

УДК 004

JEL коды: D89

08.00.13

© **И.А. Магомедов**

Чеченский государственный университет, г. Грозный, ул. А. Шерипова 32, ассистент кафедры «Программирование и инфокоммуникационные технологии» факультета информационных технологий

© **I.A. Magomedov**

Chechen State University, Grozny, 32 Sheripova Street, teaching assistant of programming and infocommunications technologies department, faculty of information technologies

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ABAQUS.

ANALYSIS OF I-BEAM USING ABAQUS SOFTWARE

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования двутавровой балки вычисленных вручную и с помощью программного обеспечения Abaqus. Анализ чувствительности был проведен для вычета максимально оптимального времени при симуляции данной проблемы. Числовые результаты были вычислены с помощью метода конечных элементов и вручную, используя соответствующие формулы. При анализе было сравнено отклонение с изгибным напряжением. Результаты анализа данной проблемы проиллюстрировали хорошую корреляцию при сравнении ручного и числового анализа, доказывая, что ПО Abaqus способен решить данную задачу. В работе также проведен анализ параметров, которые могут повлиять на результаты анализа при симуляции.

Abstract. The following work illustrates the results of investigation of I-beam using the manual and numerical analysis with a usage of Abaqus. Afterwards the methodology of the work was explained from building perspective starting with 3D model and converting it to 2D as it results in less timing during the performance of the simulation. The sensitive analysis was done to work out the minimal required amount of mesh. Numerical results were calculated utilising finite element method and manual using the appropriate formula. The results illustrated good correlation with a small discrepancy. And lastly to eliminate the appearance of discrepancy the suggestions were taken into account for farther studies.

Ключевые слова: двутавровая балка, Abaqus, 2D, конвергенция, числовой анализ

Keywords: I-beam, 2D, Abaqus, convergence, numerical analysis

Цели

- Смоделировать 2D объект двутавровой балки.
- Анализ двутавровой балки, используя Abaqus.
- Сравнение полученных данных при симуляции с ручными вычислениями.
- Выяснить причины появления погрешностей.

Методология. Программное обеспечение Abaqus использовалось для анализа двутавровой балки. Данная программа является одной из немногих, которая имеет способность анализировать нелинейные задачи. Для моделирования данной структуры можно использовать 3D моделирование с последующей ее конвертацией в 2D объект. Вторым методом, который использован в этой работе, является создание 2D объекта структуры, а программное обеспечение при симуляции воспринимает структуру как 3D объект, но занимает намного меньше времени во время симуляции. Профиль двутавровой балки был сконструирован, используя измерения из таблицы 2. -*Static step*- был выбран для добавления граничных условий, и функция *-division-* (разделение) была выбрана для разделения двутавровой балки в середине. После этого граничные условия (boundary conditions) были добавлены $Cf1=0$ и $Cf2=9807$. Данная структура была

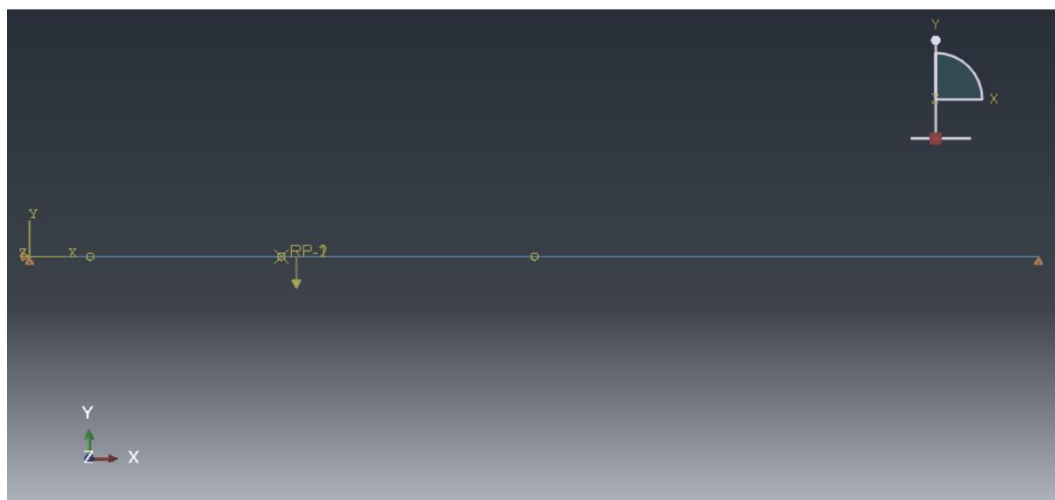


Рис. 1. Граничные условия

фиксирована в двух концах $U1=0$ и $U2=0$, $U2=0$ (рисунок 1).

Таблица 1

Свойства материалов двутавровой балки использованные в анализе

Материал	Модуль упругости МПа	Коэффициент Пуассона	Плотность кгм ³
	200	0.260	7850

Таблица 2.

Деменция двутавровой балки

Длина (мм)	Ширина (мм)	Высота (мм)	Толщина x (мм)	Толщина y (мм)
5000	148	266	7.60	13.0

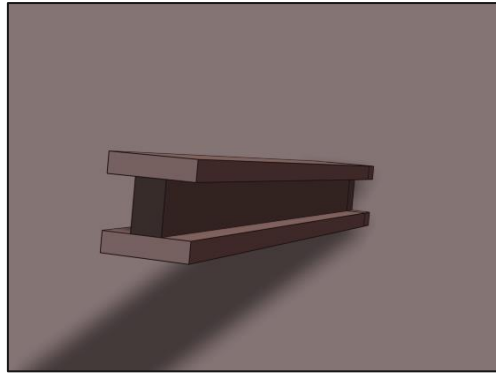


Рис. 2. Двутавровая балка

Анализ чувствительности. Анализ чувствительности даёт возможность вычислить значение полигональной сетки необходимой для анализа, которая при правильном использовании экономит время при симуляции. Как показано на рисунке 3, необходимое значение полигональной сетки достигается при значении смещения равного 1,9 мм. Следовательно, двутавровую балку можно разделить на 150 полигонов. При значении

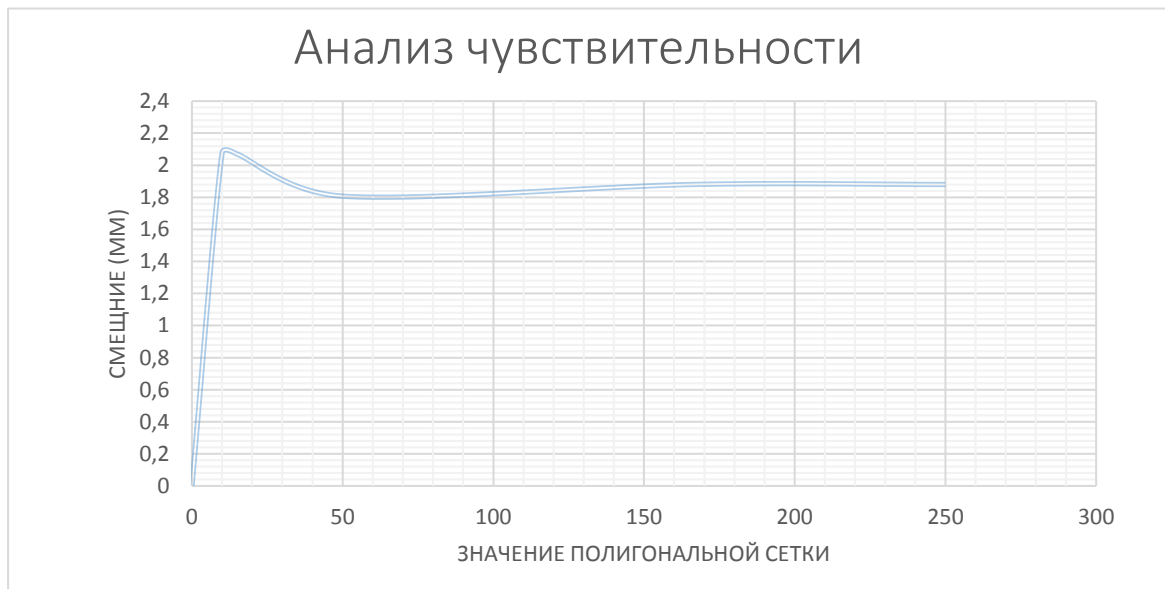


Рис. 3. Анализ чувствительности

больше чем вычисленное, результаты анализов будут неизменны, однако, увеличивается время вычисления.

Таблица 3

Использованные силы при анализе

Сила 1 N	Сила 2 N	Сила 3 N
9810	5000	1000

При анализе двутавровой балки две вариации действий сил и три разных значения сил были выбраны, как показано на рисунке 4 (таблица 3).



Рисунок 4а и 4б. Изменение массы приложенной силы

Результаты. Метод конечных элементов. Сила применяемая на расстоянии 2500 mm.

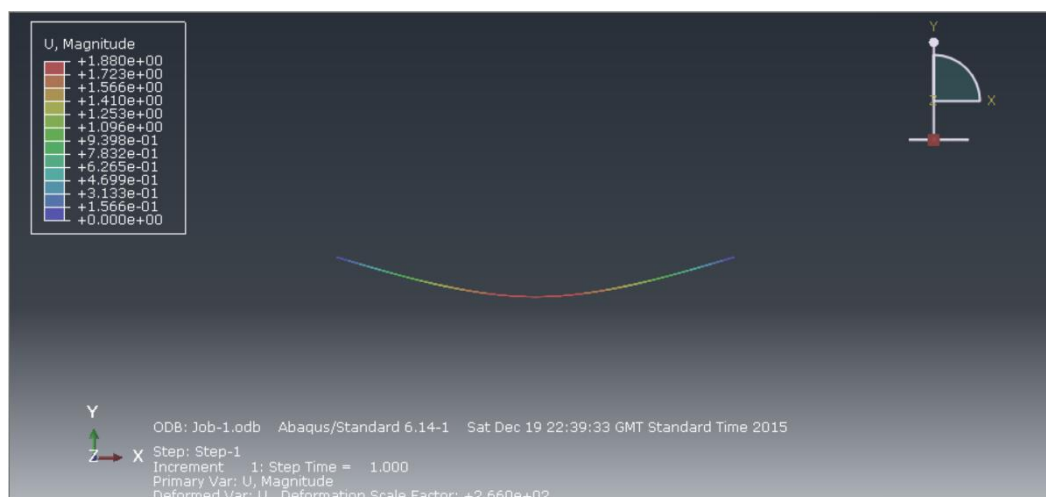


Рис. 5. Отклонение (9810 N)

Таблица 4.

Данные числового вычисления

#N	Силы N	Отклонение мм	Изгибное напряжение МПа
1	9810	1.880	22.07
2	5000	0.958	11.21
3	1000	0.192	1.120

Таблица 5

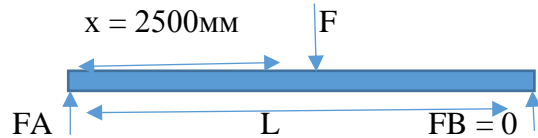
Сила примененная на расстоянии 1322.9 мм

№	Силы N	Отклонение мм	Изгибное напряжение МПа
1	9810	1.365	17.09
2	5000	0.6959	8.114
3	1000	0.1392	1.743

Ручное вычисление

Когда сила действует на середину

$$FA = \frac{Fx}{L}$$



$$FA1 = \frac{9810 \cdot 2.50}{5} = 4903 \text{ N} \quad FA2 = 2500 \text{ N} \quad FA3 = 500 \text{ N}$$

Изгибочный момент $M1 = FA * x$

$$M1 = 4903 * 2.5 = 12257.5 \text{ Nm} \quad M2 = 6250 \text{ Nm} \quad M3 = 1250 \text{ Nm}$$

Изгибочное давление $\sigma = \frac{My}{I}$ $I = 70386050 \text{ м}^4$ $y = 0.133$

$$\sigma1 = \frac{12257 \cdot 0.133}{70386050} = 23.16 \text{ МПа} \quad \sigma2 = 11.81 \text{ МПа} \quad \sigma3 = 2.36 \text{ МПа}$$

Отклонение $\delta = \frac{FL}{48EI}$ $E = 200 \text{ МПа}$

$$\delta1 = \frac{9810 \cdot 5^3}{48 \cdot 200000 \cdot 70386050} = 1.81 \text{ мм} \quad \delta2 = 0.924 \text{ мм} \quad \delta3 = 0.185 \text{ мм}$$

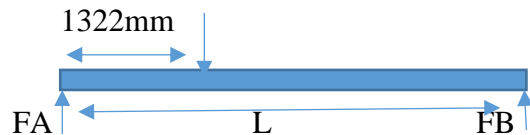
Таблица 6

Данные для ручного вычисления

Силы N	Отклонение мм	Изгибное напряжение МПа
9810	1.814	23.16
5000	0.924	11.81
1000	0.185	2.36

Когда сила действует на расстоянии 1322 мм

$$FA = \frac{Fx}{L}$$



$$FA1 = \frac{9810 \cdot 3.677}{5} = 7204 \text{ N} \quad FA2 = \frac{5000 \cdot 3.677}{5} = 3677 \text{ N} \quad FA3 = \frac{1000 \cdot 3.677}{5} = 735 \text{ N}$$

Изгибочный момент $M1 = FA * x$

$$M1 = 7204 * 1.322 = 9524 \text{ Nm} \quad M2 = 3677 * 1.322 = 4860 \text{ Nm} \quad M3 = 972 \text{ Nm}$$

Изгибочное давление

$$\sigma1 = \frac{9524 \cdot 0.133}{70386050} = 18 \text{ МПа} \quad \sigma2 = \frac{4860 \cdot 0.133}{70386050} = 9.19 \text{ МПа} \quad \sigma3 = 1.84 \text{ МПа}$$

Отклонение $\delta = \frac{Fx(L-x)}{24EIL} [L^2 + x(L-x)]$

$$\delta1 = \frac{9810 \cdot 1.322(5-1.322)}{24200000 \cdot 70386050} [5^2 + 1.322(5-1.322)] = 1.15 \text{ мм}$$

$$\delta2 = 0.924 \text{ мм} \quad \delta3 = 0.185 \text{ мм}$$

Таблица 7

Данные для ручного вычисления

Сила Н	Отклонение мм	Изгибное напряжение МПа
9810	1.150	18.00
5000	0.584	9.19
1000	0.120	1.84

Обсуждение:

В этой работе были сравнены результаты ручных и числовых вычислений (Abaqus). Сравнение показало действительно хорошую корреляцию. Это может наблюдаться из рисунков 6, 7, 8 и 9. Рисунки 6 и 7 иллюстрируют сравнение отклонения на расстоянии 2500 мм и на 1322 мм. Другие два рисунка 8 и 9, иллюстрирует сгибающее давление. Сравнение также показало хорошую корреляцию. Самое большое несоответствие было найдено после проведения параметрического анализа с силой 1000 Н на расстоянии 1322 мм. Было найдено, что сгибающее напряжение равно 2.36 МПа (ручной анализ), в то время как для числового - результат равняется 1.74 МПа. Различие в той отрезке (точке) составляет 26%.

Небольшая разница в сравнении могла появиться от округления чисел при ручном вычислении. Это могло произойти из-за идеализированной структуры в Abaqus. Есть другие источники, которые могли оказать влияние на корреляцию результатов, такие как: граничное условие, размер петли и т.д.

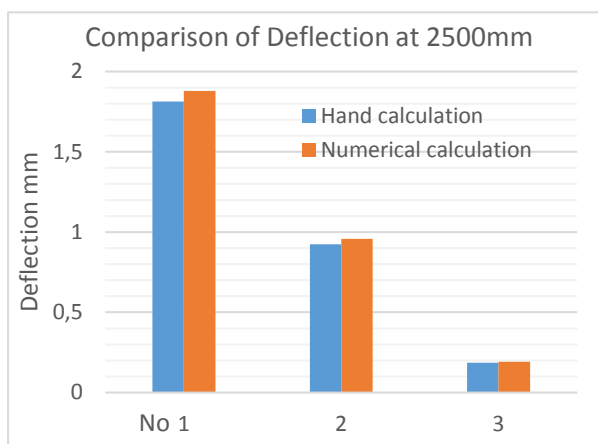


Рис. 6. Сравнение отклонение 2500мм

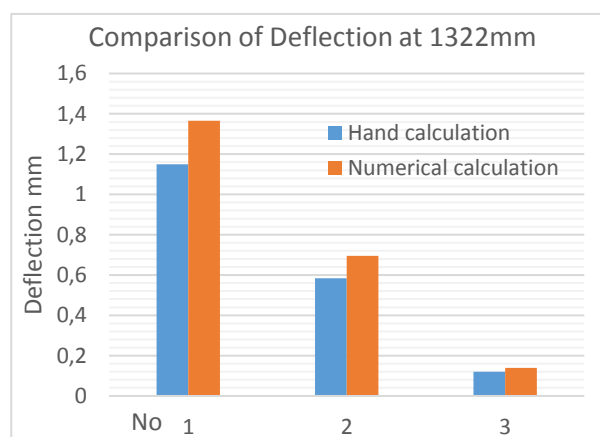


Рис. 7. Сравнение отклонение 1322мм

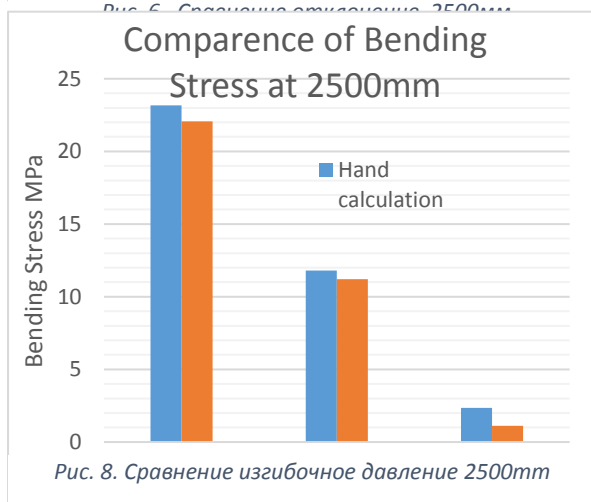


Рис. 8. Сравнение изгибное давление 2500мм

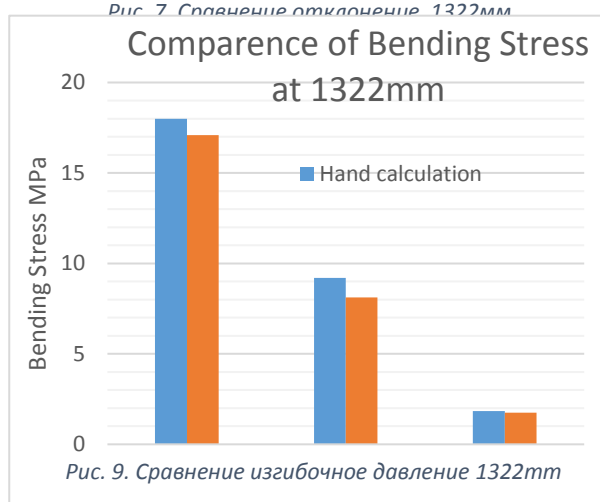


Рис. 9. Сравнение изгибное давление 1322мм

Заключение

В завершении, вышеупомянутые цели были достигнуты и ПО Abacus показал идеальные расчеты по сравнению с анализом ручного расчета. Abacus - надежный инструмент для исследования двутавровой балки.

Литература

[1] Anchorwave.com, A. (2013). *Different Types of Beam Supports Used in Industrial Buildings*. [online] HJ3 Composite Technologies. Available at: <http://www.hj3.com/blog/2013/05/07/types-of-structural-support-beams/> [Accessed 11 Dec. 2015].

[2] Efunfa.com, (2015). *Engineering Fundamentals: Common shapes and there properties the invol area*. [online] Available at: <http://www.efunda.com/math/areas/indexarea.cfm> [Accessed 11 Dec. 2015].

[3] Quora.com, (2015). *Why is an I section commonly used in beam design? - Quora*. [online] Available at: <https://www.quora.com/Why-is-an-I-section-commonly-used-in-beam-design> [Accessed 11 Dec. 2015].

[4] Engineersedge.com, (2015). *Section Modulus Equations and Calculators Common Shapes / Engineers Edge / www.engineersedge.com*. [online] Available at: http://www.engineersedge.com/material_science/section_modulus_12893.htm [Accessed 11 Dec. 2015].

[5] I-Beam, 6. (2015). *6061 Aluminum I-Beam*. [online] Clinton Aluminum. Available at: <http://www.clintonaluminum.com/product/6061-aluminum-i-beam/> [Accessed 11 Dec. 2015].

[6] Structuraldesignbs.blogspot.co.uk, (2015). *Structural Engineering*. [online] Available at: <http://structuraldesignbs.blogspot.co.uk/> [Accessed 11 Dec. 2015].

[7], [8] Gorbел.com, (2015). *Fixed Height Gantry Cranes / Gorbел*. [online] Available at: <https://www.gorbел.com/products/cranes/gantry-cranes/fixed-height-gantry> [Accessed 20 Dec. 2015].