

1. Подготовить методику проведения эксперимента по определению показателей безотказности технической надежности холодильных машин.

2. Провести анализ полученных результатов и разработать рекомендации по улучшению качества ремонта холодильных машин и обеспечению нормативных значений показателей надежности в условиях эксплуатации Ульяновской области.

### *Литература*

1. Холодильные компрессоры. Справочник. Под ред. А.В. Быкова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.
2. Бруздаева С.Н., Варнаков В.В. Прогнозирование и оптимизация обслуживающих воздействий холодильных машин по результатам их ресурсных испытаний. Сб. научн. тр.: Материалы 27-й научно-технической конференции молодых ученых и студентов инженерного ф-та. – Пенза, 2002. – с.54...55.
3. ГОСТ 17526-72. Надежность изделий машиностроения. Система сбора и обработки информации. – Введ. 01.01.73. – 10с.
4. Ермолов Л.С., Кряжков В.М., Чиркун В.Е. Основы надежности сельскохозяйственной техники. –М.: Колос, 1982.

УДК 631.15

## **ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА КАЧЕСТВА РЕМОНТА ПРИ СЕРТИФИКАЦИИ**

*В.В.Варнаков, Д.В.Варнаков*

При проведении сертификации услуг по техническому сервису необходимо рассчитать коэффициенты готовности, среднюю наработку на отказ, среднее время восстановления, среднюю наработку до отказа, а также точные значения нижней и верхней границ вероятности безотказной работы системы и коэффициенты оперативной готовности.

Для этих целей в надежности сложных технических систем существует топологический метод расчета, основанный на стохастическом программировании[1].

Отличительные характеристики метода:

1) пригоден для расчета надежности систем с большим числом состояний;

2) не накладывает ограничения на структуру исследуемой системы;

3) не требует преобразований исходного графа состояния.

Однако для решения задачи расчета качества ремонта при сертификации топологический метод расчета требует значительных уточнений и

изменений, поскольку неточности решения задачи определяются значительными финансовыми издержками.

В предлагаемом нами алгоритме решения задачи расчета качества ремонта при сертификации топологическим методом основным является показатель безотказности системы, прошедшей технический сервис, базовым же элементом является наблюдаемый риск заказчика.

Основой программы для расчетов на ЭВМ принята разработанная ранее программа «Оптимизация принятия решений в задачах многокритериального выбора»[2].

Расчет показателей безотказности ведем по следующему алгоритму:

*Исходные данные для алгоритма:*

функционалы:

$$\inf J(F) = \sum_{i=1}^4 f(x_i) p_i = \min ; F = 1 - P(t);$$

$$\sup J(F) = \sum_{i=1}^4 f(x_i)(1 - p_i) = \min \quad (1)$$

ограничения:

$$\sum_{i=1}^4 t_i^k p_i = T_0^{(k)}, 1 \leq k \leq 3, t_i \in [0, b], \sum_{i=1}^4 p_i = 1, p_i \geq 0, 1 \leq i \leq 4$$

*Подготовительный этап:*

- определяют вероятности переходов  $p_{ij}$ , математические ожидания  $T_i$  и  $T_{ij}$ ,  $j \in S$ , соответственно безусловного и условного времени, а также вторые и третьи начальные моменты времени пребывания системы в каждом из состояний по формулам:

$$p_{ij} = P_{ij}(\infty); T_{ij} = \int_0^{\infty} t dF_{ij}(t), \quad (2)$$

где  $F_{ij}(t) = P_{ij}(t) / p_{ij}$

$$T_i^n = \int_0^{\infty} t^n dF_i(t), i=1, 2, 3, \quad (3)$$

где  $F_i(t) = \sum_{(j)} P_{ij}(t)$ ;

- определяют веса  $l_k^{ij}$  всех путей на графе;

- определяют веса  $C_i$  всех замкнутых контуров на графе.

*Расчет показателей безотказности:*

определяют среднюю наработку до отказа системы по формуле следующим образом:

$$T_0 = \frac{T_0 \Delta G_{S_p}^0 + \sum_{(k)} I_k^{0i} \Delta G_k^i}{\Delta G_{S_p}^-} \quad (4)$$

где  $\Delta G_{S_p}^0$  - вес разложения графа, не содержащего вершин, соответствующих работоспособным состояниям и нулевую вершину;  $\Delta G_{S_p}^-$  - вес разложения графа, не содержащего вершин, соответствующих работоспособным состояниям

1) рассчитывают вес разложения  $\Delta G_{S_p}^-$  графа так же, как и вес  $\Delta G_i^i$ . При этом из перечня весов путей  $i_k^{0i}$  и замкнутых контуров  $C_i$  исключают те, которые имеют вершины, принадлежащие множеству  $\overline{S_p}$  неработоспособных состояний;

2) рассчитывают вес разложения  $\Delta G_{S_p}^0$ . При этом из перечня оставшихся после выполнения п. 1) весов  $C_i$  замкнутых контуров исключают веса тех контуров, которые содержат начальную вершину  $S_0$ ;

3) определяют среднюю наработку на отказ системы по формуле:

$$T = \frac{\sum_{i \in S_p} T_i \sum_{(k)} I_k^{0i} \Delta G_k^i}{\sum_{\substack{i \in S^+ \\ i \in S^-}} P_{ij} \sum_{j \in S^+} \sum_{(k)} I_k^{0i} \Delta G_k^i} ; \quad (5)$$

4) относительно каждого состояния в области  $S_p$  рассчитывают по формуле (6) первые начальные моменты времени пребывания системы в этой области (для всех состояний области  $S_p$ );

$$T_i = \frac{T_i \Delta G_{S_p}^i + \sum_{j \in S_p} T_j \sum_{(k)} I_k^{ij} \Delta G_k^j}{\Delta G_{S_p}^-} ; \quad (6)$$

где  $\Delta G_{S_p}^i$  - вес разложения графа, не содержащего вершин, соответствующих неработоспособным состояниям и  $i$ -ю вершину;

5) определяют вторые начальные моменты времени пребывания системы в области  $S_p$  относительно каждого состояния по формуле:

$$T_i^{(2)} = \frac{\left( T_i^{(2)} + 2 \sum_{r \in S_p} P_{ir} T_{ir} T_i \right) \Delta G'_{S_p} + \sum_{j \in S_p, (k)} i_k'' \left( T_j^{(2)} + 2 \sum_{l \in S_p} P_{jl} T_{jl} T_j \right) \Delta G'_k}{\Delta G'_{S_p}}; \quad (7)$$

где  $T_i^{(2)}$  и  $(T_j^{(2)})$  - второй начальный момент времени пребывания системы в состоянии  $S_i(S_j)$ ;  $T_{ir}(T_{jl})$  - математическое ожидание условного времени пребывания системы в состоянии  $S_i(S_j)$  при условии перехода в состояние  $S_r(S_l)$ ;  $T_i(T_j)$  - первый момент времени пребывания системы в фиксированной области состояний  $S_p$  при  $i$ -м ( $l$ -м) начальном состоянии;

6) определяют третий начальный момент времени пребывания системы в области  $S_p$  относительно нулевого начального состояния по формуле:

$$T^{(3)} = \frac{\left( T_i^{(2)} + 3 \sum_{r \in S_p} P_{ir} T_r^{(2)} T_{cr} + 3 \sum_{r \in S_p} P_{ir} T_{ir} T_{cr}^{(2)} \right) \Delta G'_{S_p} +}{\Delta G'_{S_p}} \rightarrow \quad (8)$$

$$\rightarrow \frac{+ \sum_{j \in S_p, k} i_k'' \left( T_j^{(3)} + 3 \sum_{l \in S_p} P_{jl} T_l^{(2)} T_{cl} + 3 \sum_{l \in S_p} P_{jl} T_{lj} T_{cl}^{(2)} \right) \Delta G'_k}{1}$$

где  $T_i^{(3)}$  ( $T_j^{(3)}$ ) - третий начальный момент времени пребывания системы в состоянии  $S_i(S_j)$ ;  $T_r^{(2)}(T_l^{(2)})$  - второй начальный момент времени пребывания системы в состоянии  $S_r(S_l)$ .

7) из массива рассчитанных значений начальных моментов выделяют первый, второй и третий моменты времени пребывания системы в области  $S_p$  относительно нулевого начального состояния ( $T_0, T_0^{(2)}, T_0^{(3)}$ );

8) определяют точные значения нижней  $P_H(t)$  и верхней  $P_B(t)$  границ вероятности безотказной работы системы с помощью численного алгоритма, построенного на основе модифицированного симплекс-метода.

Такой подход позволяет на основе материалов по оценке состояния производства предприятия учитывающих риск заказчика и других под-

тверждающих документов, подготовленных комиссией, органу по сертификации принять решение о выдаче сертификата на услуги.

### ***Литература***

1. Беляев Ю.К. и др. Надежность технических систем: Справочник. М.: Радио и связь. 1985, 606с.
2. Варнаков В.В., Варнаков Д.В., Дежаткин М.Е., Нашатырев А.В. Оптимизация принятия решений в задачах многокритериального выбора. М.: Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ №2002611212 от 25июля 2002 г.
3. Варнаков В.В., Варнаков Д.В. Концепция системы сертификации услуг по техническому сервису в агропромышленном комплексе. Материалы международной научно-практической конференции. М.: ГОСНИТИ, 2003. С.33...35.

УДК 662.6 + 502

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЛИЯНИЯ ТОПЛИВА С ПОЗИЦИИ ЕГО СОСТАВА И КАЧЕСТВА**

***В.В. ВАРНАКОВ, Н.С. КИРЕЕВА, Н.В. ИВАНИН***

Проблемы экологии во всем мире в настоящее время приобрели первостепенное значение. Особо остро они стоят в крупных мегаполисах в связи с постоянным интенсивным загрязнением атмосферного воздуха токсичными компонентами отработавших газов автомобилей.

Результаты исследований, выполненных в ГАНГ им. И.М.Губкина, ВНИИ НП, НАМИ, 25 ГосНИИ и других организациях, согласуются с зарубежными данными и свидетельствуют, что уровень токсичности отработавших газов в основном зависит от содержания в топливе соединений свинца, серы, ароматических углеводородов, а также кислородсодержащих веществ [1].

Соединения свинца, попадая в организм человека через органы дыхания, кожу и пищеварительный тракт, накапливаются и приводят к тяжелым заболеваниям, включая нарушения репродуктивной функции.

Соединения серы, накапливаясь в виде оксидов в атмосфере, кроме отравляющего воздействия на органы дыхания, приводят к «кислотным» дождям со всеми вытекающими отсюда отрицательными последствиями для природы.

Ароматические углеводороды, сгорая, способствуют накоплению в атмосферном воздухе, а также в воде и почве канцерогенных веществ, вызывающих онкологические заболевания.

В настоящее время приняты соответствующие законодательные акты, проводятся работы по совершенствованию техники и состава топлив