

УТВЕРЖАЮ

Главный инженер организации  
п/я А-3398

*[Подпись]*  
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 1984г.*

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 установившегося 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 раз-  
витию химического и нефтяного машиностроения.*

Подпись и дата

Имя, № докум.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Имя, № подл.

8.10.88  
52-48

I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

② I.1. В РТМ применены термины по ГОСТ <sup>27.002-83</sup> ~~18-877-75~~.

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, 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  $N_r$  ( $N_r$  - 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:

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

- номер по порядку изготовленного изделия;

$j = \{1, 2, \dots, Z\}$

- номер операции, выполняемой в ходе изготовления;

|               |               |
|---------------|---------------|
| № по подл.    | Полнен в дату |
| 52-48         | 31.05.87      |
| Взам. инв. №  | Инд. № дубл.  |
|               |               |
| Полнен в дату |               |
|               |               |

- $Y$  - 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;
- $J$  - 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;
- $z_{lj}$  - 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;
- $m_{lj}$  - 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 совершенна.

Подпись и дата

Имя, инв. № Имя, № дубл.

Подпись и дата

Имя, № подл.

31.05.87

52-78

## 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 установившегося 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

Владелец № Инв. № 1)

Подпись и дата

№ № подл.

52-48 31.05.87

2.4.4. Детали, сборочные единицы, готовое изделие изготавливаются по установившемуся 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 появления 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  $P_{0x}$ , то считается, что после операции стоит контрольный пост под номером  $x$  с эффективностью контроля  $P_{0x}$ .

2.4.10. Если относительно всех деталей, составляющих изделие, известны вероятности  $P_x$  и  $P_{0x}$ , 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:

$O_{x-1}$  - производственная операция;

$K_{x-1}$  - контрольный пост.

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

$$O_1 \rightarrow O_2 \rightarrow K_2 \rightarrow O_3 \rightarrow K_3 \rightarrow \dots O_x \rightarrow K_x \rightarrow O_{(x+1)} \rightarrow \\ \rightarrow K_{(x+1)} \rightarrow \dots O_N \rightarrow O_{(N+1)} (\text{сборка}) \rightarrow K_{(N+1)}$$

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

Особо выделяется множество контрольных операций

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

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.

$$O_1 \rightarrow K_1 \rightarrow \dots \rightarrow O_{M_i} \rightarrow O_{(M_i+1)} \rightarrow \dots \rightarrow O_{\neq M_x}$$

Аналогично последовательно нумеруются

$$P_i, P_{OK}, \neq = \neq M_x, \{K\}$$

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  $\neq$ -й детали, проходящей  $M_x$  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:

$$O_{i\neq} \rightarrow K_{i\neq} \rightarrow O_{2\neq} \rightarrow \dots \rightarrow O_{M_x}$$

## 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.

Год изд. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подпись и дата

Изм. №

Подпись и дата

Изм. №

Подпись и дата

58-48 21.05.87

2.5.2. Алгоритм определения вероятности появления брака в процессе производства приведен в приложении 1.

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

$$P_{гн} = 1 - q \quad (1)$$

где  $P_{гн}$  - вероятность безотказной работы изделия с учетом его изготовления по установившемуся 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:

$$j = \bar{x}, \quad \bar{y} = N+1, \quad \{k\} = \{2, 3, \dots, \bar{x}, \bar{x}+1, \dots, N+1\}$$

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

$$P_j = \prod_{k_j=1}^{k_j} (1 - F_j Q_j)^{2k_j} \quad (2)$$

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

$$P_{k_j} = \prod_{t_j=1}^{t_j} [1 - (F_{t_j} Q_{t_j})^{m t_j}] \quad (3)$$

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

а) установить сильфон;

Ив. № подл. 52-76  
 Подпись и дата 31.05.67  
 Взам. инв. № Инв. № д.у. Подпись и дата

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

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                          | $F_{ij}$ | $Q_{ij}$ | $z_{ij}$ | $F'_{ij}$ | $Q'_{ij}$ | $m_{ij}$ |
|----------------|--|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
| 161            | Установить шльфон                              | 0,2      | 0,1      | 1        | -         | -         | -        |
| 162            | Подвести горелку                               | 0,2      | 0,1      | 1        | -         | -         | -        |
| 163            | Отрегулировать расход аргона                   | 0,4      | 0,1      | 1        | -         | -         | -        |
| 164            | Установить силу тока                           | 0,4      | 0,2      | 1        | -         | -         | -        |
| 165            | Установить скорость сварки                     | 0,4      | 0,2      | 1        | -         | -         | -        |
| 166            | Включить установку и произвести сварку шльфона | 0,3      | 0,1      | 2        | -         | -         | -        |
| 167            | Выбрать эталон                                 | -        | -        | -        | 0,9       | 0,05      | 1        |
| 168            | Осмотреть шов                                  | -        | -        | -        | 0,9       | 0,1       | 2        |
| 169            | Сравнить шов с эталоном                        | -        | -        | -        | 0,8       | 0,1       | 2        |

Полд и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл.

Полд и дата

Изм. № докум.

52-48 21.05.67



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  $Z$ ,  $\{K\}$ .

Например, если контроль стоит после 5-й, 18-й и 103-й операции, то  $\{K\} = \{5, 18, 103\}$   
 $J = 100000; 1000000; 10000000.$

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

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

где

$\beta$  — доверительная вероятность;

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

РА РТМ 26-07-213-77

Стр. 10

Если  $y$  велико, то  $P$  не слишком мало, т.е.  $yP$  и  $y(1-P)$  порядка 10 или более, и следует пользоваться формулой

$$P = P - t_{\beta} \sqrt{\frac{P(1-P)}{y}} \quad (5)$$

Таблица 2

| $\beta$ | $t_{\beta}$ | $\beta$ | $t_{\beta}$ | $\beta$ | $t_{\beta}$ | $\beta$ | $t_{\beta}$ |
|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|
| 0,80    | 1,282       | 0,86    | 1,475       | 0,91    | 1,694       | 0,97    | 2,169       |
| 0,81    | 1,310       | 0,87    | 1,513       | 0,92    | 1,750       | 0,98    | 2,325       |
| 0,82    | 1,340       | 0,88    | 1,554       | 0,93    | 1,810       | 0,99    | 2,575       |
| 0,83    | 1,371       | 0,89    | 1,597       | 0,94    | 1,880       | 0,9973  | 3,000       |
| 0,84    | 1,404       | 0,90    | 1,643       | 0,95    | 1,960       | 0,999   | 3,290       |
| 0,85    | 1,439       | -       | -           | 0,96    | 2,053       | -       | -           |

3.8. Пример расчета вероятности безотказной работы в течение гарантийного срока приведен в приложении 3.

Руководитель предприятия  
п/я Г-4745

Главный инженер

Зам. главного инженера

Зам. главного инженера

Заведующий отделом I6I

Заведующий отделом I5I

Руководитель темы

Исполнитель-  
инженер

С.И. Косых

М.Г. Сарайлов

О.Н. Шляков

Б.И. Велишек

П.Ф. Перов

Д.Д. Симкин

В.Е. Харьковский

Т.П. Яковлева

Подпись и дата

Имя, № д.б.а.

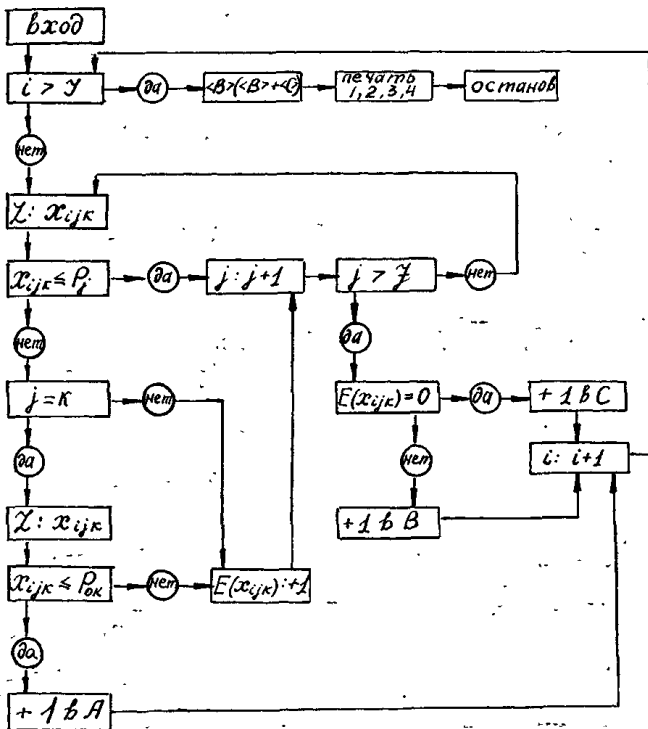
Вампек, в/в. №

Имя, № подл.

52-78

Приложение I

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



Инв. № подл. 52-48  
 План и дата 01.05.87  
 Взам. инв. №  
 План и дата  
 Инв. № л. и. План и дата

$X_{ijk}$  - 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.

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

Подп и дата

Взам. инв. № Инв. № 1

Подп и дата

Инв. № подл.

31.05.76

52-76

## 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; proch (I, J, U);
3 Boolean z;
4 begin array k[1:U], Pj[1:J], Pk[1:U];
5 proch (k, Pj, Pk);
6 A := B := C := 0; p1147(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 p1147(a, x);
9 if x ≤ Pj[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: p1147(a, x);
14 if x ≤ Pk[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 p1041 (A, B, C, B / (B + C)) end end.

```

Подп и дата

Изм. № дуб.

Взам. инв. №

Подп и дата

Изм. № подл.

31.05.87

5278

## Приложение 3

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

## 1. ЗАДАЧА РАСЧЕТА

1.1. 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) оборочный чертёж 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  $Q'$ .

Примечание. 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.

Полп и дата

Взам. инв. № Инв. № 1

Полп и дата

Инв. № подл.

31.05.77  
52-48

3.2. Сяльфоны изготавливаются по установившемуся технологическому процессу, что исключает возможность возникновения отказа изделия.

3.3. Отказ изделия может возникнуть только вследствие нарушения требований установившегося 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.2.1.1. РД РТМ 26-07- 77 составляется условная схема технологического процесса. Последовательность операций представлена в табл.1, причем операциям контроля присваиваются номера тех производственных операций, за которыми они следуют (графы 1 и 2).

Таблица 1

| 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 |          |

Полн. и дата

Взам. инв. № Инв. № д.

Полн. и дата

Инв. № подл.

52-48 31.05.67

Продолжение табл. I

| Обозначение технологической операции | Наименование операции                | P <sub>j</sub> | P <sub>кy</sub> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|
| K3                                   | Контроль после вырубki               |                | 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 трубok         | 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 трубok         | 0,99994        |                 |
| K13                                  | Контроль после термической обработки |                | 0,99999         |
| 014                                  | Травление                            | 0,99998        |                 |
| K14                                  | Контроль после травления             |                | 0,99999         |

Изм. № 48  
52-48  
Повел. и дата: 31.05.85

Взам. инв. № 111в. № 10  
Повел. и дата:



## Продолжение табл. I

| Обозначение технологической операции | Наименование операции                | $P_j$   | $P_{kj}$ |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|----------|
| 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 труб           | 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 труб           | 0,99994 |          |
| K25                                  | Контроль после термической обработки |         | 0,99999  |

Попл. и дата

Изм. № 1

Взам. инв. №

Попл. и дата

Изм. №

52-48 31.05.87

## Продолжение табл. I

| Обозначение технологической операции | Наименование операции                | $P_j$   | $P_{ij}$ |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|----------|
| 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 У I                          | 0,99996 |          |
| K34                                  | Контроль после вытяжки У I           |         | 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  |

Подп и дата

Взам. инв. № Инв. № 4

Подп и дата

Инв. № подл.

31.05.86

52-48

## Продолжение табл. I

| Обозначение<br>технологической<br>операции | Наименование операции                   | $P_i$   | $P_{kj}$ |
|--|---|---------|----------|
| 038  | Лакировка                               | 0,99998 |          |
| К38  | Контроль после лакировки                |         | 0,99999  |
| 039  | Вытяжка УП                              | 0,99996 |          |
| К39  | Контроль после вытяжки УП               |         | 0,99998  |
| 040  | Снятие лака                             | 0,99995 |          |
| К40  | Контроль после снятия лака              |         | 0,99999  |
| 041  | Обезжиривание                           | 0,99995 |          |
| К41  | Контроль после обезжиривания            |         | 0,99999  |
| 042  | Термическая обработка трубок            | 0,99994 |          |
| К42  | Контроль после термической<br>обработки |         | 0,99999  |
| 043  | Травление                               | 0,99998 |          |
| К43  | Контроль после травления                |         | 0,99999  |
| 044  | Лакировка                               | 0,99998 |          |
| К44  | Контроль после лакировки                |         | 0,99999  |
| 045  | Вытяжка УШ                              | 0,99996 |          |
| К45  | Контроль после вытяжки УШ               |         | 0,99998  |
| 046  | Снятие лака                             | 0,99995 |          |
| К46  | Контроль после снятия лака              |         | 0,99999  |
| 047  | Обезжиривание                           | 0,99995 |          |
| К47  | Контроль после обезжиривания            |         | 0,99999  |
| 048  | Термическая обработка трубок            | 0,99994 |          |
| К48  | Контроль после термической<br>обработки |         | 0,99999  |

Полн. и дата

Взм. инв. №

Полн. и дата

Инд. № подл.

31.05.78

52-48

|              |          |
|--------------|----------|
| Инв. № пола. | 52-48    |
| Полк и дата  | 91.05.48 |
| Взам. инв. № |          |
| Инв. №       |          |
| Полк. и дата |          |

|     |  |         |         |
|-----|--|---------|---------|
| 049 | Травление                                  | 0,99998 |         |
| K49 | Контроль после травления                   |         | 0,99999 |
| 050 | Лакировка                                  | 0,99998 |         |
| K50 | Контроль после лакировки                   |         | 0,99999 |
| 051 | Развальцовка торцов трубки                 | 0,99997 |         |
| 052 | Раскатка трубки до нужной толщины          | 0,99995 |         |
| K52 | Контроль после раскатки                    |         | 0,99999 |
| 053 | Развальцовка торцов трубки после раскатки  | 0,99997 |         |
| 054 | Обезжиривание трубки                       | 0,99995 |         |
| K54 | Контроль после обезжиривания               |         | 0,99999 |
| 055 | Термическая обработка трубки               | 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                                | Р <sub>г</sub> | Р <sub>к</sub> |
|--------------------------------------|--|----------------|----------------|
| 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 трубки                                 | 0,99995        |                |
| К65                                  | Контроль после обезжиривания                         |                | 0,99999        |
| 066                                  | Термическая обработка выходной трубки                | 0,99994        |                |
| К66                                  | Контроль после термической обработки                 |                | 0,99999        |
| 067                                  | Травление  | 0,99998        |                |
| К67                                  | Контроль после травления                             |                | 0,99999        |
| 068                                  | Омывание   | 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        |

Полн. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Полн. и дата

Изм. №

52-48 31.05.87

## Продолжение табл. I

| Обозначение<br>технологической<br>операции | Наименование операции                          | $P_j$   | $P_{kj}$ |
|--|--|---------|----------|
| 072  | Сборка трубок в пакеты                         | 0,99999 |          |
| K72  | Контроль после сборки трубок<br>в пакеты       |         | 0,99998  |
| 073  | Токарная накатка                               | 0,99997 |          |
| K73  | Контроль после накатки                         |         | 0,99998  |
| 074  | Токарная подрезка торцов<br>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<br>в размер            |         | 0,99998  |
| 079  | Обточка втулки сильфона<br>в размер по чертежу | 0,99998 |          |
| K79  | Контроль качества проточки<br>втулок           |         | 0,99998  |
| 080  | Испытание                                      | 0,9995  |          |
| K80  | Контроль                                       |         | 0,99999  |

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.2с 2.

Таблица 2

| Наименование перехода накатки  | $F_i$     | $Q_i$      | $\Sigma e_j$ |
|--|-----------|------------|--------------|
| I. Установка накатной оправки в шпиндель   | 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 нониусу  | 0,0000008 | 0,0000001  | 4            |

Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дт

Подп. и дата

Инв. № подл.

3105.67

52-48

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

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

Для операции накатки:

$$\begin{aligned} P_{73} &= (1 - 0,000005 \cdot 0,000002) \cdot (1 - 0,000006 \cdot 0,000002) \times \\ &\times (1 - 0,000009 \cdot 0,000002)^4 \cdot (1 - 0,0000006 \cdot 0,000003)^4 \times \\ &\times (1 - 0,000004 \cdot 0,000003) \times \\ &\times (1 - 0,000007 \cdot 0,000002) (1 - 0,000008 \cdot 0,000002) \times \\ &\times (1 - 0,000004 \cdot 0,000004) (1 - 0,000011 \cdot 0,000001) \times \\ &\times (0,1 - 0,000009 \cdot 0,000002)^4 (1 - 0,000002 \cdot 0,000002)^4 \times \\ &\times (1 - 0,000008 \cdot 0,000001)^4 = 0,99997. \end{aligned}$$

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

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

- а)  $T = 100.000$  (принято произвольно);  
 б) значения  $P_j$ , взятые из табл. I с соблюдением принятого в ней порядка;

в) множество номеров операций контроля:

$$\{K\} = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80\};$$

Подп и дата

Имя № д

Бум. инв. №

Подп и дата

Имя № подл.

52-48  
31.05.88



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

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

$$P = \frac{0,9999 + \frac{1}{2} \frac{2,053^2}{100000} - 2,053 \sqrt{\frac{0,9999(1-0,9999)}{100000} + \frac{1}{4} \frac{2,053^2}{100000^2}}}{1 + \frac{2,053^2}{100000}} = 0,99982.$$