

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПАРОКОМПРЕССИОННЫХ УСТАНОВОК

В. И. Ольшанский, А. И. Ольшанский, А. А. Кузнецов, И. Е. Андруш-  
кевич\*,  
(ВГТУ, ВГУ \*, г. Витебск)

Экологическая безопасность парокompрессионных установок, определяется их герметичностью, которая в свою очередь характеризуется степенью герметичности [1]:

$$n = \frac{p_2 \cdot 100}{p_1 \cdot \tau}, \quad (1)$$

где  $p_1, p_2$  - начальное и конечное давление соответственно;

$\tau$  - продолжительность испытаний на герметичность.

Теплообменные аппараты ПКУ при пневматических испытаниях на герметичность подключаются к источнику сжатого воздуха. Давление увеличивают плавно и с остановками для проверки отсутствия утечек. При достижении испытательного давления оборудование отключают от пневмопривода и наблюдают за падением давления не менее 24 часов. Вновь устанавливаемое оборудование считается выдержавшим испытание на герметичность, если падение давления в нём за 1 час не превышает 0.1%.

Степень герметичности ПКУ равна 4.66. Рабочее давление в полости испарителя ПКУ не превышает 1.0 Мпа. Пневматические испытания производятся при начальном давлении  $p_1=1.2 \cdot p_{\text{раб}}$ ,  $p_1=1.2$  Мпа. Рабочее давление в полости конденсатора ТНУ не превышает 1.5 Мпа. Следовательно, начальное давление при пневматических испытаниях конденсатора  $p_1=1.2 \cdot p_{\text{раб}}$ ,  $p_1=1.8$  Мпа. При степени герметичности  $n=4.66$  и продолжительности испытаний 24 часа, конечное давление должно составлять, для испарителя не менее 1.17 Мпа, для конденсатора не менее 1.736 Мпа.

Конечные давления испарителя и конденсатора, при котором возможна эксплуатация ПКУ составляют 1,0 МПа и 1,5 МПа соответственно.

Задача обеспечения надежности и экологической безопасности ПКУ заключается в определении времени непрерывной работы установки до первых регла-

ментных работ по герметизации теплообменных аппаратов. Данная задача решалась на основании параметрического принципа оценки надежности сложных систем [2].

При этом контролируемый параметр представляется в структурном виде:

$${}^{(s)}X(t) = X_0 + {}^{(s)}\eta(t) + {}^{(s)}\xi(t), \quad (2)$$

где  $X_0$  - начальное значение контролируемого параметра;  ${}^{(s)}\eta(t)$  - функция тренда параметра;  ${}^{(s)}\xi(t)$  - флуктуации параметра. (знак (s) - указывает на случайный характер составляющей).

При проведении анализа реализаций случайного значения контролируемого параметра функция тренда  ${}^{(s)}\eta(t)$  представлялась в виде:

$${}^{(s)}\eta(t_j) = \sum_i a_i \varphi_i(t_j) \quad (3)$$

где  $\varphi_1(t_i), \varphi_2(t_i), \dots$  - полная система ортогональных полиномов;  $\varphi_i(t_i)$  - полином  $i$ -той степени по  $t_i$ ;  $a_1, a_2, \dots$  - полиномиальные коэффициенты.

Ортогональность полиномов  $\varphi_i(t_i)$  с весом равном 1 означает выполнение следующих условий:

$$\sum_{j=1}^n \varphi_i(t_j) \varphi_k(t_j) = \delta_{ik}, \quad (4)$$

$$\delta_{ik} = \begin{cases} 1, & i = k \\ 0, & i \neq k \end{cases}$$

где  $j$  - номер дискретного измерения в сеансе наблюдения,  $n$  - количество измерений в сеансе.

Общий подход выделения функции тренда  ${}^{(s)}\eta(t)$  на основании применения полной системы ортогональных полиномов подробно изложен в [3]. Но данный подход не может ответить на вопрос об оптимальности степени полинома  $m$ . С точки зрения физических процессов протекающих в установке функцию тренда параметра  ${}^{(s)}\eta(t_i)$  можно считать кусочно монотонной. Такое предположение логически следует из анализа физических явлений протекающих в установке. Естественно также предположение о том, что скорость функции тренда  $\partial \eta(t_i) / \partial t_i$  как на участке наблюдения, так на участке прогнозирования должна быть знакоопределенной. Этот факт учитывался при выборе максимальной степени полинома. Несмотря на случайность функции (2), как правило существуют моменты времени  $t_p$ , в которых значения функции тренда  ${}^{(s)}\eta(t_p)$  (или скорости функции

тренда  $\partial \eta(t_p) / \partial t_p$ ) доподлинно известно или заданно. Такие точки  $t_p$  на графике будем называть реперными точками. Для парокompрессионной установки реперными точками являются начальные (установленные) значения давлений испарителя и конденсатора. Задача нахождения функции тренда  $^{(s)}\eta(t_i)$  с учетом сказанного сводилась к минимизации среднеквадратического отклонения  $\sigma_x$  (СКО) при условии, что функция тренда параметра проходит через реперные точки. Для учета реперных точек использовался метод неопределенных множителей Лагранжа.

Функция  $S$  была представлена в следующем виде:

$$S = \sum_{j=1}^n (X(t_j) - \sum_{i=0}^m a_i \varphi_i(t_j))^2 + \sum_{k=1}^L \lambda_k (\sum_{i=0}^m a_i \varphi_i(tp_k)) \quad (5)$$

Минимизируя  $S$  по  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$  и учитывая условие (4), были получены выражения для полиномиальных коэффициентов:

$$a_i = \frac{2 \sum_{j=1}^n X(t_j) \varphi_i(t_j) - \sum_{k=1}^L \lambda_k \varphi_i(tp_k)}{2 \sum_{j=1}^n \varphi_i^2(t_j)} \quad (6)$$

где  $X(t_j)$  - реализация случайного значения контролируемого параметра;  $L$  - общее количество реперных точек;  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_L$  - неопределенные множители Лагранжа;  $\varphi_i(t_j)$  - полином  $i$ -той степени по  $t_j$ ;  $n$  - количество измерений в сеансе наблюдения.

Для нахождения неопределенных множителей Лагранжа, подставляя (6) в (3), получаем систему линейных уравнений размерностью  $[L \times L]$ :

$$\left. \begin{aligned} \eta(tp_1) &= \sum_{i=0}^m \frac{(2 \sum_{j=1}^n X(t_j) \varphi_i(t_j) - \sum_{k=1}^L \lambda_k \varphi_i(tp_k)) \cdot \varphi_i(tp_1)}{2 \sum_{j=1}^n \varphi_i^2(t_j)} \\ \eta(tp_2) &= \sum_{i=0}^m \frac{(2 \sum_{j=1}^n X(t_j) \varphi_i(t_j) - \sum_{k=1}^L \lambda_k \varphi_i(tp_k)) \cdot \varphi_i(tp_2)}{2 \sum_{j=1}^n \varphi_i^2(t_j)} \\ &\dots \\ \eta(tp_k) &= \sum_{i=0}^m \frac{(2 \sum_{j=1}^n X(t_j) \varphi_i(t_j) - \sum_{k=1}^L \lambda_k \varphi_i(tp_k)) \cdot \varphi_i(tp_k)}{2 \sum_{j=1}^n \varphi_i^2(t_j)} \end{aligned} \right\}$$

Решая данную систему уравнений совместно, можно определить численные значения неопределенных множителей Лагранжа, и как следствие - значения полиномиальных коэффициентов  $a_i$ .

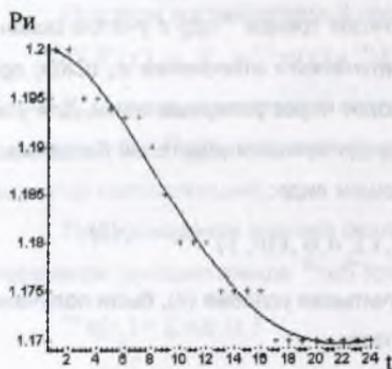


рис.1.

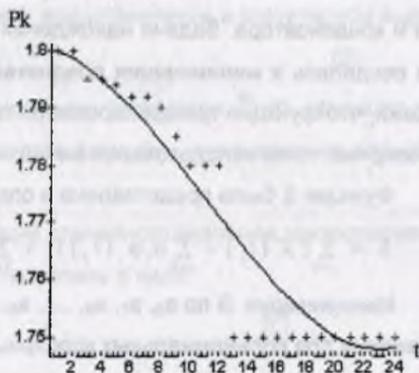


рис.2.

Для решения задачи стоящей перед авторами данных исследований, в качестве контролируемых принимались: рабочие давления испарителя  $p_i$  и конденсатора  $p_k$ . Расчеты производились в соответствии с математической моделью (2)-(6) и реализованы в программной системе «Maple V». Численные результаты представлены на рис.1,2. Аналитическое представление полиномиальных коэффициентов  $a_i$  для случая привязки функции тренда к одной реперной точке по значению, имеет следующий вид:

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^n X(t_j) \varphi_i(t_j) + R_i}{\sum_{j=1}^n \varphi_i^2(t_j)}, \quad (7)$$

где

$$R_i = \varphi_i(tp_1) \left[ \frac{\eta(tp_1) - \sum_{i=0}^m \frac{\varphi_i(tp_1) \sum_{j=1}^n X(t_j) \varphi_i(t_j)}{\sum_{j=1}^n \varphi_i^2(t_j)}}{\sum_{i=0}^m \frac{\varphi_i^2(tp_1)}{\sum_{j=1}^n \varphi_i^2(t_j)}} \right]$$

Исходя из вышеизложенного, были получены аналитические выражения для функций трендов параметров : для испарителя

$$\eta_{\text{и}}(t_j) = 1,181 \cdot \varphi_0(t_j) - 0,014 \cdot \varphi_1(t_j) + 0,439 \cdot 10^{-3} \cdot \varphi_2(t_j) + 0,191 \cdot 10^{-5} \cdot \varphi_3(t_j) \quad (8)$$

для конденсатора

$$\eta_{\text{к}}(t_j) = 1,771 \cdot \varphi_0(t_j) - 0,025 \cdot \varphi_1(t_j) + 0,434 \cdot 10^{-3} \cdot \varphi_2(t_j) + 0,632 \cdot 10^{-5} \cdot \varphi_3(t_j) \quad (9)$$

Анализ выражений (8),(9) при условии  $\eta_{\text{и}}(t_j) \leq 1.0$  МПа,  $\eta_{\text{к}}(t_j) \leq 1.5$  МПа указывает на то, что время непрерывной работы парокompрессионной установки до первых регламентных работ по герметизации теплообменных аппаратов составляет, соответственно: для испарителя - 222 часа, для конденсатора - 153 часа.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Пряников В.И. Техника безопасности в химической промышленности. - М.: Химия, 1989. - 288 с.
2. Методические рекомендации по выбору показателей параметрической надежности. -М: Институт машиноведения и госстандарт, 1987. -120с.
3. Н. Джонсон, Ф. Лион. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. т.2. Методы обработки данных.-М:Мир-1980.-610с.

УДК 541.18.057

#### УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ЭМУЛЬГИРОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЖИРОВ

В.В. Рубаник, Ю.В. Царенко\*, В.В. Рубаник (мл.)\*, В.И. Батвинков\*, В.И. Жидкевич\*\*

(Витебский государственный технологический университет)

(\* Институт технической акустики НАН Беларуси)

(\*\* Витебский государственный университет им. П.М. Машерова)

Ультразвуковое эмульгирование представляет собой переход одной из взаимно нерастворимых жидкостей в дисперсное состояние в среде другой под действием акустических колебаний. Ультразвуковое эмульгирование позволяет получить высокодисперсные, практически однородные эмульсии. Механизм действия ультразвука обусловлен явлением кавитации, возникающий в жидкости, и интен-