сопровождающееся изменением характера упаковки частиц системы, называются фазовыми переходами первого рода.

Из уравнения Ван-дер-Ваальса в применении к реальным газам следует, что при известных значениях температуры, давления и величин *a* и *b* газ образует систему из жидкости и газа (пара). До сих пор нет законченной теории жидкости, и потому мы рассмотрим систему жидкость – пар только с точки зрения учения о физическом равновесии.

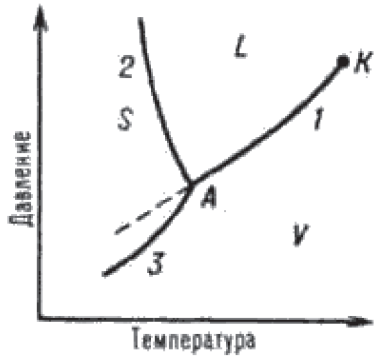


Рис. 1. Диаграмма состояния однокомпонентной системы

Двухфазное равновесие между жидкостью и паром изображается кривой кипения (или испарения) 1, между жидкостью и кристаллами – кривой плавления 2, между кристаллами и паром – кривой возгонки (или сублимации) 3. Здесь *S, L* и *V* – соответственно области существования твердой, жидкой и паровой фаз; *K* – критическая точка; *A* – тройная точка. Все двухфазные равновесия моновариантны, т.е. не нарушаются при произвольном изменении только одного из параметров, *T* или *p*.

На практике при изучении равновесного состояния жидкость-пар на примере системы: уксусная кислота–диацетат–α–пропиленгликоль были получены следующие данные:

x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
y	0,572	0,748	0,836	0,888	0,923	0,947	0,967	0,980

При введении замены переменных $Y=x/y$ точки с координатами $(x;Y)$ располагаются вдоль некоторой прямой. Рассмотрим линейную зависимость

$$Y=a+bx \Rightarrow x/y=a+bx \Rightarrow Y=x/(a+bx).$$

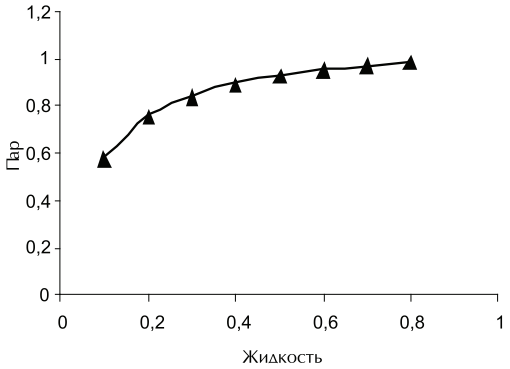


Рис. 2. Диаграмма рассеяния и выравнивающая опытные данные линия регрессии

По формулам парной линейной регрессии вычислим коэффициенты *a* и *b*:

$$b=S_{xy}/S_x^2= 0{,}915297;\ a= \bar{y} - b \cdot \bar{x}= 0{,}083993.$$

Запишем уравнение линейной регрессии: $Y=0{,}915297x+0{,}083993$. Тогда искомая модель примет вид: $y=x/(0{,}915297+0{,}083993x)$.

На рис. 2 построен график полученной регрессионной модели. Построенная модель отражает вид функциональной зависимости равновесного состояния жидкость-пар системы уксусная кислота–диацетат–α–пропиленгликоль.

Список литературы

1. Стромберг А.Г., Семченко Д.П., Физическая химия Высшая школа – 1999 – 496 с.
2. http://www.chemport.ru/data/chemipedia/article_1048.html.
3. Антипина С.Г. Основы хемометрики. Часть 1. Прикладная статистика для химиков – технологов: учеб. пособие / С.Г. Антипина, В.Ф. Каблов; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2013. – 140 с.
4. http://physics.sibsutis.ru/students/docs/lessons/Lisejkina, %20 Pinegina%20-%20Course%20of%20Physics/C33.htm.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ДЛЯ ПОИСКА ЗАВИСИМОСТИ ВЯЗКОСТИ АЗОТА ОТ ДАВЛЕНИЯ

Штакина С.А., Антипина С.Г.

Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Волжский, e-mail: sshtakina@mail.ru

Вязкость (внутреннее трение) – одно из явлений переноса, свойство текучих тел (жидкостей и газов) оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой. В результате происходит рассеяние в виде тепла работы, затрачиваемой на это перемещение. Механизм внутреннего трения в жидкостях и газах заключается в том, что хаотически движущиеся молекулы переносят импульс из одного слоя в другой, что приводит к выравниванию скоростей – это описывается введением силы трения.

Различают динамическую (абсолютную) и кинематическую вязкость. В данной работе будет рассмотрена динамическая вязкость. Как известно, динамическая вязкость (μ) – это сила, действующая на единичную площадь плоской поверхности. Эта площадь, по определению, перемещается с единичной скоростью относительно другой плоскости поверхности, находящейся от первой на единичном расстоянии. Поэтому, в системе СИ динамическая вязкость выражается в Па·с (паскаль-секунда).

Влияние температуры на вязкость жидкостей и газов изучено достаточно хорошо. В отличие от жидкостей, вязкость газов увеличивается с увеличением температуры (у жидкостей она уменьшается при увеличении температуры). Для определения вязкости идеального газа при заданной температуре *T* (в Кельвинах) может быть использована *формула Сазерленда*:

$$\mu = \mu_0 \frac{T_0 + C}{T + C} \cdot \left(\frac{T}{T_0} \right)^{3/2},$$

где μ_0 – контрольная вязкость при некоторой контрольной температуре T_0, *C* – постоянная Сазерленда для того газа, вязкость которого требуется определить. В частности, для азота $C = 111$К, $T_0 = 300{,}55$К, $\mu_0 = 17{,}81$ мкПа·с.

Влияние давления на вязкость имеет большое практическое значение. Однако вследствие значительных методических трудностей, этот вопрос менее изучен, чем зависимость вязкости от температуры.

В ходе проведения эксперимента были получены данные вязкости азота при изменении давления от 3,5 МПа до 68,15 МПа. Температура поддерживалась на уровне 25 °С.

P, МПа	3,50	6,90	13,71	34,12	68,15
μ, мПа·с	0,0185	0,0190	0,0208	0,0286	0,0415

Использование этих данных в качестве координат для изображения соответствующих точек на плоскости P – μ позволяет сделать вывод о том, что упомянутая зависимость в рассматриваемом интервале давлений близка к линейной $\mu=b_0+b_1P$.

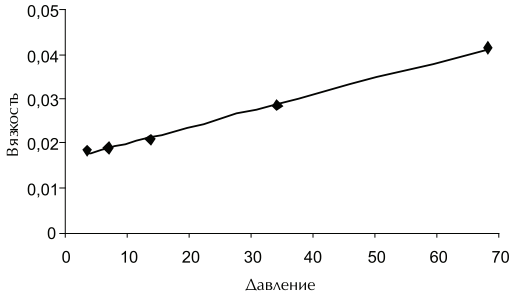
Для определения коэффициентов b_0 и b_1 воспользуемся методом наименьших квадратов. Составим сумму квадратов отклонений значений, вычисленных по предполагаемому уравнению, от опытных данных и найдем ее минимум:

$$S(b_0,b_1)=\sum_{i=1}^{n}\left(b_0+b_1P_i-\mu_i\right)\to\min .$$

Поставленная задача приводит к необходимости решения системы уравнений:

$$\begin{cases}6056,421b_1+126,38b_0=4,285\\126,38b_1+5b_0=0,128\end{cases}.$$

Решая систему, получим b_0=0,0165 и b_1=0,00036. Следовательно, искомая зависимость имеет вид: μ=0,0165+0,00036P. Отметим на плоскости P – μ точки, соответствующие экспериментальным данным, и построим график найденной зависимости. Анализ рисунка подтверждает, что составленная модель хорошо воспроизводит опытные данные. Полученная зависимость позволяет находить приближенные значение вязкостя азота для любого промежуточного давления в рассмотренном интервале.



Список литературы

1. Письменный Д.Т. Конспект лекций по высшей математике: Полный курс. – М: Айрис-пресс, 2005. – 608с.
2. http://infolab.ru/ Обзор методов и единиц измерения вязкости.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЯ ПЕНЫ НА ОСНОВЕ ЛАУРИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ

Юмагулова Ю.И., Варфоломеева С.П., Антипина С.Г

Волжский политехнический институт, филиал Волгоградского государственного технического университета, Волжский, e-mail: yumagulova1994@mail.ru

Лаурилсульфат натрия – анионное поверхностно-активное вещество, содержащееся во многих продуктах личной гигиены, включая мыло, шампуни и зубные пасты. Являясь поверхностно-активным веществом, лаурилсульфат натрия обладает свойством частичного растворения в воде или в масле. Именно это качество позволяет лаурилсульфату натрия внедряться в структуру производимых моющих средств, наделяя их пенообразующими и очистительными свойствами. Пена не несет ответственности за удаление грязи, но позволяет, к примеру, шампуню для волос, при помощи рук распространиться по всей длине волос.

Лаурилсульфат натрия вошел в производство в 1930 году, когда стала активно развиваться индустрия мылопроизводства. Лаурилсульфат натрия обычно применяется в качестве пенообразующего и эмульгирующего вещества во многих продуктах, которые используются в повседневной жизни. Это химическое вещество имеет большой спрос в химической промышленности, так как обладает относительно низкой стоимостью и имеет длительный срок хранения.

Существует несколько фактов об опасности применения лаурилсульфата натрия. Лаурилсульфат натрия может повреждать верхние слои кожи, вызывать сухость, шелушение, растрескивание кожи, приводить к потере эластичности и ослаблять защитную функцию здоровой кожи. По заключению зарубежных экспертов, входящих в CIR (Cosmetic Ingredients Review – организация, занимающаяся проверкой безопасности косметических ингредиентов), лаурилсульфат натрия в концентрации 2 % способен вызвать раздражение, усиливающееся с увеличением его концентрации и времени контактирования с кожей. Однако у лаурилсульфата натрия даже в высокой концентрации не было выявлено ни канцерогенного, ни эмбриотоксического действия. Рекомендуемая концентрация лаурилсульфат натрия в косметических продуктах от 0.1 % до 5 %. Установлено, что при длительном контакте с кожей концентрация его не должна превышать 1 %.

Проводился эксперимент по испытанию пены с концентрацией лаурилсульфат натрия 0,25 %.

При изучении зависимости объема жидкости, содержащейся в пене (признак x) и скорости потока жидкости, проходящей через слой пены (признак y) были получены следующие опытные данные:

x	2,2	3,8	7	7,7	11,5	15,2	18
y	3,6	5	7	7,7	9,3	11,3	12,2

При построение диаграммы зависимости ln x и ln y полученные точки распределяются вдоль некоторой прямой. Следовательно, при замене X = ln x и Y = ln y линейное уравнение $Y = A + bX$, где A=ln a, является образом нелинейной функциональной зависимости вида $y = a \cdot x^b$.

По формулам парной линейной регрессии определяем значения коэффициентов b = 0,499 и A= 0,996. Составим уравнение линейной зависимости Y = 0,996+0,499·X. Вернемся к старым переменным: $a = e^A$ = 2,707. Тогда уравнение нелинейной регрессионной модели примет вид $y = 2,707 \cdot x^{0,499}$.

На рисунке изображен график зависимости объема жидкости, содержащейся в пене от скорости потока жидкости, проходящей через слой пены и диаграмма рассеяния опытных данных.

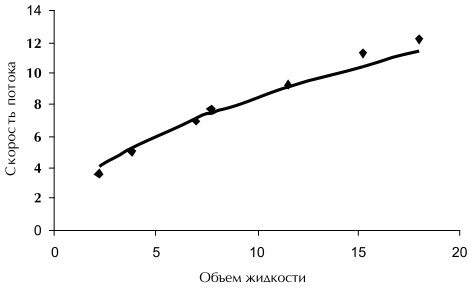


Диаграмма рассеяния и выравнивающая опытные данные линия регрессии