

## НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СЛОЖНЫХ СВАРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Малакей А.Н.<sup>1</sup>, Рикунев О.Н.<sup>2</sup>, Шаталов О.Е.<sup>3</sup>, Головченко В.И.<sup>4</sup>,  
Ткачук А.В.<sup>5</sup>, Борисенко С.В.<sup>5</sup>, Киричук Д.В.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>ГП «Завод им. Малышева», <sup>2</sup>Национальная академия Национальной  
гвардии Украины, г. Харьков,

<sup>3</sup>НАСВ имени гетмана Петра Сагайдачного, г. Львов,

<sup>4</sup>НТК ЧАО «АзовЭлектроСталь», г. Мариуполь,

<sup>5</sup>Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Широкий класс ответственных элементов машин, сооружений и оборудования представляет собой сложные сварные пространственные тонкостенные конструкции. Это, например, емкости для хранения и перевозки топлива, газа или нефтепродуктов, рамы ветроэнергетических установок большой единичной мощности, бронекорпуса легкобронированных машин, силовые элементы кранов и перегружателей и т.п. Основным объединяющим проблемным вопросом для этих конструкций является их сложная геометрическая форма в целом, а также сложная форма и большое количество отдельных фрагментов, сваркой которых образуется единый конструктив. Соответственно, при проектных исследованиях данных объектов требуется обосновать их конструктивные схемы и параметры, которые обеспечивают как общую прочность, так и прочность материала сварных швов. Это составляет содержание актуальной и важной научно-практической задачи, решение которой – цель и содержание данной работы.

Исходя из того, что материал свариваемых фрагментов и материал сварочного шва имеют близкие физико-механические, но сильно отличающиеся механические свойства, для решения поставленной задачи предлагается следующий подход. Задача решается в два этапа. На первом этапе строится конечно-элементная модель (КЭМ) объекта, однородная по свойствам материала. Это означает, что внутренние границы конечных элементов (КЭ) могут быть произвольными, в т.ч. – пересекающимися сварной шов или его часть. Соответственно, можно производить моделирование напряженно-деформированного состояния на основе тонкостенных 2D или 1D конструктивов, т.е. с применением КЭ типа Shell или Beam. Благодаря такому подходу удается резко снизить размерность создаваемой КЭМ исследуемого объекта и, соответственно, сроки и стоимость проектных исследований. Но, учитывая наличие сварных швов, на втором этапе оценка прочностных характеристик проводится отдельно для основного материала и материала сварных швов. Естественно, что при этом предполагается, что и основной материал детали, и материал сварного шва находятся в пределах упругой деформации. Для практических случаев это приводит к требованию выполнения ограничения на уровни напряжений в этих частях конструкции. В итоге, применяя предложенный подход, а именно объединяя в «монолит» исследуемый объект на первом этапе и «сепарируя» – на втором, получаем значительную экономию времени численных исследований при сохранении их приемлемой точности.