

### **Заключение**

При нагреве термолабильных сред для современного сельскохозяйственного производства необходимо, что бы тепловая энергия равномерного распределялась в объеме обрабатываемой среды. Для достижения этой цели наиболее перспективным является объемный ввод электрической энергии в обрабатываемую среду.

### **Список использованной литературы**

1. Прищепов, М.А. Повышение эффективности электротепловой обработки термолабильных сред / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Материалы, технологии, инструменты. №1. 1997. – С. 52–55.

2. Прищепов, М.А. Повышение качества обработки термолабильных сред в электродных электронагревательных установках / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Материалы Международной научно-технической конференции “Перспективы и направления развития энергетики АПК”./ БГАТУ – Мн., 2006. – С. 69–71.

УДК 621.365.683.9

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ СРЕДЫ**

**И.Г. Рутковский, старший преподаватель,**

**А.В. Орлов, студент**

*БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

*Аннотация.* Для получения аппроксимирующей зависимости по экспериментальным данным можно использовать различные виды аппроксимации. При моделировании температурной зависимости удельного сопротивления обрабатываемой среды наиболее универсальным является метод наименьших квадратов. Этот метод несложно реализовать при помощи функции Excel – 'Поиск решения'.

*Abstract.* Various types of approximation can be used to obtain an approximating relationship based on experimental data. When modeling the temperature dependence of the resistivity of the treated medium, the least squares method is the most universal. This method is easy to implement using the Excel function – 'Solution search'.

*Ключевые слова:* удельное сопротивление, моделирование, аппроксимация, интерполяция, метод наименьших квадратов;

*Keywords:* resistivity, modeling, approximation, interpolation, least square method.

### **Введение**

При моделировании электротепловой обработки токопроводящих сред необходима температурная зависимость удельного сопротивления

обрабатываемой среды. Для исследуемой токопроводящей среды экспериментально можно получить таблицу зависимостей удельного сопротивления обрабатываемой среды от температуры. На основании этой табличной функции необходимо определить значение удельного сопротивления между узлами табличной функции.

### Основная часть

Для моделирования температурной зависимости удельного сопротивления обрабатываемой среды используют различные виды аппроксимации функций [1, 2]. Если аппроксимирующая функция строится на заданном дискретном множестве точек, то аппроксимация называется точечной. Интерполирование относится к точечной аппроксимации. Простейшим и часто используемым видом локальной интерполяции является линейная интерполяция.

Если в результате эксперимента получены зависимости величины удельного сопротивления от температуры, то эти данные можно представить в виде таблицы. Используя эти табличные данные можно провести точечную аппроксимацию зависимости используя линейную интерполяцию. Это позволит найти теоретические значения удельного сопротивления в интервале исследованных температур между табличными точками задания функции температурной зависимости удельного сопротивления обрабатываемой среды. При аппроксимации функции линейной интерполяцией используется формула:

$$\rho_t = \rho_{t_{i-1}} + \frac{\rho_{t_i} - \rho_{t_{i-1}}}{\theta_i - \theta_{i-1}} \cdot (\theta - \theta_{i-1}),$$

где  $\theta_{i-1}$ ,  $\rho_{t_{i-1}}$ ,  $\theta_i$ ,  $\rho_{t_i}$  – табличные значения температурной зависимости удельного сопротивления обрабатываемой среды;  $\theta$  – значение температуры для которой необходимо определить удельное сопротивление;  $\rho_t$  – расчетное значение удельного сопротивления.

Для того, чтобы провести расчет по этой формуле необходимо определить пару табличных точек функции температурной зависимости удельного сопротивления обрабатываемой среды, между которыми необходимо найти удельное сопротивление для требуемой температуры обрабатываемой среды. Выбор требуемого интервала температур несколько загромождает расчет. Поэтому удобнее воспользоваться непрерывной аппроксимацией нелинейной функцией или степенным многочленом. График эмпирической зависимости при этом не всегда будет проходить через заданные табличные точки, как в случае интерполяции. Это приводит к тому, что модель, которая построена по экспериментальным данным несколько 'сглаживает' результаты эксперимента. Если в полу-

ченных экспериментальных данных будут определенные погрешности, то они окажут существенно меньшее влияние на результаты расчета, чем при аппроксимации с помощью интерполяционной формулы.

При подбора нелинейной эмпирической модели необходимо определить значения коэффициентов нелинейной функции или степенного многочлена. Наиболее просто использовать формулу невязок эмпирической модели по методу наименьших квадратов:

$$E = (\rho_{tr} - \rho_{tэ})^2,$$

где  $E$  – невязки модели;  $\rho_{tr}$  – значение удельного сопротивления по формуле нелинейной функции или степенного многочлена  $\rho_{tэ}$  – табличное значение удельного сопротивления по результатам эксперимента.

Затем считается сумма квадратов невязок модели. Изменяя коэффициенты нелинейной функции или степенного многочлена добиваемся наименьшего значения суммы квадратов невязок модели. Последнюю операцию можно реализовать при помощи функции Excel – “Поиск решения”. В электронных таблицах можно провести визуализацию расчета построением графиков функциональных зависимостей. Это облегчает отладку расчетной части задачи и делает результаты расчета более наглядными.

### **Заключение**

На основании табличной функции температурной зависимости удельного сопротивления обрабатываемой среды определялось значение удельного сопротивления между узлами таблицы. Для решения этой задачи наиболее универсальным является метод наименьших квадратов. Этот метод несложно реализовать при помощи функции Excel – ‘Поиск решения’.

### **Список использованной литературы**

1. Прищепов, М.А. Повышение эффективности электротепловой обработки термолабильных сред / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Материалы, технологии, инструменты. N1. 1997. – С. 52–55.
2. Прищепов, М.А. Некоторые особенности электротепловой обработки в сельскохозяйственном производстве / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский, А. Бжостович // Материалы XV International Scientific Conference “Problems of agricultural engineering”./ Miedzyzdroje – Poland, 2012. – С. 121–122.