

# Численное моделирование вертикального стального резервуара для хранения нефти

ЧЕПУР ПЕТР ВЛАДИМИРОВИЧ

*Тюменский государственный нефтегазовый университет (Тюмень), Россия*  
e-mail: chepur\_p\_v@mail.ru

Вертикальные цилиндрические сварные резервуары — широко используемые сооружения для хранения товарной нефти. Многолетний опыт эксплуатации резервуаров подтверждает имеющиеся случаи разрушения металлоконструкций РВС в узле сопряжения стенки и днища, приводящие, как правило, к утечке нефти и, как следствие, к значительным материальным затратам, ущербу экологии. Поэтому исследования особенностей работы конструкций резервуаров под различными сочетаниями нагрузок, оценка напряженно-деформированного состояния стенки в зоне нижнего узла позволят обеспечить повышение эксплуатационной надежности вертикальных стальных резервуаров.

Автором предлагается численная модель вертикального стального резервуара РВС-20000. Расчетная схема включает в себя действие гидростатической, ветровой нагрузок, а также учитывается вес снегового покрова кровли. В предложенной модели принимается условие абсолютно жесткого защемления стенки в уторном шве (fixed support), кровля не защемляется. Геометрическая модель резервуара строится в соответствии со значениями, принятыми в типовом проекте для РВС-20000 (ТП 704-1-60). Для задания гидростатической нагрузки выбираются параметры высоты взлива нефти, плотности. Значение ветрового давления принимается в соответствии с СП 20.13330.2011. В предложенной расчетной схеме моделируется конструкция кольца жесткости и кровли. Все силы, рассмотренные в расчетной схеме, прикладываются одновременно. Материал металлоконструкций — сталь конструкционная низколегированная 09Г2С с пределом текучести  $\sigma_{0,2} = 300$  МПа.

Для построения конечно-элементной сетки выбран элемент SHELL181, имеющий ряд особенностей присущих тонкостенным оболочкам, к которым относится конструкция стенки РВС. Плотность генерируемой сетки влияет на погрешность в вычислениях, поэтому определение оптимальных параметров сетки во многом определяет точность расчетов. В узлах сопряжения предлагается сгущать конечно-элементную сетку. В постпроцессорной обработке результатов получены значения эквивалентных напряжений, матрица перемещений.

Максимальные радиальные перемещения стенки согласно численному решению в программном комплексе ANSYS находятся на высоте 105 мм от уторного шва резервуара и составляют 18,2 мм. В случае аналитического решения максимальные перемещения находятся на высоте 107 мм и составляют 17,8 мм. Разница в полученных результатах составляет 1,8%. Таким образом, предложенную модель можно считать адекватной, т.к. отличие от аналитического решения составило не более 2%. Данная расчетная схема и полученная модель будут использованы автором для более сложных исследований, а именно для расчета неравномерной осадки резервуаров в неосесимметричной постановке с различными влияющими факторами.