

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

Начальник сектора

Главный инженер ЦКБА

Заместитель директора
по научной работе

Начальник отдела I6I

Начальник лаборатории I5I

Ответственный исполнитель-
инженер-конструктор
I категории

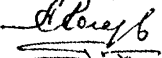

В.А. Мажукин



А.Н. Полтарецкий


М.И. Власов


Ю.И. Тарасьев


Р.И. Хасанов


Г.В. Котылевский


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.

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.

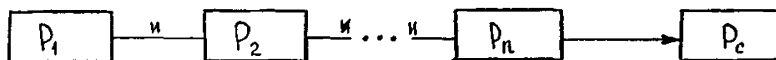
2.1.3. Методика расчета

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:

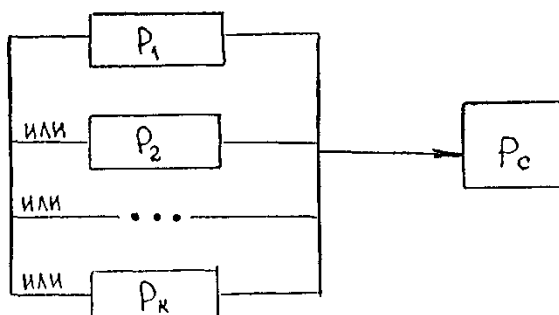
- а) простая последовательная схема (резервирование отсутствует)



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

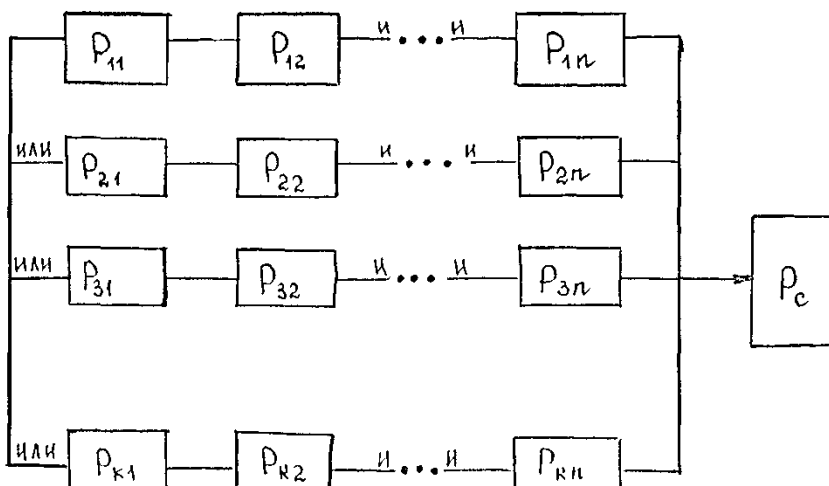
РД 24-207-06 -90

б) простая параллельная схема с (K-I) резервными элементами:



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

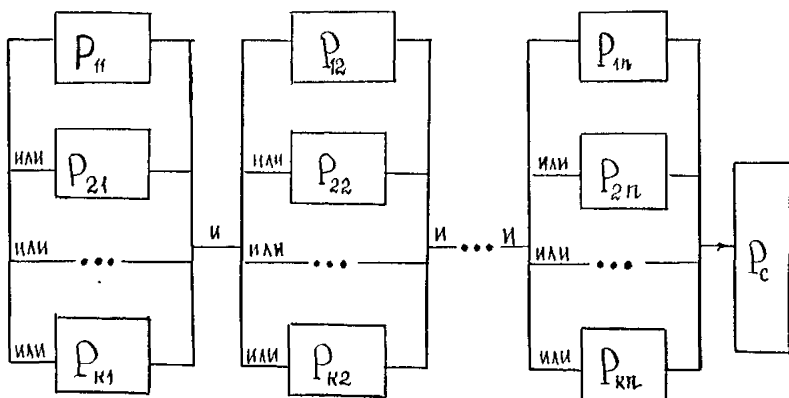
в) последовательно-параллельная схема (резервирование последовательных схем):



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

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

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 Г/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

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

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

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

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

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

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

$$P_{11}(t) = \prod_{j=1}^K P_{2j}(t) \quad (14)$$

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

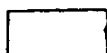




2.2.3.2. Для оценки вероятности безотказной работы изделия следует построить схему следующим образом:

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

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

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

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

2.2.3.4. Вероятность безотказной работы в течение заданного периода t определяется для каждого события, состояний, 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) справочно 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 за данного 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

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

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 графики 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:

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

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

ИД 207-06 -90

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

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

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

– если параметр функционирования ограничен снизу

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

– если параметр функционирования имеет двухстороннее ограничение

$$P_2(t) = \Phi\left(\frac{y_0 - y_H}{K_{y_i} \cdot y_i}\right) \quad (26)$$

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

y_0, y_H – 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 испытанных 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

$$T_{\text{визд}} = \min_{i=1,2} T_i \quad (27)$$

где n - 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 Ю.

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

П р и м е ч а н и е: 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 + I3] и при необходимости согласовывается с заказчиком.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ 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_{oi} - 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_j - 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

$T_{\text{отзд}}$ - 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

$T_{\text{слер}}$ - 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;

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

$T_{\text{сли}}$ - полный назначенный срок службы (год, лет);

n - коэффициент запаса по сроку службы;

$T_{\text{рsrc}}$ - полный средний ресурс изделия (час, цикл);

m - коэффициент запаса по ресурсу;

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

N - количество ремонтов изделия.

РД 24-207-06-90

Приложение 2
Справочное

Показатели надежности элементов
арматуры

1. Приложение 2 составлено на основе данных испытаний и эксплуатации арматуры и ее узлов, имеющих 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.

$P < 2,0$. 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

$P \geq 3,5$) 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.

П р и м е ч а н и е. 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 -характеристики для отдельных деталей и узлов арматуры.

I	2	3	4	5	6	7	8
цветные сплавы	P(7лет)=0,9992						
Крепёжные детали	P(10лет)=0,9991						
Направляющие клина корпуса	P(10лет)=0,987	0,009	0,024	0,142			
сталь		0,018	0,068	0,201			
чугун		0,022	0,067	0,153			
Ось		0,14	0,20	0,38			
Прокладка уплотнительная		0,09	0,28	0,52			
фторопластовая, метилметилцетеская		0,21	0,36	0,48			
паронитовая		0,061	0,072	0,135			
асбестовая						3,16	
Поверхность трения						5,01	
Рукоятка (маховик)	P(10лет)=0,9992					6,24	
Сальниковый узел с набивкой		0,012	0,054	0,092			
фторопластовой		0,032	0,089	0,146			
ФУМ		0,061	0,174	0,238			
асбестовой							
Соединение крепёжное	P(10лет)=0,999						
резьбовое	P(10лет)=0,988						
сварное	P(10лет)=0,993	0,093	0,240	1,291			
механическое, кулачковое	P(10лет)=0,998						
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(Юлет)=0,999						
Шайба	P(Юлет)=0,997	0,47	0,61	0,85			
Штифт		0,07	0,095	0,18			
Шпиль-эль							
Шпонка	P(Юлет)=0,996	0,16	0,40	1,08			
Шпилька	P(Юлет)=0,998	0,24	0,89	1,995			
Карданное соединение	*						
Бесступеня							

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 ЭМП	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

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	P(10 лет)=0,999	0,009	0,017	0,025	9,2	9,24	9,8
Электромагнит							

Клапаны запорные

Наименование элементов и узлов арматуры	Вероятность безотказной ра- боты в течение t* $P(t^*)$	Данные испытаний			Данные эксплуатации		
		$\lambda_{от} \cdot 10^{-6}, \text{ I/цикл}$			$\lambda_{от} \cdot 10^{-6}, \text{ I/час}$		
		наи- мень- шее	сред- нее	наи- боль- шее	наи- мень- шее	сред- нее	наи- боль- шее
I	2	3	4	5	6	7	8
Бутельный узел без подшпипников	$P(t^*)$ по ОСТ 26-07-2007-78	3,02	4,53	5,85	0,014	0,026	0,042
Бутельный узел с подшпипниками 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	$P(10 \text{ лет})=0,9995$						
чугунный	$P(10 \text{ лет})=0,999$						
титановый	$P(10 \text{ лет})=0,999$						
Из цветных металлов	$P(10 \text{ лет})=0,9983$						
Крепежные детали	$P(10 \text{ лет})=0,9992$						
Крышка	$P(10 \text{ лет})$:						
стальная	=0,9995						
чугунная	=0,999						
титановая	=0,999						
Кулачок, кулачковое соединение					0,001	0,002	0,004

РЛ 24-207-06-90

РД 24-207-06-90

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

I	2	3	4	5	6	7	8
винтовая возвратная	0,9995 = P(10 лет) P(10 лет) = P(1500ц) = 0,9996				0,0006	0,0019	0,010
невозвратная тарельчатая (на I тарелку)	P(10 лет) = 0,9994 P(10 лет) = = P(1500ц) = 0,9999	0,63	0,98	1,72	0,013	0,021	0,038
Пята Резьбовая ходовая пара	P(t*) по OCT 26-07- -1232-87 P(10 лет) = 0,999				0,007	0,026	0,059
Резьбовое соединение Сальниковый узел с набивкой:	P(t*) по OCT 26-07- -2050-82				0,11	0,02	1,95
Старопласт 4, ЭУМ, Абсолютотехнической.	P(10 л.) = 0,9992				0,009	0,014	0,017
Слюфон Соединение	P(t*) по ГОСТ 21744-83 или OCT 26-07-2019-81				0,010	0,014	0,019
резьбовое сварное кулачковое механическое шарнирное	P(10) = 0,998				0,007	0,012	0,024
Основного разьема Стопор	P(10 лет) = 0,999 P(10 лет) = 0,9996				0,011	0,020	1,95
					0,011	0,025	0,104
					0,032	0,076	0,121
					0,002	0,004	1,05
					0,952	0,627	0,432
					0,022	0,062	0,210

РД 24-207-06-90

Наименование элемента узла арматуры	R(t*)	Данные испытаний ЦКБА					Данные эксплуатации		
		$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ I/цикл		$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ I/час		наибольшее	наименьшее	среднее	наибольшее
		наибольшее	наименьшее	наибольшее	наименьшее				
I	2	3	4	5	6	7	8		
Узел затвора с уплотнением металлы 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-IV, VI (по ОСТ 26-07-1375-82)	R(3000ц)=0,999 R(12 лет)=0,9996 R(3000ц)=0,99	1,02	1,81	2,71	0,007	0,013	0,036		
Тип V Уплотнение-скользящее -Неподвижное (резиновое кольцо)		4,49	7,24	10,65	0,011	0,027	0,084		
					0,006	0,0152	0,043		

РД 24-207-06 -90

I	2	3	4	5	6	7	8
Уплотнительная прокладка (см. прокладка) Узел крепления рукоятки и маховика Фланец	P(10 лет)= =0,9995 P(10 лет)= 0,9995	1,51	2,01	2,89			
Цилиндр Шплинт	P(10 лет)=0,999 P(10 лет)=0,9992						
Шпindelь	P() по Ост. 26-07-1232-87				0,007	0,026	0,059
Шпoнoчнoе сoединение	P(10 лет)=0,9994						
Штoк -	P(10 лет)=0,9992		1,12	2,02	0,013	0,021	0,038
Штoк	P(12 лет)=0,998	0,73					
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		
		$\lambda_{0i} \cdot 10^{-6}$ 1/час			$\lambda_{0i} \cdot 10^{-6}$ 1/цикл		
		най- мень- шее	сред- нее	най- боль- шее	най- мень- шее	сред- нее	най- боль- шее
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"	$P(5 \text{ лет}) = 0,996$	0,285	0,678	1,024			
"клип-корпус"	$P(2 \text{ года}) = 0,965$	0,010	0,132	0,423			
Ползун		0,04	0,99	1,26	2,41	3,75	4,45
Пробка латунная		0,45	1,02	1,36			
чугунная		0,15	1,09	1,74			
стальная		0,28	0,92	1,43			
из титанового сплава							

РД 24-207-06-90

I	2	3	4	5	6	7	8
Прокладка уплотнительная : фторопластовая.	P(10 лет)=0,9974	0,004	0,016	0,029	I,02	I,8	5,3
резиновая	P(8 лет)=0,9981	0,0009	0,0114	0,0236	0,08	I,8	4,6
паронит, каргон	P(8 лет)=0,9974				I,31	2,72	4,01
Роллик	P(10 лет)=0,9986			0,059	0,72	I,5	4,2
рукоятка	P(10 лет)=0,999			0,098	II,2	I2,5	I2,65
Сальниковый узел тип I, II, VI:	P(t^*) по ОСТ 26-07-2030-81	0,004	0,016	0,029	I,02	I,8	5,3
ФУМ, фторопласт	P(10 лет)=0,9996	0,0009	0,0114	0,0236	0,08	I,8	4,6
асбест, паронит	P(5000ц)=0,96				I,31	2,72	4,01
Тип Ш фторопласт 4	P(3000ц)=0,95	0,012	0,038	0,059	0,72	I,5	4,2
Тип IV, V резиновое кольцо		0,024	0,056	0,098	II,2	I2,5	I2,65
Соединение сварное		0,01	0,11	0,35			
резьбовое		0,004	0,017	0,059			
крепежное		0,004	0,10	0,42			
механическое		0,32	0,73	1,04			
Уплотнительное кольцо		0,11	0,51	0,94			
фторопластовое	P(10 лет)=0,999						
резиновое							
Фланец							

РД 21-207-06 -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	P(10 лет)=0,999						
Шпонка стальная							

РД 24-207-06-90

Клапаны обратные

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

РД 24-207- 06 -90

I	2	3	4	5	6	7	8
Муфта резьбовая	R(10лет)=0,9995						
Ось	R(10лет)=0,9994						
Прокладка		0,009	0,11	0,24			
медь, сталь		0,12	0,22	0,34			
фторопласт		0,14	0,37	0,49			
каронит, резина		0,041	0,072	0,128			
Пара трения		0,051	0,076	0,114			
Пружина		0,009	0,052	0,123			
Рычаг							
Сильфон	R(t*) по ГОСТ 21744-83, OCT 26-07-2019-8I						
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		0,02	0,17	0,43			
твердый сплав		0,009	0,25	0,563			
латунь		0,093	0,37	0,624			
фторопласт		0,086	0,43	0,82			
резина							

РД 24-207-06 -90

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

РД 24-207-06 -90

I	2	3	4	5	6	7	8
Металлы	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	P(10лет)=0,9995	0,004	0,017	0,16			
Седло съемное	P(t*) по ГОСТ 21744-83 или ОСТ 26-07-2019-81						
Соединение							
сварное	P(10лет)=0,998						
резьбовое	P(10лет)=0,9997						
механическое, крепёжное	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	P(10лет)=0,994	0,51	0,84	1,04			
Фильм							
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 $\lambda_{от} \cdot 10^{-6}$ Г/час			Данные испытаний $\lambda_{от} \cdot 10^{-6}$ Г/цикл		
		най- мень- шее	сред- нее	най- боль- шее	най- мень- шее	сред- нее	най- боль- шее
Болты	$P(10лет)=0,9987$	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 накидная	$P(10лет)=0,999$	0,12	0,53	0,84			
Гайки крепежные		0,52	0,97	3,04			
Диафрагма		0,44	1,01	2,57			
Диск поворотный							
Золотник							
Корпус							
стальной	$P(10лет)=0,999$						
чугунный	$P(10лет)=0,9985$						
Цветные металлы	$P(7лет)=0,9978$						
Крепежные детали	$P(10лет)=0,9985$						
Крышка							
сталь	$P(10лет)=0,999$						
бронза	$P(7лет)=0,9985$	0,08	0,93	3,45			
Мембрана		0,021	0,063	0,95			
Муфта		0,11	0,42	0,65			
Направляющая							

РД 24-207-06-00

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

РД 24-207-С 6 -90

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

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	ТУ или	другой НТД.					

Примечание. Показатели надежности применять: для ММ по ТУ 26-07-130-75, ТУ 26-07-1116-86, для ПОВ - по ТУ 26-07-1096-79, электроприводы по соответствующим ТУ.

РД 24-207-06 -90

Приложение 3
СправочноеЗначения коэффициента α_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

ЭД 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

РД 24-207-06 -90

Приложение 6
Обязательное

Таблица I

Наименование детали и напряжения	Материал изготовле- ния детали	Р _с - чет- ное на- пря- жение, кгс/с. 2 M _{si}	Допус- к кажде напря- жение, 2 кгс/см ² M _{ri}	Коеф- фици- ент за- паса $\varphi_i = \frac{M_{ri}}{M_{si}}$	Коеф- фици- ент ва- риаци проч- ности H _{ri}	Коеф- фици- ент ва- риаци наг- рузки H _{si}	Вероятность сезонной ра- боты детали при I-м напряжении $\rho_{it} = \Phi \left(\frac{\varphi_i - 1}{\sqrt{H_{ri}^2 \varphi_i^2 + H_{si}^2}} \right)$	8
I		3		5	6	7		8

РД 24-207-06 -90

Продолжение приложения 6

Таблица 2

Параметр функционирования	Среднее значение параметра μ_i	Ограничения параметра $[\mu^6, \mu^H]$	Коэффициент вариации параметра функционирования K_{μ_i}	Значения $\mu_j = \begin{cases} \frac{\mu^6 - \mu_i}{K_{\mu_j} \cdot \mu_i} \\ \frac{\mu_i - \mu^H}{K_{\mu_j} \cdot \mu_i} \end{cases}$ или $\mu_j = \begin{cases} \frac{\mu^6 - \mu_i}{K_{\mu_j} \cdot \mu_i} \\ \frac{\mu_i - \mu^H}{K_{\mu_j} \cdot \mu_i} \end{cases}$	Вероятность безотказной работы $P_{ij} = \Phi(\mu_j)$
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	Износ, разрушение, трещины, отрыв
	Пробка, шар	Резина Латунь, бронза, чугун, сталь, титановый сплав	Износ, разрушение, разрыв, смятие, отрыв
	Корпус	Фаялит	Износ, задир, эрозия, коррозия, трещины, сколы, риски
	Корпус	Латунь, чугун, сталь, титановый сплав	Износ, задир, эрозия, коррозия, трещины, сколы, риски
Негерметичность по отношению к внешней среде	Корпус	Латунь, чугун, сталь, титановый сплав	Коррозия, эрозия, трещины, разрыв, раковины, поры
	Накидная гайка	Латунь	Трещины, разрыв резьбы, износ

I	2	3	4
Негерметичность по отношению к внешней среде	Сальников. и набивка	Асбест, ХБС, ХБП	Разрушение, расслоение
	Прокладка	Маслостойкая резина	Износ, разрушение, сматывание, сматывание
		Перонит, карлон	Износ, разрушение, расслоение, сматывание
		Фторопласт 4	Износ, разрушение, трещины
		Резина	Износ, разрушение, разрыв
	Манжета гидронавтоматизации	Манжета гидронавтоматизации	Маслостойкая резина, вакуумная резина
Отсутствии рабочих перемещений	Пробка, шар	Латунь, бронза, чугун, сталь, тановый сплав	Коррозия, задиры, разрушение
	Шпонка	Сталь	Излом, срез
	Зубчатые колеса, редуктора	Сталь	Разрушение, излом, скол, износ зубьев
	Шпindelь	Сталь	Разрушение, излом, коррозия

I	2	3	4
Отсутствие расчех перемещений	Поршень пневмопривода	Сталь	Задир, обрыв (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 Негерметичность затвора	2 Уплотнительная поверхность (кольцо) затхлопки, золотника Уплотнительная поверхность корпуса	3 Твердый сплав, латунь, сталь "-" "-" Фторопласт 4 Резина Сталь	4 Износ, коррозия, эрозия, трещины, скол, отрыв "-" "-" Износ, трещины, смятие, разрушение Износ, разрушение, разрыв Износ (деформация)
Негерметичность по отношению к внешней среде	Корпус Крышка Прокладка	Сталь, бронза, латунь, чугун, титановый сплав Сталь, латунь, чугун, титановый сплав Медь, сталь Паронит, картон Резина	Коррозия, эрозия, разрыв, трещины, раковины, поры Трещины, поры, раковины, разрыв Коррозия, разрушение Разрушение, расслоение, смятие Износ, разрыв, смятие, разрушение

108.91 14 06 1987

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

ЗАДВИЖКИ

Внешнее проявление отказа (критерии отказа)	0% зашвы детали	Материал	Характер разрушения
I	2	3	4
Негерметичность затвора	Уплотнитель че кольца корпуса, кли. а, дисков, шибера	Твердый сплав, латунь, сталь, бронза	Износ, задиры, трещины, скол, коррозия, эрозия, раскис, отрыв
Негерметичность по отношению к внешней среде	Сальниковая нао'вка Корпус Крышка Болты, гайки, шпильки Прокладка	Асбест, пенъка, ФУМ-В Фторопласт 4 Сталь, бронза, чугуи Сталь, бронза, чугуи Сталь Перонит, картон	Газрушение, расслоение, разрыв Износ, разрушение, трещины Коррозия, эрозия, трещины, поры, раковины, разрыв Разрыв, трещины, поры, раковины Износ, срыв резьбы Газрушение, расслоение, смятие, разрыв Износ, разрушение, трещины, смятие
	Манжета пневмо-гидропри- вода	Асбестометаллическая, фторопласт 4, аллюминий Резина	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>Шиндель</p> <p>Направляющая клина</p> <p>Шпонка, стопорный винт</p> <p>Зубчатые колеса редуктора</p> <p>Полень 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 (изгиб)</p> <p>Разрушение, излом, ском, 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>Уплотнитель</p> <p>Головка</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 1958

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

ВЛ 24-207-06-90

С. 64

КЛАПАНЫ (ЗЕНТИЛИ) РЕГУЛИРУЮЩИЕ

РД 24-207-06-90

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

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	
			Износ, деформация, излом

01-21-207-06-00

КЛАПАНЫ (ВЕНТИЛИ) ЗАПОРНЫЕ ,ОТСЕЧНЫЕ

Внешнее проявление отказа (критерии отказа)	Отказавшие детали	Материал	Характер разрушения
1	2	3	4
Негерметичность затвора	Уплотнительное кольцо корпуса, золотника	Твердый сплав, латунь, сталь Фторопласт 4 Резина, кожа	Износ, коррозия, эрозия, трещины, скол, задиры, 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, СУМ-В Резина	Износ, разрушение, расслоение Износ, разрушение, разрыв

РЛ 24-207-06-90

С. 67

I	2	3	4	
Негерметичность по отношению к внешней среде	Прокладка	Фибра, паронит Резина	Разрушение, расслоение, смятие, разрыв Износ, разрушение, разрыв, смятие	
	Сальфон	Полутомпак, бронза, сталь	Разрыв, трещины	
	Крышка	Чугун, сталь, латунь, бронза	Разрыв, трещины, поры, раковины	
	Болты, гайки	Сталь	Износ, срыв резьбы, коррозия	
	Отсутствие рабочих перемещений	Резьбовая втулка	Бронза, латунь	Износ резьбы, срыв
		Резьбовая часть шпинделя	Латунь, сталь, титановый сплав, монель-металл	Износ резьбы, срыв
		Подшипники	Сталь	Износ, коррозия, разрыв кольца, трещины
		Шпиндель	Латунь, сталь, титановый сплав, монель-металл	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>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, задр, отрыв от штока, разрушение, коррозия</p> <p>Износ, изгиб, коррозия, разрушение</p> <p>Износ, задр, коррозия</p> <p>Разрушение, износ, разрыв</p> <p>Износ, трещины, излом</p> <p>Разрушение, излом, износ, скол зубьев</p>
Изменение сопротивления изоляции кабели 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 $K_{\text{ч}}$		
	Миним.	Среднее	Максимал.
1. Гидравлическое сопротивление	0,06	0,12	0,25
2. Время 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) отпущения 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_v , %		
	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

Функция нормального распределения $\Phi(x)$

Таблица

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	0,71566	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	0,83892

ДЛ 24-207-06-80

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

РА 24-207-06-90

С 13

Продолжение таблицы

X	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
2,5	0,9 ² 3790	0,9 ² 3963	0,9 ² 4132	0,9 ² 4297	0,9 ² 4457	0,9 ² 4614	0,9 ² 4766	0,9 ² 4915	0,9 ² 5060	0,9 ² 5201
2,6	0,9 ² 5339	0,9 ² 5473	0,9 ² 5604	0,9 ² 5731	0,9 ² 5855	0,9 ² 5975	0,9 ² 6093	0,9 ² 6207	0,9 ² 6319	0,9 ² 6427
2,7	0,9 ² 6533	0,9 ² 6636	0,9 ² 6736	0,9 ² 6833	0,9 ² 6928	0,9 ² 7020	0,9 ² 7110	0,9 ² 7197	0,9 ² 7282	0,9 ² 7365
2,8	0,9 ² 7445	0,9 ² 7523	0,9 ² 7599	0,9 ² 7673	0,9 ² 7744	0,9 ² 7814	0,9 ² 7882	0,9 ² 7948	0,9 ² 8012	0,9 ² 8074
2,9	0,9 ² 8134	0,9 ² 8193	0,9 ² 8250	0,9 ² 8305	0,9 ² 8359	0,9 ² 8411	0,9 ² 8462	0,9 ² 8511	0,9 ² 8559	0,9 ² 8605
3,0	0,9 ² 8650	0,9 ² 8694	0,9 ² 8736	0,9 ² 8777	0,9 ² 8817	0,9 ² 8856	0,9 ² 8893	0,9 ² 8930	0,9 ² 8965	0,9 ² 8999
3,1	0,9 ³ 0324	0,9 ³ 0646	0,9 ³ 0957	0,9 ³ 1260	0,9 ³ 1553	0,9 ³ 1836	0,9 ³ 2112	0,9 ³ 2378	0,9 ³ 2636	0,9 ³ 2886
3,2	0,9 ³ 3129	0,9 ³ 3363	0,9 ³ 3590	0,9 ³ 3810	0,9 ³ 4024	0,9 ³ 4230	0,9 ³ 4429	0,9 ³ 4623	0,9 ³ 4810	0,9 ³ 4991
3,3	0,9 ³ 5166	0,9 ³ 5335	0,9 ³ 5499	0,9 ³ 5658	0,9 ³ 5811	0,9 ³ 5959	0,9 ³ 6103	0,9 ³ 6242	0,9 ³ 6376	0,9 ³ 6505
3,4	0,9 ³ 6631	0,9 ³ 6752	0,9 ³ 6869	0,9 ³ 6982	0,9 ³ 7091	0,9 ³ 7197	0,9 ³ 7299	0,9 ³ 7398	0,9 ³ 7493	0,9 ³ 7535
3,5	0,9 ³ 7674	0,9 ³ 7759	0,9 ³ 7842	0,9 ³ 7922	0,9 ³ 7999	0,9 ³ 8074	0,9 ³ 8146	0,9 ³ 8215	0,9 ³ 8282	0,9 ³ 8347
3,6	0,9 ³ 8409	0,9 ³ 8469	0,9 ³ 8527	0,9 ³ 8583	0,9 ³ 8637	0,9 ³ 8689	0,9 ³ 8739	0,9 ³ 8787	0,9 ³ 8834	0,9 ³ 8879
3,7	0,9 ³ 8922	0,9 ³ 8964	0,9 ⁴ 0039	0,9 ⁴ 0426	0,9 ⁴ 0799	0,9 ⁴ 1158	0,9 ⁴ 1504	0,9 ⁴ 1838	0,9 ⁴ 2159	0,9 ⁴ 2433
3,8	0,9 ⁴ 2765	0,9 ⁴ 3052	0,9 ⁴ 3327	0,9 ⁴ 3593	0,9 ⁴ 3848	0,9 ⁴ 4094	0,9 ⁴ 4331	0,9 ⁴ 4558	0,9 ⁴ 4777	0,9 ⁴ 4973
3,9	0,9 ⁴ 5190	0,9 ⁴ 5385	0,9 ⁴ 5573	0,9 ⁴ 5753	0,9 ⁴ 5926	0,9 ⁴ 6092	0,9 ⁴ 6253	0,9 ⁴ 6406	0,9 ⁴ 6554	0,9 ⁴ 6696

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 8113	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 9307
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 9396
6,0	0,9 ⁷ 9901	-	-	-	-	-	-	-	-	-

РД 24-207-06 -90

Приложение Ю

Справочное

Коэффициенты гидроабразивной износостойкости
материалов

Сталь	$K_{и}$	Чугун и другие материалы	$K_{и}$
XI2	8,74	Ковкий чугун	7,68
9XI8	6,92	Высокопрочный	
I2XN3A	5,82	чугун	6,30
4XI3	4,07	Серый чугун	3,62
IXI8N9T	3,97	AM48Ц	4,85
IXI3	3,57	И4XI2M	5,3
Ст3	3,25	Резина	4,47
Ст45	0,94	Фторопласт	1,15

Коэффициенты газоабразивной износостойкости
материалов

Материал	$K_{и}$	Материал	$K_{и}$
Сталь углеродистая	1,1	Чугун легированный	1,24
Фторопласт 4	0,08	Сталь Ст45	1,1
Полистирол	0,05		
Твердые сплавы	1,03		

100-1-10-11-100

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.

РД 24-207-06 -90

Приложение II
РекомендуемоеПример 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

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

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;

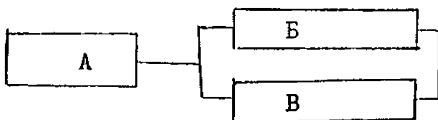
РД 24-207-06 -90

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

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

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

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

РД 24-207-06 -90

Показатели надежности отдельных элементов и узлов изделия

Наименование элементов и узлов	$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ час ⁻¹	m	A_1	$\lambda_{oi} = a_i \cdot m_i$ $\cdot 10^{-6}$ I/час	t' , час	A_2	$\lambda_i' = a_2 \cdot \lambda_i'$ $\cdot 10^{-9}$ I/час	t'' час
1. Корпус стальной	0,9995 (10 лет)		A. Узел клапана		P(5 лет) = 0,99974			
2. Резьбовое соединение гайка-болт	0,090	I	5	0,45	43800		0,45	-
3. Прокладка	0,0096	2	I	0,0192	43800		0,0192	-
4. Клапанно-запорное устройство	0,13	I	2	0,26	5560	$\gamma_{01, I}$	0,26	38240
5. Поверхность трения корпус-направляющая	0,072	I	5	0,360	280		0,360	43520

Продолжение

Наименование элементов и узлов	$\lambda_{oi} \cdot 10^6$ час ⁻¹	n	a_1	$\lambda'_i = \lambda_{oi} / n$ $a_1 \cdot 10^{-6}$ I/час	t'_i час	Q_2	$\lambda'_i = a_2 \cdot \lambda_i$ $\cdot 10^{-9}$ I/час	t'_i час
		Б. Узел ручного дуллера						
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		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	$\lambda'_i = \lambda_{oi} \cdot m$ $a_{10} \cdot 10^{-6}$ 1/час	t' , час	α_2	$\lambda''_i = \alpha_2 \lambda'_i$ 10^{-9} , 1/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	1	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	1	1	0,27	38240		0,27	5560
7. Поверхность трения сердечник-трубка в сборе	0,072	1	5	0,360	280	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0,360	43520

РЛ 24-207-06-90

РД 24-207-06 -90

б) для узла Б

$$P_{1B} = e^{-\sum_{i=1}^k \lambda'_i m t} = e^{-43800(0,22+0,0056) \cdot 10^{-6}} = 0,99067$$

в) для узла В

$$P_{1B}(t) = e^{-\sum_{i=1}^k \lambda'_i m t} = e^{-43800(0,0056) \cdot 10^{-6}} = 0,99975$$

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

а) для узла А

$$P_{2A}(t_1) = e^{-\sum_{i=1}^k \lambda'_i m t_1} = e^{-280 \cdot 0,36 \cdot 10^{-6}} = 0,99989$$

б) для узла В

$$P_{2B}(t_1) = e^{-\sum_{i=1}^k \lambda'_i m t_1} = e^{-280 \cdot 0,36 \cdot 10^{-6}} = 0,99989$$

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

а) для узла А

$$P_{3A} = e^{-\sum_{i=1}^k \lambda'_i m t_2} = e^{-5560 \cdot 0,26 \cdot 10^{-6}} = 0,99855$$

б) для узла В

$$P_{3B}(t_2) = e^{-\sum_{i=1}^k \lambda'_i m t_2} = e^{-5560(0,07+0,04) \cdot 10^{-6}} = 0,99938$$

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 $t_4 = t_q = 420$ час, определяется по формуле для узла Б:

РД 24-207-06 -90

$$P_{5B}(t_4) = e^{-\sum_{i=1}^3 \lambda_i m t_4} = e^{-120(0,45+0,36+0,43) \cdot 10^{-6}} = 0,99947$$

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

$$t_4'' = 43800 - 420 = 43380 \text{ час, определяются по формуле}$$

$$P_{9B} = e^{-\frac{3}{24} \lambda_i'' m \cdot t_4''} = e^{-43380(0,45+0,36+0,43) \cdot 10^{-9}} = 0,99994$$

4.23. Вероятность безотказной работы корпуса Рк, уплотнения ввода Р_{УВ} и пружины Р_П определяются по формуле

$$P(t) = e^{[\ln P(t^*)] \cdot \frac{t}{t^*}}$$

$$P_K(t) = e^{\ln 0,9995 \cdot \frac{5}{10}} = 0,99974$$

$$P_{УВ} = e^{\ln 0,999 \cdot \frac{5}{10}} = 0,99950$$

$$P_{П} = e^{\ln 0,9998 \cdot \frac{5}{10}} = 0,99990$$

4.24. Вероятность безотказной работы узла А определяется по формуле:

$$P_A = P_{1A} \cdot P_{2A} \cdot P_{3A} \cdot P_{6A} \cdot P_{7A} \cdot P_K = 0,97966 \cdot 0,99989 \cdot 0,99855 \times \\ \times 0,99998 \cdot 0,99999 \cdot 0,99974 = \\ = 0,97784$$

4.25. Вероятность безотказной работы узла Б определяется по формуле:

$$P_B = P_{1B} \cdot P_{5B} \cdot P_{9B} = 0,99067 \cdot 0,99947 \cdot 0,99994 = 0,99008$$

4.26. Вероятность безотказной работы узла В определяется по формуле:

$$P_B = P_{1B} \cdot P_{2B} \cdot P_{3B} \cdot P_{4B} \cdot P_{6B} \cdot P_{7B} \cdot P_{8B} \cdot P_{УВ} \cdot P_{П} = 0,99975 \cdot 0,99989 \cdot 0,99938 \times \\ \times 0,98972 \cdot 0,99998 \cdot 0,99999 \times \\ \times 0,99950 \cdot 0,99990 = 0,98812$$

4.27. Вероятность безотказной работы изделия в целом определяется по формуле:

$$P(t) = P_A [1 - (1 - P_B)(1 - P_B)] = 0,97781 \cdot [1 - (1 - 0,99008) \times \\ \times (1 - 0,98812)] = 0,97772$$

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 ПИ 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

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

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 14.06.1990

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 (i, j) элемента определяется по формуле

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

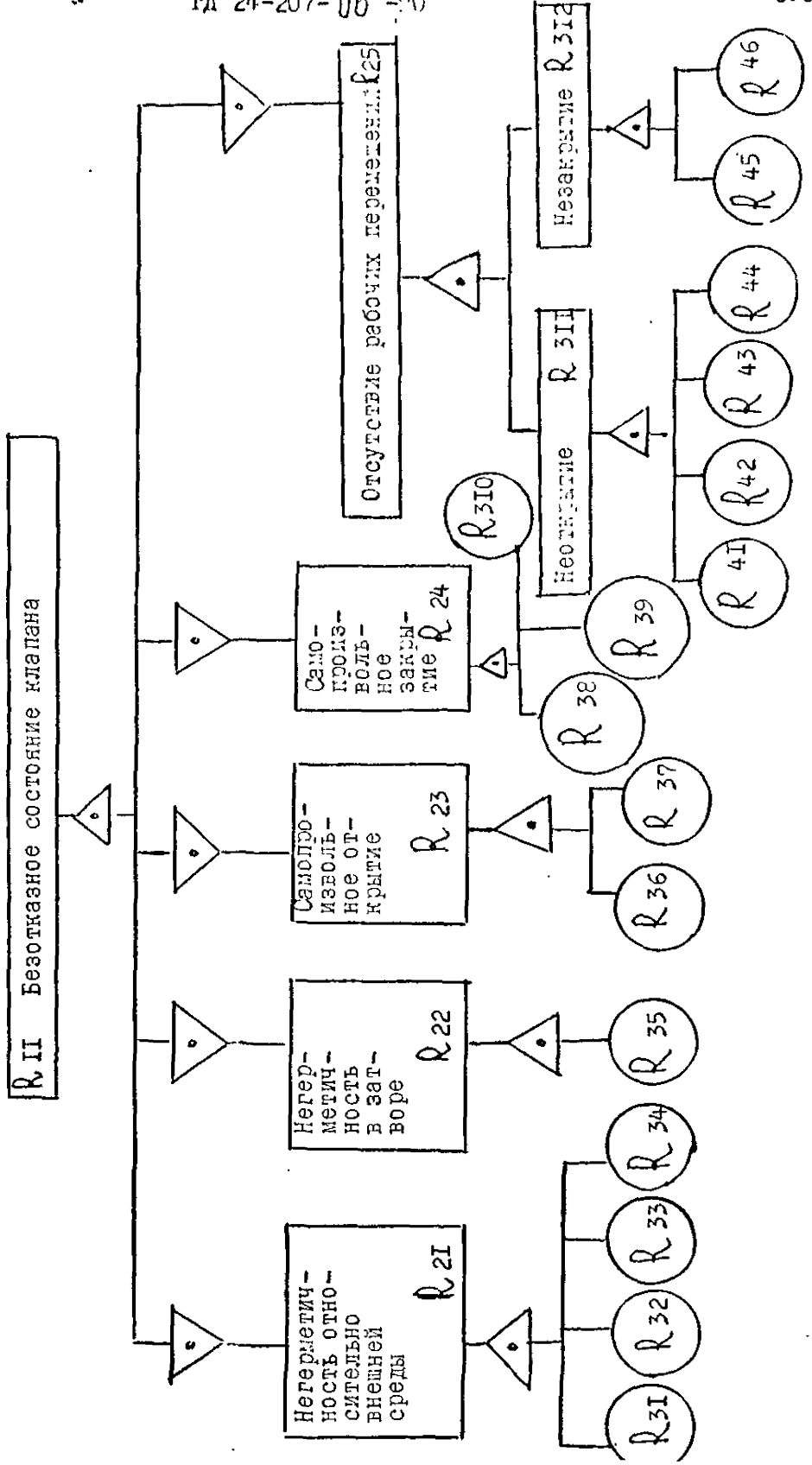
или по формуле

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

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



103.91 14.05.1982

Таблица

Связь-назначение на схеме	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$P(t)$
Наименование элемента, узла арматуры	$\lambda_{от}$ $\cdot 10^{-6}$ I/час	m	α_1 $\cdot 10^{-6}$ I/час	$\lambda_1 = \lambda_{от} m$ $\cdot 10^{-6}$ I/час	t_1 час	α_2	$\lambda_1' = \lambda_{от} m$ $\cdot 10^{-9}$ I/час	t'' час		
I									10	II
R ₄₁	Сварной элемент 125-8-0, 3x6 38-12-0, 2x4	P_1 (1500ч) = 0,98 P_2 (1500ч) = 0,98			(по ГОСТ ВД 21744-83)					$P_1(500) = \exp[-\frac{500}{1500} \lambda_1 \cdot 0,98]$ = 0,99328 $P_2(500) = 0,99328$ $P_{41} = 0,98666$
R ₄₂	Сварное соединение	0,025	2	5	0,125	0,07	$1 \cdot 10^{-3}$	0,125	29999,93	$P_{42} = \exp[-2(0,125 \cdot 10^{-6} \cdot 0,07 + 0,125 \cdot 10^{-9} \cdot 29999,93)] = 0,9999$
R ₄₃	Резьбовое соединение	0,02	I	5	0,100	0,07	$1 \cdot 10^{-3}$	0,1	29999,93	$P_{43} = \exp[-(0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,07 + 0,1 \cdot 10^{-9} \cdot 29999,93)] = 0,9999$
R ₄₄	Пара трения: шток-штулка, втулка-стойка, корпус-золотник	0,52	3	5	2,6	0,07	$1 \cdot 10^{-3}$	2,6	29999,93	$P_{44} = \exp[-3(2,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,07 + 2,6 \cdot 10^{-9} \cdot 29999,93)] = 0,9999$
R ₄₅	Электропривод	0,97 (30000 час)				(по ОТТ-87)				$P_{45} = 0,97$

138.91 14.06 1988

Продолжение таблицы

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
R ₄₆	Пара трения: штоп-штулка штулка-стойка корпус-золотник	0,52	3	5	2,6	0,07	0,1.10 ⁻³	2,6	29999,93	$P_{46} = \text{exp}[-3(2,6.10^{-6} + 0,07+2,6.10^{-9} + 0,29999,93)] = 0,9999$ $P_{31}(30000 \text{ ч}) = \text{exp}[-3(0,125.10^{-6} + 0,30000)] = 0,9888$
R ₃₁	Сварное соедине- ние: штулка-корпус; сильфон-кольцо -штулка; золотник-силь- фон	0,025	3	5	0,125	30000			-	$P_{32}(500) = 0,99328$ $P_{33}(4) = \text{exp}[\frac{4}{10} \times 0,9995] = 0,9998$
R ₃₂	Сильфон	P(1500 ц)	= 0,98	(ГОСТ ВД 21744-83)						
R ₃₃	Корпус	P(10 лет)	= 0,9995							
R ₃₄	Резьбовые сое- динения: шпилька-гайка; шпилька-цилиндр	0,02	2	5	0,1	30000			-	$P_{34}(30000) = \text{exp}[-2 \times 0,1 \times 10^{-6} \times 30000] = 0,9940$ $P_{35} = \text{exp}[\frac{500}{3000} \ln 0,999] = 0,9998$
R ₃₅	Узел затвора	P(3000)	= 0,999	(ОСТ 26-07-1375-82)						

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
Р ₃₆	Сильфон	Р(1500ц)	= 0,98	(ГОСТ ВД 21744-83)						$P_{36} = \exp\left[\frac{500}{1500} \ln 0,98\right] = 0,99328$ $P_{36} = 0,99328$
Р ₃₇	Сварное соединение: 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	(ГОСТ ВД 21744-83)						$P_{38} = \exp\left[\frac{500}{1500} \ln 0,98\right]^2 = (0,99328)^2 = 0,9866$
Р ₃₉	Сварное соединение: 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 соединение: Шток-штулка	0,02	I	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"

$$P_{31I} = P_{41} \cdot P_{42} \cdot P_{43} \cdot P_{44} = 0,9866 \times 0,9999 \times 0,9999 \times 0,9999 = 0,9863$$

- "незакрытие"

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

- Негерметичность относительно внешней среды

$$P_{2I} = P_{31} \cdot P_{32} \cdot P_{33} \cdot P_{34} = 0,9888 \times 0,9932 \times 0,9998 \times 0,9940 = 0,9759$$

- 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

$$P_{25} = P_{31I} \cdot P_{312} = 0,9863 \times 0,9699 = 0,9569$$

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

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

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

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. Определения вероятности безотказной
работы III методом

Настоящий расчет выполнен для клапана (затвора) обратного черт.К44136.100

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.

138.81 14.06.1988

РД 24-207-06 -90

4.2. Вероятность неразрушения клапана P_I определим как

$$P_I(t) = \min_i P_{ii}(t)$$

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

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

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

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_{ii} сведены в таблицу I.

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

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.

12.8-06 12.8-06 12.8-06

138-91 14.06.1988 -

Таблица I

Наименование детали и напряжения	Материал	Расчетное напряжение $\text{кгс}/\text{см}^2$ (Mst)	Допускаемое напряжение $\text{кгс}/\text{см}^2$ (Mrc)	Коэффициент запаса $\varphi_1 = \frac{Mrc}{Mst}$	Коэффициент вариации прочности K_{Ri} (по табл. 8) нагн. сн. K_{Si}	Вероятность безотказной работы $P_i = \Phi\left(\frac{\varphi_1 - 1}{\sqrt{K_{Ri}^2 - 1}}\right)$
ФЛАНЕЦ	Сталь I2X18H9T	153	332	2,17	0,12	$\Phi(3,56) = 0,9998$
Осевые напряжения		III	173	1,56	0,20	$\Phi(2,04) = 0,9847$
Радиальные напряжения		89	173	1,94		$\Phi(3,06) = 0,9966$
Кольцевые напряжения	Сталь I2X18H9T	416	1333	3,20	0,12	$\Phi(5,08) = 0,9999$
КОРПУС	Сталь I2X18H9T				0,20	
Приведенное напряжение на внутренней поверхности						
КРЫШКА	Сталь I2X18H9T	1213	1730	1,41	0,12	$\Phi(1,57) = 0,94179$
Напряжение в средней части крышки					0,20	
ЗАХЛОПКА	Сталь I2X18H9T	1224	1730	1,41	0,12	$\Phi(1,57) = 0,94179$
Максимальное напряжение в центре захлопки					0,20	

Таблица 2

Параметр функционирования	Среднее значение параметра y_i	Ограничения параметра (y^6, y^H)	Коэффициент вариации параметра функционир. (K_{y_i} , прил. 8)	$u_i = \frac{y^6 - y_i}{K_{y_i} \cdot y_i}$	Вероятность безотказной работы $P_{2j} = \Phi(u_i)$
Герметичность в затворе	40 см ³ /мин	$y^B = 120 \text{ см}^3/\text{мин}$ по ГОСТ 9544-75	$K_{y_1} = 0,27$	$u_1 = \frac{120 - 40}{0,27 \times 120} = 2,47$	$\Phi(2,47) = 0,9932$
Давление открытия клапана	46 см ² по силовому расчету	$y^B = 180 \text{ кгс}/\text{см}^2$ по ОСТ 26-07-1375-82	$K_{y_2} = 0,15$	$u_2 = 19,42$	$\Phi(19,4) = 0,9999$
Коэффициент гидравлического сопротивления	1,3	$y^B = 2,7$	$K_{y_3} = 0,25$	$u_3 = 2,0$	$\Phi(2,0) = 0,9772$

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 γ_i , указанные в табл. 2.

138-91. 14.06.1991

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 26-07-82I-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

