

используется технология, построенная на принципе функционирования мозга человека. Искусственный интеллект может благодаря этому получать, анализировать, обрабатывать информацию и пользоваться ею, самостоятельно принимать решения в незнакомой ситуации. Данные способности являются имитацией человеческого интеллекта. Как и люди, ИИ может получать информацию с помощью входящих данных, разработанных на основе датчиков, которые моделируют работу зрительных, слуховых, сенсорных функций, а также из электронных носителей. В отличие от человеческого интеллекта искусственный сможет получать огромные массивы данных, а значит, запоминать и использовать её больше.

США является одной из стран, которая активно использует ИИ в различных сферах деятельности. Почти в каждой отрасли применяют экспертные базы данных для решения разноплановых проблем. Благодаря использованию ИИ США сейчас является лидером в машиностроении, и многие корпорации внутри страны пытаются внедрить его для повышения качества производимой продукции. Одной из таких корпораций является компания FORD. Эта компания всегда была лидером производства и, пытаясь отстоять своё лидерство, сделала инвестиции в Argo AI, что позволило компании не только сохранить лидерство, а также поставить рекорды в машиностроении, что хорошо сказалось на репутации ИИ для его дальнейшего использования и совершенствования. Повысилось качество продукции, компания FORD стала примером для других предприятий, которые хотят освоить и внедрить ИИ в производство.

Заключение. Исходя из общего положения и опираясь на совокупность всех ранее вышперечисленных и упомянутых фактов, можно говорить о том, что введение ИИ в машиностроении необходимо для автоматизации человеческого труда и подмены его машинным трудом, уменьшения финансовых затрат, а также экономии временного ресурса. Что касается нашей страны, то на первых этапах внедрения ИИ в машиностроительное производство было бы удобно использовать систему ИИ в контроле работы станков или отдельно взятых отраслей, где бы собиралась информация либо выдавался отчет-рекомендации по решению какой-либо проблемы в той или иной работе. Это позволило бы устранить различные погрешности и ошибки в сфере машиностроения.

УДК 536.7; 544.2

Г. Ю. Тюменков, А. С. Невмержицкая

Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», Гомель

ЭЛЕМЕНТЫ АНАЛИЗА УРАВНЕНИЯ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ WOLFRAM MATHEMATICA

Введение. Wolfram Mathematica — современная система компьютерной алгебры, широко используемая в научных и инженерных разработках [1]. Система обеспечивает автоматическое генерирование программного кода на языке Си с оптимизацией с помощью SymbjlicC. В широком спектре имеющихся расширений для решения физических и инженерных задач следует выделить AceFEM и Geometrica. Применение данной системы для анализа полуэмпирических двухпараметрических уравнений состояния представляется весьма эффективным. Сами же уравнения состояния имеют широчайший спектр технологических приложений, в частности, при описании метастабильных состояний вещества.

Основная часть. В работе будут продемонстрированы некоторые элементы графического анализа полуэмпирических двухпараметрических уравнений состояния реального газа с помощью системы Wolfram Mathematica на примере уравнения Ван-дер-Ваальса [2]. Выбор данного уравнения обусловлен тем, что оно обладает высоким уровнем предиктивности для ряда технологических приложений, например, при описании охлаждения реальных газов в рамках процесса Джоуля—Томсона [3]. Для наглядности мы будем использовать приведенную форму уравнения, записанную в терминах безразмерных физических переменных [4]:

$$\tilde{p} = \frac{8\tilde{T}}{3\tilde{V}-1} - \frac{3}{\tilde{V}^2}.$$

В первую очередь в целях графической визуализации данное уравнение может быть представлено в виде поверхности вида $\tilde{P} = \tilde{P}(\tilde{V}, \tilde{T})$, наиболее физически интересный участок которой находится вблизи критической точки с координатами $\tilde{V} = 1, \tilde{T} = 1$. Фиксируя температуру, мы можем изобразить на поверхности систему изотерм, среди которых обязательно следует выделить критическую изотерму (зеленая) и граничную изотерму для метастабильного состояния растянутой жидкости (синяя).

Математический критерий граничной изотермы, содержащей точку касания оси приведенного объема, имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial \tilde{P}}{\partial \tilde{V}} \right)_{\tilde{T}_{\text{гр}}} = 0, \\ \tilde{P} = 0. \end{cases}$$

Для критической изотермы, содержащей точку перегиба, необходимо выполнение условий:

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial \tilde{P}}{\partial \tilde{V}} \right)_{\tilde{T}_{\text{кр}}} = 0, \\ \left(\frac{\partial^2 \tilde{P}}{\partial \tilde{V}^2} \right)_{\tilde{T}_{\text{кр}}} = 0. \end{cases}$$

Явная форма уравнения и математические критерии искомых изотерм позволяют записать их программный код в Wolfram Mathematica:

```
Print["Уравнение Ван-дер-Ваальса"];
|печатаТЬ
p[T_, V_] := 8 T / (3 V - 1) - 3 / V^2; (*Ван-дер-Ваальса*)
style = Directive@{Black, Thickness[0.003]};
|директива |чёрный |толщина
Print["p(T,V) = ", p[T, V]];
|печатаТЬ
derivation[fun_] := D[fun[T, V], V]; (*взятие первой производной по V*)
|дифференцировать
Print["Первая производная p по V = dp/dV (T,V) = ", derivation[p]];
|печатаТЬ
TgrVgr[fun_] := Solve[fun[T, V] == 0 && derivation[fun] == 0 && T > 0 && V > 0, {T, V}]; (*решение системы двух уравнений*)
|решить уравнения
values = TgrVgr[p];
Tgr = values[[1, 1, 2]];
Vgr = values[[1, 2, 2]];
Print["Tgr= ", Tgr, " ", N[Tgr], " ", Vgr= ", Vgr, " ", N[Vgr]];
|печатаТЬ |численное приближение |численное приближение
Print[Show[Plot[{p[Tgr, V], p[(1 + Tgr)/2, V], p[1, V], p[Tgr - 0.02, V]}, {V, 0.4, 5}], PlotStyle -> style,
|печатаТЬ |поиск |график функции |стиль графика
AxesLabel -> {V, "p"}, LabelStyle -> {30, GrayLevel[0]}, AxesStyle -> Directive[Arrowheads[0.03], Thickness[0.0022]],
|обозначения на осях |стиль этикетки |уровень серого |стиль оси |директива |наконечники |толщина
PlotLegends -> "Ван-дер-Ваальса", ImageSize -> 1000]];
|размер изображения
Print[Plot3D[p[T, V], {T, 0.01, 2}, {V, 0.5, 5}, PlotRange -> {{0.01, 2}, {0.5, 5}, {-10, 10}}, AxesLabel -> {T, V, "p"}]];
|график функции от переменных |отображаемый диапазон графика |обозначения на осях
Tchange[V_] = Solve[derivation[p] == 0 && V > 0, T, Reals][[1, 1, 2, 1]];
|решить уравнения |множество действительных чисел
Print["Зависимость T(V), при которой dp/dV = 0 T(V) = ", Tchange[V]];
|печатаТЬ
Show[Plot[Tchange[V], {V, 0.5, 5}, AxesLabel -> {V, T}, PlotStyle -> style, LabelStyle -> {30, GrayLevel[0]},
|график функции |обозначения на осях |стиль графика |стиль отметки |уровень серого
AxesStyle -> Directive[Arrowheads[0.03], Thickness[0.0022]]], ImageSize -> 1000]
|директива |наконечники |толщина |размер изображения
Уравнение Ван-дер-Ваальса
p(T,V) = 3 / (V^2 - 1 + 3 V) + 8 T / V^2
Первая производная p по V = dp/dV (T,V) = 6 / V^3 - 24 T / (-1 + 3 V)^2
Tgr= 27 / 32 = 0.84375, Vgr= 2 / 3 = 0.666667
```

Расчеты показывают, что граничная изотерма имеет приведенную температуру $\tilde{T}_{\text{гр}} = 0,84375$ и достигает нуля приведенного давления при $\tilde{V}_{\text{гр}} = 0,66667$.

Графическая реализация приведенного уравнения Ван-дер-Ваальса с вышеупомянутыми изотермами показана на рисунке 1.

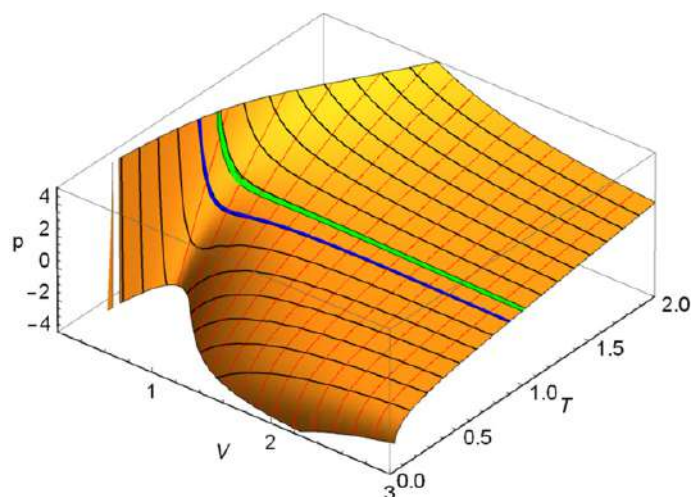


Рисунок 1 — Фрагмент поверхности приведенного уравнения состояния Ван-дер-Ваальса с выделенными критической (зеленая) и граничной (синяя) изотермами.

Заключение. Авторам представляется методически привлекательным данный подход к исследованию уравнений состояния в термодинамике реальных газов, имеющих широчайшее применение в технике.

Список цитируемых источников

1. *Иванов, О. А.* Дискретная математика и программирование в Wolfram Mathematica / О. А. Иванов, Г. М. Фридман. — СПб. : Питер, 2019. — 351 с.
2. *Redlich, O.* On the thermodynamics of solutions V. equation of state: fugacity of gaseous solutions / O. Redlich, J. N. S. Kwong // *Chemical Reviews*. — 1949. — Vol. 44. — P. 233—244.
3. *Дей, Е. А.* Кривые инверсии эффекта Джоуля—Томсона для обобщенного уравнения Ван-дер-Ваальса / Е. А. Дей, Г. Ю. Тюменков // *Изв. Гом. гос. ун-та им. Ф. Скорины*. — 2015. — № 6 (93). — С. 117—120.
4. *Румер, Ю. Б.* Термодинамика, статистическая физика и кинетика / Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин. — Новосибирск : Изд-во Новосибир. ун-та, 2000. — 608 с.