

УДК 621.365.683.9

М.А. Прищепов, кандидат технических наук;
И.Г. Рутковский, инженерК ВОПРОСУ РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
СЕКЦИОНИРОВАННЫХ ПРОТОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ.

При расчете конструктивных параметров многозонных электродных электронагревателей [1] на последней из рассчитываемых зон наблюдалось несоответствие напряжения U_1 , полученного по допустимой плотности тока из формулы:

$$U_1 = N_1 \cdot J_{\text{доп}} \cdot \rho_t(\theta_0) / K_z, \quad (1)$$

где $J_{\text{доп}}$ - допустимая плотность тока в межэлектродном пространстве i -ой или последней зоны; $\rho_t(\theta_0)$ - удельное сопротивление обрабатываемой среды; N_1 - межэлектродное расстояние i -ой или последней зоны нагревателя; K_z - коэффициент запаса по допустимой плотности тока и остаточного U_0 , равного разности между полным напряжением питания U и суммарным напряжением U_s на рассчитанных зонах нагрева. Полученное несоответствие указанных напряжений приводит к завышению длины последней зоны, которая определяется как и все предыдущие из дифференциального уравнения, описывающего электротепловые процессы, происходящие в нагревателе в одномерном пространстве в статике для любой i -ой зоны:

$$C_p \cdot G \frac{d\theta_c}{dx} = U_1^2 \cdot N_1 \cdot h / (\rho_t(\theta_0) \cdot N_1), \quad (2)$$

где C_p - удельная теплоемкость обрабатываемой среды; G - массовый расход обрабатываемой среды; θ_0 - температура обрабатываемой среды; x - текущая координата длины нагревателя; h - КПД электронагревателя; N_1 - ширина i -ой секции нагревателя.

При этом из уравнения очевидно, чем выше несоответствие этих напряжений, т.е. чем $U_0 < U_1$, тем значительнее завышение длины последней зоны. Поэтому при оптимизации конструктивных параметров нагревателя независимо от вида целевой функции необходимо в первую очередь варьировать, вместе или поотдельности, межэлектродным расстоянием N , шириной электродов Π и коэффициентом запаса по допустимой плотности тока K_z с целью получения равенства напряжений $U_0 = U_1$ на последней расчетной зоне, что обеспечит уменьшение длины электронагревателя. В качестве примера получения такого равенства рассмотрим варьирование межэлектродного расстояния N . Для этого необходимо найти решение нелинейного уравнения, записав его в общем виде следующим образом:

$$U_0 - U_1 - F(H) = 0. \quad (3)$$

При решении этого уравнения можно воспользоваться методом Ньютона, определяя при этом новое $(n+1)$ -ое приближение межэлектродного расстояния по формуле:

$$H_{n+1} = H_n - F(H_n) / F'(H_n), \quad (4)$$

где производную $F'(H_n)$, в свою очередь, можно определить численно, используя достаточно малое приращение межэлектродного расстояния E по следующей формуле:

$$F'(H_n) = F(H_n + E) - F(H_n) / E. \quad (5)$$

На рис.1 представлена блок-схема алгоритма варьирования межэлектродного расстояния методом Ньютона.

На рис.2. - блок-схема алгоритма подпрограммы вычисления целевой функции F - несоответствия напряжения на последней расчетной зоне полученного по допустимой плотности тока и остаточного, равного разности напряжения питания и суммарного напряжения на рассчитанных зонах нагревателя.

В приведенной блок-схеме приняты следующие обозначения: ρ_1 , ρ_2 - удельное сопротивление обрабатываемой среды, соответственно для температуры $\theta_c(0)$ и $\theta_c.\text{вых}$; $J_{\text{доп.п}}$, $J_{\text{доп.к}}$ - допустимая плотность тока в межэлектродном пространстве, соответственно, на входе и выходе нагревателя; P_1 - мощность i -ой последовательно соединенной зоны; I - ток i -ой последовательно соединенной зоны; $\rho_{\text{ср}}$ - среднее удельное сопротивление обрабатываемой среды элементарного участка (секции); R - сопротивление обрабатываемой среды элементарного участка (секции); P_2 - мощность элементарного участка (секции); I_2 - ток элементарного участка (секции); U_2 - суммарное напряжение на i рассчитанных зонах; L - полная длина электронагревателя.

При вычислении целевой функции F в процессе счета необходимо следить за тем, чтобы плотность тока по всей длине нагревателя не выходила за пределы допустимой, поэтому в алгоритме предусмотрен контроль допустимой плотности тока на каждом элементарном участке (секции) нагревателя. В случае, если плотность тока превышает допустимую, процесс

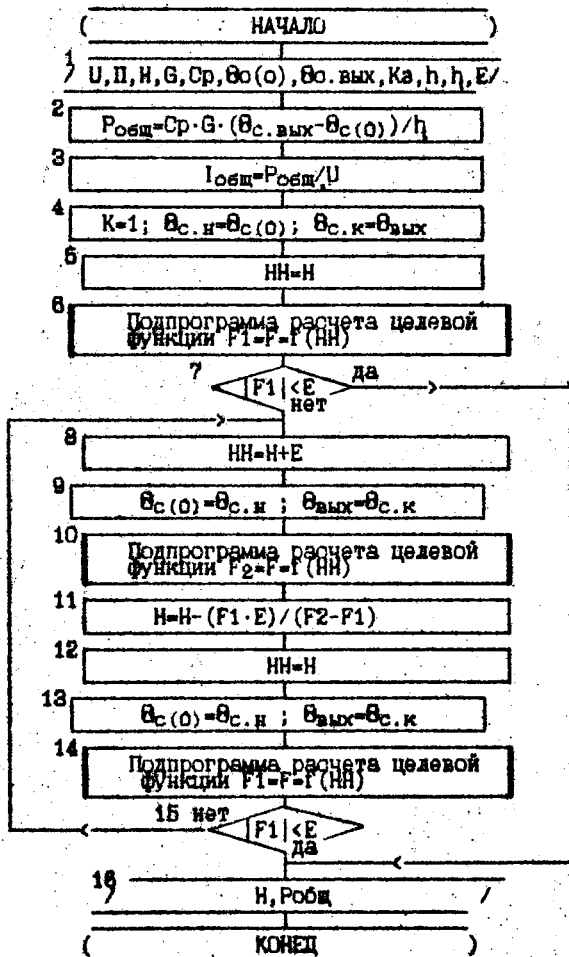


Рис. 1 Блок-схема алгоритма варьирования межэлектродного расстояния методом Ньютона.

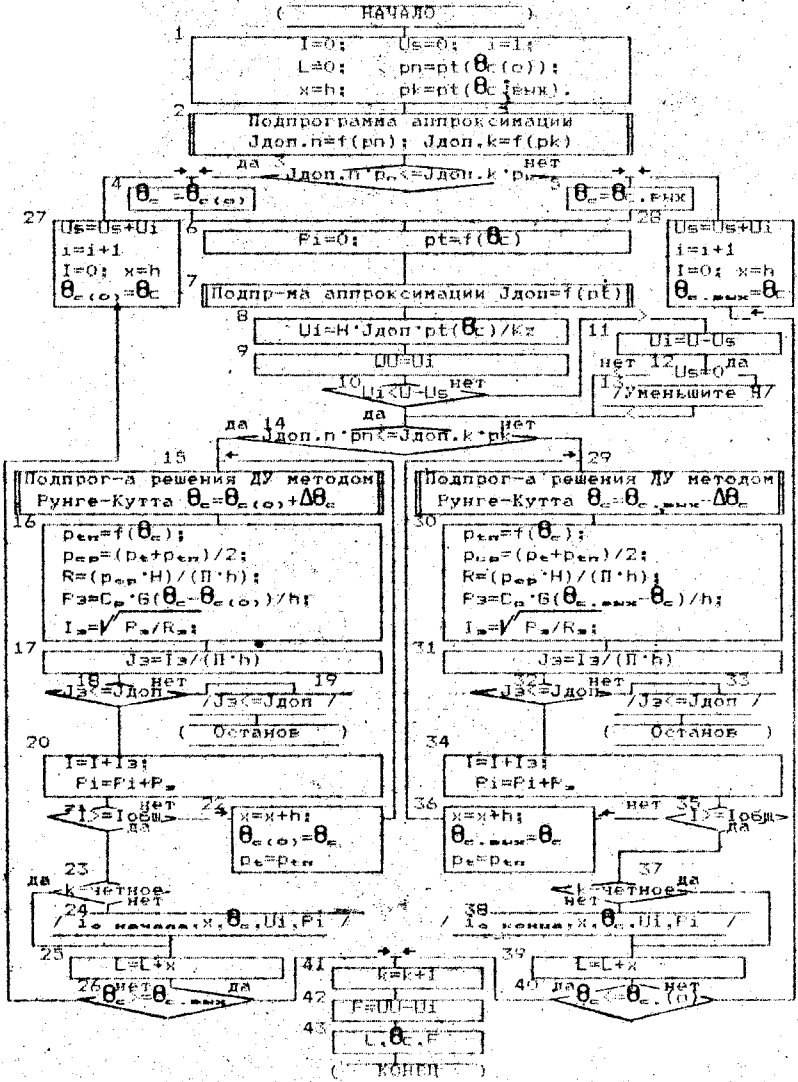


Рис. 2. Блок-схема алгоритма подпрограммы вычисления целевой функции F

очета останавливается.

В заключение необходимо отметить, что в зависимости от величины неоспадения напряжений применение предложенной методики расчета позволяет уменьшить материалоемкость секционированных электродных электронагревателей на 5...20% в сравнении с рассчитанными по методике [1] без учета величины неоспадения напряжений.

Литература.

1. Герасимович Д.С., Прищелов М.А., Рутковский И.Г. Расчет конструктивных параметров секционированных проточных электродных электронагревателей. // Проблемы развития энергетики и электрификации АПК: Об. науч. тр. ВелНИИагроэнерго. -Мя, 1994. ст.35-48.