

Список литературы:

1. **Волошинов, Д.В.** Конструктивное геометрическое моделирование / Д.В. Волошинов. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2010. – 355 с.
2. **Лоскутников, В.И.** Определение объемов по однокартинному чертежу / В.И. Лоскутников // Начертательная геометрия [Вып.3]. Тр. МИРЭА. – М., 1969. – С. 108–125.
3. **Карташев, А.И.** Определение графическим способом объемов, поверхностей и центров тяжести тел с кривыми поверхностями / А.И. Карташев // XI научная конференция ЛИСИ [Вып. 11]. – Л.: ЛИСИ, 1953.– С. 131.
4. **Бубенников, А.В.** Начертательная геометрия. Площади и объемы отсеков поверхностей с направляющей плоскостью / А.В. Бубенников.– М., 1960. – 76 с.
5. **Авалишвили, В.И.** Подсчет объемов в проекциях с числовыми отметками; автореферат дисс. ... канд. техн. наук.– Тбилиси, 1954. – 16 с.
6. **Бойков, А.А.** Точное представление параболы в САПР «Компас-3D» при помощи кривой Безье / А.А. Бойков, Д.А. Малахов // Надежность и долговечность машин и механизмов. – Иваново, 2018. – С. 407–411.
7. **Боголюбов, С.К.** Чтение и детализирование сборочных чертежей. Альбом / С.К. Боголюбов. – М.: Машиностроение, 1986. – 86 с.
8. **Орлов, П.И.** Основы конструирования. / П.И. Орлов. – М.: Машиностроение, 1977. – Кн. 2. – 574 с.

УДК 004.9 : 514.1 : 544.344.3 : 544.344.2

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПАРАМЕТРИЗОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ И ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ САД-СИСТЕМ

С. С. Белим, студентка, **А. А. Бойков**, ст. преподаватель, **А. В. Коровина**, студентка

*МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва,
Российская Федерация*

Ключевые слова: инженерная геометрия, параметризованная геометрическая модель, САД-система, математическое моделирование, фазовая диаграмма, идеальный раствор.

Аннотация. В статье предлагается использовать параметрические САД-системы и параметризованные геометрические модели как эквиваленты программных систем и вычислительных программ. В качестве примера показывается автоматизация построения фазовых диаграмм идеальных двух- и трехкомпонентных растворов с применением САПР «Компас-3D».

1. В словарях математических терминов под «программированием» традиционно понимается создание программ по заданному алгоритму для решения некоторых задач на ЭВМ [1, 2]. На практике разработчики создают уже не отдельные программы, но программные системы (приложения), выполняющие не только вычислительные функции (решение задачи), но и обеспечивающие ввод данных и наглядное представление результата (пользовательский интерфейс), хранение данных и многое другое. Сами задачи усложняются, становятся комплексными. При этом значительную часть работы составляет «кодирование» –

формализация способов решения отдельных подзадач при помощи языка программирования в специальной системе – среде программирования. Есть успешные попытки создания графических языков программирования [3], но графические методы используются, в основном, при разработке внешнего вида (пользовательского интерфейса) приложений или проектировании общей архитектуры, структур данных и т. п. (см. подробнее *UML*), а сами решаемые задачи требуют математизации в виде вычислительных моделей и алгоритмов. Если исходные данные задачи и/или результат представлены в геометрической (графической) форме, это создает сложности. Если в результате требуется получить геометрическую (графическую) модель – совокупность геометрических фигур и объектов (чертеж, диаграмму, график), задачу имеет смысл решать конструктивным способом [4].

Рассмотрим в качестве примера решение одной из таких задач при помощи параметрической САПР «Компас-3D».

2. В физической химии часто для упрощения прогнозов и расчетов в отношении смесей применяют модели идеальных растворов – идеальные кривые [5]. Одной из широко применяемых на практике и в учебном процессе моделей идеальных растворов является уравнение Шредера–Ле-Шателье [5]:

$$\ln x_i = \frac{\Delta H}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_{\text{кип}}} + \frac{1}{T} \right), \quad (1)$$

где ΔH – энтальпия парообразования, $T_{\text{кип}}$ – температура кипения, T – температура, x_i – мольная доля вещества, R – универсальная газовая постоянная.

График кривой, задаваемой (1), можно построить даже в офисной программе типа *Excel*, но использовать его в качестве источника геометрической информации – производить замеры, пересекать кривые – будет невозможно. Вместо этого получим кривую в виде фигуры в САПР «Компас-3D».

3. Анализируя (1), легко заметить, что в уравнении, не считая константы R , имеются четыре параметра – ΔH , $T_{\text{кип}}$, T и x_i . Следовательно, (1) задает некоторую гиперповерхность σ в 4-мерном пространстве указанных параметров; σ является геометрическим местом идеальных кривых, соответствующих (1). Чтобы получить конкретную кривую, в уравнение (1) подставляют значения ΔH и $T_{\text{кип}}$ вещества. Это равносильно рассечению σ гиперплоскостями уровня. В [6] этот способ получения кривой изложен более подробно.

Реализуем описанную геометрическую модель при помощи инструментов САД-системы.

4. В САПР «Компас-3D» объекты четырехмерного пространства могут быть заданы только двух- или трехмерными проекциями. Трехмерными проекциями σ являются сплошные тела, из которых невозможно извлечь кривые. Вместо этого будем задавать трехмерные проекции σ каркасом поверхностей. Получение идеальной кривой для заданных ΔH и $T_{\text{кип}}$ в этом случае показано на рисунке 1 (о точности построения см. [6]).

5. Для построения диаграммы двухкомпонентной системы требуется совместить две такие кривые. По двум парам значений энтальпии и температуры кипения (ΔH_1 и $T_{\text{кип},1}$, ΔH_2 и $T_{\text{кип},2}$) строятся кривые, каждая из которых лежит в

своей плоскости температуры кипения (2 и 4 на рис. 2). В качестве плоскости диаграммы удобно выбрать плоскость $T_{кип}=0$ (1 на рис. 2). При этом первая кривая проецируется на нее при помощи команды «Проекционная кривая» (3 на рис. 2). Для второй кривой используем систему вспомогательных проекций (5 и 6 на рис. 2).

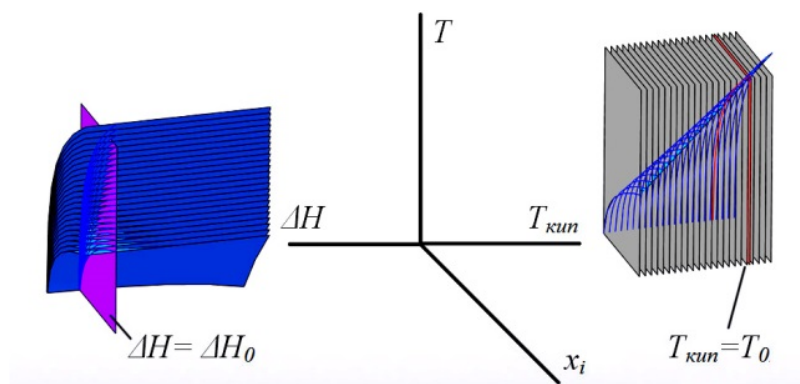
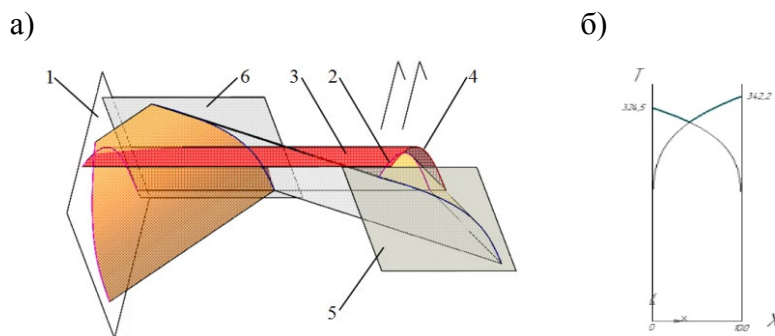


Рисунок 1 – Конструктивная модель выделения идеальной кривой

6. Модели диаграмм трехкомпонентных систем в пространстве получают проекцированием идеальных кривых на грани призмы и проведением через них поверхностей переноса. По трем парам значений энтальпии и температуры кипения (ΔH_1 и $T_{кип,1}$, ΔH_2 и $T_{кип,2}$, ΔH_3 и $T_{кип,3}$) строятся кривые, каждая из которых лежит в своей плоскости. Спроецируем их на общую плоскость (xOy), затем на переднюю грань призмы (рис. 3,а) и проведем поверхности переноса при помощи инструмента «Поверхность выдавливания». Усечем лишние части поверхностей.



а – конструктивная модель; б – изображение в плоскости диаграммы
Рисунок 2 – Соединение двух кривых в плоскости диаграммы

7. Использование созданных моделей в учебном процессе. Описанные выше алгоритмы построения реализованы в виде параметризованных 3D-моделей «Компас-3D» [7]. Для построения диаграммы двухкомпонентного раствора достаточно:

1. Открыть файл «*diagram2d.m3d*».
2. Вызвать панель управления «Переменные».
3. Задать значения $T_{кип1}$, ΔH_1 и $T_{кип2}$, ΔH_2 .
4. Выполнить команду «Перестроить».

5. На плоскости xOy модели автоматически формируется диаграмма, которая может быть скопирована в графический документ (чертеж или фрагмент) или использоваться в построениях и графических расчетах.

Чтобы построить диаграмму трехкомпонентного раствора, нужно:

1. Открыть файл «*diagram3d.m3d*».
2. Вызвать панель управления «Переменные».
3. Задать значения $T_{кун1}, \Delta H_1; T_{кун2}, \Delta H_2$ и $T_{кун3}, \Delta H_3$.
4. Выполнить команду «Перестроить».
5. В пространстве модели автоматически формируется трехмерная модель диаграммы (рис. 3,б). Ортогональный вид на основание призмы (рис. 3,в) сохранен в модели. Его проекция (плоская диаграмма трехкомпонентной системы) автоматически строится на вспомогательной плоскости и может быть скопирована в графический документ (чертеж или фрагмент) или использоваться в построениях и графических расчетах.

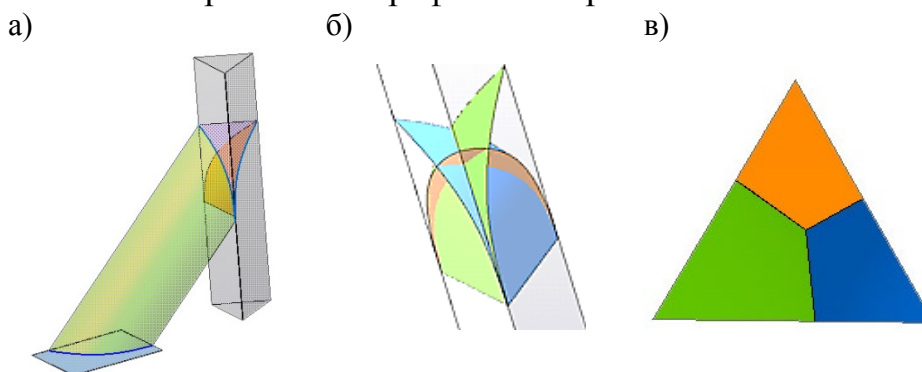


Рисунок 3 – Формирование модели диаграммы трехкомпонентной системы: проецирование кривой на грань призмы и построение поверхностей переноса (а), трехмерная (б) и плоская (в) диаграммы трехкомпонентной системы

8. Таким образом, предложен и реализован новый геометрический способ построения идеальных кривых для фазовых диаграмм. Реализация выполнена в среде САПР «Компас-3D» и созданы файлы-модели, которые позволяют строить диаграммы автоматически в ответ на задание небольшого числа параметров.

Подход может быть использован для автоматизации построения других видов диаграмм. Планируются дальнейшие исследования, в частности, решение обратной задачи – отображение экспериментальных данных с плоскости диаграммы на гиперповерхность σ .

9. Этот пример показывает, что параметризованная модель в среде CAD-системы эквивалентна программе (приложению), которая могла бы быть записана при помощи некоторого языка программирования. CAD-система обеспечивает интерфейс ввода исходных данных (панель «Переменные») и далее посредством геометрических связей реализуется «вычислительный» (в данном случае – чисто геометрический) алгоритм. Результаты представляются в виде геометрической (графической) модели, содержание которой полностью соответствует решаемой задаче и может быть связано с любой областью науки или промышленности. Эта геометрическая модель является источником новой ин-

формации и может участвовать в дальнейших построениях (так, две кривые двухкомпонентной системы были использованы в примере при создании модели диаграммы трехкомпонентной системы).

В приведенном примере использовалась *CAD*-система общего назначения, не предназначенная для выполнения функций среды разработки приложений. Но уже на этом этапе перспективы подхода очевидны. В рамках дальнейшего развития этого подхода создаются и будут созданы геометрические системы, выполняющие экспорт своих моделей в виде программного кода, как это сделано в системе «Симплекс» [8], или непосредственно в виде исполняемых файлов приложений.

Список литературы:

1. **Картавов, С.А.** Математические термины: справ.-библиогр. словарь / С.А. Картавов. – К.: Выща шк., 1988. – 295 с.
2. Энциклопедия кибернетики. Том. 2. – К., 1974. – 624 с.
3. **Паронджанов, В.** Язык ДРАКОН. Краткое описание [Электронный ресурс] / В. Паронджанов. – URL: https://drakon.su/_media/biblioteka/drakondescription.pdf.
4. **Волошинов, Д.В.** Конструктивное геометрическое моделирование / Д.В. Волошинов. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2010. – 355 с.
5. **Новиков, Г.И.** Основы общей химии / Г.И. Новиков. – М.: Высшая школа, 1988. – 431 с.
6. **Белим, С.С.** О построении фазовых диаграмм двухкомпонентных систем в САПР «Компас-3D» геометрическим способом / С.С. Белим, А.А. Бойков, А.В. Коровина. Статья находится в печати.
7. **Белим, С.С.** Построение фазовых диаграмм двух- и трехкомпонентных систем идеальных растворов геометрическим способом / С.С. Белим, А.В. Коровина // XV всероссийская (VII международная) науч.-техн. конф. «Энергия–2020»: материалы конференции. – Т. 5. – Иваново, 2020. – С. 104.
8. **Волошинов, Д.В.** Технологии применения геометрического инструмента. Основы [Электронный ресурс] / Д.В. Волошинов // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации: материалы VIII Международной науч.-практ. интернет-конф., февраль – март 2019 г. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2019/papers/34/>.

УДК 378. 016: [515+744]

ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

О. Б. Болбат, канд. пед. наук, доцент

*Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
г. Новосибирск, Российская Федерация*

Ключевые слова: электронные учебные пособия, мультимедиа технологии, графические дисциплины.

Аннотация. В статье описан опыт использования электронных разработок преподавателей кафедры «Графика» Сибирского государственного университета путей сообщения.