

Кустов Александр Игоревич

канд. техн. наук, доцент, доцент

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный

педагогический университет»

г. Воронеж, Воронежская область

Мигель Ирина Анатольевна

канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент

ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр

Военно-воздушных сил

«Военно-воздушная академия

им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Минобороны России

г. Воронеж, Воронежская область

Денисова Яна Дмитриевна

студентка

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный

педагогический университет»

г. Воронеж, Воронежская область

Семенова Яна Викторовна

студентка

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный

педагогический университет»

г. Воронеж, Воронежская область

РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ КАК ЭЛЕМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Аннотация: в работе представлены результаты внедрения оптимизационных задач в образовательный процесс ряда технологических дисциплин.

Демонстрируется существенное повышение эффективности образовательного процесса за счет использования предложенных технологий.

Ключевые слова: *технологическое образование, оптимизационные задачи, информационно-коммуникационная среда, эффективность образовательного процесса.*

Современное технологическое образование требует постоянного повышения его эффективности, что подразумевает активное овладения студентами технологиями *информационно-коммуникационной среды (ИКС)*. Без них уже не удастся осуществлять на должном уровне как собственно материальные технологические операции, так и оценивать материальные и финансовые затраты на их проведение. Важно уметь использовать стандартные элементы *ИКС*, такие например, как ЦОР или ЭОР. Ещё более значимо – уметь формировать *инновационную образовательную среду*, основой которой являются формулировка, анализ и решение *задач*, связанных с определением параметров конкретных материальных процессов, с оптимизацией предпринимательской деятельности [1; 2].

Усвоение и использование новых представлений и закономерностей, овладение инновационными функциями разрабатываемых устройств требуют всё более *коротких временных затрат*. Для обеспечения оптимального сочетания традиционных методов познания, например, эмпирических, и инновационных, связанных с использованием информационных и коммуникационных технологий [3; 4], необходимо модернизировать и сам образовательный процесс. На наш взгляд, назрела необходимость внедрения *новых форм* изучения физических и технических закономерностей, к которым, прежде всего, следует отнести и комплексные лабораторные работы (*КЛР*). Выполнение таких работ основано на решении оптимизационных задач, позволяющих определять экстремальные значения величин, выявлять минимальные затраты, рассчитывать ценовые параметры, обеспечивающие максимальные прибыли.

В цикл таких КЛР следует включить работы, которые наиболее характерны в плане их реализации с помощью разработанного нами [5; 6] *алгоритма*, например:

- движение тела в гравитационном поле Земли;
- исследование статистических распределений;
- исследование характеристик электромагнитных колебаний;
- изучение законов теплового излучения;
- изучение фотометрических характеристик;
- исследование и применение поляризационных явлений;
- определение оптимальных экономических параметров и др.

В процессе изучения *физики*, как самостоятельной дисциплины, мы поощряем освоение компьютерных методов определения параметров объектов и процессов, стараемся подкреплять сформулированные закономерности примерами их конкретного использования. Добиться осуществления поставленных задач помогают разработанные нами пособия с характерной структурой [5; 6]. При этом, материал сформирован по уровневому принципу, обеспечивая переход от простых представлений, к более сложным закономерностям и, наконец, к их практическому использованию. Разработанный нами подход будет ещё более эффективен, если дополнить его *информационными технологиями*. Один из примеров использования такого подхода в области теплового излучения приведен ниже и заключается в формулировке и решении одного из видов оптимизационной задачи.

Тема: *Определение температуры спирали, излучательной способности и энергетической светимости лампы накаливания с использованием информационных технологий*

Проблема исследования характеристик абсолютно чёрного тела (АЧТ) является одной из современных актуальных проблем, так как существует огромное число как естественных, так и искусственных тепловых источников излучения.

В частности, в области пирометрии важно экспрессно определять длину волны λ_m источника, для которой излучательная способность $\gamma_{\lambda,T}$ максимальна,

величину энергетической светимости (1), а также интегральную температуру (Т) излучателя.

$$R_{\lambda} = \int_0^{\infty} r_{\lambda,T} d\lambda = \sigma \cdot T^4 = \frac{dW}{dS \cdot dt} \quad (1)$$

Измерение яркостной температуры тела осуществляется путем сравнения интенсивности излучения волн определенной длины измеряемого тела и регулируемого источника света, яркостная температура которого известна. В качестве чувствительного элемента, определяющего совпадение интенсивностей излучения, служит обычно глаз человека. Принцип действия оптического пирометра (рис. 1) ясен из схемы, представленной на рис. 2.



Рис. 1. Внешний вид оптического пирометра

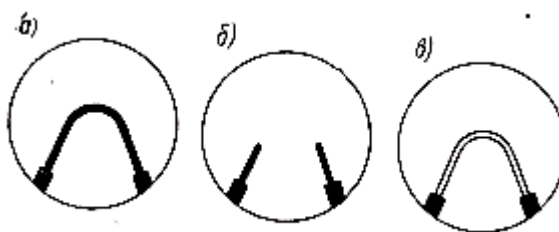


Рис. 2. Нить пирометрической лампы на фоне раскаленного тела при температурах нити: а – ниже температуры раскаленного тела (ТРТ);

б – равной ТРТ; в – выше ТРТ

Одной из базовых задач теплотехники является задача поиска энергетической светимости объекта-излучателя, определения значений рабочей температуры оборудования. *Алгоритм решения задачи следующий:*

– по экспериментальным данным построить график;

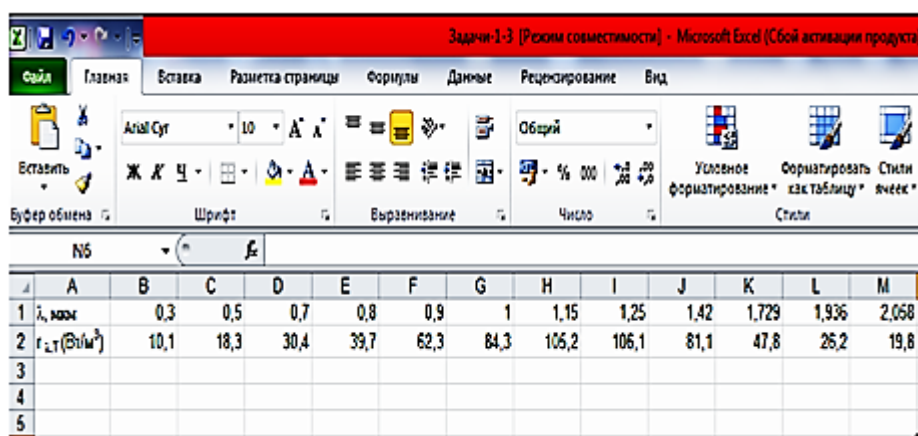
- получить тренд зависимости и определить коэффициент аппроксимации и вид его выражения;
- провести оптимизацию – поиск длины волны (λ_m), при которой $g_{\lambda,T}$ максимальна;
- из закона смещения Вина рассчитать температуру спирали;
- провести проверку расчёта $g_{\lambda,T}$ источника с использованием второго закона Вина.

Постановка целей занятия: для некоторой лампы накаливания (с площадью излучателя $dS = 100 \text{ мм}^2$), необходимо рассчитать *температуру спирали* T , *излучательную способность* $g_{\lambda,T}$ и *величину энергетической светимости* R_Σ . Экспериментальная зависимость излучательной способности от длины волны излучения представлена в таблице 1.

Таблица 1

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| $\lambda, \text{ мкм}$ | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,15 | 1,25 | 1,42 | 1,729 | 1,936 | 2,058 |
| $g_{\lambda,T} (\text{Вт/м}^3) \cdot 10^{10}$ | 4,1 | 26,3 | 49,7 | 62,7 | 79,8 | 89,9 | 97,2 | 94,1 | 87,1 | 47,8 | 26,2 | 12,8 |

Порядок выполнения задания – этапы решения оптимизационной задачи представлены на рис. 3–8.



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 1 | $\lambda, \text{ мкм}$ | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,15 | 1,25 | 1,42 | 1,729 | 1,936 | 2,058 |
| 2 | $g_{\lambda,T} (\text{Вт/м}^3)$ | 10,1 | 18,3 | 30,4 | 39,7 | 62,3 | 84,3 | 105,2 | 106,1 | 81,1 | 47,8 | 26,2 | 19,8 |
| 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |

Рис. 3. Ввод начальных (экспериментальных) данных в MS Excel

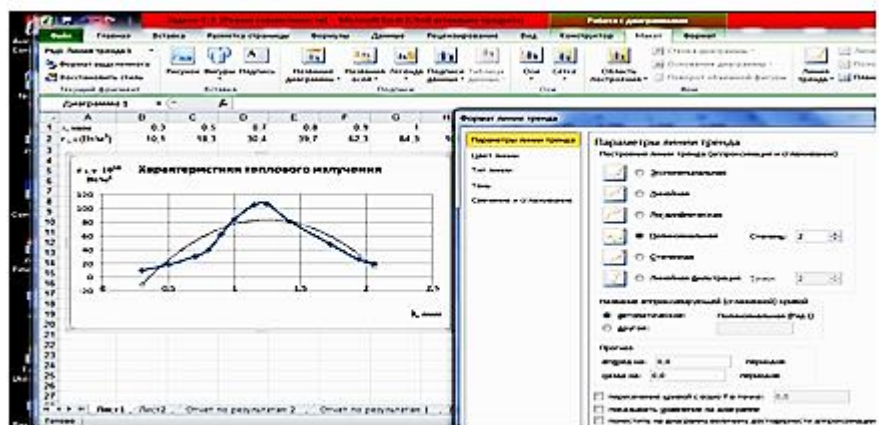


Рис. 4. Построение графика в MS Excel, его анализа и поиск λ_m ; получение тренда

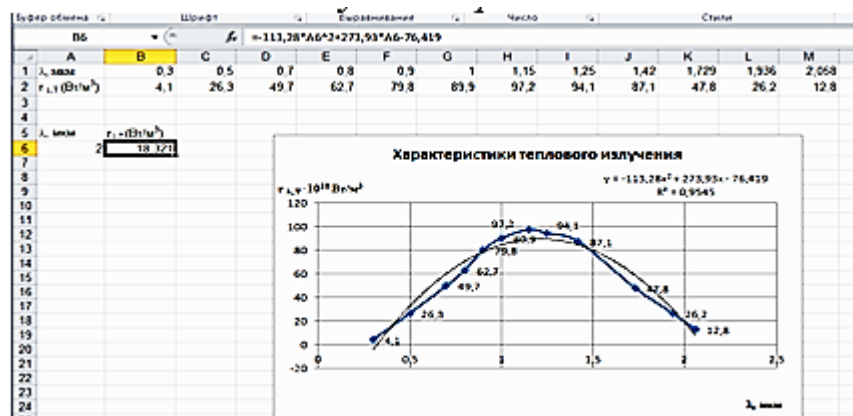


Рис. 5. Анализ уравнения тренда на предмет выявления экстремальных значений величин

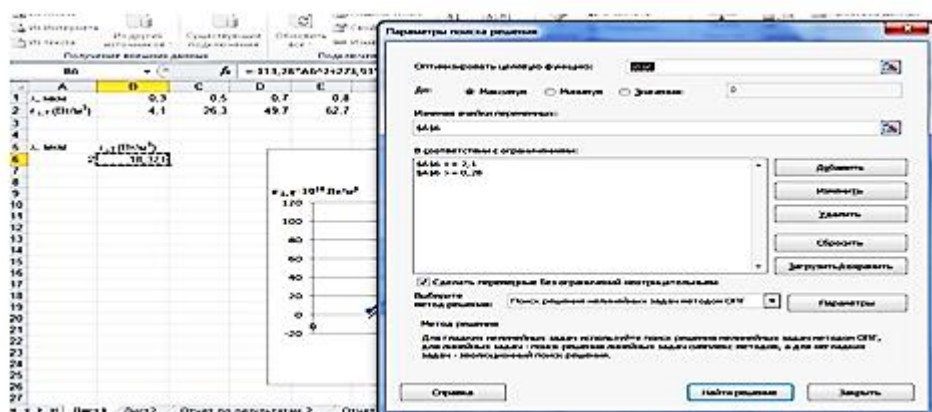


Рис. 6. Применение функции «Поиск решения»

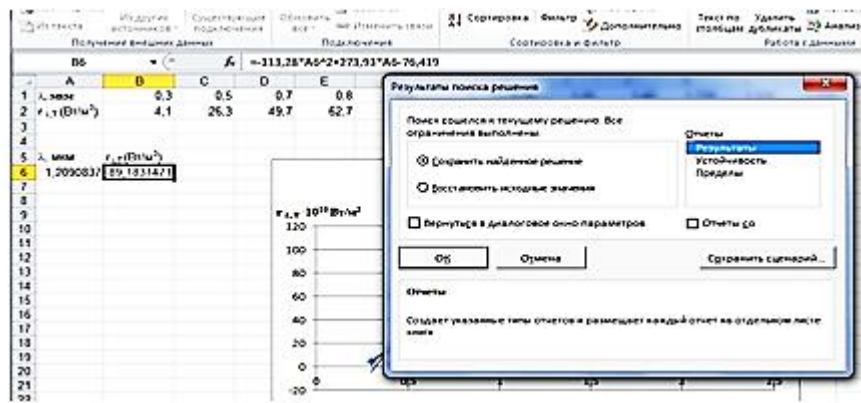


Рис. 7. Формирование отчёта по результатам вычислений

| | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | Модуль поиска решения |
| 6 | Модуль: Поиск решения нелинейных задач методом ОПГ |
| 7 | Время решения: 0,046 секунд |
| 8 | Число итераций: 6 Число подзадач: 0 |
| 9 | Параметры поиска решения |
| 10 | Максимальное время Без пределов, Число итераций Без пределов, Precision 0,000001, Использовать автомат |
| 11 | Сходимость 0,0001, Размер совокупности 100, Случайное начальное значение 0, Правые производные, Об |
| 12 | Максимальное число подзадач Без пределов, Максимальное число целочисленных решений Без пределов, |
| 13 | |
| 14 | Ячейка целевой функции (Максимум) |
| 15 | Ячейка Имя Исконное значение Окончательное значение |
| 16 | \$B\$6 r _{λ,T} (Вт/м³) 18,321 89,18314711 |
| 17 | |
| 18 | |
| 19 | Ячейки переменных |
| 20 | Ячейка Имя Исконное значение Окончательное значение Целочисленное |
| 21 | \$A\$6 λ, мкм 2 1,209083681 Продолжить |
| 22 | |

Рис. 8. Отчёт по результатам (оптимальное значение $\lambda_m = 1,209$ мкм)

В процессе расчетов был использован закон смещения Вина (*температура лампы накаливания оказалась для $\lambda_m = 1,209$ мкм; поэтому, $(r_{\lambda,T})_{\max} = 89,18 \cdot 10^{10}$ [Вт/м³]; и: $T = C_1 / \lambda_m = 2,9 \cdot 10^{-3} / 1,209 \cdot 10^{-6} = 2399$ K.*

На следующем этапе рассчитывали значение температуры излучателя используя второй закон Вина:

$$T = (((r_{\lambda,T})_{\max}) / C_2)^{1/5} = (89,18 \cdot 10^{10} / 1,29 \cdot 10^{-5})^{1/5} = 10^3 \cdot 69,13^{1/5} = 2333 \text{ K};$$

(если учесть истинное значение из графика $(r_{\lambda,T})_{\max} = 97,2 \cdot 10^{10}$ [Вт/м³]; при $\lambda_m = 1,15$ мкм, то получим $T_{\text{эксп.}} = 2374 \text{ K}$). Определяли значение энергетической способности R_λ лампы, применив закон Стефана-Больцмана:

$$R_\lambda = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 2333^4 = 29,62 \cdot 5,67 \cdot 10^4 = 167,8 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2.$$

Энергетическая светимость определяется как:

$$R_\lambda = \frac{W}{dS \cdot dt}, \text{ а значит: } P = R_\lambda \cdot dS; \text{ таким образом, зная размеры спирали нака-$$

ливания (dS) можно рассчитать оптимальную мощность лампы. В нашем случае

$dS = 100 \text{ мм}^2$. Следовательно, $P = 167,6 \cdot 10^4 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cong 170 \text{ Вт}$. Из полученных данных следует, что максимальное значение излучательной способности лежит в интервале $1 - 1,5 \text{ мкм}$, то есть лампа даёт инфракрасное излучение. Предложенная методика позволяет определять и требуемую мощность устройств, сконструированных на основании законов теплового излучения.

Таким образом, разработанный и внедрённый в учебный процесс алгоритм решения оптимизационных задач обеспечивает понимание и усвоение глобальных представлений и принципов и их применение в технических и технологических дисциплинах. Он позволяет гибко трансформировать процесс обучения. Проведённые оценочные эксперименты показали повышение уровня усвоения дисциплин на 17–25%.

Список литературы

1. Данилова В.В. Креативные подходы в технологическом образовании и их реализация с помощью инновационных технологий / В.В. Данилова, А.Н. Добрачёва [и др.] // Актуальные проблемы технологического образования: Материалы III Международ. НПК (Мозырь, март 2013) В 2 ч. Ч.2 – Мозырь, 2013. – 282 с.

2. Мигель И.А. Роль физических представлений в формировании основ современного естественнонаучного образования / И.А. Мигель, В.М. Зеленев, А.И. Кустов // Физика в системе современного образования (ФССО-2015): Материалы XIII Международной конференции (Санкт-Петербург, 1–4 июня 2015 г.) Т.2. – СПб.: ООО «Фора-принт», 2015. – 393 с.

3. Мигель И.А. Модернизация современного естественнонаучного образования на основе выявления и развития его перспективных направлений / И.А. Мигель, В.М. Зеленев, А.И. Кустов // Моделирование структур, строение вещества, нанотехнологии: Сб. материалов III Международной научн. конфер. (г. Тула, 18–21 апреля 2016 г.). – Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л.Н. Толстого, 2016. – 312 с.

4. Мигель И.А. Применение информационных технологий в процессе изучения дисциплин технологического цикла (лабораторный практикум) /

И.А. Мигель, В.В. Данилова, С.А. Меркулов [и др.] / п/р В.М. Зеленева. Ч.1. – Воронеж: ВГПУ, 2011. – 56 с.

5. Данилова В.В. Изучение дисциплин технологического цикла с применением информационных технологий: Учебное пособие / В.В. Данилова, А.И. Кустов, И.А. Мигель, В.М. Зеленев [и др.]. – Воронеж: ВГПУ, 2014. – Ч. 2. – 92 с.

6. Кустов А.И. Изучение дисциплин технологического цикла с применением информационных технологий: Учеб. пособ. / А.И. Кустов [и др.] Ч.3. – Воронеж: ВГПУ, 2017. – 100 с.