-85. Факс: (495) 777-81-28  
E-mail: galleyaprint@gmail.ru <http://galleyaprint.ru>

© ЗАО «САЙНС-ПРЕСС», 2012  
Копирование, тиражирование и перевод статей, включенных в журнал,  
в электронном и любом другом виде – только с разрешения ЗАО «САЙНС-ПРЕСС»

**Расчет коэффициентов облученности и автоматизация построения  
тепловых моделей для типовых конструкций радиаторов в  
подсистеме анализа и обеспечения тепловых характеристик  
конструкций радиоэлектронных средств АСОНИКА-Т**

© Авторы, 2012

**С.В. Чабриков**

*младший научный сотрудник ООО «CALS-технологии»*

**А.С. Шалумов**

*д.т.н., профессор, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники,  
заведующий кафедрой информационных технологий Владимирского филиала Российской  
академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской  
Федерации*

E-mail: ALS140965@mail.ru

**Н.А. Шалумова**

*к.т.н., доцент кафедры информационных технологий Владимирского филиала Российской  
академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской  
Федерации*

---

В статье рассматриваются возможности подсистемы анализа и обеспечения тепловых характеристик конструкций радиоэлектронных средств АСОНИКА-Т по построению тепловых моделей, в которых присутствует теплообмен излучением. Кроме того рассматриваются возможности подсистемы по построению тепловых моделей конструкций радиоэлектронных средств, содержащих радиаторы охлаждения полупроводниковых приборов.

Также рассматриваются средства, предлагаемые для включения в функционал Асоника-Т, назначением которых является упрощение расчета коэффициентов облученности, и предлагается новая методика построения тепловых моделей конструкций радиоэлектронных средств, содержащих радиаторы охлаждения полупроводниковых приборов.

***Ключевые слова:** радиоэлектронное средство, тепловые процессы, моделирование, узел, ветвь, мощность, температура, коэффициент облученности, радиатор охлаждения полупроводниковых приборов.*

Подсистема анализа обеспечения тепловых характеристик конструкций радиоэлектронных средств (АСОНИКА-Т) предназначена для автоматизации моделирования тепловых процессов типовых и нетиповых конструкций РЭС и позволяет реализовать следующие проектные задачи [1]:

- определение средних температур блоков, печатных узлов и материалов несущих конструкций, а также воздушных объёмов внутри РЭС;
- внесение изменений в конструкцию РЭС с целью достижения приемлемых тепловых режимов;
- выбор лучшего варианта с точки зрения тепловых режимов работы конструкции из нескольких имеющихся концептуальных вариантов;
- обоснование необходимости и оценка эффективности дополнительной защиты РЭС от тепловых воздействий;
- создание при необходимости эффективной программы испытаний макетов и опытных образцов РЭС на тепловые воздействия (в задачах выбора наиболее информационных испытательных воздействий, выбора датчиков и точек их установки в наиболее теплонагруженных местах и пр.).

Несмотря на то, что подсистема АСОНИКА-Т обладает достаточным функционалом для решения большого круга проектных задач в области теплового моделирования, научно-технический прогресс влечет за собой необходимость постоянного обновления и расширения возможностей подсистемы. Целью данной статьи является описание двух нововведений, расширяющих функционал подсистемы. Одно из них связано с расчетом коэффициента облученности, а второе – с автоматизацией построения тепловых моделей типовых и произвольных конструкций радиаторов охлаждения радиоэлектронных средств.

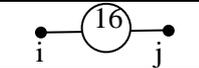
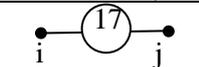
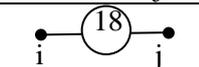
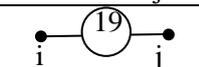
В существующей подсистеме доступна возможность моделирования теплообмена излучением, но не было предусмотрено расчета коэффициента облученности, вычисление которого сводится к вычислению сложного интеграла и в повседневной практике инженера, ответственного за проведения тепловых расчетов, может быть достаточно ресурсоемкой задачей. Также существует возможность расчета тепловых характеристик типовых радиаторов, основанного на формулах, полученных при помощи теории подобия. Ограничением данного подхода является наличие большого количества коэффициентов,

которые подбираются по экспериментальным данным, т.е. отсутствие универсального закона для теплового расчета радиаторов охлаждения радиоэлектронных средств. Современный рынок наполняется большим количеством радиаторов охлаждения полупроводниковых приборов с самыми разнообразными конструкциями. Старый подход не позволяет перейти к расчету тепловых характеристик радиаторов произвольных конструкций, поскольку каждый новый вид конструкции приводит к необходимости пересмотра всей математической модели. Взамен предлагается использовать новую методику построения тепловых моделей радиаторов, основанную на разбиении радиатора на элементарные изотермические объемы и построении автомата, который на основе определенного набора входных данных генерировал бы требуемую модель радиатора, используя при этом стандартные или достаточно хорошо изученные средства построения тепловых моделей.

**Возможности подсистемы АСОНИКА-Т для моделирования теплообмена излучением.** Подсистема АСОНИКА-Т позволяет моделировать теплопередачу излучением, что особо важно в случаях теплообмена в вакууме, т.е. при отсутствии каких-либо видов конвекции, когда основной вклад в теплообмен вносит кондукция и (или) излучение.

Доступные в АСОНИКА-Т ветви для моделирования теплопередачи излучением представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Типы ветвей, используемых в подсистеме АСОНИКА-Т для моделирования теплообмена излучением

Номер ветви	Графическое изображение	Характеристика вида или разновидности ветви
1	2	3
Излучение		
16		Теплообмен излучением с плоской неразвитой поверхностью.
17		Теплообмен излучением с развитой поверхности с пластинчатым оребрением.
18		Теплообмен излучением с развитой поверхности с игольчато-штыревым оребрением.
19		Теплообмен излучением с цилиндрической неразвитой поверхностью.

Количество излучаемого тепла зависит (без учета начальных условий, т.е. мощности, температуры и теплоемкости, т.к. они моделируются отдельными узлами) от геометрических размеров излучающего тела, его материала, а также от конфигурации всей системы. Влияние конфигурации системы, т.е. взаимного расположения ее частей,

учитывается в так называемом коэффициенте облученности. У этого коэффициента много названий. В литературе можно встретить следующие: угловой коэффициент излучения, геометрический коэффициент, коэффициент формы. Любое название отражает тот факт, что этот коэффициент целиком зависит от геометрического расположения взаимодействующих поверхностей. Коэффициент облученности представляет собой безразмерную величину, характеризующую долю лучистой энергии, которая покидает излучающую поверхность и достигает поглощающую поверхность.

Вычисление коэффициента облученности сводится к вычислению интеграла следующего вида:

- $\varphi_{dF_1-F_2} = \int_{F_2} \frac{\cos \beta_1 \cos \beta_2}{\pi r^2} dF_2$  - угловой коэффициент излучения от элементарной площадки  $dF_1$ , падающего на ограниченную поверхность  $F_2$ .
- $\varphi_{F_1-F_2} = \frac{1}{F_1} \int_{F_1} \int_{F_2} \frac{\cos \beta_1 \cos \beta_2}{\pi r^2} dF_1 dF_2$  - угловой коэффициент для излучения от ограниченной поверхности  $F_1$  падающей на ограниченную поверхность  $F_2$ .

где  $F_1, F_2$  – площади излучающей и поглощающей поверхностей ( $\text{м}^2$ ),

$\beta_1, \beta_2$  - угол между направлением излучения и нормалью к поверхности 1 и поверхности 2.

$r$  – расстояние между двумя поверхностями (м).

Вычисление указанных выше интегралов представляет собой весьма сложную задачу, поэтому в справочной литературе [2, 3] приводятся уже вычисленные интегралы для наиболее распространенных конфигураций поверхностей. Для облегчения работы с подсистемой АСОНИКА-Т предлагается дополнить ее справочником, который должен предоставлять возможность выбора необходимой конфигурации поверхностей, позволить задать входные данные и возвращать значение вычисленного коэффициента облученности.

Общий вид предлагаемого решения представлен на рисунке 1.

Результатом будет значение коэффициента облученности (рисунок 2).

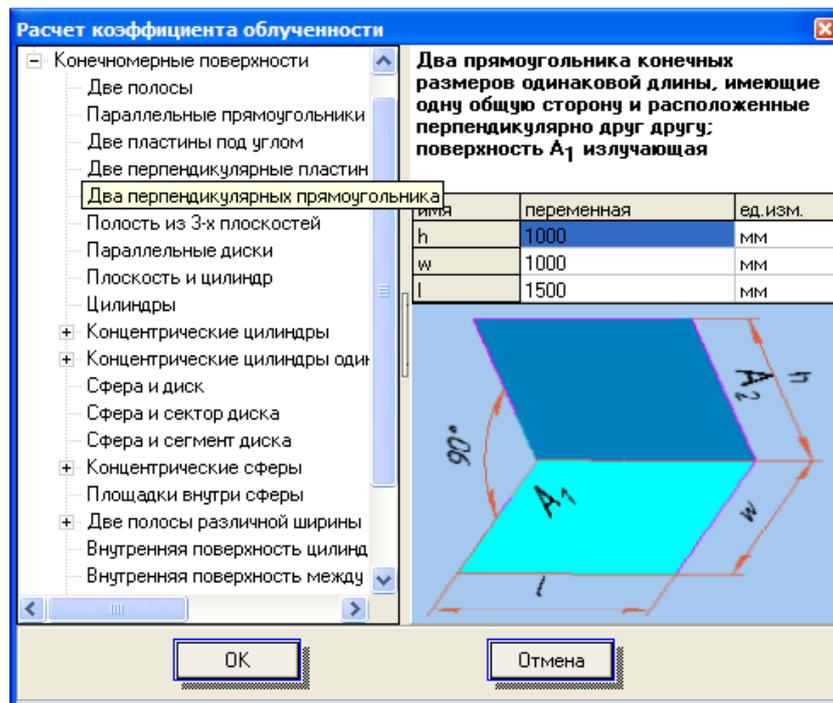


Рис.1. Диалоговое окно для выбора и задания параметров одной из типовых конфигураций взаимодействующих излучением поверхностей

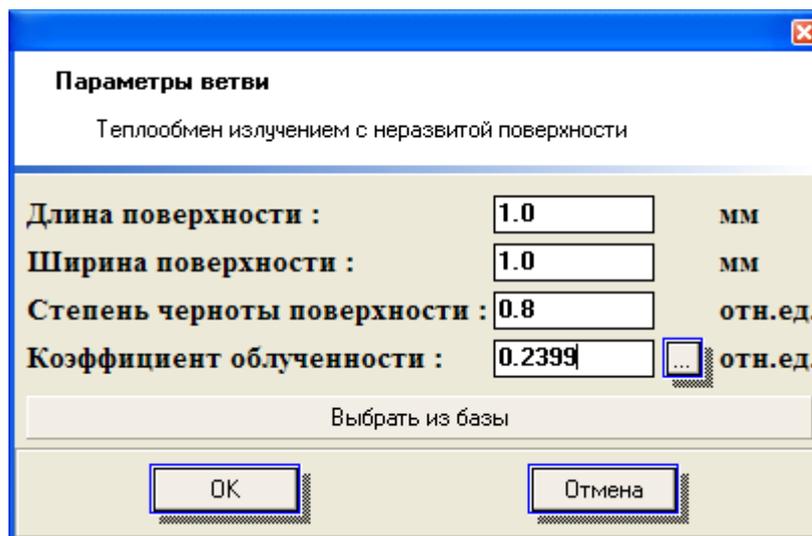


Рис. 2. Результат расчета коэффициента облученности

**Автоматизация моделирования тепловых процессов в конструкциях РЭС с охлаждающими радиаторами с помощью подсистемы АСОНИКА-Т.** Подсистема АСОНИКА-Т позволяет моделировать тепловые процессы в конструкциях РЭС с охлаждающими радиаторами. Для этого в ней предусмотрены следующие ветви (таблица 2):

Таблица 2 - Типы ветвей, используемых в подсистеме АСОНИКА-Т для моделирования теплообмена в конструкциях РЭС с охлаждающими радиаторами

Номер ветви	Графическое изображение	Характеристика вида или разновидности ветви		
1	2	3		
Естественная конвекция (ЕК)				
36		Конвективно-кондуктивно-лучистая теплопередача (ККЛТ) с развитой (оребреной) поверхностью	Пластинчатое	Оребрение
37			Игольчато-штыревое	
Вынужденная конвекция (ВК)				
52		Обдув развитой (оребреной) поверхности	Пластинчатое	Оребрение
53			Игольчато-штыревое	

Для примера, предположим, что требуется рассчитать температуры узлов системы, состоящей из транзистора и охлаждающего его радиатора. Схематическое изображение системы приведено на рисунке 3. Особенности построения данной системы подробно описаны в [4]

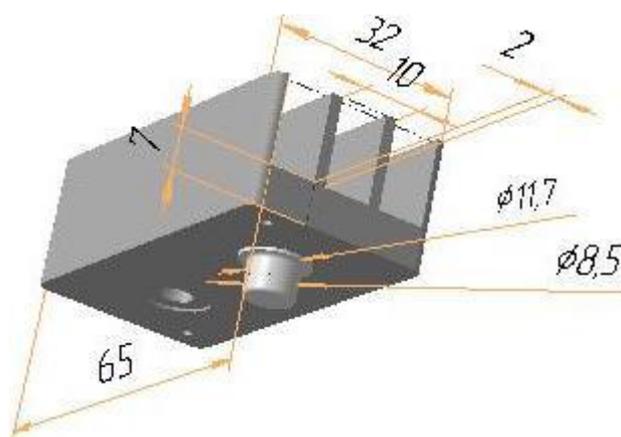


Рис.3. Система транзистор - ребристый радиатор

Для упрощения процесса моделирования будем рассматривать следующие узлы: 1 – транзистор; 2 – окружающая среда; 3 – радиатор.

Построенная модель показана на рисунке 4, а результаты приведены в таблице 3.

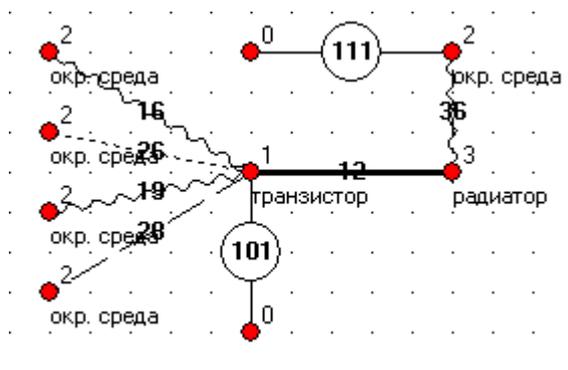


Рис.4. Тепловая модель системы транзистор – ребристый радиатор

Таблица 3 - Результаты расчета теплового режима транзистора, установленного на радиаторе

№ Узла	Имя узла	Температура, °С
1	транзистор	27.6
2	окр. среда	25
3	радиатор	26.8

Фактически, при расчете используется следующая математическая модель теплообмена:

$$X_{ij} = (\alpha_l + \alpha_k) \cdot (S_n + \eta_p \cdot S_p),$$

где

$\alpha_l = \varepsilon \cdot \xi \cdot f(T)$  - лучистый теплообмен;

$\varepsilon$  - приведенный коэффициент черноты поверхностей тел;

$\xi = D_n / (2H_p + D_n)$  - приведенный коэффициент облученности ребреной поверхности.

где

$D_n$  - расстояние между ребрами;

$H_p$  - высота ребер (штырей);

$$f(T) = 0,567 \cdot 10^{-7} \cdot \left[ (T_i^2 + T_j^2) \cdot (T_i + T_j) \right]$$

$T_i$  и  $T_j$  - температуры тел, участвующих в теплообмене по шкале Кельвина

$\alpha_k = (\lambda_g \cdot Nu / L_0) \cdot (P_{oc} / 760)^{0.5} \cdot K_{op}$  - коэффициент конвективной теплоотдачи

$\lambda_g$  - коэффициент теплопроводности холодоносителя;

$$Nu = 1.4 \cdot \sqrt{1 + 0.113 \cdot Gr \cdot \frac{D_p}{2L_p}} \quad \text{при } Gr \cdot \frac{D_n}{2L_p} < 7 \text{ - число Нуссельта}$$

$$Nu = 0.5 \cdot Gr \cdot \frac{D_n}{2L_p} \quad \text{при } 7 \leq Gr \cdot \frac{D_n}{2L_p} \leq 20;$$

$$Nu = 0.5 \cdot Gr \cdot \frac{D_n}{2L_p} \quad \text{при } Gr \cdot \frac{D_n}{2L_p} \geq 20;$$

$L_0$  - определяющий размер;

$P_{oc}$  - давление окружающей среды (Вт);

$Gr = g \cdot \beta \cdot (T_i - T_j) \cdot L_0^3 / \nu^2$  - число Грасгофа;

$g$  - ускорение силы тяжести;

$\beta$  - коэффициент объемного расширения холодоносителя;

$\nu$  - коэффициент кинематической вязкости холодоносителя (воздуха);

$S_n$  - площадь пазов;

$S_p$  - площадь ребер;

$\eta_p = th(m \cdot H_p) / (m \cdot H_p)$  - эффективность ребра;

$$m = \sqrt{((\alpha_l + \alpha_k) \cdot P_p) / (\lambda_p \cdot F_p)},$$

где  $P_p$  - периметр сечения ребра;

$F_p$  - площадь сечения ребра;

$\lambda_p$  - коэффициент теплопроводности материала ребра;

Математическая модель, приведенная выше, получена на основе анализа размерностей (с помощью теории подобия). Известно, что с увеличением количества ребер (штырьков) погрешность результата становится недопустимо большой.

Современная вычислительная техника позволяет строить тепловые модели достаточно больших размеров, что позволяет рассмотреть новый подход к моделированию радиаторов с помощью автомата, который должен строить модель с использованием хорошо известных видов теплообмена, т.е. кондукция, конвекция и излучение, или других хорошо изученных видов теплообмена.

Для увеличения точности расчета предлагается разбиение радиатора на элементарные изотермические объемы и вычисление температур с использованием стандартных видов теплообмена (т.е. конвекции, излучения и теплопроводности между элементарными изотермическими объемами).

В изображенной на рисунке 3 системе из радиатора и установленного на нем транзистора, можно выделить следующие узлы (условно изотермические объемы, полученные мысленным рассечением радиатора плоскостями проходящим через крайние поверхности ребер):

1. транзистор
2. окр.среда (окружающая среда)
3. ребро1 (крайнее левое на рис. 3)
4. основание12
5. воздух12 (воздух между крайним левым ребром и соседним ребром)
6. ребро2
7. основание23
8. воздух23
9. ребро3
10. основание34
11. воздух34
12. ребро4

Очевидно, что модель получается более громоздкой, но создание программного автомата, генерирующего модель радиатора, аналогичного автомату, описанному в [5], упростит построение модели, а в дальнейшем сделает возможным построение тепловой

модели на основании 3-х мерной модели произвольной конструкции радиатора, созданной либо средствами программного комплекса АСОНИКА, либо экспортированной из других систем 3-х мерного твердотельного моделирования.

Для упрощения построения модели будем считать, что на основании радиатора может быть установлен один транзистор (источник мощности). Кроме того он установлен в центре основания радиатора (на неоребренной стороне). Условные основания радиатора взаимодействуют со смежными ребрами кондукцией в декартовой системе координат (тип ветви 2). Длины путей тепловых потоков считаются от центра масс ребер до центра масс основания. Взаимодействие транзистора с окружающей средой моделируется аналогично предыдущему расчету. Поверхности радиатора, смежные с окружающей средой (ребро 1 – левая сторона, нижний, верхний, передний и задний торцы; основание 12, 23 и 34 – нижняя сторона, передний и задний торцы, ребро 4 - правая сторона, нижний, верхний, передний и задний торцы), взаимодействуют с ней конвекцией (с учетом ориентации радиатора в пространстве) и излучением (вся излучаемая перечисленными поверхностями энергия поглощается окружающей средой). Внутренние поверхности радиатора взаимодействуют с условно выделенным воздухом между ребрами конвекцией и излучением. Воздух между ребрами не остается на месте. Нагретый воздух перемещается в окружающую среду, замещаясь воздухом окружающей среды (диффузионный теплообмен). Данная ситуация подобна теплообмену в перфорированном блоке. Вынос тепловой энергии моделируется направлением из воздуха между ребрами в окружающую среду ветви типа 72. Моделирование теплообмена в перфорированном блоке подробно описано в [4]. Объем воздуха между ребрами делится на предыдущий объем (окружающая среда) и нагреваемый ребрами и основанием воздухом в соотношении 1:1. Данное соотношение зависит от величины температурного напора между ребрами, основанием радиатора и воздухом между ребрами, а также от геометрических параметров.

Полученная модель показана на рисунке 5.

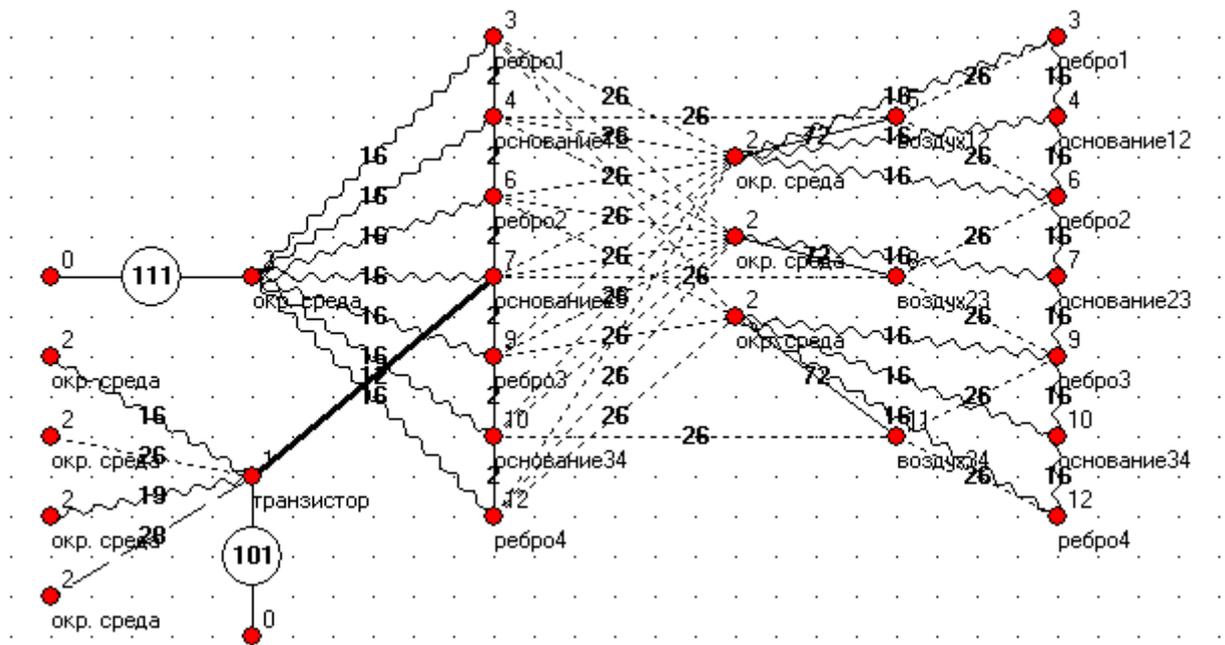


Рис.5. Модель тепловых процессов в системе радиатор транзистор

В данном случае в модель можно было не включать теплообмен излучением внутренних поверхностей ребер, т.к. их вклад в общую картину меньше 1%. Но при применении другого материала радиатора, или изменении давления окружающей среды (т.е. уменьшении вклада естественной конвекции) суммарный вклад теплообмена излучением может увеличиться.

Результат расчета показан в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты расчета теплового режима транзистора, установленного на радиаторе

№ Узла	Имя узла	Температура, °C
1	транзистор	32.1
2	окр. среда	25
3	ребро1	30.4
4	основание12	30.4
5	воздух12	25
6	ребро2	30.4
7	основание23	30.4
8	воздух23	25
9	ребро3	30.4
10	основание34	30.4
11	воздух34	25
12	ребро4	30.4

Отличие результатов моделирования связано с тем, что в вычислениях с помощью конвективно-кондуктивно-лучистой теплопередачи с развитой (оребренной) не

учитывается нагрев воздуха между ребрами и вынос его в связи с разностью концентраций холодного и теплого (горячего воздуха). Вопрос о соотношении объемов нагретого (между ребрами) и холодного воздуха (окружающей среды) требует дополнительных исследований.

Первым шагом автоматизации процесса построения модели радиатора состоит в создании дополнительного диалогового окна АСОНИКА-Т, на котором нужно выбрать тип радиатора – ребристый или игольчато-штыревой (в соответствии с [4]); окружающую среду – вакуум или воздух; геометрические размеры радиатора, а также параметры обдува – скорость воздуха и пр., если радиатор охлаждается вентилятором или кулером. На основании введенных данных должна строиться математическая модель радиатора и ее отображение в редакторе моделей (визуализированная тепловая модель), аналогично модели, показанной на рис. 5 без транзистора.

Вторым шагом является интеграция АСОНИКА-Т с модулем ввода 3-х мерных конструкций АСОНИКА-ТМ с целью использования ее функционала для ввода произвольных конструкций радиаторов.

В настоящее время на рынке программных продуктов доступно множество систем 3-х мерного твердотельного моделирования, предназначенных для проектирования и разработки конструкторской документации. Для легкости интеграции с ними (в перспективе) должен использоваться унифицированный формат обмена данными. Одним из них является STEP, описанный в [6].

## **Литература**

1. Шалумов А.С., Малютин Н.В., Кофанов Ю.Н., Способ Д.А., Жаднов В.В., Носков В.Н., Ваченко А.С. Автоматизированная система АСОНИКА для проектирования высоконадежных радиоэлектронных средств на принципах CALS-технологий. Том 1/Под ред. Кофанова Ю.Н., Малютина Н.В., Шалумова А.С. – М.: Энергоатомиздат, 2007г., 368 с.
2. Х. Уонг, Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров: Пер. с англ. / Справочник. – М.: Атомиздат, 1979.
3. Р. Зигель, Дж. Хауэлл, Теплообмен излучением: Пер. с англ. / Под ред. д-ра техн. Наук Б.А. Хрусталева. М.: Мир 1975.
4. Шалумов А.С., Манохин А.И., Шалумова Н.А. Моделирование тепловых процессов в технических объектах с помощью автоматизированной подсистемы АСОНИКА-Т: Учебное пособие. - Ковров: КГТА, 2002. - 140 с.

5. Шалумов А.С., Орлов А.В. Математические модели и методы анализа тепловых процессов: Учебное пособие. - Ковров: Ковровская государственная технологическая академия, 2003. - 152с.
6. ГОСТ Р ИСО 10303-203-2003 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 203. Прикладной протокол. Проекты с управляемой конфигурацией
7. Шалумов А.С., Кофанов Ю.Н., Куликов О.В., Травкин Д.Н., Соловьев Д.Б., Першин О.Е. Динамическое моделирование сложных радиоэлектронных систем // Динамика сложных систем. – 2011. - № 3. - С.51-59.
8. Н.А. Шалумова, С.В. Чабриков, А.И. Манохин, Т.А. Багаева, Чинь Куок Тан. Подсистема анализа и обеспечения тепловых характеристик конструкций радиоэлектронных средств АСОНИКА-Т // Научные технологии. – 2011. - № 11. - С.44-53.
9. Н.А. Шалумова, А.С. Шалумов, О.Ю. Мартынов, Т.А. Багаева. Анализ и обеспечение тепловых характеристик конструкций радиоэлектронных средств с помощью подсистемы АСОНИКА-Т // Успехи современной радиоэлектроники. - 2011. - № 1. - С.42-49.

### **Subsystem of the analysis and maintenance of thermal characteristics of designs of radio-electronic means ASONIKA-T**

**© Authors, 2012**

**S.V. Chabrikov**

**A.S.Shalumov**

**N.A. Shalumova**

In article possibilities of a subsystem of the analysis and maintenance of thermal characteristics of designs of radio-electronic means ASONIKA on construction of thermal models at which there is a heat exchange by radiation are considered. Subsystem possibilities on construction of thermal models of designs of the radio-electronic means containing radiators of cooling of semi-conductor devices are besides considered.