

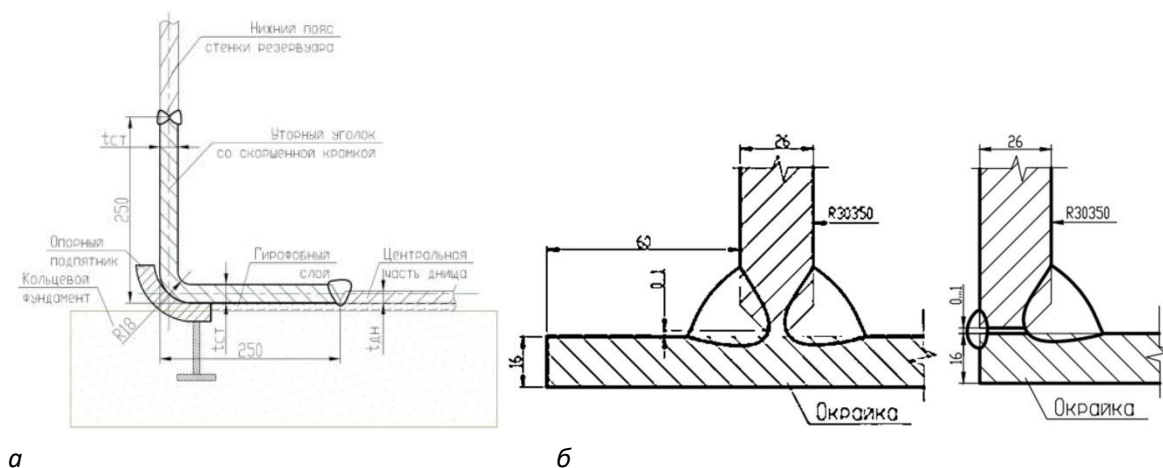
МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА СОПРЯЖЕНИЯ СТЕНКИ С ДНИЩЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА

М. Р. ТЕРЕГУЛОВ, В. К. ТЯН

Самарский государственный технический университет,
Самара, Россия

В соответствии с различными оценками, совокупная мощность резервуарных ёмкостей на территории России составляет 80–90 млн куб. м. Значительная часть из них, сосредоточена в компании «Транснефть», в которых может храниться свыше 24 млн куб. м. нефти и нефтепродуктов [1]. Эксплуатация такого парка резервуарных ёмкостей связана с постоянным поддержанием показателей безопасности и надёжности в допустимых пределах, посредством проведения плановых комплексных обследований и проведением различного рода восстановительных ремонтов. В соответствии с данными многочисленных отчётов по оценке технического состояния и результатов технической диагностики, выявлено, что большинство инцидентов, отказов и аварий в вертикальных стальных резервуарах (РВС) наблюдается в наиболее нагруженной зоне – уторном сварном шве [2].

Для снижения уровня концентраций напряжений в самой нагруженной части резервуара в работе предлагается использование модернизированной конструкции уторного узла в виде вальцованного по радиусу уголка стандартного проката для резервуаров объемом до 30 000 м³ и индивидуального исполнения для объема более 30 000 м³. Доработка наружной поверхности уголка под опорную поверхность подпятника, устраиваемого в фундаменте, выполняется на заводе резервуарных металлоконструкций. Окрайка дна соединяется с нижней полкой уголка стыковым заводским швом с полным проваром (см. рис. 1а).



а – модернизированная конструкция сопряжения стенки с дном РВС;

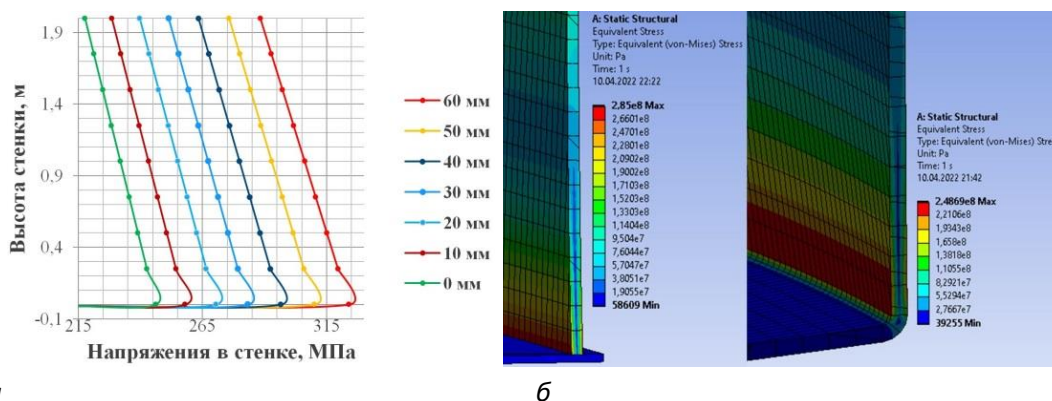
б – расчётные схемы стандартного узла и узла с нулевым вылетом

Рисунок 1. – Модернизированная и стандартная конструкция сопряжения стенки с дном

Модифицированная конструкция узла, в отличие от стандартного исполнения (по ГОСТ 31385) обеспечивает дополнительное вращение под действием нагрузки, что позволяет увеличить плавность и контролируемость деформации под действием гидростатической нагрузки и снизить амплитуду напряжений. Скруглённая внешняя часть модифицированного уголка

воспринимает нагрузки при взливе продукта за счёт расположения точки опоры на пересечении средних линий листов днища и стенки. Опорная часть воспринимает нагрузки, как в меридиональном, так и в радиальном направлениях.

Для аналитического обоснования рассмотрим схемы конструкции модернизированного и стандартного уторного узла с интервалом выступа окрайки днища от 60 до 0 (см. рис. 1 б), на примере РВСП-50000 выполненного по типовому проекту компании «Транснефть» [4]. Выступ окрайки равный 0 мм будет соответствовать упрощённой расчётной схеме модернизированного узла и может быть решён по известному дифференциальному уравнению изгиба балки на упругом основании, решённым методом сил, с учётом теории о совместности деформации [5], с учётом коэффициента жёсткости основания, принимаемого для железобетонного фундамента под опорной поверхностью уторного узла (см. рис. 2а)



а – распределение напряжения для величин вылетов от 0 до 60 мм на высоту до 2 м;
б – сравнение напряжений в конструкциях сопряжения стенки с днищем

Рисунок 2. – Результаты аналитического и численного моделирования

Численное моделирование выполнялось в конечно-элементной среде, со скругленной внешней образующей уторного уголкового проката (см. рис. 2б).

Результаты обоснования показали, что возможно уменьшение амплитуды напряжений при сокращении вылета окрайки до 0 мм за пределы внешнего контура стенки, что соответствует предложенной в работе конструкции. В аналитической модели наблюдается снижение напряжений в конструкции на 24% (см. рис. 2а). Численное обоснование также подтверждает, что максимальные эквивалентные напряжения в модернизированной конструкции уменьшаются на 13,3% (см. рис. 2б). Анализ указывает на возможность локального снижения максимальной амплитуды напряжений через модернизацию узла при одинаковых условиях задачи с учётом сделанных допущений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Факты о ПАО «Транснефть» [Электронный ресурс]: <https://транснефть.рф/about/facts/> (дата обращения 30.10.2025).
2. Землянский А. А., Вертынский О. С. Опыт выявления дефектов и трещин в крупноразмерных резервуарах для хранения углеводородов // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 7. – С. 40–44.
3. ТПР.Г.0.0000.4.10302.105-15-КМ-436 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Резервуар вертикальный стальной с понтоном строительным номиналом 50000 м³ (436). Типовые проектные и технические решения. ПАО «Транснефть». – 2015 г.
4. Сафарян М. К. Стальные резервуары для хранения нефтепродуктов. – М.: ВНИИСТ, 1958. – С. 240.
5. РД-23020.00-КТН-296-07 Руководство по оценке технического состояния резервуаров, ОАО «АК Транснефть», 2007 г.