

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПОРНЫХ СЕЧЕНИЙ НА ВЕЛИЧИНУ НАПРЯЖЕНИЙ И ПРОГИБОВ СТЕРЖНЯ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ УДАРЕ

В данной статье приводится описание и результаты эксперимента, выполненного с целью исследования изгибных колебаний свободно опертого и жестко заделанного стержня при поперечном ударе по ним свободно падающей массой.

В процессе эксперимента определялись прогиб стержня по середине пролета, максимальные нормальные напряжения, время контакта ударяющей массы со стержнем при последовательных соударениях. Приводится сравнение экспериментальных данных с результатами теоретического решения.

На рис. 1 и 2 показаны общий вид установки и применявшейся измерительной и регистрирующей аппаратуры, а также схема включения данной аппаратуры. Испытуемый стержень 3 устанавливался на рабочей траверсе пресса Амслера А, в процессе испытания моделировались шарнирное опирание и жесткая заделка опорных сечений стержня. Конструкция ударника 1, падающего вдоль направляющих 2 на середину пролета стержня, позволяет с помощью сменных грузов 4 варьировать его вес «Р» от 1,53 кг до 8,30 кг. Ударник удерживается электромагнитом 5, закрепленным на верхней подвижной траверсе Б, изменение высоты подъема которой позволяет довести скорость ударяющей массы до $v=300$ см/сек. Испытывались двутавровые балки из дюралюминия Д16Т, $h=6$ см, $l=60$ см с $I=28,93$ см⁴, единичным углом сдвига $\bar{\gamma}=1 \cdot 12 \cdot 10^{-6}$ кг⁻¹, имеющие вес $P_1=2.20$ кг. В качестве измерительной и фиксирующей аппаратуры была использована тензометрическая установка УТС 1-ВТ-12/35 В и магнитоэлектрический осциллограф МПО-2(Г).

Прогибы стержня измерялись индуктивным датчиком 6, а нормальные напряжения — датчиками сопротивления типа П 9, наклеенными на нижней грани балки. Последовательные соударения регистрировались шлейфом осциллографа, включенного

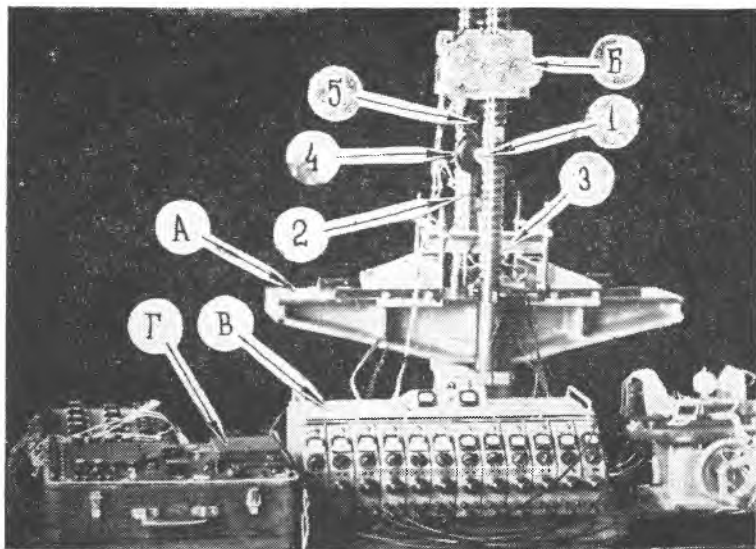


Рис. 1.

в цепь 6-го разбалансированного канала тензостанции. Цепь имела один контакт $8a$ на ударнике, а второй $8b$ на испытуемом стержне.

Замыкание цепи при ударе вызывало отклонение светового луча шлейфа, размыкание при отскоке возвращало луч на место.

Благодаря тому, что установка УТС 1-ВТ-12/35 позволяет регистрировать не только высокочастотные процессы, но и процессы, протекающие в диапазоне частот от 0 до 50 *гц*, характеристики измеряемых процессов снимались при помощи статических тарировочных устройств. Шкалы масштабов замераемых параметров получались при статическом нагружении испытуемого стержня до ожидаемых величин. При этом индуктивный датчик тарировался стрелочным индикатором, а тензодатчики — рычажным тензометром.

Динамические испытания каждого стержня состояли из трех серий, в каждой серии, соответствующей определенной скорости падающей массы v (100, 200, 300) *см/сек* вес ударника последовательно устанавливался 1.53, 2.91, 5.29, 6.67, 7.05, и 8.30 *кг*. Абсолютные величины измеряемых параметров определялись сопоставлением кривых на осциллограммах с соответствующими шкалами масштабов. Анализ значений напряжений и прогибов, возникающих при первом соударении показывает, что жесткая заделка опорных сечений стержня умень-

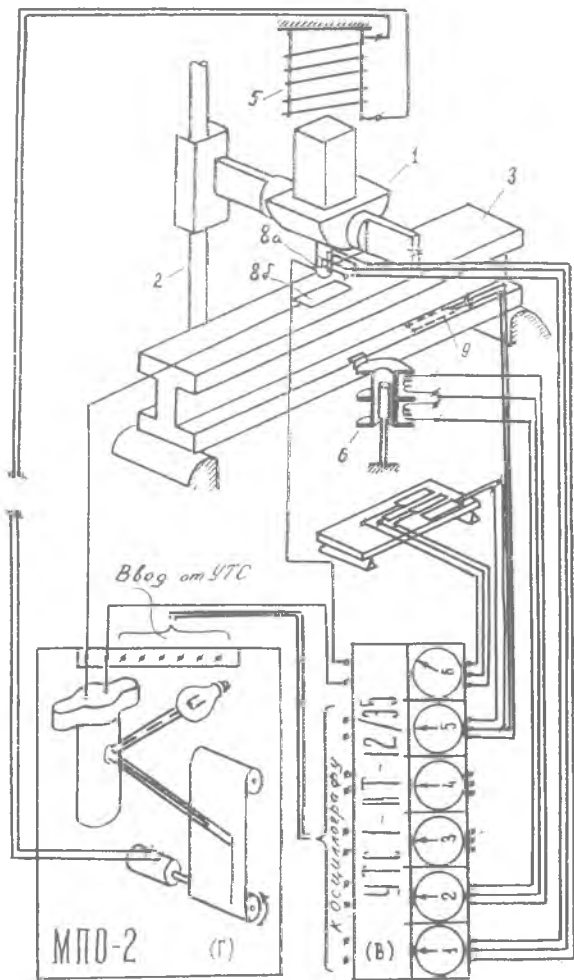


Рис. 2.

щает прогиб по середине пролета в среднем в $\sim 2,5$ раза по сравнению с шарнирным опиранием. Максимальные нормальные напряжения при тех же условиях уменьшаются в среднем в $\sim 1,5$ раза.

На рис. 3 приведен график изменения динамических прогибов шарнирно-опертого (пунктир с кружком) и жестко закрепленного (штрих-пунктир с кружком) стержней в зависимости от $\beta = P/P_1$ при различных скоростях v . Сплошной линией показаны динамические прогибы шарнирно-опертого стержня, найденные с помощью теоретического решения, приведенного в предыдущей статье.

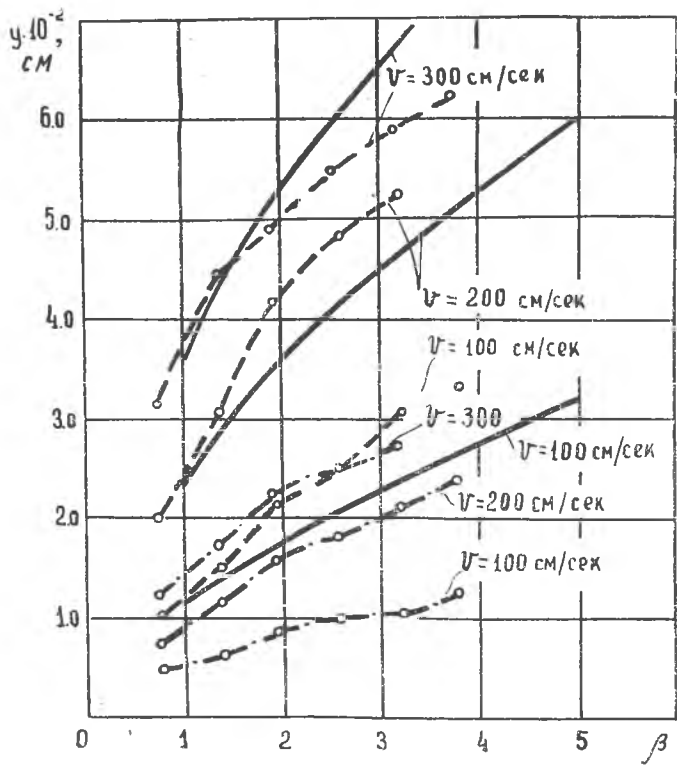


Рис. 2.

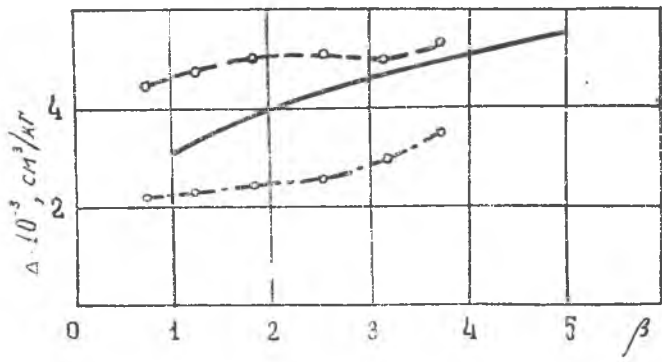


Рис. 4.

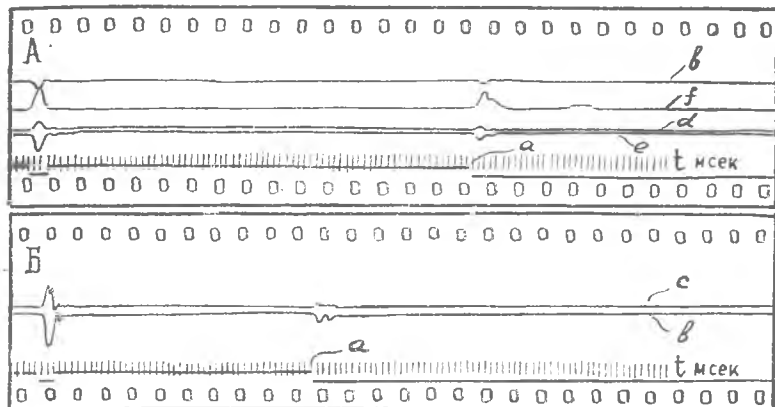


Рис. 5.

Сравнение величин напряжений и прогибов в т. $l/2$ позволяет заключить, что отношение $\Delta = y_{\text{дн}} / \sigma_{\text{дн}}^{\text{дин}}$ при динамическом воздействии является переменным, в большей степени зависящим от β и в меньшей степени от v . На рис. 4 показаны кривые Δ , вычисленные как среднее арифметическое результатов измерений при трех значениях v . (Сплошной линией показана кривая, полученная на основании упоминавшегося выше теоретического решения, пунктиром — кривая для шарнирно-опертого стержня, штрих-пунктиром — для жестко заделанного стержня).

На рис. 5 в качестве примера приводятся осциллограммы полученные при $v = 100 \text{ см/сек}$ для $\beta = 1.93$ «А» — случай шарнирного закрепления, «Б» — случай жесткого защемления. На осциллограммах «а» и «в» соответственно обозначают линию шлейфа, регистрирующего последовательные соударения и прогибы в середине пролета, с, d, e — нормальные напряжения в сечениях $l/2$, $l/3$, $l/6$, а f — контактную силу.

Все осциллограммы, полученные за время испытаний показывают, что явление удара представляется в виде последовательных соударений, каждое из которых, вследствие того, что груз отделяется от стержня только после достижения им максимального прогиба, согласуется с гипотезой Сен-Венана. Это отмечалось и в других экспериментальных исследованиях, например, [1] и не противоречит теории Герца—Тимошенко [2], так как при относительно небольших v в стержне в месте контакта не наблюдаются остаточные деформации смятия. Время контакта $\tau = 1,5 \div 4,5 \text{ м/сек}$ значительно меньше промежутков времени между последовательными соударениями. Колебания стержня, вызываемые ударом, быстро затухают

благодаря чему к моменту следующего соударения стержень оказывается в недеформированном состоянии.

Увеличение жесткости системы за счет изменения условий закрепления уменьшает число повторных соударений и сокращает время между ними.

На основании эксперимента можно сделать следующие выводы.

1. В стержнях с принятыми соотношениями геометрических размеров ($h/l=1/10$) при относительно небольших начальных скоростях колебаний для каждого из последовательных соударений справедлива гипотеза Сен-Венана.

2. Введение жесткой заделки на опорах при ударе значительно уменьшает динамический прогиб и напряжения в середине пролета, хотя и в меньшей степени, чем при статическом нагружении.

3. Данные эксперимента дают вполне удовлетворительное совпадение с результатами теоретического решения, что позволяет приведенные в предыдущей статье выражения для определения динамических прогибов и напряжений рекомендовать для практических расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Foppl L.* Slow—motion Pictures of Impact Tests by means of Photoelasticity. Journ. Appl. Mech. 16, 1949, 173.

2. *Кильчевский Н. А.* Теория соударений твердых тел. К. Изд-во «Наука думка», 1969.

3. *Иорши Ю. И.* Измерение вибрации. М., Госиздат машиностроительной литературы, 1965.

4. *Туричин А. М.* Электрические измерения неэлектрических величин. М.-Л. Изд-во «Энергия», 1966.

5. *Муморцев А. Н.* Определение прогибов стержня с различными краевыми условиями при ударе. «Известия вузов», «Строительство и архитектура». 1970, № 11.