

УДК 536.71

## Использование пакета mathcad при подготовке студентов экологических и экономических направлений

Канд. техн. наук **Рыков С.В.** togg1@mail.ru  
канд. техн. наук **Кудрявцева И.В.** 165627@niuitmo.ru  
**Янорская А.Н., доцент Камоцкий В.И.**  
Университет ИТМО  
Институт холода и биотехнологий  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*В статье рассмотрены основные достоинства и недостатки пакета MathCAD с точки зрения перспектив использования его в учебном процессе и научно-исследовательской деятельности. Рассмотрены примеры реализации и дан сравнительный анализ расчетных схем в пакете MathCAD, табличном редакторе MS Excel, на алгоритмическом языке Fortran. Отмечены основные достоинства (удобство редактирования, простота освоения, наглядность реализации, легкость работы с графической информацией, возможность экспорта и импорта информации, большое количество встроенных функций для обработки данных) и недостатки пакета MathCAD. При изучении пакета MathCAD может быть реализован междисциплинарный подход к изучению дисциплин. Приведены возможные темы научноисследовательской работы студентов и магистрантов.*

**Ключевые слова:** математический пакет MathCAD, табличный редактор Excel, алгоритмический язык Fortran, озонобезопасные хладагенты.

---

## Use mathcad at training of ecologists and economists students

**Rykov S.V.** togg1@mail.ru, **Kudryavtseva I.V.** 165627@niuitmo.ru  
**Yanorskaya A.N., Kamotskii V.I.**  
University ITMO  
Institute of Refrigeration and Biotechnologies  
9, Lomonosov Street, St Petersburg, 191002

*In article the basic merits and demerits MathCAD and prospects of its use in educational process and research activity are considered. Examples of realization are considered and the comparative analysis of settlement schemes in MathCAD, MS Excel and Fortran is given. The basic advantages (convenience of editing, simplicity of development, presentation of embodying, ease of operation with the pictorial information, possibility of export and information import, a considerable quantity of the built in functions for data processing) and deficiencies of package MathCAD are scored. At studying of package MathCAD the interdisciplinary approach to studying of disciplines can be realised. Possible themes of research operation of students are given.*

**Key words:** MathCAD, Excel, Fortran, ozone-friendly refrigerants.

---

В России в настоящее время широко востребованы высоко квалифицированные специалисты по экологии и экономике [1–3]. В профессиональной и научной деятельности будущих экономистов и экологов большое значение играют математические расчеты.

Для решения расчетных задач в этих областях обычно используется табличный редактор MS Excel. На основе опыта проведения научных исследований, решения практических задач, обучения студентов и руководства научно-исследовательской работой студентов, магистрантов и аспирантов авторы предлагают использовать в учебном процессе математический пакет MathCAD.

Математический пакет MathCAD обладает рядом достоинств. Одно из основных это наглядность представления математических вычислений. При расчетах по громоздким формулам большое значение играет простота записи этих формул. Это обусловлено необходимостью внесения изменений в расчетную схему, переноса полученных результатов в текстовые редакторы для оформления отчета по проделанной работе [4]. При этом легко допустить ошибки, на обнаружение которых потом может уйти достаточно большое количество времени. В тоже время эти формулы, записанные в пакете MathCAD, имеют вид максимально приближенный к традиционной записи. Например, уравнение линии упругости (1), используемое при расчете термических и калорических свойств озонобезопасных холодильных рабочих веществ, в пакете MathCAD, табличном редакторе Excel и на алгоритмическом языке Fortran принимают вид, представленный на рис. 1–3. При изучении уравнения (1) студенты и магистранты используют информацию, полученную при изучении дисциплин естественнонаучного цикла, таких как математика, информатика, физика, термодинамика и др.

$$p_s T = p_c e^{-\frac{a_0}{t} \tau^m} \left( 1 + a_1 \tau + a_2 |\tau|^{2-\alpha} + a_3 |\tau|^{2-\alpha+\Delta} + \sum_{i=4}^n a_i \tau^{s_i} \right), \quad (1)$$

где  $p_c$  – критическое давление;  $\tau = T/T_c - 1$ ;  $t = T/T_c$ ;  $T_c$  – критическая температура;  $T$  – абсолютная температура;  $\alpha$  – критический индекс;  $\Delta$  – асимметричная поправка;  $a_i$  – постоянные коэффициенты.

Рис. 1. Запись уравнения линии упругости (1) линии фазового равновесия в математическом пакете MathCAD.

Рис. 2. Запись уравнения линии упругости (1) линии фазового равновесия в табличном редакторе MS Excel.

```

RL=Tly(K)/TK-1.
RLD=ABS(RL)
FM(K,1)=Rl*0.
FM(K,2)=Rld**(2.-AL)
FM(K,3)=Rld**(2.-AL+D0)
DO 15
I=1, K2-3
FM(K,I+3)=Rl**J1(I)
15
CONTINUE
FOM(K)=EXP(AA*RLD**2/(TLY(K)/TK))*RLY(K)/PK-1.-c1*Rl
    
```

Рис. 3. Запись уравнения линии упругости (1) линии фазового равновесия на алгоритмическом языке Fortran.

В пакете MathCAD удобно реализован ввод и вывод информации, представление и анализ результатов в графическом формате. Данные могут быть импортированы из основных прикладных программ, таких как MS Office, MS Excel и других. Данные могут быть представлены в различных форматах, и за счет большого количества настроек импорта не составляет труда получить их в MathCAD в виде пригодном для дальнейшей обработки. Это же справедливо и в случае экспорта полученных результатов из пакета MathCAD в сторонние приложения. Работа с графической информацией включает в себя возможность построения кривых и поверхностей, графического решения уравнений и многие другие. Имеются широкие возможности оформления графиков для более наглядного представления информации. Графики, построенные в пакете MathCAD, могут быть использованы при оформлении статей и отчетов, рис. 4.

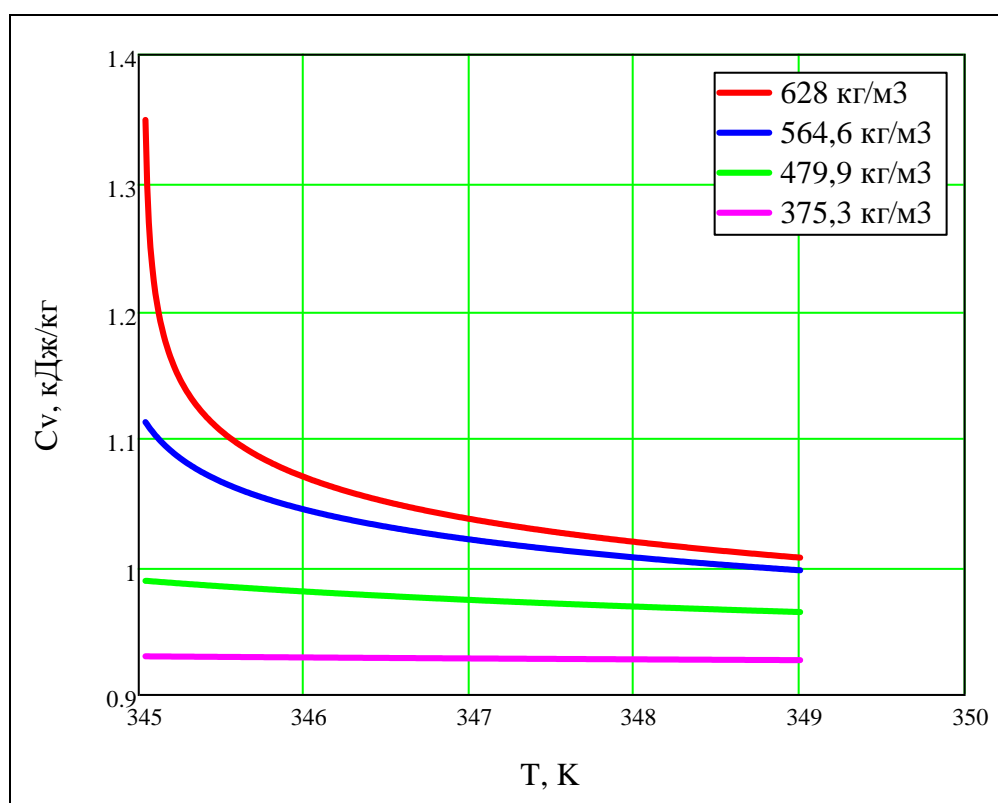


Рис. 4. Поведение изохорной теплоемкости R218 на изохорах.

Так же в пакете MathCAD реализована простая форма синтаксиса документа и программного модуля, рис. 5.

```
for i ∈ 0..last(M) - 1
  min ← Mi
  for j ∈ i + 1..last(M)
    if Mj < min
      Mi ← Mj
      Mj ← min
      min ← Mi
M
```

Рис. 5. Программа сортировки массива M в пакете MathCAD.

Основные требования, предъявляемые к синтаксическому оформлению документа, можно изучить за одно-два занятия. Оставшиеся правила можно проходить при начале использования связанных с ними функций пакета MathCAD. Это позволяет при изучении курса дисциплины большее внимание уделять реализации математических методов, а не отладке программ. Программный модуль пакета MathCAD позволяет писать программы для реализации ввода и вывода сложно структурированной информации, численных методов, сложных алгоритмов обработки данных.

В математическом пакете MathCAD имеется большое количество встроенных функций. С их помощью можно без особых усилий провести такие необходимые операции, как интегрирование и дифференцирование, решение систем линейных и нелинейных уравнений, решение задачи оптимизации, проведение аппроксимации экспериментальных данных. Также наличие этих функций позволяет при изучении программирования численных методов проводить проверку корректности выполнения созданных студентами программ.

Большое количество литературы по математическому пакету MathCAD [5–7] позволяет студентам эффективно изучать отдельные разделы курсов дисциплин самостоятельно. Пакет MathCAD можно использовать для изучения дисциплин не только естественнонаучных курсов [8], но и специальных дисциплин [9].

Основным недостатком пакета MathCAD является медленная работа при решении задач с большими объемами информации, такими как поиск корней системы линейных алгебраических уравнений из нескольких тысяч уравнений. Для решения этих задач выгоднее использовать традиционные языки программирования. При этом MathCAD можно эффективно применять для проверки решения и поиска ошибок.

В качестве научно-исследовательской работы с использованием пакета MathCAD студенты и магистранты экологических и экономических направлений занимаются изучением и совершенствованием инновационных способов описания теплофизических свойств новейших озонобезопасных холодильных агентов на линии фазового равновесия

[10–22] и в регулярной области параметров состояния [23–45] для использования в холодильных, криогенных установках и системах кондиционирования [46–54] и экономических преимуществ их использования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Власенкова Ю.А., Сергиенко О.И. Формирование эколого-экономического механизма устойчивого развития энергетического сектора на основе критериев экоэффективности // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2008. № 1. С. 5–15.

2. Малышев А.А., Василенок В.Л., Шапиро Н.А. Слагаемые интеграционного менеджмента экономического образования // Вестник Международной академии холода. 2006. № 1. С. 6–9.

3. Василенок В.Л., Кургузова Е.Я. Конкуренция на рынке образовательных услуг // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2011. № 1. С. 13–17.

4. Буткарев А.Г., Рыков В.А., Рыков С.А. Эффективное использование редактора MS Word для оформления документов большого объема // Пособие для самостоятельной работы / Федеральное агентство по образованию, Санкт-Петербургский гос. ун-т низкотемпературных и пищевых технологий. Санкт-Петербург, 2007.

5. Кудрявцева И.В., Рыков В.А., Рыков С.А., Рыков С.В. Использование MathCAD в теории матриц: Метод. указания. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2011. – 50 с.

6. Рыков В.А., Рыков С.А., Кудрявцева И.В., Рыков С.В. Практические занятия в пакете MathCAD по исследованию систем линейных алгебраических уравнений: пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2009. – 107 с.

7. Математика. Теория и примеры в MathCAD: Пособие / И.В. Кудрявцева, В.А. Рыков, А.С. Старков, С.А. Рыков, С.В. Рыков – СПб.: СПбГУНиПТ, 2011. – 92 с.

8. Кудрявцева И.В., Рыков С.В., Селина Е.Г., Рыков В.А., Курова Л.В. Современные технологии обучения на примере освоения методов расчета равновесных свойств индивидуальных веществ // Материала XIX Международной научно-методической конференции “Современное образование: содержание, технологии, качество”. Санкт-Петербург, 24 апреля 2013 г. Т. 1. С. 103–104.

9. Байченко А.А., Василенок В.Л. Использование нечетких множеств на платформе программы MathCAD в процессе разработки цены продукта пищевой промышленности // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2013. № 1. С. 3.

10. Кудрявцева И.В., Рыков А.В., Рыков В.А. Новое уравнение для «кажущейся» теплоты парообразования // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 2. С. 30.

11. Рыков С.В., Самолетов В.А., Рыков В.А. Линия насыщения аммиака // Вестник Международной академии холода. 2008. № 4. С. 20–21.

12. Рыков С.В., Рябова Т.В. Расчет линии фазового равновесия аммиака в пакете MathCad // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2013. № 2. С. 8.

13. Кудрявцева И.В., Камоцкий В.И., Рыков С.В., Рыков В.А. Расчет линии фазового равновесия диоксида углерода // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 2. С. 31.
14. Рыков А.В., Кудрявцева И.В., Рыков С.В. Уравнение линии насыщения, удовлетворяющее модифицированному правилу криволинейного диаметра // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2013. № 2. С. 9.
15. Устюжанин Е.Е., Шишаков В.В., Абдулагатов И.М., Рыков В.А., Попов П.В. Давление насыщения технически важных веществ: модели и расчеты для критической области // Вестник Московского энергетического института. 2012. № 2. С. 34–43.
16. Устюжанин Е.Е., Шишаков В.В., Абдулагатов И.М., Попов П.В., Рыков В.А., Френкель М.Л. Скейлинговые модели для описания термодинамических свойств на линии насыщения: проблемы и некоторые решения // Сверхкритические флюиды: Теория и практика. 2012. Т. 7. № 3. С. 30–55.
17. Ustyuzhanin E. E., Shishakov V. V., Abdulagatov I. M., Popov P. V., Rykov V. A., Frenkel M. L. Scaling Models of Thermodynamic Properties on the Coexistence Curve: Problems and Some Solutions // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2012. Vol. 6. N 8. P. 912–931.
18. Устюжанин Е.Е., Абдулагатов И.М., Попов П.В., Шишаков В.В., Рыков В.А. Скейлинговые модели для описания термодинамических свойств на пограничной кривой: характеристики и критерии // Ультразвук и термодинамические свойства вещества. 2008. № 34–35. С. 159–171.
19. Кудрявцева И.В., Рыков А.В., Рыков В.А. Модифицированное уравнение линии насыщения, удовлетворяющее требованиям масштабной теории // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2013. № 2. С. 3.
20. Кудрявцева И.В., Рыков А.В., Рыков С.В. Описание метастабильной области непараметрическими уравнениями состояния скейлингового вида // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2013. № 2. С. 6.
21. Кудрявцева И.В., Рыков С.В., Рыков В.А. Описание метастабильной области в рамках параметрического представления масштабной теории // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2013. № 2. С. 5.
22. Рыков А.В., Кудрявцева И.В., Рыков С.В. Уравнения линии насыщения и упругости хладагента R218 // Вестник Международной академии холода. 2013. № 4. С. 54–57.
23. Кудрявцева И.В., Рыков А.В., Рыков В.А. Метод расчета равновесных свойств сверхкритических флюидов, используемых в СКФ-технологиях // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 2. С. 29.
24. Рыков С.В., Кудрявцева И.В., Рыков В.А. Асимметричное масштабное уравнение состояния аргона в переменных плотность-температура // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2008. № 2. С. 6–11.
25. Кудрявцева И.В., Рыков В.А., Рыков С.В., Селина Е.Г., Курова Л.В. Метод расчета плотности и теплоты парообразования двуокиси углерода // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 1. С. 25.
26. Рыков С.В. Выбор структуры масштабных функций асимметричного уравнения состояния // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2009. № 2. С. 1–6.

27. Рыков А.В., Кудрявцева И.В., Рыков В.А. К вопросу описания термодинамической поверхности, включая критическую область, уравнениями состояния в физических переменных // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2013. № 1. С. 4.
28. Кудрявцева И.В., Рыков А.В., Рыков С.В. Анализ структуры непараметрического уравнения состояния скейлингового вида // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2013. № 2. С. 2.
29. Kozlov A.D., Lysenkov V.F., Popov P.V., Rykov V.A. Single non-analytic equation of R218 chladon state // Инженерно-физический журнал. 1992. Т. 62. № 6. С. 840–847.
30. Кудрявцева И.В., Демина Л.Ю. О структуре фундаментального уравнения состояния, учитывающего асимметрию жидкости и пара // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2009. № 1. С. 35–38.
31. Рыков В.А. Масштабное уравнение состояния в физических переменных // Теплофизика высоких температур. 1986. Т. 25. № 2. С. 345.
32. Кудрявцева И.В., Рыков А.В., Рыков В.А. Непараметрическое уравнение состояния скейлингового вида и метод псевдокритических точек // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2013. № 2. С. 4.
33. Рыков В.А. Уравнение состояния в критической области, построенное в рамках метода нескольких «псевдоспинодальных» кривых // Журнал физической химии. 1985. Т. 59. № 10. С. 2605.
34. Рыков А.В., Кудрявцева И.В., Рыков С.В. Непараметрическое масштабное уравнение состояния, не содержащее дифференциальных биномов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2013. № 2. С. 7.
35. Лысенков В.Ф., Попов П.В., Рыков В.А. Параметрические масштабные уравнения состояния для асимптотической окрестности критической точки. Обзоры по теплофизическим свойствам веществ // ТФЦ – М.: ИВТАН. 1992. № 1 (93). С.3–80.
36. Rykov V.A. Method of constructing a single equation of state satisfying the requirements of the scaling hypothesis // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 1985. Т. 48. № 4. С. 476–481.
37. Рыков В.А. Масштабное уравнение состояния в  $\rho$ – $T$ –переменных с учетом неасимптотических членов // Журнал физической химии. 1985. Т. 59. № 8. С. 2069.
38. Rykov V.A., Varfolomeeva G.B. Method of determining a structural form of the free energy satisfying the requirements of the scaling hypothesis // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 1985. Т. 48. № 3. С. 341–345.
39. Лысенков В.Ф., Рыков В.А., Яковлева М.В. Рабочая область асимптотических масштабных уравнений состояния // Теплофизика высоких температур. 1990. Т. 28. № 5. С. 1034.
40. Рыков А.В., Кудрявцев Д.А., Рыков В.А. Метод расчета параметров масштабной функции свободной энергии // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 5. С. 50–53.
41. Рыков В.А. Анализ масштабного уравнения состояния, основанного на гипотезе «псевдоспинодальной» кривой // Журнал физической химии. 1985. Т. 59. № 9. С. 2354.
42. Рыков С.В. Метод построения асимметричного масштабного уравнения состояния в физических переменных // Диссертация на соискание ученой степени кандидата

технических наук / Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий. Санкт-Петербург, 2009. – 198 с.

43. Кудрявцева И.В., Рыков С.В., Рыков В.А. Непараметрическое уравнение состояния скейлингового вида и расчет равновесных свойств сверхкритических флюидов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 2. С. 28.

44. Рыков А.В., Кудрявцева И.В., Рыков В.А. Асимметричное масштабное уравнение состояния хладагента R23 // Вестник Международной академии холода. 2012. № 4. С. 26–28.

45. Кудрявцева И.В., Рыков А.В., Рыков В.А., Рыков С.В. Единое неаналитическое уравнение состояния перфторпропана, удовлетворяющее масштабной теории критических явлений // Вестник Международной академии холода. 2013. № 3. С. 22–26.

46. Носков А.Н., Петухов В.В. Изменение параметров состояния пара хладагента в элементарном рабочем процессе маслозаполненного холодильного винтового компрессора // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2007. № 1. С. 10–14.

47. Докукин В.Н., Емельянов А.Л., Носков А.Н. Результаты испытаний маслозаполненного винтового компрессора малой производительности в высокотемпературных режимах // Вестник Международной академии холода. 2009. № 1. С. 6–8.

48. Носков А.Н., Петухов В.В., Чернов Н.П. Результаты испытаний маслозаполненного винтового компрессора малой производительности // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2007. № 1. С. 15–18.

49. Носков А.Н., Зимков А.А. Расчет процесса сжатия маслозаполненного холодильного винтового компрессора // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2013. № 1. С. 3.

50. Носков А.Н., Зимков А.А. Расчет процесса всасывания маслозаполненного холодильного винтового компрессора // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2012. № 1. С. 2.

51. Бараненко А.В., Кириллов В.В., Сивачев А.Е. О выборе хладоносителя для систем косвенного охлаждения // Вестник Международной академии холода. 2010. № 2. С. 22–24.

52. Ховалыг Д., Бараненко А.В. Методы расчета градиента давления двухфазного потока при течении в малых каналах // Вестник Международной академии холода. 2012. № 1. С. 3–10.

53. Бараненко А.В., Кириллов В.В. Разработка хладоносителей на основе электролитных водно-пропиленгликолевых растворов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2007. № 3. С. 38–41.

54. Цветков О.Б. Исследования теплофизических свойств холодильных агентов в Санкт-Петербургском государственном университете низкотемпературных и пищевых технологий // Вестник Международной академии холода. 2011. № 1. С. 8–9.



