

# НЕОБХОДИМО СЕЧЕНИЕ НА МЕЖДИННИТЕ ЗАКОРАВЯВАЩИ ПРЪСТЕНИ В СТОМАНЕНИТЕ РЕЗЕРВОАРИ

Любомир Здравков<sup>1</sup>, Тоня Динчева<sup>2</sup>

Научна конференция УАСГ' 2008

**Ключови думи:** цилиндричен стоманен резервоар, корпус, вятър, вакуум, загуба на устойчивост, междинни закоравяващи пръстени

## 1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

Стоманените вертикални цилиндрични резервоари (СВР) са тънкостенни строителни съоръжения. Техният корпус трябва да бъде осигурен за:

- якостно, за хидростатичния товар от съхранявания продукт и свръхналягане;
- срещу загуба на устойчивост, в радиално и меридианно направление.

Съгласно действащата в момента в България нормативна база [1], единствената възможност да се осигури корпусът срещу загуба на устойчивост е чрез увеличаване дебелината на поясите в корпуса. В показаната в някои чужди норми [3], [4], [5] методика, укрепването на корпуса в радиална посока, може да се извърши чрез поставяне на междинни корави пръстени (МПВП).

## 2. СЪЗДАВАНЕ НА МОДЕЛ НА СВР

За изследване поведението на резервоарите са създадени множество тримерни компютърни модели, като за целта е използван софтуерния продукт SAP 2000 .

От реализираните обекти на фирма „OKZ Holding” са взети и софтуерно са моделирани 4 типови резервоара, с обем съответно  $V=4700 \text{ m}^3$ ,  $V=9500 \text{ m}^3$ ,  $V=32500 \text{ m}^3$ ,  $V=46000 \text{ m}^3$ . Всички модели притежават окрайка (дъното е без централна част), корпус и укрепващи го пръстени. Резервоарите са затворени отгоре с много лек фиксиран покрив, като корпусът е осигурен срещу цялостна загуба на устойчивост от ГОП, поставен в най-горната му точка.

Натоварването от покрива върху корпуса не е отчитано.

За създаването на всички пояси и окрайката са използвани Shell елементи. Дебелината им се променя в зависимост пояса на резервоара и се изменя в границите  $t = 6 - 22 \text{ mm}$ .

За моделирането на укрепващите пръстени са използвани Frame елементи, които притежават съответните съпротивителни моменти  $W_G$  за ГОП и  $W_i$  за МПВП. Геометричните характеристики на закоравяващите пръстени са определени съгласно [3] и [5]

Стоманата в Shell и Frame елементите е S235.

## 3. НАТОВАРВАНЕ НА КОРПУСА В РАДИАЛНА ПОСОКА

Натоварването е съгласно [2], като е разгледан случаят на изпразнен от продукт резервоар.

а) ветрово натоварване

$w_n = w_m \cdot k_z \cdot c_e$  – нормативна стойност на ветровото натоварване

$w_m$  – нормативна стойност на налягането (скоростния напор) на вятъра;

Прието е  $w_m = 1,235 \text{ kN/m}^2$  – това е налягането на вятъра при скорост  $v = 160 \text{ km/h}$ .

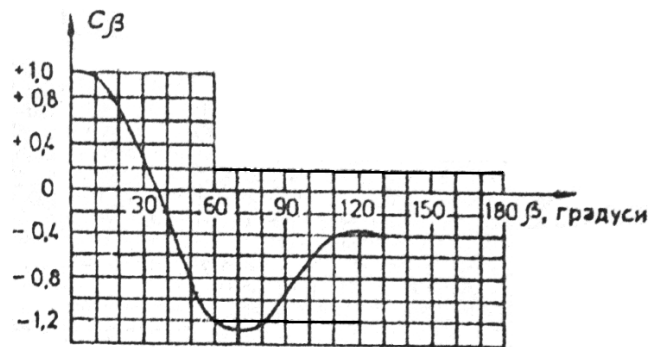
$k_z$  – коефициент, отчитащ изменението на скоростния напор по височина;

$c_e = k_1 \cdot c_\beta$  – аеродинамичен коефициент за външно налягане;

$c_\beta$  – коефициент, който при  $Re > 4 \cdot 10^4$  се приема съгласно графиката на фиг. 1:

<sup>1</sup> Любомир Ангелов Здравков, гл. ас. д-р инж., УАСГ, София 1046, бул. „Христо Смирненски” N1, корпус «Б», ет. 7, каб. 733, e-mail: [zdravkov\\_fce@uacg.bg](mailto:zdravkov_fce@uacg.bg)

<sup>2</sup> Тоня Динчева, инж., OKZ Holding, Прага, Чешка република, e-mail: [tonja.dinceva@okzholding.cz](mailto:tonja.dinceva@okzholding.cz)



фиг.1 Зависимост на  $c_\beta$  от централният ъгъл  $\beta$

При  $c_\beta > 0$ , коефициентът  $k_I = 1,0$

При  $c_\beta < 0$ , коефициентът  $k_I$  се отчита от Таблица 1 по-долу, в зависимост от отношението между височината  $H$  и диаметъра  $D$  на резервоара.

Таблица 1

$H/D$	0,2	0,5	1	2	5	10	25
$k_I$ при $c_\beta < 0$	0,8	0,9	0,95	1,0	1,1	1,15	1,2

$w = w_n \cdot \gamma_w$  - изчислителната стойност на ветровото натоварване

$\gamma_w = 1,4$  – коефициент на претоварване от ветрово натоварване

б) натоварване от вакуум в резервоара

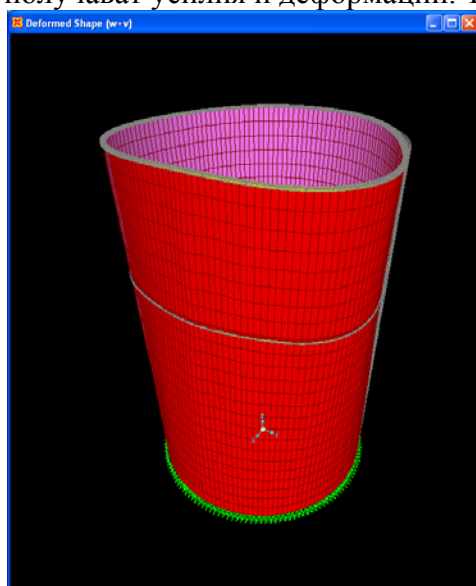
$p_v = p_v^n \cdot \gamma_v$  - изчислителна стойност на натоварването от вакуум в резервоара.

Прието е  $p_v^n = 0,5 kN/m^2$  - това е максималната стойност за вертикални цилиндрични резервоари

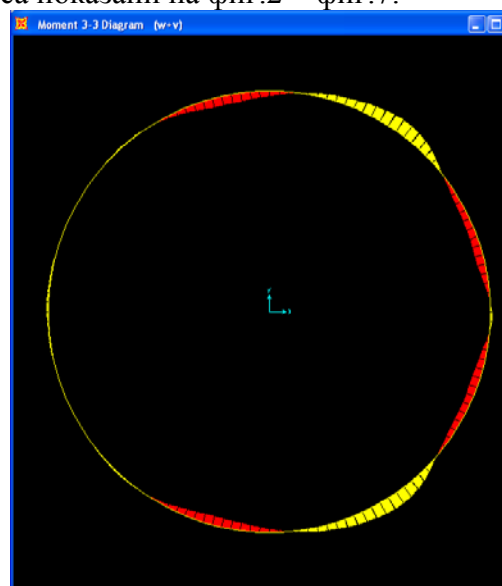
$\gamma_v = 1,2$  – коефициент на претоварване за натоварване от вакуум

#### 4. РЕЗУЛТАТИ

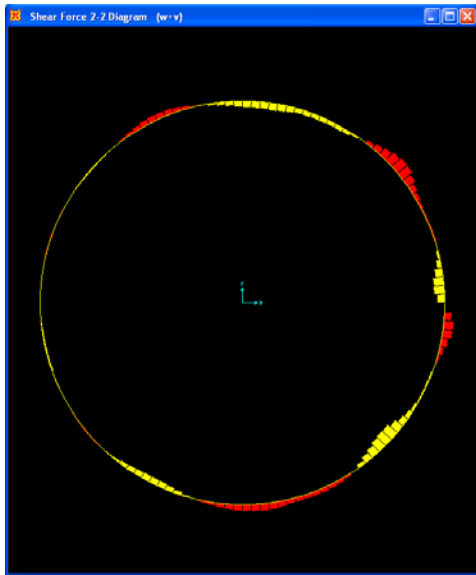
От натоварването от вятър и вакуум върху резервоара, в неговия корпус и закоравяващите го пръстени се получават усилия и деформации. Те са показани на фиг.2 ÷ фиг.7:



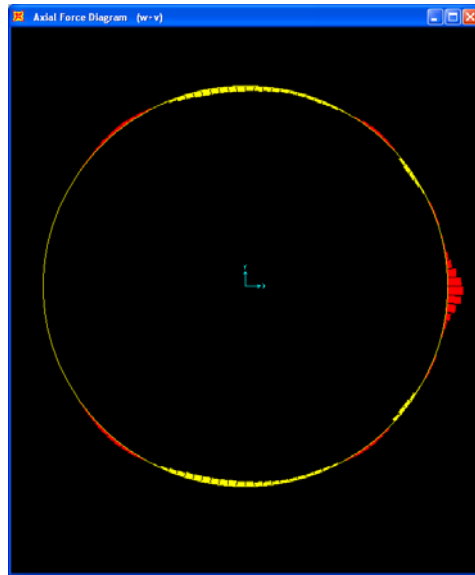
фиг. 2 Деформации по корпуса



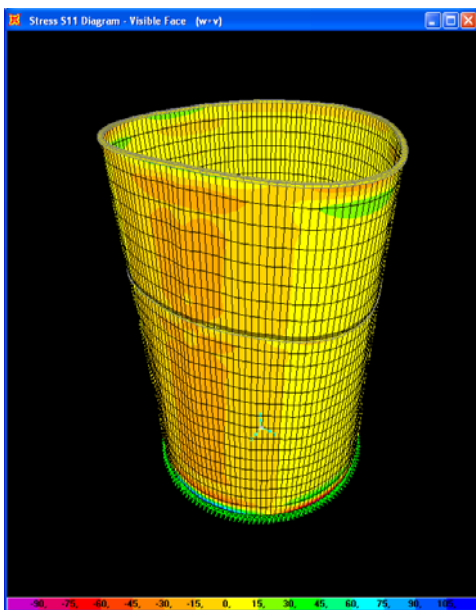
фиг. 3 Огъващи моменти в МПВП



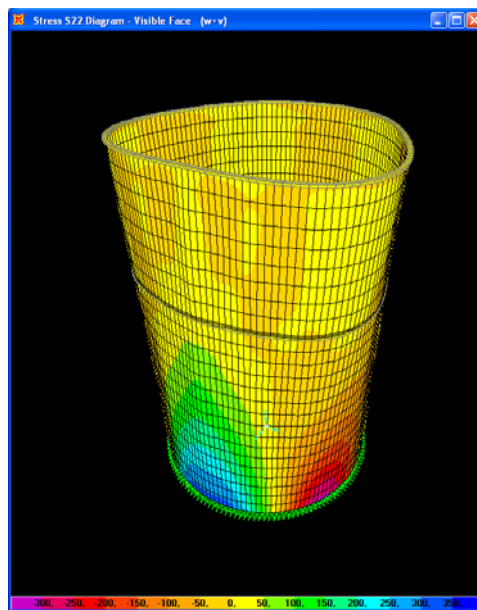
фиг. 4 Срязващи усилия в МПВП



фиг. 5 Осови усилия в МПВП



фиг. 6 Напряжения  $\sigma_1$



фиг. 7 Напряжения  $\sigma_2$

Усилията и преместването на междинния укрепващ пръстен, при определяне по различните нормативни документи са показани в Таблица 2 и Таблица 3:

Таблица 2 - Сечение на МПВП по EN 14015

Резервоар	Височина, m	Диаметър, m	IWG	Усилие, kN			Напряжение, kN/cm <sup>2</sup>		Преместване, mm
				M	Q	N	$\sigma$	$\tau$	
V=4700 m <sup>3</sup>	24	16	L100x65x8	0,388	1,178	-12,291	1,125	0,1389	12,6
				2,593	1,893	2,776	4,22	0,2232	16,2
V=9500 m <sup>3</sup>	14	30	L120x80x10	3,963	4,182	-53,303	5,669	0,348	1,6
				1,471	1,451	16,03	1,98	0,1209	6,4
V=32500 m <sup>3</sup>	24	42	L150x90x10	6,14	4,416	-50,31	4,847	0,294	1,1
				1,545	0,583	11,59	1,197	0,0389	3,15
V=46000 m <sup>3</sup>	20	55	L200x100x12	7,7	5,268	-66,17	3,87	0,263	0,12
				2,334	1,644	14,47	1,068	0,082	0,15

Таблица 3 - Сечение на МПВП по API 650

Резервоар	Височина, м	Диаметър, м	IWG	Усилие, kN			Напрежение, kN/cm <sup>2</sup>		Преместване, mm
				M	Q	N	σ	τ	
V=4700 m <sup>3</sup>	24	16	L120x80x10	0,0955	0,945	-13,879	0,571	0,0788	14,3
				3,873	2,487	4,479	3,949	0,207	6,1
V=9500 m <sup>3</sup>	14	30	L200x100x8	4,41	3,55	-58,91	3,918	0,22	2,9
				2,21	0,129	15,82	1,565	0,0081	2,4
V=32500 m <sup>3</sup>	24	42	L250x150x10	7,099	4,746	-61,426	2,509	0,1898	3,2
				3,726	2,518	14,303	1,039	0,1	2,6
V=46000 m <sup>3</sup>	20	55	L250x150x12,5	8,815	5,595	-77,42	2,795	0,179	0
				2,08	1,976	17,02	0,647	0,0632	1,48

## 5. ИЗВОДИ

а) огъващите моменти  $M$  и осовите усилия  $N$  в междинните пръстени нарастват с увеличаване на геометричните характеристики на МПВП;

б) преместването на МПВП в радиална посока, при позиция  $0^0$  спрямо направлението на вятъра, нараства с увеличаване на геометричните характеристики на МПВП;

в) с повишаване на геометричните показатели на МПВП деформативността на корпуса намалява. Това обуславя по-малките премествания на МПВП при позиция  $\approx 40^0$  спрямо направлението на вятъра, при резервоари укрепени съгласно [3];

г) напреженията в МПВП са много малки – явно междинните пръстени трябва да бъдат проверявани за загуба на обща устойчивост в радиална посока.

## Литература:

1. Инструкция за проектиране на СВЦР с обем от 100 до 10 000 m<sup>3</sup> за системата на енергетиката, Енергопроект, 1995.
2. НАРЕДБА №3 за основните положения за проектиране на конструкциите на строежите и въздействията върху тях, ДВ, бр. 92 от 2004.
3. API Std 650, Welded Steel Tanks for Oil Storage, 2001.
4. BS 2654:1989, Manufacture of vertical steel welded non-refrigerated storage tanks with but – welded shells for the petroleum industry.
5. EN 14015:2004, Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above, November 2004.

## NECESSARY SECTION OF INTERMEDIATE STIFFENING RINGS ON SHELL OF ABOVEGROUND STEEL TANKS

Lyubomir A. Zdravkov, Tonja Dinceva

**Key words:** cylindrical steel tank, shell, wind, vacuum, lose of stability, intermediate wind girders

**Abstract:** Cylindrical steel tanks for oil and oil products storage are thin spatial structures. They are very sensitive to deformations in shell and lose of stability.

According to API Std 650, BS 2654:1989 and EN 14015:2004 the thin steel shells could be stiffened using additional members known as intermediate wind girders. They are circular frame elements welded to the shell.

To evaluate behavior of cylindrical shell stiffened with wind girders are created many 3D models. The sections of girders are defined according to API Std 650 or EN 14015:2004. Deflections, bending moments, axial forces in wind girders are compared and evaluated.