

Лабораторная работа №5

Экспериментальное исследование статически неопределимой балки

Цель работы: теоретическое и экспериментальное определение реактивного момента в заделке и прогиба балки в нескольких точках.

Оборудование и инструменты: специальный стенд, индикаторы перемещений часового типа, штангенциркуль, измерительная линейка.

Теоретические сведения

Отбросив правую опору и заменив её силой X_1 , получим эквивалентную статически определимую систему (рис. 1б). Величину силы X_1 находят из канонического уравнения

$$\Delta_{1P} + \delta_{11}X_1 = 0,$$

Умножая эпюру P на эпюру 1 получим

$$\Delta_{1P} = \frac{1}{EI_X} \left(\frac{1}{2} \frac{l}{2} \frac{Pl}{2} \right) \frac{5}{6} l = \frac{5}{48} \frac{Pl^3}{EI_X} \quad (1)$$

Аналогично умножим эпюру 1 на себя

$$\delta_{11} = \frac{1}{EI_X} \left(\frac{1}{2} ll \right) \frac{2}{3} l = \frac{l^3}{3EI_X} \quad (2)$$

$$X_1 = \frac{5}{16} P. \quad (3)$$

По эпюре видно, что максимальный момент возникает в заделке и составляет $M_{max} = -\frac{3}{16} Pl$.

$$V_A = \frac{25}{6144} \frac{Pl^3}{EI_X}$$

$$V_B = \frac{56}{6144} \frac{Pl^3}{EI_X}$$

$$V_C = \frac{43}{6144} \frac{Pl^3}{EI_X}$$

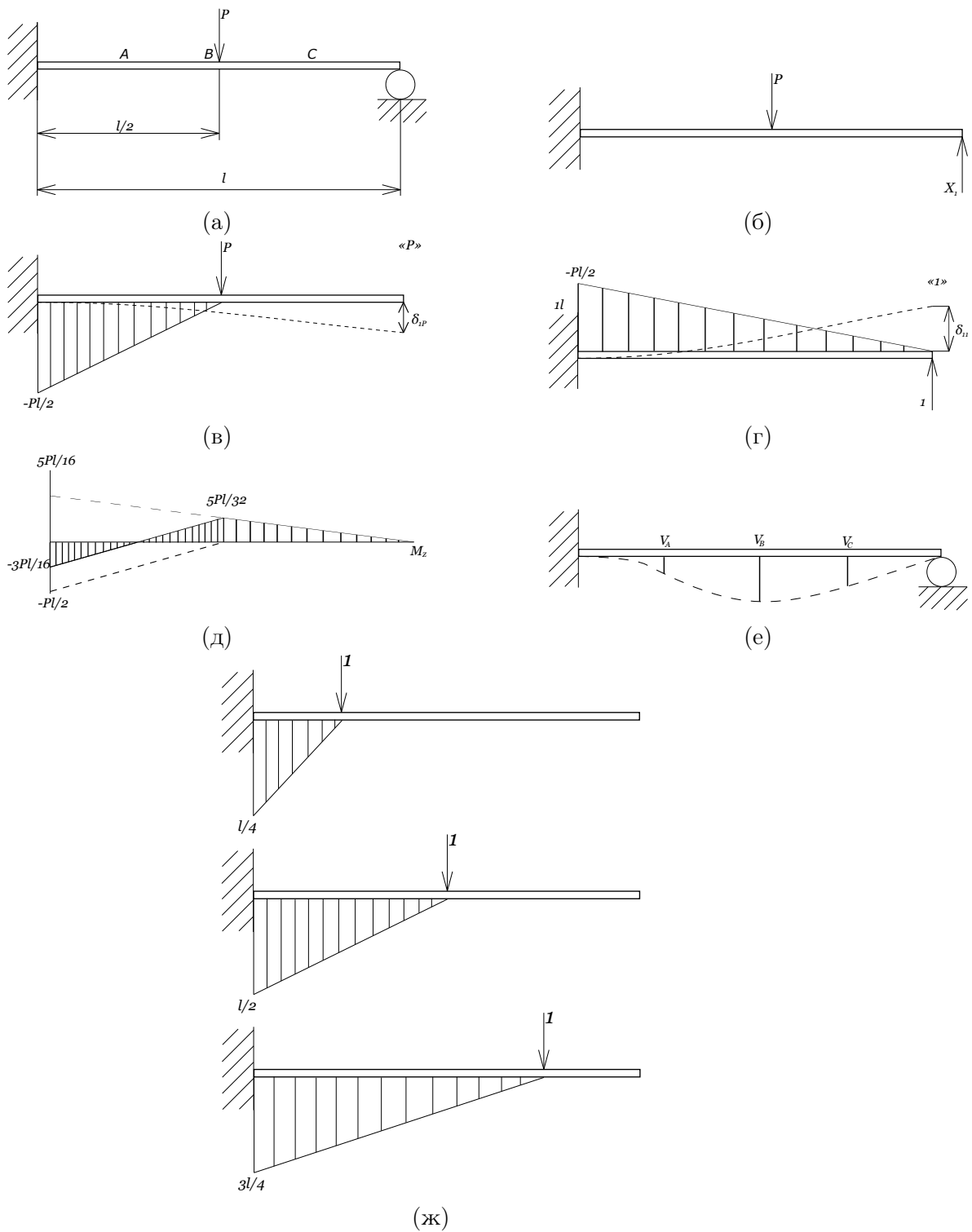


Рис. 1: Раскрытие статической неопределенности и построение упругой линии балки: а — схема нагружения статически неопределимой балки; б — эквивалентная схема; в — эпюра моментов от заданных сил; г — эпюра моментов от единичной силы; д — итоговая эпюра моментов; е — упругая линия балки; ж-и — эпюры моментов от единичной силы в точках искомых перемещений.

Лабораторный стенд

Экспериментальную проверку полученного теоретического решения проводят на лабораторном стенде. Экспериментальный стенд реализует расчётную схему при условии, что левая опора представляет собой «жёсткую заделку». На стенде опора шарнирная. Для воспроизведения условий «жёсткой заделки» на стенде предусмотрена возможность угла поворота левого конца балки с помощью выносимого рычага 5 и груза 7 (рис. 2). Угол поворота балки на левой опоре фиксируется индикатором 9.

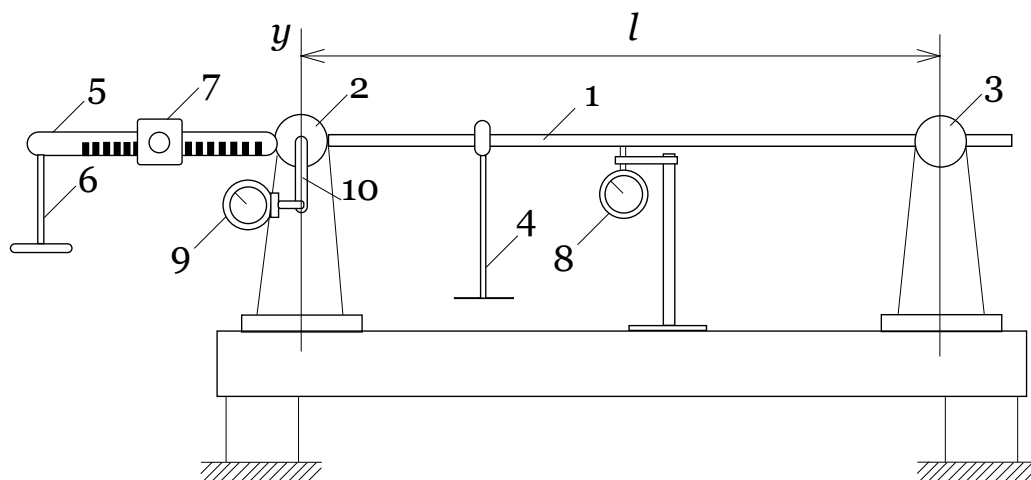


Рис. 2: Схема лабораторной установки для проверки принципа взаимности перемещений: 1 — испытуемый стержень; 2, 3 — опоры; 4 — подвеска для грузов; 5 — рычаг; 6 — подвижный груз; 8, 9 — индикаторы.

Выполнение работы

1. Установлю подвеску без груза P_0 в середине балки, зафиксирую положение груза Q на рычаге, установлю нулевое положение индикатора угла поворота. Результаты запишу в табл. 1.

2. Нагружу балку поперечной силой $P_1 = P_0 + P$.

3. Зафиксирую величину угла поворота левого конца балки. Занесу данные в табл. 1.

4. Смещая по рычагу груз Q , установлю начальное показание угла поворота. Зафиксирую новое положение груза. Вычислю смещение C груза Q и занесу данные в табл. 1.

5. Вычислю экспериментальную величину реактивного момента $M = QC$ и сравню его с теоретической величиной $M = -\frac{3Pl}{16}$ и найду погрешность

$$\delta_M = \frac{|1500 - 1600|}{1500} \cdot 100 \% = 6.6 \%$$

Параметры	Результаты измерений
Положение груза Q при начальной нагрузке P_0 (вес подвески), мм	70
Показание индикатора угла поворота при P_0 , число делений	0
Показания индикатора угла поворота при $P_1 = P_0 + P$, число делений	133
Положение груза Q при компенсации угла поворота, мм	230
Смещение C груза Q , мм	160
Реактивный момент в заделке $M = QC$, Н·мм	1600
Теоретическое значение реактивного момента $M = -\frac{3Pl}{16}$, Н·мм	1500

Таблица 1: Измерение реактивного момента

Измеряемый параметр		Точки измерений		
		А	В	С
Показания индикатора прогиба при P_0 и начальном положении груза Q		0	0	0
Показание индикатора прогиба при $P_1 = P_0 + P$		416	567	415
Показания индикатора прогиба при $P_1 = P_0 + P$ и компенсации угла поворота введением реактивного момента		302	305	214
$M = QC$				
Прогиб балки в точке	эксперимент	1.14	2.62	2.01
	теория	1.16	2.59	1.99

Таблица 2: Измерение прогиба балки

Вывод: в результате исследования статически неопределимой балки определили теоретическую и экспериментальную величины реактивного момента с погрешностью, равной $\delta_M = 6.6 \%$.

Наибольшее перемещение, имеет точка В, а наименьшее — точка А. Погрешность, причинами которой служат трение в опорах, тип правой опоры (шарнирно-подвижная), а также человеческий фактор, носит случайный характер.