

# ВЛИЯНИЕ НА МЕЖДИННИТЕ ЗАКОРАВЯВАЩИ ПРЪСТЕНИ ВЪРХУ УСИЛИЯТА В ГОРНИЯ ОПОРЕН ПРЪСТЕН

инж. Любомир Здравков, сп. „Строителство”, кн. , 2004 г

The cylindrical steel tanks have thin walls and they have to have certainty against shell's loss of stability. According [4], [5], and [6] it could be achieved with put of intermediate wind girders on the shell. In relevant formulas in these standards the necessary section modulus of top angle and intermediate wind girders calculate independent each other. These structural elements have independences that are not shown in [4], [5], and [6]. In this article the author has tried to discover relationship between section and position of the intermediate stiffening rings and the forces in top angle.

## 1. Общи положения

Стоманените вертикални цилиндрични резервоари (СВР) са тънкостенни строителни съоръжения, чиито корпус трябва да бъде осигурен срещу загуба на устойчивост. Съгласно действащата в момента в България нормативна база [1], това може да стане единствено чрез увеличаване дебелината на поясите в корпуса. В показаната в някои чужди норми [4], [5], [6] методика, укрепването на корпуса в радиална посока, може да се извърши чрез поставяне на междинни корави пръстени (МПВП).

В [4], [5], [6] необходимите сечения за горния опорен пръстен (ГОП) и МПВП се определят независимо едно от друго, без да се отчита тяхната съвместна работа. Поставянето на междинни пръстени укрепва корпуса, но е интересно да се определи дали МПВП оказват влияние на натоварването от вятър и вакуум върху ГОП.

## 2. Създаване на модел на СВР

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

От [3] са взети и софтуерно са моделирани 6 типови резервоара, с обем съответно V100, V200, V300, V400, V700, V1000. Всички модели притежават крайка (дъното е без централна част), корпус и укрепващи го пръстени. Резервоарите са отворени отгоре (без фиксиран покрив), като корпусът е осигурен срещу цялостна загуба на устойчивост от ГОП, поставен в най-горната му точка.

За създаването на всички пояси и крайката са използвани Shell елементи с дебелина е  $t = 4 \text{ mm}$ .

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 [4].

Поведението на СВР е изследвано при постоянна стойност на съпротивителния момент за ГОП  $W_G$  и изменение на съпротивителния момент за МПВП  $W_i$ .

## 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

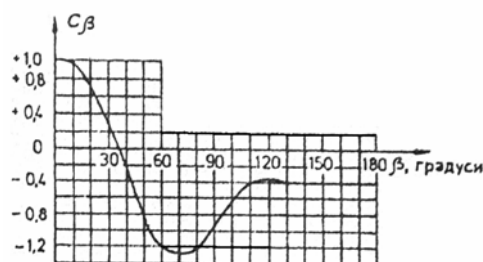
$w_m$  – нормативна стойност на налягането (скоростния напор) на вятъра;

Прието е  $w_m = 0,6 \text{ kN/m}^2$  – това е V-и район според налягането на вятъра.

$k_z$  – 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:



Зависимост на  $c_\beta$  от централният ъгъл  $\beta$

При  $c_\beta > 0$ , коефициентът  $k_1 = 10$

При  $c_\beta < 0$ , коэффициентът  $k_1$  се отчита от таблицата по-долу, в зависимост от отношението между височината **H** и диаметъра **D** на резервоара.

H/D	0,2	0,5	1	2	5	10	25
$k_1$ 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

$\gamma_v = 1,4$  – 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 от натоварване от вакуум

#### 4. Резултати

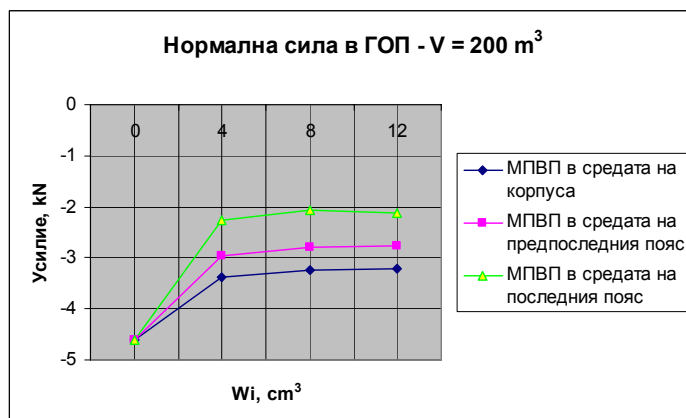
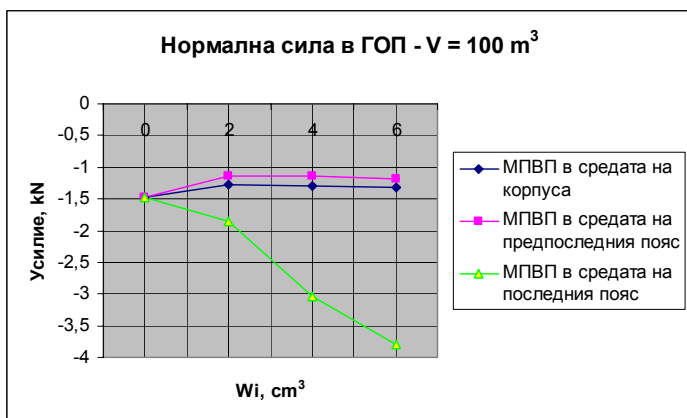
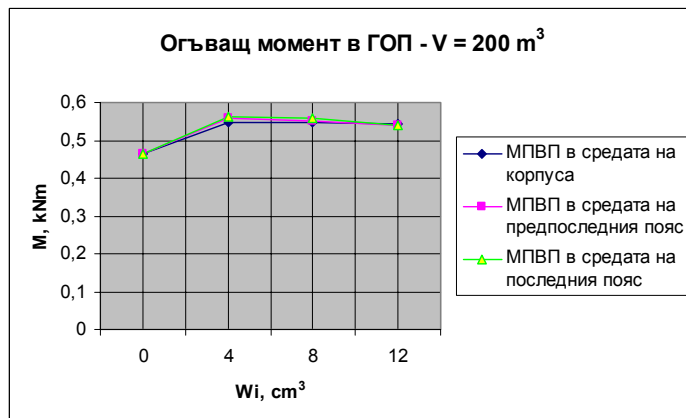
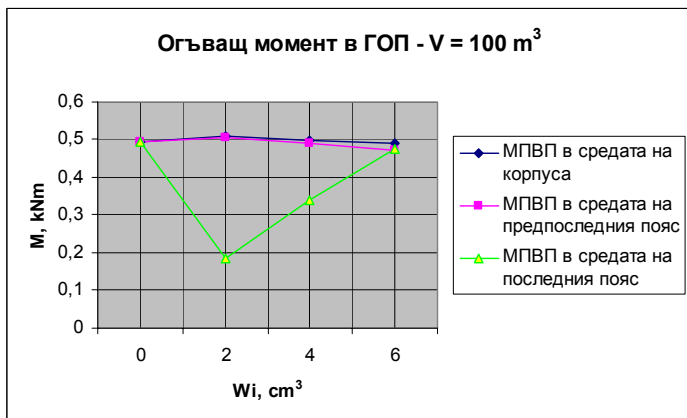
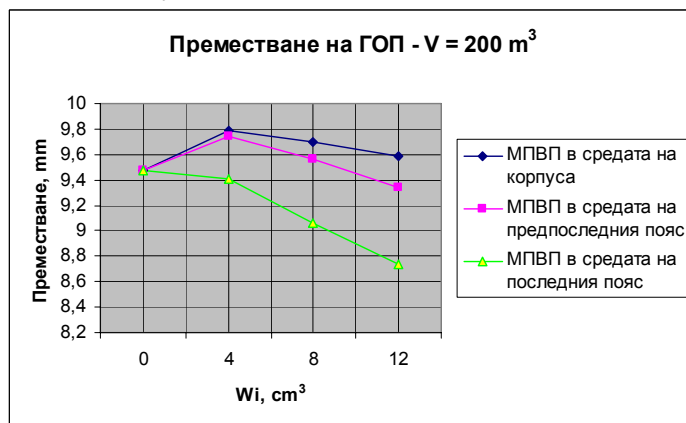
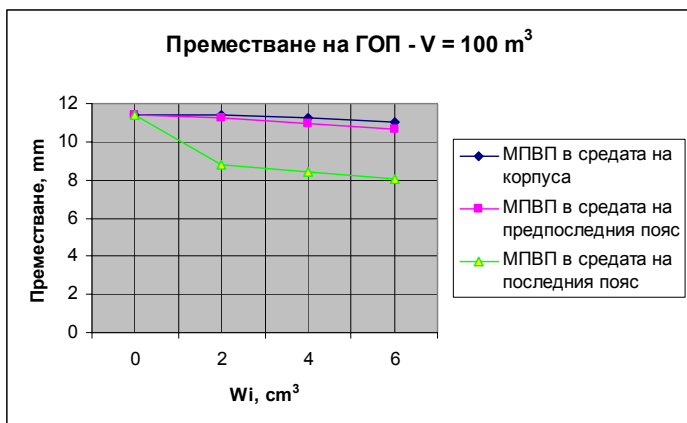
Получените данни са изразени графично като функция на съпротивителният момент на МПВП  $W_i$ .

**Резервоар с обем  $V = 100 \text{ m}^3$**

H = 5960 mm }  $\Rightarrow H/D = 1,260; k_1 = 0,963$  при  $C_\beta < 0$   
 D = 4730 mm }

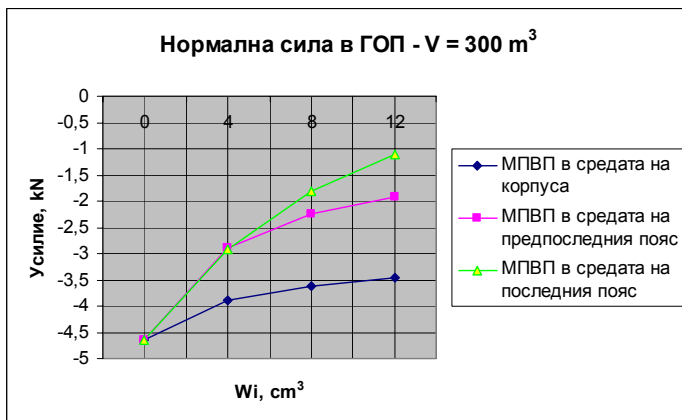
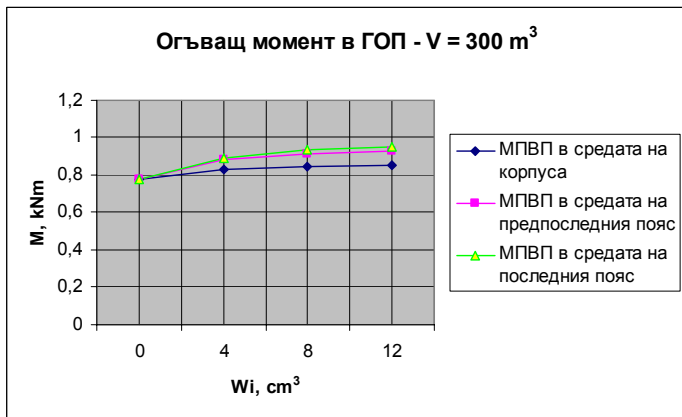
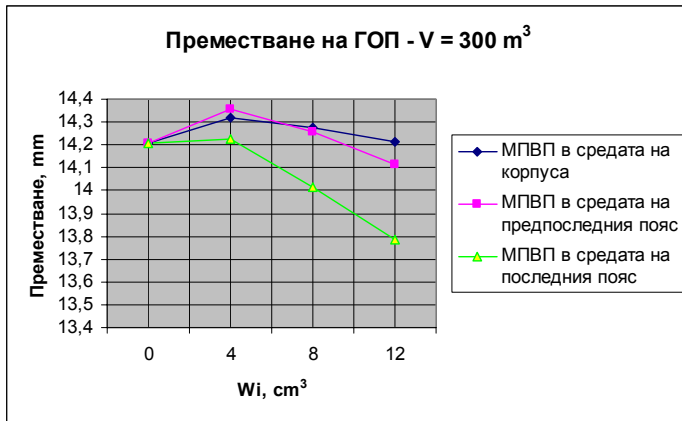
**Резервоар с обем  $V = 200 \text{ m}^3$**

H = 5960 mm }  $\Rightarrow H/D = 0,8989; k_1 = 0,940$  при  $C_\beta < 0$   
 D = 6630 mm }



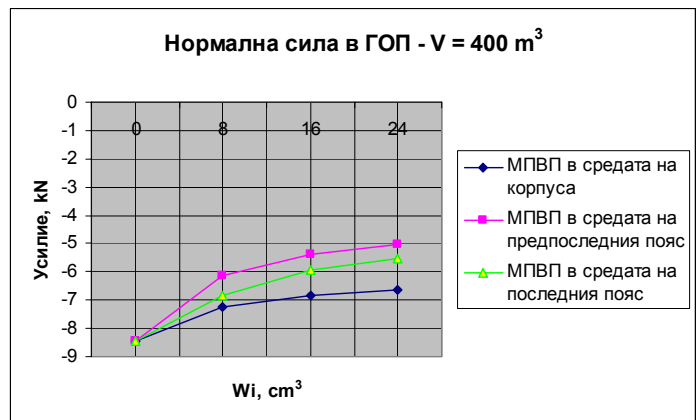
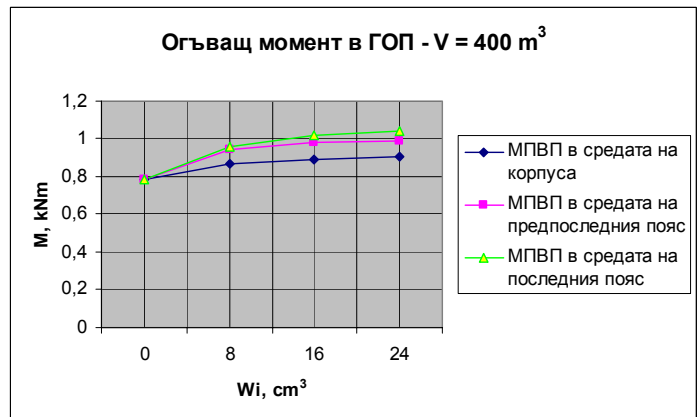
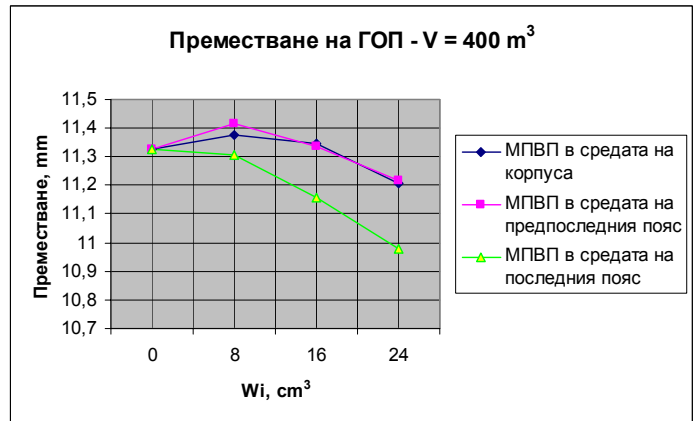
### Резервоар с обем $V = 300 \text{ m}^3$

$$\left. \begin{array}{l} H = 7450 \text{ mm} \\ D = 7580 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow H/D = 0,9828; k_1 = 0,948 \text{ при } C_\beta < 0$$



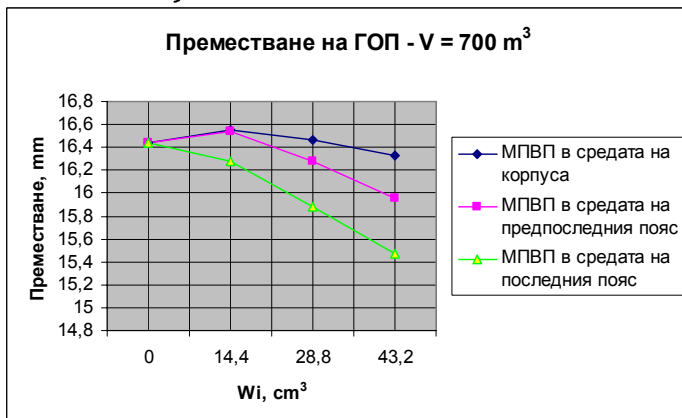
### Резервоар с обем $V = 400 \text{ m}^3$

$$\left. \begin{array}{l} H = 7450 \text{ mm} \\ D = 8530 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow H/D = 0,8734; k_1 = 0,937 \text{ при } C_\beta < 0$$



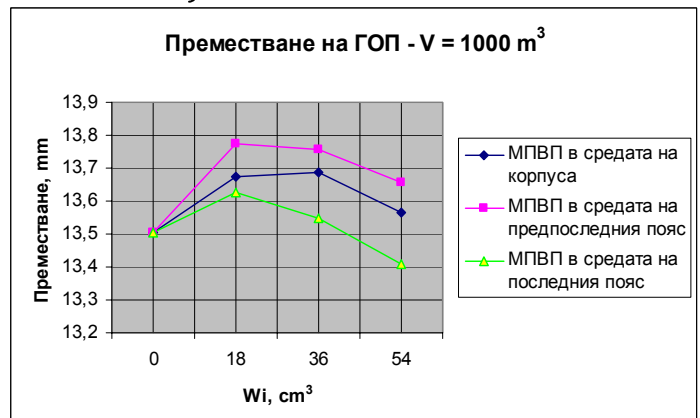
### Резервоар с обем $V = 700 \text{ m}^3$

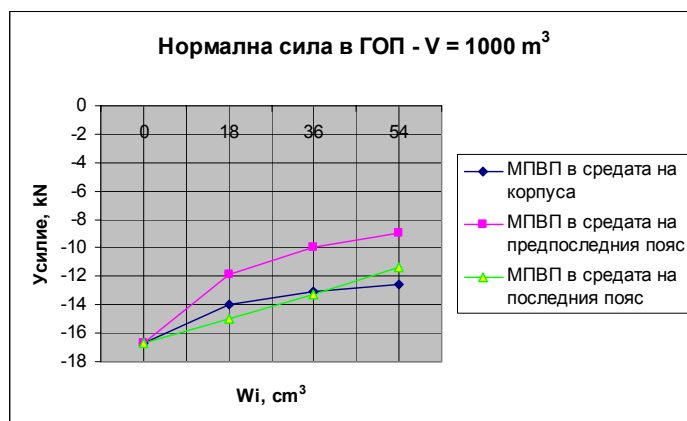
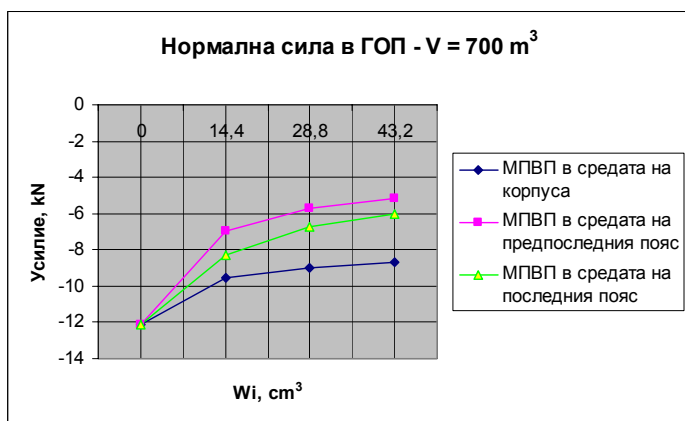
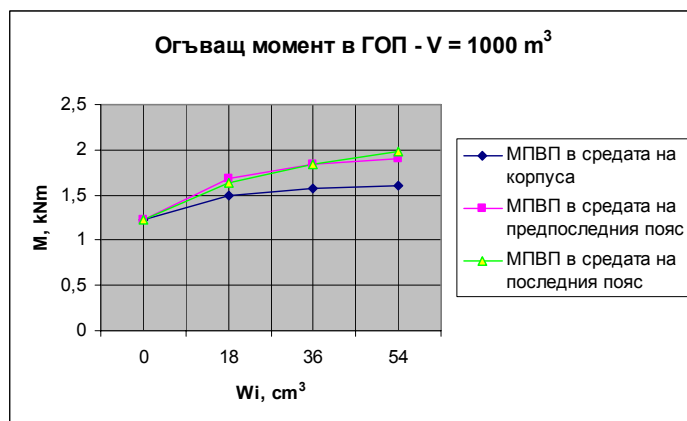
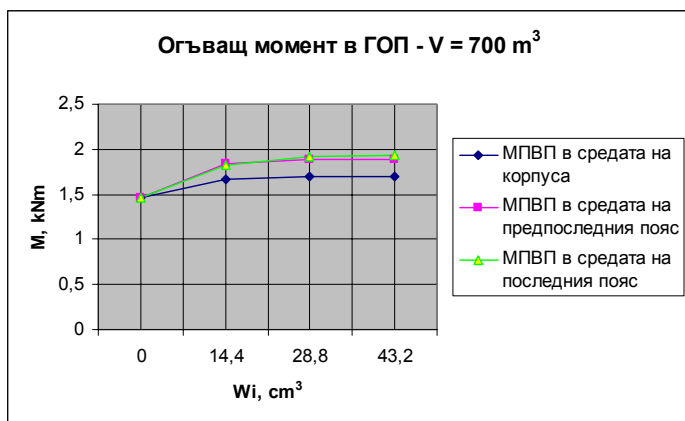
$$\left. \begin{array}{l} H = 8940 \text{ mm} \\ D = 10430 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow H/D = 0,8571; k_1 = 0,938 \text{ при } C_\beta < 0$$



### Резервоар с обем $V = 1000 \text{ m}^3$

$$\left. \begin{array}{l} H = 8940 \text{ mm} \\ D = 12330 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow H/D = 0,7251; k_1 = 0,922 \text{ при } C_\beta < 0$$





#### 4. Изводи

- а) колкото е по-малко разстоянието между закоравяващите пръстени, толкова по-голямо е влиянието на МПВП върху ГОП;
- б) с нарастване на  $W_i$  се увеличава огъващият момент  $M$  в ГОП;
- в) с нарастване на  $W_i$  намалява натисковото усилие  $N$  в ГОП;
- г) едновременното действие на  $M$  и  $N$  върху ГОП е по-неблагоприятно (макар и с малко) при по-близко разположени закоравяващи пръстени и при по-голям съпротивителен момент  $W_i$  на МПВП. Междинните закоравяващи пръстени оказват неблагоприятно действие върху ГОП;
- д) абсолютното преместване на ГОП нараства при поставяне на МПВП с малка коравина. С нарастване на  $W_i$  преместването намалява;
- е) взаимодействието между ГОП и МПВП е слабо изразено и възприетата от [4], [5], [6] методика за независимо определяне на необходимите им сечения е удачна, макар и с голям запас на сигурност;

#### 5. Литература

1. Инструкция за проектиране на СВЦР с обем от 100 до 10 000  $\text{m}^3$  за системата на енергетиката, Енергопроект, 1995.
2. Норми за натоварване и въздействия върху сгради и съоръжения, КТСУ, 1986.
3. Типова работна документация на СВР с обем от 100 до 10 000  $\text{m}^3$ , изградени по рулонен метод, МССМ, 1977.
4. API Std 650, Welded Steel Tanks for Oil Storage, 2001
5. BS 2654:1989, Manufacture of vertical steel welded non-refrigerated storage tanks with but-welded shells for the petroleum industry
6. EUROCODE 3: Design of Steel Structures, Part 4-2: Silos, tanks and pipelines - Tanks, September 1998.