

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIX Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**PROCEEDINGS
of the XIX International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**2024
Астана**

УДК 001

ББК 72

G99

«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» студенттер мен жас ғалымдардың XIX Халықаралық ғылыми конференциясы = XIX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» = The XIX International Scientific Conference for students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024». – Астана: – 7478 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-7697-07-5

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001

ББК 72

G99

ISBN 978-601-7697-07-5

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2024**

3. Kurmanova D., Jaichibekov N., Karpenko A., Volkov K. Modelling and Simulation of Heat Exchanger with Strong Dependence of Oil Viscosity on Temperature // Fluids. -2023.-8. -95.-P.1-18. <https://doi.org/10.3390/fluids8030095>

4. Langtry, R.B.; Menter, F.R. Correlation-based transition modeling for unstructured parallelized computational fluid dynamics codes. AIAA J. 2009, 47, 2894–2906.

5. Coder, J.G.; Maughmer, M.D. Computational fluid dynamics compatible transition modeling using an amplification factor transport equation. AIAA J. 2014, 52, 2506–2512.

УДК 69.04

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РАСЧЕТЕ СВАРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Мелсова Алуа Ерболовна¹, Русланов Бекнур Русланович^{2*},
Сейтжанова Камила Адильхановна³**

^{1,2,3} ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

(e-mail: ruslanovbeknur@yandex.ru *)

Научный руководитель – А. Калиев

Сварные конструкции играют важную роль в современном строительстве – от мостов и зданий до судостроения и автомобильной промышленности. Поэтому их прочностные характеристики должны быть точно рассчитаны и проанализированы. Метод конечных элементов (МКЭ) является одним из самых мощных инструментов для проведения такого анализа. Применяя МКЭ для расчета сварных строительных конструкций, инженеры могут не только предсказать поведение конструкции при различных нагрузках, но и оптимизировать конструкцию, учитывая множество переменных, таких как геометрия, свойства материалов и условия эксплуатации [1].

При этом, моделирование сварных швов имеет свои особенности. Они представляются как эквивалентные плоские элементы (рисунок 1). Такая пластическая модель сварных швов даёт истинные значения напряжений, и необходимости в дальнейшей интерполяции результатов нет. В этом случае больше нет необходимости занижать прочность сварных швов с ломаной осью, швов у неподкреплённых полок и длинных швов. Сварные швы общего вида, использующие пластическое распределение, могут быть непрерывными, частичными или прерывистыми. Непрерывные сварные швы устраиваются по всей заданной грани, частичный сварной шов задаётся так же, но со смещениями в начале и конце, а при задании прерывистых швов можно назначать длины привариваемых участков и зазоры между ними.

Рассмотрим сварную конструкцию, состоящую из двух двутавров, в трех различных вариантах исполнения: с болтовым соединением, сваркой встык и сваркой с накладками из пластин (рисунок 2).

Для каждого типа соединения были разработаны конечно-элементные модели: тип элементов – треугольные трехузловые (рисунок 3). Для конструкции с болтовым соединением число элементов составило 21234 шт., узлов – 43557; со сваркой встык: элементов – 13994, узлов – 27458; со сваркой с накладками: элементов – 14931, узлов – 29574.

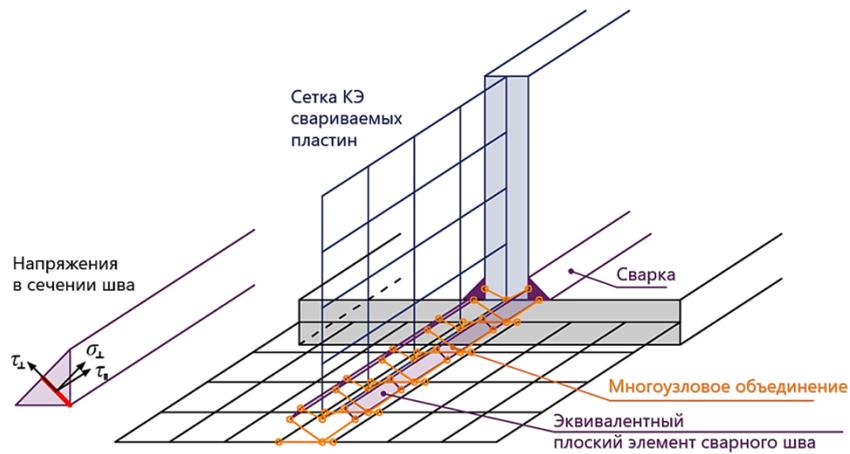
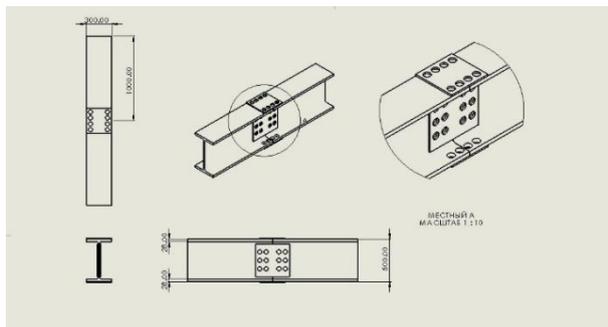
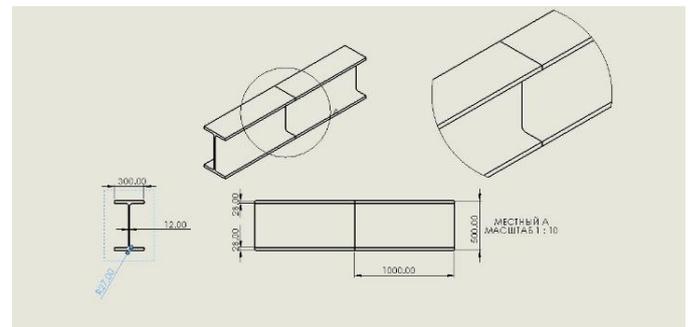


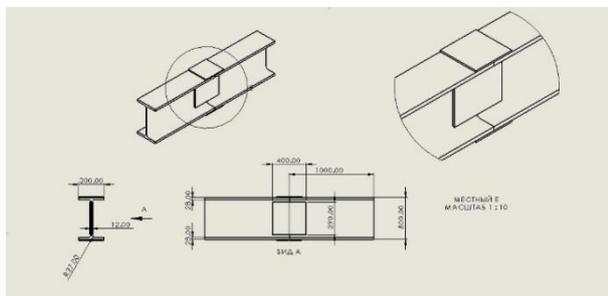
Рисунок 1 – Ограничения между конечными элементами сварки и узлами сетки



а)



б)



в)

Рисунок 2: Схемы соединений строительных конструкций
а – болтовое соединение; б – сварка встык; в – сварка с накладками из пластин

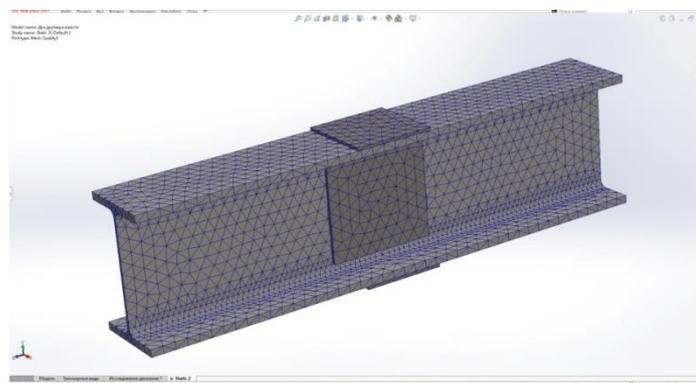


Рисунок 3: Конечно-элементная модель конструкции со сварным швом с накладками

Рассмотрим равновесие двух произвольных смежных конечных элементов (рисунок 4).

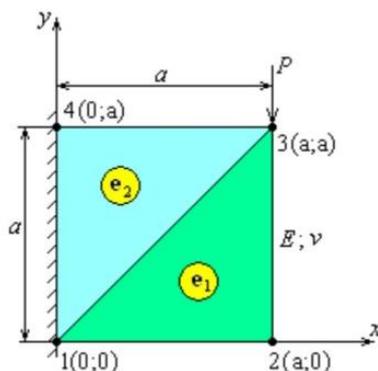


Рисунок 4: Фрагмент конечно-элементной модели

Для данной схемы запишем уравнение [2]:

$$Ku = F, \quad (1)$$

где K – матрица жесткости системы; u – вектор перемещений; F – вектор сил.

Матрица жёсткости элемента e_1 :

$$K_{e1} = \frac{E}{4(1-\nu^2)} \begin{bmatrix} 2 & 0 & -2 & 2\nu & 0 & -2\nu \\ 0 & 1-\nu & 1-\nu & -(1-\nu) & -(1-\nu) & 0 \\ -2 & 1-\nu & 3-\nu & -(1+\nu) & -(1-\nu) & 2\nu \\ 2\nu & -(1-\nu) & 1(1+\nu) & 3-\nu & 1-\nu & -2 \\ 0 & -(1-\nu) & -(1-\nu) & 1-\nu & 1-\nu & 0 \\ -2\nu & 0 & 2\nu & -2 & 0 & 2 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Матрица жёсткости элемента e_2 :

$$K_{e2} = \frac{E}{4(1-\nu^2)} \begin{bmatrix} 1-\nu & 0 & 0 & -(1-\nu) & -(1-\nu) & 1-\nu \\ 0 & 2 & -2\nu & 0 & 2\nu & -2 \\ 0 & -2\nu & 2 & 0 & -2 & 2\nu \\ -(1-\nu) & 0 & 0 & 1-\nu & 1-\nu & -(1-\nu) \\ -(1-\nu) & 2\nu & -2 & 1-\nu & 3-\nu & -(1+\nu) \\ 1-\nu & -2 & 2\nu & -(1-\nu) & -(1+\nu) & 3-\nu \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Матрица жесткости системы:

$$K = \frac{E}{4(1-\nu^2)} \begin{bmatrix} 3-\nu & 0 & -2 & 2\nu & 0 & -(1+\nu) & -(1-\nu) & 1-\nu \\ 0 & 3-\nu & 1-\nu & -(1-\nu) & -(1+\nu) & 0 & 2\nu & -2 \\ -2 & 1-\nu & 3-\nu & -(1+\nu) & -(1-\nu) & 2\nu & 0 & 0 \\ 2\nu & -(1-\nu) & -(1+\nu) & 3-\nu & 1-\nu & -2 & 0 & 0 \\ 0 & -(1+\nu) & -(1-\nu) & 1-\nu & 3-\nu & 0 & -2 & 2\nu \\ -(1+\nu) & 0 & 2\nu & -2 & 0 & 3-\nu & 1-\nu & -(1-\nu) \\ -(1-\nu) & 2\nu & 0 & 0 & -2 & 1-\nu & 3-\nu & -(1+\nu) \\ 1-\nu & -2 & 0 & 0 & 2\nu & -(1-\nu) & -(1+\nu) & 3-\nu \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Подставив в (1), получим:

$$\frac{E}{4(1-\nu^2)} \begin{bmatrix} 3-\nu & 0 & -2 & 2\nu & 0 & -(1+\nu) & -(1-\nu) & 1-\nu \\ 0 & 3-\nu & 1-\nu & -(1-\nu) & -(1+\nu) & 0 & 2\nu & -2 \\ -2 & 1-\nu & 3-\nu & -(1+\nu) & -(1-\nu) & 2\nu & 0 & 0 \\ 2\nu & -(1-\nu) & -(1+\nu) & 3-\nu & 1-\nu & -2 & 0 & 0 \\ 0 & -(1+\nu) & -(1-\nu) & 1-\nu & 3-\nu & 0 & -2 & 2\nu \\ -(1+\nu) & 0 & 2\nu & -2 & 0 & 3-\nu & 1-\nu & -(1-\nu) \\ -(1-\nu) & 2\nu & 0 & 0 & -2 & 1-\nu & 3-\nu & -(1+\nu) \\ 1-\nu & -2 & 0 & 0 & 2\nu & -(1-\nu) & -(1+\nu) & 3-\nu \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ u_3 \\ v_3 \\ u_4 \\ v_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_{x_1} \\ F_{y_1} \\ F_{x_2} \\ F_{y_2} \\ F_{x_3} \\ F_{y_3} \\ F_{x_4} \\ F_{y_4} \end{Bmatrix}. \quad (5)$$

Дальнейшие расчеты производились при помощи программного комплекса SolidWorks. В результате выполненного анализа были получены диаграммы напряжений, позволяющие оценить напряженно-деформированное состояние конструкций (рисунок 5). Расчеты были выполнены при одинаковой внешней вертикальной нагрузке 20 кПа для всех трех случаев конструктивного исполнения.

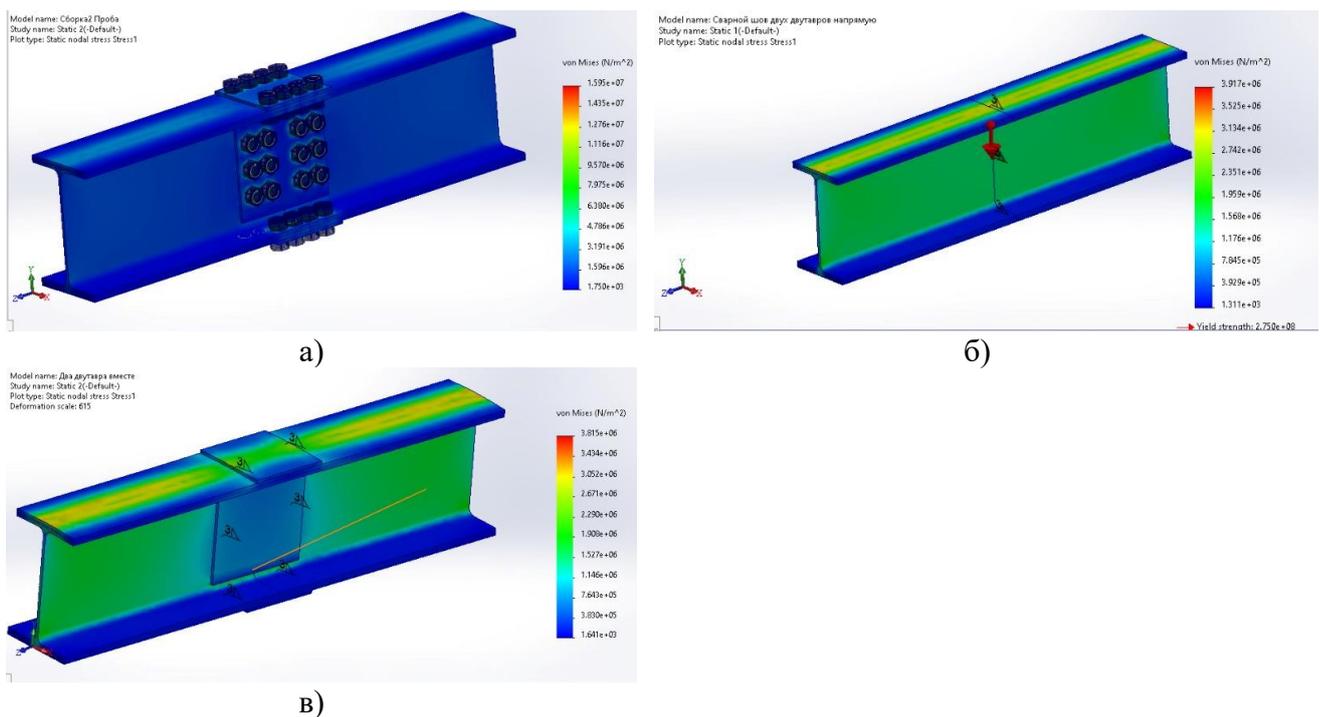


Рисунок 5: Диаграммы напряжений

а – болтовое соединение; б – сварка встык; в – сварка с накладками из пластин

Как показали расчеты, при болтовом соединении максимальное напряжение составило 159 МПа, при сварке встык – 39 МПа, при сварке с накладками – 38 МПа. Таким образом, наименее нагруженным показал себя третий вариант конструктивного исполнения соединения двух двутавров: сварка с накладками из пластин.

Список использованных источников

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 542 с.
2. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимации. – М.: Мир, 1986. – 318 с.