

ред. д-ра хим. наук, проф., президента Волгоградского отделения МААНОИ, акад. РАЕН, РЭА, МААНОИ, ЕАЕН Г.К. Лобачевой. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2015. С. 291–297.

10. Оруджев Н.Я., Поплавская О.В. Актуальные проблемы современной психиатрии. Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2013. № 4 (48). С. 8–11.

11. Оруджев Н.Я., Поплавская О.В., Черная Н.А. Организационно-правовые проблемы оказания психиатрической помощи // в сб. трудов научно-практической конференции профессорско-преподавательского коллектива, посвященной 80-летию Волгоградского государственного медицинского университета. Волгоград, 2015. С. 78–80.

### **The advantage of using interactive teaching methods of Psychiatry**

*Lev Borisovich Lempert, Resident of the Psychiatry department, Narcology and Psychotherapy department, with the Course of Doctors Improvement Faculty, The Volgograd State Medical University*

*The article analyzes the ways to improve the educational level of students of the medical school and the acquisition of competency expertise through the use of psychiatry in the classroom for interactive teaching methods, significantly increase the interest of students to the subject.*

**Keywords:** *psychiatry, interactive teaching methods, medical education, competence, motivation training, teaching and research competence*

УДК 681.51

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

*Дмитрий Юрьевич Белов, канд. техн. наук, генеральный директор,  
e-mail: belov@ezan.ac.ru,*

*Михаил Викторович Юдин, инженер-технолог отдела роста кристаллов,  
e-mail: jumv@ezan.ac.ru,  
ЗАО «Ростокс-Н»,  
http://rostox-n.ru/ru*

*В статье описывается применение систем автоматизированного проектирования и численного моделирования для проектирования высокотемпературных печей и тепловых агрегатов для процессов выращивания и отжига карбида кремния эпитаксиальных кремниевых структур. Использование этих систем значительно сокращает время проектирования оборудования и позволяет изготавливать сложное технологическое оборудование с минимальным макетированием и экспериментальными исследованиями.*

*Ключевые слова: проектирование, моделирование, макетирование, кремниевые структуры, тепловые печи и агрегаты*



**Д.Ю. Белов**

На сегодняшний день в мире обостряется конкуренция на рынке производства в различных областях промышленности и науки, в том числе и наукоемкого лабораторного и промышленного технологического оборудования, что заставляет производителей искать пути снижения производственных издержек и сроков вывода новой продукции на рынок. При се-



**М.В. Юдин**

рийном производстве чаще всего применяются методы снижения стоимости непосредственно производственных этапов путём совершенствования технологий производства, унифицирования компонентов и т.д. В случае же новых разработок и мелкосерийного производства крупных наукоемких изделий снизить технологические издержки является затруднительным, значительную часть затрат составляет этап проектирования, выпуска конструкторской документации, создания макетных образцов продукции. За производством опытного образца следует этап выявления слабых мест, методов улучшения характеристик, расширения функциональных и аналитических возможностей оборудования, отработка эргономики места пользователя и т.п. Данный цикл может повторяться неоднократно, т.к. заранее крайне сложно предсказать и отсеять заведомо тупиковые ветви развития, а также заметить и устранить все ошибки проектирования. Это приводит к нарушению графика выполнения работ, росту себестоимости продукции, несоответствия продукции требованиям рынка. Таким образом, стоимость разработки нового оборудования может составлять 2–3 стоимости материального производства проектируемого изделия, стоит отметить, что значительной является и временная составляющая этих затрат.

Одним из эффективных методов снижения затрат на этапе проектирования оборудования является внедрение и использование современных систем автоматизированного проектирования (далее САПР). Наиболее эффективно себя показывают САПР позволяющие осуществлять параметрическое проектирование на базе твердотельных 3-х мерных моделей деталей и сборочных единиц, с последующим автоматизированным построением 2-ух мерных чертежей и оформлением их. В дальнейшем графика чертежа по стандартам ЕСКД формируется с полученной 3-х мерной модели детали в автоматическом режиме, разработчик лишь тратит время на финальное оформление чертежа. В последующем из таких деталей средствами САПР формируются сборочные единицы и, соответствующая КД (сборочные чертежи, спецификации). В параметрических САПР изменения размеров или параметров (например, размерных коэффициентов) в первоначальных эскизах деталей и (или) в сформированных чертежах приводит к перестроению изменяемой детали или сборочной единицы во всех элементах этой цепочки разработки КД, кроме того визуализация и возможности САПР позволяют провести контроль собираемости и технологичности разрабатываемых узлов. Установка для выращивания монокристаллов карбида кремния и отжига эпитаксиальных пластин, разработанная с помощью САПР Pro Engineer, показана на рисунке 1.

Другим примером является разработка конфигурации канала охлаждения конструктивных элементов камеры рабочей зоны установки для отжига эпитаксиальных пластин карбида кремния (рисунок 2), позволившая изготовить сложнейшее технологическое устройство с минимальным количеством макетных и экспериментальных образцов.



**Рисунок 1 – Модель и реальное исполнение установки для выращивания монокристаллов карбида кремния и отжига эпитаксиальных пластин**

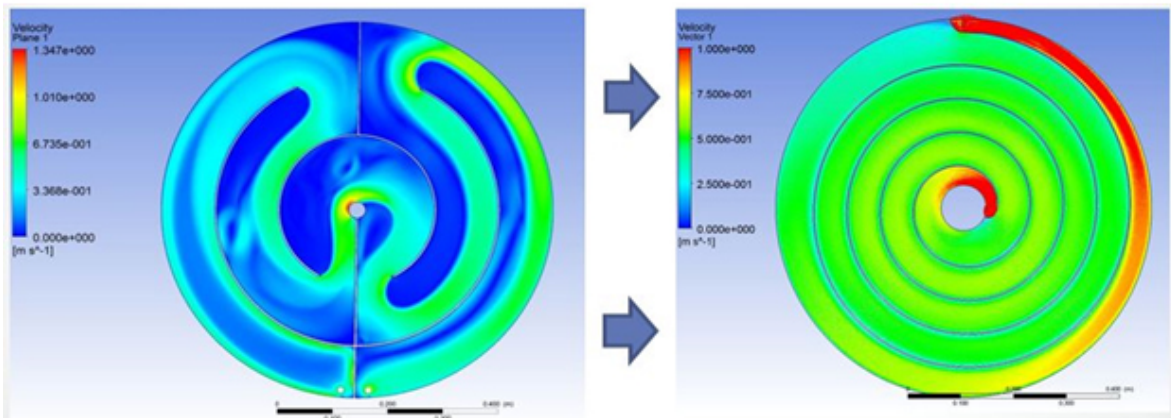


Рисунок 2 – Распределение скоростей течения охлаждающей жидкости в элементе рабочей камеры в зависимости от геометрии канала охлаждения

Не менее перспективным методом, позволяющим значительно ускорить и повысить качество результата разработки, является численное моделирование в современных расчетных системах (Computer-aided engineering), таких как ANSYS, NX Nastran, Star-CD, Comsol и прочие. Следует понимать, что виртуальные эксперименты не способны полностью заменить реальные, но они могут в разы или даже на порядки сократить количество необходимых экспериментальных исследований.

Примером подобного рода является моделирование взаимосвязанных физических процессов, происходящих в тепловой зоне для выращивания профилированных кристаллов сапфира. Модель включает индукционный нагрев, теплопередачу в твердом теле, радиационный теплообмен, гидродинамику в расплаве, газовую динамику в камере, взаимодействие расплава с ЭМ полем индуктора. Полученные результаты (рисунок 3) полностью коррелируют с экспериментально наблюдаемыми закономерностями и позволяют направленно улучшать характеристики технологического процесса и оборудования.

С помощью численного решения связанных задач индукционного нагрева и радиационного теплообмена проведена оптимизация конструкции теплового узла для процесса выращивания крупногабитных кристаллов сапфира с целью увеличения срока службы молибденового тигля. Определено, что на нижнем торце тигля возникает повышенная концентрация электромагнитных потоков, что вызывает перегрев и подплавления этой части тигля (рисунок 4, а). Увеличение диаметра вольфрамовой опоры тигля приводит к смещению области интенсивных электромагнитных потоков с тигля на вольфрамовую опору, обладающую большей температурной стойкостью (рисунок 4, б).

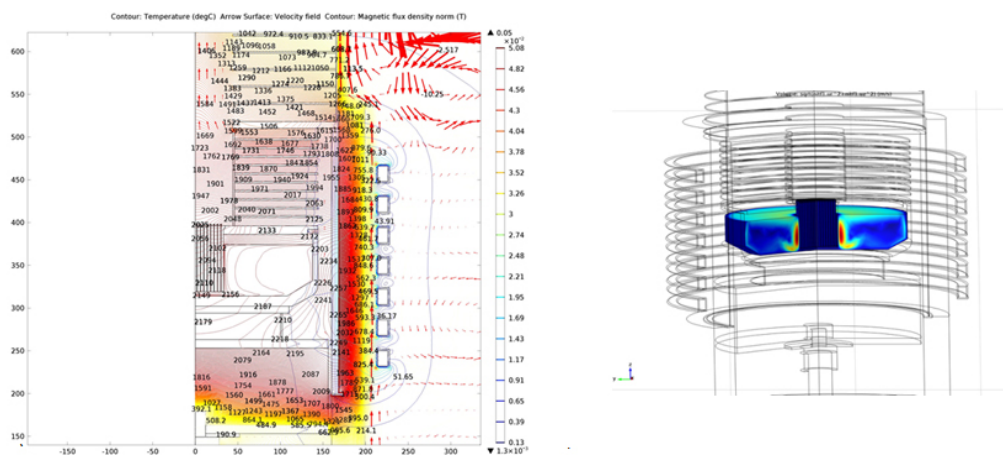


Рисунок 3 – Распределение температуры и поля скоростей течения защитного газа (а) и расплава в тигле (б)

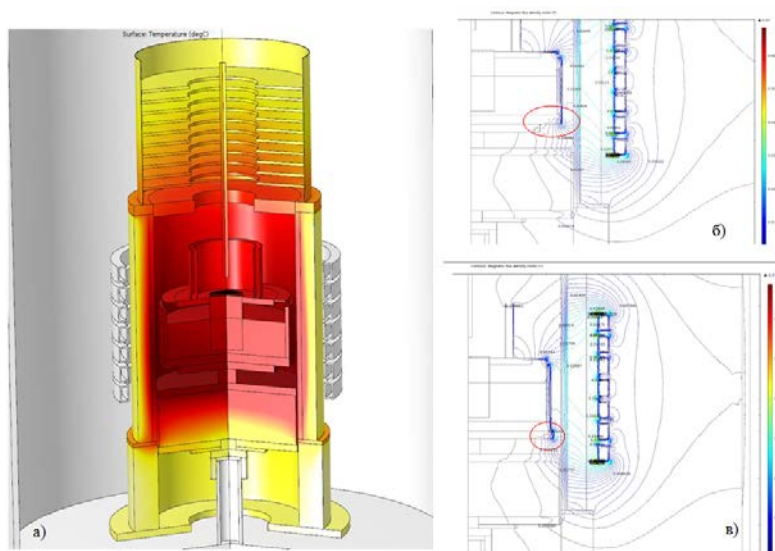


Рисунок 4 – Распределение температуры (а) и электромагнитных потоков (б, в) в тепловом узле для выращивания профилированных кристаллов сапфира

**Application of computer-aided design and numerical simulation for design of high-temperature equipment and technological processes for production and annealing of materials**

*Dmitry Yur'evich Belov, Ph.D., General Director, Rostox-N Ltd.*

*Mikhail Viktorovich Yudin, Production Engineer Rostox-N Ltd.*

*The report describes the application of computer-aided design and numerical simulation for design of the high-temperature furnaces and thermal units for shaped sapphire growing process and annealing of SiC epitaxial wafers. The use of these systems significantly shortens time of equipment design and allows making of a complex technological equipment with minimal breadboarding and experimental research.*

**Keywords:** *design, simulation, prototyping, silicon structures, thermal ovens and installations*

УДК 658.5.011

**ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ  
(НА ПРИМЕРЕ ФГУП ЭЗАН)**

*Сергей Владимирович Божко, начальник  
производственно-диспетчерского отдела,  
e-mail: sergey@ezan.ac.ru,  
ФГУП ЭЗАН,  
<http://www.ezan.ac.ru>*

*В условиях современного конкурентного рынка – успешная деятельность предприятия во многом зависит от полноты охвата всех звеньев управления, где одной из важнейших задач является организация управления производством. ФГУП ЭЗАН является ярким примером – эффективной организации управления производством на современном наукоемком промышленном предприятии.*