

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГАРАНТИЙНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОХЛАЖДАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Л.И. Трутнева, Ю.Г. Афанасьев

Рассмотрено применение прогнозной математической модели для оценки гарантийного срока эксплуатации охлаждающих материалов как комплектующих элементов газовых генераторов. Полученные прогнозы гарантийного срока эксплуатации материалов подтверждены результатами длительного естественного хранения.

Применение низкотемпературных газовых генераторов и генераторов холодного газа в технике различного назначения определило ряд проблем, связанных с поиском и разработкой эффективных математических моделей и алгоритмов прогнозирования их гарантийного срока эксплуатации.

Разработка прогнозной математической модели – это циклический процесс, включающий несколько этапов. На первом этапе формулируется задача и определяется набор прогнозируемых показателей, выясняется характер зависимости между ними. Завершающими этапами прогнозного моделирования являются накопление и анализ статистической информации, ее обработка с использованием численного моделирования.

Хранение и эксплуатация газовых генераторов осуществляется в различных климатических зонах. Проведен анализ климатических зон страны согласно ГОСТ 16350-80 «Климат СССР» [1]. В качестве основных климатических зон выбраны холодная, умеренно-холодная и жаркая.

Климатические воздействия в годовом цикле для каждой из рассматриваемых зон представлены температурой, относительной влажностью, сезонной циклостойкостью и суточной циклостойкостью. Все указанные температурные условия хранения и эксплуатации определяют интенсивность происходящих в материалах физико-химических процессов.

Наиболее сложным периодом эксплуатации материалов как в составе газового генератора (ГГ), так и в качестве элемента комплектации является летний. Этот период характеризуется циклическими перепадами температур. Минимальная температура в течение суток приходится на 4 часа и максимальная на 16 часов. Наиболее чувствительны к подобным температурным перепадам, вследствие образования сублимата, некото-

рые соли аммония, входящие в охлаждающие материалы. Допустимая доля образовавшегося сублимата была выбрана в качестве основного критериального параметра. На образование сублимата влияют также конструкция камеры охлаждения, плотность, масса материала и некоторые другие параметры.

В процессе хранения и эксплуатации охлаждающих материалов можно выделить следующие наиболее общие этапы:

- хранение материала на заводе-производителе;
- транспортировка материала с завода-изготовителя на завод-потребитель;
- складское хранение в какой-либо климатической зоне;
- транспортировка в составе ГГ;
- эксплуатация ГГ в составе объектов в различных климатических зонах страны в течение гарантийного срока.

Для каждого этапа определяется доля образовавшегося сублимата, затем находится суммарное значение, которое может образоваться в процессе всего цикла хранения и эксплуатации, и сравнивается с предельно допустимой величиной, принятой равной 15%, исходя из анализа выходных характеристик ГГ.

В основу математической модели при прогнозировании гарантийного срока эксплуатации охлаждающих материалов положено уравнения состояния идеального газа. После некоторых преобразований при отсутствии заданных интервала температур эксплуатации, цикличности изменений температуры и хранения в естественных климатических условиях имеет соотношение для нахождения доли образовавшегося сублимата (F):

$$F = \frac{M}{R} \left(\frac{V}{m} - \frac{1}{\rho} \right) \cdot \tau_T \cdot \sum_j \sum_i \beta_{ji} \cdot \left(\frac{P_{1ji}}{T_{ji} + \Delta T_i} - \frac{P_{2ji}}{T_{ji} - \Delta T_i} \right), \quad (1)$$

где M – средняя молекулярная масса газов, образующихся при сублимации охлаждающе-

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГАРАНТИЙНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОХЛАЖДАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

го материала, кг/моль; V – объем емкости, в которой находится материал, м³; m – масса материала, кг; ρ – плотность материала, кг/м³; β_{ji} – коэффициент, учитывающий количество изменений температуры в различных ее интервалах, определяется по статистическим таблицам; P_1, P_2 – давление насыщенных паров охлаждающего материала при верхнем и нижнем значениях температурного интервала соответственно, Па; T – средняя температура интервала эксплуатации, К; $\Delta T = \frac{T_1 - T_2}{2}$ – половина интервала изменения температуры, К; τ_r – срок эксплуатации, годы.

Выражение (1) позволяет определить предполагаемый срок эксплуатации. Для этого разработана проблемно-ориентированная программа, реализующая рекурсивный алгоритм. Программа содержит несколько экранных форм, предназначенных для расчетов контролируемых эксплуатационных показателей охлаждающих материалов в различных условиях, и позволяет прогнозировать гарантийный срок эксплуатации (рисунок 1).

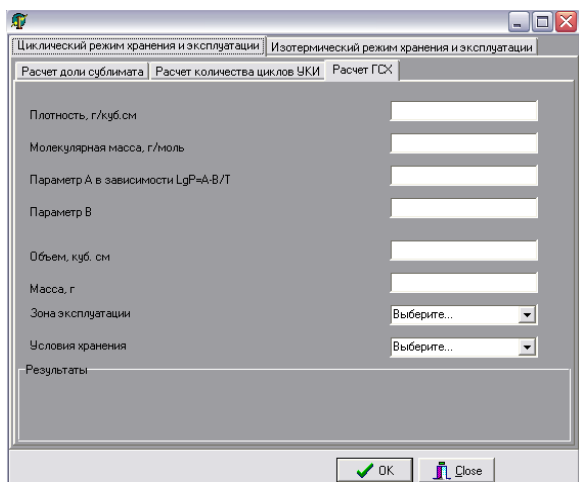


Рис. 1. Экранная форма программы в режиме «Расчет ГСХ»

В режиме программы «Расчет ГСХ» возможен выбор климатической зоны и условий хранения (складское неотапливаемое помещение или вне склада). Для каждой климатической зоны с использованием осредненных статистических характеристик температурных перепадов определяется доля сублимата, которая может образоваться за один цикл (год). Расчет осуществляется по формуле (1),

результаты счета представляют собой прогнозируемый гарантийный срок хранения в годах.

В таблице 1 приведены прогнозируемые гарантийные сроки хранения композиционных охлаждающих материалов 09-ОАВ-1 и БАП-3 в зависимости от условий хранения в различных климатических зонах [2].

Таблица 1

Прогнозируемые гарантийные сроки хранения охлаждающих материалов в различных климатических зонах

Климатическая зона	Гарантийный срок хранения, годы	
	09-ОАВ-1	БАП-3
вне склада		
Холодная	25	9
Умеренно-холодная	25	27
Жаркая сухая	24	5
складское неотапливаемое помещение		
Холодная	25	25
Умеренно-холодная	25	25
Жаркая сухая	30	17

Полученные прогнозы гарантийного срока эксплуатации исследуемых материалов подтверждены результатами длительного естественного хранения в течение 25 лет в условиях умеренно-холодной климатической зоны. Таким образом, подтверждена эффективность разработанной математической модели и алгоритма, реализованного в программе [3].

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 16350-80. Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 78 с.
- Трутнева Л.И., Вдовина, Н.П., Афанасьев Ю.Г., Шандаков В.А., Игонин Г.С., Бычин Н.В. Влияние условий длительного хранения на свойства охладителей на основе оксалата аммония / Современные проблемы технической химии: материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции: в 2 ч. – Казань: КГТУ, 2002. – Ч. 1. – С. 264–268.
- Трутнева Л.И. Оценка и прогнозирование стабильности композиционных охлаждающих материалов: дис ... канд. техн. наук. – Бийск: БТИ АлтГТУ. – 115 с.