

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
КРИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЭКСПЛУАТАЦИИ
И РЕМОНТА РЕЗЕРВУАРОВ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В.К. Тян, П.А. Комаров

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Россия

Известна огромная роль метода производства резервуаров, изготовленных промышленным способом, в становлении резервуарного парка в послевоенные годы и в настоящее время. Однако в результате эксплуатации указанных резервуаров возникла проблема, заключающаяся в системном появлении недопустимых дефектов типа «хлопун» на полотнище стенки резервуара. Указанный дефект, как правило, ориентирован вдоль направляющей резервуара, а выпуклость направлена к центру резервуара. Возникла необходимость идентификации причин возникновения указанного дефекта и исследования последствий на стадии строительства и эксплуатации рассматриваемого резервуара. Были проанализированы следующие процессы: рулонирование полотнища стенки резервуара, самопроизвольное разворачивание рулона после снятия удерживающих транспортных планок рулона на строительной площадке, принудительное разворачивания рулона на проектный радиус, влияние гидроиспытания и процесса налива и слива нефти и нефтепродуктов, ремонт дефекта методом замены металлоконструкции. В результате анализа технологических процессов производства полотнища резервуара было установлено, что причиной возникновения анализируемого дефекта является процесс рулонирования полотнища, в результате которого сформировалась определенная структура напряженно деформированного состояния (НДС) полотнища стенки резервуара. На основании анализа НДС было выдвинуто обоснованное предположение о наличии внутреннего момента в стенке смонтированного резервуара. С этой целью была разработана моментная теория анализа НДС полотнища стенки резервуара. Были получены следующие формулы остаточного момента в поясах стенки рулонного резервуара.

$$M_{ост} = \frac{1}{3} \sigma_T \left(\frac{\delta}{2} \right)^2 \left[\frac{3 \left(1 + \left(\frac{R_{ce}}{R_{np}} \right)^2 \right) - k^2 \left(7 + 2 \frac{R_{ce}}{R_{np}} - \left(\frac{R_{ce}}{R_{np}} \right)^2 \right) - 6 \frac{R_{ce}}{R_{np}}}{\left(1 - \frac{R_{ce}}{R_{np}} \right)^2} \right] \quad (1)$$

Таким образом была выявлена причина появления дефектов типа «хлопун» на стенки резервуара, изготовленного индустриальным методом. Наличие внутреннего момента в полотнище стенки резервуара сильно усложнило процесс ремонта дефекта типа «хлопун». Дело в том, что для ремонта дефекта использовался метод замены металлоконструкций, в соответствии с которым фрагмент стенки полотнища с дефектом удалялся и на его место вваривалась ремонтная карта, свальцованная на проектный радиус. По окончании данной операции, после снятия ремонтной оснастки, на новой карте вновь появился дефект типа «хлопун». Таким образом, ремонт по традиционной технологии закончился появлением нового аналогичного дефекта. Причиной его появления, как выяснилось, является наличие внутреннего момента в окрестности вваренной ремонтной карты и его отсутствие внутри самой карты. Разностный момент создал новый дефект на месте предыдущего. Была разработана новая методика ремонта указанных дефектов. С этой целью было смоделированы технические решения для разработки бездефектной технологии ремонта резервуаров. Важной аналитической задачей является определение ремонтного радиуса вальцованного листа ремонтной вставки, чтобы при приведении этого листа к проектному радиусу (радиусу резервуара) в нём возник момент, равный остаточному фактическому моменту в стенке $M_{ост.ф}$. Формула определения радиуса вальцовки ремонтной вставки имеет вид:

$$R_v = \frac{ER_{пр}\delta^3}{12M_{ост.ф}R_{пр} + E\delta^3} \quad (2)$$

Обязательным условием получения (генерации) требуемого остаточного момента в ремонтной вставке является приложение чистого момента к кромкам вставки, что следует из общей теории сопротивления материалов. С учетом этого были спроектированы два варианта инвентарного приспособления: - горизонтального типа; и вертикального типа. Однако при апробации выяснилось, что при использовании приспособления горизонтального типа сгенерированный момент отличается от расчётного и форма вставки отличается от цилиндрической. Как выяснилось, это обусловлено влиянием силы тяжести листа. По этой причине инвентарное приспособление было переработано в приспособление вертикального типа, где ремонтный лист расположен вертикально. Достоверность теоретических исследований подтверждается применением новой методики технологии ремонта в совокупности с применением инвентарного приспособления (оснастки) на двух действующих резервуарах РВС(П)-10000 №12 на НПС-3 (г. Альметьевск), РВС-20000 №11 ЛПДС «Самотлор» (г. Нижневартовск). В настоящее время в связи с проблемами, возникающими при ремонте рулонных стенок резервуаров вертикальных стальных, которые описаны в данной работе,

наметилась тенденция к полистовой сборке резервуаров емкостями более 3000м³. Появление технологии ремонта рулонных конструкций позволяют в полной мере вернуться к индустриальной технологии возведения резервуаров, которая хорошо зарекомендовала себя и прошла проверку временем.



Рисунок 1. – Инвентарное приспособление горизонтального и вертикального исполнения