

# ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОВЕДЕНИЕТО НА ПОКРИВНАТА ОБШИВКА, КОЯТО Е ЗАВАРЕНА ЕДНОСТРАННО, С ПРИПОКРИВАНЕ

д-р инж. Любомир А. Здравков  
сп. „Строителство”, кн. 3, 2007 г

**Abstract:** *New tendency of design of steel roofs of cylindrical tanks is to put cover plates under steel structure. This type of roof has only radial girders. Joints between cover plates are made with overlapping and filled welds. Usually these joints are single-welded.*

*The author made research about real work of the thin roof cover plates and filled welds. Comparison between traditional methods of design and nonlinear solution with ANSYS is made.*

**Key words:** *steel roof, radial girders, roof cover plates, single-welded lap joint, nonlinear solution*

При проектиране на покриви на стоманени цилиндрични резервоари или силози, все по-масово се използват такива, при които покривната конструкция е разположена над покривната обшивка. Предимствата на този тип конструктивно решение са:

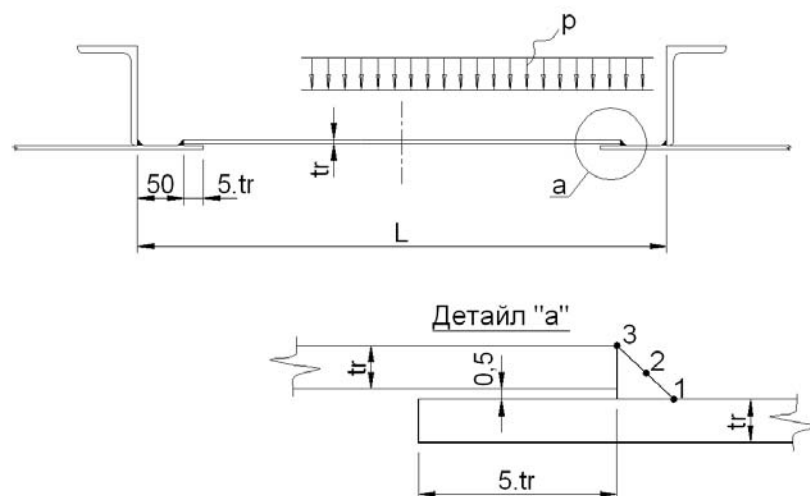
- гладка вътрешна повърхност, върху която лесно се нанасят защитни покрития и не се задържат вредни микроорганизми;
- улеснено производство и монтаж;
- улеснена поддръжка на защитните покрития, нанесени върху носещата конструкция.

Като недостатъци могат да бъдат посочени:

- покривната обшивка е двустранно подпряна, което води до по-големи дебелини;
- радиалните греди не са осигурени от обшивката срещу загуба на устойчивост в равнината на покритието.

## 1. Условия и цели на изследването

Покривната конструкция е външна (над обшивката). Реализирана е чрез радиално поставени греди. Листове в покривната обшивка се припокриват в зона с широчина  $5.t_r$  (фиг.1). Снаждането между тях е осъществено чрез едностранни ъглови заваръчни шевове, които се изпълняват в долно положение. Катетът на тези шевове е равен на дебелината на листовите.



фиг. 1 Покривни конструкция и обшивка

Целта на настоящото изследване е да бъдат анализирани:

- реалната работа на покривната обшивка при конструкция отгоре;

- доколко ъгловият заваръчен шев между двата листа обуславя тяхното еднакво завъртане;
- концентрация на напреженията в зоната на заваръчните шевове.

## 2. Варианти на изследването

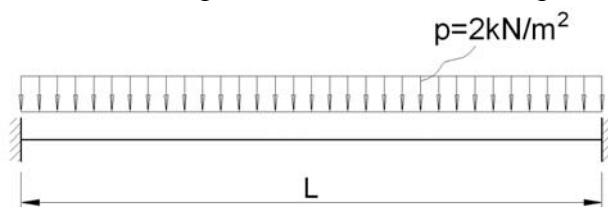
Покривната обшивка е анализирана по 2-е независими методики, за да се сравнят получените резултати:

- ръчно, традиционно решение, при геометрически линейна постановка на задачата;
- числено, с използване на ANSYS. Геометрически нелинейното поведение на системата е отчетено.

Натоварването върху листовите по покрива зависи от района, където е построено съоръжението и от условията на експлоатация. При така проведеното изследване е възприето е равномерно разпределено натоварване, с интензитет  $p = 2 \text{ kN/m}^2$ .

а) проверка на усилията и преместванията при геометрически линейна постановка на задачата

Покривните листове са разгледани като едноотворна гreda, която запъната в двата си края (фиг.2), тъй като над опорите сеченията не се завъртат. Прието е, че заваръчния шев между листовите осигурява тяхното еднакво завъртане, т.е. няма стави в гредата.



фиг. 2 Статическа схема на покривната обшивка

Разстоянието между опорите отговаря на максималното разстояние между радиалните ребра. Геометрически нелинейното поведение на конструкцията не е отчитано, както обикновено се практикува при традиционното проектиране.

Резултантните напрежения в гредата, в средата на полето  $\sigma_m$  и над опората  $\sigma_{supp}$ , както и провисването  $f$  в средата, от натоварване  $p = 2 \text{ kN/m}^2$ , в зависимост от дебелината на обшивката  $t_r$  и отвората  $L$  са показани в Таблица 1.

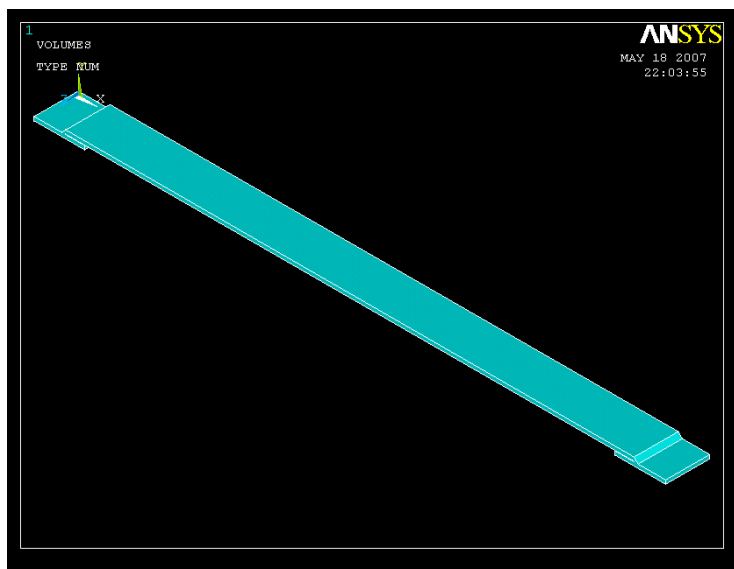
При това изследване не е възможно да се определят реалните напрежения в зоната на заваръчния шев (т.1, т.2 и т.3 от фиг. 1), снаждащ двата листа.

ТАБЛИЦА 1

$t_r, \text{ mm}$	$L = 1000 \text{ mm}$			$L = 1500 \text{ mm}$			$L = 2000 \text{ mm}$		
	$\sigma_m, \text{ MPa}$	$\sigma_{supp}, \text{ MPa}$	$f, \text{ mm}$	$\sigma_m, \text{ MPa}$	$\sigma_{supp}, \text{ MPa}$	$f, \text{ mm}$	$\sigma_m, \text{ MPa}$	$\sigma_{supp}, \text{ MPa}$	$f, \text{ mm}$
4,0	31,24	62,48	4,65	70,31	140,62	23,54	125	249,99	74,41
5,0	20	40	2,38	45	90	12,05	80	160	38,09
6,0	13,88	27,76	1,38	31,25	62,5	6,98	55,55	111,11	22,04

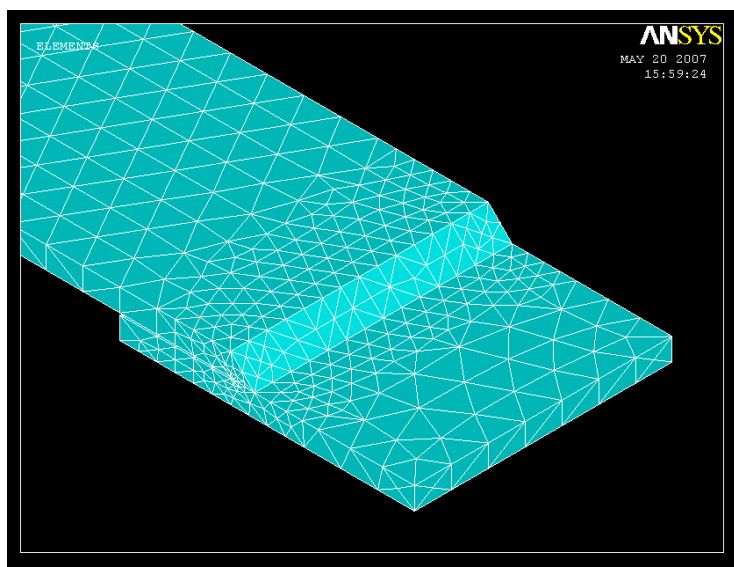
б) проверка на усилията и преместванията при геометрически нелинейна постановка на задачата

Използвайки възможностите на ANSYS са създадени тримерни модели на обшивката (фиг.3). При проведеното числено изследване се отчитат геометрически нелинейното поведение на конструкцията и влиянието на заваръчните шевове.



фиг. 3 Пространствен модел на обшивката

Моделирано е презастъпването на покривните листове и снаждащите ги ъглови заваръчни шевове (фиг.4).



фиг. 4 Презастъпване на листовите

Изследването е проведено при следните условия:

Листовете са от стомана, която има следните свойства:

- граница на провлачане  $R_{yn} = 235 \text{ MPa}$ ;
- модул на Юнг  $E = 2,1 \cdot 10^8 \text{ КПа}$ ;
- коефициент на Поасон  $\nu = 0,3$ .

Зоната на презастъпване на листовите е с ширина  $5 \cdot t_r$  и се променя в зависимост от дебелината  $t_r$ .

Дебелината на листовите  $t_r = 4 \div 6 \text{ mm}$ ;

Разстоянието между листовите  $\Delta = 0,5 \text{ mm}$ .

При моделирането са използвани елементи SOLID 186, всеки от които е с 20 възела.

Максималният размер на всеки един от крайните елементи е ограничен до 10 mm. В зоната на заваръчните шевове мрежата от елементи е сгъстена, за да се получат по-точни резултати.

В двата края на модела, преместванията и завъртането са възпрепятствани.

Натоварването върху листовите е равномерно разпределено, с интензитет  $p = 2 \text{ kN/m}^2$ .

Резултантните напрежения в гредата, определени по *von Mises*, в средата на полето  $\sigma_m$ , над опората  $\sigma_{supp}$ , в заваръчния шев в т.1, т.2 и т.3 от [фиг. 1](#) -  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$ , както и провисването  $f$  в средата, в зависимост от дебелината на обшивката  $t_r$  и отвората  $L$  са показани в Таблицы 2, 3 и 4.

- разстояние между радиалните ребра  $L = 1000$  mm

ТАБЛИЦА 2

$t_r$ , mm	Преместване в средата $f$ , mm	Напрежения по <i>von Mises</i> , MPa				
		$\sigma_m$	$\sigma_{supp}$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
4,0	4,6	31,314	47,286	40,277	73,085	30,083
5,0	2,37	23,607	22,618	15,163	41,779	21,645
6,0	1,26	15,825	10,893	8,225	28,313	12,911

- разстояние между радиалните ребра  $L = 1500$  mm

ТАБЛИЦА 3

$t_r$ , mm	Преместване в средата $f$ , mm	Напрежения по <i>von Mises</i> , MPa				
		$\sigma_m$	$\sigma_{supp}$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
4,0	10	14,92	88,96	95,12	95,59	38,06
5,0	8,33	22,97	77,59	72,57	90,23	36,04
6,0	6,39	26,24	46,63	52,33	76,91	31,9

- разстояние между радиалните ребра  $L = 2000$  mm

ТАБЛИЦА 4

$t_r$ , mm	Преместване в средата $f$ , mm	Напрежения по <i>von Mises</i> , MPa				
		$\sigma_m$	$\sigma_{supp}$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
4,0	14,54	2,44	128,75	134,94	112,65	40,36
5,0	13	10,3	112,27	111,74	106,43	41,15
6,0	11,46	16,82	79,51	94,97	102,41	37,94

### 3. Изводи от изследването

а) при малки разстояния между опорите  $L$  разликите между резултатите, получени по двата посочени по-горе начини, са малки. С нарастване на подпорните разстояния  $L$ , разминаванията стават съществени;

б) върху напреженията и деформациите в покривната обшивка съществено влияние оказва нейното провисване (деформация). При големи разстояния между опорите  $L$  задачата за определяне на необходимата дебелина на обшивката трябва да се решава по деформирана схема;

в) при определяне на дебелината на покривната обшивка  $t_r$ , меродавна е проверката за провисване;

г) най-големи напрежения в обшивката се получават в зоната на заваръчните шевове, което се дължи на концентрация на напреженията от промяна на геометрията;

д) ъгловите заваръчни шевове, изпълнени с катет равен на дебелината на листовите, осигуряват еднакво завъртане на снадените чрез припокриване покривните листове, т.е. те могат да бъдат разгледани като непрекъсната греда.