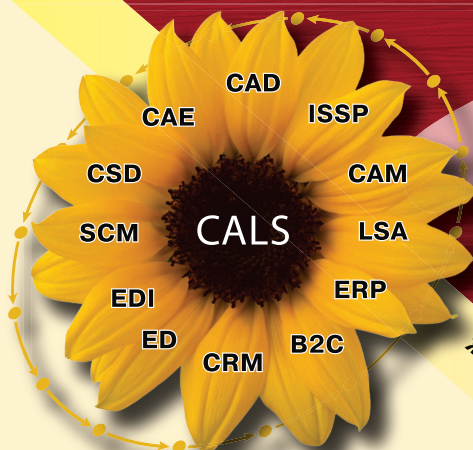
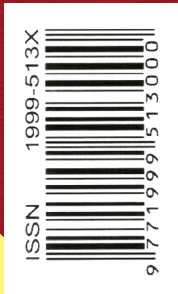


КАЧЕСТВО

ИННОВАЦИИ

ОБРАЗОВАНИЕ

№ 11 2014



журнал в журнале

КАЧЕСТВО и ИПИ (CALS)-технологии

www.quality-journal.ru

Н.Н. Кокин, М.А. Артюхова, Б.Л. Линецкий, А.Н. Тихонов

ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВАХ

В статье рассмотрены основные составляющие инфологической модели системы численного моделирования тепловых процессов в электронных средствах. Проведен анализ логических компонентов и их иерархии в инфологической модели. Предложена инфологическая модель, позволяющая описать процессы распределения тепловой энергии в электронных средствах.

Ключевые слова: *информационно-логическая модель, численное моделирование тепловых процессов, электронные средства*

Проектирование современной электронной аппаратуры сложно представить без широкого применения систем математического моделирования физических процессов. Следование принципам CALS-технологии позволяет контролировать качество электронных средств на протяжении всего жизненного цикла. Важным этапом данного цикла является проектирование, во время которого закладывается будущая характеристика надежности электронных средств. Это связано, в первую очередь, с функцией обмена данными между различными системами численного моделирования в процессе проектирования.

Одним из принципов соответствия концепции CALS является внедрение автоматизированных систем проектирования [1], к которым, в частности, относятся системы численного моделирования тепловых процессов в электронных средствах. Первоочередная задача автоматизированных систем проектирования – обеспечение этапов проектирования информацией о распределении разнородных физических полей (тепловой энергии, механических колебаний, электромагнитных полей) в создаваемом объекте. На данный момент расчет распределения тепловой энергии обеспечивают отечественные и зарубежные программные комплексы инженерной поддержки проектирования. Среди зарубежных широко распространены следующие комплексы: Ansys Multiphysics, SolidWorks Simulation, COMSOL Multiphysics и др. Данные программные комплексы отличаются сложной структурой и высокими требованиями к подготовке специалиста в области математического моделирования и физики исследуемого процесса. Среди отечественных систем численного моделирования стоит отметить программный комплекс АСОНИКА. Он обладает улучшенной поддержкой процесса анализа физических полей применительно к электронным средствам.

В данной работе описывается создание структуры информационно-логических взаимосвязей в системах численного моделирования тепловых процессов с выявлением общих закономерностей их построения. Это позволит эффективно определить уязвимые узлы структуры такой системы и производить её совершенствование, опираясь на взаимодействие основных сущностей.

Каждая система численного моделирования тепловых процессов в электронных средствах должна позволять учитывать все возможные варианты теплообмена, распределение тепловой энергии по исследуемым объектам, а также влияние геометрических и теплофизических параметров объектов на общую картину распределения температурного поля в объекте. Среди систем численного моделирования тепловых процессов в электронных средствах можно выделить существующие системы с большей или меньшей степенью интеграции с современными программными комплексами автоматизированного проектирования. Для осуществления интеграции в крупномасштабные системы автоматизированного проектирования система должна быть дополнена иерархией импорта и экспорта полученных данных (рис. 1) [2]. Для реализации гибкости системы и её встраивания в систему информационной поддержки жизненного цикла изделия необходимо создание унифицированной структуры работ с информацией и данными. Информационно-логическая модель без полноценного анализа разнообразных модулей программы позволяет определить, с помощью каких сущностей возможна интеграция системы численного моделирования тепловых процессов в существующие системы управления данными.

В рамках концепции CALS при создании моделей тепловых процессов необходимо учитывать их интеграцию в общую систему хранения информации. В этом случае уникальным идентификатором для любого файла, структуры или объекта являются его персональное имя и дата его создания. Эти атрибуты позволяют структурировать и каталогизировать процесс создания моделей тепловых процессов и организовывать взаимодействие системы с PDM-комплексами [1, 3].

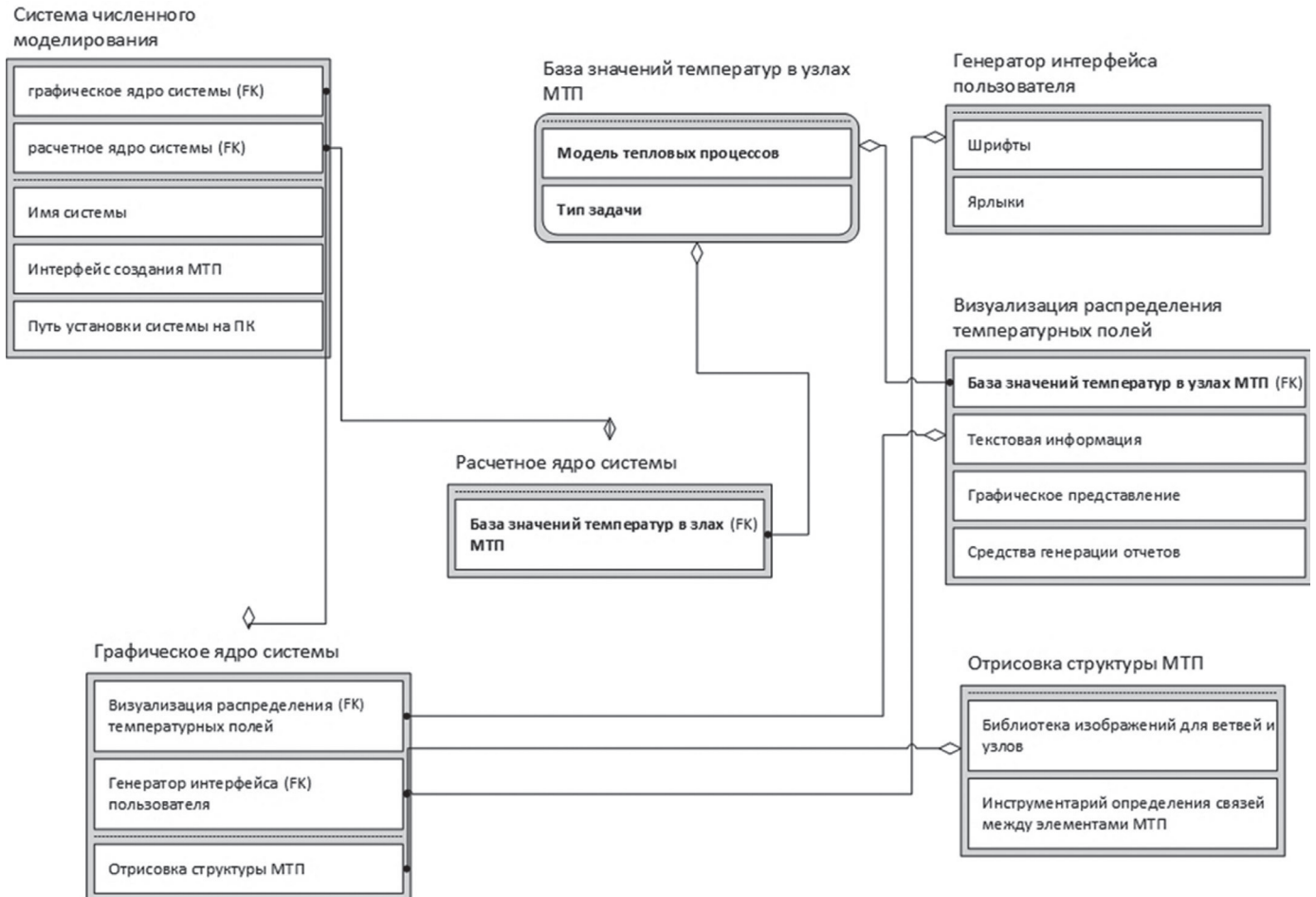


Рис. 1. Инфологическая модель системы численного моделирования тепловых процессов в электронных средствах

При проведении математического моделирования необходимо обеспечение гибкости создаваемой модели и возможность без значительных затрат времени менять её характеристики. Для этого в системе численного моделирования применяются predetermined математические константы, используемые при моделировании тепловых процессов [3]. Их можно подразделить на две подгруппы. Первая подгруппа встроена в систему численного моделирования тепловых процессов и представляет собой базу наиболее часто используемых теплофизических параметров компонентов электронных средств. Вторая подгруппа является редактируемой, и позволяет осуществлять параметризацию создаваемых моделей тепловых процессов для уменьшения сроков разработки типовых математических моделей, объекты которых различаются не качественной структурой, а количественными значениями параметров в виде размера и т.д.

Таким образом, при работе с системой численного моделирования тепловых процессов в электронных средствах специалист использует предварительно прописанные константы и параметры материалов. Это сокращает время подготовки математической модели с одновременным применением параметризации, что обеспечивает для математической модели гибкость (рис. 2).

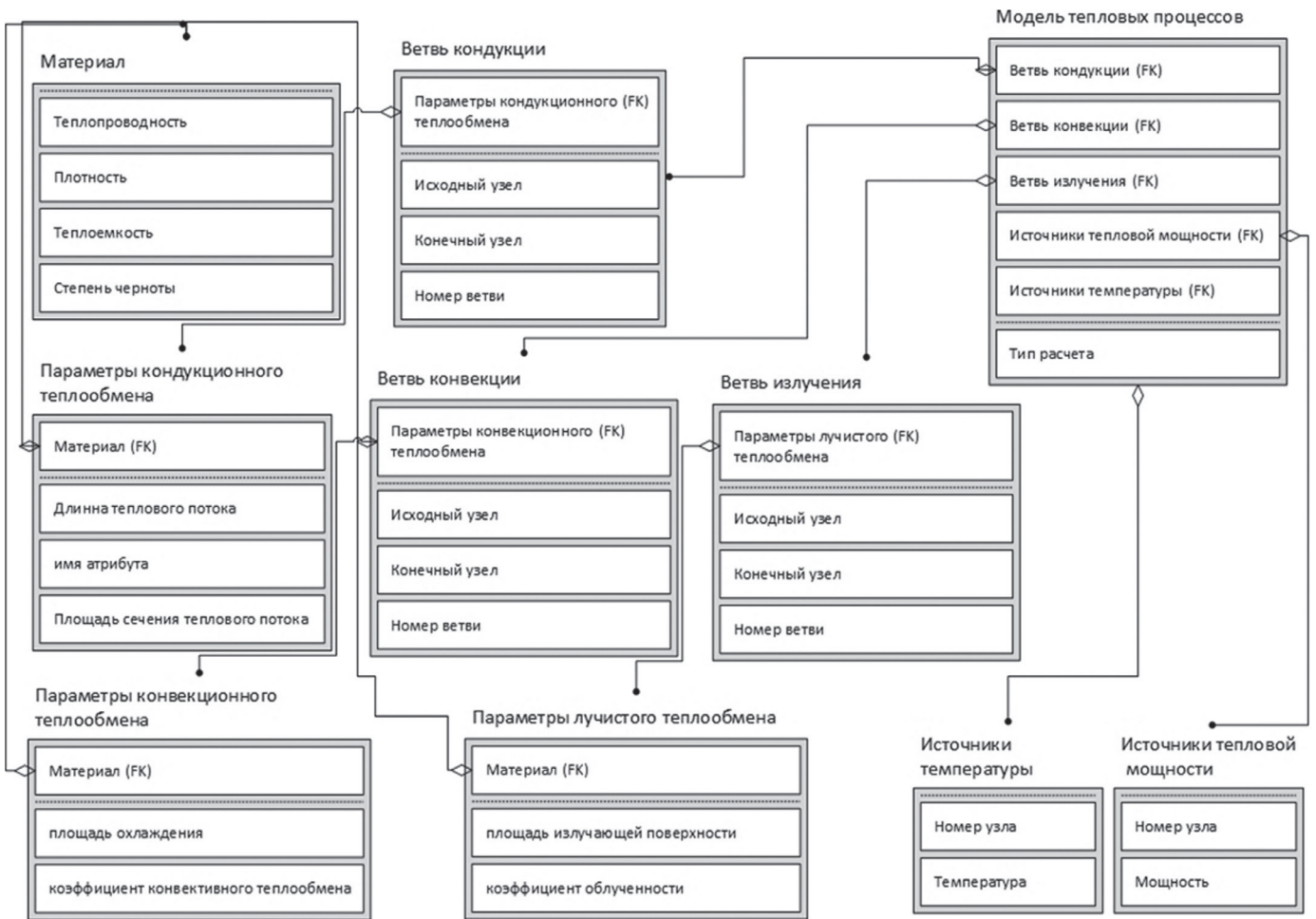


Рис. 2. Инфологическая модель системы создания модели тепловых процессов

Вид расчетной задачи в контексте инфологической модели зависит от того, какая решается задача – стационарная или нестационарная. Поскольку во временном диапазоне значительное влияние на выходные данные модели оказывают теплоемкость и плотность материалов, то в этом случае потребуется дополнение построенной математической модели исходными данными об этих теплофизических параметрах.

В качестве выходного параметра наиболее эффективно для визуальной оценки результатов графическое представление полученной информации. Поскольку речь идет об определенном массиве температур для узлов созданной модели тепловых процессов, представление производится посредством гистограммы температур с цветовой градацией от самых холодных узлов до наиболее нагретых.

Основной объем математической модели занимает описание тепловых сопротивлений между узлами. При этом, учитывая разнообразие возможных путей передачи тепловой энергии, получаем большое количество возможных реализаций конкретных видов теплопередачи [4].

Среди основных ветвей математической модели стоит выделить ветви источников тепловой мощности и постоянной температуры, которые являются основополагающими в описании процессов распространения тепловой энергии в исследуемом объекте. Источники мощности обеспечивают задание тепловыделений в конкретных узлах модели, а стационарные температуры позволяют вносить граничные условия в систему.

Среди ветвей тепловых сопротивлений можно выделить несколько групп, разделяемых по своей природе теплообмена. Это ветви конвективного, кондуктивного (теплопроводность) и лучистого теплообмена. Сущности, связанные с данными ветвями распределения тепловой

энергии, в первую очередь, определяют геометрию исследуемого объекта и величину тепловых сопротивлений, которые эти ветви представляют.

Для описания кондуктивного теплообмена задаются геометрия конструкции, теплопроводность материала и длина пути между описываемыми узлами модели тепловых процессов, по которому осуществляется передача тепловой энергии. Данный процесс прямо пропорционален площади сечения материала, его теплопроводности и разнице температур между «холодными» и «горячими» частями материала.

Лучистый теплообмен, в свою очередь, характеризуется следующими параметрами: коэффициентом облученности, степенью черноты материала и площадью поверхности, участвующей в теплообмене. Коэффициент облученности в данном случае описывает количество излучения с поверхности «А», попадающее на облучаемую поверхность «В», и в ряде случаев требует дополнительного расчета, что связано с возможным нестандартным расположением взаимно излучающих плоскостей. Степень черноты описывает способность материала к отдаче, а собственно, и к поглощению материалом тепловой энергии через лучистый теплообмен.

Описание процесса конвективного теплообмена требует, в первую очередь, определить как вид конвекции, так и теплоноситель. При естественной конвекции её характер редко для радиоэлектронной аппаратуры описывается для жидкостных теплоносителей, а в случае с воздухом – сначала задаются площадь конвективного теплообмена, температура теплоносителя и определяющий размер, наибольшим образом описывающий процесс теплообмена с теплоносителем. В случае с вынужденной конвекцией программа математического моделирования должна иметь полноценный функционал описания вынужденной конвекции для различных конструкций радиаторов и печатных улов, а также позволять проводить анализ для разнообразных теплоносителей. Здесь немаловажную составляющую играет определение скорости теплоносителя, связанное с моделированием аэродинамических процессов.

Вышеописанные составляющие информационно-логической модели программы численного моделирования тепловых процессов лишь в малой и наиболее общей степени описывают схему взаимодействия в системе. Для каждой ветви и каждого узла математической модели существуют множество параметров, которые определяют их взаимодействие с системой, наличие в них контролируемых пользователем параметров и данных, отвечающих за графическое представление. Взаимодействие такой системы с пользователем и базами данных осуществляется с помощью комплексных подпрограмм или программных модулей [5]. При рассмотрении приведенной информационно-логической модели видно, что основная информация, требуемая от специалиста, заключается в правильном определении геометрии исследуемого объекта (данное утверждение верно как для зарубежных программных комплексов, так и для отечественных) и анализе процессов распределения тепловой энергии в моделируемом объекте. Общий анализ систем численного моделирования показал, что применительно к электронным средствам их основное назначение – определение температурных режимов функционирования тепловыделяющих компонентов и выявление предложений по созданию или оптимизации системы охлаждения.

Таким образом, информационно-логическая модель системы численного моделирования тепловых процессов позволяет спрогнозировать структуру будущего программного комплекса и учесть все требования для обеспечения наибольшего удобства взаимодействия с другими этапами проектирования. Система численного моделирования тепловых процессов позволяет повысить надёжность разрабатываемых электронных средств посредством контроля их тепловых режимов функционирования и прогнозирования реакции на изменение условий окружающей среды.

Список литературы:

1. Шалумов А.С., Кофанов Ю.Н., Малютин Н.В., Носков В.Н. Создание интегрированной системы автоматизированного проектирования и комплексного компьютерного моделирования высоконадежной электронной аппаратуры в рамках CALS-технологий // EDA Express. Журнал о технологиях проектирования и производства электронных устройств. – 2005. – № 11. – С. 9-15.
2. Кофанов Ю.Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности радиоэлектронных средств. – М.: Радио и связь, 1991. 360 с.

3. Увайсов С.У., Сотникова С.Ю., Кофанов Ю.Н. Разработка метода комплексирования физической модели с моделями протекающих электрических, тепловых и механических процессов // В кн.: Инновационные информационные технологии. Материалы международной научно-практической конференции / отв. ред.: И. Иванов, Л. Агеева, Д. Дубоделова, В. Еремина; под общ. ред.: С.У. Увайсов. М.: МИЭМ, 2012. С. 434–436.

4. Григорьев Б.А., Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен: Учеб. Пособие, 2-е изд. – М.: МЭИ, 2005.

5. Мирошниченко Г.А. Реляционные базы данных. Практические приемы оптимальных решений. – СПб: БХВ-Петербург, 2005.

Кокин Николай Николаевич

аспирант,

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,

Москва, ул. Мясницкая, дом 20

nikolay.kokin@mail.ru

Линецкий Борис Львович

зам. директора Дирекции информационных технологий,

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,

Москва, ул. Мясницкая, дом 20

blinetskiy@hse.ru

Артюхова Майя Александровна

аспирантка,

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,

Москва, ул. Мясницкая, дом 20

maya.artukhova@gmail.com

Тихонов Александр Николаевич

д-р техн. наук, профессор,

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,

Москва, ул. Мясницкая, дом 20

atikhonov@hse.ru

N.N. Kokin, M.A. Artyuhova, B.L. Linetskiy, A.N. Tikhonov

**INFOLOGICAL MODEL OF SYSTEM
OF THERMAL PROCESSES NUMERICAL SIMULATION
IN ELECTRONIC EQUIPMENT**

In article the main components of infological model of thermal processes numerical modeling system in electronic means are considered. The analysis of logical components and their hierarchy in infological model is carried out. The infological model allowing to describe processes of distribution of thermal energy in electronic means is offered. This work was supported by RFBR (grant № 14-07-00422).

Keywords: *infological model, numerical modeling of thermal processes, electronic devices*

References

1. Shalumov A.S., Kofanov Yu.N., Malyutin N.V., Noskov V.N. Sozdanie integrirovannoy sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya i kompleksnogo komp'yuternogo modelirovaniya vysokonadezhnoy elektronnoy apparatury v ramkakh CALS-tehnologiy // EDA Express. Zhurnal o tekhnologiyakh proektirovaniya i proizvodstva elektronnykh ustroystv. - 2005. - № 11. – S. 9-15.
2. Kofanov Yu.N. Teoreticheskie osnovy konstruirovaniya, tekhnologii i nadezhnosti radioelektronnykh sredstv. - M. : Radio i svyaz, 1991. – 360 s.
3. Uvaysov S.U., Sotnikova S.Yu., Kofanov Yu.N. Razrabotka metoda kompleksirovaniya fizicheskoy modeli s modelyami protekayushchikh elektricheskikh, teplovykh i mekhanicheskikh protsessov // V kn.: Innovatsionnye informatsionnye tekhnologii. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / otv. red.: I. Ivanov, L. Ageeva, D. Dubodelova, V. Eremina; pod obshch. red.: S.U. Uvaysov. M.: MIEM, 2012. S. 434–436.
4. Grigor'ev B. A., Tsvetkov F. F. Teplomassoobmen: Ucheb. Posobie – 2-e izd. – M.: MEI, 2005.
5. Miroshnichenko G.A. Relyatsionnye bazy dannykh. Prakticheskie priemy optimalnykh resheniy, SPb: BKhV-Peterburg, 2005.

Kokin Nikolay N.
graduate student,
National research university
'Higher school of economics',
ul. Miasnitskaya, 20
nikolay.kokin@mail.ru

Artuhova Maya A.
graduate student,
National research university
'Higher school of economics',
ul. Miasnitskaya, 20
maya.artuykhova@gmail.com

Linetskiy Boris L.
Deputy Director,
Directorate of Information Technology,
National research university
'Higher school of economics',
ul. Miasnitskaya, 20
blinetskiy@hse.ru

Tikhonov Alexandr N.
Professor, Ph.D.,
Director, Academic Supervisor of MIEM HSE,
National research university
'Higher school of economics',
ul. Miasnitskaya, 20
atikhonov@hse.ru