ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ НА ЭТАПЕ ПРОИЗВОДСТВА

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГОН ИЗДЕЛИЙ БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

ГОСТ 23502—79

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 658.562 : 006.354 Группа Т59

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ НА ЭТАПЕ ПРОИЗВОДСТВА

Технологический прогон изделий бытового назначения

Reliability assurance at the manufacturing stage. Technological burn-in of the consumer's goods

ГОСТ 23502—79

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 22 февраля 1979 г. № 691 срок введения установлен

с 01.01. 1980 г.

Настоящий стандарт распространяется на изделия бытового назначения и устанавливает основные требования по организации, определению продолжительности и порядку внедрения технологического прогона изделий бытового назначения и основных комплектующих элементов к ним.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Технологический прогон — это заключительный этап процесса изготовления изделия, представляющий собой относительно непродолжительную его работу (применение в соответствии с назначением) в условиях, близких к эксплуатационным, с целью обнаружения и устранения скрытых дефектов.

1.2. Технологическому прогону подвергают изделия тех типов, для которых установлен период приработки и выявлена экономическая эффективность введения прогона.

1.3. Периодом приработки называется возможный начальный период времени существования (наработки) изделия, в течение которого имеет место устойчивая тенденция к уменьшению параметра потока отказов (для восстанавливаемых изделий), что обусловлено наличием, постепенным выявлением и устранением скрытых дефектов.

1.4. Период приработки принято считать закончившимся, когда уменьшение параметра потока (интенсивности) отказов согласно установленным критериям можно полагать практически прекратившимся.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

Переиздание. Апрель 1982 г.

© Издательство стандартов, 1983

После периода приработки обычно имеет место относительно продолжительный период стабильной безотказности, когда случайные колебания параметра потока (интенсивности) отказов сравнительно незначительны и примерно равновероятны относительно среднего постоянного уровня.

Изделия некоторых типов не имеют периода стабильной безотказности. Вслед за периодом приработки или сразу после изготовления у них начинается период ускоренного изнашивания и (или) старения, характеризующийся устойчивой тенденцией к увеличению параметра потока (интенсивности) отказов со временем эксплуатации изделия. Технологический прогон таких изделий обычно нецелесообразен.

1.5. Наличие периодов приработки и стабильной безотказности у изделий определенного типа устанавливается по имеющимся статистическим данным об интервалах времени (наработках) таких изделий между их отказами на начальном этапе эксплуатации или при испытаниях. Если необходимые статистические данные для установления наличия периода приработки отсутствуют, то должны проводиться специальные испытания контрольных изделий.

1.6. Продолжительность технологического прогона изделия, как правило, составляет лишь часть периода его приработки.

1.7. Технологическому прогону подвергают 100% выпускаемых изделий.

1.8. Проведение технологического прогона позволяет:

выявлять и устранять скрытые дефекты, допущенные в процессе проектирования и изготовления;

стабилизировать технические характеристики изделия;

устранять явные дефекты, случайно не обнаруженные при техническом контроле;

существенно сокращать попадание к потребителю изделий со скрытыми дефектами;

принимать меры по устранению причин, вызывающих появление скрытых дефектов;

получать информацию, которая может быть использована для управления качеством продукции и технологических процессов;

проводить взаимную приработку отдельных элементов изделия.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГОНА

2.1. Подразделение надежности предприятия-изготовителя (или другое подразделение, на которое возложены функции координации обеспечения надежности продукции) проверяет всю номенклатуру выпускаемых изделий на наличие периода приработки и экономическую эффективность введения прогона.

2.2. Согласно заключению о наличии периода приработки и экономической эффективности введения прогона в технологический процесс производства вводится технологический прогон 100% изделий соответствующих типов.

2.3. Проведение технологического прогона конкретного изделия осуществляется в соответствии с отраслевым стандартом (ОСТ) или стандартом предприятия (СТП), которые разрабатываются в развитие настоящего стандарта.

ОСТ или СТП должны регламентировать:

внешние условия проведения технологического прогона;

режимы работы изделия при прогоне и продолжительность каждого режима;

перечень контролируемых в процессе прогона параметров, периодичность проверок, точность измерений;

формы учета отказов и дефектов, выявленных при прогоне;

порядок обработки результатов прогона;

порядок разработки и реализации мероприятий по устранению причин возникновения дефектов;

порядок расчета экономического эффекта от внедрения технологического прогона.

2.4. Условия проведения прогона должны соответствовать наиболее жестким условиям эксплуатации, установленным в нормативно-технической документации на данное изделие. В частности, должна учитываться необходимость работы при пониженном и повышенном напряжении питания электро- и радиотехнических изделий, а также необходимость реализации переходных процессов при достаточно частых включениях, выключениях и других подобных операциях.

2.5. Нагрузки на изделие при прогоне не должны выходить за пределы, допускаемые нормативно-технической документацией на данное изделие.

2.6. Оптимальная продолжительность прогона определяется согласно данному стандарту по статистическим данным о интервалах времени (наработки) между отказами на начальном этапе существования изделий и по данным о затратах завода на технологический прогон и гарантийные ремонты или замены.

2.7. Периодичность проверок, в случае отсутствия автоматической индикации отказов, должна обеспечить фиксацию момента каждого отказа с погрешностью, не превышающей допускаемую.

2.8. Формы учета отказов и дефектов должны быть разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ 17526—72 к первичным формам учета и предусматривать возможность машинной обработки данных, получаемых при прогоне.

2.9. При разработке мероприятий по устранению причин возникновения отказов и дефектов должны быть предусмотрены сроки и порядок контроля их реализации.

2.10. Правильность проведения технологического прогона контролирует подразделение надежности или другое соответствующее подразделение предприятия-изготовителя.

2.11. После окончания технологического прогона очередной партии изделий сводная ведомость отказов и дефектов, выявленных при прогоне, направляется в цеха-изготовители и в отделы главного технолога, технического контроля и надежности для анализа и разработки мероприятий по устранению причин возникновения отказов и дефектов. Форма сводной ведомости приведена в справочном приложении 1.

2.12. В соответствии с установленной в отрасли периодичностью сводная ведомость отказов и дефектов должна направляться в головной институт.

3. ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ОБ ОТКАЗАХ

3.1. Продолжительность технологического прогона определяется на основании результатов испытаний контрольных изделий или по статистическим данным о результатах начального этапа их эксплуатации.

3.2. Необходимое число контрольных изделий или исходных статистических данных определяется, исходя из требуемой точности и достоверности оценки и ожидаемой продолжительности периода приработки в соответствии с ГОСТ 17510—79.

3.3. Для испытания контрольных изделий принимается план [NRT], при котором отказавшие восстанавливаемые изделия ремонтируются, а невосстанавливаемые заменяются новыми. При этом возможно незначительное уменьшение числа испытываемых восстанавливаемых изделий по сравнению с начальным N, обусловленное снятием с испытаний изделий с неустранимыми дефектами или со значительными дефектами, устранение которых требует недопустимо продолжительного ремонта.

3.4. Исходные статистические данные должны основываться на одинаковой суммарной наработке T каждого восстанавливаемого и каждого неотказавшего невосстанавливаемого изделия. Значение T выбирают несколько превышающим ожидаемую продолжительность периода приработки.

3.5. Для любых изделий необходимо по возможности обеспечить непрерывный контроль их работоспособности. Периодический контроль вносит дополнительную погрешность в определяемую функцию $\omega(t)$, что обусловлено задержками обнаружения возник-

новения отказов. Поэтому периодический контроль должен быть достаточно частым.

При выборе периодичности контроля необходимо учитывать, что на начальном этапе прогона будет возникать, как правило, наибольшее число отказов. Поэтому периодичность контроля должна быть по возможности переменной с учетом предыдущего опыта контроля: чем чаще ожидается возникновение отказов, тем меньше должен быть промежуток текущей наработки между смежными проверками.

3.6. Исходными статистическими данными являются:

j — порядковый номер проверки работоспособности изделия при ее периодическом контроле или номер отказа при непрерывном контроле (например, при автоматической индикации возникновения отказа); $j=0,1,2,\ldots,n$;

t_j — наработка до j-й проверки или до j-го отказа, причем $t_0=0$;

N_j — число работоспособных изделий, находящихся под наблюдением (испытываемых), начиная от момента $t=t_{j-1}$;

m_j — число отказов, возникших на интервале (t_{j-1}, t_j) при непрерывном контроле работоспособности $m_j=1$;

τ_j — наработка испытываемых (наблюдаемых) изделий, приходящаяся на один отказ, в интервале (t_{j-1}, t_j), определяемая по формуле;

ω_j — величина, обратная τ_j.

Для периодически контролируемых восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий τ_j вычисляют по формуле

$$\tau_j \approx \frac{N_j}{m_j}(t_j - t_{j-1}), \qquad (1)$$

где $\frac{N_j}{m_j} > 10$. При $\frac{N_j}{m_j} < 10$, $\tau_j \approx \left(\frac{N_j}{m_j} - 0{,}5\right)(t_j - t_{j-1})$.

Для непрерывно контролируемых восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий

$$\tau_j = N_j(t_j - t_{j-1}).$$

Формулы для определения величины τ справедливы при условии, что на время контроля и восстановления работоспособности или замены изделий все испытываемые (наблюдаемые) изделия прекращают работу, либо продолжительность контроля и восстановления значительно меньше интервала текущей наработки между смежными проверками.

Если при периодическом контроле для некоторого j имеем $m_j=0$, полагаем $\tau_j=\tau_{j+1}$ и

$$\tau_{j+1}=\frac{N_j(t_{j+1}-t_{j-1})}{m_{j+1}}, \qquad (2)$$

Величину ω_j вычисляют по формуле

$$\omega_j=\frac{1}{\tau_j}. \qquad (3)$$

3.7. Указанные в п. 3.6 исходные данные записывают в табл. 1. Примеры записей приведены в справочном приложении 2.

3.8. Значения ω_j (графа 6 табл. 1) должны образовывать невозрастающую последовательность

$$\omega_1\geqslant\omega_2\geqslant\ \ldots\ \geqslant\omega_j\geqslant\ \ldots\ \geqslant\omega_n.$$

3.9. Если значения ω_j в графе 6 табл. 1 не образуют невозрастающую последовательность, проводят поэтапные усреднения для получения невозрастающей последовательности. Для этого каждое значение ω_j сравнивают с последующим значением ω_{j+1} (сравнение начинается с ω_1).

3.9.1. Если $\omega_j>\omega_{j+1}$, переходят к сравнению со следующим значением ω_{j+2}, а значение ω_j записывают в графу 7 табл. 1 в строку с индексом j.

3.9.2. Если $\omega_j=\omega_{j+1}=\ \ldots\ =\omega_{j+g-1}\leqslant\omega_{j+g}>\omega_{j+g+1}$, то вычисляют усредненное значение

$$\omega_j'=\frac{g+1}{\sum\limits_{i=j}^{i=j+g}\tau_i}, \qquad (4)$$

где $g+1$ — число усредняемых значений ω_j.

3.9.3. Усредненное значение ω_j' записывают $g+1$ раз в графу 7 табл. 1 в строки, начиная с индекса j до $j+g$.

3.9.4. После усреднения значений ω от ω_j до ω_{j+g} переходят к сравнению значений ω_{j+g+1} и ω_{j+g+2} и т. д., пока не будут рассмотрены все значения ω, записанные в графе 6 табл. 1.

3.9.5. Если после проведения первого этапа усреднения значения ω не образуют убывающую последовательность, то проводят вторичное усреднение в соответствии с пп. 3.9.1—3.9.4.

Результаты вычислений записывают в графу 8 табл. 1.

Таблица 1

Номер проверки (отказа) j	Наработка до проверки t_j, ч	Число изделий N_j, шт.	Число отказов m_j, отк	τ_j, ч	ω_j, 1/ч	Первое усреднение ω'_j, 1/ч	Второе усреднение ω''_j, 1/ч	. . .	Последнее усреднение $\overline{\omega}_j$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3.10. Этапы усреднения следует повторять до тех пор, пока не получится убывающая последовательность значений ω.

3.11. Полученные значения ω представляют в виде графика экспериментальной ступенчатой функции $\omega^*(t)$ (черт. 1).

3.12. Если в результате обработки исходных статистических данных не получается убывающая ступенчатая функция, то процесс приработки для данных изделий не имеет места.

3.13. Экспериментальная ступенчатая функция $\omega^*(t)$ аппроксимируется зависимостью:

$$\omega(t) = b_1 e^{-\alpha t} + b_0, \tag{5}$$

где $b_1 > 0$, $b_0 > 0$, $\alpha > 0$ — безразмерные коэффициенты.

3.14. Коэффициент b_0 вычисляют по формуле

$$b_0 = \frac{\omega_1 \cdot \omega_n - \omega_{cp}^2}{\omega_1 + \omega_n - 2\omega_{cp}}, \tag{6}$$

где ω_1 — ордината экспериментальной функции, абсциссу которой t_1 желательно выбрать равной одному из первых значений t_j;

ω_n — ордината экспериментальной функции, для которой абсциссу t_n выбирают равной одному из последних значений t_j;

ω_{cp} — ордината экспериментальной функции, для которой абсциссу t_{cp} вычисляют по формуле

$$t_{cp} = \frac{t_1 + t_n}{2}. \tag{7}$$

3.15. Коэффициент b_1 и α вычисляют по формулам:

$$\ln b_1 = \frac{\sum\limits_{j=1}^{k} x_j^2 \sum\limits_{j=1}^{k} y_j - \sum\limits_{j=1}^{k} x_j y_j \sum\limits_{j=1}^{k} x_j}{k \sum\limits_{j=1}^{k} x_j^2 - \left(\sum\limits_{j=1}^{k} x_j\right)^2}, \tag{8}$$

$$\alpha = \left| \frac{k\sum_{j=1}^{k} x_j y_j - \sum_{j=1}^{k} x_j \sum_{j=1}^{k} y_j}{k\sum_{j=1}^{k} x_j^2 - \left(\sum_{j=1}^{k} x_j\right)^2} \right|, \qquad (9)$$

где k — количество скачков экспериментальной функции;

x_j — расстояние от начала координат до середины интервала (t_{j-1}, t_j)

$$x_j = \frac{t_{j-1} + t_j}{2}, \qquad (10)$$

$$y_j = \ln(\omega_j - b_0). \qquad (11)$$

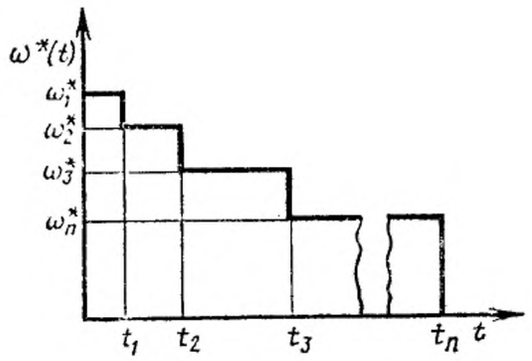
Значения ω_j берут из последней графы табл. 1.

3.16. Расчеты по формулам (8) и (9) представляют в виде табл. 2, где j — порядковый номер ступени (см. черт. 1), x_j — абсцисса середины j-й ступени, определяют по формуле (10), ω_j — ордината j-й ступени, b_0 — вычисляют по формуле (6), y_j — по формуле (11).

Таблица 2

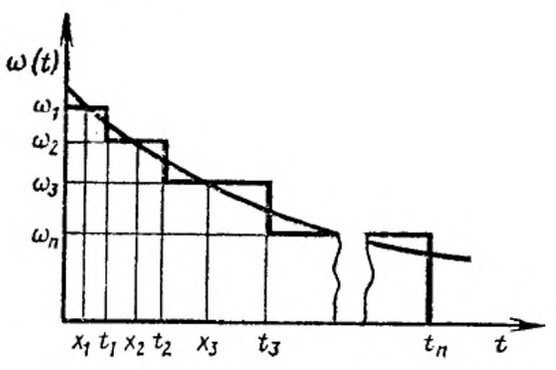
j	x_j	ω_j	$\omega_j - b_0$	y_j	x_j^2	$x_j y_j$

Экспериментальная ступенчатая функция $\omega^*(t)$



Черт. 1

Аппроксимирующая функция вида $\omega(t) = b_{1e}^{-\alpha t} + b_0$



Черт. 2

3.17. По полученным значениям коэффициентов b_0, b_1 и α рассчитывают значения аппроксимирующей функции $\omega(t)=b_1e^{-\alpha t}+b_0$ и строят график (черт. 2).

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГОНА

4.1. Оптимизацию продолжительности технологического прогона осуществляют из условия получения минимальных суммарных затрат завода-изготовителя на проведение технологического прогона и на гарантийные ремонты (или замены) для обеспечения заданного уровня надежности.

4.2. Оптимальную продолжительность $t_{\text{пр}}^{opt}$ вычисляют по формуле

$$t_{\text{пр}}^{opt}=\frac{1}{\alpha}\ln\left[\frac{b_1(C_{\text{гр}}-C_2-C_4)}{C_1+C_3+b_0(C_2+C_4)}\right], \qquad (12)$$

где b_0, b_1, α — безразмерные коэффициенты, полученные по формулам (6), (8), (9);

$C_{\text{гр}}$ — средние затраты завода-изготовителя (или отрасли) на устранение отказа одного изделия в течение гарантийного срока, руб.;

C_1 — заработная плата работников участка технологического прогона по обслуживанию одного изделия в час, руб.;

C_2 — средние расходы на заработную плату персонала, занятого ремонтом, отнесенные к одному отказу изделия, руб.;

C_3 — средние расходы на энергию, отнесенные к одному изделию в течение одного часа технологического прогона, руб.;

C_4 — средняя стоимость комплектующих изделий и материалов, необходимых для ремонта одного отказавшего изделия или цена одного отказавшего невосстанавливаемого изделия, руб.

4.3. Если суммарные затраты C^c завода на проведение технологического прогона и выполнение гарантийного обслуживания регламентированы, определяют гарантированную наработку $T_{\text{гр}}$, получаемую при введении технологического прогона оптимальной продолжительности

$$T_{\text{гр}}^{\max}=\frac{1}{C_{\text{гр}}\,b_0}\left\{C^c-[C_1+C_3+(C_2+C_4)b_0]t_{\text{пр}}^{opt}-(C_2+C_4)\frac{b_1}{\alpha}-\right.$$

$$\left.-\frac{b_1}{\alpha}e^{-\alpha t_{\text{пр}}^{opt}}(C_{\text{гр}}-C_2-C_4)\right\}. \qquad (13)$$

4.4. Годовой экономический эффект $Э$ от внедрения технологического прогона оптимальной продолжительности вычисляют по формуле

$$Э = E_1 - E_2, \tag{14}$$

где E_1 — затраты завода-изготовителя (или отрасли) на ремонт изделий в течение гарантийного срока $T_{гр}$ при отсутствии технологического прогона, руб.

$$E_1 = C_{гр} N[b_0 T_{гр} + b_1 (1 - e^{-\alpha T_{гр}})]; \tag{15}$$

N — годовой объем выпуска;

E_2 — суммарные затраты завода-изготовителя на гарантийные ремонты и на проведение прогона оптимальной продолжительности, руб.

$$E_2 = C_1 N t_{пр}^{opt} + (C_2 + C_4) N[b_0 t_{пр}^{opt} + \frac{b_1}{\alpha}(1 - e^{-\alpha t_{пр}^{opt}}] +$$

$$+ C_3 N t_{пр}^{opt} + C_1 N[b_0 T_{гр} + \frac{b_1}{\alpha} e^{-\alpha t_{пр}^{opt}} (1 - e^{-\alpha T_{гр}})]. \tag{16}$$

4.5. Примеры расчетов $t_{пр}^{opt}$ и $T_{гр}^{max}$ приведены в справочном приложении 2.

4.6. Теоретическое обоснование принятого метода дано в справочном приложении 3.

4.7. Термины, применяемые в стандарте, приведены в справочном приложении 4.

5. ПОРЯДОК ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГОНА

5.1. Внедрение технологического прогона осуществляют в три этапа:

подготовительный этап;

этап проведения технологического прогона;

этап уточнения.

5.2. Подготовительный этап

5.2.1. Определяют наличие периода приработки у данного изделия в соответствии с пп. 2.1; 2.2.

5.2.2. Определяют экономическую целесообразность проведения технологического прогона конкретного изделия.

5.2.3. Обрабатывают статистические данные об отказах (разд. 3).

5.2.4. Проводят построение экспериментальной функции $\omega^*(t)$ и вычисляют коэффициенты b_0, b_1, α, определяющие теоретическую функцию $\omega(t)$ (разд. 3).

5.2.5. По формулам (12) и (14) определяют оптимальную продолжительность технологического прогона и годовой экономический эффект от проведения технологического прогона оптимальной продолжительности.

5.2.6. По результатам расчетов и исследований, проведенных на подготовительном этапе, принимают решение о необходимости проведения технологического прогона изделий.

5.2.7. После того, как решение о необходимости проведения прогона принято, разрабатывают стандарт отрасли или предприятия, регламентирующий порядок проведения прогона конкретного изделия в соответствии с п. 2.4, а также разрабатывают, устанавливают и отлаживают оборудование для проведения прогона.

5.3. Этап проведения технологического прогона

5.3.1. Подразделение, проводящее технологический прогон, фиксирует порядок работы и последовательность проведения операций по изменению режимов работы изделия, а также результаты измерений контролируемых параметров. Информацию об отказах заносят в соответствующие формы учета отказов и дефектов, установленные СТП.

5.3.2. Отказы или повреждения, возникшие в процессе прогона, устраняют и прогон продолжается. Время, затраченное на восстановление работоспособности или исправности при расчете длительности технологического прогона, не учитывается.

5.3.3. Результаты технологического прогона в виде сводной ведомости (см. справочное приложение 1) направляют в цеха-изготовители, в подразделение надежности, отделы главного технолога и главного конструктора для анализа и выработки необходимых мер по устранению причин возникновения отказов.

5.4. Этап уточнения

5.4.1. По мере накопления статистической информации по результатам технологического прогона проверяют оптимальность принятой продолжительности прогона и при необходимости осуществляют необходимые уточнения в соответствии с разд. 4.

5.4.2. Оптимальность продолжительности прогона должна проверяться также при внесении изменений в конструкцию изделия или технологию его изготовления или в технологическое оборудование.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

СВОДНАЯ ВЕДОМОСТЬ № ОТКАЗОВ И ДЕФЕКТОВ, ВЫЯВЛЕННЫХ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОГОНЕ

_____
(наименование изделия)

Дата _____

Количество изделий, поставленных на прогон, _____ шт.

Количество отказов _____ в том числе из-за дефектов сборочных единиц:

Наименование (шифр) сборочной единицы	Количество	Наименование (шифр) сборочной единицы	Количество

Подписи: Начальник цеха

Контролер

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГОНА, МАКСИМАЛЬНОЙ ГАРАНТИЙНОЙ НАРАБОТКИ И ГОДОВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Пример 1. Определение оптимальной продолжительности прогона.

В табл. 1 приведены результаты испытаний 1000 шт. изделий в течение 24 ч. Интервал времени между проверками работоспособности равен 1 ч.

Таблица 1

j	t_j	N_j	m_j	τ_j	ω_j	$\overline{\omega_j}$
1	1	1000	55	18,18	0,055	0,0550
2	2	1000	24	41,66	0,024	0,0240
3	3	1000	11	90,90	0,011	0,0110
4	4	1000	10	100,00	0,01	0,0100
5	5	1000	10	100,00	0,01	0,0100
6	6	1000	8	125,00	0,008	1,0080
7	7	1000	7	142,80	0,007	0,0070
8	8	1000	5	200,00	0,005	0,0050
9	9	1000	5	200,00	0,005	0,0050
10	10	1000	5	200,00	0,005	0,0050
11	11	1000	4	250,00	0,004	0,0044
12	12	1000	5	200,00	0,005	0,0044
13	13	1000	4	250,00	0,004	0,0044
14	14	1000	5	200,00	0,005	0,0044
15	15	1000	3	333,30	0,003	0,0038
16	16	1000	5	200,0	0,005	0,0038
17	17	1000	4	250,0	0,004	0,0034
18	18	1000	3	333,3	0,003	0,0034
19	19	1000	2	500,0	0,002	0,0026
20	20	1000	3	333,3	0,003	0,0026
21	21	1000	3	333,3	0,003	0,0026
22	22	1000	1	1000	0,001	0,001
23	23	1000	1	1000	0,001	0,001
24	24	1000	1	1000	0,001	0,001

Значения ω_j в строках с индексами с 11 по 14, с 15 по 16, с 17 по 18, с 19 по 21 получены в результате усреднения по формуле (4) настоящего стандарта.

Получена убывающая последовательность значений ω_j $0{,}055 > 0{,}024 > 0{,}011 > 0{,}01 > 0{,}008 > 0{,}007 > 0{,}005 > 0{,}0044 > 0{,}0038 > 0{,}0034 > 0{,}0026 > 0{,}001$.

Для расчета кэоффициентов аппроксимирующей функции составим табл. 2.

Таблица 2

j	x_j	ω_j	$\omega_j - b_0$	y_j	x_j^2	$x_j y_j$
1	0,5	0,055	0,0542	—2,9151	0,25	—1,4575
2	1,5	0,024	0,0232	—2,7637	2,25	—5,6455
3	2,5	0,011	0,0102	—4,5954	6,25	—11,4882
4	4	0,01	0,0092	—4,6995	16,0	—18,7980
5	5,5	0,008	0,0072	—4,9351	39,25	—27,1430
6	6,5	0,007	0,0062	—5,0849	42,25	—33,0518
7	8,5	0,005	0,0042	—5,4751	72,25	—46,5383
8	12,0	0,0044	0,0036	—5,6268	144,00	—67,5216
9	15,0	0,0038	0,003	—5,7960	225,00	—86,9400
10	17,0	0,0034	0,0026	—5,9522	289,00	—101,1874
11	19,5	0,0026	0,0018	—6,3199	380,25	—123,2380
12	22,5	0,001	0,0002	—8,5171	506,25	—191,6347
Σ	115			—62,6768	1714,00	—714,644

Вычислим b_0 по формуле (6)

$$t_{ср}=\frac{1+23}{2}=12,$$

$$\omega_{ср}=0{,}0044,$$

$$b_0=\frac{0{,}055\cdot 0{,}001-0{,}0044^2}{0{,}055+0{,}001-2\cdot 0{,}0044}=0{,}0008.$$

b_1 и α вычислим по формулам (8) и (9)

$$\ln b_1=\frac{1714(-62{,}6768)-(-714{,}64\cdot 115)}{12\cdot 1714-115^2}=-3{,}4378,$$

$$b_1=0{,}032.$$

$$\alpha=\left|\frac{12(-714{,}64)+115\cdot 62{,}676}{12\cdot 1714-115^2}\right|=0{,}185.$$

Получаем выражение для аппроксимирующей функции

$$\omega(t)=0{,}032e^{-0{,}185t}+0{,}0008.$$

Вычислим оптимальную продолжительность технологического прогона $t_{пр}^{opt}$ по формуле (12), исходя из следующих затрат завода-изготовителя:

$C_{гр}=6$ руб/изд.
$C_1=0{,}014$ руб/изд. · ч
$C_2=0{,}064$ руб/изд.
$C_3=0{,}009$ руб/изд. · ч
$C_4=2$ руб./изд.

$$t_{пр}^{opt}=\frac{1}{0{,}185}\ln\frac{0{,}032(6-0{,}064-2)}{0{,}014+0{,}009+0{,}0008(0{,}064+2)}=8{,}77\approx 9\text{ ч}.$$

Вычислим годовой экономический эффект от введения технологического прогона оптимальной продолжительности по формулам (14)—(16).

$$Э=N[6\cdot 0{,}0008\cdot 3000+6\cdot 0{,}032(1-e^{-0{,}185\cdot 3000})-$$

$$-0{,}014\cdot 9+2{,}064\cdot 0{,}008\cdot 9+\frac{0{,}032\cdot 2{,}064}{0{,}185}(1-e^{0{,}185\cdot 9})+$$

$$+0{,}009\cdot 9+0{,}014\cdot 0{,}0008\cdot 3000+\frac{0{,}014\cdot 0{,}032}{0{,}185}e^{-0{,}185\cdot 9}(1-e^{-0{,}185\cdot 3000})=1{,}59N.$$

При выпуске изделий $N=1000$ тыс. шт. в год, годовой экономический эффект составит 1590 тыс. руб.

Пример 2. Определение максимальной гарантированной наработки при заданных суммарных затратах.

В табл. 3 приведены результаты испытаний 351 шт. изделий. Испытания длились 48 ч. Интервал времени между проверками работоспособности равен 2 ч.

Таблица 3

i	t_j	N_j	m_j	τ_j	ω_j	ω_j	$\overline{\omega_j}$
1	2	351	9	78,0	0,0128	0,0128	0,0128
2	4	351	4	175,4	0,0057	0,0011	0,004
3	6	351	1	702	0,00142	0,0011	0,004
4	8	351	4	175,4	0,00057	0,0011	0,004
5	10	351	7	100,28	0,001	0,0078	0,004
6	12	351	4	175,4	0,0057	0,0078	0,004
7	14	351	3	234	0,0043	0,0078	0,004
8	16	351	0	0	0,0043	0,0078	0,004
9	18	351	3	234	0,0043	0,00275	0,00275
10	20	351	4	175,4	0,0057	0,00275	0,00275
11	22	351	1	702	0,00142	0,00275	0,00275
12	24	351	1	702	0,00142	0,00275	0,00275
13	26	351	3	234	0,0043	0,00275	0,00275
14	28	351	2	351	0,00286	0,00275	0,00275
15	30	351	5	140,4	0,00715	0,00227	0,00227
16	32	351	1	702	0,00142	0,00227	0,00227
17	34	351	1	702	0,00142	0,00227	0,00227
18	36	351	0	0	0,00142	0,00227	0,00227
19	38	351	2	351	0,00286	0,00227	0,00227
20	40	351	1	702	0,00142	0,00178	0,00178
21	42	351	1	702	0,00142	0,00178	0,00178
22	44	351	0	0	0,00142	0,00178	0,00178
23	46	351	1	702	0,00142	0,00178	0,00178
24	48	351	1	702	0,00142	0,00178	0,00178

Значения коэффициентов b_0, b_1 и α вычислим по формулам (6), (8), (9):

$b_0 = 0{,}0016$;

$b_1 = 0{,}00636$;

$\alpha = 0{,}078$.

Исходными данными для расчета служат следующие:

$C^c_{зад} = 30$ руб/изд.

$C_2 = 0{,}4$ руб/изд.

$C_1 = 0{,}01$ руб/изд. · ч.

$C_{гр} = 15$ руб/отк.

$C_3 = 0{,}02$ руб/изд. · ч.

$C_4 = 2$ руб/изд.

Вычислим оптимальную продолжительность прогона по формуле (12)

$$t^{opt}_{пр} = \frac{1}{0{,}078} \ln \frac{0{,}00636(15-2{,}40)}{0{,}01+0{,}02+0{,}0016 \cdot 2{,}40} = 12{,}82 \cdot \ln 2{,}16 = 9{,}6 \text{ ч} \approx 10 \text{ ч}.$$

Оптимальная продолжительность прогона составит 10 ч

$T^{max}_{гр}$ вычислим по формуле (13).

$$T^{max}_{гр} = \frac{1}{15 \cdot 0{,}0016} \left[30 - (0{,}4 \cdot 0{,}0016) \cdot 10 - 0{,}1 \frac{0{,}006}{0{,}078} - \right.$$

$$\left. - \frac{0{,}006}{0{,}007} e^{-0{,}78 \cdot 10} \cdot (14{,}9)\right] = 41{,}66 \cdot 29{,}46 = 1227 \text{ ч}.$$

Таким образом, при оптимальной длительности прогона 10 ч и заданных суммарных затратах 30 руб/изд. можно обеспечить 1227 ч гарантированной наработки. При отсутствии технологического прогона заданные суммарные затраты смогли бы обеспечить $T_{гр}$, подсчитанное следующим образом

$$T_{гр} = \frac{C^{с}_{зад} - C_{гр}\, m_{гр}}{C_{гр}\, b_0} = \frac{30 - 15 \cdot 16}{0{,}0016 \cdot 5} = 250 \text{ ч},$$

$C_{гр}\, m_{гр}$ — представляет затраты на ремонты во время гарантийного срока, обусловленные невыявленными при прогоне дефектными изделиями.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЯТЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРИОДА ПРИРАБОТКИ И ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГОНА

Изместно, что многим типам пормышленных изделий свойственно повышение их безотказности на начальном этапе эксплуатации, обусловленное выявлением и устранением скрытых дефектов. Повышение безотказности характеризуется при этом уменьшением параметра потока отказов восстанавливаемых изделий или интенсивности отказов невосстанавливаемых изделий до некоторого значения, которое далее с относительно небольшими отклонениями сохраняется в течение достаточно длительного основного этапа эксплуатации.

Начальный этап существования (наработки) изделия называют периодом приработки. Его продолжительность зависит прежде всего от количества и качества элементов, от качества изготовления изделия, в том числе от стабильности технологических процессов.

Один из наиболее эффективных способов выявления скрытых дефектов — проведение на заводе-изготовителе технологического прогона изделий в условиях, близких к реальной эксплуатации либо в более тяжелых. При этом, по меньшей мере, часть периода приработки изделия проходят на заводе-изготовителе и к потребителю они поступают более безотказными.

Главная задача технологического прогона — выявление и устранение скрытых дефектов изделий в контролируемых условиях до поступления продукции к потребителю. Существенно, что обнаружение характерных отказов, вызванных дефектами комплектующих элементов и недостатками процесса изготовления изделия, осуществляется на заводе-изготовителе с высокой достоверностью и служит источником информации для разработки обоснованных мероприятий по совершенствованию производства и технического контроля.

Технологический прогон невосстанавливаемых изделий приводит к повышению их безотказности за счет отбраковывания образцов со скрытыми дефектами. Интенсивность отказов изделий, благополучно прошедших прогон, меньше, чем у изделий первоначальной партии.

При технологическом прогоне восстанавливаемых изделий выявляют и устраняют по меньшей мере часть скрытых дефектов, заменяют дефектные комп-

лектующие элементы. Таким образом, происходит как бы «упрочнение» изделий, их приспособление к условиям эксплуатации и соответствующим нагрузкам.

Определение продолжительности технологического прогона основано на зависимости параметра потока отказов восстанавливаемых изделий или интенсивности отказов невосстанавливаемых изделий от наработки. Эти зависимости представляют собой математические модели процесса приработки. Для упрощения обработки статистических данных в качестве основной характеристики процесса приработки вместо непрерывной невозрастающей функции (параметр потока отказов или интенсивность отказов) принимают ступенчатые функции

$$\omega^*(t) = \begin{cases} \omega_1^* & 0 < t \leqslant t_1 \\ \omega_2^* & t_1 < t \leqslant t_2 \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot & \\ \omega_n^* & t_{n-1} < t \leqslant t_n \end{cases}$$

Для получения значений $\omega^*(t)$ необходимо определить сначала значения τ_j, аналогичной наработке на отказ восстанавливаемых изделий в интервале (t_{j-1}, t_j).

При периодическом контроле работоспособности изделий моменты t_j совпадают с моментами проверок. Продолжительность проверки, как и продолжительность восстановления работоспособности или замены отказавшего изделия полагаем пренебрежимо малой по сравнению с интервалом (t_{j-1}, t_j). При автоматическом (без задержки) обнаружении отказа моменты t_j совпадают с моментами возникновения отказов рассматриваемых (испытываемых) изделий.

Наработку изделий в интервале (t_{j-1}, t_j), приходящуюся на один отказ, вычисляют по формуле

$$\tau_j = N_j \frac{t_j - t_{j-1}}{m_j},$$

где N_j — число изделий, находившихся под наблюдением в эксплуатации или подвергавшихся испытаниям в момент t_{j-1};

m_j — число отказов изделий в интервале наработки (t_{j-1}, t_j).

При этом $m_j = 1$, если все моменты t_j совпадают с моментами возникновения отказов (автоматическое обнаружение отказов или любые другие условия непрерывного контроля работоспособности изделий, при которых возникший отказ обнаруживается без задержки).

Если контроль работоспособности изделий периодический (моменты t_j совпадают с моментами осуществления одновременной проверки работоспособности всех наблюдаемых изделий), то возможны случаи, когда $m_j = 0$. Тогда полагаем $\tau_j = \tau_{j+1}$.

$$\tau_{j+1} = \frac{N_j (t_{j+1} - t_{j-1})}{m_{j+1}}.$$

В общем случае аналогично объединяем данные о смежных предыдущих интервалах без отказов и данные о первом последующем интервале с одним или несколькими отказами.

После того, как определены значения всех τ_j, удобнее перейти к обратным величинам $\omega_j = \frac{1}{\tau_j}$.

Заметим, что величина τ_j представляет собой наработку на отказ в интервале (t_{j-1}, t_j), если в этом интервале рассматривается одновременная работа N_j восстанавливаемых изделий, причем каждый отказ обнаруживается и устраня-

ется без задержки. В случае периодического контроля работоспособности одновременно работающих изделий величина τ_j только приближенно равна наработке на отказ. Погрешность этого равенства уменьшается по мере сокращения периодичности контроля. В остальных случаях величина τ_j лишь аналогична наработке на отказ.

Отсюда очевидно, что при экспоненциальном распределении наработки между отказами и непрерывном контроле работоспособности N_j одновременно работающих восстанавливаемых изделий величина ω_j, обратная величине τ_j, представляет собой оценку среднего значения параметра потока отказов в интервале (t_{j-1}, t_j). В остальных случаях величина ω_j аналогична параметру потока отказов восстанавливаемых изделий и интенсивности отказов невосстанавливаемых изделий.

Если $\omega_1 \geqslant \omega_2 \geqslant \omega_3 \geqslant \ldots \geqslant \omega_j$, то на этом заканчивается получение ступенчатой функции $\omega^*(t)$, причем $\omega_j^* = \omega_j$. Если имеют место случаи обратного неравенства $\omega_j < \omega_{j+1}$, то необходимо проверить возможность получения невозрастающей ступенчатой функции $\omega^*(t)$ усреднением величин τ_j тех смежных интервалов, где не соблюдается необходимое неравенство. В результате получаем ряд значений ω'_j.

Если, например, $\omega_j \geqslant \omega_{j+1} < \omega_{j+2}$, то

$$\omega'_j = \omega_j \; \omega'_{j+1} = \frac{2}{\tau_{j+1} + \tau_{j+2}} = \omega_{j+2}.$$

Далее следует проверить выполнение необходимого неравенства для ω_{j+3} и ω_{j+4} и т. д.

Если при сравнении величин ω_j обнаруживаем, что $\omega_j = \omega_{j+1} = \ldots = \omega_{j+g-1} < \omega_{j+g} > \omega_{j+g+1}$, то

$$\omega'_j = \omega'_{j+1} = \ldots = \omega'_{j+g} = \frac{g+1}{\sum\limits_{i=j}^{i=j+g} \tau_i}.$$

Если полученный ряд усредненных значений ω'_j удовлетворяет условию $\omega'_1 \geqslant \omega'_2 \geqslant \omega'_3 \geqslant \ldots \geqslant \omega'_n$, то на этом заканчивается получение ступенчатой функции $\omega^*(t)$, причем $\omega_j^* = \omega'_j$. Если и в этом ряде имеют место случаи обратного неравенства $\omega'_j < \omega'_{j+1}$, то ряд значений ω'_j подвергается тем же операциям усреднения, что и ряд ω_j, что дает ряд значений ω''_j, который далее проверяется на соблюдение условия невозрастания. Операции усреднения повторяются до получения невозрастающей ступенчатой функции, либо до получения такого k-го ряда значений $\omega_j^{(k)}$, для которого достаточно очевидна невозможность выполнения условий невозрастания.

Далее необходимо для ступенчатой функции $\omega^*(t)$ найти наиболее близкую непрерывную аналитическую функцию $\omega(t)$. Обычно наиболее подходящей является экспоненциальная зависимость следущего вида:

$$\omega(t) = b_1 e^{-\alpha t} + b_0.$$

Очевидно, что при $t = 0$, $\omega(0) = b_1 + b_0$, где b_1 — составляющая, обусловленная скрытыми дефектами, b_0 — установившееся значение величины $\omega(t)$, характерное для основного периода эксплуатации. По мере приработки слагаемое $b_{1e}{}^{-\alpha t}$

уменьшается, стремясь к нулю при $t \to \infty$. В результате $\omega(t) \to b_0$. Коэффициент α характеризует скорость приработки.

Постоянные величины b_0, b_1 и α определяются по формулам, основывающимся на применении метода наименьших квадратов, что обеспечивает наилучшее приближение функции $\omega(t)$ (черт. 2).

Проведение технологического прогона изделий бытового назначения требует от завода-изготовителя затрат на приобретение и эксплуатацию дополнительного оборудования. Эти затраты пропорциональны продолжительности технологического прогона и количеству обнаруженных дефектов. Если принять продолжительность технологического прогона слишком малой, то выявится лишь незначительная часть скрытых дефектов. При слишком большой продолжительности прогона будет увеличиваться время производства. С другой стороны увеличение продолжительности технологического прогона приводит к снижению затрат завода на осуществление гарантийных ремонтов или гарантийных замен.

В связи с этим при оптимизации продолжительности технологического прогона изделий бытового назначения минимизируют суммарные затраты завода-изготовителя на проведение прогона и на гарантийные ремонты или гарантийные замены при заданной гарантийной наработке.

Потери потребителя, обусловленные отказом изделия бытового назначения, в денежной форме выразить сложно. Эти потери учитывают косвенно посредством обеспечения требуемого уровня надежности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Справочное

ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТАНДАРТЕ

Термин	Определение
Скрытый дефект	По ГОСТ 17102—71
Технологическая операция	По ГОСТ 3.1109—73
Условия эксплуатации	По ГОСТ 17526—72
Режим работы	По ГОСТ 17526—72
План испытаний	По ГОСТ 16504—74

Редактор *Р. Г. Говердовская*
Технический редактор *Л. В. Вейнберг*
Корректор *Э. В. Митяй*

Сдано в наб. 30.09.82 Подп. в печ. 30.12.82 1,25 п. л. 1,26 уч.-изд. л. Тир. 10000 Цена 5 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, Москва, Д-557, Новопресненский пер., д. 3.
Вильнюсская типография Издательства стандартов, ул. Миндауго, 12/14. Зак. 4651

gost.e-ecolog.ru