

## К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS ДЛЯ РЕШЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ЗАДАЧ В СОЕДИНЕНИЯХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Зинкевич И.В., Сидорук К. С.

**ВВЕДЕНИЕ.** В последнее время, особенно после введения в действие на территории РБ Европейских норм для проектирования стальных конструкций, возникает необходимость определения несущей способности отдельных элементов и деталей на основе испытаний [1]. Это не всегда возможно, особенно в условиях реального проектирования. Примером сказанного может служить определение сопротивления вытяжных заклепок срезу. В этих условиях, альтернативой видится проведение численного моделирования работы таких элементов под нагрузкой. Хотя и данная задача не является простой и предусматривает наличие контакта между различными телами, но подобного рода задачи часто встречаются в машиностроении. Наиболее подходящим инструментом для решения задач подобного рода является ANSYS.

### *Моделирование соединений на вытяжных заклепках*

Для построения численной модели сжатых стержней вычислительный комплекс ANSYS v 16.1. Этот комплекс позволяет решать задачи механики методом конечных элементов (FEM) в нелинейной постановке.

Моделирование соединения производилось объёмными тетраэдрическими конечными элементами. Для описания упруго-пластических свойств материала использовалась билинейная диаграмма (диаграмма Прандля с упрочнением). На рисунке 1 представлена геометрическая модель соединения.

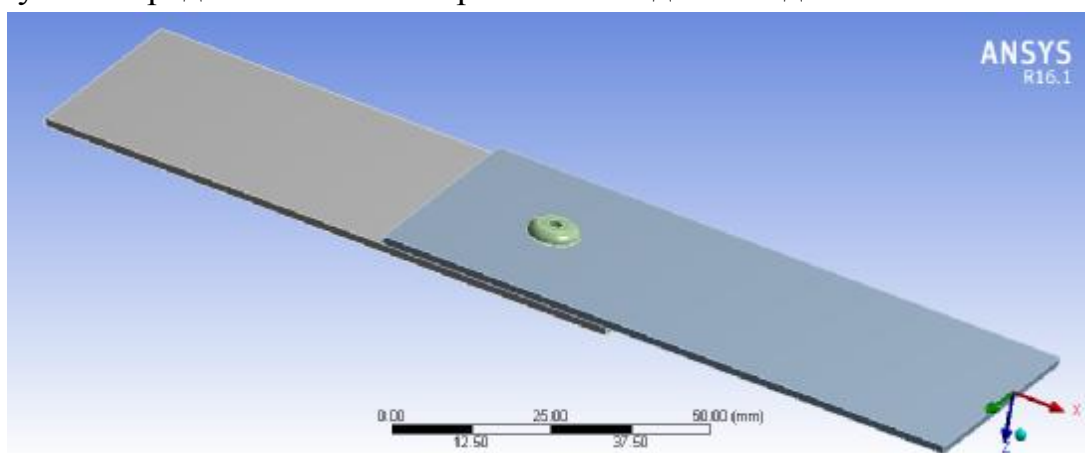
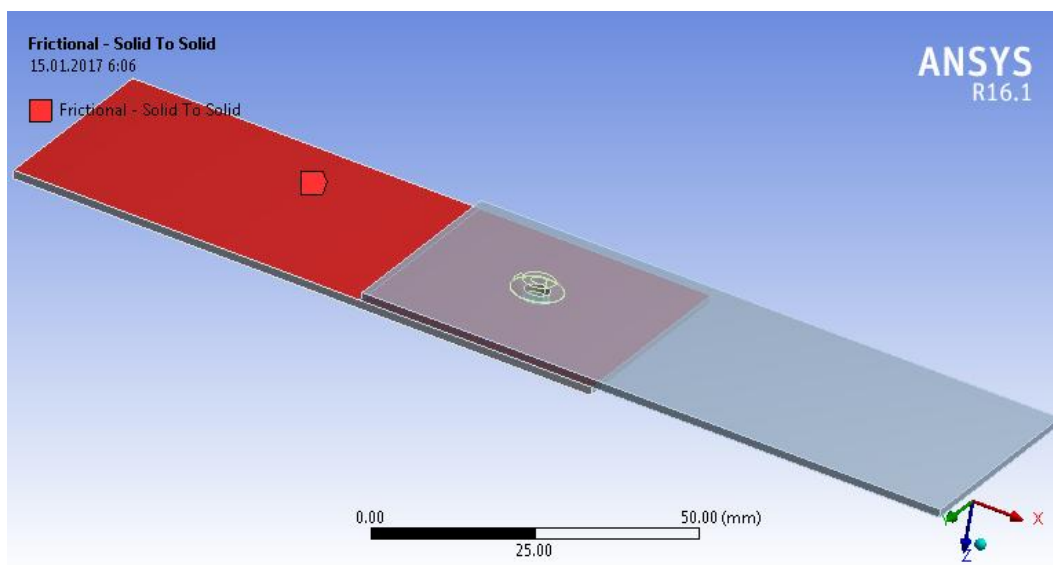


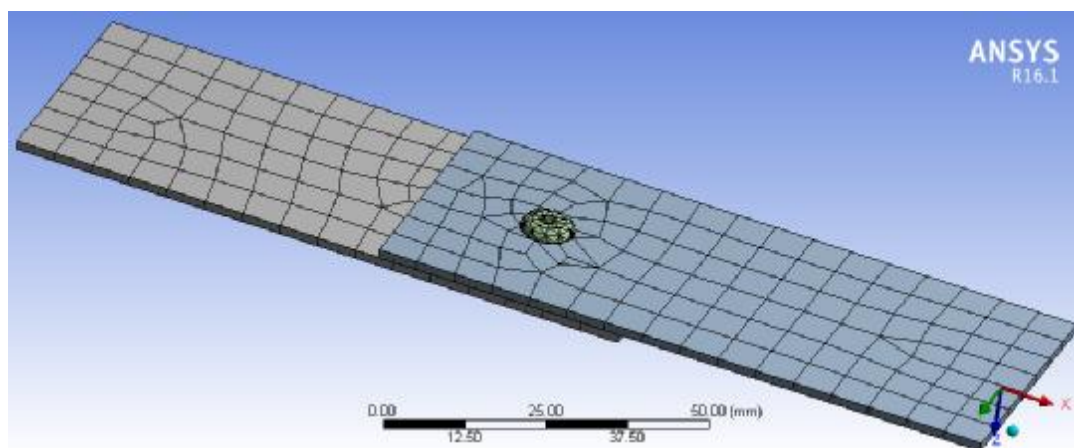
Рисунок 1 – Геометрическая модель соединения

Контакт соединяемых элементов описывался специальными контактными поверхностями. Пример контакта листов приведен на рисунке 2.

Разбивка модели на конечные элементы производится программой автоматически. Для более точного решения сетка заклепки сгущается. Конечно-элементная модель представлена на рисунке 3.

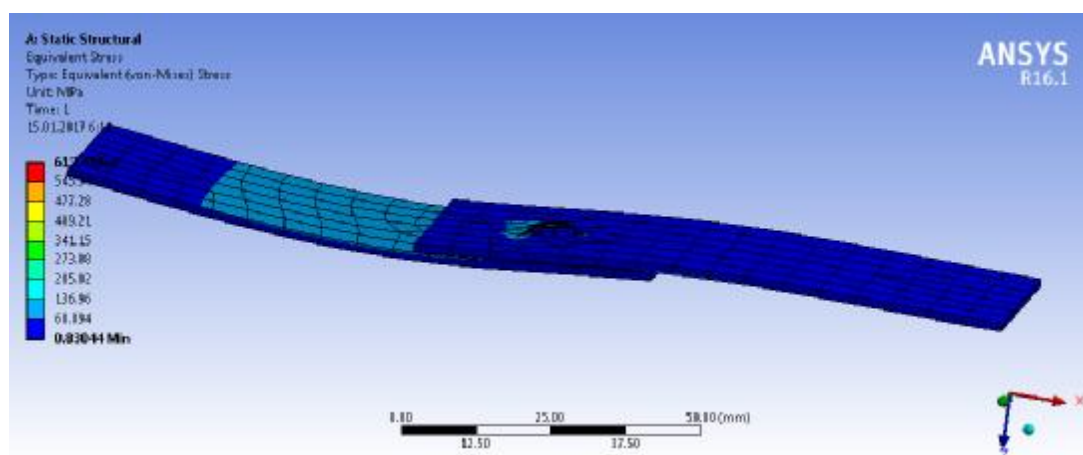


**Рисунок 2 – Пример контактной поверхности**



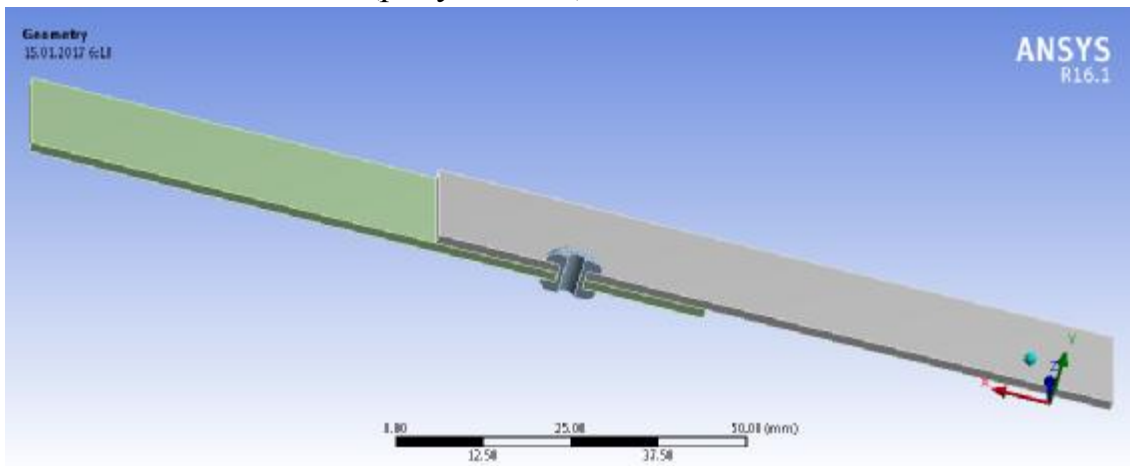
**Рисунок 3 – Конечноэлементная модель**

На рисунке 4 приведена деформированная модель с изополями эквивалентных напряжений Мизеса.

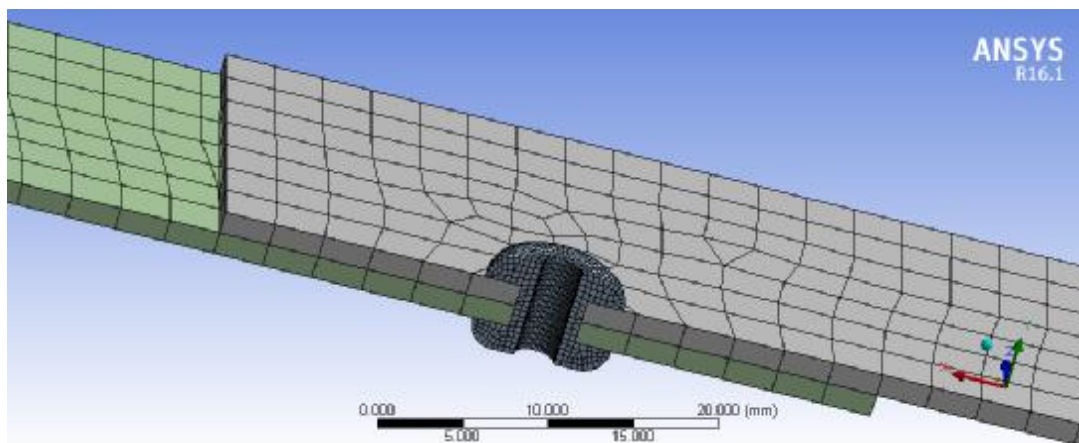


**Рисунок 4 – Деформированная модель с изополями эквивалентных напряжений**

Для сокращения времени расчетов в физически-нелинейной постановке и повышения наглядности, в дальнейшем использовалась симметрия и рассматривалась половина модели (рисунок 5, 6).

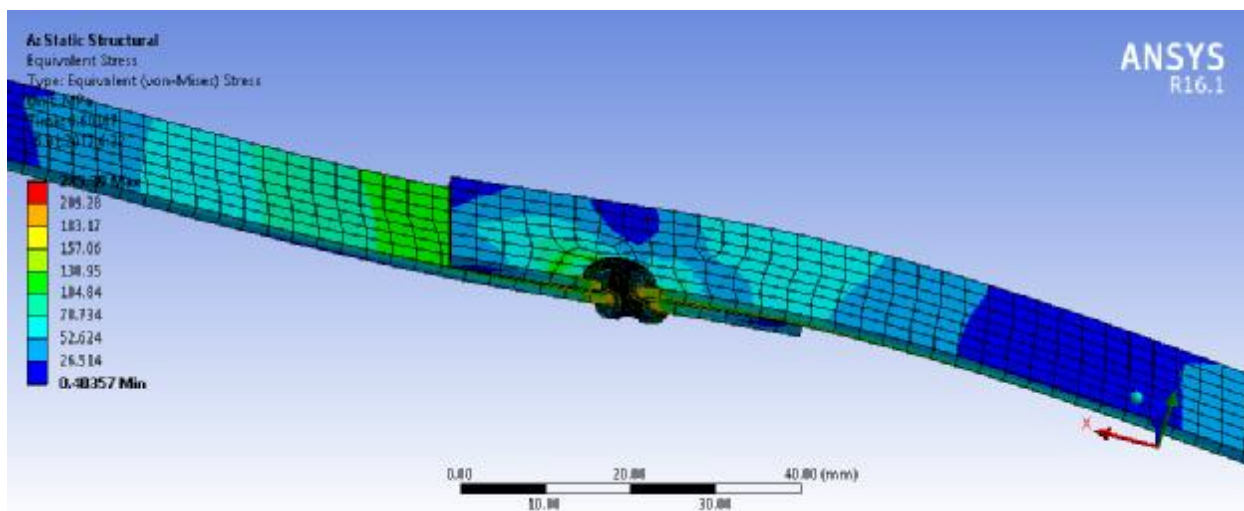


**Рисунок 5 – Геометрическая модель с использованием симметрии**



**Рисунок 6 – Конечноэлементная модель с использованием симметрии**

Некоторые характерные результаты расчета для нагрузки, предшествующей разрушению модели (0.60167 от приложенной нагрузки от нуля до максимума 2200 Н) приведены на рисунках 7-9.



**Рисунок 7 – Деформированная модель в предельном состоянии**

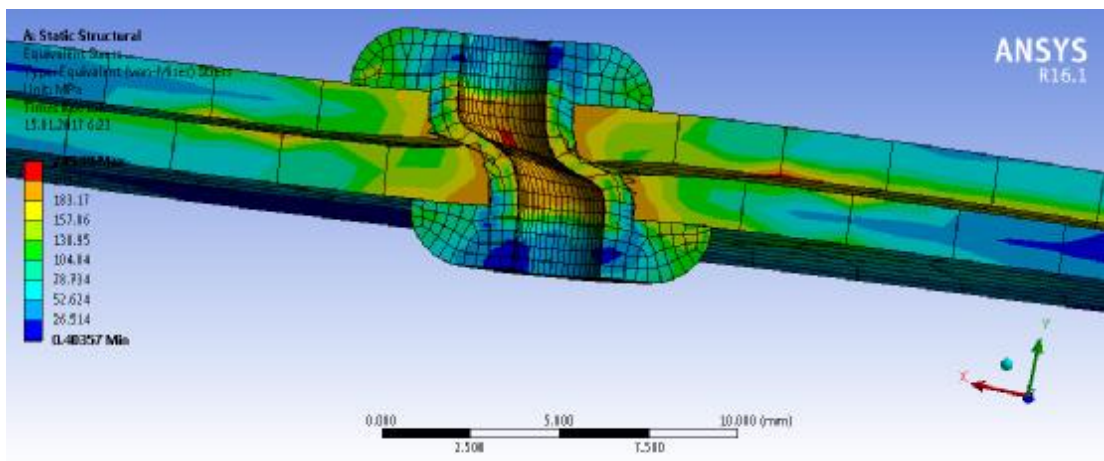


Рисунок 8 – Эквивалентные напряжения в предельном состоянии

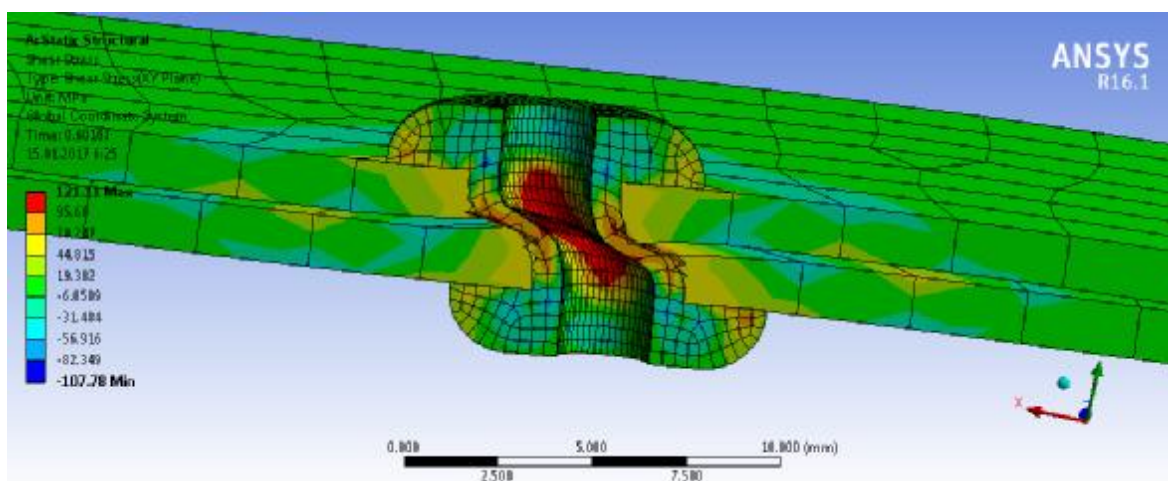


Рисунок 9– Перерезывающие напряжения в предельном состоянии

На рисунке 10 приведена диаграмма усилие-деформация.

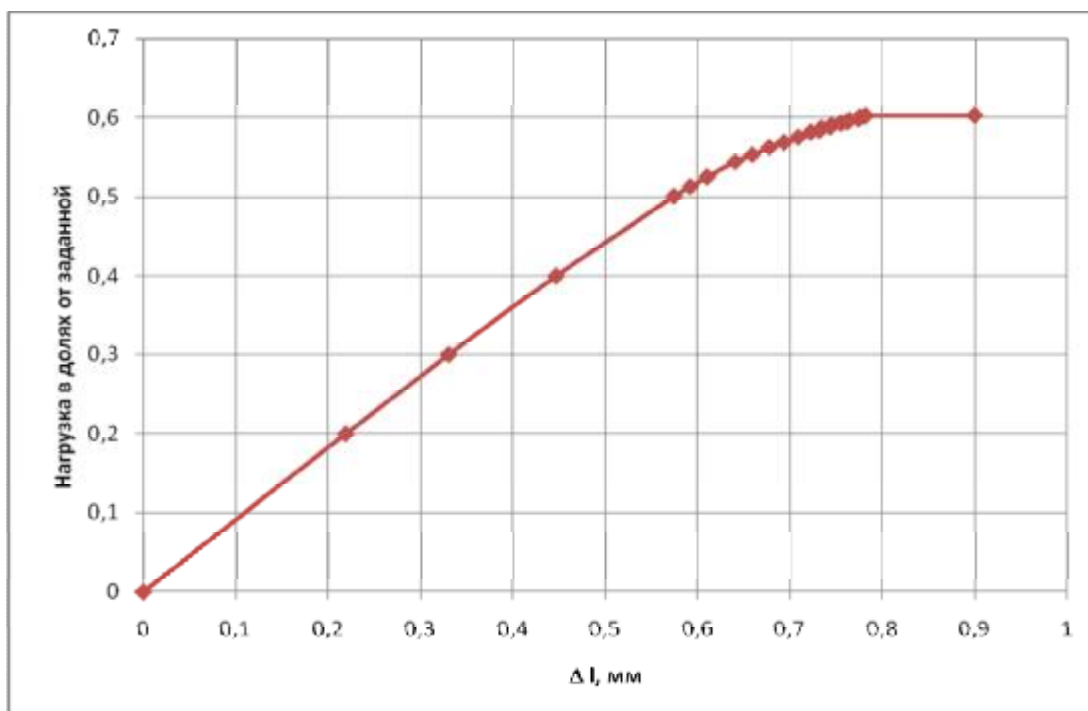


Рисунок 10– Диаграмма усилие – перемещение

Таким, образом, предельное усилие, воспринимаемое заклепкой из условия среза составило 1320 Н. Усилия, при которых разрушались такие заклепки из-за среза, полученные в результате испытаний, приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ образца	Диаметр, мм	Толщина скрепляемого материала, мм		$N_{max}$ , Н	$\delta_{max}$ , мм	Тип отказа при $N_{max}$
	d	t1	t			
1	3	4	5	9	10	11
1	4.0	1.35	1.35	2159	3.21	срез
2	4.0	1.35	1.35	2314	2.55	срез
3	4.0	1.35	1.35	2060	3.22	срез
4	4.0	1.35	1.35	2056	2.81	срез
5	4.0	1.0	1.0	2064	2.46	срез
6	4.0	1.0	1.0	1985	2.55	срез
7	4.0	1.0	1.0	2059	2.3	срез

Из анализа результатов видно достаточно удовлетворительное их соответствие. Более высокие значения экспериментальных усилий могут быть объяснены упрощенной диаграммой деформирования стали, принятой в расчетах, а также вливанием оставшейся части сердечника заклепки.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ТКП EN 1993-1-3-2009. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-3. Общие правила. Дополнительные правила для холодноформованных элементов и профилированных листов. – Минск: МАиС РБ, 2010. – 114 с.