

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Подъем криогенной техники в 70-80-е годы двадцатого века был вызван реализацией крупно-масштабных проектов с использованием сверхпроводящих устройств. Типичными объектами являются ускорители заряженных частиц, протяженность которых измеряется километрами, а масса, охлаждаемая до гелиевых температур - тысячами тонн; термоядерные установки, для которых по международной программе разработаны шесть магнитов по 40 т, необходимые для испытаний криостаты, установки и другое оборудование; МГД-генераторы с криостатируемой при 4,5 К массой более тысячи тонн и объемом криостата с жидким гелием  $150 \text{ м}^3$ . Для охлаждения столь крупных объектов должны были использоваться и конструировались криогенные гелиевые установки (КГУ) производительностью до 25 кВт при 4,5 К или 11 тысяч л/ч жидкого гелия.

Получение качественно новых результатов стало возможно на основе новой технологии, включающей формализацию основных этапов проектирования и широкое применение вычислительной техники. ЭВМ, включая и персональные, позволили решить задачи создания эффективных криогенных установок и систем (КУ, КС) лишь при наличии соответствующего математического и программного обеспечения.

В книге рассмотрена проблема создания прикладного программного обеспечения в криогенной технике и сформулированы требования, предъявляемые к пакетам программ специального назначения. Описаны принципы организации и состав пакета прикладных программ для моделирования криогенных систем на персональных компьютерах (ПМКС), реализованного на алгоритмическом языке C/C++.

В диалоговой системе (ДС) был сделан новый шаг к автоматизации построения математических моделей - модель КС автоматически строится программными средствами системы по описанию синтезируемой схемы, вводимому пользователем на обычном языке. Такая возможность создана благодаря использованию формализмов искусственного интеллекта, в данном случае, логических моделей знаний об основных элементах КС.

Рассмотрены системы нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих задачи стационарного и нестационарного тепло- и массопереноса в одномерной постановке и изложены схемы численного интегрирования этих уравнений. Освещены вопросы определения кинетических параметров теплообменных процессов, описываемых нелинейными дифференциальными уравнениями, и применения методов

статистической теории информации в расчетах ректификационных аппаратов. Задача определения кинетических параметров процессов тепло- и массопереноса сформулирована как задача оценки параметров дифференциальных уравнений и решена минимизацией функционалов от решений.

Большое внимание уделено моделированию турбодетандеров, анализу влияния режимных параметров на их характеристики и определению параметров математических моделей. Рассмотрены вопросы моделирования жидкостных детандеров и эжекторов КГУ с использованием уравнения состояния реального гелия.

Рассмотрена совокупность нестационарных процессов, протекающих в адсорберах, что позволяет рассчитывать динамику всех стадий работы блоков очистки с учетом различных конструктивных и технологических факторов. Методы расчета и моделирования аппаратов изложены с единых методических позиций, обсуждены вопросы применения этих методов при проектировании конкретного криогенного оборудования.

Задача оптимизации технологических схем поставлена как общая задача нелинейного программирования и рассмотрена многоуровневая стратегия ее решения. Разработана методика автоматизации построения математических моделей КС и реализованы достаточно эффективные процедуры условной и безусловной минимизации. Сформулирована постановка задачи расчета квазистационарных режимов работы (КРР) КГУ и дан алгоритм ее решения. Поставлена задача расчета нестационарных режимов работы (НРР) КГУ и рассмотрены методы ее решения.

Предлагаемая читателю книга была подготовлена к печати еще в 1992 году, но в силу некоторых причин не была своевременно издана. Смена поколений вычислительной техники и сверхбыстрое развитие персональных компьютеров, локальных сетей и графических программных средств сильно повлияли на выбор критериев оптимальности и технологию автоматизированного проектирования. Тем не менее автор полагает, что развивавшиеся им методы решения **нелинейных** технических задач найдут применение в новых исторических условиях. При подготовке данной книги для публикации в Интернете автор исходил из того, что часть предлагаемых материалов не публиковалась в открытой печати, а ранее опубликованные книги и статьи мало знакомы современному читателю.

Книга рассчитана на инженеров и научных сотрудников, занимающихся разработкой, исследованием и применением криогенных систем. Книга будет также полезна студентам, обучающимся специальности „Криогенная техника“.

## Благодарность

Мне хотелось бы выразить сердечную благодарность следующим коллегам и сотрудникам по работе в Одессе и Москве в 70-80-х годах теперь уже прошлого века:

С.В.Бодюл,      В.М.Браун,      П.В.Герасимов,      А.С.Капельницкий,  
Б.Д.Краковский.

Кельн, январь 2003

Автор