

Как правило, подготовка к занятию осуществляется на обязательной самостоятельной подготовке накануне дня проведения. Организует данную консультационную работу профессорско-преподавательский состав, который разрабатывает соответствующие задания по каждой лабораторной работе. В обязательном порядке к проведению занятий привлекается инженерно-технический состав учебной лаборатории.

Военная направленность обучения достигается привязкой лабораторных установок к военной технике. Так, для определения кинематических параметров зубчатых механизмов используется коробка приводов агрегатов авиационного газотурбинного двигателя.

Преподавателями кафедры разработаны два учебно-методических пособия по лабораторному практикуму.

На кафедре практикуется жесткие временные рамки защиты отчетов по лабораторным работам. Курсанты, не прошедшие данный вид отчетности, к зачетам и экзаменам не допускаются, как не выполнившие в полном объеме учебный план по данной дисциплине.

УДК 539.3/8

ПРИМЕНЕНИЕ ПЭВМ В КУРСЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

С. С. Шапилевич, В. В. Коптик

Для летательных аппаратов характерны очень жесткие требования по их массе с обеспечением необходимой прочности и жесткости конструкции. Это обуславливает применение на современных самолетах и вертолетах моноблочных и лонжеронных крыльев. Основным признаком таких крыльев является наличие силовых блоков, набранных из тонкостенных конструкций и выполненных из различных материалов (рис. 1).

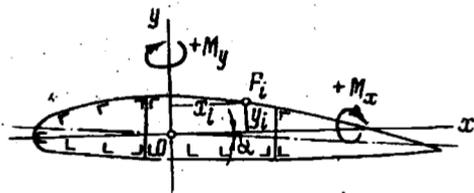


Рис. 1 Нагрузки, действующие на силовой блок

Определение напряжений при поперечном изгибе оболочек и вычисление их несущей способности ведется по методу редуцированных коэффициентов.

Как известно из курса сопротивления материалов, нормальные

$$\sigma_i = \varphi_i \left(\frac{N}{F_{ред}} - \frac{M_x}{I_{ред}} y_i + \frac{M_y}{I_{ред}} \right), \quad (1)$$

Расчет напряжений и несущей способности подкрепленной оболочки требует вычисления редуцированных коэффициентов, которое невозможно без предварительного построения диаграмм при растяжении и сжатии поясов лонжеронов и стрингеров (рис. 2).

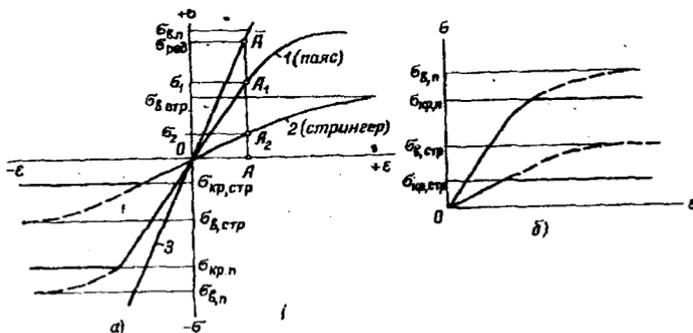


Рис. 2. Диаграмма растяжения и сжатия поясов лонжеронов и стрингеров

Диаграммы для элементов оболочки в области растяжения полностью совпадают с соответствующими диаграммами для материала, получаемыми из стандартных испытаний.

Приведем примерный порядок вычисления нормальных напряжений по методу редуцированных коэффициентов.

1. Строятся диаграммы растяжения—сжатия для поясов лонжеронов и стрингеров оболочки. Примерный вид этих диаграмм дан на рисунке 1. Кривая 1 относится к стальным элементам (пояса), кривая 2 — к дуралюминовым (стрингеры с присоединенной к ним обшивкой).

2. Оболочка приводится к идеальному материалу с модулем упругости E_0 (диаграмма этого материала изображена рисунке 2 прямой 3). Чаще всего в качестве модуля E_0 выбирают модуль стали. Тогда прямая 3 совпадает с прямолинейным участком кривой 1.

3. В первом приближении задаются редуцированными коэффициентами φ_i для всех элементов панели.

В лонжеронных крыльях все элементы редуцируются по отношению к поясам. Редукционные коэффициенты поясов принимаются равными 1. Для стрингеров в сжатой зоне редукционный коэффициент в первом приближении принимают равным отношению критического напряжения стрингера к критическому напряжению лонжерона. Критические напряжения вычисляются по методике, принятой как для тонкостенных стержней. Редукционный коэффициент для растянутых стрингеров удобно брать равным отношению временных сопротивлений материалов стрингера и лонжерона. Для того чтобы привести обшивку к идеальному материалу с модулем E_0 , надо умножить редукционный коэффициент обшивки по отношению к стрингеру на редукционный коэффициент стрингера по отношению к лонжерону. В результате для обшивки в сжатой зоне имеем следующую величину редукционного коэффициента:

$$\Phi_{\text{общ,сж}} = \Phi_{\text{стр,сж}} \sqrt{\frac{\sigma_{\text{кр,общ}} E_{\text{стр}}}{\sigma_{\text{общ}} E_{\text{стр}}}}. \quad (2)$$

Редукционный коэффициент растянутой обшивки принимают равным:

$$\Phi_{\text{общ,р}} = \frac{\sigma_{\text{кр,общ}}}{\sigma_{\sigma,л}} = \Phi_{\text{стр,р}} \frac{\sigma_{\sigma,общ}}{\sigma_{\sigma,стр}}. \quad (3)$$

Моноблочные крылья и фюзеляжи не имеют продольных элементов типа поясов, все стрингеры имеют примерно одинаковые площади сечения. В этом случае редукционные коэффициенты стрингеров принимаются равными единице, а редукционные коэффициенты обшивки вычисляются по формулам (2) и (3).

4. После выбора редукционных коэффициентов вычисляются приведенные площади первого приближения: $F_i^{\text{ред}} = \varphi_i F$, определяются положение центра тяжести приведенного сечения, главные оси и главные моменты инерции $I_x^{\text{ред}}, I_y^{\text{ред}}$. Для того чтобы учесть ослабление растянутой зоны отверстиями под заклепки, площади растянутых элементов берутся на 10% меньше фактических.

5. Вычисляются нормальные напряжения в элементах редуцированного сечения $\sigma_{i,1}^{\text{ред}}$ по формуле (1).

6. По найденным значениям $\sigma_{i,1}^{\text{ред}}$, определяют истинные напряжения $y_{i,1}$ в элементах действительной оболочки по диаграмме (рисунок 2).

7. По найденным значениям напряжений $y_{i,1}$ вычисляются редукционные коэффициенты во втором приближении: $\varphi_{i,2} = \sigma_{i,1} / \sigma_{i,1}^{\text{ред}}$. Если $\varphi_{i,2}$ сильно отличаются от $\varphi_{i,1}$ то расчет повторяется сначала, только значения редукционных коэффициентов берутся равными $\varphi_{i,2}$. Вычисления продолжают до тех пор, пока редукционные коэффициенты в двух последовательных приближениях не окажутся достаточно близкими друг к другу. Редукционные коэффициенты последнего приближения кладутся в основу окончательного вычисления ис-

тинных напряжений. Точность расчета можно считать удовлетворительной, если окончательные величины нормальных напряжений отличаются от предыдущего приближения не более чем на 5%.

Метод редуцированных коэффициентов дает точные результаты, но очень громоздкий и занимает много времени.

Расчет с помощью ПЭВМ уменьшит трудоемкие трудозатраты и увеличивает эффективность исследования напряженного и деформированного состояния авиационных конструкций.

Исходными данными являются: геометрические характеристики сечения крыла, механические характеристики конструкционных материалов, нагрузки, действующие на крыло.

В результате расчета получают: истинные напряжения в крыле, полное касательное усилие, постоянный угол закручивания крыла.

Таким образом, с помощью данной программы можно произвести точный расчет силовых элементов крыла на прочность. Это позволяет использовать ее в учебном процессе для ознакомления курсантов с методом редуцированных коэффициентов, а также применять ее при курсовом и дипломном проектировании для авиационных специальностей.

УДК 531.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕДИНИЧНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Г. С. Бокун, В. С. Вихренко

Существует глубокая, идейная связь между подходами к решению разнообразных задач механики и методами решения систем линейных уравнений в математике. Здесь остановимся на подходах, наиболее тесно примыкающих к методам функций Грина и прогонки. В задачах механики эта взаимосвязь может быть реализована введением единичных факторов, что позволяет разбить решение громоздкой задачи на ряд простых «независимых» задач, каждая из которых решается как бы до конца, представляя собой завершённый этап исходного полного решения.

Такой подход широко используется в курсах сопротивления материалов, теории механизмов и машин. Достаточно упомянуть такие разделы, как «Универсальный метод определения перемещений в линейно-деформируемых системах» или «Расчет статически неопределимых систем методом единичной силы».

Не менее широко рассматриваемый подход используется в задачах кинематического анализа механизмов. Так, путем введения передаточных функций