

УДК 623.4.017

Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПЛАНИРОВАНИЯ ИСПЫТАНИЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассматриваются проблемные вопросы организации и планирования испытаний сложных технических систем. Анализируются основные направления их решения. Предлагаются методические рекомендации к решению этих вопросов, основанные на представлении системы испытаний как иерархической структуры и позволяющие рационально перераспределить общий объем испытаний между уровнями испытаний.

Ключевые слова: планирование испытаний на надежность, сложная техническая система.

Введение

Постановка проблемы. Разработка таких сложных технических систем (СТС), как зенитный ракетный комплекс, летательный аппарат, представляет собой итеративный процесс, состоящий из ряда последовательных этапов. На каждом этапе проводится ряд разнообразных экспериментальных исследований – испытаний. Эти испытания направлены на отработку проектируемой системы, улучшение ее характеристик. При этом с ростом сложности проектируемых систем повышаются затраты времени и средств на подготовку и проведение таких испытаний. Стоимость испытаний СТС может составлять до 35 % от стоимости разработки, а продолжительность разработки – до 50 % от общего времени разработки [1, 2]. В связи с этим решение задач сокращения сроков и стоимости разработки новых СТС путем повышения эффективности испытаний является актуальным.

Анализ литературы. Систему испытаний (СИ) можно рассматривать как организационно-техническую систему, включающую объект испытаний, нор-

мативную документацию (общая схема испытаний, программа испытаний и др.), средства испытаний, испытателей. Ее разработка должна начинаться уже на этапе эскизного проектирования. В процессе технического проектирования и разработки опытных образцов должна производиться детализация программы испытаний (ПИ), при этом в конструкции системы должны быть учтены требования, выдвигаемые испытаниями, а именно: возможность измерений и контроля параметров, проведения диагностирования и др. При проектировании СТС одновременно должно создаваться специальное испытательное оборудование (средства испытаний) [1, 2]. СИ, как и проектируемая система, является СТС, и характеризуется многоуровневой структурой, разнородностью решаемых задач, неоднородностью получаемой информации и др.

В настоящее время сформировались общая теория испытаний СТС, ее основные элементы [2 – 4], однако отсутствует единый теоретический подход к организации и планированию испытаний. Это приводит к:

– избыточной и часто противоречивой номенклатуре показателей качества;

– использованию недостаточно обоснованных количественных требований;

– большому количеству методов, средств и результатов испытаний.

Все это, в свою очередь, часто приводит к ошибочным решениям о постановке неотработанных образцов на производство, их приемку, недопустимым расхождением результатов испытаний, проведенным заказчиком и потребителем и т.д. В связи с этим необходима разработка методических вопросов организации и планирования испытаний СТС.

Цель статьи. Разработка методических вопросов организации и планирования испытаний СТС.

Основная часть

Основные теоретические и практические результаты получены в направлении использования для планирования испытаний моделей прогноза изменения характеристик системы в процессе ее разработки. Цель таких испытаний – обнаружение дефектов, допущенных при проектировании и производстве, которые приводят к снижению эффективности СТС в эксплуатации [2 – 5]. Изменение показателей эффективности (ПЭ) системы имеет определенный регулярный характер и может быть описано соответствующей моделью. Параметры этих моделей оценивают по данным испытаний ближайших аналогов статистическими методами и в связи с этим зависят от наличия дефектов в системе, от способности ПИ их выявить.

Модели динамики изменения ПЭ характеризуют, в основном, эффективность ПИ. С их помощью можно определить ориентировочные сроки и стоимости экспериментальной отработки. Модели, разрабатываемые для соответствующих компонентов СТС и различных видов испытаний, должны обеспечивать решение задач [2 – 5]:

– определение необходимого уровня отработанности конструктивных элементов;

– обоснование состава и последовательности испытаний;

– оценка завершенности отдельных видов испытаний и возможности перехода к последующим испытаниям.

По результатам решения этих задач целесообразно разработать рекомендации по структуре комплексной ПИ СТС. Комплексная ПИ должна иметь иерархическую структуру, связанную с иерархической структурой испытываемой системы, т.е. включать в себя испытания средств СТС, функциональных систем, модулей и т.д.

При разработке комплексной ПИ должна быть учтена специфика каждого уровня испытаний и проведено распределение общего объема испытаний (ОИ) между различными уровнями испытаний. Анализ результатов испытаний СТС подтверждает необходимость иерархического построения ПИ и особо тщательной отработки на низших уровнях иерархии [1, 2]. Нижние уровни иерархии испытаний характеризуются меньшей гарантией качества и надежности функционирования СТС, что обусловлено невозможностью

оценить при проведении автономных испытаний взаимовлияния отдельных видов оборудования. Такие испытания целесообразно проводить в случае высокой интенсивности обнаруживаемых дефектов за счет более простого и дешевого способа выявления и устранения дефектов.

Завершающие комплексные виды испытаний дают большую гарантию качества и надежности СТС, так как позволяют оценивать характеристики системы в целом в условиях, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации. Однако локализация дефектов в функциональных узлах, подсистемах затруднена, а иногда и невозможна без проведения специальных диагностических испытаний ее отдельных подсистем, функциональных узлов и т.д.

При разработке ПИ необходимо использовать преимущества каждого вида испытаний и предусматривать проведение испытаний с максимально возможной интенсивностью обнаружения дефектов с последующим переходом на испытания, обеспечивающие требуемую гарантию качества и надежности [6].

В современных ПИ СТС основной ОИ переносится на нижние уровни иерархии, особо тщательно отрабатываются комплектующие изделия, возможные их взаимосвязи и влияние внешних условий с использованием методов математического и полунатурного моделирования. При таком подходе уменьшается вероятность необнаружения дефектов к началу проведения завершающих испытаний, где стоимость их устранения по сравнению со стоимостью устранения на начальных этапах значительно возрастает (растет по экспоненте [2]). Особенно это актуально для современных летальных аппаратов, где отказы в эксплуатации недопустимы, т.к. связаны с большими человеческими, материальными и другими потерями.

Разрабатываемая ПИ должна учитывать отличия новых разработок от прототипов, предусматривать возможность перепланирования по мере поступления новых данных испытаний отрабатываемых СТС, что увеличивает практическую ценность таких работ.

В работах другого направления испытания рассматриваются как процесс выработки статистического решения. Планирование ОИ осуществляется из условий обеспечения заданной достоверности принимаемых решений [5]. При этом подтверждение требований к ПЭ системы с высокой достоверностью связано с необходимостью проведения большого, как правило, не реализуемого на практике ОИ. При таком подходе под результатом испытаний понимают оценки показателей качества (ПК) объектов испытаний или решения об их соответствии заданным требованиям. Так как на процесс их формирования оказывает влияние ряд случайных факторов, то результат испытаний представляется случайной величиной, характеризуемой некоторым законом распределения. Характерным моментом статистических выводов является распространение результата, полученного на основе

анализа выборки изделий ограниченного объема, на весь парк этих изделий. Точность такого прогноза зависит от объема выборки.

Затраты на проведение таких испытаний растут с уменьшением серийности производства. Так для изделий мелкосерийного производства ($N < 100$) затраты возрастают до 25 % по сравнению с затратами на испытания изделий массового производства ($N > 1000$). При этом нормативная документация требует подтверждения требований не только к средним значениям ПК и надежности, но и нормировки точностных характеристик результатов испытаний (средних квадратичных отклонений, доверительных интервалов и др.)

Налицо противоречие между требованиями нормативной документации и невозможностью их подтверждения по проводимому на практике малому ОИ. Выход в системном подходе к организации испытаний. Испытания по подтверждению требований технических условий к разрабатываемым СТС, является завершающим видом испытаний. К началу их проведения, как правило, накоплено значительное количество информации о качестве функционирования и надежности системы в виде данных моделирования, предварительных испытаний, полученных на разных этапах проектирования. Использование этой априорной информации позволяет существенно повысить точность статистических оценок и результатов, принятых на их основе решений без существенного увеличения ОИ.

В настоящее время к использованию априорной информации применяются различные подходы, а именно: методы объединения априорной и апостериорной информации; переход к параметрическим моделям; использование методов активного эксперимента и др. Эти подходы основаны на исследовании моделей, описывающих особенности испытаний и эксплуатации СТС. Построение моделей основано на накоплении, систематизации и обработке данных испытаний разрабатываемых систем.

Решение задач информационного обеспечения испытаний возможно при автоматизации как испытаний, так и систем сбора и обработки информации в частности.

Несмотря на ряд нерешенных теоретических вопросов организации и планирования испытаний, в целом теория испытаний значительно опережает практику [4, 5]. В [1, 6] показаны следующие основные проблемы практики испытаний:

– низкий уровень автоматизации испытаний – слабое развитие информационного обеспечения

испытаний (включающего построение адекватных моделей функционирования объектов испытаний);

– неиспользование или низкий уровень использования априорной информации;

– несистематизированность нормативной документации, широкая номенклатура точностных характеристик результатов испытаний и др.

В настоящее время практически отсутствуют: рекомендации по выбору контролируемых показателей; однозначной связи между контролируемыми показателями и правилами подтверждения требований к ним; обоснования ОИ и правомерности использования априорной информации. Из перечисленных проблем практики следует, что разработка эффективных программ и методик испытаний требует от специалистов высокого уровня теоретической подготовки, в том числе в области статистических методов.

Выводы

Решение перечисленных проблемных вопросов теории и практики планирования и организации испытаний СТС позволит разрабатывать эффективные программы и методики их испытаний, что, в свою очередь, позволит повысить эффективность испытаний СТС, а, следовательно, и их качество и надежность.

Список литературы

1. Александровская Л.Н. *Современные проблемы теории и практики организации испытаний сложных технических систем* / Л.Н. Александровская, В.М. Мионов // *НиКК №4*. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – С. 6-15.
2. *Летные испытания ракет и космических аппаратов* / Е.И. Кринецкий, Л.Н. Александровская, А.В. Шороков и др. / Под ред. Е.И. Кринецкого. – М.: Машиностроение, 1979. – 964 с.
3. *Исследования по общей теории систем* / Под ред. В.М. Садовского. – М.: Прогресс, 1969. – 376 с.
4. *Элементы теории испытаний и контроля технических систем* / Под ред. Р.М. Юсупова. – Л.: Энергия, 1978. – 256 с.
5. *Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т.* / Ред. совет: В.С. Авдеевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1989. – Т.6: *Экспериментальная отработка и испытания*. – 376 с.
6. Александровская Л.Н. *Методология анализа результатов испытаний технологического оборудования ГПС* / Л.Н. Александровская, В.М. Мионов. – М.: Издательство Института повышения квалификации руководящих работников Минхиммаша, 1987.

Поступила в редколлегию 2.06.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.А. Демидов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПЛАНУВАННЯ ВИПРОБУВАНЬ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Б.М. Ланецький, В.В. Лук'яничук

Розглядаються проблемні питання організації та планування випробувань складних технічних систем. Аналізуються основні напрямки їх вирішення. Пропонуються методичні рекомендації до вирішення тих питань, які основані на представленні системи випробувань як ієрархічної структури та дозволяючи раціонально перерозподілити загальний обсяг випробувань між рівнями випробувань.

Ключові слова: планування випробувань на надійність, складна технічна система.

PROBLEM-SOLVING QUESTIONS OF THE ORGANIZATION AND THE PLANNING OF THE TEST OF THE COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

B.N. Lanetskij, V.V. Lukjanchuk

They Are Considered problem-solving questions to organizations and planning the test the complex technical systems. The main trends of their decision are Analysed. Methodical recommendations are Offered to decision of these questions, founded on presentation of the system of the test as hierarchival structure and allowing rationally redistribute general volume of the test between level of the test.

Keywords: *planning the test on reliability, complex technical system.*

