

ОБ ОДНОМ ИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Набатова С.Н., Мамедова А.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина 14, каф. ПМ, тел. (057) 702-14-36,

E-mail: svet_nik@ukr.net

In the given work the problem of the analysis of reliability of compressor station, in particular, the approach to an estimation of indicators of reliability is considered. Use of the structurally-logic scheme of reliability TS that allows to solve both a direct (to define reliability depending on time and a reservation method) and return (to define time or a method of reservation depending on reliability) problem of reliability is offered LS. Thus, the considered approach is practically applicable for a wide range of problems.

Газотранспортная система (ГТС) представляет собой систему магистральных газопроводов (МГ) с многониточными линейными участками (ЛУ) и многоцеховыми компрессорными станциями (КС), объединенными между собой многониточными перемычками. Определим линейный участок МГ и расположенную за ним КС локальной подсистемой (ЛП), тогда МГ можно представить в виде цепочки последовательно соединенных ЛП. Объектом исследования данной работы является анализ надежности ЛП МГ. В свою очередь, данную задачу можно разложить на анализ надежности ЛУ и анализ надежности КС.

На практике большее внимание и важность уделяется проблеме анализа надежности именно КС, в связи с тем, что интенсивность отказов перекачивающего оборудования обычно существенно больше интенсивности отказов трубопроводов, и восстановление агрегатов КС требует больше времени и ресурсов, чем восстановление какой-либо части ЛУ.

В свою очередь КС МГ также представляет сложную техническую систему (ТС), основное назначение которой – компримирование природного газа (ПГ), транспортируемого по ГТС. Элементами системы в данном случае выступают установки очистки ПГ (комплекс пылеуловителей (ПУ)), установки охлаждения (комплекс аппаратов воздушного охлаждения (АВО)) и компрессорные цеха (газоперекачивающие агрегаты (ГПА)).

В терминах теории надежности КС МГ – это резервированная ТС с восстанавливаемыми элементами. Для исследования надежности таких систем хорошо применим аппарат общей теории надежности.

Для КС МГ основным показателем надежности является безотказность ее функционирования, то есть обеспечение на интервале управления $[0, T]$ требуемого давления ПГ на выходе КС, при заданной температуре ПГ на входе и выходе КС, а также расходе коммерческого газа через станцию, при условии гарантированной подачи ПГ в требуемом объеме и с нужными параметрами на входе системы.

Для каждой рассматриваемой системы введены понятия безотказной работы, параметрического и функционального отказов, определяются значения параметров, соответствующих тому, что система находится в каждом из перечисленных состояний. Исходя из чего, рассчитываются вероятности нахождения системы в различных состояниях.

Для расчетов параметров надежности предлагается использовать структурно-логические схемы надежности ТС, которые графически отображают взаимосвязь элементов и их влияние на работоспособность системы в целом. Структурно-логическая схема представляет собой совокупность ранее выделенных элементов, соединенных друг с другом последовательно или параллельно. Критерием для определения вида соединения элементов (последовательного или параллельного) при построении схемы является влияние их отказа на работоспособность ТС.

Построим структурно-логическую схему рассматриваемой системы КС:

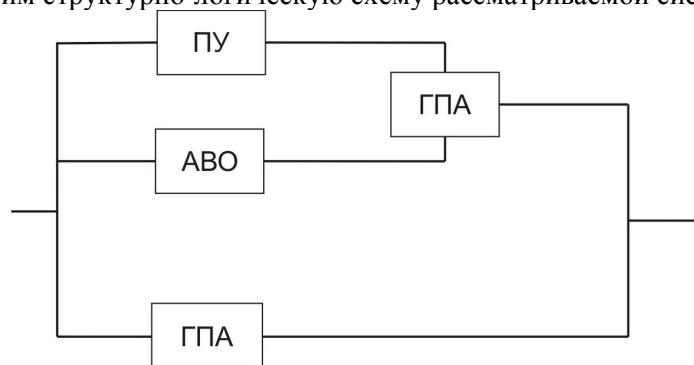


Рис. 1. Структурно-логическая схема КС

Схема, представленная на рисунке 1 соответствует формулировке:

- система придет в состояние параметрического отказа, если откажут элементы ПУ, или АВО, или ПУ и АВО;

- система придет в состояние функционального отказа, если откажут элементы ГПА, или ПУ и ГПА, или ПУ, АВО и ГПА.

На основании построенной схемы составим граф интенсивности (рисунок 2) перехода КС из одной группы состояний в другую

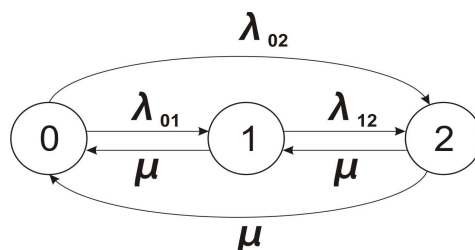


Рис. 2. Граф интенсивности перехода КС из одной группы состояний в другую

На рисунке 2: «0» - состояние безотказной работы системы; «1» - состояние параметрического отказа; «2» - состояние функционального отказа; λ_{01} - параметр интенсивности переходов системы из состояния «0» в состояние «1»; λ_{12} - параметр интенсивности переходов системы из состояния «1» в состояние «2»; λ_{02} - параметр интенсивности переходов системы из состояния «0» в состояние «2»; μ - параметр интенсивности потока восстановления.

Вероятности нахождения системы в различных состояниях получаются в результате решения системы алгебраических уравнений при нулевых значениях производных в уравнениях Колмогорова.

В качестве примера рассмотрим одноцеховую КС (ОКС), на которой установлены 3 секции агрегатов: секция из 7 идентичных ПУ с параметром потока отказов - $\lambda_1 = \frac{1}{20000}$, 1/ч; секция АВО с 28 идентичными установленными

вентиляторами, параметр потока отказов каждого вентилятора - $\lambda_2 = \frac{1}{28000}$, 1/ч; 2 секции

ГПА, по 3 и 4 идентичных агрегата с параметром потока отказов - $\lambda_3 = \frac{1}{56000}$, 1/ч.

Принимаем стратегию ограниченного обслуживания: параметр восстановлений КЦ, АВО,

ПУ- $\mu = \frac{1}{72}$, 1/ч.

Показатель безотказной работы системы рассчитываем для периода управления, равного 1 год.

Рассчитаем вероятности безотказной работы посекционно в течение периода управления и вероятность отказа каждой секции в течение периода управления.

		Интенсивность отказов одного агрегата, 1/ч	Вероятность безотказной работы комплекса в течение периода управления	Вероятность отказа комплекса в течение периода управления
ПУ		$5,00 * 10^{-5}$	0.941	0,059
АВО		$3,57 * 10^{-5}$	0.979	0,003
ГПА	скольз. рез.	$1,78 * 10^{-5}$	0,932	0,068
	нагруж. рез.		0,899	0,101
	ненагруж. рез.		0,950	0,050

Для повышения надежности КС выбираем ненагруженное резервирование аппаратов ГПА, так как именно при его использовании достигается наибольшая вероятность безотказной работы за период управления.

	Вероятность отказа в течение периода управления
ПУ + АВО	0,0012
ПУ + ГПА	0,003
АВО + ГПА	0,002
ПУ + АВО + ГПА	0,00006

По теореме о вероятности появления хотя бы одного из независимых событий рассчитаем вероятности параметрического и функционального отказов системы.

	Вероятность отказа в течение периода управления
ПУ или АВО или (ПУ+АВО) параметр. отказ	0,004
(ПУ + ГПА) или (АВО + ГПА) или (ПУ + АВО + ГПА) Переход из параметр. отказа в функцион.	0,004

Рассчитаем параметры переходов системы из одного состояния в другое.

λ_{01}	0,0000943
λ_{12}	0,000000472
λ_{02}	0,000339

Таким образом, вероятность нахождения системы в различных состояниях:

P(0)	0,999
P(1)	0,0007
P(2)	0,0003

На основании полученных результатов построим графики, позволяющие провести анализ надежности ГТС. Для построения долгосрочного прогноза, увеличим период управления до 3 лет.

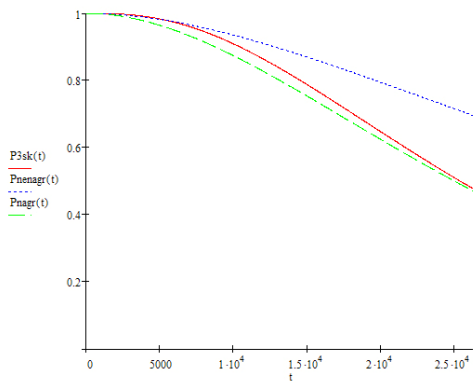


Рис. 3. Функция надежности ГПА для различных методов резервирования

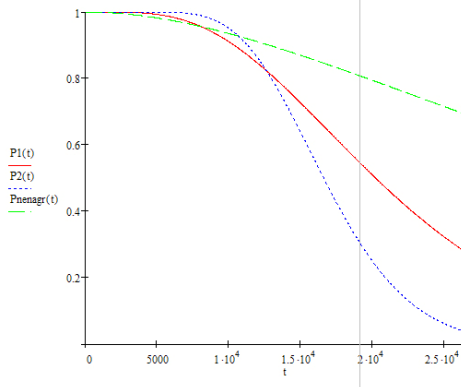


Рис. 4. Функции надежности комплексов ПУ, АВО, ГПА

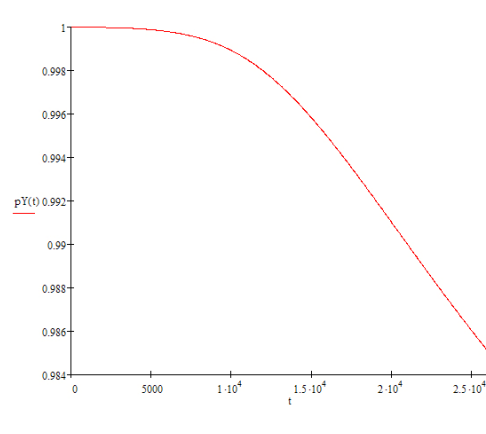


Рис. 5. Функции надежности КС

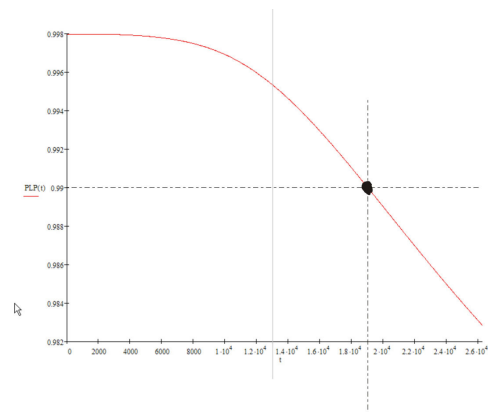


Рис. 6. Функция надежности ЛПП

На графике функции надежности ЛПП отмечено допустимое значение надежности – 0,99. Функция принимает это значение через период времени – 1,12 года. Следовательно, необходимо проводить тщательное обследование и, возможно, профилактический ремонт трубопровода и КС через 1 год.

В данной работе рассмотрена проблема анализа надежности КС, в частности, рассмотрен подход к оцениванию показателей надежности. Предлагается использование структурно-логической схемы ТС, что позволяет решать как прямую (определить надежность в зависимости от времени или метода резервирования), так и обратную (определить время или метод резервирования в зависимости от надежности) задачи анализа надежности ЛПП. Таким образом, рассмотренный подход практически применим для широкого круга задач.