



КОМПЬЮТЕРНОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ ЯВЛЕНИЙ, ПРОЦЕССОВ, СИСТЕМ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ И ОБРАЗОВАНИЯ

В производственных и бытовых процессах часто возникают несчастные случаи пожара или выхода из строя промышленного оборудования в результате нагревания проводящих проводников или сильного нагрева частей приборов промышленного назначения, для чего в сетях применяются предохранители различного поперечного сечения. В представленной работе для предотвращения аварийных ситуаций в сети из медных проводников предлагается использовать плавкие предохранители из свинца. В зависимости от поперечного сечения проводящих проводников и разности температур рассчитано поперечное сечение плавкого свинцового предохранителя, для различной геометрии проводящих проводников, имеющее различные значения. Далее произведен расчет поперечного сечения плавкого предохранителя с использованием метода моделирования – получены идентичные результаты.

Компьютерное моделирование, математическое моделирование, образование, методика обучения, технические специальности, математика, физика, программа Maple 18.

В задачу моделирования входит расширение представлений о современных методах построения, реализации и исследования моделей объектов, процессов и систем различной природы; знакомство учащихся и студентов с методом моделирования как методом научного познания окружающего мира; овладение знаниями применения компьютера как средства познания в различных областях практической, научной деятельности человека.

Использование процесса моделирования для решения конкретных производственных задач расширяет и углубляет наши познания сути процессов и явлений. Его применение в профессиональной деятельности инженера, преподавателя, научного работника дает возможность грамотно организовать производственные процессы, занятия и научные эксперименты.

Моделирование как познавательный прием тесно связано с процессом развития науки и знания. Сама история науки и техники является историей развития моделирования явлений, процессов и объектов. Вначале модели носили материальный и наглядный характер, представляли собой рисунок, макет, схему, чертеж и т.д. Возможность представления знаний в виде моделей открыла широкий путь в понимании окружающей нас среды.

В настоящее время создание математических моделей в виде зависимости одной величины от другой стало общепринятым для раскрытия сущности явления технических и технологических процессов. В целом модели можно разделить на познавательные, проектные, оптимизационные, технологические, управленческие и т.д. Математическое моделирование в связи с использованием компьютерных технологий называют информационным моделированием. В боль-

шинстве случаев информационное моделирование рассматривается как формализованное описание информационных структур и операций, а также как параметрическое представление процесса циркуляции информации, подлежащей автоматизированной обработке в системе управления.

В процессе данного исследования были использованы следующие методы: анализ теоретических и практических источников по проблеме исследования, математическое моделирование физических процессов и его компьютерная реализация.

Вопросы математического и компьютерного моделирования рассмотрены в научных работах зарубежных и отечественных ученых: К.А. Федулова [1] исследует проблемы будущих педагогов профессионального обучения компьютерному моделированию в техническом вузе, В.И. Фомин [2] рассматривает вопросы развития содержания подготовки к информационно-аналитической деятельности на основе семиотического подхода студентов технических вузов, в работах Т.Д. Anderson и Т.Д. Garrison [3, с. 97–112] рассматриваются такие вопросы обучения компьютерному моделированию, как роль, место и возможности в образовании, в работе Л.А. Шкутина [4] рассмотрена профессиональная подготовка педагога на основе интеграции педагогических и информационных технологий. Вместе с тем, весьма актуальными являются вопросы применения компьютерного моделирования в процессе обучения математике, алгебре [5, с. 49–61] и использование компьютерного моделирования AutoCAD в образовательном процессе [6, с. 43–48]. Например, А.А. Умаров и А.А. Рахимов рассматривают вопросы методики моделирования процесса нахождения приближенных значений определенного интеграла

ла с помощью формулы прямоугольников с применением программы JavaScript [8, с. 155–161], повышение эффективности компьютерного моделирования в процессе обучения высшей математике в техническом вузе [7, с. 294–305], методику различных способов решения показательных уравнений с помощью компьютерной программы Maple [9, с. 194–200]. Б.Ф. Файзализода исследует современные педагогические технологии как основу формирования информационной компетенции студентов-медиков Таджикистана [10, с. 302–305], А.П. Назаров занимается проблемами методических основ программирования и проверки компетенций учащихся по математике и информатике в средних общеобразовательных школах [11].

Здесь мы рассматриваем задачи формализованного типа, подлежащие автоматизированной обработке в системе управления технологических и производственных процессов. Определение искомым параметров процесса позволяет предотвратить возникновение несчастных случаев в производстве.

Задача. Найти сечение свинцового предохранителя, который плавится при повышении температуры проводки на $\Delta t = 10^\circ\text{C}$, если известно, что проводка выполнена из медного провода сечением 5 мм^2 . Начальная температура 20°C . Потерю на теплоотдачу не учитывать.

Дано:

$$\Delta t = 10^\circ\text{C}$$

$$S_2 = 5\text{ мм}^2 = 5 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{пл}} = 327^\circ\text{C}$$

$$\rho_1 = 2,1 \cdot 10^{-7}\text{ Ом}\cdot\text{м}$$

$$D_1 = 11,3 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$c_1 = 0,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$$

$$L_1 = 0,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$\rho_2 = 1,7 \cdot 10^{-8}\text{ Ом}\cdot\text{м}$$

$$D_2 = 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$c_2 = 0,4 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$$

$$S_1 = ?$$

Решение. Обратим внимание на то, что свинцовый и медный провода соединены последовательно и по этой причине по проводникам течет одинаковый ток. При течении тока по проводнику согласно закону Джоуля – Ленца выделяется количество теплоты

$$Q_2 = I^2 R_2 \tau, \quad (1)$$

где I – ток, проходящий через проводник, R_2 – сопротивление медного проводника, τ – время прохождения тока через медный проводник (отметим, что время прохождения тока через проводники одинаково). Выделенное количество теплоты расходуется для нагревания меди до некоторой температуры Δt .

$$Q_2 = c_2 m_2 \Delta t. \quad (2)$$

Учитывая равенство уравнений (1) и (2), получим:

$$c_2 m_2 \Delta t = I^2 R_2 \tau, \quad (3)$$

откуда найдем I^2 :

$$I^2 = \frac{c_2 m_2 \Delta t}{R_2 \tau}. \quad (4)$$

Как уже отмечали, свинцовый предохранитель и медный проводник соединены последовательно, через них проходит один и тот же ток. Выделяемое количество теплоты в свинцовом предохранителе определяется в соответствии с законом Джоуля – Ленца по формуле:

$$Q_1 = I^2 R_1 \tau. \quad (5)$$

В формуле (5) R_1 – сопротивление свинцового предохранителя. Учитывая, что ток, проходящий по последовательно соединенным проводникам согласно формуле (4), один и тот же, то формулу (4) можем написать в следующем виде:

$$Q_1 = \frac{c_2 m_2 \Delta t}{R_2 \tau} R_1 \tau = \frac{c_2 m_2 \Delta t}{R_2} R_1. \quad (6)$$

В согласии с формулой (6) это количество теплоты идет на нагревание предохранителя от температуры t_1 до температуры $t_{\text{пл}}$ и на его плавление.

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_{\text{пл}} - t_1) + L_1 m_1 = m_1 [c_1 (t_{\text{пл}} - t_1) + L_1]. \quad (7)$$

Выделяемое количество теплоты, согласно формулам (6) и (7), одно и то же, поэтому можем написать следующее равенство:

$$m_1 [c_1 (t_{\text{пл}} - t_1) + L_1] = \frac{c_2 m_2 \Delta t}{R_2} R_1, \quad (8)$$

отсюда

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{c_2 m_2 \Delta t}{m_1 [c_1 (t_{\text{пл}} - t_1) + L_1]} \quad (9)$$

Учитывая, что $R = \rho \frac{\ell}{S}$ и $m = DV = DS\ell$, соответственно получим для свинцовых и медных проводников следующие уравнения:

$$R_1 = \rho_1 \frac{\ell_1}{S_1}, \quad m_1 = D_1 S_1 \ell_1;$$

$$R_2 = \rho_2 \frac{\ell_2}{S_2}, \quad m_2 = D_2 S_2 \ell_2.$$

Подставляя полученные выражения R_1 , R_2 и m_1 , m_2 в формулу (9), получим:

$$\frac{\rho_2^2 \frac{\ell_2}{S_2}}{\rho_1^2 \frac{\ell_1}{S_1}} = \frac{c_2 D_2 S_2 \ell_2 \Delta t}{D_1 S_1 \ell_1 [c_1 (t_{\text{пл}} - t_1) + L_1]}, \quad (10)$$

или

$$\frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{c_2 D_2 \rho_1 \Delta t}{D_1 \rho_2 [c_1 (t_{\text{пл}} - t_1) + L_1]}, \quad (11)$$

отсюда

$$S_1 = S_2 \sqrt{\frac{c_2 D_2 \rho_1 \Delta t}{D_1 \rho_2 [c_1 (t_{\text{пл}} - t_1) + L_1]}}. \quad (12)$$

Формула (12) является расчетной формулой, потому что все физические величины даны. Под корнем, кроме Δt , другие величины постоянны, и можно произвести вычисления и выразить эту величину буквой A .

Проверим правильность формулы и единицу измерения искомой величины. Для осуществления этой операции в расчетную формулу (12) вместо физических величин поставим единицу измерения величин:

$$S_1 = S_2 \sqrt{\frac{c_2 D_2 \rho_1 \Delta t}{D_1 \rho_2 [c_1 (t_{пл} - t_1) + L_1]}} = M^2 \sqrt{\frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{Ом} \cdot \text{м} \cdot \text{К}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{Ом} \cdot \text{м} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \text{К} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right]}} =$$

$$= M^2 \sqrt{\frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{Ом} \cdot \text{м} \cdot \text{К}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{Ом} \cdot \text{м} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}} = M^2 = L^2.$$

Полученная формула оказалась верной, потому что в итоге получили размерность площади.

Подставляя числовые данные в формулу (12) получим:

$$S_1 = S_2 \sqrt{\frac{c_2 D_2 \rho_1 \Delta t}{D_1 \rho_2 [c_1 (t_{пл} - t_1) + L_1]}} =$$

$$= 5 \cdot 10^{-6} \sqrt{\frac{0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 8,9 \cdot 10^3 \cdot 2,1 \cdot 10^{-7} \cdot 10}{11,3 \cdot 10^3 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} [0,1 \cdot 10^3 \cdot (327 - 20) + 0,3 \cdot 10^5]}} =$$

$$= 4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Таким образом, в результате вычисления получили значения $4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ или 4 мм^2 . Результат показывает, что при поперечном сечении свинцового предохранителя 4 мм^2 он расплавляется, система освещения или обеспечения приборов производственного назначения током обесточивается и не происходят несчастные случаи.

Для проверки полученных ответов можно использовать компьютерное моделирование, в нашем случае будем использовать программу компьютерного моделирования Maple 18.

Вводим необходимые числовые данные задачи (рис. 1).

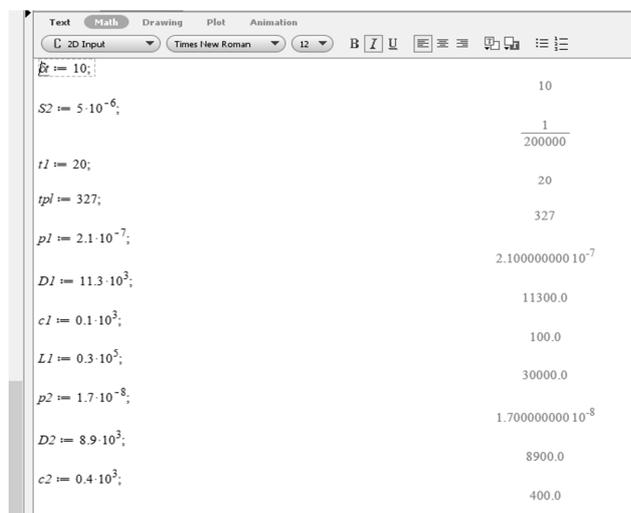


Рис. 1. Ввод числовых данных в среде программы Maple 18

Далее введем необходимые формулы для вычисления требуемого значения, воспользовавшись операторами программы (рис. 2).

На рисунке 2 видно, что полученные ответы верны с аналитическим способом решения.

Ценность решения этой задачи в предотвращении аварий в бытовых и производственных процессах. Расчеты, которые производились выше, можно произвести с использованием метода математического моделирования.

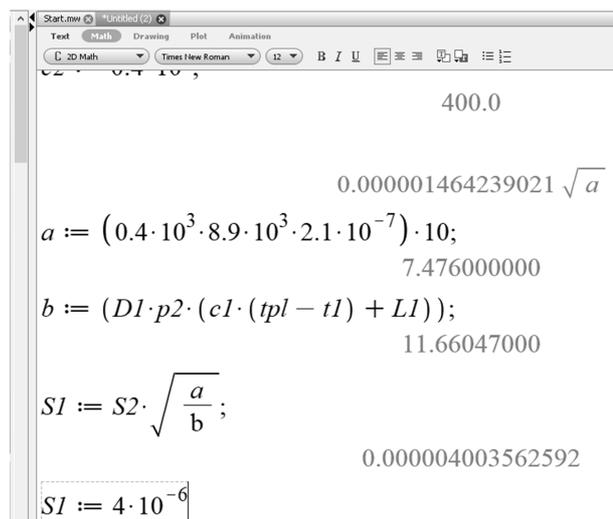


Рис. 2. Расчет числовых данных в среде программы Maple 18

Если разность температур проводников в предохранителе $\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, то в свинцовом предохранителе выделяется количество тепла, равное сумме количества теплоты, выделяемой предохранителем с $20 \text{ }^\circ\text{C}$ до температуры плавления, и количества теплоты необходимой для плавления свинца. В этом случае происходит отключение сети, предохранитель плавится, не пропускает ток. Таким образом, может быть предотвращено возникновение несчастных случаев, аварии в бытовых и производственных сетях.

Заключение

1. Для предотвращения аварийных ситуаций в электропроводах бытовых и производственных сетей в основном используются предохранители.
2. Всегда температура плавления предохранителя должна быть меньше, чем температуры проводящих проводников сети.
3. Выбор предохранителей осуществляется по величине проходящего тока или по разности температур Δt .
4. Температура возникновения пожара в электрических сетях различной проводимости или удельное сопротивление изоляции определяется экспериментально.
5. По разности температур проводника потребителя выбирается сечение предохранителя.
6. Результат вычисления легко проверить, используя компьютерные программы.

Литература

1. Федулова, К. А. Подготовка будущих педагогов профессионального обучения к компьютерному моделированию : специальность 13.00.08 : диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Ксения Анатольевна Федулова. – Екатеринбург, 2014. – 210 с.
2. Фомин, В. И. Развитие содержания подготовки к информационно-аналитической деятельности на основе семиотического подхода : специальность 13.00.02 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Фомин Владимир Ильич. – Самара, 2009. – 27 с.

3. Anderson, T. D. Learning in a networked world: new roles and responsibilities / Anderson, T. D., Garrison, D. R. ; C.C. Gibson (ed.) // Distance learners in higher education: institutional responses for quality outcomes. Atwood Publishing, United States. – 1998. – P. 97–112.

4. Шкутина, Л. А. Подготовка педагога профессионального обучения на основе интеграции педагогических и информационных технологий : специальность 13.00.08 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук / Шкутина Лариса Арнольдовна. – Караганда, 2002. – 27 с.

5. Рахимов, А. А. Использование компьютерного моделирования в процессе обучения алгебре студентов технических направлений / А. А. Рахимов // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. – 2024. – № 1 (88). – С. 49–61. – DOI 10.69571/SSPU.2024.88.1.023. – EDN QYDWEK.

6. Рахимов, А. А. Использование компьютерного моделирования AUTOCAD в образовательном процессе для студентов технических направлений вуза / А. А. Рахимов // Наука и практика в образовании: электронный научный журнал. – 2024. – Т. 5, № 2. – С. 43–48. – DOI 10.54158/27132838_2024_5_2_43. – EDN CMTUEX.

7. Рахимов, А. А. Такмили самаранокии таълими математикаи оли дар донишгоҳҳои олии техникии боҷалби амсиласозии компютерӣ / А. А. Рахимов // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. – 2024. – № 1. – P. 294–305. – EDN PCOWPK.

8. Рахимов, А. А. Методика моделирования процесса нахождения приближенных значений опреде-

лённого интеграла с помощью формулы прямоугольников с применением программы Javascript / А. А. Рахимов, А. А. Умаров, Х. К. Мухаббатов // Вестник Педагогического университета. Серия 2: Педагогика и психологии, методики преподавания гуманитарных и естественных дисциплин. – 2023. – № 3(17). – С. 155–161. – EDN EPHUMZ.

9. Рахимов, А. А. Методика различных способов решения показательных уравнений с помощью компьютерной программы Maple / А. А. Рахимов, М. Рахматова // Вестник Института развития образования. – 2022. – № 2(38). – С. 194–200. – EDN FNPOPD.

10. Файзализода, Б. Ф. Современные педагогические технологии – основа формирования информационной компетенции студентов-медиков Таджикистана [Текст] / Б. Ф. Файзализода, М. А. Абдулхаков, Р. К. Файзиев // V Международная научно-практическая конференция «Современные Web-технологии в цифровом образовании: значение, возможности, реализация» (Арзамас: 17–18 мая 2019 г.). – Арзамас, 2019. – С. 302–305.

Назаров, А. П. Методические основы программирования и проверка компетенций учащихся по математике и информатике в средних общеобразовательных школах : специальность 13.00.02 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук / А. П. Назаров. – Душанбе, 2002. – 27 с.

A.A. Rakhimov

Polytechnic Institute of Tajik Technical University named after M.S. Osimi

COMPUTER AND MATHEMATICAL MODELING AS METHOD OF SCIENTIFIC COGNITION OF PHENOMENA, PROCESSES, SYSTEMS OF VARIOUS NATURE AND EDUCATION

In industrial and household processes accidents often occur in case of fire or failure of industrial equipment as a result of heating of conductive conductors or strong heating of parts of industrial devices. To prevent such cases, fuses of various cross-sections are used in networks.

In the presented work, in order to prevent accidents in a network of copper conductors. Depending on the cross-section of the conductive conductors and the temperature difference, we calculated the cross-section of a fusible lead fuse. It has different values for different geometries of conductive conductors. Then the cross section of a fuse was calculated with the use of a modeling method. The identical results were obtained.

Computer modeling, mathematical modeling, education teaching methods, technical specialties, mathematics, physics, Maple 18 program.