

УДК 629.7.015.4

Ю.М. Голощапов, д.г.н. Я.С. Карпов, А.А. Киришин,
д.г.н. В.Г. Сухоребрый

Оптимизация металл-композитного соединения по критерию вероятности работоспособности.

При проектировании элементов конструкций летательных аппаратов с учетом действия случайных факторов в последнее время весьма успешно развивается направление, когда используемые в практике проектирования детерминированные критерии работоспособности получают вероятностную интерпретацию, что позволяет оценить вероятность работоспособности P_D конструкции или ее элементов [1].

Не останавливаясь на достоинствах этого подхода, заметим, что при использовании материалов с большими разбросами характеристик (композитные материалы (КМ), керамика и др.) он становится необходимым [2].

При этом обычная схема проектирования предполагает оптимизацию вероятности работоспособности конструкции при заданной массе, либо оптимизацию массы при заданной вероятности работоспособности.

В настоящей работе рассматривается алгоритм оптимизации, когда проектировщику предоставляется возможность построить комплексный вариант конструкции относительно обоих критериев: массы и вероятности работоспособности. При этом конструируется аддитивная безразмерная функция цели

$$F(x, \eta) = Q(x, \eta)/Q_3 + \beta G(x, \eta)/G_3, \quad (1)$$

где

 $F(x, \eta)$ — функция цели; x — вектор выбираемых параметров; η — вектор случайных возмущений; $Q(x, \eta)$ — вероятность потери работоспособности конструкции; $Q_3 = 1 - P_3, P_3$ — заданная вероятность работоспособности; $G(x, \eta)$ — масса конструкции; G_3 — заданная масса конструкции; β — весовой коэффициент.

Решается задача безусловной минимизации функции цели $F(x, h)$. При этом проектировщик, задавая различные весовые коэффициенты β в интерактивном режиме, имеет возможность найти наиболее рациональное компромиссное соотношение между массой G и вероятностью потери работоспособности Q .

Оптимизация строится на базе метода деформируемого многогранника. Вычисление $Q(x, h)$ в (I) проводится приближенно путем линеаризации условий работоспособности с применением принципа несовместимости [3]. Поэтому проектировщик имеет возможность, задав доверительную вероятность P_2 и вероятность работоспособности P_3 , уточнить значение Q методом статистического моделирования.

В качестве примера рассмотрено проектирование металлокомпозитного гетерогенного соединения [2]. Для данной конструкции заданы $G_3 = 0,0022$ кг; $P_3 = 0,99$ ($Q_3 = 0,01$). В результате оптимизации, с помощью изменения весового коэффициента β , получены следующие значения основных характеристик

$$G = 0,00187 \text{ кг}, \quad P_p = 0,99978.$$

Таким образом, окончательные значения обеих основных характеристик лучше заданных. Уточнение оценки вероятности работоспособности методом статистического моделирования дало следующий результат: $P_p = 0,99938$. При этом объем статистического моделирования для $P_3 = 0,99$ и $P_2 = 0,903$ определен автоматически и равен $n = 85353$.

Список использованных источников.

1. Малашенко Л.А. Методы проектирования элементов и сборных конструкций легативных аппаратов с учетом случайных факторов. Диссертация. Харьков, 1994г. 358 с.
2. Карпов Я.С. Принципы и методы синтеза параметров металлокомпозитных гетерогенных структур авиаконструкций. Диссертация. Харьков, 1993. 490с.
3. Айзенберг Я.Е., Сухоребный В.Г. Проектирование систем стабилизации носителей космических аппаратов. М., Машиностроение, 1986, 220с.