

# К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЁТОВ КРЫЛЬЕВ НА ПРОЧНОСТЬ

Соловьёв К.Н., Герасимова Е.В.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

В конструкции летательных аппаратов широко используется тонкостенные подкрепления оболочки. Это конструкции типа крыла и фюзеляжа. Преимущество этих конструкций в их высокой прочности и жёсткости при относительно небольшой массе. Для расчёта таких оболочек в местах, удалённых от стеснения (т.е., например, удалённых от заделки или от мест приложения сосредоточенных нагрузок), используется расчётная модель, часто называемая балочной. Балочная теория основана на ряде гипотез, позволяющих значительно упростить расчёт сложных пространственных конструкций. Расчёт ведётся для наиболее нагруженного сечения конструкции. Контур поперечного сечения может быть любой формы открытого, замкнутого или многозамкнутого типа.[1.2]

Расчётная схема, или модель тонкостенной балки может описывать работу отдельных элементов конструкций и целых её агрегатов, например крыла или фюзеляжа, элерона конструкцию киля или закрылка. Балка может быть нагружена распределёнными или сосредоточенными нагрузками, которые создают в данном сечении изгибающий момент и перерезывающую силу. Величины изгибающего момента и перерезывающей силы определяются из соответствующих эпюр, построенных для балки. Балочная теория позволяет вести расчёт одного сечения по известным нагрузкам. Изгибающий момент создаёт нормальные напряжения в элементах сечения, а перерезывающая сила – касательные напряжения в обшивке и стенках. Следует обратить внимание, что изгибающий момент и перерезывающая силы связаны между собой (являются следствием Внешних нагрузок, приложенных к конструкции) и поэтому, несмотря на кажущееся различие в создании нормальных и касательных напряжений, они представляют собой общую совокупность напряжений.[1.2]

Алгоритм расчёта сводится к вычислению трёх основных показателей:

1) Определение нормальных напряжений;

В принятой системе координат нормальные напряжения для произвольного сечения определяются по формуле

$$\sigma_z = K\varphi \frac{M_x}{J_{x_0}} \bar{y},$$

где обобщения координат

$$\bar{y} = y - y_0 - (x - x_0) \frac{J_{x_0 y_0}}{J_{y_0}},$$

коэффициент симметричности сечения

$$K = \frac{1}{1 - \frac{J_{x_0 y_0}^2}{J_{x_0} J_{y_0}}}$$

$\varphi$  – редуцированный коэффициент;

$J_{x_0}, J_{y_0}, J_{x_0 y_0}$  – моменты инерции сечения относительно центральных осей;

$x_0, y_0$  – координаты центра тяжести сечения.

## 2) Определение потока касательных напряжений;

В тонкостенных конструкциях можно считать, что касательные напряжения по толщине стенки постоянны. Поэтому поток касательных напряжений определяют соотношением

$$q = \tau \delta.$$

Поток принимается действующим по касательной к средней линии контура в данной точке сечения, направление потока зависит от действия внешней нагрузки.

Если в сечении действует перерезывающая сила  $Q_y$ , то согласно балочной теории тонких подкреплённых оболочек, поток касательных напряжений  $q$  определяется формулой

$$q = q_{Q_y} + \sum_i q_{oi}.$$

Поток  $q_{Q_y}$ , возникающий в открытом контуре от действия нагрузки  $Q_y$ .

$$q_{Q_y} = K \frac{Q_y S_{x_0}^{omc}}{J_{x_0}}.$$

## 3) Определение положения центра изгиба по оси OX.

Центром изгиба сечения называется точка, обладающая следующим свойством: если внешняя сила проходит через центр изгиба, угол закручивания сечения оказывается равным нулю.[1,2].

Расчёт по балочной теории объёмный и трудоёмкий, но является удобным для программирования и автоматизации. На основании этого расчёт был реализован в программе MathCAD.[3]

Автоматизация расчёта по балочной теории позволила в несколько раз сократить затрачиваемое время. От оператора требуется лишь ввести входные данные такие как: геометрические характеристики сечения, материал, действующие нагрузки. Написанная программа соответствует одному из

основных типов сечения крыла, в дальнейшем подобные программы будут написаны для всех основных типов сечений крыльев.

*Список источников литературы*

1. Чунарева Н.Н. *Конструкция и прочность летательных аппаратов: методические указания* – Москва:- Университет, 1994.- 41с.
2. Страхов Г.И., Чунарева Н.Н. *Методическая разработка к решению задач по строительной механике*. М.: МИГА,1979, 49 с.
3. Кирьянов Д. В. *Самоучитель Mathcad II*. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003. - 560 с: ил. ISBN 5-94157-348.0