

плавкового типа, новая плавающая крыша каркасно-мембранного типа, узлы катухих лестниц, опорных ферм, размывающих систем, затворы, водоспуски и др.

Накопленный опыт позволяет не только совершенствовать новые проекты, но и систематизировать требования к проектированию в новых нормативных документах, разрабатываемых под руководством ЦНИИПСК им. Мельникова.

### ***IMPROVEMENT OF TANK CONSTRUCTIONS BASED ON ITS LIFE CYCLE EXPERIENCE***

**B. F. Belyaev**, *Cand. Sc. (Eng.)*, **R. R. Kulakhmetev**, *Cand. Sc. (Eng.)*  
(TsNIIPSK, Russia)

Problems are discussed to improve tank design basing on data of numerous inspections and safety investigations of operating tank. One of the tank construction parameters which may be corrected after inspections is related to well-founded increase of thickness of main structural elements.

The list of most character and often recurring violations are discovered. New constructive developments of the institute are adopted in tank building practice instead obsolete and non-effectively operating elements of tank constructions.

### ***РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В СТЕНКЕ СТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА, ВЫЗЫВАЕМЫХ НЕТОЧНОСТЯМИ ИСПОЛНЕНИЯ***

**Д. Ковальски** (*Политехника Гданьска, Польша*)

Неточности исполнения при возведении вертикального цилиндрического резервуара большой емкости – это известные явления. Они неизбежны и при нынешнем уровне технических знаний и современной технологии возведения конструкций. Рассматривая проблемы неточностей, необходимо учесть, что при монтаже полистовым методом конструкции резервуара возводятся чаще всего из элементов небольшой поверхности, например, из листов размерами от 1,50×6,00 до 3,00×9,00 м, которые очень малы по сравнению с поверхностью резервуара (в резервуаре емкостью 50 000 м<sup>3</sup> поверхность корпуса составляет 3670 м<sup>2</sup>). Каждый составной элемент конструкции подвергается на заводе предварительной обработке, заключающейся в придании ему требуемой кривизны, а также в подготовке кромок для сварки. Затем такой элемент доставляется на место его установки. В общем случае, причинами неточностей в резервуарах являются:

- неточность выполнения отдельных элементов резервуара,
- деформации, возникшие во время транспортировки, разгрузки и монтажа,
- погрешности трасировки формы корпуса резервуара,
- плохая технология монтажа и соединения,
- отсутствие свободы для возможных деформаций, вызванных сварочной усадкой,
- неравномерность осадки резервуара в процессе эксплуатации.

Не все выше указанные причины неточностей можно устранить. Нужно учитывать, что время возведения стальной конструкции резервуара в зависимости от его емкости продолжается 4 – 10 месяцев. В это время суточные колебания температуры, а также ее сезонные изменения влияют на изменения деформации элементов конструкции, изготовленных при разных атмосферных температурах. Даже при правильной эксплуатации появляются деформации стенок резервуара. В зависимости от степени заполнения резервуара, некоторые деформации исчезают, другие усиливаются, а также возникают новые.

В фазе проектирования резервуара, при анализе идеального, в качестве основной нагрузки принимается напор хранимой жидкости, вызывающий главным образом растяжение стенок резервуара. Местно учитываются только краевые эффекты изгиба. В реальной конструкции невозможно достичь заданного таким образом режима работы. Появляющиеся деформации нарушают оболочечное состояние напряжений в корпусе резервуара. Ниже представлены расчеты влияния деформации на состояние напряжений в резервуаре  $V = 50\,000\text{ м}^3$ , построенном недавно в Польше.

		$N_{XX}$	$N_{YY}$	$N_{MISES}$	$\sigma_{XX}$	$\sigma_{YY}$	$\sigma_{MISES}$
		kN/m	kN/m	kN/m	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>
Пояс I	Идеальная форма резервуара						
		733,45	0,00	733,45	-4,53	-116,98	114,78
	Деформированный резервуар						
	Мин.	394,66	-24,54	507,71	-21,98	-132,29	116,67
	Максим.	999,58	30,66	1000,78	3,97	-118,95	127,00
	Идеальная форма резервуара						
		5072,82	-0,05	5072,85	219,77	28,00	207,19
	Деформированный резервуар						
Мин.	4898,06	-44,56	4919,85	210,75	25,63	199,23	
Максим.	5160,84	50,02	5151,84	227,53	33,49	212,82	

Пояс 3	Идеальная форма резервуара						
		3534,00	0,00	3534,00	197,60	4,20	195,53
	Деформированный резервуар						
	Мин.	3389,87	-125,50	3445,34	185,30	-6,27	185,46
	Максим.	3644,24	105,95	3610,00	208,80	14,43	202,63
	Идеальная форма резервуара						
		3196,96	-0,14	3197,03	176,41	-3,98	178,44
	Деформированный резервуар						
	Мин.	3025,67	-195,76	3117,51	194,53	-15,82	160,90
	Максим.	3311,29	124,65	3275,61	192,30	7,40	188,81

$$\sigma_{MISES} = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 - \sigma_{xx}\sigma_{yy} + 3\tau_{xy}^2}$$

Выше приведенная таблица позволяет оценить, какие данные изменений статистических значений имеются в реальном объекте. При таком распределении внутренних сил могут появляться перегрузки отдельных фрагментов конструкции резервуара при одновременном спаде напряжений в других местах. Если явление роста внутренних сил появится в значительно деформированных местах или вблизи сварных швов с дефектами качества, то могут появиться повреждения угрожающие безопасности эксплуатации объекта.

Оценки состояния напряжений в корпусе могут помочь определить объем работ, необходимых для ремонта эксплуатационных повреждений резервуара, например резервуара, в котором при эксплуатации возник вакуум.

Проводимый анализ ставит целью научную верификацию значений исполнительных отклонений, которые допускаются в стандартах.

### ***DISTRIBUTION OF STRESSES INTO STEEL TANK SHELLS INDUCED BY EXECUTIVE ERRORS***

**D. Kovalsky** (*Polytechnica Gdanska, Poland*)

Reasons for the arising of defects in shells of steel storage tank upon its production and erection are considered on the example of steel tank with volume 50 000 м<sup>3</sup> recently built in Poland. Exact calculations confirm effects of deformations due to defects in shells on stress distribution in tank body. Calculations make it possible to estimate the possibility of overloading in separate fragments of tank constructions under simultaneous falling of stresses in other fragments.