

## **ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТИПИЧНОЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ**

*Юсеф Абу Айаш (Одесса)*

В статье приведена методика разработки и описание численной модели типичной металлоконструкции для оценки напряжённно-деформированного состояния при типичных видах нагружения.

Существенно сокращает время создания машин применение метода конечных элементов (МКЭ) на стадии проектирования. Однако для получения расчётных характеристик, отвечающих требованиям по точности, применение МКЭ должно основываться на использовании апробированных численных моделей (ЧМ). Учитывая большое конструктивное разнообразие машин, создание апробированных ЧМ типичных сборочных единиц актуально.

Цель данной работы – создание ЧМ типичной металлоконструкции коробчатого сечения (балки) для оценки напряжённно-деформированного состояния (НДС) при типичных схемах нагружения.

Выбор данного типа металлоконструкции (рис. 1) обусловлен широким применением её в различных машинах и сооружениях. Данная работа выполнялась в следующей

последовательности:

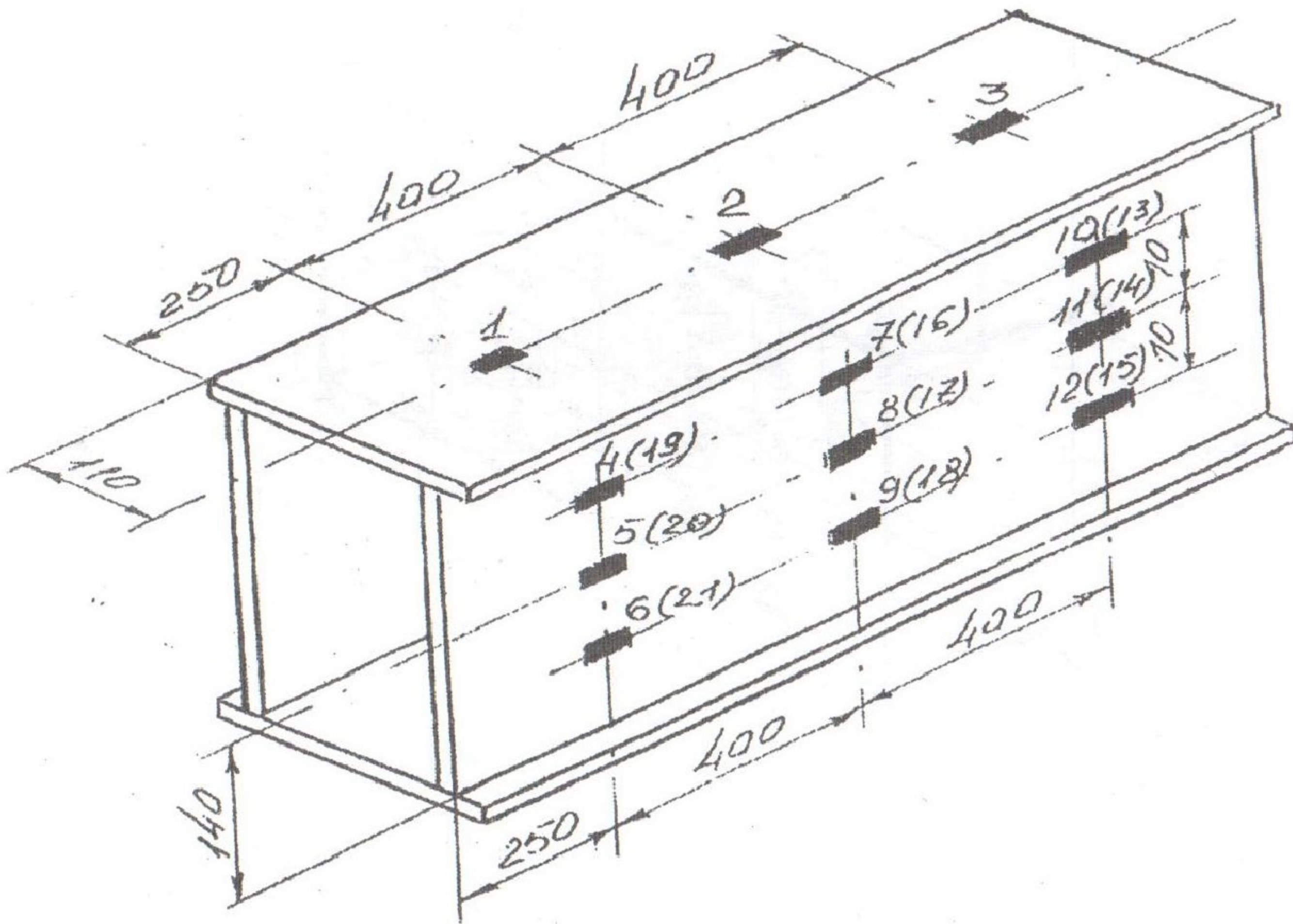
1. Разработка ЧМ: описание конструкции с помощью конечных элементов; определение направления узловых усилий и перемещений, эквивалентных всем факторам, вызывающим НДС конечного элемента (КЭ); кодирование КЭ; описание величин, определяющих физико-механические свойства конструкции.

2. Расчётное исследование нагруженности.

3. Установка тензопреобразователей в характерные точки балок, определённые по результатам исследований по пункту 2, тензометрические исследования на стенде.

4. Корректировка ЧМ.

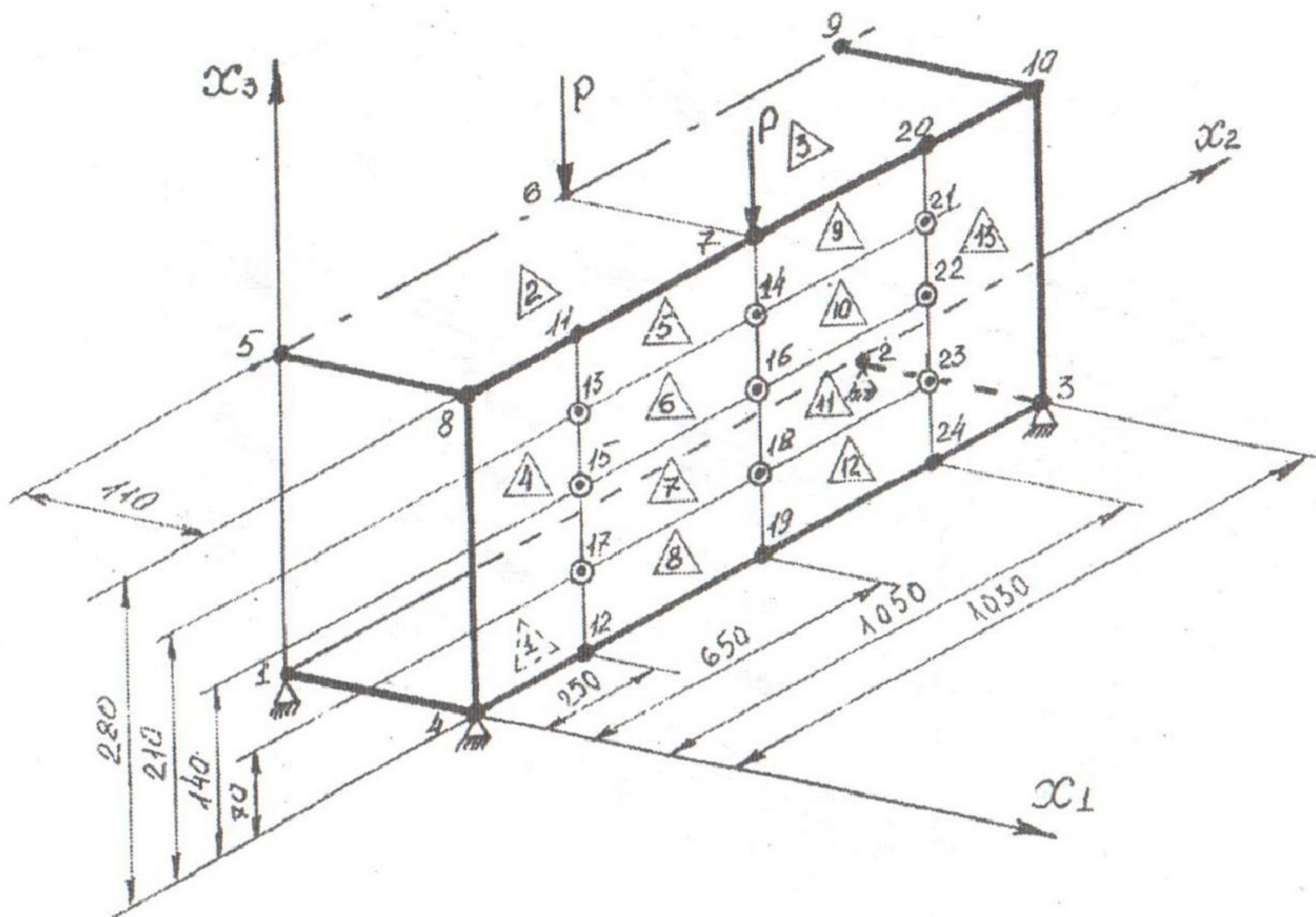




*Рис.1. Схема наклейки тензопреобразователей на поверхности балки*

При разработке ЧМ учтены рекомендации и опыт [1,2]. С учётом конструктивных особенностей балки для её описания использована зеркальная симметрия и конечные элементы двух типов: для описания стенок и полок с плоский четырёхугольник, применяемый с целью аппроксимации работы тонких оболочек; для описания сварочных швов с выпуклый шестигранник с четырёхугольными боковыми гранями, используемый при моделировании массивных элементов. Модель балки находится в правой декартовой системе координат  $x_1, x_2, x_3$  (рис.2).





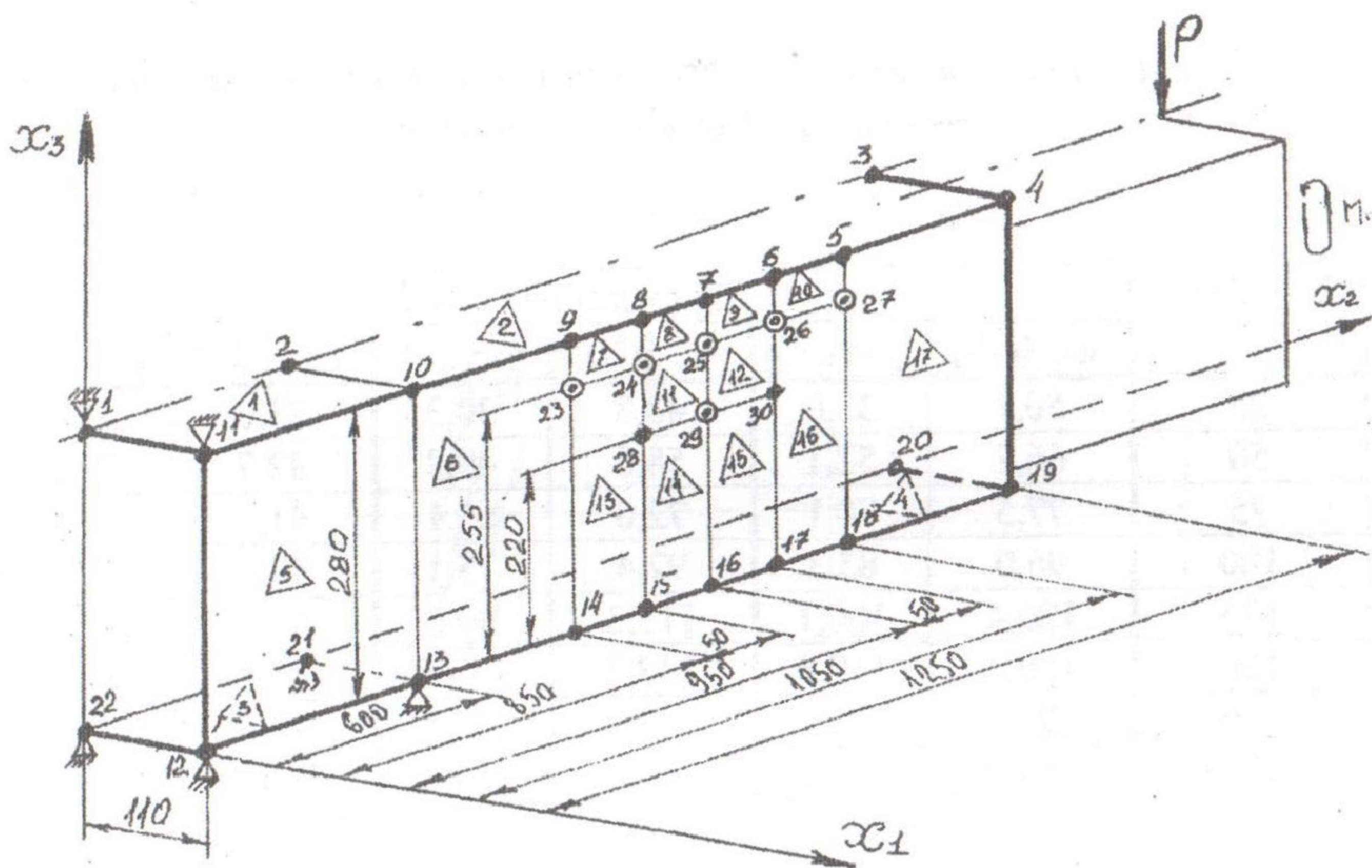
**Рис.2.** Численная модель балки при двухопорном изгибе

Начало координат лежит в плоскости симметрии, к которой перпендикулярна ось  $x_1$ , ось  $x_2$  принадлежит нижней полке и направлена вдоль модели, ось  $x_3$  лежит в плоскости симметрии и направлена вертикально вверх. Закрепление ЧМ при двухопорном изгибе осуществлялось через опорные узлы №№ 1, 2, 3, 4 (рис.2). Закрепление узлов запрещает перемещение вдоль всех осей, моменты разрешены только относительно оси  $x_1$ . Нагрузка приложена к узлам №№ 6 и 7 вдоль оси  $x_3$ . Нумерация КЭ расположена в треугольниках.

В качестве величин, определяющих физико-механические свойства КЭ, заданы модуль упругости  $\epsilon = 204000 \text{ Мпа}$ , коэффициент Пуассона  $\mu = 0,3$  и толщина материала – 4 и 6 мм.

Закрепление ЧМ балки при изгибе с кручением (рис.3) осуществлялось через опорные узлы №№ 1, 11, 12, 13, 21 и 22, при этом запрещалось перемещение вдоль всех осей, моменты разрешались только относительно оси  $x_1$ .





*Рис.3. Численная модель балки при изгибе с кручением*

Нагрузка прикладывалась к имитатору, вставленному в полость балки.

Расположение тензопреобразователей показано на рис. 1, где в скобках указаны номера тех, которые установлены на другой стороне балки. Закрепление балок при тензометрических исследованиях и расчётах было аналогичным.

Тензометрические испытания натуральных балок проводились на гидравлическом стенде. Нагружение проводили ступенчато, показания тензопреобразователей фиксировались с помощью контрольно-измерительного комплекса.

Результаты расчётов и тензометрических исследований на стенде были сведены в таблицы типа приведенной ниже.



*Результаты расчётов и тензометрических исследований нагруженности балки в сечении С-С*

Нагрузка, кН	Напряжение $\sigma$ , МПа					
	экс.4(19)	расч.13	экс.5(20)	расч.15	экс.6(21)	расч.17
25	50,7	33,6	43,8	30,3	23,6	15,6
50	66,2	52,1	58,0	49,3	32,7	20,3
75	77,5	70,1	72,0	65,1	41,7	35,1
100	96,0	85,3	92,4	75,1	48,8	50,3
125	120,4	100,1	117,3	90,2	67,9	60,4
150	150,8	119,6	147,7	110,8	85,8	80,4
180	197,0	170,1	146,9	140,1	109,7	100,4
200	265,0	250,2	217,3	190,1	125,3	130,3

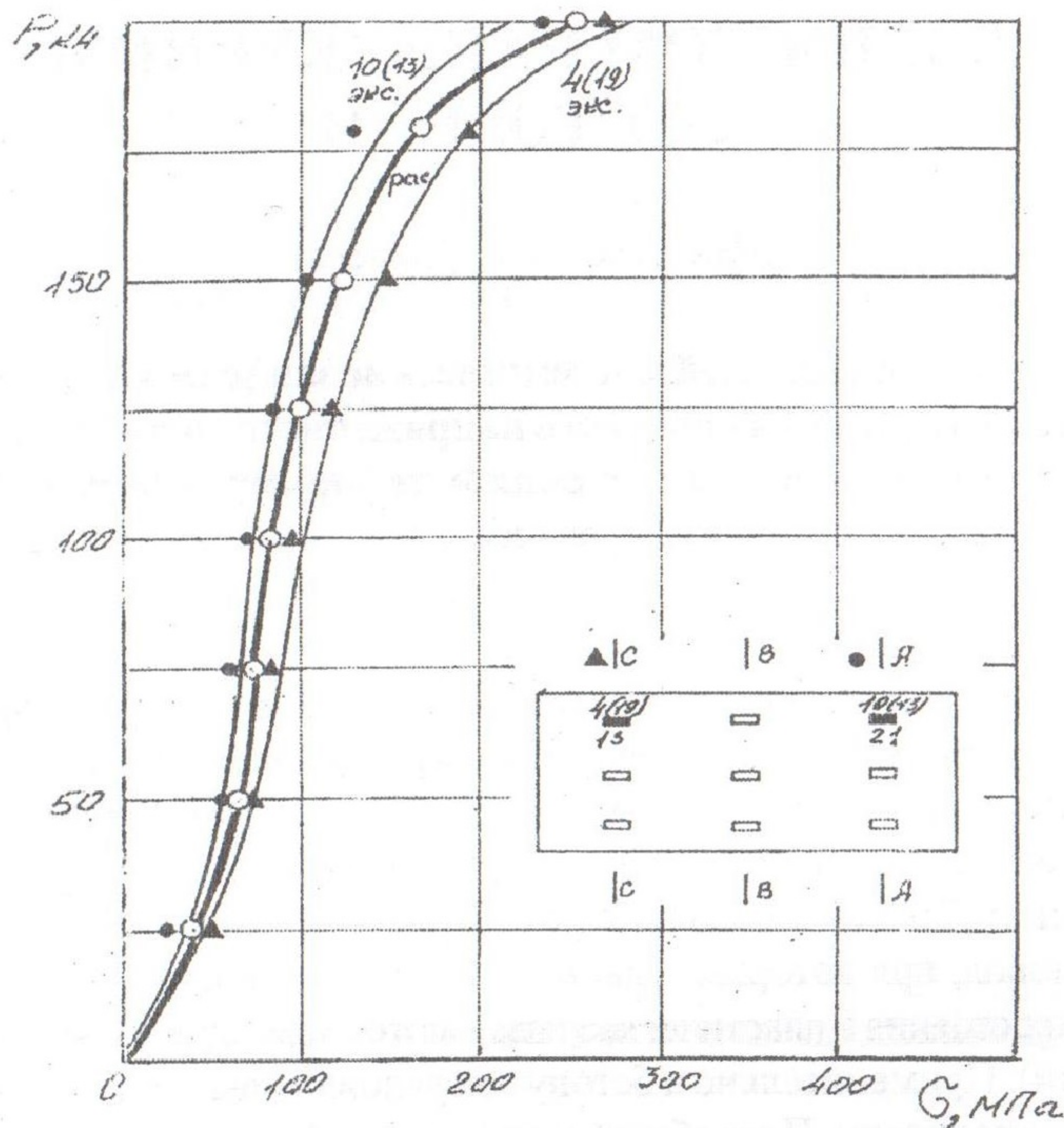
Обозначения в таблице:

- экс.4(19) – показание тензопреобразователей №№ 4 и 19, зарегистрированные при тензоисследованиях;

- расч.13 – расчётные напряжения, полученные в том же месте узла № 13 элемента.

Корректировка ЧМ позволила обеспечить приемлемую для инженерных потребностей точность расчётов, погрешность не превышает 20%. Для иллюстрации на рис. 4 показаны графики расчётных и экспериментальных напряжений.





**Рис.4.** Графики изменения напряжений  $s$ , возникающих в стенках балки при испытании на изгиб и полученных при нагружении её численной модели

Разработанная численная модель типичной металлоконструкции может быть использована при расчётах на стадии проектирования при типичных видах нагрузки (изгиб, изгиб с кручением).

### Литература

1. Горбачёв К.П. Метод конечных элементов в расчётах прочности. – Л.: Судостроение, 1985.
2. Сахаров М.Г., Дмитриченко С.С., Панкратов Н.М., Максимов В.Г. Оценка нагруженности типичных сварных металлоконструкций. – Одесса: Тракторы и сельхозмашины, 1996, № 7, С. 28-30.