

Лабораторная работа № 4
ИСПЫТАНИЕ БАЛКИ ПРИ ПЛОСКОМ ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Могилевский государственный университет продовольствия»

Кафедра прикладной механики

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Раздел «Сопротивление материалов»

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов технологических и химико-технологических специальностей
всех форм обучения

УДК 621.798
ББК 30.61

Рассмотрено и рекомендовано к изданию
на заседании кафедры прикладной механики
Протокол № 7 от 11.02.2015 г.



Составитель
кандидат технических наук, доцент
В.Г. Харкевич

Рецензент
кандидат технических наук, доцент
М.А. Киркор

УДК 621.798
ББК 30.61

© Учреждение образования
«Могилевский государственный
университет продовольствия», 2015

Лабораторная работа № 4

Испытание балки при плоском поперечном изгибе

Цель работы – определить опытным путем нормальные напряжения, прогиб и угол поворота сечения при плоском поперечном изгибе балки и сравнить полученные опытные данные с результатами теоретического расчета этих же величин.

1 Теоретические сведения

Нормальные напряжения в балках вычисляются по формуле

$$\sigma = \frac{M}{W_x},$$

где M – изгибающий момент в рассматриваемом сечении,
 W_x – момент сопротивления сечения.

Данная формула выведена для случая чистого изгиба, но рекомендуется для расчета напряжений и для балок при плоском поперечном изгибе. Возможность применения этой формулы для этого случая нагружения балок экспериментально проверяется в данной лабораторной работе.

Прогибы балок и углы поворота сечений можно вычислить с помощью дифференциального уравнения упругой линии балки:

$$EJ_x \frac{d^2y}{dz^2} = M,$$

которое интегрируется при соответствующих граничных условиях. Если на балку действует система внешних сил, то в этом случае на разных участках закон изменения изгибающих моментов будет выражаться различными уравнениями. Дифференциальное уравнение упругой линии в этом случае составляется для каждого участка.

2 Лабораторные установки и измерительные приборы

Исследование напряжений, прогибов и углов поворота сечений при плоском поперечном изгибе выполняется на лабораторной установке (рисунок 4.1). Конструкция установки позволяет переналадку. Некоторые варианты переналадки установки даны на рисунке 4.2.

Для опытного определения напряжений используются тензорезисторы, наклеенные на верхних поверхностях балок и тензостанция (прибор) ИДЦ-1. С помощью тензорезисторов и прибора ИДЦ-1 измеряются относительные деформации ε поверхностных волокон балки. Напряжения в этих волокнах определяются с помощью закона Гука $\sigma = E\varepsilon$.

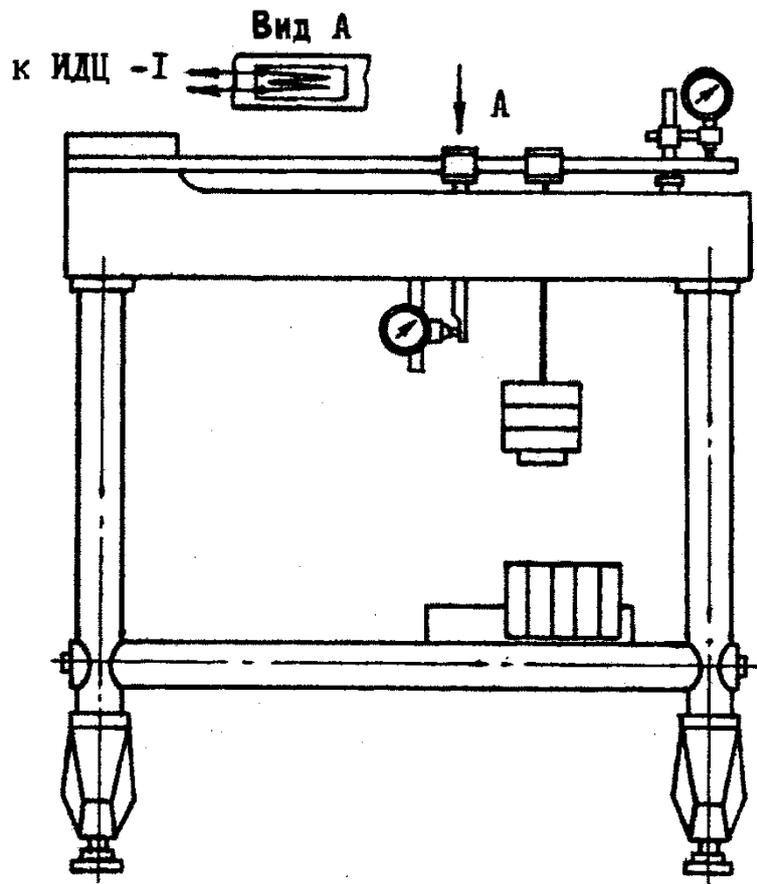


Рисунок 4.1 – Лабораторная установка для исследования напряжений, прогибов и углов поворота сечений в консольной балке прямоугольного сечения при изгибе.

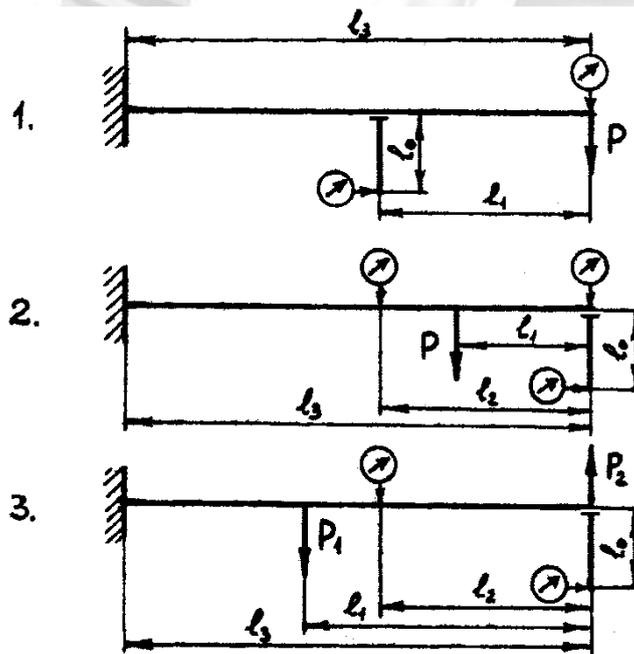


Рисунок 4.2 – Схема переналадки установки с консольной балкой

Для измерения прогибов используются индикаторы часового типа, закрепленные на стойках, которые жестко соединены со станиной. Для замера углов поворота сечений также используются индикаторы часового типа. Замеры выполняются с помощью вспомогательного рычага, жестко закрепленного на балке (смотри рисунок 4.1). Зная длину рычага и показания индикатора, вычисляется угол поворота рычага, который равен углу поворота сечения балки в месте крепления рычага.

3 Порядок проведения работы и обработка результатов

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, необходимо занести в журнал схему установки, на которой будет проводиться опыт с указанием всех нужных размеров. Длины балок и расстояния l_1, l_2, l_3 и т.д., определяющие места установки индикаторов на балках, места приложения сил и места замера деформаций тензорезисторами измеряются с помощью металлической линейки или рулетки с точностью до 1 мм. Размеры поперечных сечений измеряются штангенциркулем с точностью до 0,1 мм.

Порядок выполнения лабораторной работы следующий.

Установить индикаторы в местах, намеченных для измерения прогибов, и занести в лабораторный журнал значения расстояний l_1, l_2 и т.д. Установить рычаги и индикаторы, предназначенные для измерения углов поворота сечения в намеченные для измерения места, и занести в лабораторный журнал соответствующие расстояния l_n . Расстояние, определяющее положение тензорезистора, измеряется от начала балки до середины тензорезистора и также заносится в журнал. Установить нулевые значения на шкалах индикаторов.

После этого к балке прикладывается небольшая начальная нагрузка P_n и записываются показания индикаторов. Одновременно записываются в журнал начальные показания прибора ИДЦ-1. Далее нагрузка увеличивается до конечной величины P_k , после чего вновь записываются показания индикаторов и показания прибора ИДЦ-1. Разность отсчета по индикаторам будет равна величине прогиба, соответствующего нагрузке $P = P_k - P_n$.

Угол поворота сечения можно вычислить по формуле

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{a}{l_0},$$

где l_0 – длина рычага,

a – показания индикатора.

Так как угол поворота сечения при упругих деформациях балки малая величина, то приближенно можно принять $\operatorname{tg}\theta \approx \theta$ и тогда

$$\theta = \frac{a}{l_0}.$$

Напряжения в месте наклейки тензометров определяются по закону Гука.

Относительная деформация вычисляется по показаниям прибора ИДЦ-1 по формуле

$$\varepsilon = (n_k - n_n) \cdot 10^{-6} = \Delta n \cdot 10^{-6},$$

где n_k и n_n – конечное и начальное показание прибора ИДЦ-1 при нагрузках P_k и P_n соответственно.

Для получения более точных результатов опыт следует провести 2-3 раза. Величины прогибов и углов поворота сечений определяются как средние арифметические двух-трех измерений. Аналогично определяются средние значения относительной деформации ε по среднему значению Δn_{cp} .

Теоретические значения напряжений, прогибов и углов поворота сечений вычисляются для тех же сечений балки, в которых проводились измерения опытным путем. Для вычисления напряжений определяется изгибающий момент M и момент сопротивления сечения W_x . Для вычисления прогибов и углов поворота сечений для используемой в опыте балки составляются дифференциальные уравнения и после их интегрирования и определения постоянных интегрирования находятся прогибы и углы поворота сечения для тех точек балки, в которых проводились измерения этих величин опытным путем. Прогибы и углы поворота можно вычислить теоретически, используя интеграл Мора или способ Верещагина. Использование методов определения прогибов и углов поворота с помощью дифференциального уравнения упругой линии балки, интеграла Мора или способа Верещагина подробно рассмотрено в учебниках по сопротивлению материалов.

По данным опыта и по теоретическим данным строится упругая линия балки.

В заключение проводится сравнение между теоретическими и опытными данными. Величина расхождения определяется в процентах.

Значение модуля упругости материала, схема балки для проведения опыта и величины конечных нагрузок задаются руководителем работы.