

Пусть нам известен вид поляризованного света, падающего на модель и выходящего из нее, т.е. известны две точки на сфере Пуанкаре, соответствующие двум видам поляризации (рис. 4, точки 1 и 2). Через эти точки проводим дугу сферы, длина которой зависит лишь от сдвига фаз 1, 2 (рис. 4). Из положения 1 (рис. 4) в положение 2 (рис. 4) на сфере можно попасть, поворачивая сферу на угол φ (азимут) и угол ω (угол эллиптичности) вокруг оси, перпендикулярной меридиональной плоскости. Разбивая дугу 1,2 (рис. 4) на малые элементы, соответствующие толщине элементарного исследуемого слоя модели, можно получить все параметры для расчета напряжений в i -м слое. Полученные напряжения будут квазиглавными. Чтобы по квазиглавным напряжениям восстановить главные, необходимо для данного слоя сделать два взаимно перпендикулярных просвечивания и получить четыре пары квазиглавных напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Theocaris P.S., Ydoutos E.E. Matrix theory of photoelasticity. — Berlin. I.a., 1979, p. 155–157. 2. Kuske A, Robertson J. Photoelastic stress analysis. — Stuttgart, 1980, Bd. 6, p. 273–277. 3. Абен Х.К. Интегральная фотоупругость. — Таллин, Валгис, 1975, с. 93–95.

УДК 539.3

В.Н. АПАНОВИЧ, аспирант (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗГИБА КРИВОГО БРУСА В ПОСТАНОВКЕ ТРЕХМЕРНОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

Опыт эксплуатации автомобильных полуприцепов с неплоской в плане рамой показывает, что повреждение кривых участков лонжеронов двутаврового поперечного сечения происходит вследствие потери устойчивости стенки лонжерона, либо отрыва внутренней полки от стенки и разрушения внутренней полки. Расчет кривых участков лонжеронов по теории сопротивления материалов [1] не позволяет достоверно оценить напряженно-деформированное состояние (НДС) лонжерона, поскольку гипотезы о ненадавливаемости слоев и неизменности формы поперечного сечения кривого бруса неприменимы для подобных элементов. В общем случае при исследовании НДС тонкостенных кривых стержней малой кривизны применяют расчетные схемы в виде совокупности сопряженных цилиндрических оболочек [2].

В настоящей статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований чистого изгиба модели криволинейной части лонжерона (рис. 1), изготовленной методом сварки из листовой стали Ст.3 в масштабе 1:2,5 натуральной величины.

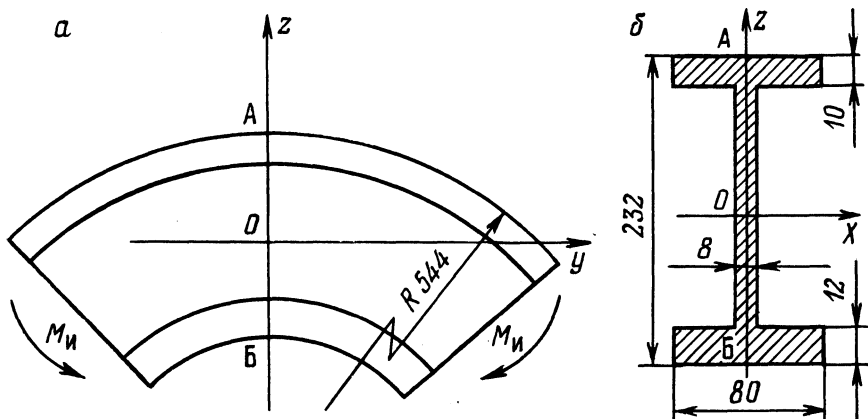


Рис. 1. Расчетная схема (а) и форма поперечного сечения (б) бруса.

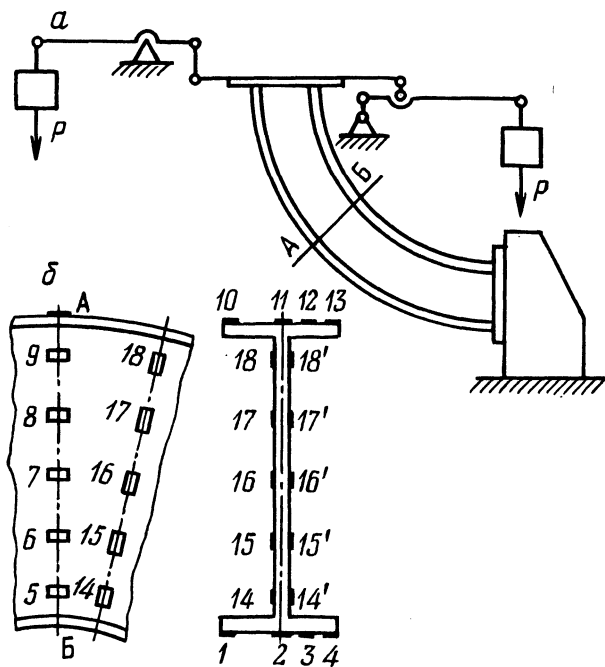


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментальной установки: а — схема нагружения; б — схема расположения тензорезисторов.

Теоретический анализ НДС модели выполнен в постановке трехмерной задачи теории упругости по новому варианту метода Трефтца [3]. Сущность применяемого метода заключается в том, что при построении обобщенного решения краевой задачи теории упругости совместно используются вариационное уравнение Лагранжа и полиномиальная координатная система [4], каждая функция которой точно удовлетворяет дифференциальным уравнениям равновесия внутри тела. При этом краевая задача сводится к системе линейных алгебраических уравнений.

Расчет проведен по фортран-программе на ЭВМ ЕС-1022 [3] для порядков аппроксимации вектора смещений тела $n = 3, 4, 5, 6, 7, 8$. Количество алгебраических уравнений в разрешающей системе при этом составило $N = 13, 20, 29, 39, 51$ и 63 соответственно. В расчете принято: модуль упругости $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па; коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$; $M_{II} = 5500$ Н·м.

Принципиальная схема испытательной установки показана на рис. 2,а. В процессе испытаний модель нагружалась изгибающим моментом 5500 Н·м.

Измерение деформаций проводилось с помощью тензодатчиков сопротивления промышленного изготовления с базой 10 и 20 мм. Схема расположения тензодатчиков приведена на рис. 2,б. Схема включения тензорезисторов — мостовая.

Для определения деформаций ϵ_y в каждой точке использован один рабочий тензорезистор, наклеенный с одной стороны стенки детали (тензорезисторы 1-13, рис. 2,б). Для определения деформаций ϵ_z использовались два тензорезистора (тензо-

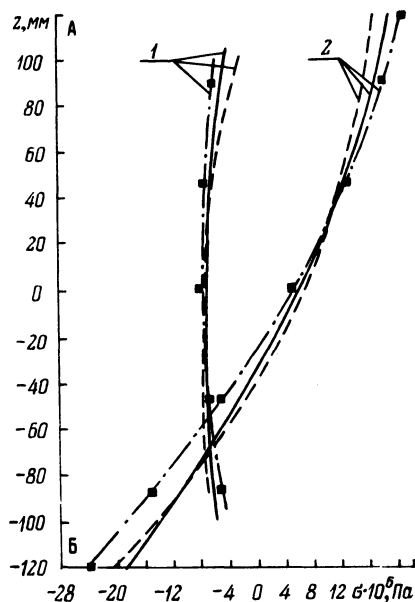


Рис. 3. Графики напряжений в сечении кривого бруса при чистом изгибе: 1 — σ_z ; 2 — σ_y ; сплошная линия — расчетные при $n = 5$; штриховая — расчетные при $n = 6$; штрих-пунктирная — экспериментальные.

резисторы 14-18 и 14'-18'), наклеенные зеркально с обеих сторон стенки и включенные последовательно в одно общее плечо. Такая схема позволила исключить влияние на результаты измерения возможных изгибных деформаций, которые обусловлены, главным образом, местной погибью стенки.

Особенность методики проведения эксперимента заключалась в том, что нагружение и разгрузка модели кривого бруса производились для каждого рабочего тензорезистора в отдельности. Это дало возможность практически устранить влияние контактных сопротивлений переключателей на результаты измерений. При снятии показаний с каждого тензорезистора осуществлялось не менее трех нагружений и соответственно столько же разгрузений. В качестве окончательных значений измеряемых величин принимались средние арифметические результатов многократных измерений.

Результаты расчета и эксперимента приведены на рис. 3 в виде графиков напряжений σ_y и σ_z по высоте стенки модели. Сравнивая результаты экспериментальных и теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

1. В стенке криволинейного участка лонжерона двутаврового поперечного сечения возникают значительные напряжения σ_z поперечных взаимодействий слоев материала. Наибольшая величина этих напряжений достигает 35-40% от максимальной величины напряжений σ_y в полках. В зависимости от направления изгибающего момента наличие значительных напряжений σ_z может привести либо к потере устойчивости стенки (слои сдавливаются), либо к отрыву внутренней полки от стенки (слои растягиваются в поперечном направлении). По ширине полки напряжения σ_y распределены практически равномерно.

2. Имеет место хорошее качественное совпадение результатов теоретических и экспериментальных исследований. В количественном отношении различие между экспериментальными и расчетными значениями напряжений находится в пределах 15% для σ_y и в пределах 5% для σ_z .

Экспериментальные данные, полученные с помощью датчиков с базой 10 и 20 мм, практически совпадают.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прочность. Устойчивость. Колебания. Справочник/Под. общ. ред. И.А.Биргера и Я.Г.Пановко. — М.: Машиностроение. Т.1, 1968. — 831 с.
2. Б и д е р м а н В.Л. Механика тонкостенных конструкций. — М.: Машиностроение, 1977. — 488 с.
3. А п а н о в и ч В.Н. Использование метода Трефтца для определения объемного напряженно-деформированного состояния деталей машин. — В сб.: Теоретическая и прикладная механика. Минск: Вышэйшая школа, 1980, вып. 7, с. 39-42.
4. Л у р ь е А.И. Полиномиальное представление решений уравнений теории упругости. — В кн.: Проблемы механики твердого деформируемого тела. Л., 1970, с. 251-256.