

УДК 623.4.017

Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук, В.В. Кобзев

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков*

## СОКРАЩЕНИЕ ОБЪЕМОВ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ ГРУППЫ ОДНОТИПНЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Предлагается подход к планированию и проведению контрольных испытаний на надежность группы однотипных изделий с принятием решения по каждому из изделий, при котором обеспечивается сокращение объемов контрольных испытаний. Разработаны предложения по сокращению объемов контрольных испытаний на надежность группы однотипных изделий за счет усовершенствования стратегии контрольных испытаний с принятием решения по каждому из изделий в группе.*

**Ключевые слова:** контрольные испытания на надежность, объем испытаний.

### Введение

**Постановка проблемы.** Проведение работ по продлению назначенных сроков службы (ресурсов) технических изделий, и в частности, радиоэлектронных комплексов (РЭК), предполагает проведение контрольных испытаний (КИ) с целью установления (или подтверждения) их соответствия заданным требованиям по показателям надежности (ПН) и функционального назначения.

При проведении контрольных (приемочных, периодических, приемо-сдаточных) испытаний, как правило, специальные испытания на надежность не проводятся, а предусматриваются совмещенные испытания, при которых контроль ПН проводится одновременно с контролем показателей функционального назначения (ПФН) (например, контроль показателей "средняя наработка на отказ" и "продолжительность непрерывной работы"). Высокие требования к ПН РЭК приводят к большим объемам высокотратных КИ с целью контроля (или подтверждения) ПН с заданным качеством.

Таким образом, задача снижения стоимостных и других затрат на проведение КИ РЭК на надежность при обеспечении заданных требований к достоверности контроля, является актуальной.

**Анализ литературы.** В нормативной документации и научно-технической литературе рассмотрены две группы методов контроля ПН сложных технических систем по экспериментальным данным: расчетно-экспериментальные и экспериментальные [1, 2]. Эти группы методов могут быть реализованы с использованием одного из методов контроля: одноступенчатого, последовательного, при помощи доверительных границ [3]. Существующие методики планирования КИ [4, 5, 6] предполагают формирование объекта испытаний (о.и.) на надежность и последующее проведение его испытаний. При этом состав о.и. в процессе КИ не меняется. Известны два варианта формирования о.и. по количественному составу, а именно: одно или несколько однотипных изделий.

При первом варианте обеспечивается заданный риск потребителя при максимальных затратах на проведение КИ, при втором – заданный риск потребителя для группы изделий при минимальных затратах. В результате проведения таких КИ в соответствии с решающим правилом возможна либо приемка всех изделий, либо их браковка. В случае негативного результата также может быть предусмотрено проведение КИ каждого из изделий в отдельности.

Эти подходы являются нерациональными с точки зрения больших величин затрат на проведение их испытаний на надежность. Снижение этих затрат может быть достигнуто путем корректировки количества испытываемых РЭК на каждом этапе испытаний.

**Цель статьи.** Разработка предложений по сокращению объемов КИ на надежность группы однотипных изделий за счет усовершенствования стратегии КИ с принятием решения по каждому из изделий в группе.

### Основная часть

Пусть необходимо провести КИ  $N$  однотипных изделий по ПН типа "наработка". Далее, для конкретизации, в качестве ПН будем рассматривать показатель безотказности (ПБ) "средняя наработка на отказ" и соответствующий ПФН "продолжительность непрерывной работы" РЭК.

В результате проведения КИ необходимо принять решение о соответствии (несоответствии) каждого изделия из состава о.и. по вышеназванному ПН установленным требованиям при обеспечении величины риска заказчика не более заданной  $\beta$ .

Для контроля ПН РЭК будем использовать одноступенчатый метод контроля по одному контрольному уровню (требуемое значение ПН) с ограничением суммарной продолжительности испытаний и браковочного числа (б.ч.).

Перед началом испытаний формируется о.и. в составе  $N$  однотипных однородных с точки зрения безотказности изделий.

Условие однородности однотипных изделий, подвергаемых испытаниям, позволяет рассматривать их испытания как "параллельные испытания" на надежность. При этом значительно сокращается продолжительность КИ, однако решение по результатам таких КИ (как в случае приемки, так и в случае браковки) принимается сразу по всем изделиям, подвергаемым испытаниям.

В предлагаемом подходе сначала для сформированного о.и. рассчитываются параметры планов КИ на надежность, при этом в качестве б. ч. отказов  $r_{бр}$  рассматриваются все возможные варианты

$$1 < r_{бр} \leq N + 1.$$

Решение о соответствии о.и. установленным требованиям по ПБ "средняя наработка на отказ" принимается в случае, когда фактическое количество отказов за заданную суммарную наработку менее соответствующего ей б. ч. отказов. В противном случае принимается решение о несоответствии о.и. При этом остается открытым вопрос о дальнейшей "судьбе" изделий из состава о.и., т.к. к браковке всего о.и. может привести всего одно (хотя бы одно) ненадежное изделие. Необоснованная приемка может приводить к удорожанию эксплуатации парка данных изделий, а браковка к необходимости проведения ремонта либо других мероприятий. Поэтому предлагается корректировать состав о.и. в процессе проведения КИ в зависимости от текущих результатов КИ изделий и осуществлять переход к КИ с меньшим числом изделий в составе о.и. и новым значением б. ч. отказов за заданную суммарную наработку.

Реализация этого подхода на практике имеет следующий вид.

Если в процессе проведения КИ фактическое число отказов  $d$  о.и. не превысило значение  $r_{бр}$  и при этом не было двух отказов одного и того же изделия из состава о.и., то испытания продолжают до тех пор, пока суммарная наработка  $T$  о.и. достигнет установленное планом значение и число отказов будет менее соответствующего ей б. ч. отказов, при этом принимаются все  $N$  изделий из состава о.и. на надежность при величине риска потребителя не превышающей заданную  $\beta$ .

Если же в процессе испытаний фактическое число отказов  $d$  о.и. превысило установленное планом значение  $r_{бр}$  за фиксированную наработку, то бракуется только изделие из состава о.и., которое отказало дважды, после чего корректируется состав о.и. в составе  $(N - 1)$  оставшихся изделий. Далее КИ продолжают и вся накопленная статистическая информация (суммарная наработка, количество возникших отказов) об изделиях, вошедших в состав о.и. учитывается при КИ скорректированного о.и.

Данная процедура повторяется до приемки скорректированного о.и. либо до браковки скорректированного о.и. в составе одного изделия. При этом максимальная продолжительность испытаний этого изделия соответствует требуемой продолжительности испытаний одного изделия.

Предложенный подход к планированию и проведению КИ на надежность группы однотипных изделий позволяет сократить затраты на проведение КИ за счет того, что в случае приемки о.и. принимаются все изделия из его состава, а в случае браковки — бракуется только изделие, отказавшее дважды, а испытания продолжают для откорректированного состава о.и. с целью подтверждения уровня надежности оставшихся изделий.

Рассмотрим пример планирования КИ четырех РЭК по ПБ "средняя наработка на отказ". Параметры планов одноступенчатых одноуровневых КИ на надежность по выбранному ПБ для различного состава о.и. приведены в таблице 1.

Таблица 1

Планы контрольных испытаний на надежность по ПБ "средняя наработка на отказ"

Номер плана испытаний	Состав объекта испытаний	Параметры планов КИ на надежность	
		суммарная наработка, ч	браковочное количество отказов
1	один РЭК	51,7	2
2.1	два РЭК	25,8	2
2.2		44,6	3
3.1	три РЭК	29,7	3
3.2		41,6	4
4.1	четыре РЭК	24	3
4.2		32,2	4
4.3		40	5

Правило приемки о.и. формулируется в соответствии со структурной схемой, приведенной на рис. 1.

Решение о соответствии о.и. установленным требованиям по ПБ "средняя наработка на отказ" принимается в случае, когда фактическое количество зачетных отказов за заданную суммарную наработку менее соответствующего ей б. ч. (табл. 1). Параметры планов КИ на надежность выбираются таким образом, чтобы в результате совмещенных испытаний обеспечить приемку каждого изделия и по ПФН.

В процессе проведения совмещенных испытаний предусматривается переход к плану испытаний с большим б. ч. отказов (табл. 1) в случае, когда зафиксировано по одному отказу каждого изделия из состава о.и.

Решение о несоответствии о.и. установленным требованиям по ПБ принимается в случае, когда

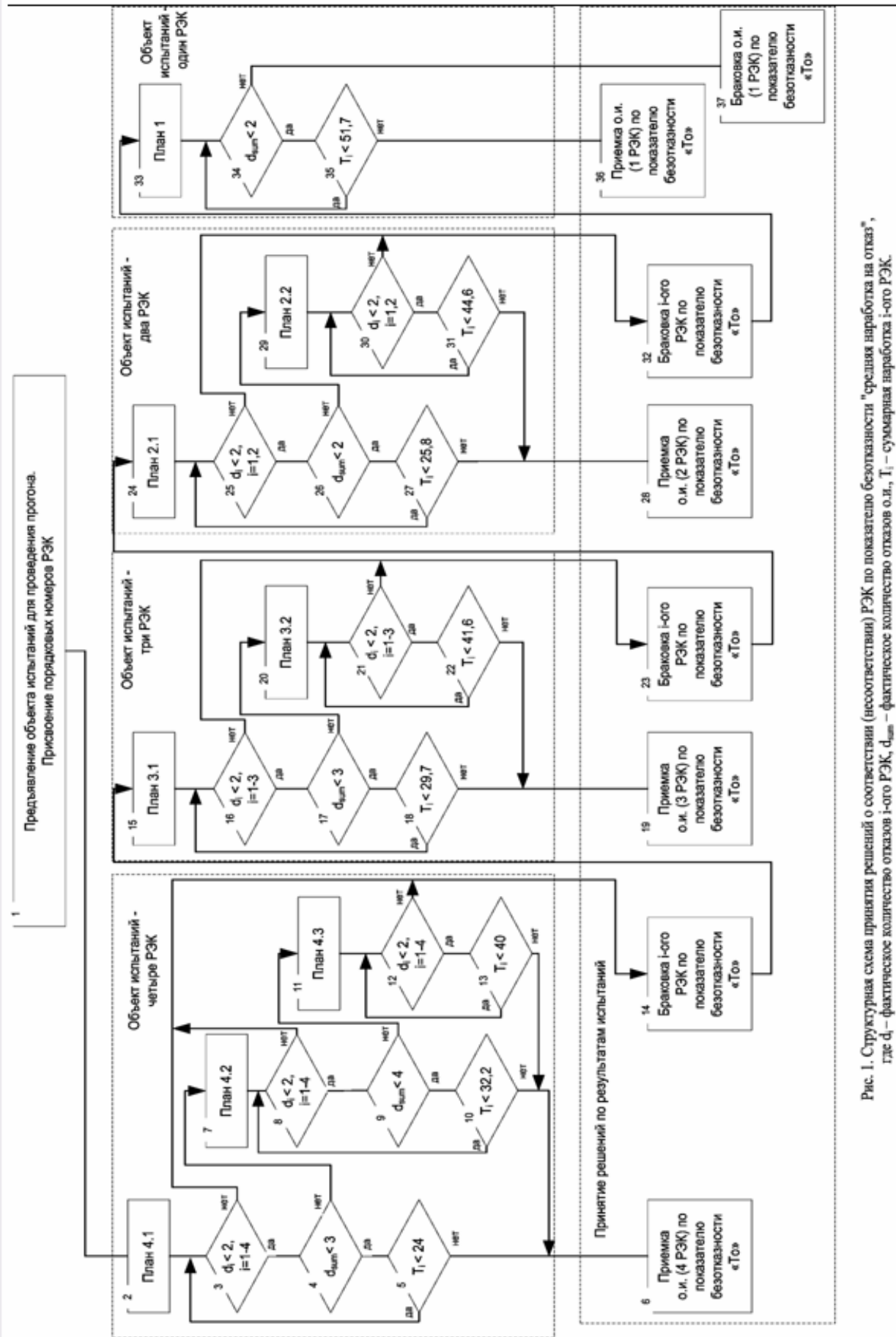


Рис. 1. Структурная схема принятия решений о соответствии (несоответствии) РЭК по показателю безотказности "средняя наработка на отказ", где  $d_i$  – фактическое количество отказов i-ого РЭК,  $d_{sum}$  – фактическое количество отказов о.и.,  $T_i$  – суммарная наработка i-ого РЭК.

фактическое количество зачетных отказов хотя бы одного РЭК, входящей в состав о.и., достигло двух при условии, что ее суммарная наработка не достигла заданного в плане испытаний значения. При этом принимаются решения о несоответствии данного РЭК установленным требованиям по ПБ "средняя наработка на отказ", исключении ее из состава о.и. (если количество РЭК в составе о.и. не менее двух) и переходе к плану испытаний, который соответствует скорректированному составу о.и.

Вышеизложенное показывает, что использование предложенного подхода позволяет при положительном результате принять все четыре РЭК при обеспечении величины риска потребителя не более  $\beta$  за 24 часа, тогда как приемка одного РЭК при раздельных испытаниях (в случае браковки о.и. из 4 РЭК) потребует проведения испытаний в течение 51,7 часа. При отрицательном результате испытаний объекта из 4 РЭК происходит браковка только одного РЭК (а не всей группы), корректировка состава о.и. с сохранением всей статистической информации и продолжение испытаний с параметрами плана, соответствующего новому количественному составу о.и. При этом продолжительность проведения таких испытаний снижается в среднем на 30 %.

### Выводы

Таким образом, предложен подход к планированию и проведению КИ на надежность группы однотипных РЭК, обеспечивающий сокращение объемов этих испытаний. Данный подход предполагает формирование о.и. в виде группы однотипных изделий. В результате проведения испытаний может быть принято одно из следующих решений:

– в случае положительного результата все изделия из состава о.и. принимаются с величиной риска потребителя не более заданной, при этом испытания прекращаются;

– в случае отрицательного результата испытания продолжаются, при этом выявляется изделие из состава о.и., не соответствующее требованиям, о.и. корректируется с последующим продолжением испытаний скорректированного о.и. при новых параметрах плана КИ.

Испытания продолжаются до приемки скорректированного о.и. или до браковки скорректированного о.и., представленного одним изделием.

Использование данного подхода позволяет существенно снизить затраты на проведение высокозатратных КИ на надежность дорогостоящих сложных технических систем.

### Список литературы

1. Аронов И.З., Бурдасов Е.И. Оценка надежности по результатам сокращенных испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 184 с.
2. Беляев Ю.К. Вероятностные методы выборочно-го контроля. – М.: Наука, 1975. – 408 с.
3. ГОСТ 27.410-87. Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность. – М.: Госстандарт СССР, 1987. – 109 с.
4. Волков Л.И., Рудаков В.Б. Статистический контроль иерархических систем. – М.: СИП РИА, 2002. – 360 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 обработка и испытания. – 376 с.
6. Надежность технических систем / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, Б.В. Болотин и др. / Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.

Поступила в редколлегию 9.06.2008

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

### СКОРОЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ КОНТРОЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ НА НАДІЙНІСТЬ ГРУПИ ОДНОТИПНИХ ВИРОБІВ

Б.М. Ланецький, В.В. Лук'янчук, В.В. Кобзев

*Пропонується підхід до планування та проведення контрольних випробувань на надійність групи однотипних виробів з прийманням рішень по кожному з виробів при якому забезпечується скорочення об'ємів контрольних випробувань. Розроблені пропозиції по скороченню об'ємів контрольних випробувань на надійність групи однотипних виробів за рахунок удосконалення стратегії контрольних випробувань з ухваленням рішення по кожному з виробів в групі.*

**Ключеві слова:** контрольні випробування на надійність, обсяг випробувань.

### REDUCTION OF THE VOLUMES OF THE CHECK TESTS ON RELIABILITY OF THE GROUP SISTER PRODUCT

B.N. Lanetskij, V.V. Lukjanchuk, V.V. Kobzev

*Approach is offered to planning and undertaking the check tests on reliability of the group sister product with decision making on each of product under which is provided reduction of the volumes of the check tests. Developed suggestion on reduction of volumes of reliability tests of controls group of of the same types wares due to the improvement of strategy of tests of controls with a decision-making on each of wares in a group.*

**Keywords:** check tests on reliability, volume of the test.