

на / Праці Таврійського державного агротехнологічного університету вип.8.-т.5.-Мелітополь: ТДАТУ, 2008.-с 63-69.

**Рутковский И.Г., Рутковская Н.В.**

***УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь***

## **РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ МНОГОЗОННОГО ПРОТОЧНОГО ЭЛЕКТРОДНОГО НАГРЕВАТЕЛЯ**

**Ключевые слова:** нагреватель, электродный нагрев, расчет.

**Аннотация:** Конструкция проточного многозонного электродного нагревателя рассчитывается с учетом температурной зависимости сопротивления обрабатываемой среды. От температуры зависит сопротивление в межэлектродном пространстве и распределение напряжений на зонах нагрева. Описана методика определения межэлектродного расстояния, ширины и длины электродов нагревателя.

Расчет конструкции проточного электродного нагревателя заключается в определении конструктивных размеров электродов и величины межэлектродного расстояния для требуемого нагрева определенной токопроводящей среды. Расчет конструкции многозонного проточного электродного нагревателя усложняется при трех и более зонах нагрева. Это связано с тем, что перераспределение напряжений на зонах нагрева зависит от температуры обрабатываемой среды на этих зонах. А температура, на каждом элементарном участке зоны нагрева в свою очередь зависит и от напряжения на конкретной зоне нагрева. Для определения температуры и напряжения на каждом элементарном участке необходимо решать систему уравнений связывающую распределение температуры по длине электродного нагревателя и перераспределение напряжений на его зонах нагрева. Эту задачу можно решить

используя возможности электронных таблиц Excel. Для примера рассмотрим расчет трехзонного электродного нагревателя с постоянным межэлектродным расстоянием и шириной электродов на всех зонах нагрева.

Расчет начинаем с определения значения тока нагревателя:

$$I = C_p \cdot G \cdot (\theta_{\text{вых}} - \theta_{\text{вх}}) / (\eta \cdot U), \quad (1)$$

где  $C_p$  – удельная теплоемкость обрабатываемой среды, Дж/(кг·°C);  $G$  – массовый расход обрабатываемой среды, кг/сек;  $\theta_{\text{вх}}$  – температура обрабатываемой среды на входе в электродный нагреватель, °C;  $\theta_{\text{вых}}$  – температура обрабатываемой среды на выходе из электродного нагревателя, °C;  $U$  – напряжение питания, В;  $\eta$  – коэффициент полезного действия, о.е.

Затем определяем удельное сопротивление нагреваемой среды на входе и выходе из электродного нагревателя по формуле:

$$\rho t = 1 / (\gamma_{20} \cdot (1 + \alpha_n \cdot (\theta - 20))), \quad (2)$$

где  $\alpha_n$  – температурный коэффициент проводимости, 1/°C;  $\gamma_{20}$  – удельная проводимость обрабатываемой среды См/м.

Рассчитываем межэлектродное расстояние по значениям удельного сопротивления на входе и на выходе из электродного нагревателя:

$$H = \frac{K_3 \cdot U}{J_{\text{доп}} \cdot \rho t(\theta_c)}, \quad (3)$$

где  $J_{\text{доп}}$  – допустимая плотность тока А/м<sup>2</sup>;  $K_3$  – коэффициент запаса, о.е.

После расчета межэлектродного расстояния на входе и выходе электронагревателя, выбираем большее значение. По значению межэлектродного расстояния принимаем ширину электродов  $\Pi$  и начальное значение длины электродов  $L_1, L_2, L_3$  на всех зонах нагрева. С учетом выбранного количества секций  $n$  на каждой зоне нагрева рассчитываем величину шага расчета для каждой из трех зон нагревателя:

$$x_1 = L_1 / n; \quad 4$$

$$x_1 = L_1 / n; \quad 5$$

$$x_1 = L_1 / n. \quad 6$$

секции нагревателя равным значению температуры на входе:

$$\theta_i = \theta_{ex}. \quad (7)$$

Рассчитываем значение удельного сопротивления на первой расчетной секции нагревателя:

$$\rho t = 1 / (\gamma_{20} \cdot (1 + \alpha_n \cdot (\theta_i - 20))). \quad (8)$$

Рассчитываем значение сопротивления первой расчетной секции нагревателя:

$$R_{s_1} = \frac{\rho t \cdot H}{\Pi \cdot \Delta x_1}. \quad (9)$$

Принимаем начальное значение сопротивления первой зоны нагрева равным значению сопротивления первой расчетной секции нагревателя и определяем начальное значение напряжения на первой зоне нагрева:

$$U_{1..3} = \frac{U}{K_{зон}}. \quad (10)$$

Рассчитываем значение температуры на первой секции нагрева:

$$\theta_{ii} = \theta_i + \Delta x_1 \frac{U_1^2 \cdot \Pi \cdot \eta}{\rho t \cdot H \cdot C_p \cdot G}. \quad (11)$$

Аналогично рассчитываем удельное сопротивление и сопротивления секции для второй секции нагревателя. Рассчитываем значение сопротивления 1-й зоны нагрева электродного нагревателя с учетом сопротивления первой секции нагревателя:

$$R_1 = \frac{R_{s_{i+1}} \cdot R_{s_i}}{R_{s_{i+1}} + R_{s_i}}. \quad (12)$$

Принимаем значение температуры на входе второй расчетной секции нагревателя равным значению температуры на выходе первой расчетной секции нагревателя:

$$\theta_i = \theta_{ii}. \quad (13)$$

Аналогично рассчитываем температуру на второй секции нагревателя. По такой же методике проводим расчет для всех секций первой зоны нагревателя. Используя приведенные формулы рассчитываем распределение температур на второй и третьей зонах нагревателя, учитывая при этом, что температура на входе зоны нагрева принимается равной температуре на выходе предыдущей расчетной зоны.

Рассчитываем уточняющие значения напряжений для всех трех зон электродного нагревателя:

$$U_1 = I \cdot R_1; \quad (14)$$

$$U_2 = I \cdot R_2; \quad (15)$$

$$U_3 = I \cdot R_3. \quad (16)$$

Рассчитываем суммарные величины для начальных и уточняющих значений напряжений на зонах нагрев, а так же уточняющее значение тока электродного нагревателя по формуле:

$$I_y = U / (R_1 + R_2 + R_3). \quad (17)$$

Рассчитываем сумму квадратов разностей напряжений и токов, для этого суммируем: квадраты разностей начальных и уточняющих напряжений на всех зонах нагрева, квадрат разности суммарных величин начальных и уточняющих значений напряжений, и квадрат разности тока и уточняющего значения тока электродного нагревателя.

Для уточнения значений длин электродов нагревателя и напряжений на его зонах открываем “Поиск решения” (раздел «Сервис» главного меню MS Office 1997-2003 или вкладка «Данные» на ленте MS Office 2007-2010) формируем условие поиска (минимум целевой функции суммы квадратов разностей напряжений и токов) и параметры поиска (длины электродов нагревателя и напряжения на его зонах). После чего проводим запуск на выполнение.

В результате минимизации разности напряжений и токов нагревателя мы получаем длины зон нагревателя и напряжение на каждой из зон нагрева при которых нагреватель обеспечивает нагрев от заданной температуры на входе в электродный нагреватель до требуемой температуры на выходе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рутковский, И.Г. Применение электродных нагревательных установок для снижения концентрации акриламида в обрабатываемой среде / И.Г. Рутковский // Материалы Международной научно-практической конференции “Переработка и управление каче-

ством сельскохозяйственной продукции”./ БГАТУ – Мн., 2013. – С. 308–312.

2. Герасимович, Л.С. Расчет конструктивных параметров секционированных проточных электродных электронагревателей / Л.С. Герасимович, М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Проблемы развития энергетики и электрификации АПК: Сб. науч. тр. / БелНИИагроэнерго. – Минск, 1994. – С. 35–46.

**Самарин Г.Н., д.т.н., доцент, Павлов А.Н., к.т.н., доцент,  
Шибанов А.Ю., аспирант, Галузо Е.В., магистрант  
ФГБОУ ВО "Великолукская государственная  
сельскохозяйственная академия", г. Великие Луки,  
Российская Федерация**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОСВЕЩЕНИЯ НА ФЕРМЕ**

**Ключевые слова:** освещение, освещенность, микроклимат, продуктивность, расход корма, ферма.

**Аннотация:** По данным ученых установлено, что при низкой освещенности внутри фермы снижаются привесы КРС на 5% и, наоборот, при высокой освещенности внутри фермы продуктивность КРС увеличивается на 7%.

1 марта 2017 года были проведены исследования освещенности в телятнике корпус № 6 на 150 голов СПК- Колхоз «Красное Знамя» Новосokolьнического района Псковской области.

В настоящее время ученые и специалисты в области ветеринарии и зоотехнии выделяют более 22 параметров микроклимата внутри животноводческих помещений, которые оказывают существенное влияние на продуктивность животных (телят). Изучая методы энергосбережения при формировании параметров микроклимата, мы проанализировали информацию научных исследований ученых и специалистов в области ветеринарии и зоогигиены [1, 2, 3, 4] и установили, что при низкой освещенности внутри фермы снижаются привесы телят на 5% и, наоборот, при высокой освещенности внутри фермы продуктивность телят увеличивается на 7%.

**Материалы и методы.** Исследование освещенности внутри телятника проводилось по общепринятым методикам. Измерения па-