

МАССА И ПОТЕРИ

А.С. Черкашин – Гипрорыбфлот

ОЦЕНКА ГАЗО-ЖИДКОСТНОЙ ЭМИССИИ РАБОЧЕГО ТЕЛА ИЗ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ СУДНА



В некоторых случаях применение вероятностных законов не дает достаточной точности в оценке статистических параметров распределения, так как применение законов того или иного вида не всегда соответствует физическому смыслу описываемых величин (Вентцель, Овчаров, 1988). Очевидно, что величина эмиссии R22, R12 либо NH₃ (аммиак) не может быть для конкретной холодильной установки бесконечно большой. Конечное значение потери холодильного агента из системы ограничивает масса его в судовой холодильной установке (СХУ), и абсолютная величина не может принимать отрицательного значения. Следовательно, функция, аппроксимирующая распределение вероятностей эмиссии рабочего тела, должна быть ограничена снизу и сверху.

При использовании вероятностных законов распределения с параметрами, ограниченными областью изменения случайной величины, необходимо, как правило, строить гистограмму не менее чем по 50–100 данным. При аппроксимации с помощью логарифмически нормального закона распределения объем выборки достигал 267 значений. Выборка однородных значений случайных величин проверялась с помощью критерия ω².

Известно, что функция распределения вероятностей газо-жидкостной эмиссии рабочего тела может иметь две выпуклости. Следовательно, она может быть аппроксимирована полиномом третьей степени:

$$G(P) = b_0 + b_1P + b_2P^2 + b_3P^3,$$

который имеет ряд преимуществ перед вероятностными законами. Во-первых, его область определения ограничена 0 < P < 1, а значит, ограничена область изменения случайной величины:

$$b_0 \leq G(P) \leq \sum_{j=0}^3 b_j$$

Во-вторых, объем выборки при использовании полинома третьей степени составляют, как минимум, четыре элемента. В-третьих, полином позволяет аппроксимировать лишь

часть (левую или правую ветвь) эмпирического распределения. Вместе с тем полином имеет непосредственную связь с вероятностными законами. Функция распределения любого вероятностного закона может быть представлена в виде степенного ряда при условии выполнения некоторой дифференцируемости. В частности, полином является приближением логарифмически нормального закона с тремя параметрами G_m, σ и ΣP. Особое значение при аппроксимации полиномом имеет определение начала распределения (левой ветви) в области параметра сдвига функции распределения потерь. В качестве теоретической функции распределения, аппроксимирующей данные по эмиссии R12 из системы провизионной холодильной установки БМРТ типа «Маяковский» (Mc=22 кг), при статистическом моделировании предлагается использовать полином третьей степени Чебышева. Блок-схема модели выбора распределения приведена на рисунке.

Для нахождения оценок коэффициентов полинома использован метод наименьших квадратов. Получены формулы для определения коэффициентов b₀, b₁, b₂, b₃:

$$b_j = \sum_{i=0}^3 k_{ji} \cdot a_i,$$

$$a_i = \sum_{k=1}^N x_k \cdot t_i(P_k) / \sum_{k=1}^N t_i^2(P_k), \quad i=0,1,2,3,$$

где x_k – значения, которые принимает случайная величина; a_i – вещественные коэффициенты; t_i – ортогональные полиномы Чебышева, определенные на множестве вероятностей P₁...P_N; k_{ji} определяются следующим образом:

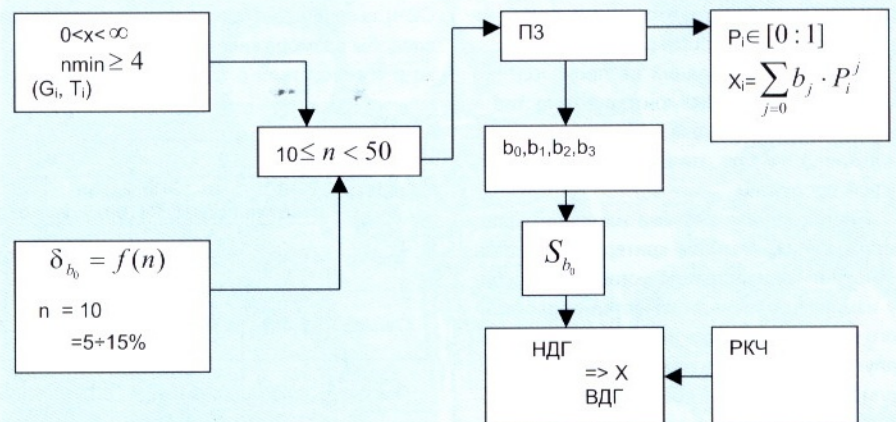
$$\begin{aligned} k_{ji} &= 0 \text{ при } i > j; \quad k_{ji} = 1 \text{ при } i = j; \\ k_{01} &= -P; \\ k_{02} &= P \cdot (P + \beta_2) - H_1/H_0; \\ k_{03} &= -(P + \beta_3) \cdot k_{02} + P \cdot H_2/H_1; \quad k_{12} = -2P - \beta_2; \\ k_{13} &= k_{02}(2P + \beta_2) - (P + \beta_3) - H_2/H_1; \\ k_{23} &= k_{12} - (P + \beta_3); \\ \beta_{j+1} &= \sum t_j(P_k)(P_k - P)/4; \quad H_j = \sum t_j^2(P_k), \end{aligned}$$

где β – доверительная вероятность (0,95...0,999).

Следует отметить, что коэффициенты a₀, a₁, a₂ и a₃, а также b₀, b₁, b₂ и b₃, как оценки максимального правдоподобия, являются несмещенными, состоятельными и эффективными.

В результате обработки данных эмиссии R12 из холодильной установки судна провизионных кладовых с массой рабочего тела 22 кг получено следующее выражение (в кг из расчета 360 сут эксплуатации СХУ в год):

$$G(P) = 34,4 + 60,6P + 10,8P^2 + 72,2P^3.$$



Блок-схема модели выбора распределения эмиссии хладагента с помощью полинома: НДГ, ВДГ – нижняя и верхняя доверительные границы; РКЧ – расчет крайних членов; S_b – среднеквадратичное отклонение