

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер организации  
п/я А-3398

А.А.Зак

26 "октября" 1977 г.

## РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ  
БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ТРУБОПРОВОДНОЙ  
АРМАТУРЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

РД РТМ 26-07-2/8 № 77

Взамен

РТМА 102-70

\* Снято ограничение срока действия.

Приказом организации п/я А-3398 от "21" октября 1977 г.

\* № 141 срок введения установлен с "01" января 1979 г.

на срок до 01 января 1984 г.

① срок действия продлен до 01.01.89.

② срок действия продлен до 01.01.94.

Настоящий руководящий технический материал (РТМ) распространяется на ремонтируемую трубопроводную арматуру общепромышленного назначения установленного серийного производства, для которой необходимо подтверждение высоких значений вероятности безотказной работы (0,95 и выше) при высоких значениях доверительной вероятности (выше 0,95), и устанавливает методику определения количественных показателей надежности с учетом выполнения расчета на электронно-вычислительных машинах (ЭВМ) и использования при расчете данных анализа технологического процесса, полученных путем случайной выборки изделий от изготовленной партии.

Настоящий РТМ может применяться и для оценки надежности опытных образцов арматуры с учетом требований раздела 2.

\* Письмо № 21/2-2-373 от 13.06.96 из Управления по разви-  
тию химического и нефтяного машиностроения.

Инв. №	Полисс и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.
52-76	31.05.88		

## I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

27.002-83

② I.1. В РТМ применены термины по ГОСТ 10-877-75.

I.2. За количественный показатель надежности принята вероятность безотказной работы в течение гарантийного срока (в пределах гарантийной наработки).

I.3. Основой расчета являются результаты анализа маршрутного технологического процесса производства данного вида изделия на предприятии  $\mathbb{N}$ , а также вероятности безошибочного выполнения технологических операций, составляющих технологический процесс, в том числе и контрольных.

Результаты расчета должны быть подтверждены положительным исходом испытаний случайной выборки из совокупности изделий (партии) в объеме не менее 6 шт до ресурса, равного  $N_f$  ( $N_f$  - гарантийная наработка в течение гарантийного срока).

I.4. В случае появления отказа хотя бы у одного из изделий случайной выборки, вся партия изделий бракуется независимо от результатов расчета.

## 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

### 2.1. Обозначения

2.1.1. Принятые обозначения:

$$i = \{1, 2, \dots, \mathcal{Y}\}$$

- номер по порядку изготовленного изделия;

$$j = \{1, 2, \dots, \mathcal{Y}\} :$$

- номер операции, выполняемой в ходе изготовления;

Нр. № полк.	Годность и кат.
52-48	31.05.67
Инв. №	Бланк №

- $Y$  - число используемых на ЭВМ случайных чисел, которое выбирается произвольно в зависимости от требуемой степени приближения к истинному значению вероятности безотказной работы в течение гарантийного срока;
- $Z_j$  - число операций, выполняемых в процессе изготовления изделия;
- $P_j$  - вероятность того, что после  $j$ -й операции изделие не выйдет бракованным;
- $F_j$  - вероятность того, что действие человека, участвующего в  $j$ -й операции, приведет к браку;
- $Q_j$  - вероятность того, что действие человека, ведущее к браку в  $j$ -й операции, будет произведено;
- $l_j$  - число различных действий на  $j$ -й операции;
- $2_{ij}$  - частота повторения  $l_j$ -го действия в  $j$ -й операции;
- $\{K\}$  - множество номеров технологических операций, после которых производится контроль;
- $P_{kj}$  - вероятность того, что дефектное изделие не будет пропущено при контроле, после  $k_j$ -й операции;
- $S_{kj}$  - число различных действий контролера на  $k_j$ -й операции;
- $m_{ij}$  - число повторений  $l_j$ -го действия контролера;
- $F'_{kj}$  - вероятность того, что ошибка контролера приводит к пропуску бракованного изделия;
- $Q'_{kj}$  - вероятность того, что эта ошибка будет совершена.

Инв. № полн.	Подпись и дата
62-46	21.05.87

## 2.2. Задача расчета

2.2.1. Задача расчета - определение нижней доверительной границы вероятности безотказной работы изделия в течение гарантийного срока (в пределах гарантийной наработки).

## 2.3. Исходные данные

2.3.1. Исходными данными для расчета являются:

- а) сборочный рабочий чертеж изделия;
- б) маршрутный технологический процесс изготовления изделия;
- в) перечень возможных отказов, свойственных рассматриваемому изделию, и их причины, вызванных отклонениями от технологического процесса изготовления, которые могут привести к возникновению отказов;
- г) значения величин  $F_j, Q_j, F'_{kj}, Q'_{kj}$ , определяемых статистическими методами.

## 2.4. Условия расчета

2.4.1. Конструкция изделия и технологический процесс его изготовления должны исключать возможность возникновения отказа изделия из-за конструктивных недоработок и несовершенства технологического процесса изготовления.

2.4.2. Отказ изделия может произойти только по причине отклонений от установленного технологического процесса, приводящих к браку отдельных деталей, не замеченному контролером в процессе производства.

2.4.3. Появление брака в процессе производства является событием случайным (как в части появления дефектов на различных операциях, так и в части брака готовых изделий из одной партии).

Подпись и дата	Бланк № 1 № Инв. № д/р
Н/Ф № подп.	21.05.65
З/Ф №	22-78

2.4.4. Детали, сборочные единицы, готовое изделие изготавливаются по установленвшемуся технологическому процессу.

2.4.5. Изделие состоит из  $N$  деталей, обозначаемых далее в соответствии с присвоенными им порядковыми номерами:

$g_1, g_2, \dots, g_{n-1}, g_n$ .

2.4.6. Каждая из деталей ( $g_1, g_2, \dots, g_{n-1}, g_n$ ) может быть изготовлена на предприятии или поступать как комплектующая.

2.4.7. Каждая деталь может быть бракованной или небракованной. Бракованной считается деталь, которая не отвечает требованиям технической документации.

2.4.8. Если относительно детали  $g_x$  известна вероятность того, что эта деталь небракованная, следует условно считать, что на производство этой детали затрачена одна операция с вероятностью непоявления брака на этой операции  $P_x$ .

2.4.9. Если перед сборкой деталь контролируется и вероятность того, что бракованная деталь при этом не будет пропущена, равна  $P_{ox}$ , то считается, что после операции стоит контрольный пост под номером  $X$  с эффективностью контроля  $P_{ox}$ .

2.4.10. Если относительно всех деталей, составляющих изделие, известны вероятности  $P_x$  и  $P_{ox}$ , то остается как было указано в п.2.4.5 присвоить каждой детали порядковый номер.

2.4.11. Составить условную схему технологического процесса с использованием следующих обозначений:

$O_x$  — производственная операция;

$K_x$  — контрольный пост.

При этом схема изготовления изделия, если не все его детали контролируются, будет следующая:

$O_1 \rightarrow O_2 \rightarrow K_x \rightarrow O_3 \rightarrow K_3 \rightarrow \dots O_x \rightarrow K_x \rightarrow O_{(x+1)} \rightarrow \dots \rightarrow K_{(x+1)} \rightarrow \dots O_n \rightarrow O_{(N+1)}$  (сборка)  $\rightarrow K_{(N+1)}$

Инв. № по №	Подпись и дата
Взам. инв. №	
Инв. №	Подпись и дата

52-46 31.05.87

2.4.12. Контрольным операциям присваиваются номера тех производственных операций, за которыми они следуют.

Особо выделяется множество контрольных операций

$\{K\} = \{2, 3, \dots, i, i+1, \dots, N+1\}$ , которое вводится в машину.

2.4.13. Для определения вероятности появления брака при производстве изделия с учетом производства отдельных деталей составляется общая схема в следующем порядке: записывается схема изготовления первой детали с нумерацией всех операций, затем схема производства второй детали, но нумерация продолжается последовательно от номера последней операции в схеме предыдущей детали, затем третьей детали и т.д.

$$O_1 \rightarrow K_1 \rightarrow \dots \rightarrow O_{M_1} \rightarrow O_{(M_1+1)} \rightarrow \dots \rightarrow O_{\sum M_k}$$

Аналогично последовательно нумеруются

$$P_i, P_{0K}, \sum M_k, \{K\}$$

2.4.14. При математическом описании процесса изготовления деталей, входящих в изделие, следует считать, что брака не получится, если исходный материал взят небракованным и рабочий (оператор) в своих действиях не допускает ошибок.

2.4.15. Процесс изготовления  $\chi$ -й детали, проходящей  $M_k$  операций, не все из которых контролируются при известной вероятности возникновения брака на каждой из операций, в том числе при контроле, может быть описан по схеме:

$$O_{1k} \rightarrow K_{1k} \rightarrow O_{2k} \rightarrow \dots \rightarrow O_{Mk}$$

2.5. Расчет количественных показателей надежности

2.5.1. Количество бракованных изделий, содержащихся в партии, следует определять в результате моделирования процесса производства методом "Монте-Карло" на ЭВМ.

Инв. №	Пометка	Взял. инв. №	Год. инв. №
32-48	31.05.67		

2.5.2. Алгоритм определения вероятности появления брака в процессе производства приведен в приложении I.

2.5.3. Программа расчетов на ЭВМ приведена в приложении 2.

2.5.4. Вероятность безотказной работы изделия в течение гарантийного срока (в пределах гарантийной наработки), выражаемую через вероятность появления в партии бракованных изделий, следует определять по формуле

$$P_{ti} = 1 - q \quad , \quad (1)$$

где  $P_{ti}$  - вероятность безотказной работы изделия с учетом его изготовления по установленвшемуся технологическому процессу;

$q$  - вероятность появления в партии бракованных изделий из-за случайных нарушений технологического процесса производства (доля бракованных изделий).

2.5.5. После завершения работ, предусмотренных подразделом п.2.4, имеются все необходимые для проведения расчета данные:  $j = \xi$ ,  $\eta = N+1$ ,  $\{k\} = \{2, 3, \dots \xi, \xi+1, \dots N+1\}$

2.5.6. Для каждой технологической операции вероятность непоявления брака следует определять по формуле:

$$P_j = \prod_{k_j=1}^{\xi} (1 - F_j Q_{t_j})^{2 \mu_j} \quad , \quad (2)$$

для каждой операции контроля вероятность непоявления брака следует определять по формуле:

$$P_{kj} = \prod_{t_j=1}^{m_j} [1 - (F_{t_j} Q_{t_j})^{m_j}] \quad , \quad (3)$$

Например, на операции сварки сильфона с концевыми деталями рабочий должен совершить следующие действия (  $t_j=6$  ):

а) установить сильфон;

Полисен, инв. №	Бланк, инв. №
Полисен и дата	

Инв. № полис.	Полисен и дата
52-48	31.05.67

- б) подвести горелку;
- в) отрегулировать расход аргона;
- г) установить силу тока;
- д) установить скорость сварки;
- е) включить установку и произвести сварку сильфона.

2.5.7. Качество работы сварщика проверяет контрольный пост визуально путем сравнения сварного шва с эталоном.

При этом контрольная операция складывается из трех действий контролера ( $S_j = 3$ ):

- а) выбор эталона;
- б) осмотр шва с целью выявления видимых дефектов;
- в) сравнение цвета шва с эталоном.

Вероятностные характеристики указанных действий сводятся в табл. I.:

Таблица I

Номер действия	Наименование действия	$F_{kj}$	$Q_{kj}$	$z_{kj}$	$F'_{tj}$	$Q'_{tj}$	$m_{tj}$
I61	Установить сильфон	0,2	0,1	I	-	-	-
I62	Подвести горелку	0,2	0,1	I	-	-	-
I63	Отрегулировать расход аргона	0,4	0,1	I	-	-	-
I64	Установить силу тока	0,4	0,2	I	-	-	-
I65	Установить скорость сварки	0,4	0,2	I	-	-	-
I66	Включить установку и произвести сварку сильфона	0,3	0,1	2	-	-	-
I67	Выбрать эталон	-	-	-	0,3	0,05	I
I68	Осмотреть шов	-	-	-	0,9	0,1	2
I69	Сравнить шов с эталоном	-	-	-	0,8	0,1	2

52-48 31.05.67

По формуле (2) рассчитываем  $P_j$ .

$$P_j = (1-0,2 \cdot 0,1)^2 (1-0,4 \cdot 0,1) (1-0,4 \cdot 0,2)^2 \cdot (1-0,3 \cdot 0,1)^2 \approx 0,79$$

По формуле (3) рассчитываем  $P_{kj}$ .

$$P_{kj} = (1-0,8 \cdot 0,05) [1-(0,9 \cdot 0,1)^2] [1-(0,8 \cdot 0,1)^2] = 0,83$$

2.5.8. Рассчитанные вероятности  $P_j$  и  $P_{kj}$  задаются как исходные данные к стандартной программе. Кроме того, к стандартной программе необходимо задать  $\chi$ ,  $\{K\}$ .

Например, если контроль стоит после 5-й, 18-й и 103-й операции, то  $\{K\} = \{5, 18, 103\}$

$\chi = 100000; 1000000; 10000000$ .

2.5.9. В ЭВМ вводятся данные, приведенные в п.2.5.7, а также стандартная программа.

2.5.10. На печать выводится величина  $q$  — (количество дефектных изделий — отношение числа бракованных изделий к числу всех выпущенных).

### 3. ОБРАБОТКА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ЭВМ

3.1. Вычисляется точечная оценка надежности изделий.

$$P = 1 - q$$

3.2. Вычисляется нижняя доверительная граница надежности изделий по формуле

$$P = \frac{P + \frac{1}{2} + \frac{t_{\beta}^2}{3} - t_{\beta} \sqrt{\frac{P(1-P)}{3} + \frac{1}{4} \frac{t_{\beta}^2}{3^2}}}{1 + \frac{t_{\beta}^2}{3}}, \quad (4)$$

где

$\beta$  — доверительная вероятность;

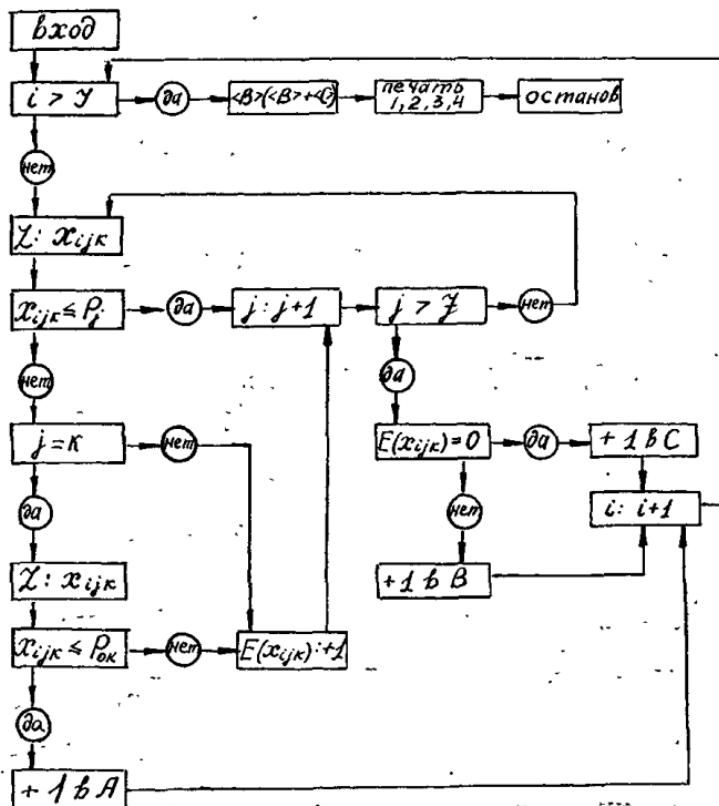
$t_{\beta}$  — параметр, принимаемый в зависимости от  $\beta$  по табл.2.

Инв. № подл.	Полот и дата	Инв. № А5	Полот и дата
52-78	31.05.65		



## Приложение I

Блок-схема программы определения вероятности брака в процессе производства изделий  
(алгоритм)



Изм. №	Пол. и дата	Взам. изв. №	Изв. №	Позн. и дата
52-78	27.05.80			

$X_{ijk}$  - некоторое число, заменяющее изделие; Целая и дробная части его формируются различно: дробная часть - равномерно распределенное случайное число, целая часть - формируется прибавлением согласно схеме единиц к 0;

$Z$  - оператор формирования дробной части

$j = \{1, 2, \dots, J\}$  - номер операции, производимой над изделием (числом);

$\{K\}$  - множество номеров тех операций, после которых имеется операционный контроль;

$J$  - число используемых на ЭВМ случайных чисел;

$J$  - число операций, выполняемых в процессе изготовления изделия;

$P_j$  - вероятность того, что после  $j$ -й операции изделие не выйдет бракованным;

$P_{ok}$  - вероятность того, что  $K$ -й контрольный пост не пропустит бракованное изделие;

$A$  - накопитель замеченного брака;

$B$  - накопитель незамеченного брака;

$C$  - накопитель небракованных изделий;

$\langle A \rangle, \langle B \rangle, \langle C \rangle$  - содержимое соответствующих накопителей;

$E$  - целая часть числа.

$X_{ijk}; i = \{1, 2, \dots, I\}$  - номер изделия( числа), подвергаемого обработке.

Полк и Адм	
Бзм. № вв.	Идн. №:

Идн. № подл.	
Полк и Адм	

52-36	31.05.66
-------	----------

## Приложение 2

Стандартная программа определения вероятности брака в процессе производства.

```

1. begin integer I, J, U, i, j, u, A, B, C;
2. real a, x, y; p0042 (I, J, U);
3. Boolean z;
4. begin array K[1:u], P[1:J], Pr[1:u];
5. p0042 (K, P, Pr);
6. A := B := C := 0; p 1147(a);
7. for i:=1 step 1 until I do begin y:=0; z:=true;
8. for j:=1 step 1 until J do begin P 1147(a, x);
9. if x <= P[j] then go to D;
10. for u:=1 step 1 until u do
11. if K[u]=j then begin z:=false; goto F end;
12. if z then begin y:=1; go to D end;
13. F: p 1147(a, x);
14. if x <= Pr[u] then begin A:=A+1; go to E end;
15. else begin y:=1; go to D end;
16. D: end;
17. if y=0 then begin C:=C+1; go to E end;
18. else begin B:=B+1; go to E end;
19. E: end;
20. p 1041 (A, B, C, B/(B+C)) end end.

```

## Приложение 3

Пример расчета вероятности безотказной работы в течение гарантийного срока многослойного сильфона НС-27-4-0,14x6М

## I. ЗАДАЧА РАСЧЕТА

I.I. Задача расчета – определение доверительной границы вероятности безотказной работы сильфона НС-27-4-0,14x6М в течение гарантийного срока.

## 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1. Исходными данными для расчета являются:

- а) сборочный чертеж сильфона;
- б) перечень возможных отклонений от технологического процесса изготовления сильфонов, которые определяют отказ изделия;
- в) маршрутный технологический процесс, составленный с учетом перечня возможных отклонений, которые приводят к браку; из маршрутного технологического процесса исключены те операции, исход которых не влияет на надежность сильфона ;
- г) значения величин  $F, Q, F'$  и  $Q'$ .

П р и м е ч а н и е. В примере использованы условные значения этих величин, что сделано для иллюстрации метода, излагаемого в настоящей методике.

## 3. УСЛОВИЯ РАСЧЕТА

3.1. Конструкция сильфонов исключает возможность возникновения отказа из-за конструктивных недоработок.

Лист № 1	Полот и дата	Взам. инв. №	Инв. №
52-48	31.05.87		

3.2. Сильфоны изготавливаются по установленному технологическому процессу, что исключает возможность возникновения отказа изделия.

3.3. Отказ изделия может возникнуть только вследствие нарушения требований установленного технологического процесса, что приводит к браку отдельных деталей, не замеченному контролем в процессе производства.

3.4. Появление брака в процессе производства является событием случайным.

3.5. Появление брака при различных операциях - события независимые.

3.6. Появление бракованных изделий - события независимые, равномерно распределенные по партии.

#### 4. РАСЧЕТ

4.1. Согласно п.2.1.10 РД РТМ 26-07- 77 составляется условная схема технологического процесса. Последовательность операций представлена в табл. I, причем операциям контроля присваиваются номера тех производственных операций, за которыми они следуют (графы 1 и 2).

Таблица I

Обозначение технологической операции	Наименование операции	$P_j$	$P_{kj}$
01	Проверка места	0,99999	
К1	Контроль	—	0,99999
02	Лакировка	0,99998	
К2	Контроль после лакировки	—	0,99999
03	Вырубка диска	0,99999	

Инв. №	Полк. и артн	Чин. №	Полп. и артн
52-48	31.05.6		

## Продолжение табл. I

Обозначение технологи- ческой операции	Наименование операции	$P_j$	$P_{kj}$
K3	Контроль после вырубки		0,99998
04	Вытяжка I	0,99996	
K4	Контроль после вытяжки I		0,99998
05	Снятие лака	0,99995	
K5	Контроль после снятия лака		0,99999
06	Обезжиривание	0,99995	
K6	Контроль после обезжиривания		0,99999
07	Термическая обработка трубок	0,99994	
K7	Контроль после термической обработки		0,99999
08	Травление	0,99998	
K8	Контроль после травления		0,99999
09	Лакировка	0,99998	
K9	Контроль после лакировки		0,99999
010	Вытяжка II	0,99996	
K10	Контроль после вытяжки II		0,99998
011	Снятие лака	0,99995	
K11	Контроль после снятия лака		0,99999
012	Обезжиривание	0,99995	
K12	Контроль после обезжиривания		0,99999
013	Термическая обработка трубок	0,99994	
K13	Контроль после термической обработки		0,99999
014	Травление	0,99998	
K14	Контроль после травления		0,99999

Лим. № нормы	Показ. в норме	Взам. инв. №	Инв. №	Подп. и дата
02-46	37.05.			

## Продолжение табл. I

Обозначение технологической операции	Наименование операции	$P_i$	$P_{kj}$
015	Лакировка	0,99998	
K15	Контроль после лакировки		0,99999
016	Вытяжка III	0,99996	
K16	Контроль после вытяжки III		0,99998
017	Снятие лака	0,99995	
K17	Контроль после снятия лака		0,99999
018	Обезжиривание	0,99995	
K18	Контроль после обезжиривания		0,99999
019	Термическая обработка трубок	0,99994	
K19	Контроль после термической обработки		0,99999
020	Травление	0,99998	
K20	Контроль после травления		0,99999
021	Лакировка	0,99998	
K21	Контроль после лакировки		0,99999
022	Вытяжка IV	0,99996	
K22	Контроль после вытяжки IV		0,99998
023	Снятие лака	0,99995	
K23	Контроль после снятия лака		0,99999
024	Обезжиривание	0,99995	
K24	Контроль после обезжиривания		0,99999
025	Термическая обработка трубок	0,99994	
K25	Контроль после термической обработки		0,99999

Инв. № подв.	Пом. и дата	Инв. № д.	Помп. и дата
52-46	31.05.86		

## Продолжение табл. I

Обозначение технологической операции	Наименование операции	$P_d$	$P_{d'}$
026	Травление	0,99998	
K26	Контроль после травления		0,99999
027	Лакировка	0,99998	
K27	Контроль после лакировки		0,99999
028	Вытяжка У	0,99996	
K28	Контроль после вытяжки У		0,99998
029	Снятие лака	0,99995	
K29	Контроль после снятия лака		0,99999
030	Обезжиривание	0,99995	
K30	Контроль после обезжиривания		0,99999
031	Термическая обработка трубок	0,99994	
K31	Контроль после термической обработки		0,99999
032	Травление	0,99998	
K32	Контроль после травления		0,99999
033	Лакировка	0,99998	
K33	Контроль после лакировки		0,99999
034	Вытяжка У1	0,99996	
K34	Контроль после вытяжки У1		0,99998
0,35	Снятие лака	0,99995	
K35	Контроль после снятия лака		0,99999
036	Обезжиривание	0,99995	
K36	Контроль после обезжиривания		0,99999
037	Травление	0,99998	
K37	Контроль после травления		0,99999

Ном. № поз.	Пози. №	Ном. №	Ном. №
52-46	31.05.06		

## Продолжение табл. I

Обозначение технологии-ческой операции	Наименование операции	$P_i$	$P_{kj}$
038	Лакировка	0,99998	
K38	Контроль после лакировки		0,99999
039	Вытяжка УП	0,99996	
K39	Контроль после вытяжки УП		0,99998
040	Снятие лака	0,99995	
K40	Контроль после снятия лака		0,99999
041	Обезжиривание	0,99995	
K41	Контроль после обезжиривания		0,99999
042	Термическая обработка трубок	0,99994	
K42	Контроль после термической обработки		0,99999
043	Травление	0,99998	
K43	Контроль после травления		0,99999
044	Лакировка	0,99998	
K44	Контроль после лакировки		0,99999
045	Вытяжка УП	0,99996	
K45	Контроль после вытяжки УП		0,99998
046	Снятие лака	0,99995	
K46	Контроль после снятия лака		0,99999
047	Обезжиривание	0,99995	
K47	Контроль после обезжиривания		0,99999
048	Термическая обработка трубок	0,99994	
K48	Контроль после термической обработки		0,99999

Нар. № пози.	Пози. и дета	Инв. № А	Взам. инв. №
52-48	31.05.6		

Инв. № поса.	Пози. и дата	Взам. инв. №	Инв. №	Пол. и дата
52-48	31.05.67			
049	Травление		0,99998	
K49	Контроль после травления			0,99999
050	Лакировка		0,99998	
K50	Контроль после лакировки			0,99999
051	Развальцовка торцов трубы		0,99997	
052	Раскатка трубы до нужной толщины		0,99995	
K52	Контроль после раскатки			0,99999
053	Развальцовка торцов трубы после раскатки		0,99997	
054	Обезжиривание трубы		0,99995	
K54	Контроль после обезжиривания			0,99999
055	Термическая обработка трубы		0,99994	
K55	Контроль после термической обработки			0,99999
056	Травление		0,99998	
057	Оксидирование		0,99998	
K57	Контроль после оксидирования			0,99999
058	Вытяжка предварительная после раскатки № I		0,99996	
K58	Контроль после вытяжки предварительной			0,99999
059	Обезжиривание		0,99995	
K59	Контроль после обезжиривания			0,99995

## Продолжение табл. I

Обозначение технологической операции	Наименование операции	$P_j$	$P_{kj}$
060	Термическая обработка	0,99994	
К60	Контроль после термической обработки		0,99999
061	Травление	0,99998	
К61	Контроль после травления		0,99999
062	Оксидирование	0,99998	
063	Вытяжка трубок (слоев)	0,99996	
К63	Контроль после вытяжки		0,99998
064	Отрезка трубок в размер	0,99999	
065	Обезжиривание трубы	0,99995	
К65	Контроль после обезжиривания		0,99999
066	Термическая обработка выходной трубы	0,99994	
К66	Контроль после термической обработки		0,99999
067	Травление	0,99998	
К67	Контроль после травления		0,99999
068	Омыливание	0,99999	
069	Калибровка	0,99997	
070	Развальцовка трубок перед УДМ	0,99997	
К70	Контроль качества поверхности откалиброванных трубок		0,99999
071	Обезжиривание	0,99995	
К71	Контроль после обезжиривания		0,99999

Инв. № подз.	Полп. и дата	Инв. № АУ	Взам. инв. №	Инв. № АУ
--------------	--------------	-----------	--------------	-----------

52-48 37.05.67

Продолжение табл. I

Обозначение технологической операции	Наименование операции	$P_j$	$P_{kj}$
072	Сборка трубок в пакеты	0,99999	
K72	Контроль после сборки трубок в пакеты		0,99998
073	Токарная накатка	0,99997	
K73	Контроль после накатки		0,99998
074	Токарная подрезка торцов в размер	0,99998	
K74	Контроль после подрезки		0,99998
075	Сборка	0,99996	
K75	Контроль после сборки		0,99997
076	Сварка	0,99998	
K76	Контроль после сварки		0,99999
077	Формование	0,99992	
K77	Контроль после формования		0,99999
078	Поджатие сильфона в размер	0,99997	
K78	Контроль после поджатия в размер		0,99998
079	Обточка втулки сильфона в размер по чертежу	0,99998	
K79	Контроль качества проточки втулок		0,99998
080	Испытание	0,9995	
K80	Контроль		0,99999

Полн. и дата	Взам. инв №	Инв. №
Полн. и дата	31.05.68	
Инв. № полн.		
62-48		

4.2. Для определения вероятностей безошибочного выполнения производственных операций и операций контроля, каждая из операций расчленяется на переходы.

Пример расчленения на переходы наиболее сложной операции производства сильфонов - накатки приведен в табл. 2.

Таблица 2

Наименование перехода накатки	$F_i$	$Q_i$	$\tau_{ej}$
I. Установка накатной оправки в шиндель	0,000005	0,000002	I
2. Закрепление накатного ролика в резце-держателе	0,000006	0,0000002	I
3. Подводка суппорта по центру канавки (1-й, 2-й, 3-й, 4-й)	0,0000009	0,0000002	4
4. Запись показания на лимбе	0,0000006	0,0000003	4
5. Установка пакета на оправку	0,000004	0,0000003	I
6. Фиксирование пакета гайкой	0,0000005	0,0000003	I
7. Подведение задней бабки до упора	0,0000007	0,0000002	I
8. Закрепление задней бабки	0,0000008	0,0000002	I
9. Настройка коробки скоростей на нужную скорость вращения с помощью переключателя скоростей	0,000004	0,00000004	I
10. Включение станка с помощью рычага	0,0000011	0,0000001	I
II. Перемещение ролика в продольном направлении до центра канавки (1-й, 2-й, 3-й, 4-й)	0,0000009	0,0000002	4
12. Отвод ролика в исходное положение	0,0000002	0,00000002	4
13. Осуществление поперечной подачи ролика по индикатору	0,0000008	0,0000001	4

Инв. № подл.	Поп. в лота	Взам. инв. №	Инв. № АУД	Поп. в лота
52-48	3705			

4.3. Для каждой производственной и контрольной операции определяется вероятность неявления брака по формуле

$$P = \prod_{j=1}^{e_j} (1 - F_j Q_j)^{2e_j}$$

Для операции накатки:

$$\begin{aligned}
 P_{73} &= (1-0,000005.0,000002) \cdot (1-0,000006.0,000002)x \\
 &\times (1-0,000009.0,000002)^4 \cdot (1-0,0000006.0,0000003)^4 x \\
 &\times (1-0,000004.0,000003)x \\
 &\times (1-0,000007.0,000002) \cdot (1-0,000008.0,000002)x \\
 &\times (1-0,000004.0,000004) \cdot (1-0,0000011.0,0000001)x \\
 &\times (0,1-0,000009.0,000002)^4 \cdot (1-0,000002.0,0000002)^4 x \\
 &\times (1-0,000008.0,000001)^4 = 0,99997.
 \end{aligned}$$

4.4. Полученные значения вероятностей неявления брака сводятся в табл. I.

4.5. Для расчета количества дефектных изделий  $q$  на ЭВМ следует выдать алгоритм, стандартную программу (см. приложения 1 и 2) и следующие исходные данные:

- $J = 100,000$  (принято произвольно);
- значения  $P_j$ , взятые из табл. I с соблюдением принятого в ней порядка;
- множество номеров операций контроля:  
 $\{K\} = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80\};$

ЛНР №	Пол и дата
52-48	31.05.85

г) значения  $P_{kj}$ , взятые из табл. I с соблюдением принятого в ней порядка.

4.6. В результате работы ЭВМ на печать выведено значение доли дефектных изделий  $q = 0,00010028682$ .

## 5. ОБРАБОТКА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ЭВМ

5.1. Точечная оценка надежности сильфонов:

$$p = 1 - q;$$

$$p = 1 - 0,00010028682 = 0,9999.$$

5.2. Нижняя доверительная граница вероятности безотказной работы сильфона в течение гарантийного срока:

$$P = \frac{P + \frac{1}{2} \frac{t_{\beta}^2}{J} - t_{\beta} \sqrt{\frac{P(1-P)}{J} + \frac{1}{4} \frac{t_{\beta}^2}{J^2}}}{1 + \frac{t_{\beta}^2}{J}}$$

При доверительной вероятности

$$\beta = 0,96 \quad t_{\beta} = 2,053$$

$$P = \frac{0,9999 + \frac{1}{2} \frac{2,053^2}{100000} - 2,053 \sqrt{\frac{0,9999(1-0,9999)}{100000} + \frac{1}{4} \frac{2,053^2}{100000^2}}}{1 + \frac{2,053^2}{100000}}$$

$$= 0,99982.$$