

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И ПРОЧНОСТИ ТРЕХСЛОЙНЫХ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ С ДЕФЕКТАМИ

Баранчик А. В., Баранчик В. Г.

Трехслойные конструкции, состоящие из жестких и прочных несущих слоев (металлических обшивок) и легкого заполнителя, обычно минераловатных или пенополистирольных плит, широко применяют при строительстве зданий и сооружений любого назначения. Применение в качестве обшивок стальных листов существенно повышает эффективность таких конструкций.

Одной из проблем при изготовлении трехслойных сэндвич-панелей является наличие значительных технологических дефектов типа «непроклея», обусловленного нарушениями технологического цикла.

Исследованию влияния дефекта в виде «непроклея» на прочностные характеристики конструкций сэндвич-панелей посвящено значительное количество работ, однако общепринятых моделей и методов для расчета этих конструкций пока не существует.

В настоящей статье предложено использовать многомасштабную модель для расчета сэндвич-панелей при анализе прочности при наличии дефектов. Кроме того, предлагается развитие этой модели за счет макроскопических дефектов типа «непроклея» слоев.

В качестве заполнителя трехслойных панелей чаще всего используют пенополистирольные или ориентированные минераловатные плиты, имеющие структуру, близкую к периодической. Их ячейка периодичности включает в себя два компонента: непосредственно материал и пустоты, окружающие его.

С помощью разработанной модели в программном комплексе ANSYS были проведены численные расчеты напряженно-деформированного состояния и разрушения сэндвич-конструкции типа пластины при изгибе равномерным давлением. Закрепление торцов расчетной модели – пластины назначено как шарнирное. Пластина содержала дефект типа «непроклей» одной из обшивок. Форма дефекта – круговая. Величина площади дефекта составила 10% от площади срединной поверхности пластины. Длина пластины 3000 мм; толщина пластины 101 мм (толщина обшивок $2 \times 0,5 = 1,0$ мм; толщина заполнителя 100 мм).

На боковых торцах по направлению было задано нулевое значение угла поворота нормали пластины, продольного перемещения и прогиба.

В качестве обшивок модели конструкции трехслойной панели была выбрана сталь толщиной 0,5 мм. При моделировании использовались справочные данные характеристик материалов слоев панели, предоставленные производителем.

На рисунках 1–3 представлены полученные результаты решения задачи для трехслойной конструкции с дефектом типа «непроклей» площадью 10%, расположенным в центре пластины.

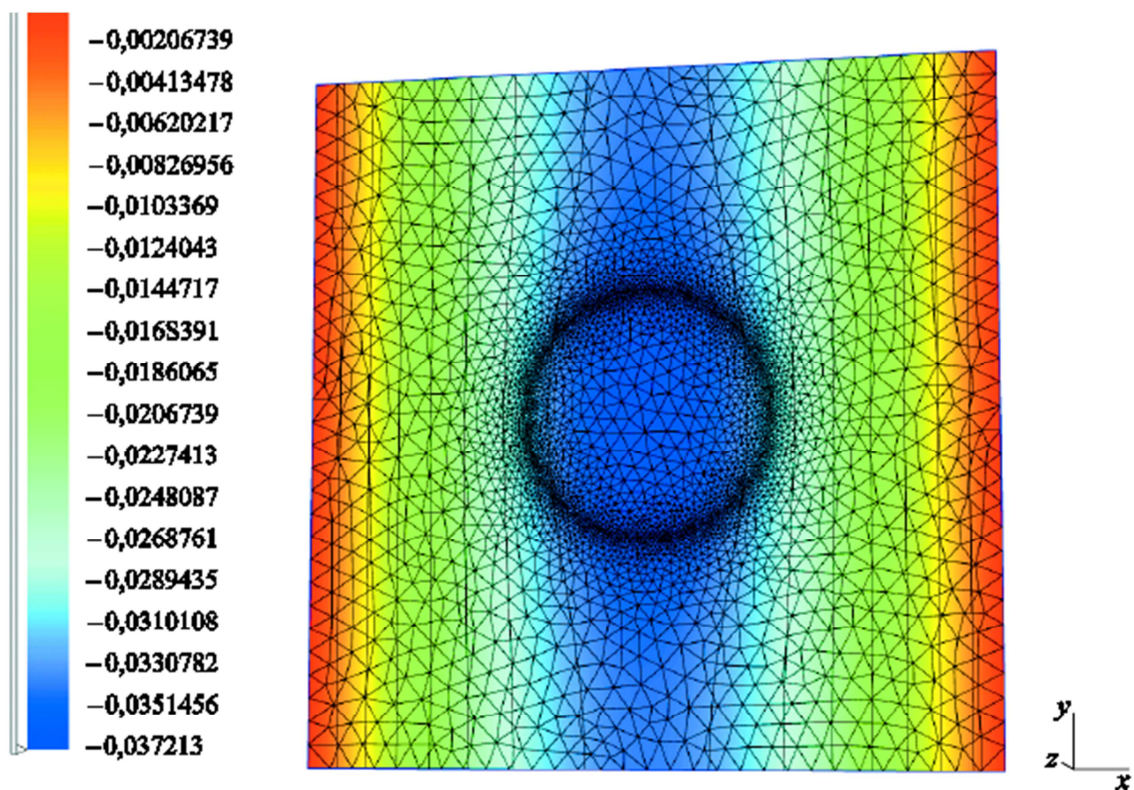


Рисунок 1 – Распределение деформаций в трехслойной пластине с дефектом типа «непроклей» при изгибе

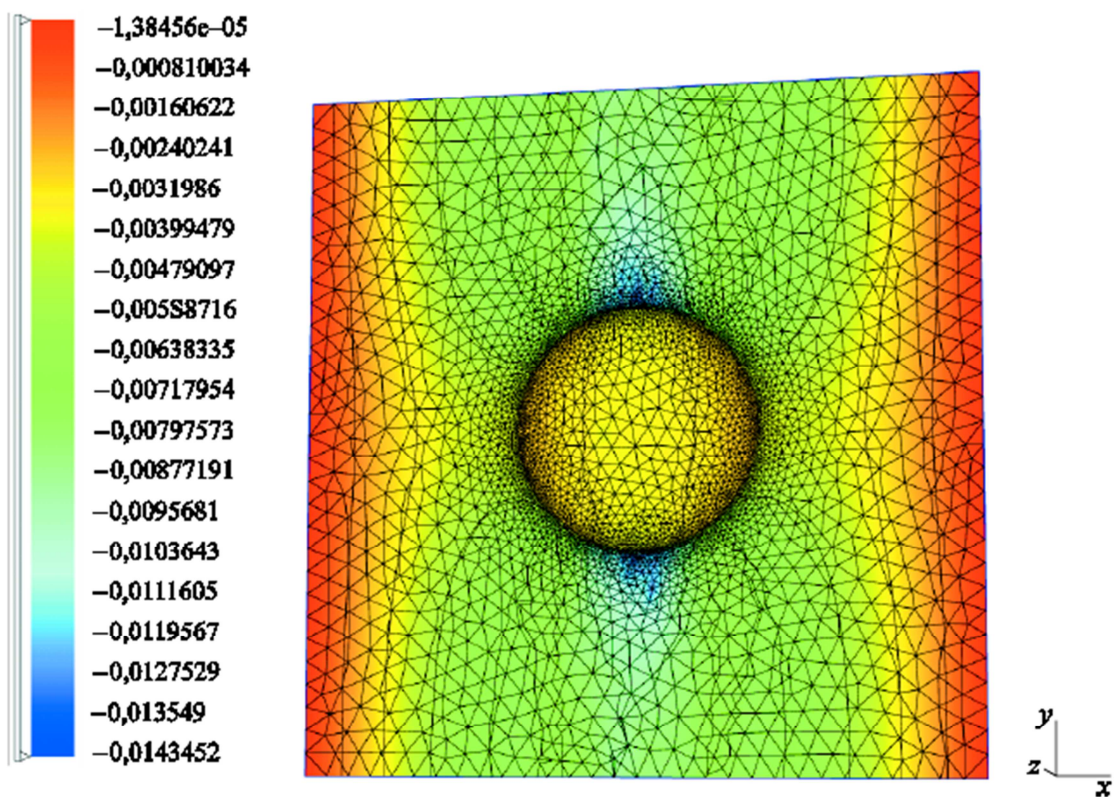


Рисунок 2 – Распределение нормальных напряжений при изгибе в ГПа на внешней поверхности трехслойной пластины с дефектом типа «непроклей»

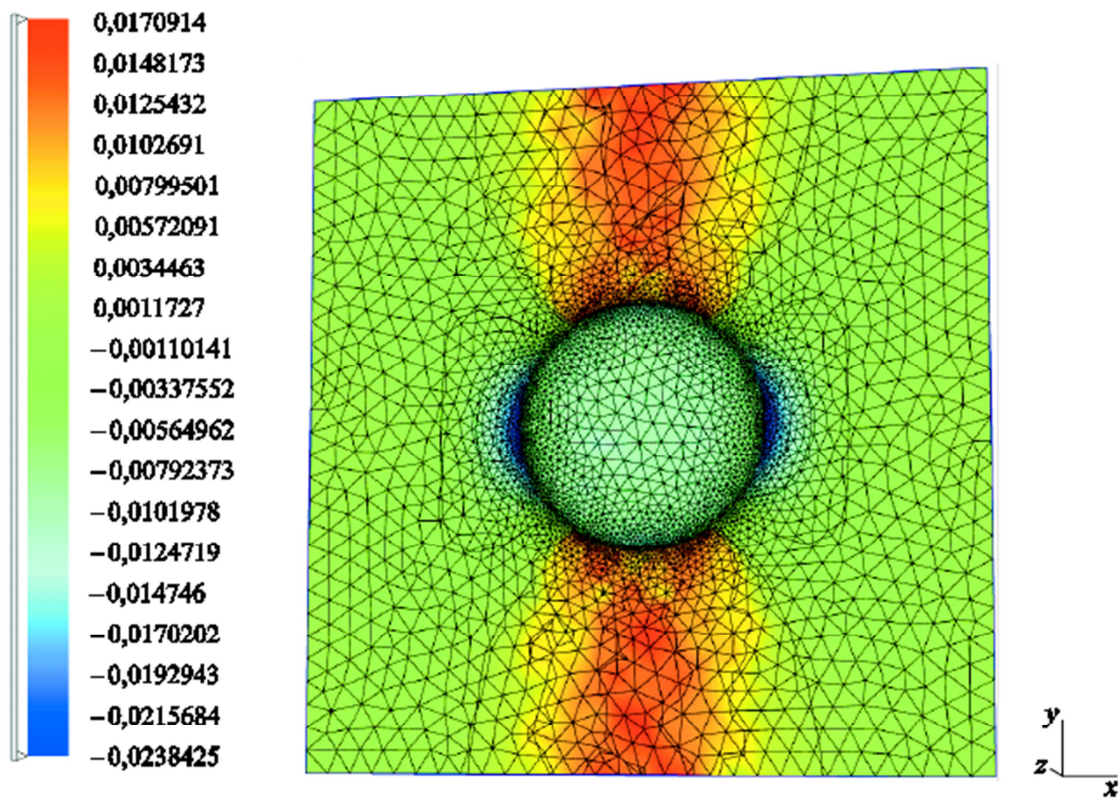


Рисунок 3 – Распределение касательных напряжений в ГПа на внешней поверхности трехслойной пластины с дефектом типа «непроклей»

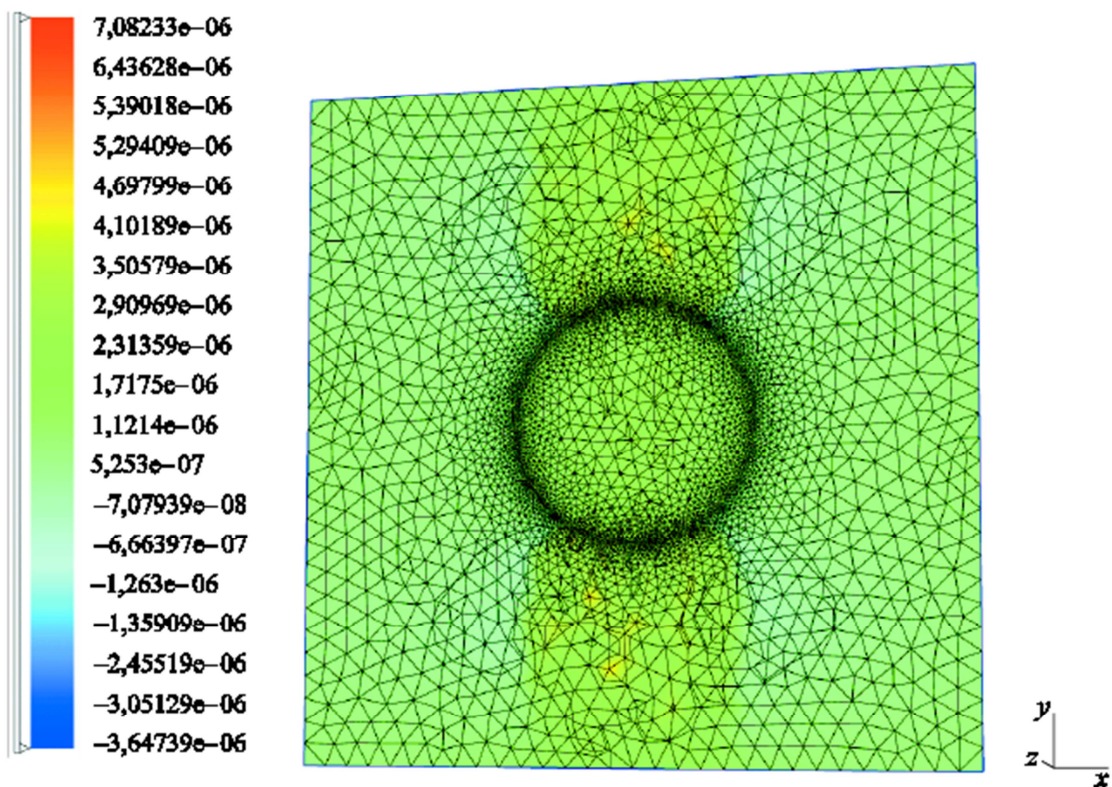


Рисунок 4 – Распределение нормальных напряжений в ГПа на срединной поверхности трехслойной пластины с дефектом типа «непроклей»

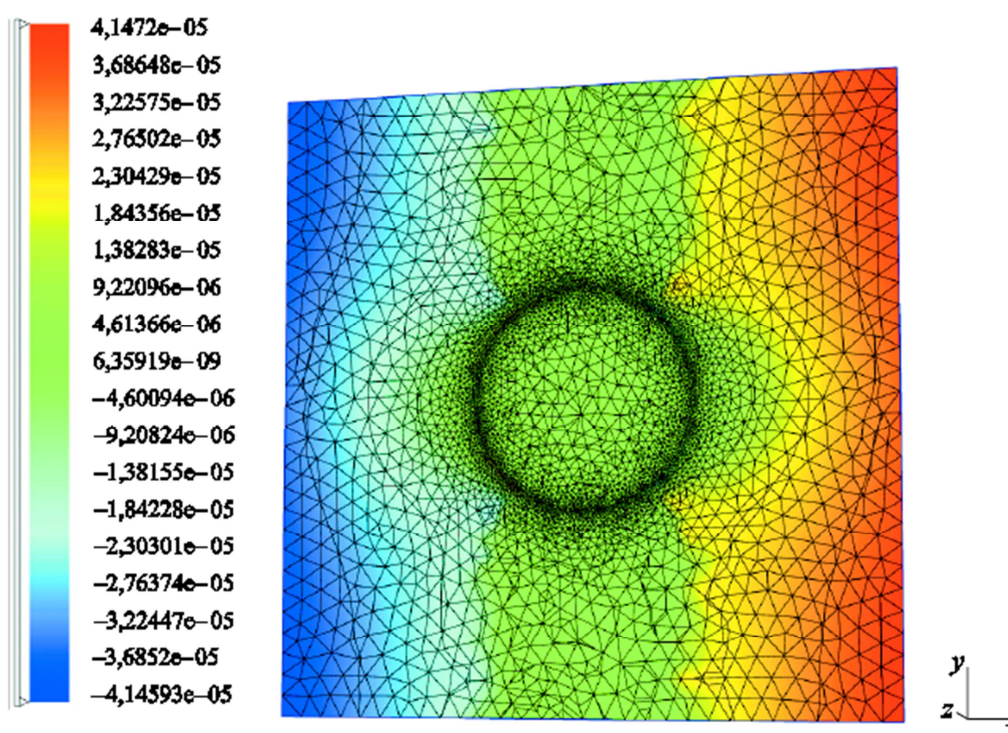


Рисунок 5 – Распределение касательных напряжений в ГПа на срединной поверхности трехслойной пластины с дефектом типа «непроклей»

На диаграммах показано распределение деформаций и напряжений при нагрузке, соответствующей примерно 50% от предельного значения, при котором происходит полное разрушение.

Нормальные и касательные напряжения существенно изменяют свое распределение по пластине при появлении дефекта. В окрестностях дефекта возникает концентрация напряжений, приводящая к повышению значений этих напряжений: максимальные значения нормальных напряжений в верхнем слое пластины увеличиваются с 9,7 до 14,34 МПа; касательные напряжения увеличиваются в центре пластины, в окрестности дефекта, от 7,2 до 23,8 МПа.

Нормальные напряжения на срединной поверхности имеют максимум в окрестностях дефекта и при наличии дефекта увеличивают свое максимальное значение от 0,0006 до 0,007 МПа. Касательные напряжения в плоскости пластины при наличии дефекта имеют поле концентрации в окрестности дефекта, возрастая с 0,053 до 2,27 МПа. Напряжения межслойного сдвига (касательные напряжения) имеют максимум на торцах пластины, их значения при наличии дефекта возрастают с 0,00222 до 0,041 МПа.

При дальнейшем увеличении значения нагрузки происходит разрушение заполнителя вначале в зоне стыка с обшивками, а затем – по всей толщине пластины.

Полное разрушение слоя заполнителя влечет за собой исчерпание значения несущей способности пластины, хотя полного разрушения обшивок не происходит. Наличие дефекта приводит к снижению предельного значения нагрузки, которую выдерживает пластина, примерно на 17%.

Заключение. В результате метода конечно-элементного моделирования напряженно-деформированного состояния и разрушения трехслойных пластин с обшивками из стальных листов с дефектом типа «непроклей» при изгибе,

установлены особенности процесса деформирования и повреждаемости данного типа конструкций.

Разработанная методика может быть применена для расчета деформирования и разрушения трехслойных пластин, применяемых в строительстве.

Список цитированных источников

1. D'Ottavio, M. Bending analysis of composite laminated and sandwich structures using sublaminated variable-kinematic Ritz models / M. D'Ottavio, L. Dozio, R. Vescovini, O. Polit // Composite Structures. – 2016. – Vol. 155.

2. An, H. Optimal design of composite sandwich structures by considering multiple structure cases / H. An, S. Chen, H. Huang // Composite Structures. – 2016. – Vol. 152.

3. Scott Burton, W. Assessment of computational models for sandwich panels and shells / W. Scott Burton, A.K. Noor // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. – 1995. – Vol. 124.

4. Димитриенко, Ю.И. Многомасштабное конечно-элементное моделирование трехслойных сотовых композитных конструкций / Ю.И. Димитриенко, Н.Н. Федонюк, Е.А. Губарева, С.В. Сборщиков, А.А. Прозоровский // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2014. – № 7.

УДК 691.87

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТОНКОСТЕННЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Бочарова Н. В., Уласевич В. П.

Аннотация: Конструкции из тонкостенных холодногнутых профилей требуют правильного выбора их расчетной модели, учитывающей особенности работы исследуемой конструкции и дающей результаты, которые близки к реальному поведению системы, поскольку малая толщина стенки элементов конструкции изменяет их поведение под нагрузкой. В отличие от стержней сплошного сечения, имеющего в поперечных направлениях весьма высокую жесткость сечения, тонкостенный стержень можно представить в виде набора тонкостенных элементов, изгибная жесткость которых весьма мала. При воздействии на тонкостенный стержень поперечных нагрузок происходит весьма существенная деформация тонкостенных элементов, составляющий контур его сечения, в результате чего его уже нельзя пренебречь при оценке НДС.

Annotation: Cold-formed thin-walled structures require a correct choice of their design model to allow for the peculiarities of the structure being designed to be taken into account in order to obtain the analysis results that are as close to the actual behavior of the system as possible, since the web's thinness of structural elements affects their behavior under loading. Unlike solid rods, which have a very high cross-sectional rigidity in the transverse directions, a thin-walled rod can be represented as a set of thin-walled elements, the flexural rigidity of which is very small. Under transverse loading, a very significant deformation of thin-walled elements, forming the contour of the bar's cross-section, takes place, as a result of which it can no longer be neglected in the stress-strain analysis of the bar.

Введение. Конструкции из холодноформованных элементов хорошо зарекомендовали себя при строительстве малоэтажных жилых и гражданских зданий, магазинов, торговых павильонов, надстроек и пристроек существующих зданий и сооружений. Они имеют ряд преимуществ: легкий вес, быстроту изготовления, высокую скорость строительства, круглогодичность монтажа, но