Центральное конструкторское бюро арматуростроения
(ЦКБА)

Р У К О В О Д Я Щ И Й Д О К У М Е Н Т

АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДНАЯ. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.

РД 24-207-06-90

gost.e-ecolog.ru

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

Дата введения 0I.07.9I

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 I990 г.

Р У К О В О Д Я Щ И Й Д О К У М Е Н Т

АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДНАЯ.
РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.

РД 24-207-06 -90

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.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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

I.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.

I.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.

I.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.

I.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.

I.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.

I.7. При составлении расчета должны быть оговорены все принимаемые допущения.

I.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).

I.9. Вероятность безотказной работы или λ-характеристики комплектующих изделий принимается по данным предприятия-изготовителя комплектующего изделия.

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.);

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.

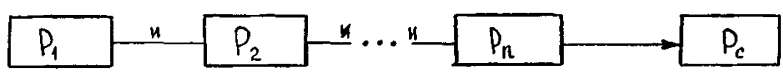
Необходимо установить, является ли изделие нормально открытым или нормально закрытым и какова продолжительность его пребывания в открытом (или закрытом) положении в процентах от заданного периода.

2.I.3. Методика расчета

2.I.3.I. 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.

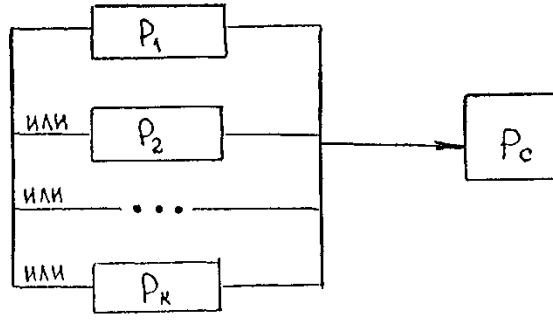
2.I.3.2. При расчете изделие условно разбивается на элементы (узлы) и составляется логическая схема соединений элементов (узлов). Логические схемы соединения элементов (узлов) и соответствующие им формы для расчета вероятности безотказной работы изделия P_c по данным вероятности безотказной работы элементов P_j следующие:

а) простая последовательная схема (резервирование отсутствует)



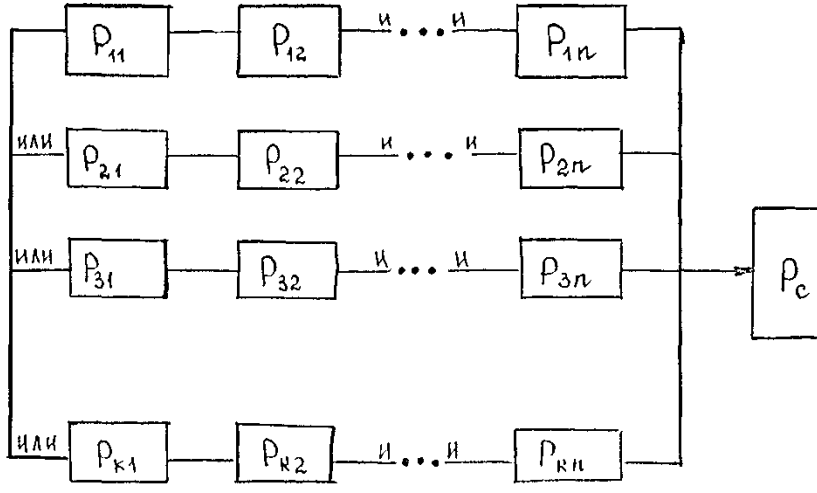
$$P_c = P_1 \cdot P_2 \cdots P_n = \prod_{j=1}^{n} P_j \qquad (I)$$

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



$$P_c = 1-(1-P_1)(1-P_2)\cdots(1-P_к) = 1-\prod_{j=1}^{к}(1-P_j) \qquad (2)$$

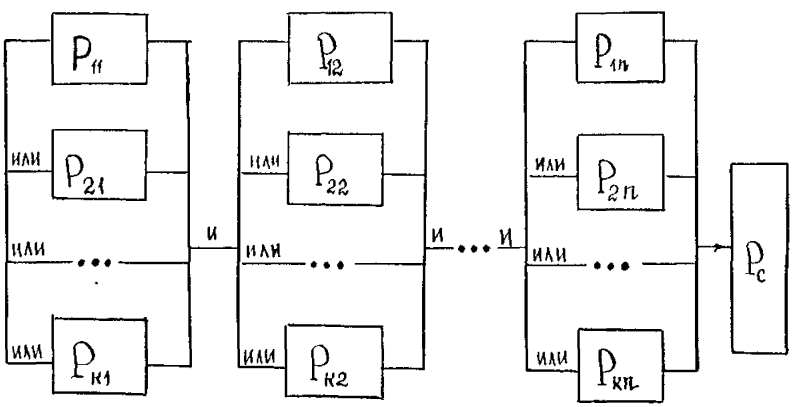
в) последовательно-параллельная схема (резервирование последовательных схем):



$$P_c = 1-(1-P_{11}\cdot P_{12}\cdots P_{1n})\cdot(1-P_{21}\cdot P_{22}\cdots P_{2n})\times$$

$$\times\cdots\times(1-P_{k1}\cdot P_{k2}\cdots P_{kn}) = 1-\prod_{i=1}^{k}\left(1-\prod_{j=1}^{n}P_{ij}\right) \qquad (3)$$

г) параллельно-последовательная схема (поэлементные резервирования):



$$P_c = \left[1-(1-P_{11})(1-P_{21})\cdots(1-P_{k1})\right]\cdot\left[1-(1-P_{12})(1-P_{22})\cdots(1-P_{k2})\right]\times$$

$$\times\left[1-(1-P_{1n})(1-P_{2n})\cdots(1-P_{kn})\right] = \prod_{j=1}^{n}\left[1-\prod_{i=1}^{k}(1-P_{ij})\right] \qquad (4)$$

или, если все $P_{ij} = P_i$, то

$$P_c = [1-(1-P_1)^x]\cdot[1-(1-P_2)^x]\cdots[1-(1-P_n)^x] \qquad (4а)$$

2.I.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

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

2.I.3.4. Интенсивность отказов i -го элемента, находящегося под нагрузкой, определяется по формуле:

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

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:

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

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 $I \cdot IO^{-3}$

2.I.3.5. Вероятность безотказной работы одного i -го элемента рассчитывается по формуле (8), (9), (IO).

а) λ_{oi} в единицах I/час

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

б) λ_{oi} в единицах I/цикл

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

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

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

2.I.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

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

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

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

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

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

2.I.3.7. Вероятность безотказной работы всего изделия Pc определяется по формулам (I), (2), (3), (4) в зависимости от схемы соединения элементов в изделии.

2.I.3.8. Для расчета вероятности безотказной работы отдельных элементов необходимо заполнить таблицу I приложения 5.

2.I.3.9. Пример расчета показателей надежности данным методом приведен в приложении II.

2.2. Второй метод

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

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

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.

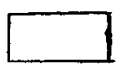
2.2.3.2. Для оценки вероятности безотказной работы изделия следует построить схему следующим образом:

I уровень – состояние изделия (работоспособное, неработоспособное) или событие (отсутствие отказов);

2 уровень – события, состояния, функции, от которых зависит I 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

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

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

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

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 11.

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;

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

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \qquad (I7)$$

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) $$P_1(t) = \prod_{i=1}^{n} P_{1i}(t) \qquad (I8)$$

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

б) $$P_1(t) = \min P_{1i}(t) \qquad (I9)$$

Т.е. $P_1(t)$ определяется вероятность 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 текучести).

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

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

где φ_i – коэффициент запаса, определяемый по формуле

$$\varphi_i = \frac{M_{Ri}}{M_{si}} \qquad (21)$$

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_{1i} 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 коэффициент 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 $[0{,}2 \div 0{,}3]$.

В графе 8 определяют значения $P_{1i}(t)$. 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) $$P_2(t) = \prod_{j=1}^{l} P_{2j}(t) \qquad (22)$$

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

б) $$P_2(t) = \min P_{2j}(t) \qquad (23)$$

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

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

– если параметр функционирования ограничен снизу

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

– если параметр функционирования имеет двухстороннее ограничение

$$P_2(t) = \Phi\left(\frac{y_в - y_н}{K_{y_i} \cdot y_i}\right) \qquad (26)$$

где Φ (...) – функция нормального распределения, определяемая по приложению 9;

$y_в, y_н$ – 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 I вносят параметры функционирования изделия.

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

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.

Примечание. При испытаниях 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. Наработка на отказ изделия определяется по формуле

$$T_{0изд} = \min_{i=\overline{1,r}} T_i \qquad (27)$$

где r - 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

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

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 I/цикл, при определении наработки на отказ в часах – в единицах I/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.I. Оценка срока службы

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

$$T_{сл\,ср} = \min_j T_j \qquad (29)$$

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

3.I.2. Величина T_j определяется по формуле (30) или (3I)

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

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

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

$$T_j = \frac{U_{max}}{\gamma_j} \qquad (3I)$$

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

U_{max} – максимально допустимый износ.

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 10.

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

Примечание: Допускается определение T_j 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

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

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

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

где N – число ремонтов арматуры;

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

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

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

где m – коэффициент запаса по ресурсу.

Величина m выбирается в зависимости от критичности отказов из ряда $[2 \div 13]$ 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 $U_р$ следует сравнить со значением, заданным в техническом задании $U_{тз}$.

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) (I/час, I/цикл);

λ'_i – интенсивность отказов i–го элемента (узла), находящегося под нагрузкой в течение времени t' (I/час, I/цикл);

λ''_i – интенсивность отказов i–го элемента (узла), ненагруженного в течение времени t'' (I/час, I/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;

a_1 – коэффициент, учитывающий увеличение интенсивности отказов нагруженных элементов;

a_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_{yi} – коэффициент вариации параметра работоспособности;

y_i – ожидаемое среднее значение параметра работоспособности;

$y^н, y^в$ – 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;

$\Phi(...)$ – функция нормального распределения.

Оценка наработки на отказ

$T_{оизд}$ – наработка на отказ изделия (час, цикл);

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

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

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

U_{max} – максимально допустимый износ;

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

$T_{сл.н}$ – 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
Справочное

Показатели надежности элементов арматуры

I. 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 (Р – свыше 200 кгс/см^2, – свыше I00°С, среда – агрессивная, вибрация – выше нормы) и больших гарантийных сроках или при малом запасе прочности, $n \leqslant 2{,}0$. В случае легких условий работы изделия (Р – до 200 кгс/см^2 до I00°С, среда – агрессивная, вибрация – нормальная) и небольших гарантийных сроках (или при большом запасе прочности $n \geqslant 3{,}5$) 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 (П 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.

Задвижки

Наименование элемента, узла задвижки	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
I	2	3	4	5	6	7	8
Бурт		0,032	0,072	0,145			
Винт стопорный	P(10лет)=0,9986						
Втулка резьбовая	P(10лет)=0,9896	0,04	0,11	0,32	12,5	12,7	13,2
Гайка	P(10лет)=0,999						
Грибок		0,023	0,096	0,206			
Диск		0,29	0,82	1,58			
Клин							
цельный		0,52	0,82	1,41			
упругий		0,15	0,44	0,96			
составной		0,19	0,97	1,18			
Корпус							
сталь	P(10лет)=0,9995						
чугун	P(10лет)=0,999						
Цветные сплавы	P(7лет)=0,9992						
Крышка							
сталь	P(10лет)=0,9995						
чугун	P(10лет)=0,999						

I	2	3	4	5	6	7	8
цветные сплавы	P(7лет)=0,9992						
Крепежные детали	P(IOлет)=0,999I						
Направляющие клина корпуса	P(IOлет)=0,987						
сталь		0,009	0,024	0,I42			
чугун		0,0I8	0,068	0,20I			
Ось		0,022	0,067	0,I53			
Прокладка уплотнительная фторопластовая, металлическая		0,I4	0,20	0,38			
паронитовая		0,09	0,28	0,52			
асбестовая		0,2I	0,36	0,48			
Поверхность трения		0,05I	0,072	0,I35			
Рукоятка (маховик)	P(IOлет)=0,9992						
Сальниковый узел с набивкой							
фторопластовой		0,0I2	0,054	0,092		3,I6	
ФУМ		0,032	0,089	0,I46		5,0I	
асбестовой		0,06I	0,I74	0,238		6,24	
Соединение крепежное	P(IOлет)=0,999						
резьбовое	P(IOлет)=0,988						
сварное	P(IOлет)=0,998						
механическое, кулачковое	P(IOлет)=0,998	0,093	0,240	1,291			
Уплотнительные кольца корпуса, клина, дисков, шибера:							

I	2	3	4	5	6	7	8
твердый сплав		0,24	0,84	1,69			
сталь		0,I8	0,88	1,82			
цветные сплавы		0,02	0,92	1,96			
Фланец	P(IOлет)=0,999						
Шайба	P(IOлет)=0,997						
Клёпер		0,47	0,6I	0,85			
Шплинтель		0,07	0,095	0,I8			
Шпонка	P(IOлет)=0,996						
Шпилька	P(IOлет)=0,998						
Шарнирное соединение		0,I6	0,40	I,08			
Шестерня		0,24	0,89	I,995			

Клапаны с электромагнитным приводом

Наименование элементов и узлов арматуры	Вероятность безотказной работы в течение t^* $P(t^*)$	Данные эксплуатации $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$, 1/час			Данные испытаний $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$, 1/цикл		
		наименьшее	среднее	наибольшее	наименьшее	среднее	наибольшее
1	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 (I0 лет)					
Кулачок (кулачковое соединение)		0,04	0,95	2,85			
Манжета фторопластовая		0,070	0,093	0,2I0			
Мембрана резиновая		0,08	0,097	0,I9	I0,8	II,2	II,7
Мембрана фторопластовая		0,055	0,082	0,I6			
Муфта соединительная		0,06I	0,II	0,25	II,3	I2,0	I3,5
Поверхность трения		0,06	0,072	0,I4	7,I	7,4	8,6
Пробка резьбовая		0,003	0,0I7	0,I83	I5,0	I6,8	I8,9
Прокладка резиновая	P(5 лет)=0,998	0,003	0,0I8	0,I3			
Прокладка фторопластовая	P(I0 лет)=0,9974	0,0069	0,0096	0,0203			
Прокладка уплотнительная (асбест, ФУМ, паронит)	P(I0 лет)=0,998	0,0032	0,0056	0,0092			
Пружина возвратная	0,9999 (I0 лет)	0,007	0,0I4	0,40			
Рычаг	0,997 (I0 лет)						
Ручной дублер ЭМП	0,99995(I0 лет)						
Сальниковый узел с набивкой:							
Фторопласт 4	P(t *) по	0,009	0,0I2	0,0I5			
ФУМ	ОСТ 26-07-	0,0I0	0,0I4	0,0I9			
Асбестотехнической	I232-87	0,007	0,0II	0,0I8			
Сетка (фильтр)		0,09	0,20	0,63			
Сильфон *	по ГОСТ 2I744-83 или ОСТ 26-07-2019-8I						

I	2	3	4	5	6	7	8
Стойка		0,00I	0,009	0,0I9			
Соединение подвижное		0,0I4	0,052	0,I02			
Соединение сварное	0,999(I0 лет)	0,009	0,056	0,097	6,49	6,5I	6,69
Соединение жесткое		0,0I3	0,075	0,I45	8,7	8,9	9,8
Соединение резьбовое		0,02	0,II	2,60	I2,4	I2,8	I3,4
Соединение механическое		0,002	0,086	0,326			
Толкатель		0,00I	0,0I2	0,I24			
Трубка разделительная		0,0II	0,077	0,I45			
Уплотнение скользящее		0,I4	0,22	0,86			
Уплотнение неподвижное (резиновое)		0,5I	0,73	4,2			
Уплотнение ввода кабеля	P(I0 лет)=0,999						
Шайба	0,9995(I0 лет)						
Шпилька		0,007	0,0I8	0,072	I5,0	I6,2	I8,0
Штифт	0,9995(I0 лет)	0,007	0,0I7	0,064	I5,0	I6,0	I7,8
Штуцер		0,00I	0,009	0,05I			
Шток		0,043	0,067	0,079	7,95	8,0	8,4
Электромагнит	P(I0 лет)=0,999	0,009	0,0I7	0,025	9,2	9,24	9,8

Клапаны запорные

Наименование элементов и узлов арматуры	Вероятность безотказной работы в течение t^* $P(t^*)$	Данные испытаний $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$, 1/цикл			Данные эксплуатации $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$, 1/час		
		наименьшее	среднее	наибольшее	наименьшее	среднее	наибольшее
1	2	3	4	5	6	7	8
Бугельный узел без подшипников	$P(t^*)$ по ОСТ 26-07-2007-78	3,02	4,53	5,85	0,014	0,026	0,042
Бугельный узел с подшипниками качения	$P(t^*)$ по ОСТ 26-07-2017-79	9,62	II,34	I4,8I	0,065	0,084	0,I22
Винтовая пара	P(I0 лет)=0,9992				0,0I2	0,030	0,059
Втулка	P(I0 лет)=0,9995				0,0I0	0,0I8	0,027
Втулка резьбовая	P(I0 лет)=0,997	9,86	I2,92	I4,86	0,072	0,II3	0,28I
Корпус стальной	P(I0 лет)=0,9995						
чугунный	P(I0 лет)=0,999						
титановый	P(I0 лет)=0,999						
Из цветных металлов	P(I0 лет)=0,9983						
Крепежные детали	P(I0лет)=0,9992						
Крышка	P(I0 лет):						
стальная	=0,9995						
чугунная	=0,999						
титановая	=0,999						
Кулачок, кулачковое соединение					0,00I	0,002	0,004

I	2	3	4	5	6	7	8
Маховик и рукоятка	P(I0 лет)= =0,9999						
Манжета					0,04	0,06	I,I0
Муфта	P(I0 лет)= =0,9994						
Ось	P(I0 лет)= =0,999						
Пара трения ("шток-втулка" "втулка-стойка" "корпус-золотник" "клин-корпус")	P(3000)= 0,999	0,73	I,I2	2,02	0,0I3	0,02I	0,038
Поверхность трения					0,03I	0,052	0,098
Подпятник		0,63	0,98	I,72	0,0I3	0,02I	
Подшипник качения				I,02	0,32	0,08	
Подшипник скольжения				0,38	0,2I	0,09	
Пробка							
Прокладка уплотнительная фторопластовая	P(I0 лет)= =0,9974				0,0069	0,0097	0,0203
ФУМа	P(I0 лет)=0,9974				0,008I	0,0092	0,0I65
резиновая	P(5 лет)=0,998				0,0058	0,0I52	0,0403
Пружина	P(I0 лет) = P(I500ц)=0,9995				0,0006	0,00I9	0,0I0

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(1500ц)=0,9996						
невозвратная	P(10 лет)=0,9994						
Тарельчатая (на 1 тарелку)	P(10 лет)= =P(1500ц)=0,9999						
Пята		0,63	0,98	1,72	0,013	0,021	0,038
Резьбовая ходовая пара	P(t^*) по ОСТ 26-07--1232-87						
	P(10 лет)=0,999				0,007	0,026	0,059
Резьбовое соединение					0,11	0,02	1,95
Сальниковый узел с набивкой:	P(t^*) по ОСТ 26-07--2050-82						
Фторопласт 4,					0,009	0,014	0,017
ФУМ,	P(10 л.)=0,9992				0,010	0,014	0,019
Асбестотехнической.					0,007	0,012	0,024
Сильфон	P(t^*) по ГОСТ 21744-83 или ОСТ 26-07-2019-81						
Соединение							
резьбовое					0,011	0,020	1,95
сварное					0,011	0,025	0,104
кулачковое	P(10)=0,998				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						

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

1	2	3	4	5	6	7	8
Уплотнительная прокладка (см.прокладка)							
Узел крепления рукоятки и маховика	P(IO лет)= =0,9995	I,5I	2,0I	2,89			
Фланец	P(IO лет)= 0,9995						
Цилиндр	P(IO лет)=0,999						
Шплинт	P(IO лет)=0,9992						
Шпиндель	P( ) по ОСТ 26-07-I232-87				0,007	0,026	0,059
Шпоночное соединение	P(IO лет)=0,9994						
Штифт	P(IO лет)=0,9992						
Шток	P(I2 лет)=0,998	0,73	I,I2	2,02	0,0I3	0,02I	0,038
Штуцер	P(IO лет)=0,9994						

Краны

Наименование элемента, узла арматуры	Вероятность безотказной работы в течение периода t^* $P(t^*)$	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
I	2	3	4	5	6	7	8
Гайка накидная	P(10)=0,999						
Ключ	P(10)=0,9992						
Корпус латунный	P(10 лет)=0,992						
чугунный	P(10 лет)=0,992						
стальной	P(10 лет)=0,993	0,04	0,10	0,56			
титановый сплав	P(10 лет)=0,992						
Крепежные детали	P(10 лет)=0,9988						
Муфта	P(10 лет)=0,999	0,01	0,049	0,149			
Пара трения							
"сальник-шток"	P(5 лет)=0,996						
"клин-корпус"	P(2 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	P(I0 лет)=0,9974						
резиновая	P(8 лет)=0,998I						
паронит, картон	P(8 лет)=0,9974						
Ролик	P(I0 лет)=0,9986						
рукоятка	P(I0 лет)=0,999						
Сальниковый узел							
тип I, П, УI:	P(t^*) по ОСТ 26-07-2030-8I						
ФУМ, фторопласт		0,004	0,0I6	0,029	I,02	I,8	5,3
асбест, паронит	P(I0 лет)=0,9996	0,0009	0,0II4	0,0236	0,08	I,8	4,6
Тип Ш фторопласт 4	P(5000ц)=0,96				I,3I	2,72	4,0I
Тип IУ,У резиновое кольцо	P(3000ц)=0,95	0,0I2	0,038	0,059	0,72	I,5	4,2
Соединение сварное		0,024	0,056	0,098			
резьбовое		0,0I	0,II	0,35	II,2	I2,5	I2,65
крепежное		0,004	0,0I7	0,059			
мэханическое		0,004	0,I0	0,42			
Уплотнительное кольцо		0,32	0,73	I,04			
фторопластовое							
резиновое		0,II	0,5I	0,94			
Фланец	P(I0 лет)=0,999						

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

Клапаны обратные

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
1	2	3	4	5	6	7	8
Винт стопорный	P(10лет)=0,999						
Гайка	P(10лет)=0,9995						
Диск (захлопка)							
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						

I	2	3	4	5	6	7	8
Муфта резьбовая	P(IOлет)=0,9995						
Ось	P(IOлет)=0,9994						
Прокладка							
медь, сталь		0,009	0,II	0,24			
фторопласт		0,I2	0,22	0,34			
паронит, резина		0,I4	0,37	0,49			
Пара трения		0,04I	0,072	0,I28			
Пружина		0,05I	0,076	0,II4			
Рычаг		0,009	0,052	0,I23			
Сильфон	P(t*) по ГОСТ 2I744-83, ОСТ 26-07-20I9-8I						
Серьга		0,006	0,0095	0,0I4			
Соединение							
резьбовое		0,076	0,II	0,240			
сварное		0,02I	0,056	0,I0I			
крепежное		0,009	0,0I7	0,023			
механическое		0,008	0,I0	0,238			
Сетка (фильтр)		0,04I	0,072	0,I28			
Уплотнительные поверхности (кольца) корпуса, золотника, диска							
твердый сплав		0,02	0,I7	0,43			
латунь		0,009	0,25	0,563			
фторопласт		0,093	0,37	0,624			
резина		0,086	0,43	0,82			

I	2	3	4	5	6	7	8
Фланец	P(IOлет)=0,999						
Шпилька	P(IOлет)=0,999						
Штифт		0,004	0,0I5	0,049			
Шариковый подшипник		0,II	0,27	0,53	I3,0	I5,0	I7,0
Сальниковый узел		0,0I0	0,0I4	0,024			

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
1	2	3	4	5	6	7	8
Винт регулировочный		0,11	0,25	0,98			
Втулка, дискодержатель		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			

1	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						
Сальник		0,012	0,052	0,158			
Седло съемное	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							
твердый 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 $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ 1/час			Данные испытаний $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ 1/цикл		
		наименьшее	среднее	наибольшее	наименьшее	среднее	наибольшее
Болты	P(10лет)=0,9987						
Втулка резьбовая		0,012	0,095	0,206	10,7	11,4	11,9
Гайка накидная		0,036	0,082	0,132	10,2	10,5	12,3
Гайки крепежные	P(10лет)=0,999						
Диафрагма		0,12	0,53	0,84			
Диск поворотный		0,52	0,97	3,04			
Золотник		0,44	1,01	2,57			
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						
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 [illegible]

I	2	3	4	5	6	7	8
Плунжер		0,II	0,42	0,65			
стержневой		0,09	0,5I	I,32	I3,6	I5,8	I6,4
полый		0,II	0,72	2,65	I5,8	20,I	24,2
сегментный		0,I4	0,45	0,98	9,62	I2,2	20,I
поршневой		0,22	0,64	I,32	I2,I	I7,3	23,4
Поверхность трения		0,027	0,52	I,48	II,6	4,79	3,4I
Поршень		0,08	0,20	0,35			
Прокладка							
фторопластовая		0,005	0,0II	0,0I9			
резиновая		0,0I0	0,022	0,035			
паронитная		0,003	0,040	0,077			
Пружина	P(I0лет)=0,999	0,0I2	0,024	0,065			
Рычаг	P(I0лет)=0,998	0,009	0,02I	0,058			
Сальник		0,036	0,088	0,242	9,I	I0,3	I2,4
Седло		0,67	I,04	I,29			
Соединение							
сварное	P(I0лет)=0,997		0,025				
резьбовое	P(I0лет)=0,998		0,02I				
Сильфон	P(t^*) по ГОСТ 27744-83 или ОСТ 26-07-20I9-8I						
Уплотнение корпуса (уплотнительные кольца)							
стальное	P(I0лет)=0,9928	0,42	0,63	0,9I			
твердый сплав	P(I0лет)=0,9934	0,3I	0,56	0,92			

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		0,2I	0,37	0,96			
резиновое		0,7I	0,84	0,98			
Фланец	P(IOлет)=0,999						
Шар		0,03	0,07	0,I2			
Шибер		0,6I	0,82	0,96			
Шланг		0,II	0,32	0,45			
Шток		0,03I	0,067	0,I57	7,95	8,0	8,I5
Шпиндель		0,035	0,085	0,I62	9,5	I0,0	I0,6
Штуцер	P(IOлет)=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	наименьшее	среднее	наибольшее
I	2	3	4	5	6	7	8
Гайка ходовая		0,072	0,095	0,I3			
Диафрагма							
Зубчатая передача		0,026	0,27	I,36			
Клемма		0,003	0,005	0,009			
Корпус	P(I0лет)=0,999						
Кривошип		0,76	0,99	I,27			
Крышка	P(I0лет)=0,999						
Манжета		0,62	0,84	I,0I			
Мембрана		0,42	0,97	I,35	I0,8	II,2	II,7
Муфта		0,2I	0,40	0,65			
Поршень		0,36	0,42	0,58			
Пружина		0,03I	0,076	0,I25			
Путевой выключатель (блок)	P(I0лет)=0,996	0,0I2	0,02I	0,039			
Редуктор		0,026	0,74	I,I52			

I	2	3	4	5	6	7	8
Соединение							
кулачковое		0,09	0,24	0,65	I3,0	I5,0	I9,0
шарнирное		0,80	2,4	4,0			
крепежное		0,008	0,0I7	0,025			
пневматическое		0,020	0,I5	0,20			
контактное		0,002	0,0I	0,02			
Уплотнение ввода кабеля	P(I0лет)=0,998						
Цилиндр		0,022	0,040	0,062			
Шестерня		0,53	0,89	I,I4			
Шток		0,026	0,067	0,093	7,95	8,0	8,I
Электродвигатель по соответствующим ТУ или другой НТД.							

П р и м е ч а н и е. Показатели надежности применять: для МИМ по ТУ 26-07-I30-75, ТУ 26-07-III6-86, для ПОУ - по ТУ 26-07-I096-79, электроприводы по соответствующим ТУ.

Приложение 3
Справочное

Значения 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

Приложение 4
Справочное

Поправочные коэффициенты, учитывающие уменьшение интенсивности отказов элементов a_2

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

Приложение 5
Обязательное

Показатели надежности отдельных элементов и узлов изделия

Таблица 1

Наименование элементов и узлов	$\lambda_{0i} \cdot 10^{-6}$ 1/час	m	a_1	$\lambda'_i = \lambda_{0i} \cdot m \cdot a_1 \cdot 10^{-6}$ 1/час	t', час	a_2	$\lambda''_i = a_2 \cdot \lambda'_i \cdot 10^{-9}$ 1/час	t'', час

Продолжение приложения 5

Показатели надежности узлов и элементов

Таблица 2

Обозначение по схеме	Наименование элемента, узла арматуры	$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ 1/час	m	a_1	$\lambda'_i = \lambda_{oi} \cdot m \cdot a_1 \cdot 10^{-6}$ 1/час	t', час	a_2	$\lambda''_i = \lambda'_i \cdot a_2 \cdot 10^{-6}$ 1/час	t'', час	$P(t)$

Приложение 6
Обязательное

Таблица I

Наименование детали и напряжения	Материал изготовления детали	Расчетное напряжение, кгс/см^2 M_{si}	Допускаемое напряжение, кгс/см^2 M_{Ri}	Коэффициент запаса $\varphi_i = \frac{M_{Ri}}{M_{si}}$	Коэффициент вариации прочности K_{Ri}	Коэффициент вариации нагрузки K_{si}	Вероятность безотказной работы детали при i-м напряжении $P_{ri} = \Phi\left(\frac{\varphi_i - 1}{\sqrt{K_{Ri}^2 \varphi_i^2 + K_{si}^2}}\right)$
I	2	3		5	6	7	8

Продолжение приложения 6

Таблица 2

Параметр функционирования	Среднее значение параметра y_i	Ограничения параметра $[y_i^б, y_i^н]$	Коэффициент вариации параметра функционирования K_{y_i}	Значения $u_j = \begin{cases} \frac{y_i^б - y_i}{K_{y_i} \cdot y_i} \\ \frac{y_i - y_i^н}{K_{y_i} \cdot y_i} \end{cases}$	Вероятность безотказной работы $P_{zj} = \Phi(u_j)$
I	2	3	4	5	6

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
		Резина	Износ, разрушение, разрыв, смятие, отрыв
	Пробка, шар	Латунь, бронза, чугун, сталь, титановый сплав	Износ, задир, эррозия, коррозия, трещины, сколы, риски
		Фаолит	Износ, разрушение, трещины, риски
	Корпус	Латунь, чугун, сталь, титановый сплав	Износ, задир, эррозия, коррозия, трещины, сколы, риски
Негерметичность по отношению к внешней среде	Корпус	Латунь, чугун, сталь, титановый сплав	Коррозия, эррозия, трещины, разрыв, раковины, поры
	Накидная гайка	Латунь	Трещины, разрыв резьбы, износ

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

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

138-91 14 06

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

ЗАДВИЖКИ

Внешнее проявление отказа (критерии отказа)	Отказавшие 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 набивка	Асбест, пенька, ФУМ-В	Разрушение, расслоение, разрыв
		Фторопласт 4	Износ, разрушение, трещины
	Корпус	Сталь, бронза, чугун	Коррозия, эрозия, трещины, поры, раковины, разрыв
	Крышка	Сталь, бронза, чугун	Разрыв, трещины, поры, раковины
	Болты, гайки, шпильки	Сталь	Износ, срыв резьбы
	Прокладка	Паронит, картон	Разрушение, расслоение, смятие, разрыв
		Асбестометаллическая, фторопласт 4, алюминий	Износ, разрушение, трещины смятие
	Манжета пневмо-гидропривода	Резина	Износ, разрушение, разрыв, смятие

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

КЛАПАНЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ (ГРУЗОВЫЕ, РЫЧАЖНЫЕ)

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

138-91 14.06

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

КЛАПАНЫ (ВЕНТИЛИ) РЕГУЛИРУЮЩИЕ

Внешнее проявление отказа (критерии отказа)	Отказавшие детали	Материал	Характер разрушения
I	2	3	4
Негерметичность затвора	Уплотнительное кольцо плунжера (золотника)	Сталь, твердый сплав	Износ, коррозия, эрозия, трещина, скол, отрыв
		Резина	Износ, разрушение, разрыв
		Фторопласт 4	Износ, разрушение, трещина
	Уплотнительное кольцо корпуса	Сталь, твердый сплав	Износ, коррозия, эрозия, скол, отрыв, трещина
	Пружина	Сталь	Разрушение, износ, деформация
	Мембрана	Резина, фторопласт4	Разрыв, износ
Негерметичность по отношению к внешней среде	Корпус	Сталь, латунь	Коррозия, эрозия, трещины, разрыв, раковины, поры
	Сальниковая набивка	Асбест, ФУМ-В	Износ, разрушение, расслоение
		Фторопласт 4	Износ, разрушение, трещины
	Прокладка	Паронит	Износ, разрушение, расслоение, смятие
		Фторопласт 4	Износ, разрушение, трещины, смятие
	Прокладка	Резина	Износ, разрушение, разрыв, смятие
	Крышка	Сталь, бронза	Разрыв, трещины, поры, раковины
	Накидная гайка	Бронза	Поры, раковины, разрыв, срыв резьбы

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

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	Износ, коррозия, эрозия, трещины, скол, задир, риски, отрыв кольца
		Фторопласт 4	Износ, риски, трещины, разрушение, смятие, отрыв
		Резина, кожа	Износ, разрушение, разрыв, смятие
	Пружина	Сталь	Износ (деформация), излом
Негерметичность по отношению к внешней среде	Корпус	Чугун, сталь, латунь, бронза, алюминиевый сплав, монель-металл, титановый сплав	Коррозия, эрозия, трещины, разрыв, раковины, поры
	Сальниковая набивка	Асбест, ФУМ-В	Износ, разрушение, расслоение
		Резина	Износ, разрушение, разрыв

I	2	3	4
Негерметичность по отношению к внешней среде	Прокладка	Фибра, паронит	Разрушение, расслоение, смятие, разрыв
		Резина	Износ, разрушение, разрыв, смятие
	Сильфон	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	Золотник	Сталь, латунь, бронза, монель-металл, чугун	Разрушение, коррозия, отрыв от штока
	Шпонка, стопорный винт	Сталь	Излом, срез
	Мембрана	Сталь	Износ, излом, коррозия
		Резина	Разрушение, разрыв, износ
	Поршень пневмопривода	Сталь	Износ, задир, отрыв от штока, разрушение, коррозия
	Шток пневмопривода	Сталь	Износ, изгиб, коррозия, разрушение
	Цилиндр пневмопривода	Сталь	Износ, задир, коррозия
	Диафрагма	Резина	Разрушение, износ, разрыв
		Фторопласт 4, полиэтилен	Износ, трещины, излом
	Зубчатые колеса редуктора	Сталь	Разрушение, излом, износ, скол зубьев
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_{yi}		
	Миним.	Среднее	Максимал.
I. Гидравлическое сопротивление	0,06	0,I2	0,25
2. Время срабатывания	0,I	0,23	0,35
3. Протечка в затворе	0,08	0,27	0,39
4. Минимальное напряжение срабатывания	0,I	0,2	0,3
5. Ток (напряжение) отпускания электромагнитного привода	0,02	0,04	0,07
6. Минимальный ток (напряжение) срабатывания электромагнитного привода	0,0I	0,04	0,07
7. Потребляемая мощность электромагнитного привода	0,04	0,06	0,09
8. Стабильность выходного давления регулятора давления	0,0I	0,025	0,04
9. Давление начала открытия клапана обратного	0,I0	0,I5	0,20
I0. Давление настройки предохранительного клапана	0,02	0,04	0,08
II. Давление полного открытия клапана обратного, предохранительного	0,02	0,03	0,04
I2. Давление обратной посадки клапана предохранительного	0,03	0,05	0,07
I3. Коэффициент пропускной способности регулирующих клапанов	0,I0	0,25	0,40
I4. Коэффициент расхода	0,08	0,I8	0,32
I5. Усилие выпрессовки золотника	0,I0	0,I5	0,20

Продолжение приложения 8

Наименование параметра	Коэффициент вариации K_{y_i}		
	Миним.	Среднее	Максимал.
I6. Усилие состыковки разъемных элементов	0,02	0,03	0,04
I7. Предел прочности конструкционных материалов (для деталей, изготовленных литьем):			
Сталь и титановые сплавы	0,06	0,I2	0,I8
Алюминиевые сплавы и сплавы цветных металлов	0,042	0,I2	0,2I

Приложение 9
Справочное

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	0,5II97	0,5I595	0,5I994	0,52392	0,52790	0,53I88	0,53586
0,I	0,53983	0,54380	0,54776	0,55I72	0,55567	0,55962	0,56356	0,56749	0,57I42	0,57535
0,2	0,57926	0,583I7	0,58706	0,59095	0,59483	0,5987I	0,60257	0,60642	0,6I026	0,6I409
0,3	0,6I79I	0,62I72	0,62552	0,62930	0,63307	0,63683	0,64058	0,6443I	0,64803	0,65I73
0,4	0,65542	0,659I0	0,66276	0,66640	0,67003	0,67364	0,67724	0,68082	0,68439	0,68793
0,5	0,69I46	0,69497	0,69847	0,70I94	0,70540	0,70884	0,7I226	0,7I556	0,7I904	0,72240
0,6	0,72575	0,72907	0,73237	0,73565	0,7389I	0,742I5	0,74537	0,74857	0,75I75	0,75490
0,7	0,75804	0,76II5	0,76424	0,76730	0,77035	0,77337	0,77637	0,77935	0,78230	0,78524
0,8	0,788I4	0,79I03	0,79389	0,79673	0,79955	0,80234	0,805II	0,80785	0,8I057	0,8I327
0,9	0,8I594	0,8I859	0,82I2I	0,8238I	0,82639	0,82894	0,83I47	0,83398	0,83646	0,83891

Продолжение таблицы

X	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
I,0	0,84I34	0,84375	0,846I4	0,84850	0,85083	0,853I4	0,85543	0,85769	0,85993	0,862I4
I,I	0,86433	0,86650	0,86864	0,87076	0,87286	0,87493	0,87698	0,87900	0,88I00	0,88298
I,2	0,88493	0,88686	0,88877	0,89065	0,8925I	0,89435	0,896I7	0,89796	0,89973	0,90I47
I,3	0,90320	0,90490	0,90658	0,90824	0,90988	0,9II49	0,9I309	0,9I466	0,9I62I	0,9I774
I,4	0,9I924	0,92073	0,92220	0,92364	0,92507	0,92647	0,92786	0,92922	0,93056	0,93I89
I,5	0,933I9	0,93448	0,93574	0,93699	0,93822	0,93943	0,94062	0,94I79	0,94295	0,94408
I,6	0,94520	0,94630	0,94738	0,94845	0,94950	0,95053	0,95I54	0,95254	0,95352	0,95449
I,7	0,95543	0,95637	0,95728	0,958I8	0,95907	0,95994	0,96080	0,96I64	0,96246	0,96327
I,8	0,96407	0,96485	0,96562	0,96638	0,967I2	0,96784	0,96857	0,96926	0,96995	0,97062
I,9	0,97I28	0,97I93	0,97257	0,97320	0,9738I	0,9744I	0,97500	0,97558	0,976I5	0,97670
2,0	0,97725	0,97778	0,9783I	0,97882	0,97932	0,97982	0,98030	0,98077	0,98I24	0,98I69
2,I	0,982I4	0,98257	0,98300	0,9834I	0,98382	0,98422	0,9846I	0,98500	0,98537	0,98574
2,2	0,986I0	0,98645	0,98679	0,987I3	0,98745	0,98778	0,98809	0,98840	0,98870	0,98899
2,3	0,98928	0,98956	0,98983	$0,9^20097$	$0,9^20358$	$0,9^206I3$	$0,9^20863$	$0,9^2II05$	$0,9^2I344$	$0,9^2I576$
2,4	$0,9^2I803$	$0,9^22024$	$0,9^2224O$	$0,9^22245I$	$0,9^22656$	$0,9^22857$	$0,9^23056$	$0,9^23244$	$0,9^2343I$	$0,9^23613$

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$4I32	0,$9^2$4297	0,$9^2$4457	0,$9^2$46I4	0,$9^2$4766	0,$9^2$49I5	0,$9^2$5060	0,$9^2$520I
2,6	0,$9^2$5339	0,$9^2$5473	0,$9^2$5604	0,$9^2$573I	0,$9^2$5855	0,$9^2$5975	0,$9^2$6093	0,$9^2$6207	0,$9^2$63I9	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$7II0	0,$9^2$7I97	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$78I4	0,$9^2$7882	0,$9^2$7948	0,$9^2$80I2	0,$9^2$8074
2,9	0,$9^2$8I34	0,$9^2$8I93	0,$9^2$8250	0,$9^2$8305	0,$9^2$8359	0,$9^2$84II	0,$9^2$8462	0,$9^2$85II	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$88I7	0,$9^2$8856	0,$9^2$8893	0,$9^2$8930	0,$9^2$8965	0,$9^2$8999
3,I	0,$9^3$0324	0,$9^3$0646	0,$9^3$0957	0,9^3I260	0,9^3I553	0,9^3I836	0,$9^3$2II2	0,$9^3$2378	0,$9^3$2636	0,$9^3$2886
3,2	0,$9^3$3I29	0,$9^3$3363	0,$9^3$3590	0,$9^3$38I0	0,$9^3$4024	0,$9^3$4230	0,$9^3$4429	0,$9^3$4623	0,$9^3$48I0	0,$9^8$499I
3,3	0,$9^3$5I66	0,$9^3$5335	0,$9^3$5499	0,$9^3$5658	0,$9^3$58II	0,$9^3$5959	0,$9^3$6I03	0,$9^3$6242	0,$9^3$6376	0,$9^3$6505
3,4	0,$9^3$663I	0,$9^3$6752	0,$9^3$6869	0,$9^3$6982	0,$9^3$709I	0,$9^3$7I97	0,$9^3$7299	0,$9^3$7398	0,$9^3$7493	0,$9^3$7585
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$8I46	0,$9^3$82I5	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	0,9^4II58	0,9^4I504	0,9^4I838	0,$9^4$2I59	0,$9^4$2468
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$433I	0,$9^4$4558	0,$9^4$4777	0,$9^4$4978
3,9	0,$9^4$5I90	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$72II	0,$9^4$7327	0,$9^4$7439	0,$9^4$7546	0,$9^4$7949	0,$9^4$7748	0,$9^4$7843
4,I	0,$9^4$7934	0,$9^4$8022	0,$9^4$8I[illegible]	0,$9^4$8I86	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$893I	0,$9^4$8978	0,$9^5$0226	0,$9^5$0655	0,9^5I066
4,3	0,9^5I460	0,9^5I837	0,$9^5$2I99	0,$9^5$2545	0,$9^5$2876	0,$9^5$3I93	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$483I	0,$9^5$5065	0,$9^5$5288	0,$9^5$5502	0,$9^5$5706	0,$9^5$5902	0,$9^5$6089	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$705I	0,$9^5$7I87	0,$9^5$73I8	0,$9^5$7442	0,$9^5$756I	0,$9^5$7665	0,$9^5$7784
4,6	0,$9^5$7888	0,$9^5$7937	0,$9^5$808I	0,$9^5$8I72	0,$9^5$8258	0,$9^5$8340	0,$9^5$84I9	0,$9^5$8494	0,$9^5$8566	0,$9^5$8634
4,7	0,$9^5$8699	0,$9^5$876I	0,$9^5$882I	0,$9^5$8877	0,$9^5$893I	0,$9^5$8983	0,$9^6$0320	0,$9^6$0789	0,9^6I235	0,9^6I66I
4,8	0,$9^6$2067	0,$9^6$2453	0,$9^6$282[illegible]	0,$9^6$3I73	0,$9^6$3508	0,$9^6$3827	0,$9^6$4I3I	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$682I	0,$9^6$698I

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	$0,9^{7}9401$	$0,9^{7}9435$	$0,9^{7}9467$	$0,9^{7}9498$	$0,9^{7}9527$	$0,9^{7}9554$	$0,9^{7}9579$	$0,9^{7}9604$	$0,9^{7}9626$	$0,9^{7}9648$
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	$0,9^{7}9901$	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Приложение 10

Справочное

Коэффициенты гидроабразивной износостойкости материалов

Сталь	$K_и$	Чугун и другие материалы	$K_и$
Х12	8,74	Ковкий чугун	7,68
9Х18	6,92	Высокопрочный	
12ХН3А	5,82	чугун	6,30
4Х13	4,07	Серый чугун	3,62
1Х18Н9Т	3,97	АМ48Ц	4,85
1Х13	3,57	И4Х12М	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		

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.

Приложение II
Рекомендуемое

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.

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

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

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:

$$t_1' = T \cdot t_{ц} = 100000 \cdot 10 = 1000000 \text{ сек} \simeq 280 \text{ час},$$

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

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

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

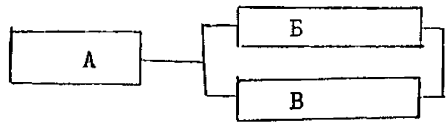
где m - число элементов i-го типа;

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.II. Общая логическая схема соединения узлов:



А – узел клапана;

Б – узел ручного дублера;

В – узел электромагнитного привода.

4.I2. Вероятность безотказной работы изделия определяется по формуле:

$$P(t) = P_A [1 - (1 - P_Б)(1 - P_В)]$$

где $P_A, P_Б, P_В$ – вероятность безотказной работы узлов А,Б,В соответственно.

4.I3. Для расчета вероятности безотказной работы заполняется таблица.

4.I4. Вероятность безотказной работы элементов, работающих в течение времени t = 43800 час, определяется по формулам:

а) для узла А

$$P_{1A}(t) = e^{-\sum_{i=1}^{k} \lambda_i' m t} = e^{-43800(0,45+0,0I92)\cdot I0^{-6}} = 0,97966$$

Показатели надежности отдельных элементов и узлов изделия

Наименование элементов и узлов	$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ час$^{-1}$	m	a_1	$\lambda'_i = a_1 m \lambda_{oi}$ $\cdot 10^{-6}$ 1/час	t', час	a_2	$\lambda''_i = a_2 \cdot \lambda'_i$ $\cdot 10^{-9}$ 1/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	$1 \cdot 10^{-3}$	0,45	-
3. Прокладка	0,0096	2	1	0,0192	43800		0,0192	-
4. Клапанно-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	a_1	$\lambda'_i = \lambda_{oi} m a_1 \cdot 10^{-6}$, 1/час	t', час	a_2	$\lambda''_i = a_2 \cdot \lambda'_i \cdot 10^{-9}$, 1/час	t'', час
			Б. Узел ручного дублера					
1. Резьбовое соединение корпус–винт аварийный	0,09	1	5	0,45	420	$1 \cdot 10^{-3}$	0,45	43380
2. Поверхность трения корпус–кольцо	0,042	1	5	0,36	420		0,36	43380
3. Механическое соединение винт–корпус	0,086	1	5	0,43	420		0,43	43380
4. Кольцо (уплотнение скользящее)	0,22	1	1	0,22	43800		0,22	–
5. Прокладка	0,0056	1	1	0,0056	43800		0,0056	–

Продолжение

Наименование элементов и узлов	$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$, час$^{-1}$	m	a_1	$\lambda'_i = \lambda_{oi} \cdot m \cdot a_1 \cdot 10^{-6}$, 1/час	t', час	a_2	$\lambda''_i = a_2 \lambda'_i \cdot 10^{-9}$, 1/час	t'', час
				В. Узел электромагнитного привода				
1. Уплотнение ввода		Р (10 лет)		= 0,999		Р (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		Р (10 лет)		= 0,9998		Р (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

б) для узла Б

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

в) для узла В

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

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

а) для узла А

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

б) для узла В

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

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

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

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

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

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

$$P_{5Б}(t_4') = e^{-\sum_{i=1}^{3} \lambda_i' m t_4'} = e^{-420(0,45+0,36+0,43)\cdot 10^{-6}} = 0,99947$$

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

$t_4'' = 43800-420 = 43380$ час, определяются по формуле

$$P_{9Б} = e^{-\sum_{i=1}^{3} \lambda_i'' \cdot m \cdot t_4''} = e^{-43380(0,45+0,36+0,43)\cdot 10^{-9}} = 0,99994$$

4.23. Вероятность безотказной работы корпуса Рк, уплотнения ввода $Ру_В$ и пружины $Р_П$ определяются по формуле

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

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

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

$$P_п = e^{\ln 0,9998 \frac{5}{10}} = 0,99990$$

4.24. Вероятность безотказной работы узла А определяется по формуле:

$$P_А = P_{1А} \cdot P_{2А} \cdot P_{3А} \cdot P_{6А} \cdot P_{7А} P_К = 0,97966 \cdot 0,99989 \cdot 0,99855 \times 0,99998 \cdot 0,99999 \cdot 0,99974 = 0,97784$$

4.25. Вероятность безотказной работы узла Б определяется по формуле:

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

4.26. Вероятность безотказной работы узла В определяется по формуле:

$$P_В = P_{1В} \cdot P_{2В} \cdot P_{3В} \cdot P_{4В} \cdot P_{6В} \cdot P_{7В} \cdot P_{8В} \cdot P_{уВ} \cdot P_п = 0,99975 \cdot 0,99989 \cdot 0,99938 \times 0,98972 \cdot 0,99998 \cdot 0,9999 \times 0,99950 \cdot 0,99990 = 0,9881$$

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

$$P(t) = P_А [1-(1-P_б)(1-P_В)] = 0,97781 \cdot [1-(1-0,99008) \times (1-0,98812)] = 0,97772$$

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.

Пример 2

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ II МЕТОДОМ

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

I. ЗАДАЧА РАСЧЕТА

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

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.I. 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 ~ 50% $t_0 \simeq$ I5.000 час.

2.4. Время совершения цикла 0,5 сек.

3. ОСНОВНЫЕ ДОПУЩЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ ПРИ РАСЧЕТЕ

3.I. Отказы элементов являются событиями случайными и независимыми.

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

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

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

$$t_1' = T \cdot t_{ц} = 500 \times 0{,}5 = 250 \text{ сек} \simeq 0{,}07 \text{ час}$$

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

$$t_2' = I5000 \text{ час}$$

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

$t_3' = 30000 \text{ час} - I5000 \text{ час} = I5000 \text{ час}.$

4.5. Вероятность безотказной работы ненагруженных элементов рассчитывается на время

$$t_1'' = t - t_1' = 30000 - 0{,}07 = 29999{,}93 \text{ час}$$

$t''_2 = t - t'_2$ = 15000 час

$t''_3 = t - t'_3$ = 15000 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

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

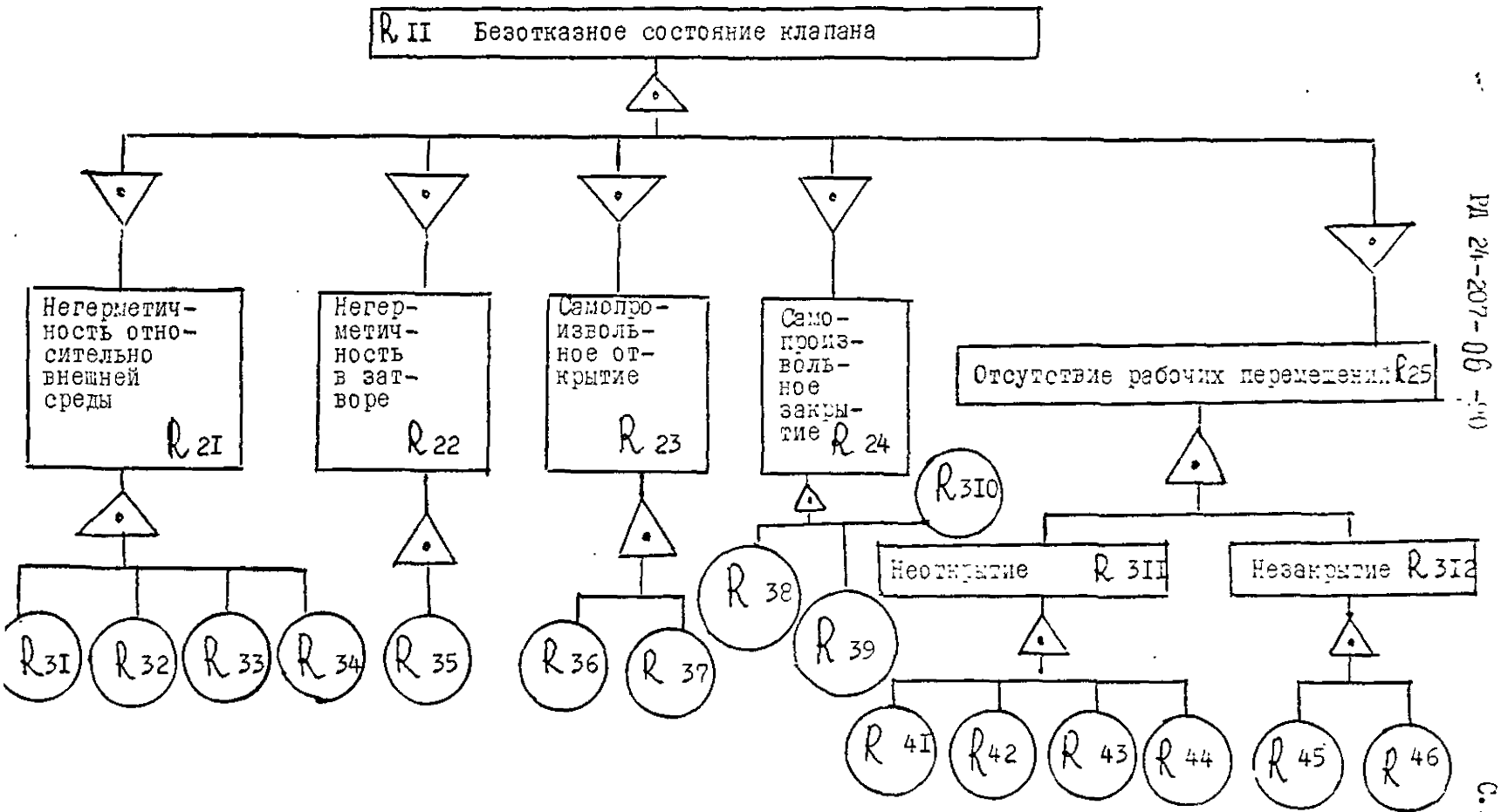
или по формуле

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

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 1



РД 24-207-06-90

138-91 14.05

Таблица

Обозначение на схеме	Наименование элемента, узла арматуры	$\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$ 1/час	m	a_1	$\lambda'_i = \lambda_{oi} m \cdot a_i 10^{-6}$ 1/час	t'_1, час	a_2	$\lambda''_i = a_2 \lambda'_i \cdot 10^{-9}$ 1/час	t'', час	P(t)
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
R_{41}	Сильфон I25-8-0,3х6 38-I2-0,2х4	P_I (I500ц) = 0,98 P_2 (I500ц) = 0,98 (по ГОСТ ВД 2I744-83)								$P_I(500) = \exp\left[\frac{500}{1500} \ln 0{,}98\right] = 0{,}99328$ $P_2(500) = 0{,}99328$ $P_{4I} = 0{,}9866$
R_{42}	Сварное соединение	0,025	2	5	0,I25	0,07	$I \cdot I0^{-3}$	0,I25	29999,93	$P_{42} = \exp[-2(0{,}I25\ I0^{-6} \cdot 0{,}07 + 0{,}I25 \cdot I0^{-9} \cdot 29999{,}93)] = 0{,}9999$
R_{43}	Резьбовое соединение	0,02	I	5	0,I00	0,07	$I \cdot I0^{-3}$	0,I	29999,93	$P_{43} = \exp[-(0{,}I \cdot I0^{-6} \cdot 0{,}07 + 0{,}I \cdot I0^{-9} \cdot 29999{,}93)] = 0{,}9999$
R_{44}	Пара трения: шток-втулка, втулка-стойка, корпус-золотник	0,52	3	5	2,6	0,07	$I \cdot I0^{-3}$	2,6	29999,93	$P_{44} = \exp[-3(2{,}6 \cdot I0^{-6} \cdot 0{,}07 + 2{,}6 \cdot I0^{-9} \cdot 29999{,}93)] = 0{,}9999$
R_{45}	Электропривод	0,97 (30000 час)				(по ОТТ-87)				$P_{45} = 0{,}97$

РД 24-207-06-90

С. 94

138-91 14.06 [illegible] -

Продолжение таблицы

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
R_{46}	Пара трения: шток–втулка втулка–стойка корпус–золотник	0,52	3	5	2,6	0,07	$0,I.I0^{-3}$	2,6	29999,93	$P_{46}=\exp[-3(2,6.I0^{-6}.$ $.0,07+2,6.I0^{-9}.$ $.29999,93)] =0,9999$
R_{31}	Сварное соединение: втулка–корпус; сильфон–кольцо –втулка; золотник–сильфон	0,025	3	5	0,I25	30000			–	$P_{3I}(30000\ ч)=$ $=\exp[-3(0,I25.I0^{-6}.$ $.30000)] = 0,9868$
R_{32}	Сильфон	P(I500 ц) = 0,98 (ГОСТ ВД 2I744-83)								$P_{32}(500)=e^{\frac{500}{1500}\ln 0,98}=$ $= 0,99328$
R_{33}	Корпус	P(I0 лет) = 0,9995								$P_{33}(4)=\exp\left[\left(\frac{4}{I0}\times\right.\right.$ $f_{n}0,9995)=0,9998$
R_{34}	Резьбовые соединения: шпилька–гайка; шпилька–цилиндр	0,02	2	5	0,I	30000			–	$P_{34}(30000)=\exp[-2\times0,I\times$ $\times I0^{-6}\times30000] =0,9940$
R_{35}	Узел затвора	P(3000)=0,999 (ОСТ 26-07-I375-82)								$P_{35}=\exp\left[\frac{500}{3000}\ln 0,999\right] =$ $=0,9998$

РД 24-207-06-90

С.95

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
P_{36}	Сильфон	P(I500ц) = 0,98 (ГОСТ ВД 2I744-83)								$P_{36}=\exp(\frac{500}{I500}\ln 0,98)=$ $=0,99328$ $P_{36}=0,99328$
P_{37}	Сварное соединение: сильфон-кольцо-втулка; цилиндр-втулка	0,025	2	5	0,I25	I5000	$0,I.I0^{-3}$	0,I25	I5000	$P_{37}=\exp[-2(0,I25.I0^{-6}.$ $.I5000+0,I25.I0^{-9}.$ $.I5000)]$ $=0,9962$
P_{38}	Сильфон I25-8-0,3х6 38-I2-0,2х4	P_I(I500ц) = 0,98 (ГОСТ ВД 2I744-83) P_2(I500ц) = 0,98								$P_{38}=\exp\left[\left(\frac{500}{I500}\ln 0,98\right)\right]^2=$ $=(0,99328)^2=0,9866$
P_{39}	Сварное соединение: сильфон-кольца-втулка; сильфон-шток; сильфон-кольцо-цилиндр; цилиндр-втулка									$P_{39}=\exp[-4(0,I25.I0^{-6}.$ $.I5000+0,I25.I0^{-9}.$ $.I5000)]=0,9925$
P_{3I0}	Резьбовое соединение: шток-втулка	0,02	I	5	0,I	I5000	$0,I.I0^{-3}$	0,I	I5000	$P_{3I0}=\exp[-(0,I25.I0^{-6}.$ $.I5000+0,I25.I0^{-9}.$ $.I5000)]$ $=0,998I$

Определение вероятности безотказной работы по видам отказа:

- "неоткрытие"

$P_{3I1} = P_{4I} \cdot P_{42} \cdot P_{43} \cdot P_{44} = 0,9866 \times 0,9999 \times 0,9999 \times 0,9999 = 0,9863$

- "незакрытие"

$P_{3I2} = P_{45} \cdot P_{46} = 0,97 \cdot 0,9999 = 0,9699$

- Негерметичность относительно внешней среды

$P_{2I} = P_{3I} \cdot P_{32} \cdot P_{33} \cdot P_{34} = 0,9888 \times 0,9932 \times 0,9998 \times 0,9940 = 0,9759$

- 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

$P_{24} = P_{38} \cdot P_{39} \cdot P_{3I0} = 0,9866 \times 0,9925 \times 0,998I = 0,9773$

- Отсутствие рабочих перемещений

$P_{25} = P_{3I1} \cdot P_{3I2} = 0,9863 \times 0,9699 = 0,9569$

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

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

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

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.

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

Пример 3. Определение вероятности безотказной работы Ш методом

Настоящий расчет выполнен для клапана (затвора) обратного черт.К44I36.100

I. Задача расчета

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

2. Исходные данные

I) 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

I) Прочность и нагрузка распределены по нормальному закону распределения.

4. Расчет показателей безотказности

4.I. Вероятность безотказной работы клапана обратного определим по формуле

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

где P_I-вероятность неразрушения клапана;

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

138.91 14.06

4.2. Вероятность неразрушения клапана P_I определим как

$$P_1(t) = \min_i P_{1i}(t)$$

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

4.3. Вероятность P_{1i} рассчитываем с помощью модели непревышения 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 $\Phi(\ldots)$ 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.

$$P_1(t) = \min_i P_{Ii} = 0{,}94179$$

4.4. Вероятность P_2 рассчитывается с помощью модели "непревышения" 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.

138-91 14.06 [illegible]

Таблица I

Наименование детали и напряжения	Материал	Расчетное напряжение кгс/см^2 (M_{Si})	Допускаемое напряжение кгс/см^2 (M_{Ri})	Коэффициент запаса $\varphi_i = \frac{M_{Ri}}{M_{Si}}$	Коэффициент вариации прочности K_{Ri} (по прил.8) / нагрузки K_{Si}	Вероятность безотказной работы $P_{ii} = \Phi\left(\frac{\varphi_i - 1}{\sqrt{K_{Ri}^2 \varphi_i^2 + K_{Si}^2}}\right)$
ФЛАНЕЦ	Сталь I2XI8H9T					
Осевые напряжения		I53	332	2,I7	0,I2 / 0,20	$\Phi(3,56)=0,9998$
Радиальные напряжения		III	I73	I,56		$\Phi(2,04)=0,9847$
Кольцевые напряжения		89	I73	I,94		$\Phi(3,06)=0,9988$
КОРПУС	Сталь I2XI8H9T					
Приведенное напряжение на внутренней поверхности		4I6	I333	3,20	0,I2 / 0,20	$\Phi(5,08)=0,9999$
КРЫШКА	Сталь I2XI8H9T					
Напряжение в средней части крышки		I2I3	I730	I,4I	0,I2 / 0,20	$\Phi(I,57)=0,94I79$
ЗАХЛОПКА	Сталь I2XI8H9T					
Максимальное напряжение в центре захлопки		I224	I730	I,4I	0,I2 / 0,20	$\Phi(I,57)=0,94I79$

РД 24-ХУ-06-90

Таблица 2

Параметр функционирования	Среднее значение параметра y_i	Ограничения параметра $(y^б, y^н)$	Коэффициент вариации параметра функционир. (по прил.8) K_{y_i}	$u_i = \frac{y^б - y_i}{K_{y_i} \cdot y_i}$	Вероятность безотказной работы $P_{2j} = \Phi(u_i)$
Герметичность в затворе	40 $см^3/мин$	$y^в$=I20$см^3$/мин по ГОСТ9544-75	K_{y_1}= 0,27	$u_1 = \frac{I20-40}{0,27 \times I20} = 2,47$	Ф(2,47)=0,9932
Давление открытия клапана	46 $см^2$ по силовому расчету	$y_в$=I80кгс/$см^2$ по ОСТ 26-07--I375-82	K_{y_2}= 0,I5	u_2= I9,42	Ф(I9,4)=0,9999
Коэффициент гидравлического сопротивления	I,3	$y^в$ = 2,7	K_{y_3}= 0,25	u_3= 2,0	Ф(2,0)=0,9772

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 Y_i, указанные в табл.2.

138-91. 14.06

РД 24-207-06-90

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

I. 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.I.I
РД 302-07-278-89	п.I.6

РД 24-207-06 -90

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номер листа (страницы)				Номер документа	Подпись	Дата внесения изменения	Дата введения изменения
	измененного	замененного	нового	аннулированного				

gost.e-ecolog.ru