

Центральное конструкторское бюро арматуростроения
(ЦКБА)

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДНАЯ. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ
НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.

РД 24-207-06-90

УТВЕРЖДЕНО
указанием Минтяжмаша СССР
№ АВ-002-1-8993 от 20.09.90

Дата введения 01.07.91

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

"АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДНАЯ. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
НАДЕЖНОСТИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.

РД 24-207-06 -90

Первый заместитель
начальника научно-технического
отдела Минтяжмаша

В.А.Мажукин

Начальник сектора

А.Н.Полтарецкий

Главный инженер ЦКБА

М.И.Власов

Заместитель директора
по научной работе

Ю.И.Тарасьев

Начальник отдела I6I

Р.И.Хасанов

Начальник лаборатории I5I

Г.В.Котылевский

Ответственный исполнитель-
инженер-конструктор
I категории

Т.Г.Потемкина

СОГЛАСОВАНО

Представитель заказчика 953

М.С.Байбурин

"31" августа 1990 г.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДНАЯ.

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

РД 24-207-06 -90

НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.

Дата введения 01.07.91

Настоящий руководящий документ (РД) устанавливает методику оценки значений показателей надежности (безотказности и долговечности) трубопроводной арматуры, ее узлов и приводных устройств к ней (далее изделие) на этапе проектирования.

РД 24-207-06 -90

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. В руководящем документе принята терминология по ГОСТ 27.002. Обозначения, применяемые при расчетах, приведены в приложении I.

1.2. Оценка надежности изделия на этапе проектирования определяется расчетом и основана на использовании опытных данных ЦКБА, а также данных технической литературы о надежности элементов изделия.

1.3. Результаты расчета должны использоваться для предварительной оценки надежности изделия на этапе проектирования и сравнения возможных вариантов конструкции. Полученные расчетные данные должны быть в дальнейшем уточнены и дополнены результатами испытаний на надежность. Окончательный вывод о надежности спроектированного изделия составляется путем сбора и анализа статистических данных о работе изделия в условиях эксплуатации.

1.4. Оценка надежности на этапе проектирования проводится с целью:

- сравнения различных вариантов структурной и конструктивной схем изделия;
- выявления деталей и узлов, комплектующих элементов, лимитирующих надежность изделия;
- проверки соответствия прогнозируемого уровня надежности требованиям технического задания;
- анализа возможности выполнения заданных требований по надежности.

РД 24-207-06 -90

1.5. За количественный критерий безотказности изделия принимается вероятность безотказной работы в течение заданного срока (периода непрерывной работы, гарантийного срока, гарантийной наработки, назначенного ресурса) или наработка на отказ.

1.6. За количественный критерий долговечности принимается ресурс или срок службы изделия по номенклатуре показателей надежности, приведенных в техническом задании (ТЗ) в соответствии с РД 302-07-278-89.

1.7. При составлении расчета должны быть оговорены все принимаемые допущения.

1.8. Расчет показателей надежности выполняется в соответствии с настоящим РД. Метод расчета выбирается исполнителем из изложенных в разделах 2 и 3 исходя из требований ТЗ.

Если изделие состоит из узлов и деталей, информация о надежности которых имеется, то расчет безотказности рекомендуется производить I методом или II методом.

Если информация о надежности узлов или деталей нового изделия отсутствует, или требования к вероятности безотказной работы выше величины 0,997, то расчет безотказности рекомендуется производить III методом.

Допускается по согласованию с заказчиком определение показателей безотказности относительно отдельных видов отказов (II методом).

1.9. Вероятность безотказной работы или λ -характеристики комплектующих изделий принимается по данным предприятия-изготовителя комплектующего изделия.

РД 24-207-06 -90

1.10. При отсутствии в приложении 2 данных о вероятности безотказной работы (интенсивности отказов) узлов и деталей при расчетах пользоваться статистическими данными.

2. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ

2.1. Первый метод

2.1.1. Основные допущения, принимаемые при расчете:

а) отказы элементов являются событиями случайными и независимыми;

б) вероятность безотказной работы элементов изделия определяется экспоненциальным законом, если нет достаточного числа опытных данных, свидетельствующих о другом законе распределения;

в) все элементы одного и того же типа имеют одинаковую интенсивность отказов;

г) интенсивность отказов принимается постоянной, то есть из рассмотрения исключаются периоды приработки и износа.

При составлении расчета должны быть оговорены и все другие принимаемые допущения, возникшие в связи со спецификой изделия, условий эксплуатации.

2.1.2. Исходными данными для расчета являются:

а) техническое задание;

б) сборочный чертеж изделия и спецификация;

в) заданный период, в течение которого необходимо определить вероятность безотказной работы арматуры (период непрерывной работы, назначенный ресурс, гарантийная наработка, гарантийный срок и т.д.);

РД 24-207-06 -90

- г) время совершения одного цикла;
- д) режим работы изделия;
- е) интенсивности отказов узлов и деталей изделия.

Время совершения одного цикла и режим работы изделия необходимы для расчета времени работы отдельных узлов и элементов изделия.

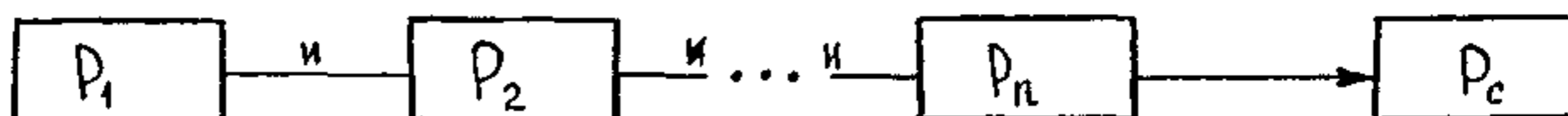
Необходимо установить, является ли изделие нормально открытым или нормально закрытым и какова продолжительность его пребывания в открытом (или закрытом) положении в процентах от заданного периода.

2.1.3. Методика расчета

2.1.3.1. Расчет вероятности безотказной работы изделия производится, исходя из основной количественной характеристики надежности λ_{oi} , данные о которой для различных элементов и узлов приведены в приложении 2.

2.1.3.2. При расчете изделие условно разбивается на элементы (узлы) и составляется логическая схема соединений элементов (узлов). Логические схемы соединения элементов (узлов) и соответствующие им формы для расчета вероятности безотказной работы изделия P_c по данным вероятности безотказной работы элементов P_j следующие:

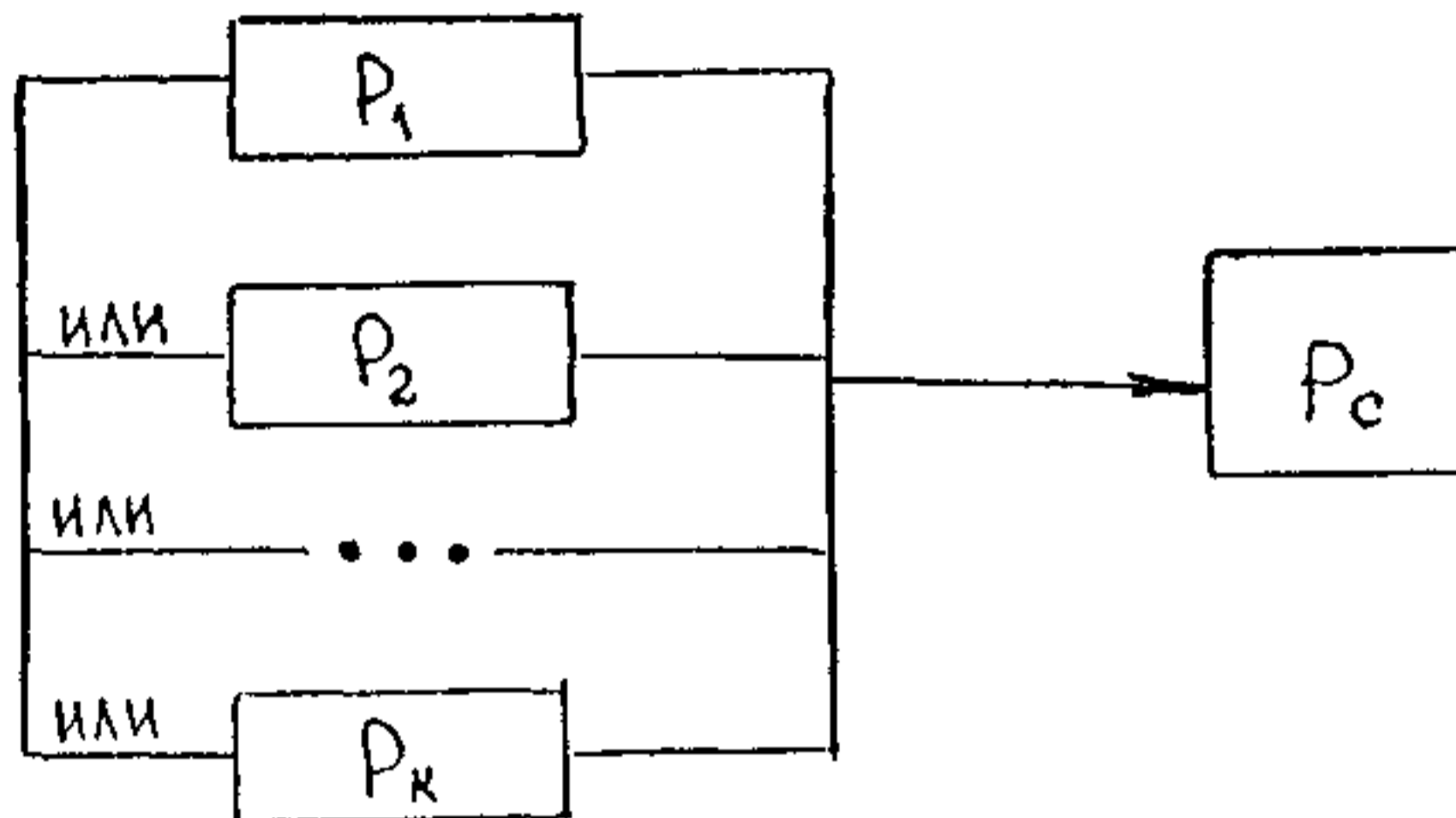
- а) простая последовательная схема (резервирование отсутствует)



$$P_c = P_1 \cdot P_2 \cdots P_n = \prod_{j=1}^n P_j \quad (I)$$

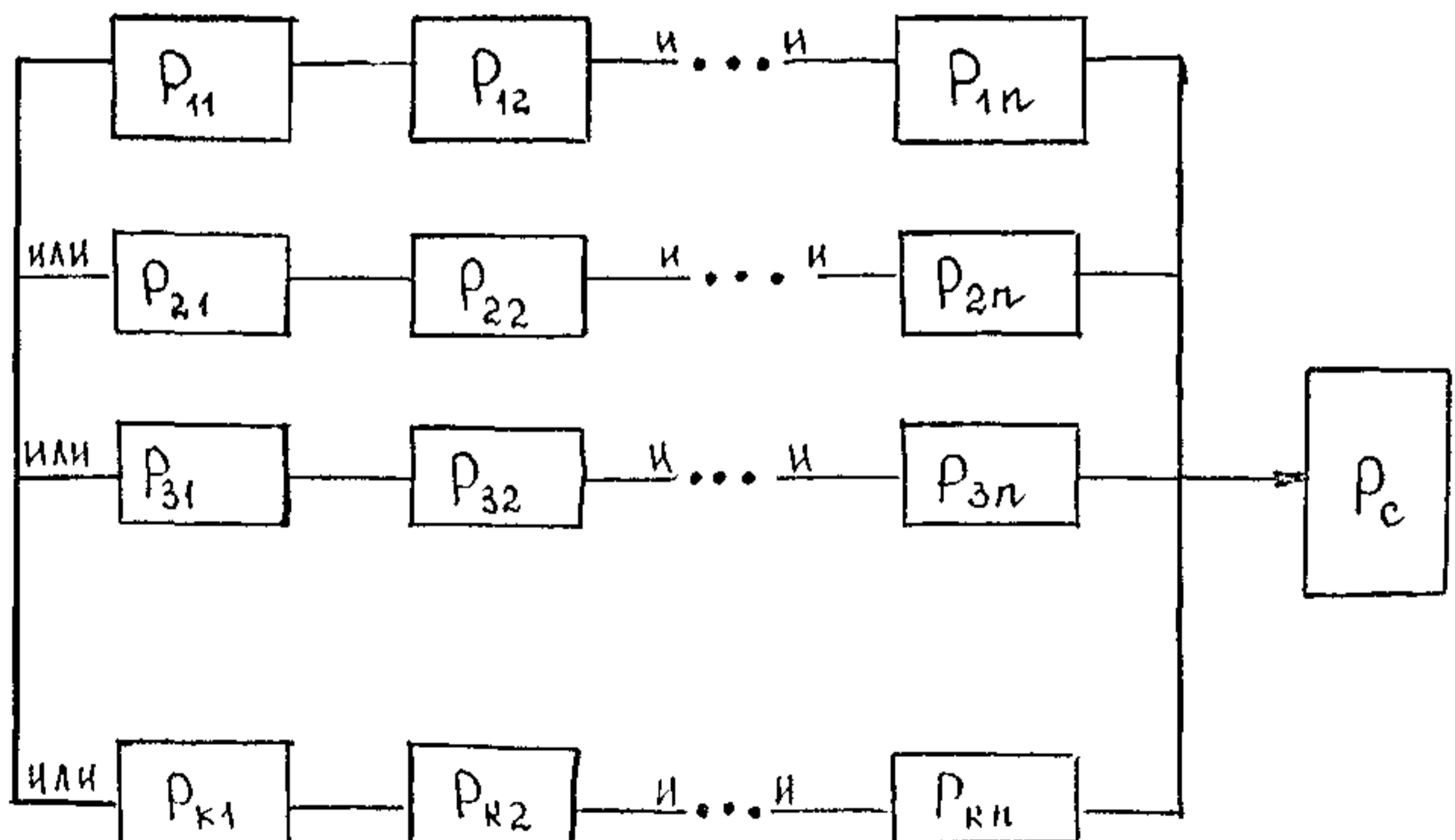
РД 24-207-06 -90

б) простая параллельная схема с (К-1) резервными элементами:



$$P_c = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_k) = 1 - \prod_{j=1}^k (1 - P_j) \quad (2)$$

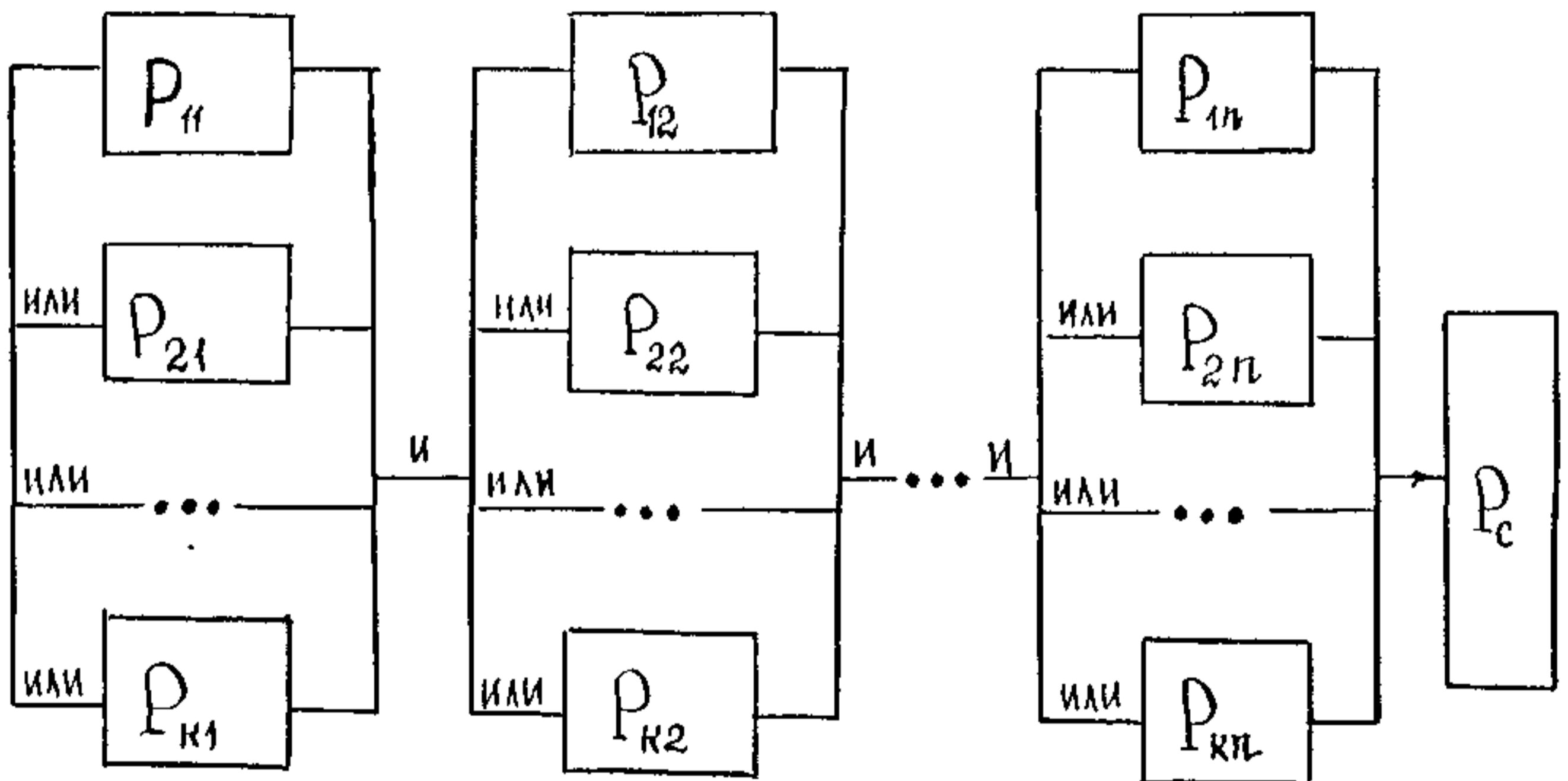
в) последовательно-параллельная схема (резервирование последовательных схем):



РД 24-207-06 -90

$$P_c = 1 - (1 - P_{11} \cdot P_{12} \cdot \dots \cdot P_{1n}) \cdot (1 - P_{21} \cdot P_{22} \cdot \dots \cdot P_{2n}) \cdot \dots \cdot (1 - P_{k1} \cdot P_{k2} \cdot \dots \cdot P_{kn}) = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - \prod_{j=1}^n P_{ij}) \quad (3)$$

г) параллельно-последовательная схема (поэлементные резервирования):



$$P_c = [1 - (1 - P_{11})(1 - P_{21}) \dots (1 - P_{k1})] \cdot [1 - (1 - P_{12})(1 - P_{22}) \dots (1 - P_{k2})] \cdot \dots \cdot [1 - (1 - P_{1n})(1 - P_{2n}) \dots (1 - P_{kn})] = \prod_{j=1}^n [1 - \prod_{i=1}^k (1 - P_{ij})] \quad (4)$$

РД 24-207-06 -90

или, если все $P_{ij} = P_j$, то

$$P_c = [1 - (1 - P_1)^k] \cdot [1 - (1 - P_2)^k] \cdots [1 - (1 - P_n)^k] \quad (4a)$$

2.1.3.3. Для каждого элемента необходимо определить:

- а) время t' , в течение которого элемент находится под нагрузкой;
- б) время t'' , в течение которого элемент находится в ненагруженном состоянии.

Причем

$$t = t' + t'' \quad (5)$$

2.1.3.4. Интенсивность отказов i -го элемента, находящегося под нагрузкой, определяется по формуле:

$$\lambda'_i = a_1 \cdot \lambda_{oi} \quad (6)$$

где λ_{oi} - в соответствии с приложением 2;

a_1 - в соответствии с приложением 3;

в) интенсивность отказов i -го элемента, не находящегося под нагрузкой, определяется по формуле:

$$\lambda''_i = a_2 \cdot \lambda'_i = a_2 \cdot a_1 \cdot \lambda_{oi} \quad (7)$$

где a_2 - поправочный коэффициент, учитывающий уменьшение интенсивности отказов для ненагруженного элемента; для электрических элементов он выбирается по данным приложения 4; для остальных он равен $1 \cdot 10^{-3}$

2.1.3.5. Вероятность безотказной работы одного i -го элемента рассчитывается по формуле (8), (9), (10).

а) λ_{oi} в единицах 1/час

$$P_i(t) = e^{-(\lambda'_i t'_i + \lambda''_i t''_i)} \quad (8)$$

РД 24-207-06 -90

б) λ_{oi} в единицах 1/цикл

$$P_i(t) = e^{-\lambda_{oi} T_i} \quad (9)$$

в) вероятность безотказной работы i -элемента за фиксированный срок или наработку t^*

$$P_i(t) = e^{\frac{t}{t^*} \ln P_i(t^*)} \quad (10)$$

2.1.3.6. Вероятность безотказной работы j -ой группы элементов P_j , объединенных по признаку равной продолжительности работы при условии, что все элементы составляют последовательную схему, рассчитывается по формулам:

а) если $P_i(t)$ рассчитывается по формуле (8), то

$$P_j(t) = \exp\left(-\sum_{i=1}^n m (\lambda'_i t'_i + \lambda''_i t''_i)\right) \quad (11)$$

б) если $P_i(t)$ рассчитывается по формуле (9), то

$$P_j(t) = \exp\left(-\sum_{i=1}^n m \lambda_{oi} T_i\right) \quad (12)$$

в) если $P_i(t)$ рассчитывается по формуле (10), то

$$P_j(t) = \exp\left(\sum_{i=1}^n \frac{m t}{t^*} \ln P_i(t^*)\right) \quad (13)$$

2.1.3.7. Вероятность безотказной работы всего изделия P_c определяется по формулам (1), (2), (3), (4) в зависимости от схемы соединения элементов в изделии.

2.1.3.8. Для расчета вероятности безотказной работы отдельных элементов необходимо заполнить таблицу I приложения 5.

2.1.3.9. Пример расчета показателей надежности данным методом приведен в приложении II.

2.2. Второй метод

РД 24-207-06 -90

2.2.1. Основные допущения, принимаемые при расчете:

- а) отказы элементов являются событиями случайными и независимыми;
- б) вероятность безотказной работы элементов изделия определяется экспоненциальным законом, если нет достаточного числа опытных данных, свидетельствующих о другом законе распределения;
- в) все элементы одного и того же типа имеют одинаковую интенсивность отказов.

2.2.2. Исходными данными для расчета являются:

- а) техническое задание;
- б) сборочный чертеж изделия и спецификация;
- в) критерии отказов и предельных состояний изделия;
- г) заданный период, в течение которого необходимо определить вероятность безотказной работы изделия (период непрерывной работы, назначенный ресурс, гарантийный срок и т.д.);
- д) интенсивности отказов узлов и деталей изделия.

2.2.3. Методика расчета

2.2.3.1. Вероятность безотказной работы изделия в течение заданного периода t — $P_{11}(t)$ определяется по формуле

$$P_{11}(t) = \prod_{j=1}^K P_{2j}(t) \quad (I4)$$

где $P_{2j}(t)$ — вероятность безотказной работы по каждому виду отказов;

K — число видов отказов или предельных состояний.

При расчете вероятностей $P_{2j}(t)$ учитываются только те узлы и детали изделия, которые влияют на данный вид отказа.

РД 24-207-06-90






2.2.3.2. Для оценки вероятности безотказной работы изделия следует построить схему следующим образом:

1 уровень — состояние изделия (работоспособное, неработоспособное) или событие (отсутствие отказов);

2 уровень — события, состояния, функции, от которых зависит 1 уровень (критерии отказов и предельных состояний);

3 (и последующие) уровни — элементы изделия или события, от которых зависит 2 (предыдущий) уровень.

При построении схемы необходимо использовать следующие обозначения:

	- состояние, событие, функция (нет исходной информации);
	- элементы (детали, узлы) изделия (есть исходная информация — интенсивность отказов);
	- "и" (знак зависимости);
	- "не"
	- "или"

По схеме заполнить таблицу 2 приложения 5.

2.2.3.3. Если события или элементы изделия связаны знаком "и", то вероятность безотказной работы i -го уровня определяется по формуле

$$P_{ij}(t) = \prod_{l=1}^n P_{i+l,l}(t) \quad (15)$$

где n — число событий или элементов ($i+1$) уровня, влияющие на наступление события i -го уровня.

Если события или элементы изделия связаны знаком "или", то вероятность безотказной работы определяется по формуле

РД 24-207-06 -90

$$P_{ij}(t) = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - P_{i+k, j}(t)) \quad (16)$$

2.2.3.4. Вероятность безотказной работы в течение заданного периода t определяется для каждого события, состояния, обозначенного на схеме прямоугольником.

Расчет производится от нижнего уровня к верхнему.

Вероятность безотказной работы элемента P_{ij} в течение заданного периода t определять исходя из данных приложения 2, 3 и 4 по формулам (8) - (10) или соответственно по формулам (11) - (13).

2.2.3.5. Классификатор отказов и предельных состояний арматуры приведен в приложении 7.

2.2.3.6. Пример расчета по данному методу приведен в приложении II.

2.3. Третий метод

2.3.1. Основные допущения, применяемые при расчете:

- а) отказы изделий являются случайными и независимыми событиями;
- б) распределение значений параметров работоспособности изделий и механических свойств конструкционных материалов подчиняются нормальному закону распределения отказов.

2.3.2. Исходными данными для расчета являются:

- а) техническая документация на изделие;
- б) критерии отказов и предельных состояний;
- в) предельные значения параметров функционирования, соответствующие критериям отказа и предельных состояний;

РД 24-207-06 -90

г) силовой и прочностной расчет изделия;

д) справочные данные о коэффициентах вариации аналогичных выходных параметров изделий - прототипов и механических свойств конструкционных материалов.

2.3.3. Методика расчета

2.3.3.1. Вероятность безотказной работы изделия в течение заданного периода t определяется по формуле

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \quad (17)$$

где $P_1(t)$ - вероятность неразрушения изделия в течение периода t ;

$P_2(t)$ - вероятность невыхода параметров функционирования за допустимые границы в течение заданного периода t .

2.3.3.2. Расчет вероятности $P_1(t)$.

Расчет вероятности $P_1(t)$ может быть определен двумя способами:

$$а) \quad P_1(t) = \prod_{i=1}^n P_{1i}(t) \quad (18)$$

где $P_{1i}(t)$ - вероятность неразрушения i -го элемента или узла изделия в течение периода t ;

$$б) \quad P_1(t) = \min P_{1i}(t) \quad (19)$$

Т.е. $P_1(t)$ определяется вероятностью неразрушения наиболее слабого узла или детали изделия в течение времени t . Наиболее слабый элемент определяется по изделию прототипу или по прочностному расчету (имеющий наименьший запас прочности или текущей).

Величина $P_{1i}(t)$ определяется по формуле

РД 24-207-06 -90

$$P_{ii}(t) = \Phi \left(\frac{\varphi - 1}{\sqrt{K_{Ri} \varphi_i^2 + K_{Si}^2}} \right) \quad (20)$$

где φ_i - коэффициент запаса, определяемый по формуле

$$\varphi_i = \frac{M_{Ri}}{M_{Si}} \quad (21)$$

где M_{Ri} и M_{Si} - ожидаемые средние значения прочности R и нагрузки S ;

K_{Ri} , K_{Si} - коэффициенты вариации M_{Ri} и M_{Si} соответственно.

Для расчета величин P_{ii} заполняется таблица I приложения 6.

По результатам силового и прочностного расчета заполняются графы I-4 (см. сводную таблицу напряжений).

В графе 5 определяется коэффициент запаса прочности $\varphi_i = \frac{M_{Ri}}{M_{Si}}$.

В графу 6 вносятся значения коэффициента вариации прочности, определяемый по таблице приложения 8 исходя из материала изготовления детали.

В графу 7 вносят значения коэффициента вариации нагрузки K_{Si} . Если нет данных о его величине, то значения K_{Si} выбираются из интервала $[0,2 + 0,3]$.

В графе 8 определяют значения $P_{ii}(t)$. Значения функции нормального распределения $\Phi(x)$ определяют по таблице приложения 9 в зависимости от x .

2.3.3.4. Расчет вероятности $P_2(t)$.

Вероятность невыхода параметров функционирования за допустимые границы в течение периода t определяется по формулам:

$$а) \quad P_2(t) = \prod_{j=1}^l P_{2j}(t) \quad (22)$$

где $P_{2j}(t)$ - вероятность невыхода значений j -го параметра функционирования за допустимые пределы в течение периода t .

ИД 21-207-06 -90

$$с) \quad P_2(t) = \min P_{2j}(t) \quad (23)$$

т.е. $P_2(t)$ — определяется вероятностью невыхода за допустимые пределы наиболее "слабого" параметра функционирования изделия.

Величина $P_{2j}(t)$ определяется следующим образом:

— если параметр функционирования ограничен сверху

$$P_{2j}(t) = \Phi\left(\frac{1}{K_{y_i}} + \frac{y_v}{K_{y_i} \cdot y_i}\right) \quad (24)$$

— если параметр функционирования ограничен снизу

$$P_{2j}(t) = \Phi\left(-\frac{y_n}{K_{y_i} \cdot y_i} + \frac{1}{K_{y_i}}\right) \quad (25)$$

— если параметр функционирования имеет двухстороннее ограничение

$$P_2(t) = \Phi\left(\frac{y_v - y_n}{K_{y_i} \cdot y_i}\right) \quad (26)$$

где $\Phi(\dots)$ — функция нормального распределения, определяемая по приложению 9;

y_v, y_n — соответственно верхняя и нижняя допустимые границы значений параметра, заданных в ТЗ;

y_i — ожидаемое среднее значение параметра, определяется по результатам технических расчетов или задается;

K_{y_i} — коэффициент вариации параметра работоспособности, определяемый по приложению 8.

Для расчета значений P_{2j} заполняют таблицу 2 приложения 6.

В графу 1 вносят параметры функционирования изделия.

В графу 2 — средние значения параметра y_i , задаваемые ориентировочно по данным конструкторского отдела.

РД 24-207-06-90

В графу 3 вносят величину, ограничивающую значения параметра функционирования.

Принимается по нормативным документам (ГОСТ 9544-75, ОСТ 26-07-1375-82, ОТТ-87 и др.) или задается заказчиком в техническом задании.

В графу 4 вносят значения коэффициента вариации параметра функционирования $K y_i$;

Величина $K y_i$ определяется по таблице приложения 8.

В графе 5 определяют значения аргумента u_j функции нормального распределения $\Phi(u_j)$.

В графе 6 определяют значения вероятности P_{2j} по формулам (24)–(26). Значения функции $\Phi(u_j)$ определяют по приложению 9 в зависимости от u_j .

П р и м е ч а н и е. При испытании опытных образцов или макетов величину y_i следует контролировать и в случае отклонения от принятой в расчете, расчет откорректировать.

2.4. Оценка наработки на отказ

2.4.1. Нарботка на отказ изделия определяется по формуле

$$T_{0\text{изд}} = \min_{i=1, z} T_i \quad (27)$$

где z – число узлов и деталей изделия, лимитирующих наработку на отказ;

T_i – наработка на отказ или ресурс i -го узла (детали)

2.4.2. Значения T_i определяются по формуле

$$T_i = \frac{1}{\lambda_i} \quad (28)$$

РД 24-207-06 -90

где λ_i - интенсивность отказов i -го узла или детали, определяется по приложению 2.

При определении наработки на отказ в циклах при расчете принимать λ_i в единицах 1/цикл, при определении наработки на отказ в часах - в единицах 1/час.

2.4.3. Допускается определение T_i по формулам, приведенным в нормативно-технической документации на узлы и детали.

3. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

3.1. Оценка срока службы

3.1.1. Полный средний срок службы изделия $T_{сл.ср.}$ определяется по формуле

$$T_{сл.ср.} = \min_j T_j \quad (29)$$

где T_j - срок службы корпусных деталей и узлов, не подлежащих замене и ремонту, определяющих долговечность изделия.

3.1.2. Величина T_j определяется по формуле (30) или (31)

$$T_j = \frac{1}{\lambda_j} \quad (30)$$

где λ_j - интенсивность отказов j -го узла или детали, лимитирующих долговечность изделия.

Величина λ_j определяется по приложению 2 в единицах измерения 1/час

$$T_j = \frac{u_{max}}{\gamma_j} \quad (31)$$

где γ_j - скорость изнашивания или скорость коррозии детали или узла.

u_{max} - максимально допустимый износ.

РД 24-207-06 -90

Скорость коррозии и скорость изнашивания определяются расчетным путем исходя из коэффициентов износостойкости и коррозионной стойкости применяемых материалов.

Величина коэффициента износостойкости определяется расчетно-экспериментальными методами либо по таблицам приложения IO.

Величина U_{max} определяется расчетным путем исходя из запаса прочности и приводится в технической документации.

Примечание: Допускается определение T_i по формулам нормативно-технической документации на узлы и детали, лимитирующие долговечность арматуры или по результатам прочностного расчета.

3.1.3. Полный назначенный срок службы $T_{слн}$ определяется по формуле

$$T_{слн} = \frac{T_{слср}}{n} \quad (32)$$

где n – коэффициент запаса по сроку службы;

$T_{слср}$ – полный средний срок службы изделия, определяемый по формуле (29).

Величина n выбирается в зависимости от критичности (значимости последствий) отказа из ряда [2 ÷ 13] и согласовывается с заказчиком при необходимости.

3.2. Оценка ресурса

3.2.1. Полный средний ресурс изделия $T_{рср}$ определяется по формуле

$$T_{рср} = (N+1) T_{0изд} \quad (33)$$

где N – число ремонтов арматуры;

$T_{0изд}$ – наработка на отказ, определяемая по п.2.4.

РД 24-207-06-90

Величина $T_{0изд}$ при определении ресурса регулирующей арматуры должна измеряться в часах, для остальной арматуры – в циклах.

3.2.2. Полный назначенный ресурс $T_{рн}$ определяется по формуле

$$T_{рн} = \frac{T_{рф}}{m} \quad (34)$$

где m – коэффициент запаса по ресурсу.

Величина m выбирается в зависимости от критичности отказов из ряда $[2 + 13]$ и при необходимости согласовывается с заказчиком.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОБОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТА

4.1. Расчет надежности на этапе проектирования следует оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-79.

4.2. Расчет должен содержать следующие разделы:

- задача расчета;
- основные допущения, принимаемые при расчете;
- исходные данные;
- расчет показателей надежности;
- выводы (заключение).

4.3. В разделе "Выводы" полученное расчетом значение показателя надежности U_p следует сравнить со значением, заданным в техническом задании $U_{тз}$.

РД 24-207-06-90

Приложение I
Справочное

Обозначения, применяемые при расчетах:

I Метод

- t - период непрерывной работы, гарантийный срок, гарантийная наработка, назначенный ресурс (час, цикл);
- t' - время, в течение которого элемент в составе эксплуатируемого изделия находится под нагрузкой, сказывающейся решающим образом на его надежности (час);
- t'' - время, в течение которого элемент в составе эксплуатируемого изделия находится в ненагруженном состоянии, не сказывающимся решающим образом на его надежности, или остается ненагруженным (час);
- $t_{ц}$ - время совершения одного цикла (час);
- λ_{0i} - интенсивность отказов i -го элемента (узла) (1/час, 1/цикл);
- λ'_i - интенсивность отказов i -го элемента (узла), находящегося под нагрузкой в течение времени t' (1/час, 1/цикл);
- λ''_i - интенсивность отказов i -го элемента (узла), ненагруженного в течение времени t'' (1/час, 1/цикл);
- $P(t)$ - вероятность безотказной работы изделия в течение времени t ;
- $P_i(t)$ - вероятность безотказной работы i -го элемента (узла) в течение времени t ;
- $P_j(t)$ - вероятность безотказной работы j -ой группы элементов;
- m - число типов элементов в изделии;
- α_i - коэффициент, учитывающий увеличение интенсивности отказов нагруженных элементов;

РД 24-207-06 -90

α_2 - поправочный коэффициент, учитывающий уменьшение интенсивности отказов для ненагруженных элементов;

T - наработка арматуры в заданный период (час, цикл)

II Метод

$P_{11}(t)$ - вероятность безотказной работы изделия в течение заданного периода t ;

$P_{2j}(t)$ - вероятность безотказной работы по каждому виду отказов;

k - число видов отказов или предельных состояний;

T - число циклов срабатывания в заданный период;

λ_{ij} - интенсивность отказов (i, j) элемента изделия.

III Метод

$P(t)$ - вероятность безотказной работы изделия в течение заданного периода t ;

$P_1(t)$ - вероятность неразрушения изделия в течение периода t ;

$P_2(t)$ - вероятность невыхода параметров работоспособности за допустимые границы в течение заданного периода t ;

K_{y_i} - коэффициент вариации параметра работоспособности;

y_i - ожидаемое среднее значение параметра работоспособности;

y^H, y^B - соответственно нижняя и верхняя допустимые границы значений параметра работоспособности y_i ;

M_R, M_S - ожидаемые средние значения прочности R и нагрузки S ;

K_R, K_S - коэффициенты, вариации M_R и M_S соответственно;

φ_i - коэффициент запаса прочности;

$\Phi(\dots)$ - функция нормального распределения.

Оценка наработки на отказ

$T_{0изд}$ - наработка на отказ изделия (час, цикл);

T_i - наработка на отказ или ресурс i -го узла (детали), (час, цикл);

РД 24-207-06 -90

ζ - число деталей и узлов, лимитирующих наработку на отказ изделия;

λ_i - интенсивность отказов i -го узла или детали (1/час, 1/цикл);

Методы оценки показателей долговечности

$T_{сл ср}$ - полный средний срок службы изделия, (год, лет);

T_j - срок службы корпусных деталей и узлов, определяющих долговечность изделия (год, лет);

λ_j - интенсивность отказов j -го узла или детали, лимитирующих долговечность изделия (1/час, 1/цикл);

U_{max} - максимально допустимый износ;

γ_j - скорость изнашивания j -й детали или узла (мм/год);

$T_{слн}$ - полный назначенный срок службы (год, лет);

n - коэффициент запаса по сроку службы;

$T_{р ср}$ - полный средний ресурс изделия (час, цикл);

m - коэффициент запаса по ресурсу;

$T_{рн}$ - полный назначенный ресурс изделия, (час, цикл);

N - количество ремонтов изделия.

РД 24-207-06-90

Приложение 2
СправочноеПоказатели надежности элементов
арматуры

1. Приложение 2 составлено на основе данных испытаний и эксплуатации арматуры и ее узлов, имеющихся в ЦКБА. Данные сведены в таблицу, которая будет дополняться по мере появления новых данных.

2. В таблице приведены три значения λ_0 : наибольшее, среднее и наименьшее. Наибольшее значение λ_0 следует принимать при тяжелых условиях работы изделия (P — свыше 200 кгс/см²,

— свыше 100°С, среда — агрессивная, вибрация — выше нормы) и больших гарантийных сроках или при малом запасе прочности.

$n \leq 2,0$. В случае легких условий работы изделия (P — до 200 кгс/см²

до 100°С, среда — агрессивная, вибрация — нормальная) и небольших гарантийных сроках (или при большом запасе прочности

$n \geq 3,5$) применяются наименьшие значения λ_0 . При отсутствии каких-либо специальных условий и при запасе прочности от 2,0 до 3,5 следует принимать среднее значение λ_0 .

3. Для элементов и узлов, отмеченных знаком *) значения характеристик и вероятность безотказной работы брать из соответствующих стандартов на данный элемент или узел.

Примечание. При расчете показателей безотказности по видам отказов (II метод) использовать λ -характеристики для соединений, сопряжений и поверхностей трения. При расчете показателей безотказности I методом применять λ_0 -характеристики для отдельных деталей и узлов арматуры.

Задвижки

Наименование элемента, узла задвижки	Вероятность безотказной работы $P(t^*)$	Данные эксплуатации $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ I/час				Данные испытаний ЦКБА $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ I/цикл		
		наименьшее	среднее	наибольшее	3	наименьшее	среднее	наибольшее
I	2	3	4	5	6	7	8	
Бурт		0,032	0,072	0,145				
Элкт. стопорный	$P(10\text{лет})=0,9986$							
Втулка резьбовая	$P(10\text{лет})=0,9896$	0,04	0,11	0,32	12,5	12,7	13,2	
Гайка	$P(10\text{лет})=0,999$	0,023	0,096	0,206				
Грибок		0,29	0,82	1,58				
Диск		0,52	0,82	1,41				
Клин		0,15	0,44	0,96				
цельный		0,19	0,97	1,18				
упругий								
составной								
Корпус	$P(10\text{лет})=0,9995$							
сталь	$P(10\text{лет})=0,999$							
чугун	$P(7\text{лет})=0,9992$							
Цветные сплавы								
Крышка	$P(10\text{лет})=0,9995$							
сталь	$P(10\text{лет})=0,999$							
чугун								

I	2	3	4	5	6	7	8
цветные сплавы	P(7лет)=0,9992						
Крепежные детали	P(10лет)=0,9991						
Направляющие клина корпуса	P(10лет)=0,987						
сталь	0,009	0,024	0,142				
чугун	0,018	0,068	0,201				
Ось	0,022	0,067	0,153				
Прокладка уплотнительная	0,14	0,20	0,38				
Фторопластовая, метакрилическая	0,09	0,28	0,52				
паронитовая	0,21	0,36	0,48				
Асбестовая	0,051	0,072	0,135				
Поверхность трения							
Рукоятка (маховик)	P(10лет)=0,9992						
Сальниковый узел с набивкой							
фторопластовой	0,012	0,054	0,092			3,16	
ФУМ	0,032	0,089	0,146			5,01	
асбестовой	0,061	0,174	0,238			6,24	
Соединение крепежное	P(10лет)=0,999						
резьбовое	P(10лет)=0,988						
сварное	P(10лет)=0,998						
механическое, кулачковое	P(10лет)=0,998	0,093	0,240	1,291			
Уплотнительные кольца							
корпуса, клина, дисков,							
шибера:							

РД 24-207-06 -90

I	2	3	4	5	6	7	8
твёрдый сплав		0,24	0,84	1,69			
сталь		0,18	0,88	1,82			
цветные сплавы		0,02	0,92	1,96			
Фланец	P(10лет)=0,999						
Шайба	P(10лет)=0,997						
Гайка		0,47	0,61	0,85			
Шпилька		0,07	0,095	0,18			
Шпонка	P(10лет)=0,996						
Шпилька	P(10лет)=0,998						
Маршрутное соединение		0,16	0,40	1,08			
Гесгегня	*	0,24	0,89	1,995			

Клапаны с электромагнитным приводом

Наименование элементов и узлов арматуры	Вероятность безотказной ра- боты в течение t^* $P(t^*)$	Данные эксплуатации				Данные испытаний		
		$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}, I/\text{час}$				$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}, I/\text{цкл}$		
		най- мень- шее	сред- нее	най- боль- шее	5	най- мень- шее	сред- нее	най- боль- шее
I	2	3	4	5	6	7	8	
Винт (стяжной)		0,07	1,02	2,96				
Втулка		0,12	0,50	1,49				
Диск		0,10	0,60	0,90				
Зажим (клемма)		0,003	0,004	0,005				
Катушка электромагнитного привода		0,004	0,014	0,098				
Клапанно-запорное устройство (плавная посадка)		0,05	0,13	0,46		13,6	15,8	16,2
Клапанно-запорное устройство (резкая посадка)		0,03	0,15	0,39		4,3	4,5	6,2
Клапан резино-металлический (РМК)		0,04	0,12	0,21		3,4	5,1	6,4
Кожух	0,999 (10 лет)	0,09	0,6	1,4				
Корпус: стальной	0,9995 (10 лет)							
чугунный	0,999 (10 лет)							
латунный	0,999 (7 лет)							
пластмассовый	0,992 (5 лет)							
Крышка: стальная	0,9995 (10 лет)							
чугунная	0,999 (10 лет)							
латунная	0,999 (7 лет)							

I	2	3	4	5	6	7	8
Крепежные детали		0,999 (10 лет)					
Кулачок (кулачковое соединение)		0,04	0,95	2,85			
Манжета фторопластовая		0,070	0,093	0,210			
Мембрана резиновая		0,08	0,097	0,19	10,8	11,2	11,7
Мембрана фторопластовая		0,055	0,082	0,16			
Муфта соединительная		0,061	0,11	0,25	11,3	12,0	13,5
Поверхность трения		0,06	0,072	0,14	7,1	7,4	8,6
Пробка резьбовая		0,003	0,017	0,183	15,0	16,8	18,9
Прокладка резиновая	P(5 лет)=0,998	0,003	0,018	0,13			
Прокладка фторопластовая	P(10 лет)=0,9974	0,0069	0,0096	0,0203			
Прокладка уплотнительная (асбест, ФУМ, паронит)	P(10 лет)=0,998	0,0032	0,0056	0,0092			
Пружина возвратная	0,9999 (10 лет)	0,007	0,014	0,40			
Рычаг	0,997 (10 лет)						
Ручной дублер ЭМН	0,99995(10 лет)						
Сальниковый узел с набивкой:							
Фторопласт 4	P(t*) по	0,009	0,012	0,015			
ФУМ	ОСТ 26-07-	0,010	0,014	0,019			
Асбестотехнической	1232-87	0,007	0,011	0,018			
Сетка (фильтр)		0,09	0,20	0,63			
Сильфон *	по ГОСТ 21744-83	или ОСТ 26-07-2019-81					

РД 24-207-06-90

I	2	3	4	5	6	7	8
Стойка		0,001	0,009	0,019			
Соединение подвижное		0,014	0,052	0,102			
Соединение сварное	0,999(10 лет)	0,009	0,056	0,097	6,49	6,51	6,69
Соединение жесткое		0,013	0,075	0,145	8,7	8,9	9,8
Соединение резьбовое		0,02	0,11	2,60	12,4	12,8	13,4
Соединение механическое		0,002	0,086	0,326			
Толкатель		0,001	0,012	0,124			
Трубка разделительная		0,011	0,077	0,145			
Уплотнение скользящее		0,14	0,22	0,86			
Уплотнение неподвижное (резиновое)		0,51	0,73	4,2			
Уплотнение ввода кабеля	P(10 лет)=0,999						
Шайба	0,9995(10 лет)	0,007	0,018	0,072	15,0	16,2	18,0
Шпилька		0,007	0,017	0,064	15,0	16,0	17,8
Штифт	0,9995(10 лет)	0,001	0,009	0,051			
Штуцер		0,043	0,067	0,079	7,95	8,0	8,4
Шток		0,009	0,017	0,025	9,2	9,24	9,8
Электромагнит	P(10 лет)=0,999						

Клапаны запорные

Наименование элементов и узлов арматуры	Вероятность безотказной работы в течение t^* $P(t^*)$	Данные испытаний			Данные эксплуатации		
		$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}, 1/\text{цикл}$			$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}, 1/\text{час}$		
		наименьшее	среднее	наибольшее	наименьшее	среднее	наибольшее
1	2	3	4	5	6	7	8
Бутельный узел без подшипников	$P(t^*)$ по ОСТ 26-07-2007-78	3,02	4,53	5,85	0,014	0,026	0,042
Бутельный узел с подшипниками качения	$P(t^*)$ по ОСТ 26-07-2017-79	9,62	11,34	14,81	0,065	0,084	0,122
Винтовая пара	$P(10 \text{ лет})=0,9992$				0,012	0,030	0,059
Втулка	$P(10 \text{ лет})=0,9995$				0,010	0,018	0,027
Втулка резьбовая	$P(10 \text{ лет})=0,997$	9,86	12,92	14,86	0,072	0,113	0,281
Корпус стальной чугунный титановый	$P(10 \text{ лет})=0,9995$						
	$P(10 \text{ лет})=0,999$						
	$P(10 \text{ лет})=0,999$						
Из цветных металлов	$P(10 \text{ лет})=0,9983$						
Крепежные детали	$P(10 \text{ лет})=0,9992$						
Крышка стальная чугунная титановая	$P(10 \text{ лет}):$ $=0,9995$						
	$=0,999$						
	$=0,999$						
Кулачок, кулачковое соединение					0,001	0,002	0,004

РА 24-207-06-90

I	2	3	4	5	6	7	8
Маховик и рукоятка	P(10 лет)= =0,9999						
Манжета	P(10 лет)= =0,9994				0,04	0,06	1,10
Муфта	P(10 лет)= =0,999						
Ось	P(3000)=0,999	0,73	1,12	2,02	0,013	0,021	0,038
Пара трения ("шток-втулка"							
"втулка-стойка"							
"корпус-золотник"							
"клин-корпус")							
Поверхность трения		0,63	0,98	1,72	0,031	0,052	0,098
Подпятник					0,013	0,021	
Подшипник качения				1,02	0,32	0,08	
Подшипник скольжения				0,38	0,21	0,09	
Пробка							
Дрокладка уплотнительная фторопластовая	P(10 лет)= =0,9974				0,0069	0,0097	0,0203
ФУМа	P(10 лет)=0,9974				0,0081	0,0092	0,0165
резиновая	P(5 лет)=0,998				0,0058	0,0152	0,0403
Пружина	P(10 лет)= P(1500ц)=0,9995				0,0006	0,0019	0,010

I	2	3	4	5	6	7	8
винтовая	0,9995 = P(10 лет)				0,0006	0,0019	0,010
возвратная	P(10 лет)= P(I500ц)=0,9996						
невозвратная	P(10 лет)=0,9994						
Тарельчатая (на I тарелку)	P(10 лет)= =P(I500ц)=0,9999	0,63	0,98	1,72	0,013	0,021	0,038
Пята	P(t*) по по OCT 26-07- -1232-87				0,007	0,026	0,059
Резьбовое соединение	P(10 лет)=0,999				0,11	0,02	1,95
Сальниковый узел с набивкой:	P(t*) по OCT 26-07- -2050-82				0,009	0,014	0,017
Щитопласт 4,	P(10 л.)=0,9992				0,010	0,014	0,019
ЭУМ,					0,007	0,012	0,024
Асбестотехнической,	P(t*) по ГОСТ 21744-83 или OCT 26-07-2019-81.						
Сильфон							
Соединение							
резьбовое	P(I0)=0,998				0,011	0,020	1,95
сварное					0,011	0,025	0,104
кулачковое					0,032	0,076	0,121
механическое					0,002	0,004	1,05
шарнирное					0,952	0,627	0,432
Основного разъема	P(10 лет)=0,999				0,022	0,062	0,210
Стопор	P(10 лет)=0,9996						

РД 24-207-06 -90

Наименование элемента узла арматуры	P (t*)	Данные испытаний ЦКБА			Данные эксплуатации		
		$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ Г/цикл			$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ Г/час		
		наименьшее	среднее	наибольшее	наименьшее	среднее	наибольшее
I	2	3	4	5	6	7	8
Узел затвора с уплотнением металл по металлу Тип I, II (по ОСТ 26-07-2042-81) Тип III	R(12 лет)=0,9994 R(3000ц)=0,992 R(1500ц)=0,993	8,2 10,3	10,6 15,7	16,8 19,7	0,0096	0,034	0,086
Узел затвора с уплотнением из фторопласта 4 Тип I-IY, YI (по ОСТ 26-07-1375-82)	R(3000ц)=0,999 R(12 лет)=0,9996 R(3000ц)=0,99	1,02 4,49	1,81 7,24	2,71 10,65	0,007	0,013	0,036
Тип Y Уплотнение-скользящее -Неподвижное (резиновое кольцо)					0,011 0,006	0,027 0,0152	0,084 0,043

РД 24-207-06 -90

I	2	3	4	5	6	7	8
Уплотнительная прокладка (см. прокладка)	P(10 лет)=0,9995	1,51	2,01	2,89			
Узел крепления рукоятки и маховика	P(10 лет)=0,9995						
Фланец	P(10 лет)=0,999						
Цилиндр	P(10 лет)=0,9992						
Шплинт	P() по						
Шпindelь	ОСТ 26-07-1232-87				0,007	0,026	0,059
Шпоночное соединение	P(10 лет)=0,9994						
Штифт	P(10 лет)=0,9992						
Шток	P(12 лет)=0,998	0,73	1,12	2,02	0,013	0,021	0,038
Штуцер	P(10 лет)=0,9994						
	"						

Краны

Наименование элемента, узла арматуры	Вероятность безотказной работы в те- чение периода t^* $P(t^*)$	Данные эксплуатации			Данные испытаний ЦКБА		
		$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ I/час			$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ I/цкл		
		наименьшее	среднее	наибольшее	наименьшее	среднее	наибольшее
I	2	3	4	5	6	7	8
Гайка накидная	$P(10) = 0,999$						
Ключ	$P(10) = 0,9992$						
Корпус латунный	$P(10 \text{ лет}) = 0,992$						
чугунный	$P(10 \text{ лет}) = 0,992$						
стальной	$P(10 \text{ лет}) = 0,993$	0,04	0,10	0,56			
титановый сплав	$P(10 \text{ лет}) = 0,992$						
Крепежные детали	$P(10 \text{ лет}) = 0,9988$						
Муфта	$P(10 \text{ лет}) = 0,999$	0,01	0,049	0,149			
Пара трения							
"сальник-шток"	$P(5 \text{ лет}) = 0,996$						
"клин-корпус"	$P(2 \text{ года}) = 0,965$	0,285	0,678	1,024			
Ползун		0,010	0,132	0,423			
Пробка латунная		0,04	0,99	1,26	2,41	3,75	4,45
чугунная		0,45	1,02	1,36			
стальная		0,15	1,09	1,74			
из титанового сплава		0,28	0,92	1,43			

I	2	3	4	5	6	7	8
Прокладка уплотнительная : фторопластовая. резиновая паронит, картон Ролик рукоятка Сальниковый узел тип I, II, УI: ФУМ, фторопласт асбест, паронит Тип III фторопласт 4 Тип IV, У резиновое кольцо Соединение сварное резьбовое крепежное механическое Уплотнительное кольцо фторопластовое резиновое Фланец	P(10 лет)=0,9974 P(8 лет)=0,9981 P(8 лет)=0,9974 P(10 лет)=0,9986 P(10 лет)=0,999 P(t*) по ОСТ 26-07-2030-81 P(10 лет)=0,9996 P(5000ц)=0,96 P(3000ц)=0,95 P(10 лет)=0,999	0,004 0,0009 0,012 0,024 0,01 0,004 0,004 0,32 0,11	0,016 0,0114 0,038 0,056 0,11 0,017 0,10 0,73 0,51	0,029 0,0236 0,059 0,098 0,35 0,059 0,42 1,04 0,94	1,02 0,08 1,31 0,72 11,2	1,8 1,8 2,72 1,5 12,5	5,3 4,6 4,01 4,2 12,65

РД 24-207-06 -90

I	2	3	4	5	6	7	8
Шар (пробка)		0,032	0,136	0,529			
латунь, бронза		0,072	0,142	0,490			
чугун		0,02	0,089	0,24			
сталь		0,041	0,104	0,882			
титановый сплав		0,046	0,085	0,293			
Шпиндель							
Шпонка стальная	P(10 лет)=0,999						

Клапаны обратные

Наименование элемента, узла арматуры	Вероятность безотказной работы $P(t^*)$	Данные эксплуатации			Данные испытаний ЦКБА		
		$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ I/час			$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ I/цикл		
		наименьшее	среднее	наибольшее	наименьшее	среднее	наибольшее
I	2	3	4	5	6	7	8
Винт стопорный	$P(10 \text{ лет}) = 0,999$	0,004	0,13	0,83			
Гайка	$P(10 \text{ лет}) = 0,9995$	0,011	0,29	0,65			
Диск (защелка)							
стальной							
чугунный							
Золотник стальной		0,08	0,27	0,78			
чугунный		0,17	0,32	0,62			
из цветных сплавов		0,21	0,30	0,65			
Корпус							
стальной	$P(10 \text{ лет}) = 0,9995$						
чугунный	$P(10 \text{ лет}) = 0,999$						
из цветных сплавов	$P(7 \text{ лет}) = 0,9995$						
Крышка							
сталь	$P(10 \text{ лет}) = 0,9995$						
чугун	$P(10 \text{ лет}) = 0,999$						
из цветных сплавов	$P(7 \text{ лет}) = 0,9995$						

I	2	3	4	5	6	7	8
Муфта резьбовая	P(Юлет)=0,9995						
Ось	P(Юлет)=0,9994						
Прокладка		0,009	0,11	0,24			
медь, сталь		0,12	0,22	0,34			
фторопласт		0,14	0,37	0,49			
паронит, резина		0,041	0,072	0,128			
Пара трения		0,051	0,076	0,114			
Пружина		0,009	0,052	0,123			
Рычаг							
Сильфон	P(t*) по ГОСТ 21744-83, ОСТ 26-07-2019-81						
Серьга		0,006	0,0095	0,014			
Соединение							
резьбовое		0,076	0,11	0,240			
сварное		0,021	0,056	0,101			
крепежное		0,009	0,017	0,023			
механическое		0,008	0,10	0,238			
Сетка (фильтр)		0,041	0,072	0,128			
Уплотнительные поверхности (кольца) корпуса, золотника, диска							
твердый сплав		0,02	0,17	0,43			
латунь		0,009	0,25	0,563			
фторопласт		0,093	0,37	0,624			
резина		0,086	0,43	0,82			

РД 24-207-06-90

I	2	3	4	5	6	7	8
Фланец	P(10лет)=0,999 P(10лет)=0,999	0,004	0,015	0,049			
Шпилька		0,11	0,27	0,53	13,0	15,0	17,0
Штифт		0,010	0,014	0,024			
Шариковый подшипник							
Сальниковый узел							

Клапаны предохранительные

Наименование элемента узла арматуры	Вероятность безотказной работы $P(t^*)$	Данные эксплуатации $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ 1/час				Данные испытаний ЦКБА $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ 1/цикл					
		наименьшее	среднее	наибольшее	наименьшее	среднее	наибольшее	наименьшее			
									3	4	5
I	2										
Винт регулировочный		0,11	0,25	0,98							
Втулка, дискдержатель		0,11	0,24	0,45							
Груз		0,003	0,008	0,021							
Золотник, диск		0,42	0,79	0,98							
Кольцо регулировочное	$P(10лет)=0,9997$										
Корпус											
стальной	$P(10лет)=0,9999$										
чугунный	$P(10лет)=0,9998$										
Крышка											
стальная	$P(10лет)=0,9999$										
чугунная	$P(10лет)=0,9998$										
Палец		0,062	0,084	0,101							
Поверхность трения		0,41	0,72	1,121							
Прокладка											
фторопластовая		0,071	0,097	0,121							
резиновая		0,082	0,104	0,201							
паранитовая		0,060	0,109	0,297							

I	2	3	4	5	6	7	8
Мембрана	P(10 лет)=0,9907	0,076	0,107	0,236			
Пружина	P(10лет)=0,9984						
Рычаг	P(10лет)=0,9996						
Ручной дублер	P(10лет)=0,9999	0,012	0,052	0,158			
Сальник							
Седло съёмное	P(10лет)=0,9995	0,004	0,017	0,16			
Сильфон	P(t*) по ГОСТ 21744-83 или ОСТ 26-07-2019-81						
Соединение							
сварное	P(10лет)=0,998						
резьбовое	P(10лет)=0,9997						
механическое, крепежное	P(10лет)=0,9997 *						
Уплотнительные кольца седла, золотника							
твёрдый сплав		0,42	0,63	0,98			
латунь, бронза		0,36	0,82	1,23			
фторопласт		0,51	0,84	1,04			
Фильтр	P(10лет)=0,994						
Фланец	P(10лет)=0,9995						
Цилиндр (стакан)	P(10лет)=0,9968						
Шток	P(10лет)=0,9974						
Шпилька	P(10лет)=0,9994						
Шарнирное соединение	P(10лет)=0,9987						

Клапаны регулирующие и запорно-регулирующие

Наименование элемента, узла, клапана	Вероятность безотказной работы $P(t^*)$	Данные эксплуатации $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ I/час			Данные испытаний $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ I/цикл		
		най-меньшее	среднее	най-большее	най-меньшее	среднее	най-большее
Болты	$P(10\text{лет})=0,9987$	0,012	0,095	0,206	10,7	11,4	11,9
Втулка резьбовая		0,036	0,082	0,132	10,2	10,5	12,3
Гайка накладная		0,12	0,53	0,84			
Гайки крепежные	$P(10\text{лет})=0,999$	0,52	0,97	3,04			
Диафрагма		0,44	1,01	2,57			
Диск поворотный							
Золотник							
Корпус							
стальной	$P(10\text{лет})=0,999$						
чугунный	$P(10\text{лет})=0,9985$						
Цветные металлы	$P(7\text{лет})=0,9978$						
Крепежные детали	$P(10\text{лет})=0,9985$						
Крышка							
сталь	$P(10\text{лет})=0,999$						
бронза	$P(7\text{лет})=0,9985$						
Мембрана		0,08	0,93	3,45			
Муфта		0,021	0,063	0,95			
Направляющая		0,11	0,42	0,65			

138-91 14.06.1998

I	2	3	4	5	6	7	8
Плунжер		0,11	0,42	0,65		15,8	16,4
стержневой		0,09	0,51	1,32	13,6		24,2
полый		0,11	0,72	2,65	15,8	20,1	20,1
сегментный		0,14	0,45	0,98	9,62	12,2	23,4
поршневой		0,22	0,64	1,32	12,1	17,3	3,41
Поверхность трения		0,027	0,52	1,48	11,6	4,79	
Поршень		0,08	0,20	0,35			
Прокладка							
фторопластовая		0,005	0,011	0,019			
резиновая		0,010	0,022	0,035			
паронитная		0,003	0,040	0,077			
Пружина	P(10лет)=0,999	0,012	0,024	0,065			
Рычаг	P(10лет)=0,998	0,009	0,021	0,058	9,1	10,3	12,4
Сальник		0,036	0,088	0,242			
Седло		0,67	1,04	1,29			
Соединение							
сварное	P(10лет)=0,997		0,025				
резьбовое	P(10лет)=0,998		0,021				
Сильфон	P(t*) по ГОСТ 27744-83 или ОСТ 26-07-2019-81						
Уплотнение корпуса							
(уплотнительные кольца)							
стальное	P(10лет)=0,9928	0,42	0,63	0,91			
твердый сплав	P(10лет)=0,9934	0,31	0,56	0,92			

РД 24-207-06-90

I	2	3	4	5	6	7	8
Уплотнение плунжера		0,42	0,65	0,90			
стальное		0,39	0,48	0,86			
твердый сплав		0,21	0,37	0,96			
фторопластовое		0,71	0,84	0,98			
резиновое							
Фланец	P(10лет)=0,999	0,03	0,07	0,12			
Шар		0,61	0,82	0,96			
Шибер		0,11	0,32	0,45			
Шланг		0,031	0,067	0,157	7,95	8,0	8,15
Шток		0,035	0,085	0,162	9,5	10,0	10,6
Шпиндель							
Штуцер	P(10лет)=0,999						

Приводы (кроме электромагнитного)

Наименование элемента привода	Вероятность безотказной работы $P(t^*)$	Данные эксплуатации $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ 1/час				Данные испытаний ЦКБА $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ 1/цикл			
		наименьшее	среднее	наибольшее	3	наименьшее	среднее	наибольшее	8
I	2		4	5	6	7	8		
Гайка ходовая		0,072	0,095	0,13					
Диафрагма		0,026	0,27	1,36					
Зубчатая передача		0,003	0,005	0,009					
Клемма									
Корпус	$P(10лет)=0,999$	0,76	0,99	1,27					
Кривошип									
Крышка	$P(10лет)=0,999$								
Манжета		0,62	0,84	1,01					
Мембрана		0,42	0,97	1,35	10,8	11,2	11,7		
Муфта		0,21	0,40	0,65					
Поршень		0,36	0,42	0,58					
Пружина		0,031	0,076	0,125					
Путевой выключатель (блок)	$P(10лет)=0,996$	0,012	0,021	0,039					
Редуктор		0,026	0,74	0,152					

I	2	3	4	5	6	7	8
Соединение							
кулачковое		0,09	0,24	0,65	13,0	15,0	19,0
шарнирное		0,80	2,4	4,0			
крепежное		0,008	0,017	0,025			
пневматическое		0,020	0,15	0,20			
контактное		0,002	0,01	0,02			
Уплотнение ввода кабеля	P(Юлет)=0,998						
Цилиндр		0,022	0,040	0,062			
Шестерня		0,53	0,89	1,14			
Шток		0,026	0,067	0,093	7,95	8,0	8,1
Электродвигатель по соответствующим	ТУ	или	другой НТД.				

П р и м е ч а н и е. Показатели надежности применять: для ММ по ТУ 26-07-130-75, ТУ 26-07-1116-86, для ПОУ - по ТУ 26-07-1096-79, электроприводы по соответствующим ТУ.

РД 24-207--06 -90

Приложение 3
СправочноеЗначения коэффициента a_I

Наименование элементов и узлов	I
Резьбовое соединение Механическое соединение Поверхность трения Подшипник Шпоночное соединение Пружина возвратная Кулачковое соединение Зубчатая передача Магнит и электромагнит Катушка, клейма Штифтовое соединение Прочие элементы, работающие в наиболее тяжелом режиме	5
Клапанно-запорное устройство Сальниковая набивка Скользящее уплотнение (фторопласт) Мембрана Прокладка Крепежные детали	2
Корпус Маховик и рукоятка Узел крепления маховика и рукоятки Прочие элементы, работающие в наиболее легком режиме	I

ЭЦ 24-207-06-90

Приложение 4
СправочноеПоправочные коэффициенты, учитывающие уменьшение
интенсивности отказов элементов a_2

Наименование элементов	$a_2 \cdot 10^{-3}$
Штепсельный разъем	1,00
Переключатель	1,00
Электродвигатель	0,28
Реле	1,00
Механический, гидравлический и пневматический элемент	1,00

Таблица 2

Параметр функциони- рования	Среднее значение парамет- ра μ_i	Ограниче- ния пара- метра $[\mu^6, \mu^M]$	Коэффициент вариации параметра функциони- рования K_{μ_i}	Значения $\mu_i = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\mu^6 - \mu_i}{K_{\mu_i} \cdot \mu_i} \\ \frac{\mu_i - \mu^M}{K_{\mu_i} \cdot \mu_i} \end{array} \right.$ мм	Вероятность безотказной работы $P_{2j} = \Phi(\mu_j)$
I	2	3	4	5	6

РД 24-207-06-90

Приложение 7

Справочное

Классификатор отказов и предельных состояний
арматуры

КРАНЫ

Внешнее проявление отказа (критерии отказа)	Отказавшие детали	Материал	Характер разрушения
I	2	3	4
Негерметичность затвора	Уплотнительные кольца в корпусах шаровых кранов	Фторопласт 4 Резина	Износ, разрушение, трещины, отрыв Износ, разругение, разрыв, смятие, отрыв
	Пробка, шар	Латунь, бронза, чугун, сталь, титановый сплав Фаялит	Износ, задир, эрозия, коррозия, трещины, сколы, риски Износ, разрушение, трещины, риски
	Корпус	Латунь, чугун, сталь, титановый сплав	Износ, задир, эрозия, коррозия, трещины, сколы, риски
Негерметичность по отношению к внешней среде	Корпус Накидная гайка	Латунь, чугун, сталь, титановый сплав Латунь	Коррозия, эрозия, трещины, разрыв, раковины, поры Трещины, разрыв резьбы, износ

I	2	3	4
Негерметичность по отношению к внешней среде	Сальников: 1 набивка	Асбест, ХБС, ХБП Маслобензостойкая резина	Разрушение, расслоение Износ, разрушение, смятие, разрыв
	Прокладка	Паронит, картон	Износ, разрушение, расслоение, смятие
	Манжета гидронасоса	Фторопласт 4	Износ, разрушение, трещины
	Манжета гидронасоса	Резина	Износ, разрушение, разрыв
	Манжета гидронасоса	Маслостойкая резина, вакуумная резина	Износ, разрушение, разрыв, смятие
	Пробка, шар	Латунь, бронза, чугун, сталь, тановый сплав	Коррозия, задиры, разрушение
	Шпонка	Сталь	Излом, срез
	Зубчатые колеса, редуктора	Сталь	Разрушение, излом, скол, износ зубьев
	Шпиндель	Сталь	Разрушение, излом, коррозия
	Отсутствие рабочих перемещений		

I	2	3	4
Отсутствие рабочих перемещений	Поршень пневмопривода	Сталь	Задир, обрыз (излом), коррозия, разрушение
	Шток пневмопривода	Сталь	Изгиб (деформация), коррозия, разрушение
	Цилиндр пневмопривода	Чугун	Задир, коррозия, разрушение

КЛАПАНЫ ОБРАТНЫЕ
(ПОДЪЕМНЫЕ, ПОВОРОТНЫЕ, ПРИЕМНЫЕ, НЕВОЗВРАТНО-ЗАПОРНЫЕ)

Внешнее проявление отказа (критерии отказа)	Отказавшие детали	Материалы	Характер разрушения
I	2	3	4
Негерметичность затвора	<p>Уплотнительная поверхность (кольцо) захлопки, золотника</p> <p>Уплотнительная поверхность корпуса</p> <p>Пружина</p>	<p>Твердый сплав, латунь, сталь</p> <p>—</p> <p>Фторопласт 4</p> <p>Резина</p> <p>Сталь</p>	<p>Износ, коррозия, эрозия, трещины, скол, отрыв</p> <p>—</p> <p>Износ, трещины, смятие, разрушение</p> <p>Износ, разрушение, разрыв</p> <p>Износ (деформация)</p>
Негерметичность по отношению к внешней среде	<p>Корпус</p> <p>Крышка</p> <p>Прокладка</p>	<p>Сталь, бронза, латунь, чугун, титановый сплав</p> <p>Сталь, латунь, чугун, титановый сплав</p> <p>Медь, сталь</p> <p>Паронит, картон</p> <p>Резина</p>	<p>Коррозия, эрозия, разрыв, трещины, раковины, поры</p> <p>Трещины, поры, раковины, разрыв</p> <p>Коррозия, разрушение</p> <p>Разрушение, расслоение, смятие</p> <p>Износ, разрыв, смятие, разрушение</p>

108.91 14 06 1988

I	2	3	4
Отсутствие рабочих перемещений	Сильфон Захлопка Золотник Пружины Ось, штифт Рычаг, серьга Диск	Фторопласт 4 Сталь Сталь, чугун Сталь, бронза, латунь, чугун, титановый сплав Фторопласт 4 Сталь Сталь Сталь Сталь, чугун Резина	Износ, трещины, разрушение Разрыв, трещина Разрушение, коррозия, отрыв Разрушение, коррозия, отрыв от потока Износ, разрушение, трещины, отрыв Износ, (деформация), излом, коррозия Излом, срез, коррозия Коррозия, излом, деформация, отрыв Разрушение, излом, коррозия Износ, деформация, разрушение, разрыв

ЗАДВИЖКИ

Внешнее проявление отказа (критерии отказа)	Оч. завшие детали	Материал	Характер разрушения
I	2	3	4
Негерметичность затвора	Уплотнительные кольца корпуса, клина, дисков, шибера	Твердый сплав, латунь, сталь, бронза	Износ, задиры, трещины, скол, коррозия, эрозия, риски, отрыв
Негерметичность по отношению к внешней среде	Сальниковая накладка Корпус Крышка Болты, гайки, шпильки Прокладка Манжета пневмо-гидропривода	Асбест, пенка, ФУМ-В Фторопласт 4 Сталь, бронза, чугун Сталь, бронза, чугун Сталь Перонит, картон Асбестометаллическая, фторопласт 4, алюминий Резина	Разрушение, расслоение, разрыв Износ, разрушение, трещины Коррозия, эрозия, трещины, поры, раковины, разрыв Разрыв, трещины, поры, раковины Износ, срыв резьбы Разрушение, расслоение, смятие, разрыв Износ, разрушение, трещины, смятие Износ, разрушение, разрыв, смятие

I	2	3	4
Отсутствие рабочих перемещений	<p>Резьбовая втулка, резьбовая часть шпинделя</p> <p>Клин, диски, шибер</p> <p>Ось, грибок</p> <p>Шпиндель</p> <p>Направляющая клина</p> <p>Шпонка, стопорный винт</p> <p>Зубчатые колеса редуктора</p> <p>Поршень пневмо-, гидропривода</p> <p>Шток пневмо-, и гидропривода</p> <p>Цилиндр пневмо-, гидропривода</p>	<p>Бронза, сталь, латунь</p> <p>Бронза, чугун, сталь, латунь</p> <p>Сталь</p> <p>Сталь, латунь</p> <p>Сталь, чугун</p> <p>Сталь</p> <p>Сталь, бронза</p> <p>Чугун</p> <p>Сталь</p> <p>Чугун, сталь</p>	<p>Износ, срыв резьбы, коррозия</p> <p>Разрушение, излом, отрыв</p> <p>Разрушение, излом, срез</p> <p>Разрушение, излом, изгиб, (деформация), отрыв</p> <p>Износ, задиры, трещины</p> <p>Излом, срез, срыв резьбы (винт)</p> <p>Разрушение, излом, скол, износ зубьев</p> <p>Износ, задиры, отрыв, разрушение, коррозия</p> <p>Износ, изгиб, коррозия, разрушение</p> <p>Износ, задиры, коррозия</p>

КЛАПАНЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ (ГРУЗОВЫЕ, РЫЧАЖНЫЕ)

Внешнее проявление отказа (критериев отказа)	Отказавшие детали	Материал	Характер разрушения
I	2	3	4
Негерметичность затвора	<p>Уплотнительной кольцо корпуса</p> <p>Уплотнительное кольцо золотника</p> <p>Пружина</p>	<p>Твердый сплав, латунь, бронза</p> <p>—"</p> <p>Фторопласт 4</p> <p>Резина</p> <p>Сталь</p>	<p>Износ, коррозия, эрозия, трещины, скол, отрыв от кольца</p> <p>—"</p> <p>Износ, трещины, разрушение, отрыв</p> <p>Износ, разрушение, разрыв, отрыв</p> <p>Износ, деформация, излом</p>
Негерметичность по отношению к внешней среде	<p>Корпус</p> <p>Крышка</p> <p>Шильфон</p> <p>I. окладка</p>	<p>Сталь, латунь, чугун</p> <p>Сталь, чугун</p> <p>Сталь</p> <p>Паронит</p> <p>Фторопласт 4</p> <p>Резина</p> <p>Алюминий</p>	<p>Коррозия, эрозия, трещины, разрыв, раковины, поры</p> <p>—"</p> <p>Разрыв, трещины</p> <p>Разрушение, расслоение, смятие</p> <p>Износ, трещина, смятие</p> <p>Разрушение, разрыв, смятие</p> <p>Деформация, разрушение</p>

138-91 14.06 1990

I	2	3	4
Негерметичность по отношению к внешней среде	Мембрана	Резина Фторопласт 4	Разрушение, разрыв, деформация Износ, трещины, разрушение
Отсутствие рабочих перемещений	Направляющая втулка Пружина Шток Палец Рычаг	Бронза Сталь Сталь Сталь Сталь	Задир, коррозия, трещина Разрушение, излом, деформация (износ) Отрыв, излом, коррозия Срез, излом, коррозия Коррозия, отрыв, излом

РД 24-207-06-90

С. 64

КЛАПАНЫ (ВЕНТИЛИ) РЕГУЛИРУЮЩИЕ

Внешнее проявление отказа (критерий отказа)	Отказавшие детали	Материал	Характер разрушения
I	2	3	4
Негерметичность затвора	<p>Уплотнительное кольцо плунжера (золотника)</p> <p>Уплотнительное кольцо корпуса</p> <p>Цружина</p> <p>Мембрана</p>	<p>Сталь, твердый сплав</p> <p>Резина</p> <p>Фторопласт 4</p> <p>Сталь, твердый сплав</p> <p>Сталь</p> <p>Резина, фторопласт 4</p>	<p>Износ, коррозия, эрозия, трещина, скол, отрыв</p> <p>Износ, разрушение, разрыв</p> <p>Износ, разрушение, трещина</p> <p>Износ, коррозия, эрозия, скол, отрыв, трещина</p> <p>Разрушение, износ, деформация</p> <p>Разрыв, износ</p>
Негерметичность по отношению к внешней среде	<p>Корпус</p> <p>Сальниковая набивка</p> <p>Прокладка</p> <p>Прокладка</p> <p>Крышка</p> <p>Накидная гайка</p>	<p>Сталь, латунь</p> <p>Асбест, ФУМ-В</p> <p>Фторопласт 4</p> <p>Паронит</p> <p>Фторопласт 4</p> <p>Резина</p> <p>Сталь, бронза</p> <p>Бронза</p>	<p>Коррозия, эрозия, трещины, разрыв, раковины, поры</p> <p>Износ, разрушение, расслоение</p> <p>Износ, разрушение, трещины</p> <p>Износ, разрушение, расслоение, смятие</p> <p>Износ, разрушение, трещины, смятие</p> <p>Износ, разрушение, разрыв, смятие</p> <p>Разрыв, трещины, поры, раковины</p> <p>Поры, раковины, разрыв, срыв резьбы</p>

I	2	3	4
Отсутствие рабочих перемещений	Сильфон	Сталь	Разрыв, трещины
	Болты (шпильки) гайки	Сталь	Износ резьбы, срыв
	Плунжер (золотник)	Сталь, бронза	Разрушение, коррозия, отрыв от штока
	Направляющая	Фторопласт 4	Износ, разрушение, трещины
	Шток	Сталь	Износ, задиры, трещины
	Резьбовая часть шпинделя	Сталь, бронза	Отрыв от золотника, излом, коррозия
	Резьбовая втулка	Сталь	Износ, срыв резьбы, коррозия
	Мембрана	Бронза	—
	Пружина	Резина	Износ, деформация, разрыв

ИД 24-207-06-00

0.66

КЛАПАНЫ (ВЕНТИЛИ) ЗАПОРНЫЕ ,ОТСЕЧНЫЕ

Внешнее проявление отказа (критерии отказа)	Отказавшие детали	Материал	Характер разрушения
I	2	3	4
Негерметичность затвора	Уплотнительное кольцо корпуса, золотника	Твердый сплав, латунь, сталь Фторопласт 4 Резина, кожа	Износ, коррозия, эрозия, трещины, скол, задир, риски, отрыв кольца Износ, риски, трещины, разрушение, смятие, отрыв Износ, разрушение, разрыв, смятие
	Пружина	Сталь	Износ (деформация), излом
Негерметичность по отношению к внешней среде	Корпус	Чугун, сталь, латунь, бронза, алюминий-сплав, монель-металл, титановый сплав	Коррозия, эрозия, трещины, разрыв, раковины, поры
	Сальниковая набивка	Асбест, ФУМ-В Резина	Износ, разрушение, расслоение Износ, разрушение, разрыв

РА 24-207-06-90

С.64

I	2	3	4
<p>Негерметичность по отношению к внешней среде</p>	Прокладка	Фибра, паронит Резина	Разрушение, расслоение, смятие, разрыв Износ, разрушение, разрыв, смятие
	Сильфон	Полумшак, бронза, сталь	Разрыв, трещины
	Крышка	Чугун, сталь, латунь, бронза	Разрыв, трещины, поры, раковины
	Болты, гайки	Сталь	Износ, срыв резьбы, коррозия
	<p>Отсутствие рабочих перемещений</p>	Резьбовая втулка Резьбовая часть шпинделя	Бронза, латунь Латунь, сталь, титановый сплав, монель-металлы
Подшипники		Сталь	Износ, коррозия, разрыв кольца, трещины
Шпиндель		Латунь, сталь, титановый сплав, монель-металлы	Разрушение, отрыв (излом)
Шток		Сталь	Отрыв от шпинделя, золотника, излом, коррозия
Золотник		Сталь, латунь, бронза, монель-металл, чугун	Разрушение, коррозия, отрыв от штока

I	2	3	4
Отсутствие рабочих перемещений	<p>Золотник</p> <p>Шпонка, стопорный винт</p> <p>Мембрана</p> <p>Поршень пневмопривода</p> <p>Шток пневмопривода</p> <p>Цилиндр пневмопривода</p> <p>Диафрагма</p> <p>Зубчатые колеса редуктора</p>	<p>Сталь, латунь, бронза, монель-металл, чугун</p> <p>Сталь</p> <p>Сталь</p> <p>Резина</p> <p>Сталь</p> <p>Сталь</p> <p>Сталь</p> <p>Сталь</p> <p>Резина</p> <p>Фторопласт 4, полиэтилен</p> <p>Сталь</p>	<p>Разрушение, коррозия, отрыв от штока</p> <p>Излом, срез</p> <p>Износ, излом, коррозия</p> <p>Разрушение, разрыв, износ</p> <p>Износ, задиры, отрыв от штока, разрушение, коррозия</p> <p>Износ, изгиб, коррозия, разрушение</p> <p>Износ, задиры, коррозия</p> <p>Разрушение, износ, разрыв</p> <p>Износ, трещины, излом</p> <p>Разрушение, излом, износ, скол зубьев</p>
Изменение сопротивления изоляции катушки электромагнитного привода относительно корпуса	Катушка электромагнитного привода	Провод обмоточный электроизоляционные материалы	Разрушение изоляции

Приложение 8

Справочное

Значение коэффициентов вариации для основных параметров функционирования и механических свойств конструкционных материалов

Наименование параметра	Коэффициент вариации K_{ψ}		
	Миним.	Среднее	Максимал.
1. Гидравлическое сопротивление	0,06	0,12	0,25
2. Времени срабатывания	0,1	0,23	0,35
3. Протечка в затворе	0,08	0,27	0,39
4. Минимальное напряжение срабатывания	0,1	0,2	0,3
5. Ток (напряжение) отпускания электромагнитного привода	0,02	0,04	0,07
6. Минимальный ток (напряжение) срабатывания электромагнитного привода	0,01	0,04	0,07
7. Потребляемая мощность электромагнитного привода	0,04	0,06	0,09
8. Стабильность выходного давления регулятора давления	0,01	0,025	0,04
9. Давление начала открытия клапана обратного	0,10	0,15	0,20
10. Давление настройки предохранительного клапана	0,02	0,04	0,08
11. Давление полного открытия клапана обратного, предохранительного	0,02	0,03	0,04
12. Давление обратной посадки клапана предохранительного	0,03	0,05	0,07
13. Коэффициент пропускной способности регулирующих клапанов	0,10	0,25	0,40
14. Коэффициент расхода	0,08	0,18	0,32
15. Усилие выпрессовки золотника	0,10	0,15	0,20

Продолжение приложения 8

Наименование параметра	Коэффициент вариации K_{y_i}		
	Миним.	Среднее	Максимал.
16. Усилие состыковки разъемных элементов	0,02	0,03	0,04
17. Предел прочности конструкционных материалов (для деталей, изготовленных литьем): Сталь и титановые сплавы	0,06	0,12	0,18
Алюминиевые сплавы и сплавы цветных металлов	0,042	0,12	0,21

Таблица

Функция нормального распределения $\Phi(x)$

X	,00	,01	,02	,03	,04	0,05	,06	,07	,08	,09
0,0	0,50000	0,50399	0,50798	0,51197	0,51595	0,51994	0,52392	0,52790	0,53188	0,53586
0,1	0,53983	0,54380	0,54776	0,55172	0,55567	0,55962	0,56356	0,56749	0,57142	0,57535
0,2	0,57926	0,58317	0,58706	0,59095	0,59483	0,59871	0,60257	0,60642	0,61026	0,61409
0,3	0,61791	0,62172	0,62552	0,62930	0,63307	0,63683	0,64058	0,64431	0,64803	0,65173
0,4	0,65542	0,65910	0,66276	0,66640	0,67003	0,67364	0,67724	0,68082	0,68439	0,68793
0,5	0,69146	0,69497	0,69847	0,70194	0,70540	0,70884	0,71226	0,71556	0,71904	0,72240
0,6	0,72575	0,72907	0,73237	0,73565	0,73891	0,74215	0,74537	0,74857	0,75175	0,75490
0,7	0,75804	0,76115	0,76424	0,76730	0,77035	0,77337	0,77637	0,77935	0,78230	0,78524
0,8	0,78814	0,79103	0,79389	0,79673	0,79955	0,80234	0,80511	0,80785	0,81057	0,81327
0,9	0,81594	0,81859	0,82121	0,82381	0,82639	0,82894	0,83147	0,83398	0,83646	0,83891

РД 24-207-06-90

Приложение 9
Справочное

138-91 14-06 1954

Продолжение таблицы

X	,00 :	,01 :	,02 :	,03 :	,04 :	,05 :	,06 :	,07 :	,08 :	,09
I,0	0,84134	0,84375	0,84614	0,84850	0,85083	0,85314	0,85543	0,85769	0,85993	0,86214
I,1	0,86433	0,86650	0,86864	0,87076	0,87286	0,87493	0,87698	0,87900	0,88100	0,88298
I,2	0,88493	0,88686	0,88877	0,89065	0,89251	0,89435	0,89617	0,89796	0,89973	0,90147
I,3	0,90320	0,90490	0,90658	0,90824	0,90988	0,91149	0,91309	0,91466	0,91621	0,91774
I,4	0,91924	0,92073	0,92220	0,92364	0,92507	0,92647	0,92786	0,92922	0,93056	0,93189
I,5	0,93319	0,93448	0,93574	0,93699	0,93822	0,93943	0,94062	0,94179	0,94295	0,94408
I,6	0,94520	0,94630	0,94738	0,94845	0,94950	0,95053	0,95154	0,95254	0,95352	0,95449
I,7	0,95543	0,95637	0,95728	0,95818	0,95907	0,95994	0,96080	0,96164	0,96246	0,96327
I,8	0,96407	0,96485	0,96562	0,96638	0,96712	0,96784	0,96857	0,96926	0,96995	0,97062
I,9	0,97128	0,97193	0,97257	0,97320	0,97381	0,97441	0,97500	0,97558	0,97615	0,97670
2,0	0,97725	0,97778	0,97831	0,97882	0,97932	0,97982	0,98030	0,98077	0,98124	0,98169
2,1	0,98214	0,98257	0,98300	0,98341	0,98382	0,98422	0,98461	0,98500	0,98537	0,98574
2,2	0,98610	0,98645	0,98679	0,98713	0,98745	0,98778	0,98809	0,98840	0,98870	0,98899
2,3	0,98928	0,98956	0,98983	0,9 ² 0097	0,9 ² 0358	0,9 ² 0613	0,9 ² 0863	0,9 ² 1105	0,9 ² 1344	0,9 ² 1576
2,4	0,9 ² 1803	0,9 ² 2024	0,9 ² 2240	0,9 ² 2451	0,9 ² 2656	0,9 ² 2857	0,9 ² 3056	0,9 ² 3244	0,9 ² 3431	0,9 ² 3613

РД 24-207-06-90

Продолжение таблицы

X	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
2,5	0,923790	0,923963	0,924132	0,924297	0,924457	0,924614	0,924766	0,924915	0,925060	0,925201
2,6	0,925339	0,925473	0,925604	0,925731	0,925855	0,925975	0,926093	0,926207	0,926319	0,926427
2,7	0,926533	0,926636	0,926736	0,926833	0,926928	0,927020	0,927110	0,927197	0,927282	0,927365
2,8	0,927445	0,927523	0,927599	0,927673	0,927744	0,927814	0,927882	0,927948	0,928012	0,928074
2,9	0,928134	0,928193	0,928250	0,928305	0,928359	0,928411	0,928462	0,928511	0,928559	0,928605
3,0	0,928650	0,928694	0,928736	0,928777	0,928817	0,928856	0,928893	0,928930	0,928965	0,928999
3,1	0,9290324	0,9290646	0,9290957	0,9291260	0,9291553	0,9291836	0,9292112	0,9292378	0,9292636	0,9292886
3,2	0,9293129	0,9293363	0,9293590	0,9293810	0,9294024	0,9294230	0,9294429	0,9294623	0,9294810	0,9294991
3,3	0,9295166	0,9295335	0,9295499	0,9295658	0,9295811	0,9295959	0,9296103	0,9296242	0,9296376	0,9296505
3,4	0,9296631	0,9296752	0,9296869	0,9296982	0,9297091	0,9297197	0,9297299	0,9297398	0,9297493	0,9297585
3,5	0,9297674	0,9297759	0,9297842	0,9297922	0,9297999	0,9298074	0,9298146	0,9298215	0,9298282	0,9298347
3,6	0,9298409	0,9298469	0,9298527	0,9298583	0,9298637	0,9298689	0,9298739	0,9298787	0,9298834	0,9298879
3,7	0,9298922	0,9298964	0,92990039	0,92990426	0,92990799	0,92991158	0,92991504	0,92991838	0,92992159	0,92992468
3,8	0,9292765	0,9293052	0,9293327	0,9293593	0,9293848	0,9294094	0,9294331	0,9294558	0,9294777	0,9294978
3,9	0,92945190	0,92945385	0,92945573	0,92945753	0,92945926	0,92946092	0,92946253	0,92946406	0,92946554	0,92946696

Продолжение таблицы

X	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
4,0	0,9 ⁴ 6833	0,9 ⁴ 6964	0,9 ⁴ 7090	0,9 ⁴ 7211	0,9 ⁴ 7327	0,9 ⁴ 7439	0,9 ⁴ 7546	0,9 ⁴ 7649	0,9 ⁴ 7748	0,9 ⁴ 7843
4,1	0,9 ⁴ 7934	0,9 ⁴ 8022	0,9 ⁴ 8103	0,9 ⁴ 8186	0,9 ⁴ 8263	0,9 ⁴ 8338	0,9 ⁴ 8409	0,9 ⁴ 8477	0,9 ⁴ 8542	0,9 ⁴ 8605
4,2	0,9 ⁴ 8665	0,9 ⁴ 8723	0,9 ⁴ 8778	0,9 ⁴ 8832	0,9 ⁴ 8883	0,9 ⁴ 8931	0,9 ⁴ 8978	0,9 ⁵ 0226	0,9 ⁵ 0655	0,9 ⁵ 1066
4,3	0,9 ⁵ 1460	0,9 ⁵ 1837	0,9 ⁵ 2199	0,9 ⁵ 2545	0,9 ⁵ 2876	0,9 ⁵ 3193	0,9 ⁵ 3497	0,9 ⁵ 3788	0,9 ⁵ 4066	0,9 ⁵ 4332
4,4	0,9 ⁵ 4587	0,9 ⁵ 4831	0,9 ⁵ 5065	0,9 ⁵ 5288	0,9 ⁵ 5502	0,9 ⁵ 5706	0,9 ⁵ 5902	0,9 ⁵ 6039	0,9 ⁵ 6268	0,9 ⁵ 6439
4,5	0,9 ⁵ 6602	0,9 ⁵ 6759	0,9 ⁵ 6908	0,9 ⁵ 7051	0,9 ⁵ 7187	0,9 ⁵ 7318	0,9 ⁵ 7442	0,9 ⁵ 7561	0,9 ⁵ 7665	0,9 ⁵ 7784
4,6	0,9 ⁵ 7888	0,9 ⁵ 7937	0,9 ⁵ 8081	0,9 ⁵ 8172	0,9 ⁵ 8258	0,9 ⁵ 8340	0,9 ⁵ 8419	0,9 ⁵ 8494	0,9 ⁵ 8566	0,9 ⁵ 8634
4,7	0,9 ⁵ 8699	0,9 ⁵ 8761	0,9 ⁵ 8821	0,9 ⁵ 8877	0,9 ⁵ 8931	0,9 ⁵ 8983	0,9 ⁶ 0320	0,9 ⁶ 0789	0,9 ⁶ 1235	0,9 ⁶ 1661
4,8	0,9 ⁶ 2067	0,9 ⁶ 2453	0,9 ⁶ 2822	0,9 ⁶ 3173	0,9 ⁶ 3508	0,9 ⁶ 3827	0,9 ⁶ 4131	0,9 ⁶ 4420	0,9 ⁶ 4696	0,9 ⁶ 4958
4,9	0,9 ⁶ 5208	0,9 ⁶ 5446	0,9 ⁶ 5673	0,9 ⁶ 5889	0,9 ⁶ 6094	0,9 ⁶ 6289	0,9 ⁶ 6475	0,9 ⁶ 6652	0,9 ⁶ 6821	0,9 ⁶ 6981

Продолжение таблицы

X	,00 :	,01 :	,02 :	,03 :	,04 :	,05 :	,06 :	,07 :	,08 :	,09
5,0	0,9 ⁶ 7133	0,9 ⁶ 7288	0,9 ⁶ 7416	0,9 ⁶ 7548	0,9 ⁶ 7672	0,9 ⁶ 7791	0,9 ⁶ 7904	0,9 ⁶ 8011	0,9 ⁶ 8113	0,9 ⁶ 8210
5,1	0,9 ⁶ 8302	0,9 ⁶ 8389	0,9 ⁶ 8472	0,9 ⁶ 8551	0,9 ⁶ 8626	0,9 ⁶ 8698	0,9 ⁶ 8765	0,9 ⁶ 8830	0,9 ⁶ 8891	0,9 ⁶ 8949
5,2	0,9 ⁷ 0036	0,9 ⁷ 0558	0,9 ⁷ 1054	0,9 ⁷ 1524	0,9 ⁷ 1971	0,9 ⁷ 2395	0,9 ⁷ 2797	0,9 ⁷ 3179	0,9 ⁷ 3541	0,9 ⁷ 3884
5,3	0,9 ⁷ 4210	0,9 ⁷ 4519	0,9 ⁷ 4812	0,9 ⁷ 5089	0,9 ⁷ 5353	0,9 ⁷ 5602	0,9 ⁷ 5839	0,9 ⁷ 6063	0,9 ⁷ 6276	0,9 ⁷ 6477
5,4	0,9 ⁷ 6668	0,9 ⁷ 6849	0,9 ⁷ 7020	0,9 ⁷ 7182	0,9 ⁷ 7336	0,9 ⁷ 7482	0,9 ⁷ 7619	0,9 ⁷ 7750	0,9 ⁷ 7873	0,9 ⁷ 7990
5,5	0,9 ⁷ 8101	0,9 ⁷ 8206	0,9 ⁷ 8305	0,9 ⁷ 8399	0,9 ⁷ 8488	0,9 ⁷ 8572	0,9 ⁷ 8651	0,9 ⁷ 8726	0,9 ⁷ 8797	0,9 ⁷ 8865
5,6	0,9 ⁷ 8928	0,9 ⁷ 8988	0,9 ⁷ 9045	0,9 ⁷ 9099	0,9 ⁷ 9150	0,9 ⁷ 9198	0,9 ⁷ 9243	0,9 ⁷ 9286	0,9 ⁷ 9327	0,9 ⁷ 9365
5,7	0,9 ⁷ 9401	0,9 ⁷ 9435	0,9 ⁷ 9467	0,9 ⁷ 9498	0,9 ⁷ 9527	0,9 ⁷ 9554	0,9 ⁷ 9579	0,9 ⁷ 9604	0,9 ⁷ 9626	0,9 ⁷ 9649
5,8	0,9 ⁷ 9668	0,9 ⁷ 9688	0,9 ⁷ 9706	0,9 ⁷ 9723	0,9 ⁷ 9739	0,9 ⁷ 9754	0,9 ⁷ 9769	0,9 ⁷ 9782	0,9 ⁷ 9795	0,9 ⁷ 9807
5,9	0,9 ⁷ 9818	0,9 ⁷ 9829	0,9 ⁷ 9839	0,9 ⁷ 9849	0,9 ⁷ 9857	0,9 ⁷ 9866	0,9 ⁷ 9878	0,9 ⁷ 9881	0,9 ⁷ 9888	0,9 ⁷ 9896
6,0	0,9 ⁷ 9901	-	-	-	-	-	-	-	-	-

РД 24-207-06 -90

Продолжение приложения 10

Коэффициенты относительной износостойкости
материалов

Материал (марка стали или сплава)	$K_{и}$	Материал	$K_{и}$
Ст3	1,0	10Х14АГ15	5,30
10ХСНД	1,35	10Х14Г14Н4Т	5,38
30ХГСА	1,02	07Х13АГ20	5,54
08Х13	2,93	12Х18Н10Т	6,0
20Х13	5,27	Х19ГД	7,62

Скорость коррозии материалов определяется по РТМ 26-07-225-79.

Пример I. Расчет показателей безотказности I методом

Настоящий расчет распространяется на мембранный клапан с электромагнитным приводом Т26000-050.

I. ЗАДАЧА РАСЧЕТА

Определить вероятность безотказной работы клапана с электромагнитным приводом Т26000-050 в течение гарантийного срока 5 лет.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Сборочный чертеж изделия.

Гарантийная наработка 100000 циклов при гарантийном сроке 5 лет.

Время совершения одного цикла $t_{ц} = 10$ сек.

3. ОСНОВНЫЕ ДОПУЩЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ ПРИ РАСЧЕТЕ

3.1. Отказы элементов являются событиями случайными и независимыми.

3.2. Вероятность безотказной работы элементов определяется экспоненциальным законом.

3.3. Все элементы одного и того же типа равнонадежны, то есть интенсивность отказов однотипных элементов одинакова.

3.4. Из рассмотрения исключаются периоды приработки и износа, то есть интенсивность отказов принимается постоянной.

РД 24-207-06 -90

3.5. При расчете учитываются только те элементы, выход из строя которых приводит к отказу всего изделия.

4. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ

4.1. Надежность элементов, находящихся непрерывно под нагрузкой, независимо от того, совершается рабочий цикл или нет, рассчитывается на гарантийный срок, указанный в задании, то есть на время

$$t = 5 \text{ лет} \approx 43800 \text{ час}$$

4.2. Надежность элементов, находящихся под нагрузкой только в течение рабочего цикла, рассчитывается на полное время совершения общего числа циклов, указанных в задании (гарантийная наработка), определяемое по формуле:

$$t'_1 = T \cdot t_{ц} = 100000 \cdot 10 = 1000000 \text{ сек} \approx 280 \text{ час},$$

где: T - гарантийная наработка;

$t_{ц}$ - время совершения одного цикла ($t_{ц} = 10$ сек по данным конструкторских отделов).

4.3. Надежность элементов, находящихся под нагрузкой в тот момент, когда запорное устройство открыто, рассчитывается на время, определяемое по формуле:

$$t'_2 = T \cdot t_0 = 100000 \cdot 200 = 20000000 \text{ сек} = 5560 \text{ час}$$

где: t_0 - время, в течение которого запорное устройство открыто ($t_0 = 200$ сек по данным конструкторских отделов).

4.4. Надежность элементов, находящихся под нагрузкой в тот момент, когда запорное устройство закрыто, рассчитывается на

РД 24-207-06 -90

время t'_3 , определяемое по формуле:

$$t'_3 = t - t'_2 = 43800 - 5560 = 38240 \text{ час}$$

4.5. Время работы ручного дублера $t_g = 420$ час (по данным конструкторских отделов).

4.6. При расчете учитываются только те элементы, выход из строя которых приводит к отказу всего изделия.

4.7. Расчет проектной вероятности безотказной работы клапана производится исходя из основной количественной характеристики надежности — интенсивности отказов.

4.8. Интенсивность отказов работающего элемента определяется по формуле:

$$\lambda' = a_1 \cdot \lambda_0$$

где: λ_0 — номинальная интенсивность отказов работающего под нагрузкой элемента;

a_1 — коэффициент, учитывающий условия эксплуатации.

4.9. Интенсивность отказов ненагруженного элемента определяется по формуле:

$$\lambda'' = a_2 \cdot \lambda'$$

где a_2 — поправочный коэффициент, учитывающий уменьшение интенсивности отказов ненагруженного элемента

$$a_2 = 1 \cdot 10^{-3}$$

4.10. Вероятность безотказной работы элемента определяется по формуле:

а) для элементов, находящихся под нагрузкой в течение всего времени t

$$P(t) = e^{-\sum_{i=1}^k \lambda_i m t}$$

где m — число элементов i -го типа;

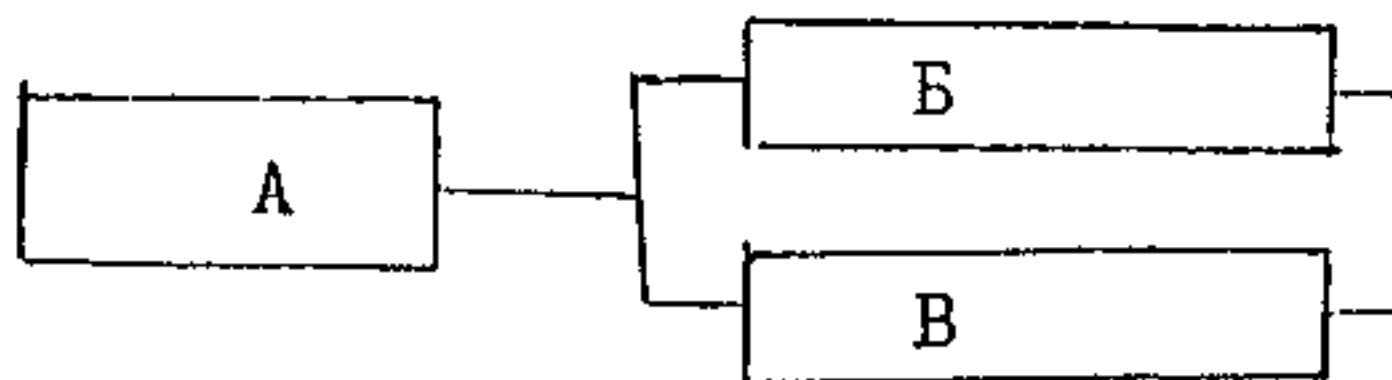
РД 24-207-06-90

б) для элементов, находящихся под нагрузкой в течение времени t' и не находящихся под нагрузкой в течение t''

$$P(t) = e^{-\sum_{i=1}^k m (\lambda'_i t' + \lambda''_i t'')}$$

где $t = t' + t''$

4.11. Общая логическая схема соединения узлов:



А - узел клапана;

Б - узел ручного дублера;

В - узел электромагнитного привода.

4.12. Вероятность безотказной работы изделия определяется по формуле:

$$P(t) = P_A [1 - (1 - P_B)(1 - P_B)]$$

где P_A, P_B, P_B - вероятность безотказной работы узлов А, Б, В соответственно.

4.13. Для расчета вероятности безотказной работы заполняется таблица.

4.14. Вероятность безотказной работы элементов, работающих в течение времени $t = 43800$ час, определяется по формулам:

а) для узла А

$$P_{1A}(t) = e^{-\sum_{i=1}^k \lambda'_i m t} = e^{-43800(0,45+0,0192) \cdot 10^{-6}} = 0,97966$$

Показатели надежности отдельных элементов и узлов изделия

Наименование элементов и узлов	$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ час ⁻¹	m	A_1	$\lambda_{oi} = a_1 m \lambda_{oi}$ $\cdot 10^{-6}$ I/час	t' час	A_2	$\lambda_i'' = a_2 \cdot \lambda_i$ $\cdot 10^{-9}$ I/час	t'' час
			А. Узел клапана					
1. Корпус стальной	0,9995 (10 лет)				P(5 лет) = 0,99974			
2. Резьбовое соединение гайка-золотник	0,090	1	5	0,45	43800		0,45	-
3. Прокладка	0,0096	2	1	0,0192	43800	$\frac{0,0192}{0,0192} = 1$	0,0192	-
4. Клапано-запорное устройство	0,13	1	2	0,26	5560		0,26	38240
5. Поверхность трения корпус-направляющая	0,072	1	5	0,360	280		0,360	43520

Продолжение

Наименование элементов и узлов	$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$, час ⁻¹	m	α_1	$\lambda_i = \lambda_{oi} / m$ $\alpha_i \cdot 10^{-6}$ I/час	t_i , час	α_2	$\lambda_i'' = \alpha_2 \cdot \lambda_i$ $\cdot 10^{-9}$ I/час	t_i' , час
		Б.	Узел ручного дублера					
1. Резьбовое соединение корпус-винт аварийный	0,09	I	5	0,45	420		0,45	43380
2. Поверхность трения корпус-кольцо	0,042	I	5	0,36	420		0,36	43380
3. Механическое соединение винт-корпус	0,086	I	5	0,43	420	$\varphi = 0,1 \cdot I$	0,43	43380
4. Кольцо (уплотнение скользящее)	0,22	I	I	0,22	43800		0,22	-
5. Прокладка	0,0056	I	I	0,0056	43800		0,0056	-

Продолжение

Наименование элементов и узлов	$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$, час ⁻¹	m	α_1	$\lambda'_i = \lambda_{oi} \cdot m \cdot$ a_{10}^{-6} , I/час	t' , час	α_2	$\lambda''_i = \alpha_2 \lambda'_i$ 10^{-9} , I/час	t'' , час
В. Узел электромагнитного привода								
1. Уплотнение ввода				P (10 лет) = 0,999			P (5 лет) = 0,9995	
2. Уплотнительное	0,0056	3	2	0,0336	43800		0,0336	-
3. Катушка	0,014	I	5	0,070	5560		0,070	38240
4. Клеммы	0,004	2	5	0,040	5560		0,040	38240
5. Пружина				P (10 лет) = 0,9998			P (5 лет) = 0,9999	
6. Уплотнение скользящее	0,27	I	I	0,27	38240		0,27	5560
7. Поверхность трения сердечник-трубка в сборе	0,072	I	5	0,360	280	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0,360	43520

РД 24-207-06-90

РД 24-207-06 -90

б) для узла Б

$$P_{1B} = e^{-\sum_i \lambda_i' m t} = e^{-43800(0,22+0,0056) \cdot 10^{-6}} = 0,99067$$

в) для узла В

$$P_{1B}(t) = e^{-\sum_i \lambda_i' m t} = e^{-43800(0,0056) \cdot 10^{-6}} = 0,99975$$

4.15. Вероятность безотказной работы элементов, работающих в течение времени $t_1' = 280$ час определяется по формулам:

а) для узла А

$$P_{2A}(t_1') = e^{-\sum_i \lambda_i' m t_1'} = e^{-280 \cdot 0,36 \cdot 10^{-6}} = 0,99989$$

б) для узла В

$$P_{2B}(t_1') = e^{-\sum_i \lambda_i' m t_1'} = e^{-280 \cdot 0,36 \cdot 10^{-6}} = 0,99989$$

4.16. Вероятность безотказной работы элементов, нагруженных в течение времени $t_2' = 5560$ час определяется по формулам:

а) для узла А

$$P_{3A} = e^{-\sum_i \lambda_i' m t_2'} = e^{-5560 \cdot 0,26 \cdot 10^{-6}} = 0,99855$$

б) для узла В

$$P_{3B}(t_2') = e^{-\sum_i \lambda_i' m t_2'} = e^{-5560(0,07+0,04) \cdot 10^{-6}} = 0,99938$$

4.17. Вероятность безотказной работы элементов, нагруженных в течение времени $t_3' = 38240$ час определяется по формуле для узла В:

$$P_{4B}(t_3') = e^{-\lambda_i' m t_3'} = e^{-38240 \cdot 0,27 \cdot 10^{-6}} = 0,98972$$

4.18. Вероятность безотказной работы элементов, работающих в течение времени $t_4 = t_9 = 420$ час, определяется по формуле для узла Б:

РД 24-207-06 -90

$$P_{5B}(t'_4) = e^{-\sum_{i=1}^3 \lambda_i m t'_4} = e^{-420(0,45+0,36+0,43) \cdot 10^{-6}} = 0,99947$$

4.19. Вероятность безотказной работы элементов, ненагруженных в течение времени

$$t''_1 = 43800 - 280 = 43520 \text{ час}$$

определяется по формуле:

а) для узла А

$$P_{6A} = e^{-\lambda_i'' m \cdot t''_1} = e^{-43520 \cdot 0,36 \cdot 10^{-9}} = 0,99998$$

б) для узла В

$$P_{6B} = e^{-\lambda_i'' m t''_1} = e^{-43520 \cdot 0,36 \cdot 10^{-9}} = 0,99998$$

4.20. Вероятность безотказной работы элементов, ненагруженных в течение времени $t''_2 = 43800 - 5560 = 38240$ час., определяется по формулам:

а) для узла А

$$P_{7A} = e^{-\lambda_i'' m t''_2} = e^{-38240 \cdot 0,26 \cdot 10^{-9}} = 0,99999$$

б) для узла В

$$P_{7B} = e^{-\sum_{i=1}^2 \lambda_i'' m t''_2} = e^{-38240(0,07+0,04) \cdot 10^{-9}} = 0,99999$$

4.21. Вероятность безотказной работы элементов, ненагруженных в течение времени $t''_3 = 43800 - 38240 = 5560$ час, определяется по формуле:

$$P_{8B} = e^{-\lambda_i'' m t''_3} = e^{-5560 \cdot 0,27 \cdot 10^{-9}} = 0,99999$$

4.22. Вероятность безотказной работы элементов, не работающих в течение времени

$$t''_4 = 43800 - 420 = 43380 \text{ час, определяются по формуле}$$

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предполагаемая вероятность безотказной работы мембранного клапана с электромагнитным приводом в течение гарантийной наработки 100000 циклов при гарантийном сроке 5 лет составляет 0,9777

Расчет является ориентировочным и должен быть уточнен последующими испытаниями на надежность или сбором статистических данных о надежности изделия в процессе эксплуатации.

РД 24-207-06 -90

Пример 2

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ И МЕТОДОМ

Настоящий расчет распространяется на клапан отсечной угловой "НЗ" с электроприводом.

1. ЗАДАЧА РАСЧЕТА

Определить вероятность безотказной работы клапана в течение назначенного ресурса за 30000 час – 500 циклов.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1. Критерии отказов клапана:

- негерметичность относительно внешней среды;
- негерметичность в затворе;
- самопроизвольное закрытие;
- самопроизвольное открытие;
- отсутствие рабочих перемещений.

2.2. Назначенный ресурс за период 4 года (30000 часов) $-T = 500$ циклов.

2.3. Клапан открыт $\sim 50\%$ $t_0 \approx 15.000$ час.

2.4. Время совершения цикла 0,5 сек.

3. ОСНОВНЫЕ ДОПУЩЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ ПРИ РАСЧЕТЕ

3.1. Отказы элементов являются событиями случайными и независимыми.

РД 24-207-06 -90

3.2. Вероятность безотказной работы элементов изделия определяется экспоненциальным законом распределения.

3.3. Все элементы одного и того же типа имеют равную интенсивность отказов.

3.4. Из рассмотрения исключаются периоды приработки и износа, т.е. интенсивность отказов принимается постоянной.

3.5. При расчете учитываются только те элементы, выход из строя которых приводит к отказу клапана.

4. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

4.1. Вероятность безотказной работы элементов, находящихся непрерывно под нагрузкой, рассчитывается на время

$$t = 30000 \text{ час (500 циклов)}$$

4.2. Вероятность безотказной работы элементов, находящихся под нагрузкой в течение времени совершения циклов, определяется на время

$$t'_1 = T \cdot t_{\text{ц}} = 500 \times 0,5 = 250 \text{ сек} \approx 0,07 \text{ час}$$

4.3. Вероятность безотказной работы элементов, находящихся под нагрузкой, когда клапан открыт, рассчитывается на время

$$t'_2 = 15000 \text{ час}$$

4.4. Вероятность безотказной работы элементов, находящихся под нагрузкой, когда клапан закрыт, рассчитывается на время

$$t'_3 = 30000 \text{ час} - 15000 \text{ час} = 15000 \text{ час.}$$

4.5. Вероятность безотказной работы ненагруженных элементов рассчитывается на время

$$t''_1 = t - t'_1 = 30000 - 0,07 = 29999,93 \text{ час}$$

128.91 14.06.1991

РД 24-207-06-90

$$t''_2 = t - t'_2 = 15000 \text{ час}$$

$$t''_3 = t - t'_3 = 15000 \text{ час}$$

4.6. Интенсивность отказов нагруженного элемента определяется по формуле

$$\lambda' = a_1 \cdot \lambda_0$$

где λ_0 - интенсивность отказов нагруженного элемента;

a_1 - коэффициент, учитывающий условия эксплуатации.

4.7. Интенсивность отказов ненагруженного элемента определяется по формуле

$$\lambda'' = a_2 \cdot \lambda'$$

где a_2 - поправочный коэффициент, учитывающий уменьшение интенсивности отказов ненагруженного элемента.

4.8. Вероятность безотказной работы (ij) элемента определяется по формуле

$$P_{ij}(t) = e^{-(\lambda'_{ij} \cdot t' + \lambda''_{ij} t'')}$$

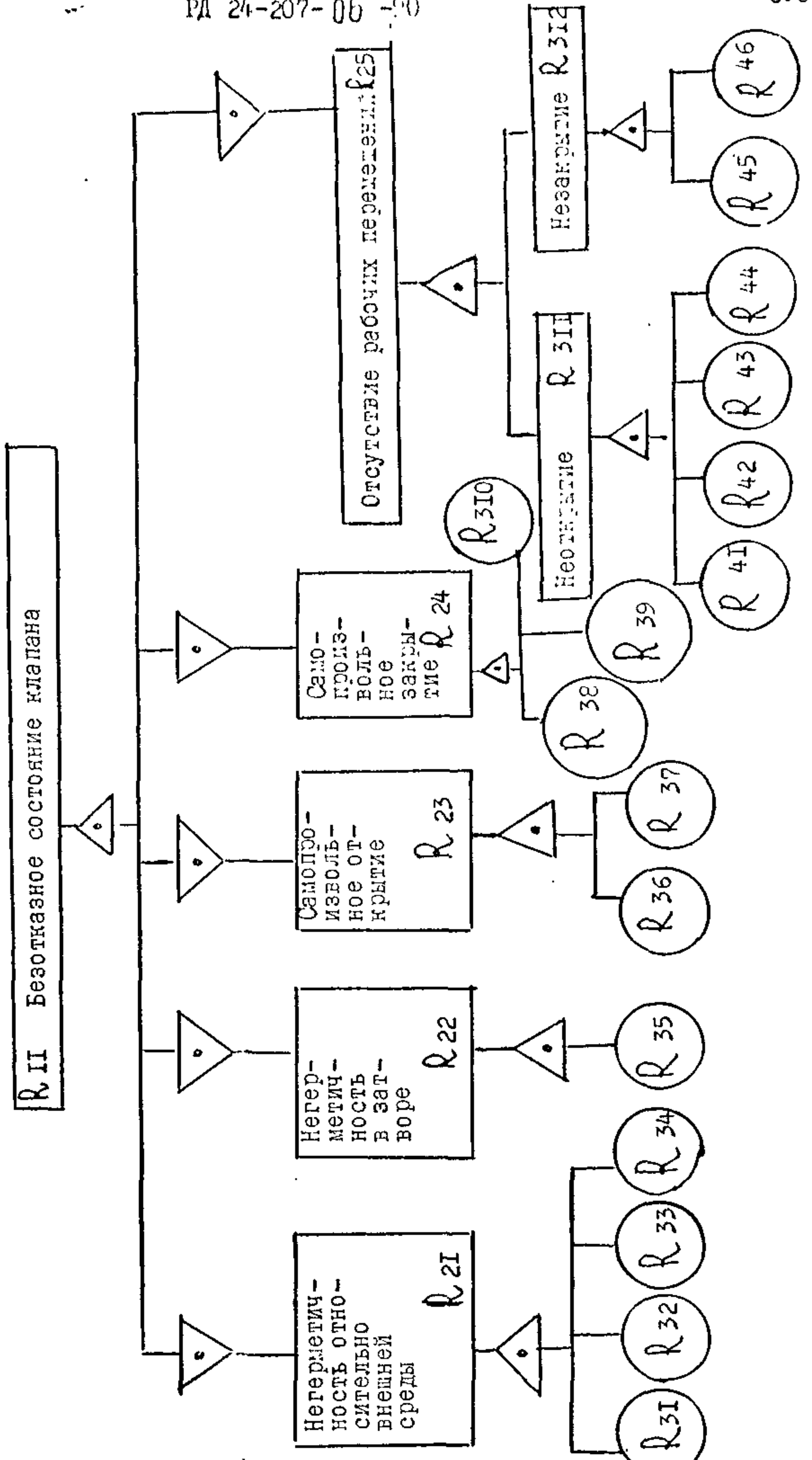
или по формуле

$$P_{ij}(t) = e^{\frac{t}{t^*} \ln P_{ij}(t^*)}$$

если исходной информацией о надежности элемента является вероятность безотказной работы элемента в течение периода t^* .

4.9. Строим схему отказов клапана отсечного (схема I) и заполняем таблицу.

Схема I



РА 24-207-06 -10

103-91 14.05.88

Таблица

Связ- наче- ние на схеме	Наименование элемента, узла арма- туры	$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ I/час	m	α_1	$\lambda_i = \lambda_{oi} \cdot m$ $\cdot 10^{-6}$ I/час	t_1 , час	α_2	$\lambda_i = \alpha_2 \cdot \lambda_{oi}$ $\cdot 10^{-9}$ I/час	t'' , час	$P(t)$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
R ₄₁	Смьфон I25-8-0, 3x6 38-I2-0, 2x4	P ₁ (I500ц) P ₂ (I500ц)	= 0,98 = 0,98	(по ГОСТ ВД 21744-83)						P _I (500) = exp [$\frac{500}{1500} \ln 0,98$] = = 0,99328 P ₂ (500) = 0,99328 P ₄₁ = 0,9866
R ₄₂	Сварное соеди- нение	0,025	2	5	0,125	0,07	1 · 10 ⁻³	0,125	29999,93	P ₄₂ = exp [-2(0,125 · 10 ⁻⁶ · 0,07 + 0,125 · 10 ⁻⁹ · 29999,93)] = = 0,9999
R ₄₃	Резьбовое со- единение	0,02	1	5	0,100	0,07	1 · 10 ⁻³	0,1	29999,93	P ₄₃ = exp [-(0,1 · 10 ⁻⁶ · 0,07 + 0,1 · 10 ⁻⁹ · 29999,93)] = 0,9999
R ₄₄	Пара трения: шток-штулка, штулка-стойка, корпус-золот- ник	0,52	3	5	2,6	0,07	1 · 10 ⁻³	2,6	29999,93	P ₄₄ = exp [-3(2,6 · 10 ⁻⁶ · 0,07 + 2,6 · 10 ⁻⁹ · 29999,93)] = 0,9999
R ₄₅	Электропривод	0,97 (30000 час)				(по ОТТ-87)				P ₄₅ = 0,97

138-91 14.06 1998

Продолжение таблицы

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
R ₄₆	Пара трения: шток-втулка втулка-стойка корпус-золотник	0,52	3	5	2,6	0,07	0,1 · 10 ⁻³	2,6	29999,93	$P_{46} = \exp[-3(2,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,07 + 2,6 \cdot 10^{-9} \cdot 29999,93)] = 0,9999$
R ₃₁	Сварное соедине- ние: втулка-корпус; сильфон-кольцо -втулка; золотник-силь- фон	0,025	3	5	0,125	30000			-	$P_{31}(30000 \text{ ч}) = \exp[-3(0,125 \cdot 10^{-6} \cdot 30000)] = 0,9888$
R ₃₂	Сильфон	P(1500 ц)		0,98	(ГОСТ ВД 21744-83)					$P_{32}(500) = e^{-\frac{500}{1500} \ln 0,98} = 0,99328$
R ₃₃	Корпус	P(10 лет)		0,9995						$P_{33}(4) = \exp\left[\left(\frac{4}{10}\right) \cdot \ln 0,9995\right] = 0,9998$
R ₃₄	Резьбовые сое- динения: шпилька-гайка; шпилька-цилиндр	0,02	2	5	0,1	30000				$P_{34}(30000) = \exp[-2 \cdot 0,1 \cdot \ln(10^{-6} \cdot 30000)] = 0,9940$
R ₃₅	Узел затвора	P(3000)		0,999	(ОСТ 26-07-1375-82)					$P_{35} = \exp\left[\frac{500}{3000} \ln 0,999\right] = 0,9998$

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Р ₃₆	Сильфон	Р(1500ц)	= 0,98	(ГОСТ ВД 2Г744-83)						$P_{36} = \exp\left(\frac{500}{1500} \ln 0,98\right) = 0,99328$ $P_{36} = 0,99328$
Р ₃₇	Сварное соедине- ние: Сильфон-кольцо- штулка; цилиндр-штулка	0,025	2	5	0,125	15000	0,1·10 ⁻³	0,125	15000	$P_{37} = \exp\left[2(0,125 \cdot 10^{-6} \cdot 15000 + 0,125 \cdot 10^{-9} \cdot 15000)\right] = 0,9962$
Р ₃₈	Сильфон 125-8-0,3х6 38-12-0,2х4	Р ₁ (1500ц) Р ₂ (1500ц)	= 0,98 = 0,98	(ГОСТ ВД 2Г744-83)						$P_{38} = \exp\left[\left(\frac{500}{1500} \ln 0,98\right) 2\right] = (0,99328)^2 = 0,9866$
Р ₃₉	Сварное соедине- ние: Сильфон-кольцо- штулка; Сильфон-шток; Сильфон-кольцо- цилиндр; цилиндр-штулка									$P_{39} = \exp\left[-4(0,125 \cdot 10^{-6} \cdot 15000 + 0,125 \cdot 10^{-9} \cdot 15000)\right] = 0,9925$
Р ₃₁₀	Резьбовое со- единение: шток-штулка	0,02	1	5	0,1	15000	0,1·10 ⁻³	0,1	15000	$P_{310} = \exp\left[-(0,125 \cdot 10^{-6} \cdot 15000 + 0,125 \cdot 10^{-9} \cdot 15000)\right] = 0,9981$

РД 24-207-06-90

Определение вероятности безотказной работы по видам отказа:

- "неоткрытие"

$$P_{311} = P_{41} \cdot P_{42} \cdot P_{43} \cdot P_{44} = 0,9866 \times 0,9999 \times 0,9999 \times 0,9999 = 0,9863$$

- "незакрытие"

$$P_{312} = P_{45} \cdot P_{46} = 0,97 \cdot 0,9999 = 0,9699$$

- Негерметичность относительно внешней среды

$$P_{21} = P_{31} \cdot P_{32} \cdot P_{33} \cdot P_{34} = 0,9888 \times 0,9932 \times 0,9998 \times 0,9940 = 0,9759$$

- Негерметичность в затворе

$$P_{22} = P_{35} = 0,9998$$

- Самопроизвольное открытие

$$P_{23} = P_{36} \cdot P_{37} = 0,9932 \times 0,9962 = 0,9894$$

- Самопроизвольное закрытие

$$P_{24} = P_{38} \cdot P_{39} \cdot P_{310} = 0,9866 \times 0,9925 \times 0,9981 = 0,9773$$

- Отсутствие рабочих перемещений

$$P_{25} = P_{311} \cdot P_{312} = 0,9863 \times 0,9699 = 0,9569$$

Вероятность безотказной работы клапана отсечного углового "НЗ" с электроприводом в течение назначенного ресурса за 4 года (30000 часов) 500 циклов определим по формуле:

$$P_{11}(t) = \prod_{j=1}^k P_{2j}(t)$$

$$P_{11}(30000) = \prod_{j=1}^5 P_{2j}(30000) = 0,9759 \times 0,9998 \times 0,9894 \times 0,9773 \times 0,9569 = 0,9027$$

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вероятность безотказной работы клапана отсечного углового "НЗ" с электроприводом в течение назначенного ресурса за 4 года (30000 час) 500 циклов составляет 0,9027.

РД 24-207-06 -90

Расчет является ориентировочным и должен быть уточнен последующими испытаниями на надежность или сбором статистических данных о надежности клапана в процессе эксплуатации.

РД 24-207-06 -90

Пример 3. Определение вероятности безотказной
работы III методом

Настоящий расчет выполнен для клапана (затвора) обратного
черт. К44И36.100

I. Задача расчета

Определить вероятность безотказной работы клапана в течение
гарантийного срока 8000 час (250 циклов).

2. Исходные данные

- 1) Сборочный чертеж изделия.
- 2) Результаты силового и прочностного расчета клапана.
- 3) Коэффициенты вариации параметров работоспособности и механических свойств материалов, применяемых в конструкции клапана.

3. ОСНОВНЫЕ ДОПУЩЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ ПРИ РАСЧЕТЕ

- 1) Прочность и нагрузка распределены по нормальному закону распределения.

4. Расчет показателей безотказности

4.1. Вероятность безотказной работы клапана обратного определим по формуле

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t)$$

где P_1 - вероятность неразрушения клапана;

P_2 - вероятность невыхода значений параметров работоспособности клапана за допустимые границы.

138-91 14.06.1993

РД 24-207-06-90

4.2. Вероятность неразрушения клапана P_I определим как

$$P_I(t) = \min_i P_{1i}(t)$$

где P_{1i} - вероятность неразрушения детали при действии i -й нагрузки.

4.3. Вероятность P_{1i} рассчитываем с помощью модели неперевышения типа "нагрузка-прочность" по формуле

$$P_{1i}(t) = \Phi \left(\frac{\varphi_i - 1}{\sqrt{K_{Ri}^2 \varphi_i^2 + K_{Si}^2}} \right)$$

где $\Phi(\dots)$ функция нормального закона распределения;

$\varphi_i = \frac{M_{Ri}}{M_{Si}}$ - коэффициент запаса прочности;

K_{Ri} - коэффициент вариации величины M_{Ri} ;

K_{Si} - коэффициент вариации величины M_{Si} .

Результаты силового и прочностного расчета клапана обратного и расчетные величины P_{1i} сведены в таблицу I.

$$P_I(t) = \min_i P_{1i} = 0,94179$$

4.4. Вероятность P_2 рассчитывается с помощью модели "неперевышения" типа "параметр-поле допуска" по формуле

$$P_2 = \min_j P_{2j}$$

где P_{2j} - вероятность невыхода j -го параметра функционирования за допустимые пределы.

Параметрами функционирования клапана обратного являются:

герметичность в затворе;

давление открытия клапана;

коэффициент гидравлического сопротивления.

13.8.91 14.06.91

138-91 14.06.1998

Таблица I

Наименование детали и напряжения	Материал	Расчетное напряжение кгс/см^2 (Msi)	Допускаемое напряжение кгс/см^2 (Msi)	Коэффициент запаса $\varphi_i = \frac{M_{Ri}}{M_{Si}}$	Коэффициент вариации прочности K_{Ri} (по п. 11.8) на груз K_{Si}	Вероятность безотказной работы $P_{Ri} = \Phi \left(\frac{\varphi_i - 1}{\sqrt{K_{Ri}^2 \varphi_i^2 + K_{Si}^2}} \right)$
ФЛАНЕЦ	Сталь 12Х18Н9Т	I53	332	2,17	$\frac{0,12}{0,20}$	$\bar{\Phi}(3,56) = 0,9998$
Осевые напряжения		III	I73	1,56		$\bar{\Phi}(2,04) = 0,9847$
Радиальные напряжения		89	I73	1,94		$\bar{\Phi}(3,06) = 0,9988$
КОРПУС	Сталь 12Х18Н9Т	4I6	I333	3,20	$\frac{0,12}{0,20}$	$\bar{\Phi}(5,08) = 0,9999$
Приведенное напряжение на внутренней поверхности		I2I3	I730	1,4I	$\frac{0,12}{0,20}$	$\bar{\Phi}(1,57) = 0,94I79$
КРЫШКА	Сталь 12Х18Н9Т					
Напряжение в средней части крышки		I224	I730	1,4I	$\frac{0,12}{0,20}$	$\bar{\Phi}(1,57) = 0,94I79$
ЗАХЛОПКА	Сталь 12Х18Н9Т					
Максимальное напряжение в центре захлопки						

Таблица 2

Параметр функционального обеспечения	Среднее значение параметра μ_i	Ограничения параметра (γ^b, γ^H)	Коэффициент вариации параметра функциональн. K_{γ_i} (по прил. 8)	$\mu_i = \frac{\gamma^b - \gamma^H}{K_{\gamma_i} \cdot \gamma_i}$	Вероятность безотказной работы $P_{2i} = \Phi(\mu_i)$
Герметичность в затворе	40 $\text{см}^3/\text{мин}$	$\gamma^B = 120 \text{ см}^3/\text{мин}$ по ГОСТ 9544-75	$K_{\gamma_1} = 0,27$	$\mu_1 = \frac{120-40}{0,27 \times 40} = 2,47$	$\Phi(2,47) = 0,9932$
Давление открытия клапана	46 см^2 по силовому расчету	$\gamma^B = 180 \text{ кгс}/\text{см}^2$ по ОСТ 26-07- -1375-82	$K_{\gamma_2} = 0,15$	$\mu_2 = 19,42$	$\Phi(19,4) = 0,9999$
Коэффициент гидравли- ческого сопротивления	1,3	$\gamma^B = 2,7$	$K_{\gamma_3} = 0,25$	$\mu_3 = 2,0$	$\Phi(2,0) = 0,9772$

РД 24-07-06 -90

Для проведения расчета заполним таблицу 2.

$$P_2(t) = \min_j P_{2j}(t) = 0,9932$$

Вероятность безотказной работы клапана обратного составляет

$$P(t) = 0,94179 \times 0,9932 = 0,9358$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вероятность безотказной работы клапана обратного составляет 0,935.

Расчет должен быть уточнен испытаниями на надежность и сбором информации об эксплуатационной надежности.

При испытаниях контролю подлежат значения параметров функционирования ψ_i , указанные в табл. 2.

138-91-14.06.1995

РД 24-207--06 -90

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. Разработан ЦКБА ЛНПОА "Знамя труда" имени И.И.Лепсе.

Исполнители: Ю.И.Тарасьев, Г.В.Котылевский, Т.Г.Потемкина.

2. Утвержден Указанием Минтяжмаша СССР от №
и зарегистрирован за №

3. Срок первой проверки - 1995 год, периодичность проверки
5 лет.

4. Взамен ОСТ 26-07-821-80, ОСТ 26-07-2006-78.

5. Ссылочные нормативно-технические документы

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта, перечисления, приложения, таблицы
ГОСТ 27.002-90	п.1.1
РД 302-07-278-89	п.1.6

