

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ТИПА ПОСТОЯНЕН ПОКРИВ

инж. Любомир А. Здравков
сп. „Строителство”, кн. 4, 2006 г

It is possible to use different types of roofs – dome, cone, self supporting and supported roofs in the same conditions. Every constructive solution supposes the use of a different quantity of material and a different cost.

The purpose of this research is to determine the borders when it is advisable that one type of fixed roof shall be replaced by another.

The author carried out a series of calculations of fixed roofs in the same tanks and the same conditions. The results, obtained as weights, prove the effectiveness of one or another design scheme.

Покривите на резервоарите най-общо могат да се класифицират в следните групи:

а) според формата (силуета) на покрива:

- конични покриви ;
- сферични покриви ;
- висящи покриви ;
- плаващи покриви .

б) според начина на поемане на въздействията;

- самоносещи покриви – конични и сферични;
- несамоносещи (подпряни) покриви – конични и висящи.

в) според положението на покривната конструкция:

- разположена е под покривната обшивка;
- разположена е над покривната обшивка.

Техникоикономически най-целесъобразната форма на покривите на резервоарите се определя в зависимост геометричните размери на СВР, вида на съхранявания продукт и условията, при които се експлоатира съоръжението. Не на последно място е и традицията на конструиране и монтаж на резервоарите:

- в Европа и в частност България, при съдове с неголям диаметър и слабо летливи продукти, най - разпространени са самоносещите покриви;
- в САЩ и Близкия изток най-разпространените постоянни покриви са несамоносещите конични покриви.

1. Цел на изследването

При едни и същи условия е възможно проектирането и използването на различни видове покриви – сферични, конични самоносещи или подпряни. При всяко от конструктивните решения количеството вложен метал и цената на съоръжението са различни.

Целта на настоящото изследване е да се определят границите, при които е удачно да се премине от един тип постоянен покрив към друг.

2. Условия, при които е проведено изследването

Авторът е провел серия от изчисления на постоянни покриви, при еднакви резервоари и базови условия. Получените резултати, във вид на тегла, доказват ефективността на една или друга конструктивна схема.

Изследването е проведено при следните условия:

- температура – $t_{max} = 80^{\circ}\text{C}$;
- вятър – $v = 130 \text{ km/h}$;
- сняг – $S_n = 150 \text{ kg/m}^2$;
- вакуум – $p_v = 50 \text{ kg/m}^2$;
- свръхналягане:
 - $p_0 = 200 \text{ kg/m}^2$ – за самоносещите покриви;
 - $p_0 = 50 \text{ kg/m}^2$ – за несамоносещите конични покриви;
- подвижен (полезен) товар – 100 kg/m^2 ;
- минимална дебелина на покривните листове – $t_r = 5 \text{ mm}$;

- добавка за корозия по покривната обшивка и носещата конструкция – $C_a = 0$ mm;

- материали за покрива:

за покриващите листове – S235;

за носещата конструкция – S275 за резервоарите с обем $V=10000$ m³ и S235 за всички останали;

- покривите са ребресто-пръстеновидни куполи.

3. Резултати

Стрелката на покрива f се изменя за да се определи най-малкото тегло на покрива.

Получените тегла на обшивката, покривната конструкция и ГОП при самоносещите покриви са показани в Таблица 1.

ТАБЛИЦА 1

Резервоар с обем $V=700$ m³

D = 10430 mm стомана S235
H = 8940 mm

	Коничен покрив					Сферичен покрив			
	1,0	1,5	1,75	2,0	2,5	1,25	1,5	1,75	2,0
стрелка f , m	1,0	1,5	1,75	2,0	2,5	1,25	1,5	1,75	2,0
Ø центр. кръг, m	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
полета, бр.	12	12	12	12	12	12	12	12	12
ребра, t	1,2	1,01	1,03	1,05	1,1	1,08	1,1	1,11	1,125
пръстени, t	0,545	0,475	0,475	0,475	0,475				
обшивка, t	3,521	3,596	3,646	3,7	3,833	3,615	3,7	3,8	3,92
ГОП, t	0,62	0,365	0,29	0,24	0,17	0,155	0,125	0,125	0,125
общо тегло на покрива + ГОП, t	5,886	5,446	5,441	5,465	5,578	4,85	4,925	5,035	5,17

Резервоар с обем $V=1000$ m³

D = 12330 mm стомана S235
H = 8940 mm

	Коничен покрив					Сферичен покрив					
	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	1,35	1,5	1,75	2,0	2,25
стрелка f , m	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	1,35	1,5	1,75	2,0	2,25
Ø центр. кръг, m	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
полета, бр.	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
ребра, t	1,905	1,93	1,7	1,725	1,76	1,83	1,55	1,555	1,45	1,495	1,515
пръстени, t	0,665	0,665	0,595	0,665	0,665	0,665					
обшивка, t	4,97	5,021	5,079	5,14	5,188	5,371	5,005	5,06	5,16	5,28	5,41
ГОП, t	0,845	0,7	0,595	0,515	0,45	0,355	0,385	0,33	0,26	0,215	0,175
общо тегло на покрива + ГОП, t	8,385	8,316	7,969	8,045	8,063	8,221	6,94	6,945	6,87	6,99	7,1

Резервоар с обем $V=2000$ m³

D = 15180 mm стомана S235
H = 11920 mm

	Коничен покрив					Сферичен покрив						
	1,5	2	2,5	2,75	3	3,5	1,75	2	2,25	2,50	2,75	3,00
стрелка f , m	1,5	2	2,5	2,75	3	3,5	1,75	2	2,25	2,50	2,75	3,00
Ø центр. кръг, m	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
полета, бр.	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
ребра, t	3,365	3,425	3,505	3,555	3,6	3,71	3,74	3,775	3,81	3,35	3,39	3,435
пръстени, t	1,145	1,145	1,145	0,98	0,98	0,98						
обшивка, t	7,462	7,571	7,708	7,788	7,871	8,062	7,625	7,74	7,875	8,025	8,19	8,37
ГОП, t	2,125	1,53	1,18	1,055	0,95	0,79	0,74	0,615	0,525	0,455	0,395	0,35
общо тегло на покрива + ГОП, t	14,097	13,671	13,538	13,378	13,401	13,542	12,105	12,13	12,21	11,83	11,975	12,155

Резервоар с обем $V=3000$ m³

D = 18980 mm стомана S235
H = 11920 mm

	Коничен покрив					Сферичен покрив						
	2,0	2,5	3,0	3,25	3,5	4,0	2,1	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
стрелка f , m	2,0	2,5	3,0	3,25	3,5	4,0	2,1	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
Ø центр. кръг, m	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
полета, бр.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
ребра, t	7,29	7,4	7,525	7,6	7,675	7,845	5,32	5,335	5,375	5,41	4,725	4,765
пръстени, t	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83						
обшивка, t	14,035	14,208	14,405	14,52	14,64	14,905	14,3	14,395	14,575	14,775	14,995	15,23
ГОП, t	4,155	3,28	2,7	2,47	2,29	1,99	1,76	1,625	1,435	1,285	1,16	1,06
общо тегло на покрива + ГОП, t	27,31	26,718	26,46	26,42	26,435	26,57	21,38	21,355	21,385	21,47	20,88	21,055

Резервоар с обем $V=5000$ m³

D = 22800 mm стомана S235
H = 11920 mm

	Коничен покрив					Сферичен покрив						
	2,25	2,5	3,0	3,50	3,75	4,0	2,5	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75
стрелка f , m	2,25	2,5	3,0	3,50	3,75	4,0	2,5	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75
Ø центр. кръг, m	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
полета, бр.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
ребра, t	13,525	13,595	13,765	13,965	14,075	14,19	7,645	7,685	7,725	7,775	7,825	7,88
пръстени, t	2,29	2,12	2,12	2,29	2,12	2,12						
обшивка, t	20,306	20,29	20,495	20,841	20,8	21,116	20,816	20,815	21,035	21,27	21,525	21,8
ГОП, t	8,075	6,91	5,735	5,15	4,8	4,5	3,37	3,045	2,77	2,545	2,355	2,195
общо тегло на покрива + ГОП, t	44,196	42,915	42,115	42,246	41,795	41,926	31,831	31,545	31,53	31,59	31,705	31,875

Резервоар с обем $V=10000$ m³

D = 28500 mm стомана S275
H = 17900 mm

	Коничен покрив					Сферичен покрив						
	3,00	3,5	4,0	4,50	5	5,5	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
стрелка f , m	3,00	3,5	4,0	4,50	5	5,5	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Ø центр. кръг, m	7,8	8,1	8,2	8,3	8,3	8,3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
полета, бр.	30	30	30	30	30	30	36	36	36	36	36	36
ребра, t	28,735	29	27,785	28,105	28,415	28,865	13,775	13,845	13,915	13,995	14,075	14,165
пръстени, t	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47						
обшивка, t	31,41	31,65	31,925	32,23	32,575	32,945	32,865	33,155	33,47	33,8	34,15	34,52
ГОП, t	15,165	13,045	11,445	10,215	9,235	8,435	5,915	5,55	5,235	4,955	4,71	4,49
общо тегло на покрива + ГОП, t	78,8	77,2	74,6	74,0	73,70	73,72	52,555	52,550	52,62	52,75	52,935	53,175

В жълто са оцветени стойностите, при които се получават минимални тегла на покривите.

Получените тегла на обшивката, покривната конструкция и ГОП при несамоносещите конични покриви, тип API 650, са показани в **Таблица 2**:

ТАБЛИЦА 2

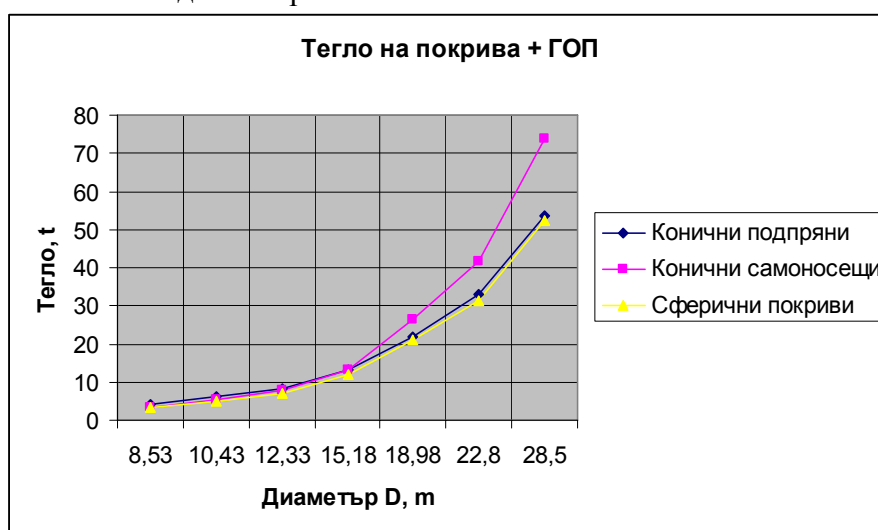
	Коничен покрив с колони - тип API						
обем V, m	400	700	1000	2000	3000	5000	10000
диаметър D, m	8,53	10,43	12,33	15,18	18,98	22,8	28,5
височина H, m	7,54	8,94	8,94	11,92	11,92	11,92	17,9
стрелка f, m	0,27	0,33	0,4	0,48	0,6	0,72	0,89
полета Nr, бр.	1	1	1	1	2	2	2
ребра, t	1,085	1,625	2,26	4,355	3,78	7,55	13,35
пръстени, t	0,335	0,53	0,665	1,035	2,075	2,97	4,205
колони, t	0,32	0,345	0,355	0,505	1,915	2,495	5,065
обшивка, t	2,29	3,425	4,785	7,255	13,35	19,27	30,105
ГОП, t	0,1	0,125	0,175	0,215	0,66	0,79	0,99
общо тегло на покрива + ГОП, t	4,13	6,05	8,24	13,365	21,78	33,075	53,715

Сумарното тегло на обшивката, конструкцията и ГОП, при резервоари с различни обеми и при различни видове покривни конструкции е показано в **Таблица 3**:

ТАБЛИЦА 3

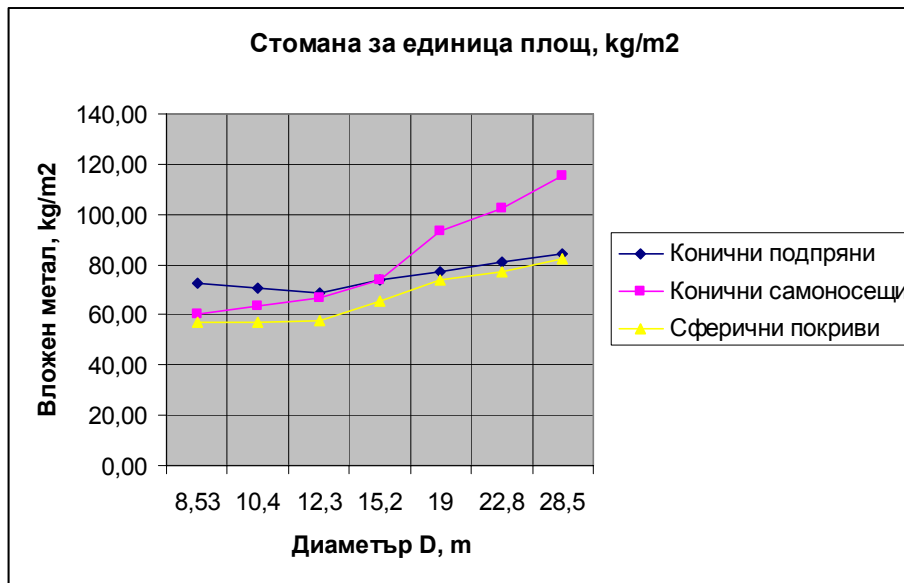
Обем на резервоара, m ³	400	700	1000	2000	3000	5000	10000
Диаметър D, m	8,53	10,43	12,33	15,18	18,98	22,8	28,5
Коничен подпрян покрив, t	4,13	6,05	8,24	13,365	21,78	33,075	53,715
Коничен самоносещ, t	3,434	5,441	7,969	13,378	26,42	41,795	73,7
Сферичен покрив, t	3,27	4,85	6,87	11,83	20,88	31,53	52,55
Покрита площ, m ²	57,14	85,44	119,40	180,98	282,92	408,27	637,92
Стомана за единица площ, kg/m ²							
Коничен подпрян покрив	72,27	70,81	69,01	73,85	76,98	81,01	84,20
Коничен самоносещ	60,09	63,68	66,74	73,92	93,38	102,37	115,53
Сферичен покрив	57,22	56,77	57,54	65,37	73,80	77,23	82,38

Изменението на сумарното тегло на обшивката, конструкцията и ГОП, при различните видове покривни конструкции е показано на **фиг. 1**. При създаване на графиките са използвани най-малките тегла при съответния диаметър.



фиг. 1 Изменение на теглата на покривите в зависимост от диаметъра на резервоара

Изменението на количеството вложен метал в покрива за единица покрита площ е показана на **фиг. 2.**



фиг. 2 Изменение на теглата на покривите за единица площ в зависимост от диаметъра на резервоара

4. Изводи от направеното изследване

а) сферичните куполи винаги са по-леки от коничните самоносещи или несамоносещи покриви. Следователно винаги когато е възможно, е удачно да се прилагат сферични покриви;

б) разликата в теглата между коничните несамоносещи покриви и сферичните куполи е много малка. Изборът между двете конструктивни схеми трябва да се извърши по други параметри, като големина на вътрешното налягане, наличие на понтон, свойства на почвата, налична механизация за монтаж, възможност за огъване на ребрата и др.;

в) при по-малките резервоари разликата в теглата между двата типа самоносещи покриви не е толкова голяма, така че с цел да се избегне огъването на ребрата по определен радиус, използването на конични самоносещи покриви е удачно. В случая е необходимо да се направи съпоставка по цена;

г) съществена разлика между теглата на сферични и конични самоносещи покриви се наблюдава при резервоари с обем $V \geq 2000 \text{ m}^3$, респективно с диаметър $D > 15,0 \text{ m}$. Следователно границата, при която трябва да се премине от коничен самоносещ към сферичен покрив, е при диаметър на резервоара $D = 15,0 \text{ m}$;

д) при различна стрелка на покрива се получават различни стойности за неговото тегло. При всяко индивидуално проектиране е необходимо да се изчислят и сравнят няколко варианта, за да може да се избере оптималният;

е) с увеличаване диаметъра на резервоара, количеството вложен метал в покрива за единица покрита площ нараства.