

ОПЫТНАЯ ПРОВЕРКА ТЕОРЕМЫ О ВЗАИМНОСТИ РАБОТ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ.

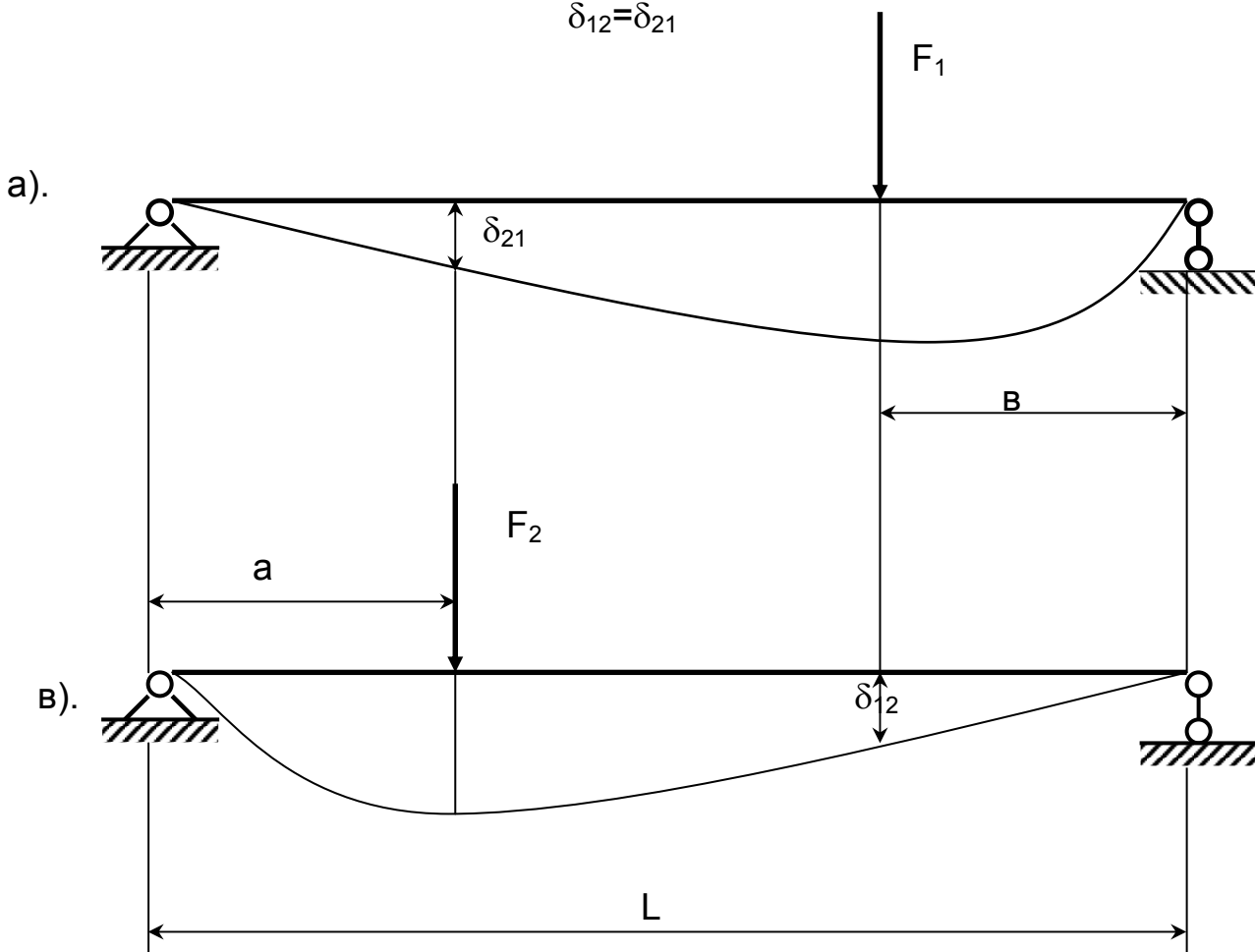
Цель работы: опытным путём проверить справедливость теоремы Бетти о взаимности работ и перемещений .

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ : Теорема Бетти о взаимности работ гласит : «Работа внешних сил одного упругого состояния на перемещениях другого состояния равна работе сил второго состояниях на перемещениях первого » (рис. 2.6.)

$$F_1 \nabla_{12} = F_2 \nabla_{21}$$

Если нагрузка в обоих состояниях равна единице , или численно одинакова, то придём к положению о взаимности перемещений : перемещение δ_{12} некоторой точки 1 упругого тела ,вызванное силой, приложенной в точке 2, равно перемещению δ_{21} точки 2, вызванному силой, приложенной в точке 1 , выражение которого имеет вид :

$$\delta_{12} = \delta_{21}$$



(рис.2.6.)

Аналитический прогиб балки ,например в точке 1, вызванный силой F_2 , приложенной в точке 2 определяется по формуле :

$$\delta_{12} = F_2 a b (L^2 - a^2 - b^2) / G * L * E * J_{min}$$

Где a, b -- расстояние рассматриваемых сечений 1,2 соответственно левой и правой опоры ;

L —длина пролёта.

J_{min} осевой момент инерции сечения относительно нейтральной оси .

E —модуль упругости первого рода .

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, ФОРМЫ И РАЗМЕРЫ ОБРАЗЦОВ

Испытание проводятся на установках СМ — 4А (рис.2.7.)

Испытуемый образец 10 размещён на шарнирных опорах, находящихся на двух стойках. Правая стойка 6—неподвижна , жёстко закреплена на основании 1 и имеет шарнирно – неподвижную опору , состоящую из оси , установленной на шариковых подшипниках , и стержня для измерения углов поворота сечения балки . Левая стойка 7—подвижная , перемещается по направляющей планке прикрепленной к основанию установки 1, что позволяет произвольно выбирать длину пролёта , а также получить консольную балку с одним свешивающимся концом. Жёстко крепят подвижную стойку к направляющей планке 2 пре помощи стопора .

Подвижная стойка несёт шарнирно - подвижную опору , имеющую возможность поступательного движения . Нагружают балку при помощи Двух гиревых подвесов 4 и набора сменных грузов 5 .

Измерения прогибов и углов поворота опорных сечений образца производится с помощью индикаторов часового типа 8, находящихся на подвижной 6 и неподвижной стойках 7.

Индикаторы для измерения прогибов закреплены вертикально на двух индикаторных стойках 9 , имеющих возможность перемещаться вдоль основной установки . Индикаторы для определения углов поворотов установлены по бокам установки на двух подвижных индикаторов , находящихся в опорных сечениях .

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ:

Наибольшая допустимая сосредоточенная нагрузка на каждый из двух подвесов , Н	58,86
Испытуемый образец (балка) :	
поперечное сечение ,мм :	6 x 40
длина пролёта , мм :	700 ÷ 1000
длина консоли , мм:	300
материал образца	Сталь СТ 3
Длина специальных рычагов в опорах сечения , мм	150
Способ определения в опорных сечениях перемещений	с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ.

1. Ознакомившись с установкой и принципом работы на ней , подготовить её согласно указанной преподавателем схемы нагружения.
2. Определить момент J_{min} сечения по его размерам, записать эти данные , длину и материал образца в лабораторной работе.
3. Установить стрелки всех индикаторов на «0».
4. Нагрузить балку в сечении 1-1 начальной нагрузкой.
5. По показанию индикатора определить начальную величину отсчёта в сечении 2-2 .

6. Далее равными ступенями произвести 3-4 нагружения балки в сечении 1-1 . Наибольшая величина нагрузки не должна превышать величины указанной в технических данных прибора СМ — 4А.
7. После каждого нагружения фиксировать показания индикатора в сечении 2-2. Показания заносятся в журнал лабораторных работ по форме, приведённой в таблице 2.5.
8. Определить приращение показаний индикатора Δn_{21} от нагрузок ΔF_1
9. Определить значение прогиба сечений 2-2 , как среднее арифметическое приращение Δn_{21} .
10. Разгрузить балку .
11. Нагрузить образец начальной нагрузкой в сечении 2-2, снимая начальные отсчеты в сечении 1-1.

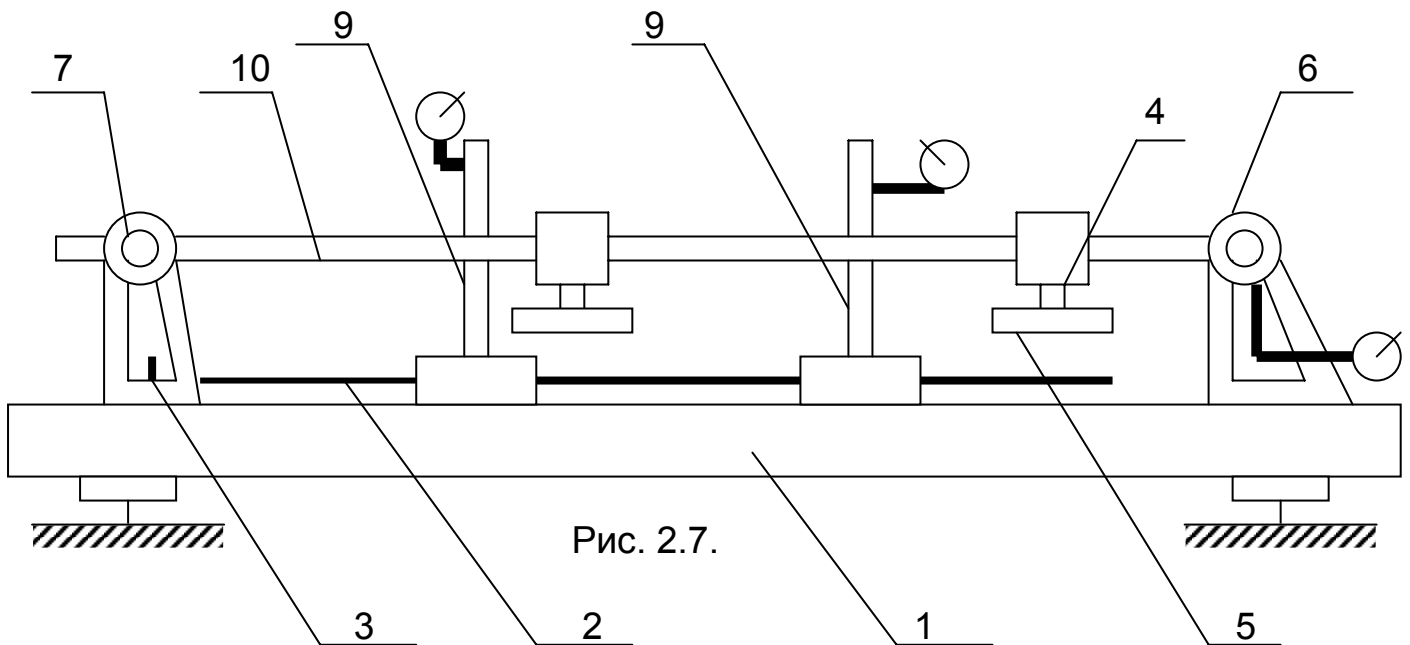


Таблица 2.5.

Нагрузка Н		Прогиб в сечении 2-2		Нагрузка Н		Прогиб в сечении 2-2	
F_1	ΔF_1	n_{21}	Δn_{21}	F_2	ΔF_2	n_{12}	Δn_{12}
	$\Delta F_{1\text{ ср}} =$		$\Delta n_{21\text{ ср}} =$		$\Delta F_{2\text{ ср}} =$		$\Delta n_{12\text{ ср}} =$

12. Затем произвести 3-4 нагружения балки в сечении 2-2 равными ступенями ΔF_2 . Как частный случай может соблюдаться равенство $\Delta F_1 = \Delta F_2$. Наибольшая величина нагрузки в сечении 2-2, также не должна превышать указанной величины.

13. Определить приращение показаний индикатора Δn_{12} от нагрузок.

14. Опытную величину прогиба сечения 1-1 определить, также как среднее арифметическое приращение Δn_{12} .

15. Произвести проверку теоремы о взаимности работ, убедившись в справедливости равенства:

$$\Delta F_{1\text{ ср}} * \Delta n_{12\text{ ср}} = \Delta F_{2\text{ ср}} * \Delta n_{21\text{ ср}} \quad (2.24.)$$

где $\Delta F_{1\text{ ср}}$, $\Delta F_{2\text{ ср}}$ – средняя арифметическая величина ступени нагружения.

$\Delta n_{12\text{ ср}}$, $\Delta n_{21\text{ ср}}$ – прогиб сечения 1-1 и 2-2 от соответствующих нагрузок.

Если силы единичные или одинаковые по величине, то

$$\Delta n_{12\text{ ср}} = \Delta n_{21\text{ ср}} \quad (2.25.)$$

16. Вычислить теоретическое значение прогибов сечений 1-1 и 2-2 от соответствующих нагрузок по формуле, принимая величину нагрузки в указанных сечениях равной соответственно

$$F_1 = \Delta F_{1\text{ ср}} ; F_2 = \Delta F_{2\text{ ср}}$$

17. По формулам аналогичным (2.24.) и (2.25.) проверить теоремы о взаимности работ и перемещений.

18. Сравнить теоретические и экспериментальные данные и по ним сделать выводы о справедливости теоремы Бетти.

СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЁТА. Отчёт о проделанной работе должен содержать:

1. Эскиз балки с указанием размеров и расположением сечений, в которых проверяется теорема Бетти.
2. Таблицу с записью результатов испытаний.
3. Проверку теоремы о взаимности работ и перемещений по результатам испытаний.
4. Теоретическое определение прогибов в исследуемых сечениях.
5. Проверку теоремы о взаимности работ и перемещений по теоретическим расчётам.
6. Вычисление процентов расхождения между опытным и теоретическими результатами.
7. Выводы о проделанной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Укажите цель работы?
2. На какой установки проводится лабораторная работа?
3. Как формулируется теорема Бетти?
4. Описать последовательность работы по экспериментальной проверке теоремы о взаимности работ и перемещений?