

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. МАТЕМАТИКА. ФИЗИКА

УДК 536.2+004.9

В. И. Вычикова, Т. С. Петлицкая

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧИ ОБ ОСТЫВАНИИ ЧАШКИ КОФЕ

Введение. Возможность моделирования физических процессов с помощью прикладных программ значительно облегчает процесс изучения многих физических явлений. Сегодня имеется огромное количество таких прикладных программ с хорошей встроенной математической базой, поэтому какой-то особой математической подготовки не требуется, нужно только знать некоторые правила ввода данных. В данной статье рассматривается практическая реализация применения одной из таких компьютерных программ — Mathcad — на примере задачи об остывании чашки кофе. Проведём анализ моделирования остывания нагретых тел и определим коэффициент теплоотдачи, применяя алгоритм Эйлера решения дифференциальных уравнений.

Основная часть. Процесс контакта жидкости с поверхностью твёрдого тела, которая имеет другую температуру, называют процессом обмена тепловой энергией, или теплоотдачей. Такие процессы довольно часто встречаются в обыденной жизни, но подробно описать этот механизм очень сложно.

Природа переноса тепла от кофе к окружающему пространству сложна и в общем случае включает в себя механизмы конвекции, излучения, испарения и теплопроводности. В данном случае, если разность температур между объектом и окружающей средой не очень велика, то скорость изменения T объекта можно считать пропорциональной этой разности температур. Впервые на это обратил внимание И. Ньютон, а именно на то, что разность температур является решающим фактором в процессе теплообмена между телом и средой. Данное утверждение можно описать при помощи дифференциального уравнения [1]

$$\frac{dT}{dt} = -r(T - T_s). \quad (1)$$

Данное соотношение называется законом теплопроводности Ньютона. В уравнении (1) r — коэффициент остывания, значение которого зависит от механизма передачи, площади поверхности и тепловых свойств самой чашки; T — текущая температура чашки; T_s — температура окружающей среды. В данном примере температура окружающей среды принимается постоянной и равной $23,1^\circ\text{C}$.

Проведём несколько экспериментов. Первый эксперимент заключается в исследовании механизма теплопроводности для случая остывания кофе без молока для двух керамических чашек (250 и 125 мл). Второй эксперимент заключается также в исследовании механизма теплопроводности для случая остывания кофе при добавлении молока для тех же чашек.

Определяем начальные условия. Кофе готовим при температуре 90° и наливаем в чашки (250 и 125 мл). Изначально температуры чашек равны комнатной температуре, вследствие чего кофе остывает. Оптимальной температурой кофе, при которой его можно употреблять, является 60°C . Целью эксперимента является определение времени остывания кофе до оптимальной температуры и определение коэффициента остывания. Экспериментальные и рассчитанные данные о температуре и времени при остывании чашек с кофе приведены в таблицах 1 и 2.

Т а б л и ц а 1 — Экспериментальные и рассчитанные данные о температуре и времени при остывании чашек с кофе (без молока)

Время t , мин	По Эйлеру	Эксперимент	Эксперимент	По Эйлеру	Время t , мин	По Эйлеру	Эксперимент	Эксперимент	По Эйлеру
	$T, ^\circ\text{C}$ (250 мл)	$T, ^\circ\text{C}$ (250 мл)	$T, ^\circ\text{C}$ (125 мл)	$T, ^\circ\text{C}$ (125 мл)		$T, ^\circ\text{C}$ (250 мл)	$T, ^\circ\text{C}$ (250 мл)	$T, ^\circ\text{C}$ (125 мл)	$T, ^\circ\text{C}$ (125 мл)
0	88,5	88,5	84,8	84,8	5	77,9836391	76,8	70,8	71,85121
1	86,2467173	85,7	81,3	81,96067	6	76,0926857	75,1	68,6	69,60776
2	84,0710689	83,4	78,2	79,252	7	74,266883	73,3	66,8	67,46755
3	81,97038	81,1	75,6	76,66798	8	72,5039861	72	65,1	65,42583
4	79,942068	79,1	72,9	74,20287	9	70,8018279	70,2	63,3	63,47807

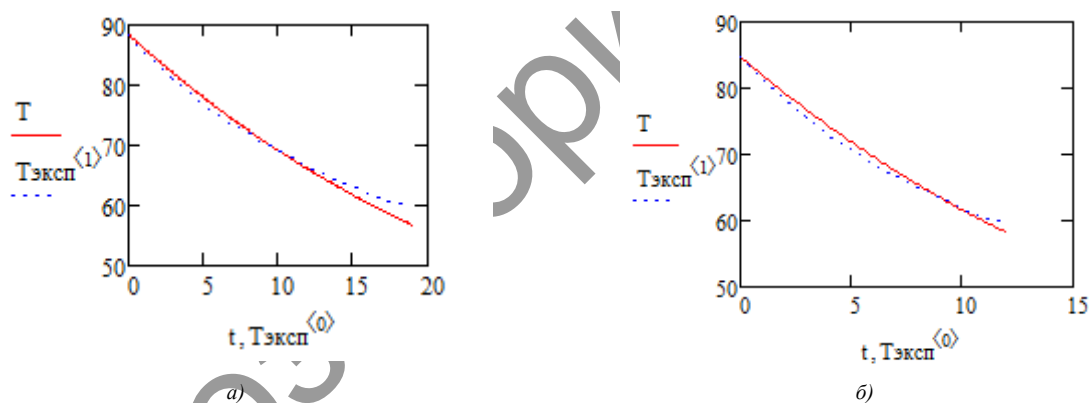
Окончание таблицы 1

Время t , мин	По Эйлеру	Эксперимент	Эксперимент	По Эйлеру	Время t , мин	По Эйлеру	Эксперимент	Эксперимент	По Эйлеру
	T , °C (250 мл)	T , °C (250 мл)	T , °C (125 мл)	T , °C (125 мл)		T , °C (250 мл)	T , °C (250 мл)	T , °C (125 мл)	T , °C (125 мл)
10	69,1583157	69,1	61,7	61,61994	15	61,7521097	62,9		
11	67,5714287	67,9	60,3	59,84731	16	60,4203952	61,9		
12	66,0392162	66,5	60	58,15627	17	59,1345634	60,8		
13	64,5597943	65,2			18	57,8930335	60,2		
14	63,1313442	64,1			19	56,694279	60		

Коэффициент остывания r будем определять на основании отклонения теоретической кривой от экспериментальной. Для начала необходимо найти численное решение дифференциального уравнения (1). Наиболее простым и удобным способом численного решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка является метод Эйлера. Коэффициент остывания может варьироваться в пределах от 0,001 до 0,09. Подставляя различные значения этого коэффициента, определяемся с подходящим. Минимум отклонения свидетельствует о том, что данное значение коэффициента остывания оптимально. Для случая чашки 250 мл оптимальным является значение $r = 0,035$ Вт / (м · К), а для чашки 125 мл оптимальное значение $r = 0,047$ Вт / (м · К).

В ходе эксперимента чашка с кофе 250 мл остывала 19 минут до комфортной температуры в 60 °С, а согласно методу Эйлера она должна была остыть за 16,5 минут. Чашка с кофе 125 мл остывала 12 минут, а согласно методу Эйлера процесс остывания должен был занять 11 минут (рисунок 1).

Также следует сначала определить коэффициент остывания r . Прodelывая действия, что и в первом случае, получили следующее: для чашки 250 мл оптимальным является значение $r = 0,035$ Вт / (м · К), а для чашки 125 мл оптимальное значение $r = 0,047$ Вт / (м · К), что совпадает с ранее полученными значениями. Значит, при использовании одних и тех же керамических чашек коэффициенты остывания для них не меняются.

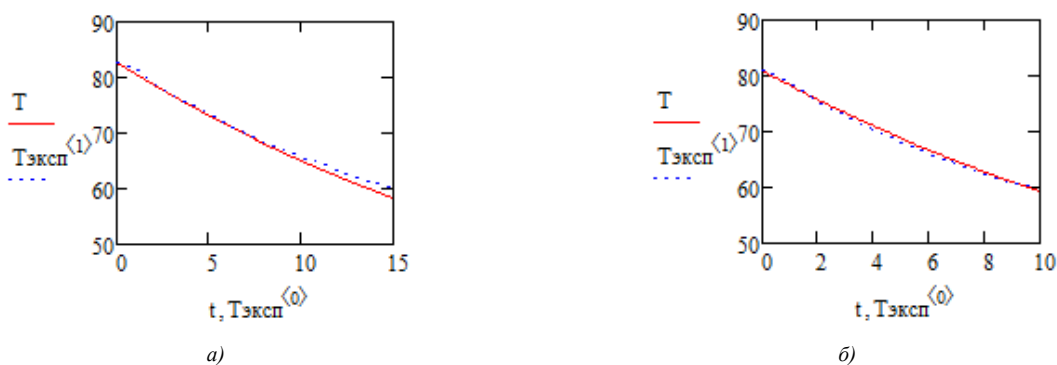


а — чашка 250 мл; б — чашка 125 мл

Рисунок 1 — Сопоставление теоретической кривой и экспериментальной для определения r

Т а б л и ц а 2 — Экспериментальные и рассчитанные данные о температуре и времени при остывании чашек с кофе (при добавлении молока)

Время t , мин	По Эйлеру	Эксперимент	Эксперимент	По Эйлеру	Время t , мин	По Эйлеру	Эксперимент	Эксперимент	По Эйлеру
	T , °C (250 мл)	T , °C (250 мл)	T , °C (125 мл)	T , °C (125 мл)		T , °C (250 мл)	T , °C (250 мл)	T , °C (125 мл)	T , °C (125 мл)
0	82,7	82,7	80,9	80,9	8	68,1225929	68,2	62,5	62,750454
1	80,6465497	81,6	78,6	78,240142	9	66,5713906	67,1	60,8	60,925807
2	78,6638488	79	75,5	75,702686	10	65,0736332	65,8	60	59,185128
3	76,7494595	76,8	72,6	73,281999	11	63,6274794	64,6		
4	74,9010283	75,1	70,2	70,972709	12	62,2311512	63,3		
5	73,1162828	73,3	68,1	68,769688	13	60,8829318	62,1		
6	71,3930286	71,5	65,9	66,668046	14	59,5811638	61		
7	69,7291472	70	64,2	64,663118	15	58,3242468	60		



a — чашка 250 мл; *б* — чашка 125 мл

Рисунок 2 — Сопоставление теоретической кривой и экспериментальной для определения r

В ходе второго эксперимента, добавление молока в чашку с кофе 250 мл понизило температуру кофе до 82,7 °С. Процесс остывания до комфортной температуры в 60 °С составил для такой чашки 15 минут, а согласно методу Эйлера она должна была остыть за 14,5 минут. При добавлении молока в чашку с кофе 125 мл температура кофе понизилась до 80,9 °С, такой кофе остыл за 10 минут, а согласно методу Эйлера процесс остывания должен был занять 11 минут (рисунок 2).

Заключение. Полученные коэффициенты теплоотдачи для одних и тех же керамических чашек не меняются, с возрастанием температуры коэффициент теплоотдачи снижается.

Список цитируемых источников

1. Гулд, Х. Компьютерное моделирование в физике / Х. Гулд, Я. Тобочник. — М.: Мир, 1990. — Т. 1. — 350 с.

УДК 004

Р. Г. Ермак, О. Л. Бушейко

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ТЕХНОЛОГИЯ QR-КОДИРОВАНИЯ КАК СРЕДСТВО ОПЛАТЫ ТОВАРОВ И УСЛУГ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Введение. В современном мире многие технологии и процессы стремительно развиваются, позволяя людям совершенствовать и упрощать свои действия и операции во всех сферах деятельности. Электронные и новейшие технологии оплаты товаров или услуг в банковской сфере играют важнейшую роль в жизни каждого взрослого человека, любой компании или предприятия. В настоящее время весьма актуальным становится развитие процессов бесконтактного платежа, а именно использование пластиковых карточек и QR-кодов [1].

Основная часть. Пластиковые карточки прочно вошли в жизнь современного общества: они используются в качестве средства безналичного расчета за различные товары, телефонные разговоры, проезд, пользование автодорогами и т. д. Карточки обеспечивают доступ их владельцев к различным услугам уже более 20 лет. Основными техническими средствами, обслуживающими расчеты пользователей карточек, являются пункты приема коммунальных платежей, пункты выдачи наличных денежных средств, предприятия торговли и сервиса, банкоматы, платежные терминалы и инфокиоски.

На сегодня способ оплаты с помощью пластиковой карты не является единственным. С развитием новых способов оплаты и широким применением смартфонов в повседневной жизни в Республике Беларусь наблюдается интенсивное развитие технологий QR-кодирования: процедура оплаты покупок занимает несколько секунд, так как распознавание закодированной информации происходит очень быстро [2].

О QR-коде стало известно с 1994 года. QR-код (англ. QuickResponse быстрый ответ) представляет собой матричный код (двумерный тип штрихкода — 2D), в котором информация зашифрована в графическом объекте.

Генераторы QR-кодов — специальные программы, с помощью которых в QR-код можно преобразовать любой текст, изображение, контактную информацию, ссылки на интернет-сайты, платежные реквизиты, информацию о товаре и др.

QR-код можно легко распознать фотокамерой смартфона или планшета с помощью генератора QR-кодов, используя сканер QR-кодов. Для этого достаточно только навести камеру так, чтобы в окошке сканера поместился весь квадрат QR-кода. Раскодированная информация появится на экране смартфона или