

также не всегда могут быть измерены непосредственно, а определяются через входные воздействия и выходные сигналы.

Таким образом, при анализе аэрокосмической системы необходимо учитывать не только величины входных переменных параметров, но и помехи, а также возбуждения, действующие на систему и искажающие передаточную функцию.

Испытываемую аэрокосмическую систему, находящуюся под воздействием входных сигналов и помех в общем виде можно представить в качестве объекта, преобразующего входные переменные в выходные. В соответствии с обозначениями рисунка 1: X – n - мерный вектор входных воздействий, Z – g -мерный вектор помех, Y – k -мерный вектор выходных величин (вектор состояния), A – оператор системы.

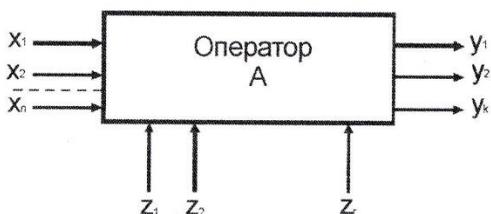


Рисунок 1 – Объект испытаний – динамическая система

Если предположить, что векторы входных воздействий и выходных величин каким-то образом определены, то задачу испытаний можно сформулировать как задачу.

Демидов Алексей Алексеевич, аспирант каф. РЭС, Mlsccompany@mail.ru
Маклашов Владимир Анатольевич, аспирант каф. РЭС, mg37@rambler.ru
Мелешенко Дмитрий Юрьевич, аспирант каф. РЭС, Me196@yandex.ru

УДК 621.396

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛНОТЫ АВТОНОМНЫХ ИСПЫТАНИЙ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ

А.А. Демидов, Д.А. Шестаков, А.А. Лупцов

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Процедура обеспечения требуемой полноты, выражающаяся в обеспечении полноты задания вектора X и измерения вектора Y и получения оператора A требуемой точности, в теории испытаний известна как процедура обеспечения полноты испытаний. Процедура обеспечения оценок параметров и факторов с заданной доверительной вероятностью в теории испытаний известна как процедура обеспечения достоверности испытаний.

Условимся испытаниями считать такой вид экспериментальных исследований системы управления, который отвечает требованиям обеспечения заданной полноты и достоверности, что позволяет принимать объективное решение относительно дальнейшего использования системы. Иначе говоря, испытания – это такой вид экспериментальных исследований, результаты которого позволяют прогнозировать поведение системы на дальнейших этапах жизненного цикла. Испытания систем проводятся, как правило, на этапе их отработки, т.е. до принятия в эксплуатацию.

Испытания обычно подразделяются на ряд этапов (реализуемых на различных иерархических уровнях). В настоящее время наиболее правильный подход к процессу испытаний состоит в подходе к нему с позиций системотехники. В технической литературе часто в значении термина «испытания» употребляют термины «контроль» и «проверка». Условимся, последние термины считать синонимами и в целом менее общими, чем термин «испытания», в дальнейшем контролем и проверкой будем называть операции, которыми обеспечивается проведение процесса испытаний. Целью этих операций является получение действительных значений каких-то параметров или факторов и, как правило, установление их соответствия заданным требованиям.

На этапе эксплуатации контроль может иметь самостоятельное значение и проводится, как правило, с целью установления точности прогноза или в интересах диагностики. Приведенные определения ни в коей мере не претендуют на единственность их трактовки.

Модель системы формулируется вначале в терминах технических требований и заданиях на проектирование в виде набора каких-то заданных «эталонных» показателей качества $q_1, q_2, \dots, q_k, \dots, q_n$.

В процессе испытаний определяются измеренные значения этих показателей, называемые оценками: $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$. В силу ошибок измерения и ограниченности факторов, учитываемых при проведеном испытании, оценки $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ являются случайными. Качество системы обычно оценивается разностью между эталонными и измеренными показателями

$$\xi_k = |q_k - \xi_k|, \quad k = 1(l)n$$

По результатам проверки условия $\Delta \xi_k < \Delta q_{k, \text{доп}}$, где $q_{k, \text{доп}}$ – допустимое значение разности между эталонным и измеренным при испытаниях значением показателя, принимается решение о допуске системы к использованию по назначению. При невыполнении этого условия, в первую очередь, приводится анализ причин, вызвавших недопустимое отклонение этого показателя, а затем принимается решение повторить испытания, произвести доработку системы и т.д.

Совершенно очевидно, что требовать полного соответствия между q_k и ξ_k не имеет смысла. Величина $\Delta q_{k, \text{доп}}$ обычно определяется требуемой полнотой и достоверностью испытаний. Полнота испытаний, как это следует из вышеизложенного, является показателем, характеризующим

объём информации о системе, получаемой в процессе её испытаний. Ее можно, например, представить в виде разности

$$\Delta \xi_l = |q_k(b_1, b_2, \dots, q_m, x_1, \dots, x_n) - \xi_k(b_1, \dots, b_s, \dots, x_1, \dots, x_r)|,$$

где $s < m$, $r < n$.

Таким образом, причиной случайности величины ξ_k в данном случае может являться исключение из эксперимента некоторых факторов (испытательных воздействий или условий), характеризующих режим эксплуатации системы, а также определённые ограничения по учёту некоторых параметров системы.

По существу, при проведении эксперимента и обработке его результатов целесообразно использовать только значащие факторы и параметры. К ним следует отнести такие факторы и параметры, не учёт которых может привести к недопустимому отклонению от заданных значений параметров.

В технической литературе встречаются и другие критерии, так или иначе связанные с полнотой испытаний. Вопросы научного обоснования требуемой полноты испытаний до сих пор ещё относятся к числу не до конца решённых проблем. Достоверность испытаний, как это следует из вышеизложенного, характеризуется вероятностным показателем, т.е. степенью соответствия полученных на основе измерений оценок действительным значениям показателей качества

$$P(\Delta \xi_k \leq \Delta q_{k, \text{доп}}) = P[(q_k - \xi_k) \leq \Delta q_{k, \text{доп}}],$$

где q_k – оценка показателя при отсутствии ошибок измерений и полном учете всех эксплуатационных факторов, действующих на систему; ξ_k – оценка показателя качества в условиях ошибок измерений и при ограничении полноты учёта факторов и параметров в испытаниях.

Кроме сформулированной основной задачи испытаний предметом исследования теории испытаний являются и другие задачи. Решение задач испытаний проводится с учётом экономических, временных, ресурсных и других ограничений. Для решения отдельных задач испытаний, строятся различные модели, а для исследования этих моделей используются соответствующие их содержанию научные методы.

Таким образом, одной из задач натурных испытаний технических систем является разработка и построение их математических моделей, которые в дальнейшем используются для прогнозирования эксплуатационных и технических характеристик объектов испытаний в процессе эксплуатации.

В докладе предложен новый вариант процедуры обеспечения полноты испытаний. Приведена модель испытаний типа «чёрный ящик».

Демидов Алексей Алексеевич, аспирант каф. РЭС, MIsccompany@mail.ru
Лупцов Антон Алексеевич, аспирант каф. РЭС, samsung@mail.ru
Шестаков Дмитрий Александрович, аспирант каф. РЭС, shestakov.da@ssau.ru