

тельной математики и математического моделирования. – М.: Наука, 2005. – Т.2. – С. 38-175.

2. Задонина Н.В. Хронология природных и социальных феноменов в истории мировой цивилизации: монография / Н.В. Задонина, К.Г. Леви. – Иркутск: Изд-во Иркутск. гос. ун-та, 2009.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЁМА ФИГУРАТИВНОЙ ТОЧКИ В ФАЗОВОЙ ДИАГРАММЕ РАСТВОРИМОСТИ

Моисеев М.С.

*Пермский государственный университет, кафедра прикладной математики и информатики, Пермь, e-mail: moiseev.ms@gmail.com*

Спектр применения фазовых диаграмм растворимости достаточно широк: химическое производство, обслуживание водных объектов, моделирование процессов добычи полезных ископаемых и т.д.

Математически фазовую диаграмму растворимости для пятиточечной водно-солевой системы можно определить следующим образом: диаграмма представляется в виде четырёхмерного симплекса; каждая вершина этого симплекса соответствует 100% доле компонента этой системы; координаты любой точки внутри симплекса (фигуративной точки) определяют состав исходной реакционной смеси (СИРС) в процентном соотношении.

В ходе химических экспериментов для определённых пятиточечных водно-солевых растворов были найдены экспериментальные точки, являющиеся границами твёрдой и жидкой фаз, входящих в него солей. В симплексе эти точки задают искривлённые поверхности.

Таким образом, сформулированы следующие задачи:

1) построение непрерывных приближений поверхностей, заданных набором экспериментальных точек;

2) определение положения произвольных фигуративных точек относительно областей, ограниченных поверхностями внутри симплекса.

Решение обеих задач требует их автоматизации. Поэтому появилась необходимость разработать программный продукт, позволяющий работать с фазовыми диаграммами растворимости для пятиточечных водно-солевых систем простого эвтонического типа.

Работа была разбита на две подзадачи:

1) разработать программную реализацию выбранной математической модели;

2) по полученной диаграмме построить прогноз фаз для произвольных точек.

Попытки реализации уже предпринимались на кафедре неорганической химии химического факультета ПГУ, однако существующий программный продукт обладает рядом недостатков: с одной стороны, это недостаточный объём реализованной функциональности, а с другой – отсутствие анализа реализованных алгоритмов.

По этой причине было проведено теоретическое исследование. Ранее было установлено, что для построения математических моделей изотерм растворимости водно-солевых систем целесообразно использовать «мозаичные» поверхности. Поэтому для решения первой задачи за основу взят метод, основанный на построении триангуляции Делоне. Вычислительная сложность этого этапа составит в худшем случае  $O(n^2)$  от числа экспериментальных точек.

За счёт разбиения объёма симплекса на канонические фигуры удаётся свести вторую задачу к определению положения точки по отношению к симплексу. Вычислительная сложность этого этапа составит  $O(d^3c)$ , где  $d = 4$  – размерность пространства,  $c$  – количество граней поверхности, полученных после триангуляции.

В результате проведенного исследования предложены алгоритмы для решения поставленных задач

и получены теоретические оценки вычислительной сложности этих алгоритмов и времени работы программы.

#### О НАХОЖДЕНИИ ФОРМЫ УДАРНОГО ИМПУЛЬСА В ВОЛНОВОДЕ ПРИ УДАРЕ ПО НЕМУ ЦИЛИНДРОКОНИЧЕСКИМ БОЙКОМ

Молчанов В.В., Жуков И.А.,  
Дворников Л.Т.

*Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, e-mail: tmmio@yandex.ru*

Поиск рациональных форм бойков ударных механизмов позволяет добиться существенного уменьшения энергоёмкости и увеличения производительности машин технологического назначения. В исследовании Дворникова Л.Т. и Шапошникова И.Д. [1] показано, что использование бойка конической формы в ударных системах позволяет уменьшить энергию отражённых импульсов, а, следовательно, повысить коэффициент передачи энергии ударного импульса. Однако непосредственное использование конических бойков в ударных системах затруднено в связи с невозможностью обеспечения им устойчивого положения в корпусе машины.

С целью сохранения преимуществ конического бойка, как генератора ударного импульса оптимальной формы, и возможности их встраивания в реальные машины авторами сделано предположение о целесообразности создания бойков цилиндрикоконической формы, в которых ударная часть представляет собой усечённый конус, а поршневая часть – цилиндр. Задача о нахождении формы ударного импульса в волноводе генерируемого при ударе по нему цилиндрикоконическим бойком решается посредством волновой теории продольного удара, согласно которой составляется система уравнений, описывающих продольные колебания в системе боек-волновод:

$$\frac{\partial^2 u_1(x,t)}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u_1(x,t)}{\partial t^2} = 0$$

– цилиндрический участок бойка;

$$\frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} + \frac{2q}{qx-1} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial x} - \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} = 0$$

– конический участок бойка;

$$\frac{\partial^2 u_3(x,t)}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u_3(x,t)}{\partial t^2} = 0$$

– волновод; где  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $u_3$  – смещения сечений бойка и волновода вдоль оси  $x$  в момент времени  $T$ ;  $t = a \cdot T$ ;  $a = \sqrt{E/g}$  – скорость распространения звука в материалах бойка и стержня с модулем упругости  $E$  и плотностью  $g$ ;  $q$  – характеристика конуса,  $q = \frac{D-d}{d \cdot l}$ .

Решение системы дифференциальных уравнений с учетом начальных и граничных условий может быть получено посредством использования интегрального преобразования Лапласа-Карсона по времени.

#### Список литературы

1. Алимов О.Д. Бурильные машины / О.Д. Алимов, Л.Т. Дворников. – М.: «Машиностроение», 1976. – 295 с.

#### ОПТИМИЗАЦИЯ СТЕПЕНИ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ГАЗОТУРБИННОЙ И ПАРОВОЗОВОЙ УСТАНОВКАХ

Мордасова М.В., Седельников Г.Д.

*Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, Комсомольск-на-Амуре, e-mail: ido@knastu.ru*

В России около 70% оборудования тепловых электрических станций (ТЭС) выработало срок эксплуатации и устарело. Необходима массовая его за-

мена с внедрением новых технологий производства электроэнергии и теплоты. Из числа освоенных энергетических технологий наиболее высоким экономическим потенциалом обладают парогазовые установки (ПГУ). В них реализуется комбинированный цикл производства электроэнергии в газотурбинной установке (ГТУ), работающей на природном газе или жидком топливе, и паровой турбине, водяной пар для которой вырабатывается в утилизационном котле (УК) за счет теплоты отходящих из ГТУ газов. Кроме термодинамического совершенства ПГУ обладают рядом других преимуществ, наиболее важными из них по сравнению с ТЭС являются: в 2-3 раза меньшие удельные капитальные затраты, в 1,3-1,5 раза меньшая себестоимость производимой электроэнергии, в 3-4 раза меньшие сроки строительства, в 1,5-2,0 раза меньший экологический ущерб. Поэтому в настоящее время парогазовые установки активно развиваются и распространяются, в том числе и в энергетике России.

При проектировании и создании ПГУ возможны два подхода:

- 1) при заданных ГТУ, т.е. выпускаемых отечественными и зарубежными фирмами;
- 2) при незаданных ГТУ, т.е. специально проектируемых для работы в составе ПГУ.

Эти вопросы, касающиеся такого важного параметра цикла, как степень повышения давления воздуха  $\epsilon$ , были рассмотрены применительно к энергетической газотурбинной установке ГТЭ-45У производства ТМЗ (г. Екатеринбург), работающей на природном газе. Эта ГТУ имеет номинальную электрическую мощность 42 МВт, температуру газов на входе в газовую турбину 1227 °С, степень повышения давления воздуха в компрессоре 13,5 и КПД на муфте 35%.

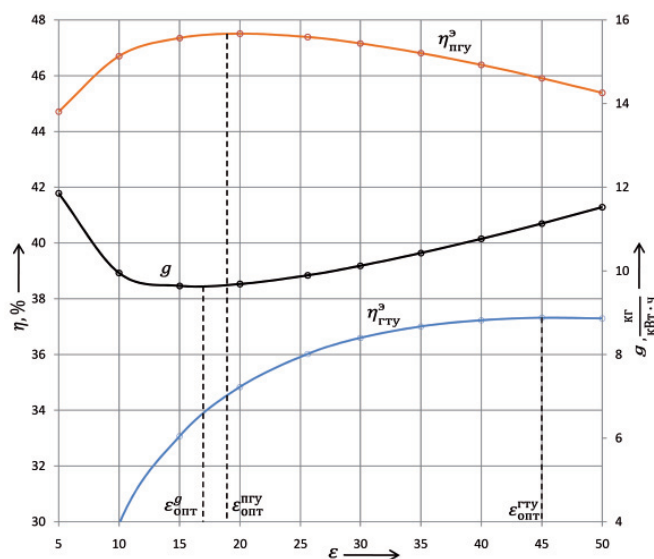
Были разработаны математические модели и программы для расчета характеристик продуктов сгорания топлива, тепловой схемы ГТУ, производительности УК, мощности паровой турбины и выходных характеристик ПГУ. Степень повышения давления воздуха в компрессоре изменялась в диапазоне от 5 до 50. Результаты расчета приведены в таблице и на рисунке, где использованы следующие обозначения:  $\eta_{ГТУ}^э$ ,  $\eta_{ПГУ}^э$  – КПД по выработке электроэнергии в ГТУ и ПГУ,  $G_T$  – расход газов ГТУ,  $T_4$  – температура отработавших в ГТУ газов,  $T_5$  – температура газов на выходе из УК,  $G_{ук}$  – паропроизводительность УК,  $N_{пт}^э$  – электрическая мощность паровой турбины,  $g$  – удельный расход воздуха в ГТУ.

Характеристики ГТУ и ПГУ при различных значениях

$\epsilon$	$\eta_{ГТУ}^э$	$\eta_{ПГУ}^э$	$G_T$ , кг/с	$T_4$ , °С	$T_5$ , °С	$G_{ук}$ , кг/с	МВт
5	22,8	44,7	142,1	822	183	28,5	40,1
10	29,9	46,7	119,0	675	195	18,9	23,0
15	33,0	47,3	115,1	599	202	16,2	18,0
20	34,8	47,5	115,5	549	207	14,4	15,3
25	36,0	47,4	117,8	508	211	13,1	13,3
30	36,6	47,1	120,5	483	214	12,3	12,1
35	37,0	46,8	124,0	459	217	11,6	11,1
40	37,2	46,4	127,9	439	220	11,0	10,3
45	37,32	45,9	132,2	422	222	10,5	9,7
50	37,29	45,4	136,8	407	224	10,0	9,1

Анализ полученных результатов показывает, что для ГТУ простого цикла оптимальное по КПД значение  $\epsilon$  составило около 45 (рисунок), что значительно превосходит  $\epsilon = 13,5$  в построенной ГТЭ-45У. Следует отметить, что в практике проектирования газотурбинных двигателей при выборе степени повышения давления в качестве критерия используются: КПД (удельный расход топлива), удельная эффективная работа (удельный расход воздуха), технико-экономические показатели и пр. Возможны также компромиссные решения. При оптимизации по минимальному удельному расходу воздуха существенно упрощается компрессорная часть и в целом улучшаются массогабаритные характеристики всей ГТУ. Поэтому этот критерий часто используется для транспортных ГТУ. Оптимизация по минимальному удельному расходу воздуха  $g$  (см. рисунок), показала, что  $\epsilon_{опт}$  значительно снижаются и лежат в районе 15-17. С учетом пологости кривой  $g$  в районе минимума (см. рисунок) этот результат можно считать достаточно близким тому, что есть в реальном двигателе.

Для ГТУ в составе комбинированной парогазовой установки оптимальная степень повышения давления составила около 19 (см. рисунок), что значительно ниже, чем для ГТУ простого цикла. Это вполне закономерно, т.к. при меньших  $\epsilon$  уменьшается степень понижения давления в газовой турбине и, следовательно, при неизменной начальной температуре газа увеличивается температура газов на выходе из ГТУ ( $T_4$  в таблице). В результате возрастает количество пара, генерируемого в утилизационном котле, и мощность паровой турбины (таблица), что компенсирует снижение эффективности газотурбинной части комбинированной установки.



Результаты оптимизации степени повышения давления воздуха в компрессоре для ГТУ и ПГУ

Сопоставляя эффективность ПГУ при  $\epsilon_{\text{отт}} = 19$  и при  $\epsilon_{\text{отт}} = 13,5$  (как в ГТЭ – 45У) можно отметить, что электрические КПД соответственно составляют 47,60 и 47,25%. Прогресс по КПД в ПГУ на базе существующей ГТЭ – 45У по сравнению с оптимальным вариантом не превышает 0,75% относительных.

На основании изложенного можно сделать вывод, что рассматриваемая газотурбинная установка ГТЭ-45У по степени повышения давления воздуха вполне подходит для создания на ее основе эффективной комбинированной ПГУ.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ВИХРЕЙ АБРИКОСОВА В ВТСП ВБЛИЗИ ТОЧЕК ПИННИНГА

Мохненко С.Н.

*Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, e-mail: mohnenko@yandex.ru*

Так как все высокотемпературные сверхпроводники являются сверхпроводниками II рода изучение их смешанных состояний важно, как с точки зрения фундаментальных исследований так и для практического применения. Численное моделирование применяется для изучения закономерностей в расположении вихрей при различных дефектах монокристаллов [1].

Вихри Абрикосова могут образовываться при течении транспортного тока в тонком слое сверхпроводника, куда проникает магнитное поле. Замкнутые вихри могут появиться из-за сильных токовых флуктуаций или в результате замыкания флуктуационных изгибов линейных вихрей [2]. Сила Лоренца, втягивает вихрь вглубь сверхпроводника. Вихри могут прилипать и останавливаться на неоднородностях и дислокациях - центрах пиннинга.

В настоящей работе в рамках модели Гинзбурга-Ландау рассмотрена динамика различных вихрей Абрикосова в ВТСП вблизи точек пиннинга. Произведено моделирование поведения вихрей алгоритмом, основанным на методе Монте-Карло. В ходе моделирования варьировались глубины потенциальных ям точек пиннинга, количество вихрей в сверхпроводнике и их положение относительно дефектов, вероятность различных флуктуаций. В результате моделирования были получены результаты распределения по объёму сверхпроводника вихрей различных типов (линейные, замкнутые, разорванные), ход их движения в сильных магнитных полях и температурах близких к  $T_c$ . В отличие от других численных моделей, расчёт велся с максимальным учётом флуктуационных эффектов. Моделирование производилось с целью выявить наиболее оптимальные пути управления образованием, движением и остановкой вихрей. Полученные результаты могут быть полезны для разработки запоминающих устройств и метода удержания Бозе-эйнштейновского конденсата в сверхпроводниках [3].

#### Список литературы

1. Pogosov W.V., Misko V.R., Zhao H.J., and Peeters F.M. Phys. Rev. B 79, 014504 (2009).
2. Тихомиров И.В., Югай К.Н. Замкнутые вихри Абрикосова во внешнем магнитном поле // Вестник Омского университета. – 2007. – №3.
3. Fujio Shimizu, Christoph Hufnagel, Tetsuya Mukai, Phys. Rev. Lett. 103, 253002 (2009).

#### РАЗРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ ТРУБ В ТЭСЦ №3 ОАО «ВМЗ»

Мудрилов Д.Н.

*Муромский институт Владимирского государственного университета, Муром, e-mail: mivlgu@mail.ru*

Трубоэлектросварочный цех №3 (ТЭСЦ №5) предприятия ОАО «ВМЗ» производит трубы нефтегазопроводные и общего назначения, диаметр 219-530 мм

ТЭСЦ-3 пущен в работу в декабре 1977 г. В его составе входит трубоэлектросварочный стан 203–530, сварка на котором осуществляется токами высокой частоты. При работе в воздух выделяются аэрозоли: оксида железа, марганца и окислы азота. В цеху применяется вытяжная вентиляция.

Для очистки выбросов от сварочных аэрозолей необходим электрофильтр. Электрофильтры очищают загрязненный воздух, снижают попадание вредных веществ в атмосферу.

На человека, на этом участке, вредное действие оказывает электромагнитное излучение. Источником электромагнитных полей является высокочастотный ламповый генератор. Это сказывается на нервной системе. Рабочие ощущают утомляемость, головные боли.

Для защиты персонала от воздействия излучения необходимо генератор и сварочную установку заключить в металлический корпус с отражающим экраном. Корпус генератора и сварочной установки необходимо снабжать блокировочными устройствами.

Данные меры обеспечат экологическую и производственную безопасность технологического процесса сварки труб.

#### ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ DEDUCTOR ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Мухаметшин Т.Р., Шамсутдинова Т.М.

*Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, e-mail: valievmm@rambler.ru*

Целью исследования являлось построение имитационной модели в виде нейронной сети, позволяющей провести интеллектуальный анализ данных на примере анализа основных социально-экономических показателей регионов Приволжского федерального округа.

При проведении исследования были использованы следующие виды статистических данных за январь 2010 года по 14 областям, краям и республикам данного федерального округа: объем выполненных работ по виду деятельности «Строительство», млн руб.; ввод в действие жилых домов, кв. м общей площади; оборот розничной торговли, млн руб. и т.д.

При этом были реализованы следующие этапы анализа данных:

- на основании открытой статистической отчетности был сформирован набор данных, содержащий ряд основных социально-экономических показателей по 14 регионам Приволжского федерального округа;

- с использованием инструмента анализа «Карта Кохонена» системы Deductor был проведен кластерный анализ данных, в результате которого были выявлены группы регионов с различным уровнем социально-экономических показателей;

- с использованием инструмента анализа «Нейросеть» в системе Deductor была построена нейронная сеть, позволяющая проанализировать влияние отдельных факторов на отнесение региона к тому или иному кластеру. При обучении нейронной сети были использованы результаты кластерного анализа данных в виде самоорганизующихся карт Кохонена. В результате анализа данных были выявлены наиболее значимые факторы для принятия решения об отнесении региона к определенному кластеру.

Полученная методика может быть использована специалистами в процессе принятия управленческих решений при проведении экономической политики в регионах Приволжского федерального округа. Разбиение на кластеры позволит выявить слабые показатели регионов и принять решение об изменении стратегии их развития с целью улучшения их социально-экономического положения.