**Введение**

Тема реферата «Статистические методы оценки прочности пластмасс».

Прочность пластических масс и изделий из них определяется максимальной нагрузкой или максимальным напряжением, которые образец или изделие могут выдержать без разрушения. Прочность зависит от вида пластмассы и определяется путем специальных физико-механических испытаний. Однако в отличие от традиционных конструкционных материалов испытания пластмасс дают дополнительный разброс показателей. Он объясняется суще6ствованием двух видов погрешностей: 1) систематических и 2) случайных. Систематические погрешности можно выделить и учесть при оценке прочности, так как их существование связано с малой точностью используемых методик и приборов. Случайные погрешности учесть очень трудно, так как нельзя предусмотреть заранее, в каком месте образца или изделия появится слабое место. Случайные погрешности возникают вследствие нерегулярного строения, неоднородности, наличия ослабленных мест и дефектов в структуре. Такие ослабления вызывают неравномерность распределения напряжений, концентрацию напряжений на микродефектах, что ведет к возникновению очага разрушения и последующему разрыву.

Случайные погрешности учитываются с помощью закономерностей теории вероятности. Экспериментальные данные принимают как случайные величины, т.е. такие величины, которые могут принимать те или иные значения в зависимости от причин, не учитываемых заранее. Для оценки ряда результатов испытаний одного и того же материала используется статистическая обработка данных. Полученные статистические характеристики позволяют сделать правильное суждение о полученных данных.

# **1. Статистические характеристики**

1. Среднее арифметическое значение случайной величины:

x = (x1+x2+x3+۰۰۰+xn) = (Σ xi) / n,

где n – количество наблюдений в выборке.

1. Эмпирическое среднеквадратическое отклонение:

Sn = √ Σ(xi – x)2 / (n-1)

Берется только положительное значение.

1. Дисперсия:

Dn = Sn2 = Σ(xi – x)2 / (n-1)

Если n > 50, то (n-1) можно заменить на n.

1. Доверительный интервал:

‌ x – x ‌ ≤ Sn / √n ∙tα(n),

где х – среднее значение величины для бесконечно большого числа измерений (генеральной совокупности);

tα(n) – коэффициент Стьюдента, значения которого выбираются из таблиц в зависимости от числа наблюдений n и доверительной вероятности α.

1. Коэффициент вариации:

νх = Sn /х · 100% или νх = Sn /х

**2. Оценка прочности пластмасс с помощью вероятности разрушения по Серенсену**

Основными условиями обеспечения прочности любого материала являются:

По напряжениям n = σраз/σmax экв ≥ [n]

По нагрузкам n = R/Q ≥ [n],

где n – запас прочности;

σраз – разрушающее напряжение;

σmaxэкв – максимальное эквивалентное действующее напряжение;

R – разрушающая нагрузка;

Q – действующая нагрузка;

[n] – допускаемый запас прочности.

В основе оценки лежат:

1) статистическая природа прочности пластмассы;

2) возможность вероятностного распределения действующих нагрузок и напряжений.

Это позволяет построить графики плотностей вероятности распределения Р(х) по действующему напряжению σ и пределу прочности σв. При этом запас статистической прочности будет равен:

n = σв / σmax.

Считаем, что σв и σmax известны. В точке А кривые распределения нагружающих и разрушающих напряжений пересекаются и, если одновременно σ > σА и σв < σА, возможно разрушение.

Вероятность разрушения по Серенсену в предположении независимости событий:

Рраз = Р (σ > σА)·Р(σв < σА) = S,

где S – площадь заштрихованного участка.

## Вероятность того, что случайная величина σА будет меньше заданного значения σ, равна:

Р (σ > σА) = ½ + Ф[(σА – σ) / Sд],

где Ф – табулированная функция Лапласа;

Sд – среднее квадратическое отклонение действующего напряжения.

Табулированная функция Лапласа равна:

2

Ф[(σА – σ)·/Sд] = 1/√2π · ∫е-1/2 ξ ·dξ

где ξ = (σА-σср) / Sд; dξ = dσА / Sд

## Вероятность того, что случайная величина σА будет больше заданного значения σв, равна:

Р(σв < σА) = ½ – Ф[(σА – σв ср) / Sв],

где Sв – среднее квадратическое отклонение разрушающего напряжения.

В предположении того, что закон распределения случайных величин нормальный, можно записать:

Рраз = {½ + Ф[(σА – σ)/Sд]}· {½ – Ф[(σА – σв ср)/Sв]}

Плотность распределения при нормальном законе распределения равна:

22

Р(х) = 1/(S·√2π)· e – (x-xср) /2S

## Для точки А величина σ может быть найдена из равенства:

2 2 2 2

1/Sд·e-(σА-σср) / 2Sд = 1/Sв·e-(σА-σвср) / 2Sв

или Zд2 – Zв2 = -2 ln(Sд/Sв),

где Zд = (σА-σср)/ Sд; Zв = (σА-σвср)/ Sв.

Величины Zд и Zв называются нормированными отклонениями.

Последнее уравнение решается относительно σА. Затем определяется Рраз, представляющее условную величину. Эта величина должна сопоставляться с известными предельными значениями, которые устанавливаются экспериментально на основе опыта эксплуатации подобных конструкций.

Через Рраз можно найти коэффициент надежности Н:

Н = lg (1/Pраз)

Рраз = 1 – Рнер; Рнер = 1 – Рраз

При вероятности неразрушения Рнер, равной 0,9; 0,99; 0,999; 0,9999, соответственно Н равно 1; 2; 3; 4.

**3. Статистическая оценка прочности пластмасс по нагрузкам**

Тимофеев Е.И. показал, что из-за недостаточной однородности и стабильности механических свойств пластмасс расчет по средним значениям нагрузок следует вести с учетом вероятности снижения прочности вследствие релаксации и неоднородности.

Изделие считается прочным, если действующая нагрузка Q меньше разрушающей R:

#### R – Q > 0

Вероятность такого события определяет надежность изделия:

α = Вер [(R – Q) > 0]

Обозначим разность нагрузок через Х:

Х= R – Q

Тогда, с учетом того, что Х подчиняется нормальному закону распределения с плотностью Р(Х), среднее значение Х равно:

Х0 = R0 – Q0

Стандартное отклонение:

Sx = √ SR2 + SQ2

Надежность:

2 2

α = Вер (Х > 0) = P(X)·dX = 1/(S·√2π)·∫e-1/2·((x-xср) / Sx ) ·dx

С учетом нормированной функции Лапласа:

α = Ф(У),

где У = X0 / Sx (У берется из таблиц в зависимости от заданной вероятности).

После подстановки уравнений и деления числителя и знаменателя на Q0 получим:

У = (R0/Q0 – 1) / √SR2 / Q02 + SQ2 / Q02

Введем обозначения:

n0 = R0 / Q0 – средний наиболее вероятный запас прочности;

νR = SR / R0; νQ = SQ / Q0 – коэффициенты вариации разрушающей и действующей нагрузок.

##### Тогда:

У = (n0 –1)/√ n02·νR2 + νQ2

Для трубы при r >> h, где r – радиус, а h – толщина стенки, принимают:

νR = √ νв2 + νh2

Пользуясь специальными таблицами для Ф(У), после вычисления функции У можно определить запас прочности по средним значениям нагрузок или надежность по выбранному среднему коэффициенту запаса прочности. Определение функции У позволяет также исследовать влияние на надежность величины статистического разброса разрушающих и действующих нагрузок.

Статистические методы позволяют дать оценку влияния на надежность пластмассовых изделий температур, агрессивных сред, усталости, климатических факторов и т.д.

Например, по экспериментальным данным нагрев до 60 0С приводит к снижению предела прочности при растяжении для стеклотекстолита КАСТ-В на 10%, пресс-материала АГ-4С – на 35 – 40%, пресс-материала АГ-4В – на 20%.

Если труба изготовлена из АГ-4С, и σв = 9,75 МПа; σд = 5,1 МПа; νR = 0,095; νд = 0,3, то:

n0 = 9,75 / 5,1 = 1,91

У = (1,91 – 1) / √ 1,912·0,0952 + 0,32 = 2,5

По таблице для У = 2,5 находим α = 0,9938 или 99,38%.

При нагреве до 60 0С:

n0 = 0,6·9,75 / 5,1 = 1,147

У = (1,147 – 1) / √ 1,1472·0,0952 + 0,32 = 0,445

По таблице для У = 0,445 находим α = 0,672 или 67,2%.

Количественная оценка надежности показывает, что такое изделие эксплуатировать нельзя.

Повышения надежности можно достичь за счет улучшения прочности материала или усовершенствования технологии изготовления изделий, приводящих к понижению коэффициента вариации νв.

Из уравнения для У можно определить запас прочности:

n0 = (1 + У·√νR2 + νQ2 – У2·νR2·νQ2) / (1 – У2·νR2)

**4. Оценка эксплуатационных свойств пластмасс по критерию эффективной удельной прочности**

Примем за условный вес конструкции изделия вес, приходящийся на единицу длины l и единицу действующей нагрузки Q.

q´усл = q / (l·Q),

а за единицу прочности примем величину:

kв = l·R / q,

где R – разрушающая нагрузка.

Из этих уравнений выводим:

q´усл = n / kв

Условный наиболее вероятный коэффициент запаса прочности с учетом вариации поперечного сечения изделия равен:

n0 = [1 + У·√νв2 + νF2 + νQ2 – У2 ·νQ2 ·(νв2 + νF2)] / [(1 – У2·(νв2 + νF2)]

Тогда можно записать, что средняя наиболее вероятная прочность материала равна:

k0σ = σв0 / γ,

где γ – удельный вес материала.

Пусть q0усл ´= n0 / k0σ.

После подстановок получим:

q0´усл = 1 / k0σ·[(1-У2·(νв2+νF2)] / [1+У·√νв2+νF2+νQ2–У2·νQ2 ·(νв2+νF2)]

Знаменатель этой формулы называют критерием эффективной удельной прочности материалов:

k´0σ = k0σ · [(1-У2·(νв2+νF2)] / [1+У·√νв2+νF2+νQ2–У2·νQ2 ·(νв2+νF2)]

Из уравнения видно, что k´0σ учитывает неоднородность материала (νв), вариацию действующих напряжений (νQ), рассеивание размеров (νF) и заданную надежность α = Ф(У).

Упростив уравнение и приняв, что νQ = νF = 0, получим:

k´0σ = k0σ ·(1 – У· νв)

Оценка конструкционных свойств пластмасс по критерию эффективной удельной прочности показывает, что пластмассы резко отличаются по степени однородности. Из реактопластов наиболее неоднородны АГ-4С, АГ-4В, из термопластов – полиамиды 6 и 66. Если же перерабатывать пластмассы при оптимальных строго регулируемых режимах, то k´0σ имеет примерно равные значения при любых степенях надежности (У = 2, 3, 4). Это свидетельствует о том, что качество изделий при этих условиях, их прочностные свойства и однородность изделий значительно улучшаются.

**Заключение**

В процессе написания реферата мы ознакомились со статистическими методами оценки прочности пластмасс; оценкой прочности пластмасс с помощью вероятности разрушения по Серенсену; статистической оценкой прочности пластмасс по нагрузкам и оценкой эксплуатационных свойств пластмасс по критерию эффективной удельной прочности.

**Литература**

1. Альшиц И.Я. и др. Проектирование изделий их пластмасс. – М.: Машиностроение, 1979. – 248 с.
2. Зенкин А.с. и др. Допуски и посадки в машиностроении. К.: Техніка, 1990. –320 с.
3. Штейнберг Б.И. и др. Справочник молодого инженера-конструктора. – К.: Техніка, 1979. – 150 с.
4. Лепетов В.А., Юрцев Л.И. Расчет и конструирование резиновых изделий. М.: Химия, 1987. – 408 с.