



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Харьковский авиационный институт
им. Н. Е. Жуковского

В. В. САВРАСОВ

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ
ПРОВЕРКА
МЕТОДА СИЛ**

**(Учебное пособие
по лабораторной работе)**

Харьков
Харьковский авиационный институт
1986

RECEIVED THE NATIONAL ARCHIVES
WASHINGTON, D.C. 20540

OFFICE OF THE DIRECTOR
NATIONAL ARCHIVES

RECORDS SECTION

RECORDS SECTION
NATIONAL ARCHIVES
COLLECTIONS

OFFICE OF THE DIRECTOR
NATIONAL ARCHIVES

OFFICE OF THE DIRECTOR
NATIONAL ARCHIVES
20540

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Харьковский авиационный институт
им. Н.Е. Жуковского

В.В. САВРАСОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДА СИИ
(Учебное пособие по лабораторной работе)

Харьков
Харьковский авиационный институт
1980

Экспериментальная проверка метода сил. (Учебное пособие по лабораторной работе) / Саврасов В.В. - Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1990, -9 с.

В данном учебном пособии рассматривается используемый в сопротивлении материалов для решения статически неопределимых рам метод сил. Для экспериментальной проверки этого метода определяются напряжения и известное усилие в одной статически неопределимой раме. Экспериментальные значения сравниваются с рассчитанным значением неизвестного усилия.

Пособие предназначено для студентов самолето- и авиадвигателестроительного факультетов Харьковского авиационного института и может быть использовано студентами других вузов, в которых изучается курс сопротивления материалов.

Ил. 3.

Цель работы: экспериментальное определение изгибающих моментов в плоской статически неопределимой раме.

1. Общие положения

Стержневая система, элементы которой в основном работают на изгиб или кручение, называется рамой. Под статически неопределимой рамой понимается такая, для которой определение реакций и всех внутренних силовых факторов не может быть произведено при помощи метода сечений и уравнений равновесия.

Разность между числом неизвестных и числом независимых уравнений статического равновесия, которые могут быть составлены для рассматриваемой системы, носит название степени статической неопределимости.

Ограничения, обуславливающие определенное положение рамной системы в пространстве, называются связями. Число связей, при котором достигается кинематическая неизменяемость конструкции, называется необходимым числом связей. Всякую связь, наложенную сверх необходимого, называют дополнительной (или лишней). Число дополнительных (лишних) связей равно степени статической неопределимости системы.

Наиболее общим методом раскрытия статической неопределимости рамных систем является метод сил. Он состоит в том, что заданная статически неопределимая система освобождается от дополнительных (лишних) связей, а их действие заменяется неизвестными усилиями (силами и моментами, в зависимости от характера отброшенной связи). Величина их в дальнейшем подбирается так, чтобы перемещения соответствовали тем ограничениям, которые накладываются на систему с отброшенными связями. Следовательно, при описанном способе раскрытия статической неопределимости неизвестными являются силы, что и привело к названию "метод сил". Следует отметить, что в строительной механике применяются и другие методы, например, метод деформаций, в котором за неизвестные принимаются перемещения в элементах стержневых систем. При использовании мето-

де для раскрытия статической неопределенности начинается с отображения дополнительных (лишних) связей. Получаемая таким образом система называется основной системой. Очевидно, что основная система является статически определенной. Для любой статически неопределяемой рамы можно получать несколько основных систем. Однако необходимо помнить, что основная система должна быть, во-первых, статически определяемой и, во-вторых, кинематически неизменяемой.

Основная система, нагруженная заданной внешней нагрузкой и неизвестными усилиями, соответствующими отброшенным связям, называется эквивалентной системой.

Условия отсутствия перемещений, соответствующих неизвестным усилиям, в сечениях, где действуют неизвестные усилия, и по направлениям этих неизвестных усилий приводит к системе уравнений, которая называется системой канонических уравнений:

$$\begin{cases} \delta_{11} X_1 + \delta_{12} X_2 + \dots + \delta_{1n} X_n + \Delta_{1p} = 0; \\ \delta_{21} X_1 + \delta_{22} X_2 + \dots + \delta_{2n} X_n + \Delta_{2p} = 0; \\ \delta_{n-1,1} X_1 + \delta_{n-1,2} X_2 + \dots + \delta_{n-1,n} X_n + \Delta_{n-1,p} = 0; \\ \delta_{n,1} X_1 + \delta_{n,2} X_2 + \dots + \delta_{n,n} X_n + \Delta_{np} = 0; \end{cases}$$

где X_1, X_2, \dots, X_n - неизвестные усилия;

n - степень статической неопределенности системы;

δ_{ii} - соответствующее усилию X_i перемещение сечения, где действует X_i по направлению X_i , вызванное действием $\bar{X}_i = 1$;

δ_{ik} - соответствующее усилию X_i перемещение сечения, где действует усилие X_i по направлению X_i , вызванное действием $\bar{X}_k = 1$;

Δ_{ip} - соответствующее усилию X_i перемещение сечения, где действует X_i по направлению X_i , вызванное действием заданной внешней нагрузки.

Коэффициенты канонических уравнений определяются обычно при помощи одного из энергетических методов (метод Мора, способ Верещагина и др.)

2. Методика эксперимента

Если плоская рама работает на изгиб (продольными силами при этом обычно пренебрегают), то величина максимального напряжения в сечении рамы связана с изгибающим моментом, действующим в этом же сечении, следующей зависимостью:

$$\sigma = \frac{M \cdot z_0}{J_{н.о.}}, \quad (1)$$

откуда

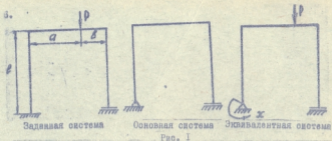
$$M = \frac{\sigma \cdot J_{н.о.}}{z_0}. \quad (2)$$

В соответствии с законом Гука

$$\bar{\sigma} = E \cdot \epsilon. \quad (3)$$

Таким образом, экспериментально измеряя величины деформаций (например, при помощи тензодатчиков) в наиболее удаленных от нейтральной оси точках сечения, оказывается возможным определить значение изгибающего момента в сечении по зависимости (2). Так как изгибающий момент однозначно связан (из условий равновесия и метода сечений) с неизвестными усилиями, то оказывается возможным определить неизвестное усилие по значению экспериментально определенного изгибающего момента. Измерение деформаций производится при помощи прибора ИД. Сравнение такого экспериментально найденного неизвестного усилия с определенными из системы канонических уравнений метода сил позволяет экспериментально проверить метод сил.

Рассмотрим однажды статически неопределимую раму (рис. I):



Эпюры моментов от основных и единичных нагрузок представлены на рис. 2.



Определим по способу Верещагина коэффициенты канонического уравнения:

$$EJ_{\Delta_{1p}} = \frac{1}{2} \frac{Pab}{a+b} \left(-\frac{b+\frac{1}{2}a}{a+b} \right) + \frac{1}{2} \frac{Pab}{(a+b)^2} \left(-\frac{2}{3}b \right) = -\frac{1}{2} P \frac{ab}{a+b} \left[\frac{ab + \frac{1}{2}a^2}{a+b} + \frac{\frac{2}{3}b^2}{a+b} \right] = -\frac{1}{6} P \frac{ab(3ab + a^2 + 2b^2)}{(a+b)^2};$$

$$EJ_{\delta_{11}} = l + \frac{1}{2}(a+b) \cdot \frac{2}{3} = l + \frac{1}{3}(a+b).$$

Решая каноническое уравнение

$$\delta_{11} \cdot X + \Delta_{1p} = 0,$$

находим неизвестное усилие:

$$X = -\frac{\Delta_{1p}}{\delta_{11}} = \frac{1}{6} P \frac{ab(3ab + a^2 + 2b^2)}{(a+b)^2 \left[l + \frac{1}{3}(a+b) \right]}.$$

Таким образом, эпюра изгибающих моментов для рассматриваемой рамы имеет вид, представленный на рис. 3.

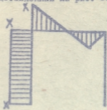


Рис. 3

С другой стороны,

$$X_{вас} = E \cdot \epsilon \frac{I_{но}}{z_0}$$

Определяем погрешность $\Delta\% = \left| \frac{X - X_{вас}}{X_{вас}} \right| \cdot 100\%$.

3. Порядок выполнения работы

1. Для заданного приращения усилия ΔP определить коэффициенты канонического уравнения σ_{ii} , $\Delta i p$ и теоретическое значение ΔX . Построить эпюры ΔM .

2. Нагружая раму усилием $(P + \Delta P)$, определить деформации в точках приклейки тензодатчиков. Для измерения деформаций используется прибор ИД-70 с ценой деления шкалы С (определяется при помощи тарировочного устройства):

$$\Delta \epsilon_i = C \cdot \Delta N_i \varphi,$$

где $\Delta N_i \varphi$ - среднее приращение по шкале прибора ИД-70, соответствующее деформации в месте приклейки i -го датчика.

3. Определить экспериментальное значение ΔM_i^{φ} :

$$\Delta M_i^{\varphi} = \frac{E \cdot \Delta \epsilon_i \cdot I_{но}}{z_A};$$

8.

4. Нанести экспериментальные точки, соответствующие ΔM_c , на эпюру изгибающих моментов.

5. Определить погрешность $\Delta\% = \left| \frac{\Delta M - \Delta M_{\text{теор}}}{\Delta M_{\text{теор}}} \right| \cdot 100\%$

4. Контрольные вопросы

- I. 1. Что называется рамой?
2. Что понимается под статически неопределимой рамой?
3. Чем равна степень статической неопределимости?
4. Какой метод используется при раскрытии статической неопределимости рам?
5. Каков смысл канонических уравнений?
6. Что называется основной системой?
7. Что называется эквивалентной системой?
8. Каков смысл коэффициентов канонических уравнений?
9. Как определяются коэффициенты канонических уравнений?
10. Какой зависимостью связан изгибающий момент с напряжением в точке наклепки тензодатчика?
- II. Каким образом в данной работе измеряются деформации?

ВИКТОР ВАСИЛЬЕВИЧ САВРАСОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДА СИЛ

(Учебное пособие по лабораторной работе)

Ответственный за выпуск Л. Я. Кравец

Редактор С. П. Говло

Подписано к печати 30.01.80 г.
Формат 60×90 1/16. Бумага офс. № 2. Офс. печ.
Усл. печ. л. 0,4. Уч.-изд. л. 0,43. Тираж 700. Заказ 55. Цена 2 к.

Изготовлено на ротарпите в типографии ХАИ
Харьков-191, ул. Чкалова, 17

