ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ

УДК 378.147

DOI: 10.18384/2310-7219-2021-4-52-59

ПРИМЕНЕНИЕ СВОБОДНОЙ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ «MAXIMA» ПРИ ОБУЧЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ

Слабженникова И. М.

*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, д. 52б, Российская Федерация*

Аннотация.

Цель работы – описание опыта использования системы компьютерной математики Maxima в учебном процессе при подготовке будущих бакалавров-энергетиков.

Процедура и методы. Автором проанализирована научная литература по использованию информационных технологий в учебном процессе. Разработаны программы для практических занятий по дисциплине «Общая энергетика» в свободной системе компьютерной алгебры (СКА) Maxima, предназначенные для компьютерного моделирования физических процессов, используемых при производстве электрической и тепловой энергии.

Результаты. Показаны характерные особенности системы компьютерной алгебры Maxima, позволяющие получать аналитические и численные решения математических задач, в том числе и аналитические решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Представлено поэтапное описание программы, моделирующей процесс стационарной одномерной теплопроводности. Приводится текст программы на языке Maxima с подробными комментариями.

Теоретическая и/или практическая значимость работы связана с практическим опытом применения компьютерного моделирования в СКА, который позволил выделить ряд преимуществ, повышающих качество образовательного процесса.

Ключевые слова: информационные технологии, компьютерное моделирование, система компьютерной алгебры Maxima, обучение

OPEN CAS MAXIMA IN TEACHING TECHNICAL SCIENCES

I. Slabzhennikova

*Far Eastern State Technical Fisheries University
ul. Lugovaya 52 b, Vladivostok 690087, Russian Federation*

Abstract

Aim of the article is to describe the experience of using computer mathematics system Maxima in teaching future power engineering bachelors.

© CC BY Слабженникова И. М., 2021.

Methodology. The author analyzed the scientific literature on the use of information technology in the educational process. Programs have been developed for practical exercises in the discipline "General Energy" in the Maxima computer algebra system, designed for computer modeling of physical processes used in the production of electric and thermal energy.

Results. The characteristic features of the Maxima computer algebra system as analytical and numerical solutions of math problems including analytical solutions of ODEs. A phased description of a program simulating 1-dimensional stationary heat transfer is presented. The text of a program written in Maxima language is given with detailed comments.

Research implications are related to the practical experience of using computer modeling, which made it possible to point out CAS advantages that increase the quality of teaching.

Keywords: information technology, computer modeling, Maxima computer algebra system, teaching

Благодарности / Acknowledgment. Автор выражает благодарность к. х. н., доценту С. Н. Слабженникову за помощь в разработке и написании программ в системе компьютерной алгебры «Maxima» / The author expresses his gratitude to the candidate of chemical sciences, associate professor S. N. Slabzhennikov for help in the development and writing of programs in the computer algebra system "Maxima".

ВВЕДЕНИЕ

Одним из главных факторов, определяющих успешную деятельность предприятия в современных экономических условиях, являются способности сотрудников предприятия эффективно работать в нестандартных, быстроменяющихся условиях, а также непрерывно профессионально развиваться и самосовершенствоваться [8, с. 75].

В связи с этим, как отмечают С. В. Крайнева, О. Р. Шефер, Т. Н. Лебедева, одной из основных задач, которые ставит перед собой высшее образование, является подготовка профессионалов, самостоятельно принимающих решения, способных мобильно реагировать на происходящие в мире изменения, способных аналитически и системно мыслить, используя знания, приобретённые за рамками образовательных программ [4].

Современные требования, предъявляемые к обучению студентов, обуславливают необходимость постоянного совершенствования всех сторон образовательного процесса. Возникает необходимость в поиске и применении новых методов и технологий, которые органично включатся в данные условия [1, с. 289].

Основным фактором совершенствования образовательной среды вузов и

перехода на качественно новый уровень являются разработка и внедрение качественных педагогических программных обеспечений по различным дисциплинам [9, с. 307]. Автор отмечает, что значимая роль информационных технологий в образовании обусловлена тем, что по сравнению с традиционными средствами информационные средства обучения обеспечивают новые возможности, а также позволяют реализовать современные педагогические технологии обучения на более высоком уровне, стимулируют инновации в дидактике и методике высшей школы.

В работе П. Н. Скочилова, Е. Э. Фискинда отмечено, что с развитием вычислительной техники появилась возможность исследовать любые явления с помощью компьютера, что привело к формированию вычислительной физики [6].

Компьютер позволяет строить динамические модели, т. к. его реакция на действия пользователя подобна реакции реального объекта. Компьютерные модели обеспечивают большую гибкость при проведении эксперимента во время решения экспериментальных задач. Они позволяют замедлить или ускорить ход времени, сжать или растянуть простран-

ство, дополнить модель графиком, таблицей, мультипликацией, повторить или изменить ситуацию [3, с. 86].

По мнению В. Б. Гундырева, Е. Н. Королевой, В. В. Лосева, Т. В. Морозовой, компьютерное моделирование и виртуальный эксперимент, внедрённые в образовательный процесс, не только существенно расширяют возможности познания законов природы, но и дают, с одной стороны, возможность первоначально познакомиться, а затем и получить навыки работы с этим инструментом, а с другой – возможность эффективнее реализовать работу согласно требованиям ФГОС, выраженным в универсальных и общепрофессиональных компетенциях [2].

Применить компьютерное моделирование в учебном процессе, начиная с первого курса, позволяют системы компьютерной математики (СКМ). СКМ осваиваются студентами без затруднений, т. к. в этих системах используются упрощённый ввод команд и данных, математические обозначения и готовые математические алгоритмы. По мнению Е. А. Чичкарева, СКМ являются средством решения задач моделирования статических и динамических систем¹. Например, в работе Б. В. Бирюкова демонстрируется применение системы компьютерной алгебры Derive для решения задач из различных разделов физики [10].

Анализ научной литературы показал актуальность применения информационных технологий при подготовке квалифицированных, конкурентоспособных специалистов для современного производства.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Цель исследования – описать опыт применения системы компьютерной математики «Maxima» в учебном процессе при подготовке будущих бакалавров-энергетиков.

¹ Чичкарев Е. А. Компьютерная математика с Maxima: руководство для школьников и студентов. М.: НОУ «ИНТУИТ», 2016. 459 с.

Методы исследования – анализ научной литературы по использованию информационных технологий в учебном процессе.

Организация исследования и результаты работы:

1. Описание применения системы компьютерной алгебры «Maxima»

В работах [5; 7] описан опыт проведения научно-исследовательской работы студентов первого курса Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета (Дальрыбвтуза). В качестве методического пособия использовался пакет программ, предназначенных для компьютерного моделирования физических процессов и природных явлений в системе компьютерной алгебры «Maxima» [9]. Авторами отмечено положительное влияние информационных технологий на развитие теоретического и творческого мышления.

В настоящее время продолжается работа по разработке подобных программ и внедрению их в учебный процесс. На кафедре «Электроэнергетика и автоматика» Дальрыбвтуза реализованы программы для практических занятий по дисциплине «Общая энергетика», моделирующие физические процессы, которые имеют место при производстве электрической и тепловой энергии.

Основной особенностью системы компьютерной алгебры «Maxima» является возможность получать аналитические и численные решения математических задач, в том числе и аналитические решения обыкновенных дифференциальных уравнений. При выполнении практического задания пользователи изменяют начальные данные в тексте программы, анализируют отклик математической модели физического процесса и формулируют выводы.

2. Реализация компьютерного моделирования

В данной работе приводится пример практического задания «Температура

внутри твёрдого тела». Построение и исследование модели можно разбить на ряд этапов:

Первый этап – постановка задачи: моделирование процесса теплопроводности через твёрдое тело. Моделируется физический процесс, характеристики которого невозможно измерить в лабораторных условиях. Поскольку теплопроводность выражается функциональной зависимостью от физических величин, для её анализа предпочтительно использовать компьютерное моделирование.

Второй этап – определение объекта моделирования. В качестве твёрдого тела выберем однородную плоскую стенку неограниченной длины. Практически это условие выполняется, если длина стенки во много раз больше её толщины. Предполагается, что внутри стенки отсутствуют источники теплоты.

Рассмотрим одномерный стационарный процесс изменения температуры внутри однородной изотропной стенки. Систему отсчёта выберем так, чтобы ось x была перпендикулярна плоскости стенки и ориентирована в направлении переноса теплоты.

Для решения задачи необходимо ввести начальные данные: x_0 – начальная координата, T_0 – начальная температура, x_1 – конечная координата, T_1 – конечная температура.

3. Построение математической модели

Математическая модель представлена основополагающим дифференциальным уравнением теплопроводности¹:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = K\Delta T + q_v, \quad (1),$$

где q_v – теплота, выделяемая внутренними источниками теплоты в единице объёма в единицу времени, c – удельная теплоёмкость тела, ρ – плотность тела, Δ – оператор Лапласа, K – коэффициент теплопроводности.

Уравнение (1) позволяет найти температурную зависимость в твёрдой среде от времени и координат точки измерения.

Для однородного изотропного тела коэффициент K является константой, т. е. не зависит от координат точки и времени.

Для стационарной теплопроводности, когда

$$\frac{\partial T}{\partial t} = 0,$$

можно записать

$$K\Delta T + q_v = 0 \quad (2)$$

При отсутствии внутренних источников теплоты, когда $q_v = 0$,

$$\Delta T = 0 \quad (3)$$

4. Создание алгоритма и написание программы

На рис. 1 представлен текст программы с комментариями.

В первых инструкциях программы пользователь выполняет ввод значений начальной точки x_0 , начальной температуры T_0 , конечной точки x_1 , конечной температуры T_1 и количество (N) расчётных значений температуры для построения графика. Далее вычисляется шаг dx между точками температуры на графике. После этого для построения графика в программе объявляются два массива: массив (X) значений координат точек и массив (Y) значений температур для каждой координаты. Далее записана инструкция, представляющая образ дифференциального уравнения (3). Следующие две инструкции применяются для решения этого уравнения.

Три последующие инструкции, представленные двумя циклами *for* и функцией *wxplot2d*, предназначены для вычисления температуры в каждой точке, вывода на экран таблицы значений температуры и построения графика функции $T(x)$.

Завершающая инструкция программы вычисляет значение координаты x при $T = 0^\circ\text{C}$.

¹ Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. М.: Наука, 1979. С. 271.

1. Решить уравнение (3) вдоль оси x при краевых условиях ($x_0 = 0$ мм, $T_0 = 20^\circ\text{C}$ и $x_1 = 5$ мм, $T_1 = -20^\circ\text{C}$).
`x0:0; T0:20; /*начальная точка, начальная температура*/
x1:5; T1:-20; /*конечная точка, конечная температура*/
N:11; /*количество точек*/
dx:(x1-x0)/(N-1); /*расстояние между точками*/
X:makelist(0,i,1,N)$ /*массив значений координат точек*/
Y:makelist(0,i,1,N)$ /*массив значений температур точек*/
'diff(T,x,2)=0; /*запись дифференциального уравнения (3)*/
ode2(% , T, x); /*решение дифференциального уравнения*/
e1:bc2(% , x=x0, T=T0, x=x1, T=T1); /*решение краевой задачи*/`
2. Построить график зависимости T от x и сформулировать вывод об изменении температуры в зависимости от координаты x .
`for i:1 thru N do /*вычисление T в каждой точке*/
(a:x0+(i-1)*dx,X[i]:a,Y[i]:at(rhs(e1),[x=a]))$/*(e1 - результат решения краевой задачи)*/
for i:1 thru N do print("x",i," = ",X[i]," T = ",Y[i])$ /*вывод на экран значений T(x)*/
wxplot2d([discrete,X,Y], [xlabel,"x, mm"],[ylabel,"T, C"], [gnuplot_preamble,"set grid"])$
/*построение графика*/`
3. Вычислить x , при которой $T = 0^\circ\text{C}$.
`solve(e1, x),T=0, numer;
kill(all)$`

Рис. 1 / Fig. 1. Текст программы с комментариями / The text of the program with comments

Источник: составлено автором.

5. Проведение компьютерных экспериментов:

- а) решить уравнение (3) вдоль оси x при различных начальных условиях;
- б) построить график зависимости температуры T от координаты x (рис. 2);
- в) вычислить координату x , при которой $T = 0^\circ\text{C}$.

Рис. 2. / Fig. 2. Результаты вычислений $T(x)$ / The results of calculations of $T(x)$

Источник: составлено автором.

6. Анализ результатов:

а) сформулировать вывод об изменении температуры в зависимости от координаты x ;

б) сформулировать вывод об изменении температуры внутри плоской стенки в летний и зимний периоды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программы, разработанные в системе компьютерной алгебры «Maxima», были использованы в учебном процессе студентов 2 курса, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Анализ результатов применения данных программ на практических занятиях по дисциплине «Общая энергетика» позволил выделить ряд преимуществ, повышающих качество образовательного процесса:

– работа с компьютером повышает мотивацию обучения;

– индивидуальная работа с программой способствует активности и самостоятельности студентов;

– возможность внесения изменения в модель формирует творческие способности;

– развивается навык активного применения знаний при решении реальной задачи, что повышает уровень усвоения теоретического материала;

– используются междисциплинарные связи между естественнонаучными дисциплинами (физикой, информатикой, математикой) и общепрофессиональной дисциплиной (общая энергетика);

– возможность применения для проведения практических занятий не только в аудитории, но и при дистанционной форме обучения.

В настоящее время на кафедре «Электроэнергетика и автоматика» Дальрыбвтуза идёт процесс накопления авторского программного обеспечения и соответствующих методических разработок. Выполняется тестирование компьютерных программ, проверка их применимости в учебном процессе. Выявляются затруднения в понимании студентами этих программ и их использовании. Приобретаемый опыт разработки и применения компьютерных программ в образовательном процессе позволяет прогнозировать повышение качества подготовки будущих бакалавров-энергетиков.

Статья поступила в редакцию 07.08.2021.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваганова О. И., Булаева М. Н., Шагалова О. Г. Методы и технологии образования в условиях практико-ориентированного обучения // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2019. Т. 8. № 1 (26). С. 289–292.
2. Гундырев В. Б., Королева Е. Н., Лосев В. В. Компьютерное моделирование и виртуальный эксперимент как средство формирования компетенций в процессе преподавания физики // Образование: теория, методология, опыт: монография / гл. ред. Ж. В. Мурзина. Чебоксары: Среда, 2019. С. 30–50.
3. Кадыркулова Н. К., Сеитов А. Б. Компьютерное моделирование физических процессов // Известия Ошского технологического университета. 2019. № 1. С. 85–88.
4. Крайнева С. В., Шефер О. Р., Лебедева Т. Н. Использование современных технологий и активных методов обучения в развитии компетенций студентов в обучении дисциплинам естественнонаучного цикла // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2019. № 4. С. 102–116.
5. Кучеренко Л. В., Слабженникова И. М. Компьютерное моделирование процесса распространения гребня волны цунами // Физическое образование в вузах. 2018. Т. 24. № 2. С. 144–152.
6. Скочиллов П. Н., Фискинд Е. Э. О классификации видов применения ПК в физическом эксперименте // Физическое образование в вузах. 2014. Т. 20. № 1. С. 84–88.
7. Слабженникова И. М. Применение компьютерного моделирования в научно-исследовательской работе студентов первого курса // Физическое образование в вузах. 2019. Т. 25. № 3. С. 79–88.

8. Тимофеева Т. В., Тимофеев П. Г. Актуальные образовательные модели в современном высшем техническом образовании // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2018. № 3. С. 75–90.
9. Шарипов Б. Р. Роль информационно-технологического обеспечения образовательного процесса вуза // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2019. Т. 8. № 3 (28). С. 305–308.
10. Biryukov S. V. Teaching Physics with DERIVE // The International DERIVE Journal. 1995. Vol. 2. № 2. P. 56–71.

REFERENCES

1. Vaganova O. I., Bulaeva M. N., Shagalova O. G. [Methods and technologies of education in the conditions of practice-oriented learning]. In: *Azimut nauchnyh issledovaniy: pedagogika i psikhologiya* [Azimuth of scientific research: pedagogy and psychology], 2019, vol. 8, no. 1 (26), pp. 289–292.
2. Gundyrev V. B., Koroleva E. N., Losev V. V. [Computer modeling and virtual experiment as a means of developing competencies in the process of teaching physics]. In: *Obrazovanie: teoriya, metodologiya, opyt: monografiya* [Education: theory, methodology, experience: monograph]. Cheboksary, Sreda Publ., 2019, pp. 30–50.
3. Kadyrkulova N. K., Seitov A. B. [Computer modeling of physical processes]. In: *Izvestiya Oshskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Osh Technological University], 2019, no. 1, pp. 85–88.
4. Krajneva S. V., Shefer O. R., Lebedeva T. N. [Use of modern technologies and active teaching methods in the development of students' competencies in teaching the disciplines of the natural science cycle]. In: *Vestnik Chelya-binskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of the Chelyabinsk State Pedagogical University], 2019, no. 4, pp. 102–116.
5. Kucherenko L. V., Slabzhennikova I. M. [Computer modeling of the propagation process of the tsunami wave crest]. In: *Fizicheskoe obrazovanie v vuzah* [Physical education in universities], 2018, vol. 24, no. 2, pp. 144–152.
6. Skochilov P. N., Fiskind E. E. [On the classification of PC applications in physical experiment]. In: *Fizicheskoe obrazovanie v vuzah* [Physical education in universities], 2014, vol. 20, no. 1, pp. 84–88.
7. Slabzhennikova I. M. [Application of computer modeling in the research work of first-year students]. In: *Fizicheskoe obrazovanie v vuzah* [Physical education in universities], 2019, vol. 25, no. 3, pp. 79–88.
8. Timofeeva T. V., Timofeev P. G. [Actual educational models in modern higher technical education]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Pedagogika* [Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Pedagogy], 2018, no. 3, pp. 75–90.
9. Sharipov B. R. [The role of information technology support of the educational process of the university]. In: *Azimut nauchnyh issledovaniy: pedagogika i psikhologiya* [Azimuth of scientific research: pedagogy and psychology], 2019, vol. 8, no. 3 (28), pp. 305–308.
10. Biryukov S. V. Teaching Physics with DERIVE. In: *The International DE-RIVE Journal*, 1995, vol. 2, no. 2, pp. 56–71.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Слабженникова Ирина Михайловна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета;
e-mail: ims2710@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Irina M. Slabzhennikova – Cand. Sci. (Physical and mathematical sciences), Assoc. Prof., the Department of Electric Power and Automation, Far Eastern State Technical Fisheries University;
e-mail: ims2710@gmail.com

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Слабженникова И. М. Применение свободной системы компьютерной математики Maxima при обучении техническим наукам // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2021. № 4. С. 52–59.

DOI: 10.18384/2310-7219-2021-4-52-59

FOR CITATION

Slabzhennikova I. M. Open CAS Maxima in teaching technical sciences. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Pedagogics*, 2021, no. 4, pp. 52–59.

DOI: 10.18384/2310-7219-2021-4-52-59