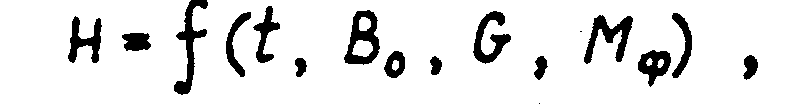
**ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСА ТЕПЛООБМЕННЫХ ТРУБ С НАЧАЛЬНЫМИ ДЕФЕКТАМИ ПРОИЗВОДСТВА В ВИДЕ ТРЕЩИН .**

В настоящее время при конструировании и разработке энергетического оборудования, в частнос­ти парогенераторов для быстрых реакторов большой мощности возникает задача прогнозирования уровня надежности элементов и узлов этого оборудования. Как показывает опыт эксплуатации, одним из основных видов отказа парогенератора "натрий - вода" является течь воды в натрий, которая возникает после образования сквозной трещины в поверхности теплообмена. С этой точки зрения, в качестве основного процесса отказа целесообразно выбрать рост усталостной трещины в теплообменной трубке парогенератора "натрий – вода”, возникшей на месте начального дефекта производства трещиноподобного типа присутствовавшего в материале трубки. Очевидно, что критерием отказа в этом случае будет появление сквозной трещины в стенке теплообменной трубки.

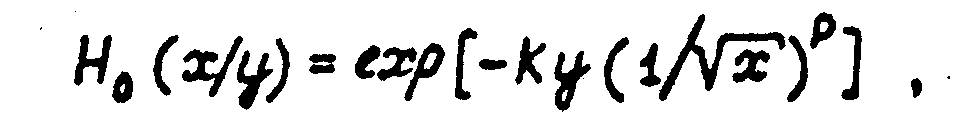
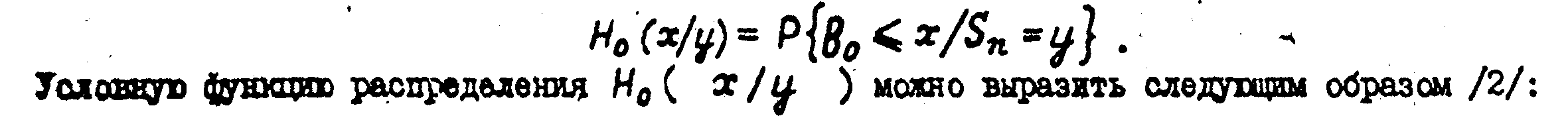
Для определения характеристик надежности в этих условиях на этапе проектно-конструкторской разработки предлагается использовать математическую модель, а именно зависимость вида



(1)

где Н - показатель надежности, являющийся Функцией следующих аргументов: *t -* время;*b0* -начальное повреждение материала трубки; *G -* нагрузка; Мф - масштабный фактор.

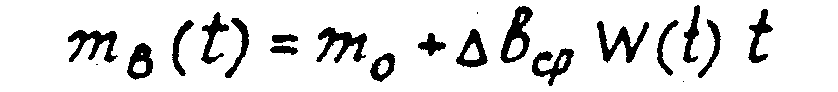
Модель должна соответствовать следующим требованиям: иметь простую структуру; содержать небольшое число основных значимых параметров; позволять физическую интерпретацию полученных зависимостей должна быть пригодной для прогнозирования срока службы изделия. В основе модели лежит предположение о том, что поверхность теплообмена трубки площадью *Sn ,* содержит начальные дефекты эллиптической формы, расположенные перпендикулярно к первичным окружным напряжениям. В связи стем**,** что трубка представляет собой тонкостенный сосуд давления, поверхностные дефекты подобного расположения, формы и ориентации наиболее склонны к развитию . В процессе эксплуатации дефект растет по глубине, оставаясь геометрически подобной фигурой. Глубина начального дефекта *В0* является случайной величиной. Введем условную функцию распределения H0(x/y), которая представляет собой вероятность того, что на поверхности площадью *Sn=y* существует дефект глубина которого *В0,<x* :



(2)

где *к* , *р* - опытные константы.

Под действием циклических знакопеременных термонапряжений, действующих на поверхности теплообменной трубки при эксплуатации парогенератора "натрий - вода" начальный дефектпрорастаетпо глубине. Рост глубины дефекта во времени полагаем нестационарным случайным процессом*B(t)*основными характеристиками которого считаем функцию математического ожиданиия*mb(t)*ифункцию распределения *Fb(x,t)*  в сечении случайного процесса. В общем видевиде эти харак­теристики можно определять исходя из некоторых положений линейной механики разрушения. Известно, что все многообразие интегральных кривых роста трещины в зависимости отнаработки моглосвести к четырем формам , одной из которых, наиболее приемлемой в данном случав, является криволинейная кривая прогрессирующего типа. Поэтому очевидно, что *mb ( t )* является нелинейной функцией времени параболического вида. При этом необходимо также учитывать, что процесс роста трещины идет скачкообразно. Исходя из вышеуказанных соображений, предлагается в качестве функции математического ожидания *mb ( t )* процесса *B ( t )* выбрать следующую зависимость:

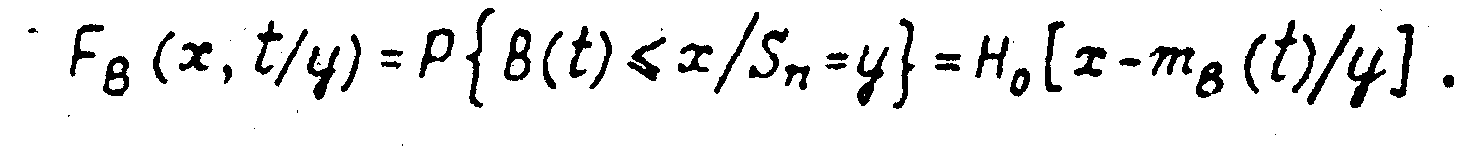


(3)

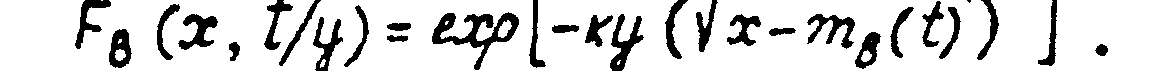
где m0 математическое ожидание глубины начального дефекта *B0*; *Δbср -* средняя величина скачка трещины; *W (t) -* неубывающая функция времени, представляющая собой число скачков трещины в единицу времени.

Таким образом, в выражения (3) *Δbср* представляет средний размер скачка трещины, а произведение W ( *t ) t* определяет число таких скачков за время *t* . Считаем, что распределение размера трещины в фиксированный момент времени *t* полностью определяется условнымм распределением начальных дефектов *Н0(x/y).*

Тогда

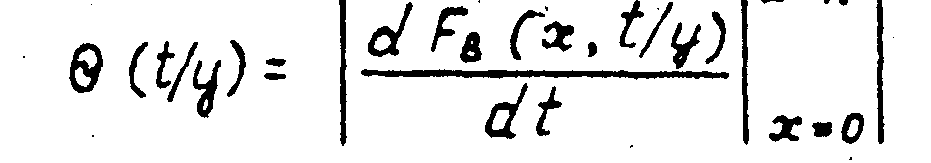


Из выражения (2) получаем

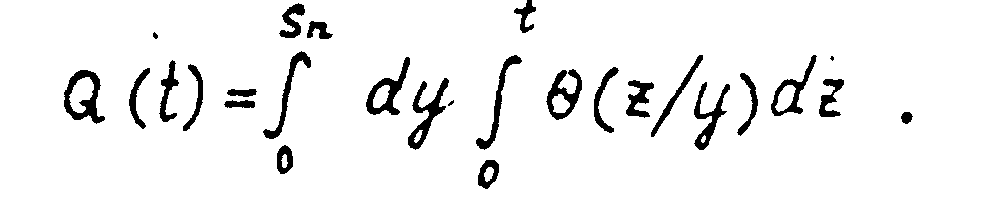


Исходя из данного выше критерия отказа, под вероятностью отказа *Q* ( *t )*  телообменной трубки следует понимать вероятность пересечения нестационарным случайным процессом *В* ( *t* ) Фиксированного уровня *h* . где *h* - толщина стенки трубки. Для определения*Q* ( *t* ) необходимо определять условную плотность распределения времени до пересечения фиксированной границы

*Q* ( *t /y*) :

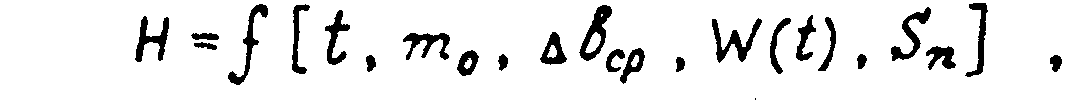


Тогда



(4)

Таким образом, выражение (1) для показателя надежности *Н* можно представитьв следующем виде:



где *m0 -* математическое ожидание глубины начального дефекта, характеризующееначальное пов­реждение материала трубки; *Δbср* и *W(t)* определяются условияминагружения*G* ; *Sn*определяется размерами трубки *Mф*.

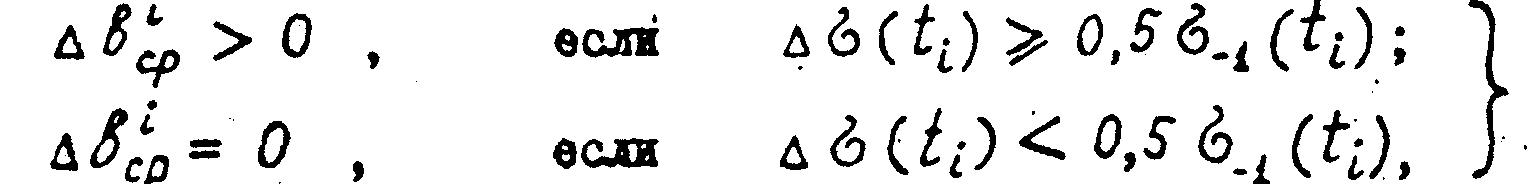
Рассмотрим вопрос об определении этих параметров. Математическое ожидание глубины началь­ного дефекта *m0* определяется с помощью операции повторного математического ожидания с использованием выражения (2)

***m0=M[M(b0/y)]***

(5)

Константы *К* и *P*  в выражении (2) определяются с помощью статистической обработки резу­льтатов дефектоскопических исследований материалов и узлов парогенератора "натрий - вода" при его изготовлении и испытаниях. Естественно, что на этапе проектирования данной конкретной кон­струкции таких данных может и не быть, но дело в том, что размеры начальных дефектов не связа­ны непосредственно с типом конструкции, а в основном зависят от материала элементов и условий их изготовления и обработки. Поэтому набор статистики для определения *К* и *P* не представляет принципиальных трудностей.

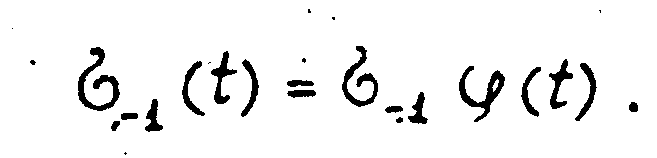
Для определения параметра  *Δbср*  можно воспользоваться известными соотношениями для скорости роста усталостной трещины , методом моделирования или экспериментальными методами. Для определения параметра *W(t)* - интенсивности скачков трещины - воспользуемся условием рос­та усталостной трещины в металле при циклическом нагружении :



(6)

где *Δbср* - величина *i* -го скачка трещины;  *Δσ ( ti )* - амплитуда действующего напряжения в момент времени *ti ;* *σ-1(ti) -* значение предела выносливости в момент *ti*.

Поведение предела выносливости во времени можно описать случайной функцией времени *σ-1 (t),* которая представляет собой произведение случайной величины *σ-1*  на неслучайную функции времени *ϕ(t)* , называемую функцией усталости



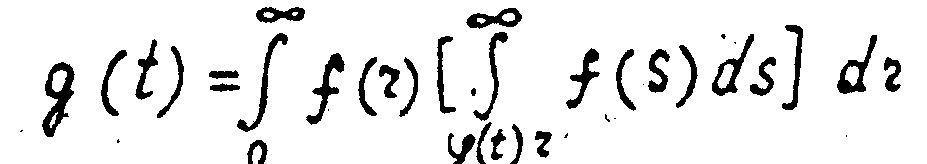
Функцию усталости естественно считать непрерывной монотонно убывавшей функцией, такой, что



и определенной привсех *t* > *0* **.**

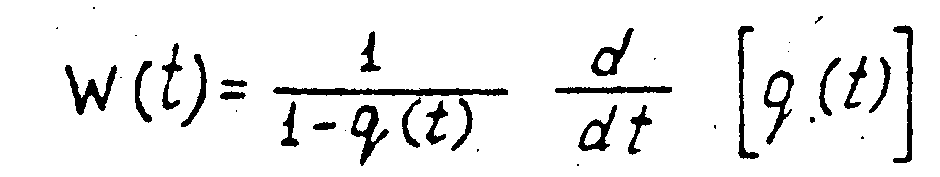
Амплитуду нагрузки *Δσ ( t )* во времени считаем стационарным случайным процессом с нулевымматематическим ожиданием и ненулевой дисперсией.

Таким образом, для определения *W ( t )* необходимо определить число пересеченхй в единицу времени стационарного случайного процесса со .случайной функцией *σ-1 ( t ).* Вероятность пересечения *g ( t )* можно выразить следующим образом :



где f (r ) ,f (s ) - плотность вероятности в сечениях *σ-1( t )* *и Δσ ( t )* соответственно.

Тогда



(7)

В заключение следует отмеить, что исходя из предложенной модели надежности можно рассмот­ретьпримерную методикурасчета характеристик надежности трубки теплообмена на этапе проектирования:

1) получение исходной информации об условиях эксплуатации, начальных дефектах и харахтеристиках материала трубки;

2) Выделение наиболее "опасных" в надежностном отношении сечений трубки, т.е.тех участков поверхности теплообмена, где сочетание эксплуатационных и конструкционных факторов наиболее благоприятствует зарождению и развитию усталостных трещин;

3) определение параметров модели для каждого из сечений по формулам (5), (7);

4) расчет характеристик надежности трубки для каждого сечения на основе формулы (4);

5) расчет характеристик надежности трубки в целом, исходя из того, что появления сквозных трещин различных сечениях трубки являются независимыми событиями.

Список литературы:

1. Вессал Э. Расчеты стальных конструкций с крупными оечениями методами механики раврушения.-В кн.: Новые методы оценки сопротивления металлов хрупкому. разрушению.М.: Мир**,** 1972.

2. Миллер А. и др. Коррозионное растрескивание циркаллоя под воздействием йода. - Атомная техника за рубежом, 1984, № 2, с.35.

3. Волков Д.П., Николаев С.Н. Надежность строительных машин и оборудования. М.: Высшая школа,1979.

4. Острейковскнй В.А. Многофакторные испытанияна надежность. Ц.: Энергия, 1978.

5. Острейковский В.А., Савин В.Н. Оценка надежности трубок прямоточного теплообмена. -Известия ВУЗов. Сер.Машиностроение**,** 1984, № 2, с. 47.

6. Гулина O.М., Острейковский В.А. Аналитические зависимости для оценки надежности с учетом корреляции между нагрузкой и несущей способностью объекта, - Надежность и контроль качества, 1981.

№2б, c.36.