

КОРЕЛИСАЊЕ МАКСИМАЛНИХ СИЛА И МОМЕНАТА НА ПРИКЉУЧЦИМА ОПРЕМЕ ПОД ПРИТИСКОМ ДЕФИНИСаниМ У AS 1210 ЗА ПРИКЉУЧКЕ СА ПРИРУБНИЦАМА НОРМИРАНИМ У ASME B16.5 И ASME B16.47

Милош ИВОШЕВИЋ¹, Бранислав ГАЈИЋ¹, Милан АНТИЋ¹,

Владислав СТАНКОВИЋ², Никола ЈАЋИМОВИЋ³, Милош МИХАИЛОВИЋ⁴

¹ **Машински факултет Универзитета у Београду, Краљице Марије 16, Београд**

² **ЕНГ ДОХА, Владетина 3, Београд**

³ **Danieli and C. Officine Meccaniche S.p.A, Via Nazionale, 41 - 33042 Buttrio (UD), Italy**

⁴ **Академија техничких струковних студија Београд, АТССБ Одсек за саобраћај, машинство и инжењерство заштите, Наде Димић 4, Београд - Земун**

1 УВОД

Једна од тема која са развојем рачунарских програма за механичке прорачуне није изгубила ни мало на значају је питање локалних оптерећења која се са цевовода преносе на посуде под притиском. Иако је увек циљ да се што мања оптерећења пренесу на посуде то није увек изводљиво. Постоје два различита приступа процени локалних спољних оптерећења на посудама под притиском: метод коначних елемената и тзв. „ручни аналитички“ методи као што су PD 5500 (Appendix G) или WRC 107, WRC 297 и WRC 368.

При пројектовању процесних постројења често неколико екипа инжењера ради паралелно да би се скратило време израде пројеката: инжењери који раде на технолошким прорачунима постројења и појединачних апарата, инжењери који трасирају цевоводе, инжењери који изабарају и димензионишу ослонце (механички прорачун оптерећења цевовода), инжењери који се баве конструисањем нетипизиране опреме (размењивачи топлоте, различите посуде под притиском, ...) итд. Ради симултаног рада последње две групе инжењера неопходно је да се на неки начин изврши усаглашавање максималних прорачунских сила и момената који ће бити граница до које група која ради на механичким прорачунима цевовода може да оптерети прикључке на посудама под притиском.

У стручној литератури се може наћи више приступа како се могу усвојити оптерећења. На пример у свом упутству за димензионисање и конструисање добошастих размењивача топлоте АВВ [1] дефинише минимална оптерећења прикључака како је приказано у табели 2. Према приказаним подацима у табели 1 задат је утицај величине цевног прикључка NPS (in) на силе и моменте у империјалним јединицама.

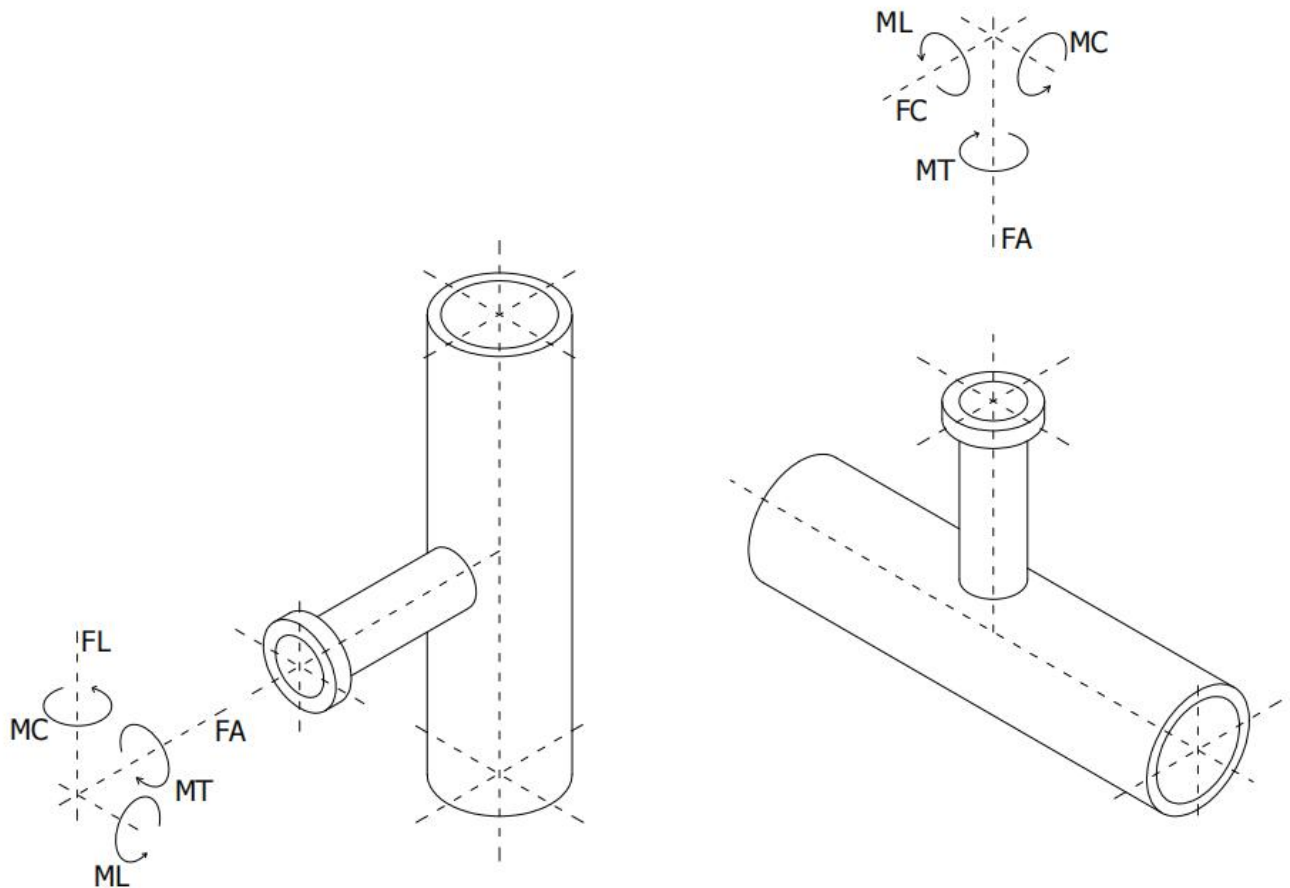
На слици 1 приказана је оријентација дејстава сила и момената.

Табела 1 Минимална оптерећења прикључака према [1]

NPS in	<i>VL</i> lbf	<i>P</i> lbf	<i>VC</i> lbf	<i>MC</i> ft · lbf	<i>MT</i> ft · lbf	<i>ML</i> ft · lbf
2	400	1000	400	500	500	500
3	600	1500	600	600	600	600
4	1000	2000	1000	1000	1200	1000
6	1500	3000	1500	2700	3000	2700
8	2400	4000	2400	4500	6000	4500
10	3000	5000	3000	5000	6000	5500
12	4000	6000	4000	6000	6000	7000
14	5000	7000	5000	7000	7000	8000
16	5800	8000	5800	8500	7500	9000
18	6500	9000	6500	9300	8300	9800
20	7000	10000	7000	10200	9200	10500
24	8400	12000	8400	12240	11040	12600
30	10500	15000	10500	15300	13800	15750
36	12600	18000	12600	18360	16560	18900

2 КОРЕЛИСАЊЕ ОПТЕРЕЋЕЊА ПРЕМА AS 1210 ЗА ПРИРУБНИЦЕ ДЕФИНИСАНЕ ПРЕМА ASME

У AS 1210 [2] вредности спољашњих локалних оптерећења дате за прирубнице у опсегу од 150 lb до 1500 lb (Flange Class 150 ÷ 1500) према ASME B16.5 [4]. Прирубнице класа 75 lb и 2500 lb према ASME B16.5 [3] и ASME B16.47 [4] нису обухваћене препорукама из аустралијског стандарда. Што се тиче димензија цевовода у AS 1210 су обухваћени прикључци номиналног пречника NPS2 до NPS60 (од 2 in до 60 in).



Слика 1 Конвенција за моменте и силе за прирубнице

Према AS 1210 силе и momenti су за прирубнице класа 150 lb и 300 lb једнаке.

Анализирајући вредности дате у AS 1210 установљено је да постоје зависности између сила и момената које се могу приказати једначинама

$$VC = 0,7476 \cdot VL \quad (1)$$

$$P = VL \quad (2)$$

$$ML = 0,8685 \cdot MT \quad (3)$$

$$MC = 0,6654 \cdot MT \quad (4)$$

што значи да је довољно да се корелишу само подаци за VL и MT .

На основу изнетог добијене су корелације чији је општи облик

$$Y = a \cdot NPS^b \cdot (1 + c \cdot NPS^d) \cdot (1 + g \cdot CL^h) \quad (5)$$

где су:

- a, b, c, d, g, h параметри дати у табели 2;
- CL класа прирубнице према ASME B16.5 и ASME B16.47.

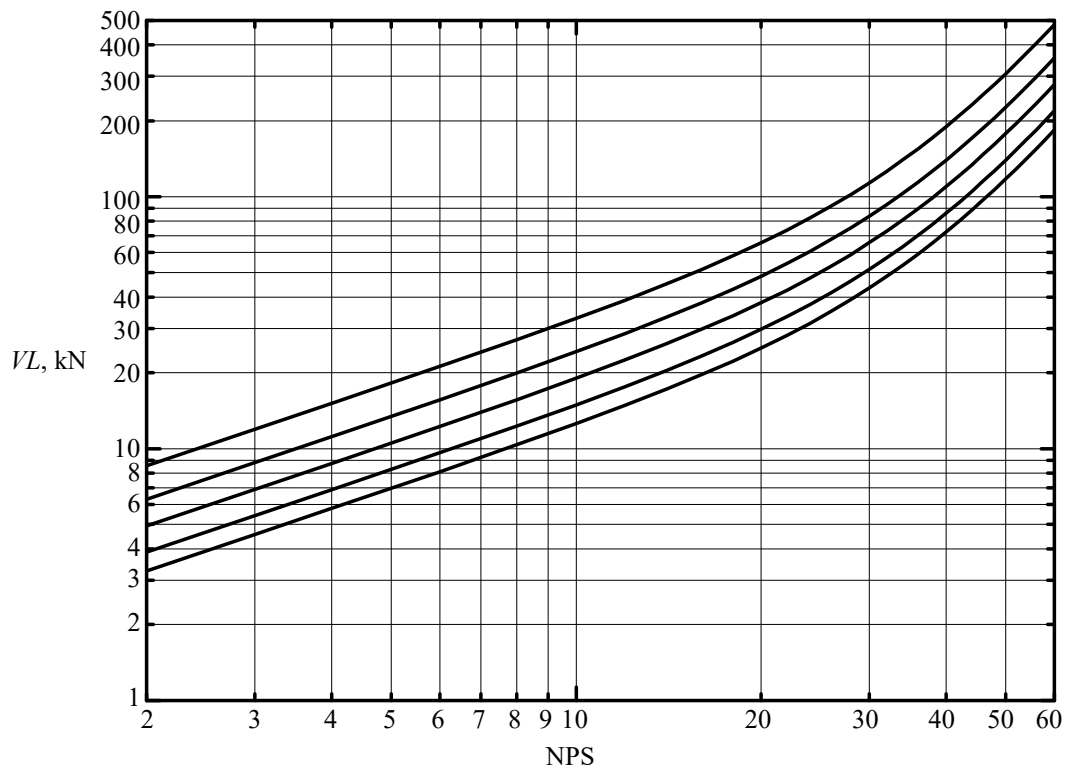
Променљива Y је или сила VL или момент MT у складу са конвенцијом приказаном на слици 1. У табели 3 су приказани статистички показатељи корелације (5), а сама корелација је приказана на дијаграмима на сликама 2 и 3.

Табела 2 Вредности параметара у (3)

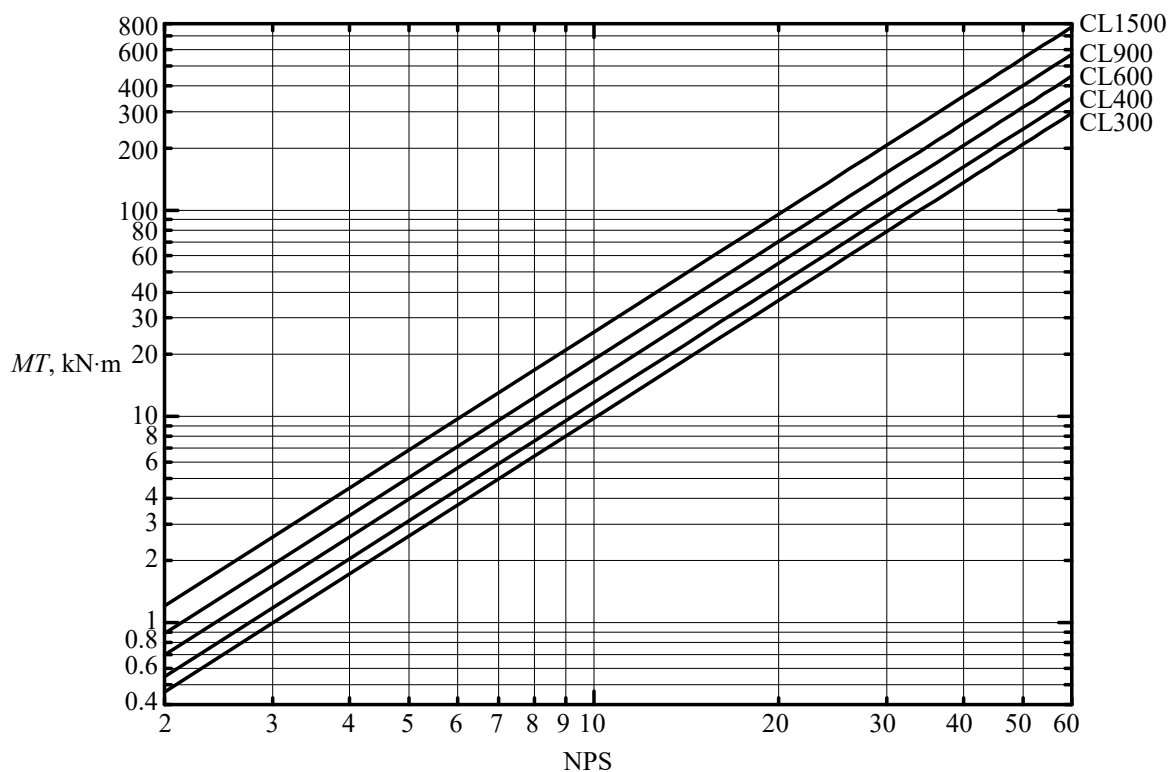
Y	a	b	c	d	g	h
VL	0,012	0,82	$96 \cdot 10^{-6}$	2,48	5	0,6
MT	$8 \cdot 10^{-4}$	1,9	0	-	5	0,6

Табела 3 Статистички показатељи квалитета корелације (3)

Y	$SD, \%$	$CR, \%$	$RE_{max}^-, \%$	$RE_{max}^+, \%$
VL	8,81	99,38	-23,39	+15,04
MT	7,36	99,55	-13,84	+17,69



Слика 2 Корелација (2) за силу VL



Слика 3 Корелација (2) за момент MT

3 ДИСКУСИЈА

Основна разлика између приступа датих у AS 1210 и [1] је у томе што AS 1210 обухвата, поред номиналног пречника цеви/прикључка, и утицај класе прирубнице, док се овај утицај у [1] не узима у разматрање.

Према подацима из табеле 1 из [1] може се закључити да су међусобни односи сила и момената следећи

$$VC = VL \quad (6)$$

$$P = (1,38 \div 2,5) \cdot VL \quad (7)$$

$$ML = (0,75 \div 1,18) \cdot MT \quad (8)$$

$$MC = (0,75 \div 1,13) \cdot MT \quad (9)$$

што је врло „шаролик“ опсег вредности за разлику од приступа у AS 1210 који је једнозначан и приказан односима (1), (2), (3) и (4).

На дијаграмима на сликама 2 и 3 су поред линија према корелацији (3) унете и вредности из [1].

4 ЗАКЉУЧАК

У чланку су разматрана оптерећења на прикључцима опреме под притиском према аустралијском стандарду AS 1210 и упутству [1]. на основу изложених података може

се закључити да се приступи овом проблему и конкретне вредности приказане у ова два извора значајно разликују.

Врло је битно напоменути да је расподела сила и момената ствар договора, као што је на почетку поменуто. Такође треба истаћи да поред изложених постоји и низ сличних табеларно датих вредности у већем броју референци које се користе у областима процесних индустрија, термотехнике и енергетике.

СПИСАК ОЗНАКА

a, b, c, d, g, h параметри у једначинама

CL класа прирубнице

CR корелациони параметар

DN номинални пречник

MC Ободни момент

MT Торзиони момент

ML Лонгитудинални момент

NPS (in) величина цевног прикључка

P Радијални напон

RE_{max}^- Максимална негативна релативна грешка

RE_{max}^+ Максимална позитивна релативна грешка

SD стандардна девијација

VL Лонгитудинални напон

VC Ободни напон

Y променљива

АПЕНДИКС

Квалитет корелације се оцењује помоћу статистичких параметара.

Средње квадратно одступање (SD) је

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_i^n \left(\frac{y_i - y_i^c}{y_i} \right)^2}{n}}$$

где су:

- y_i вредност зависно променљиве за x_i ;

- y_i^c вредности корелисане променљиве за x_i ;
- x_i вредност независно променљиве;
- n број тачака које су коришћене за формирање корелације.

Корелациони однос (CR) се израчунава према следећој релацији

$$CR = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i^c)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{sr})^2}}$$

где је y_{sr} средња вредности независно променљиве

$$y_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

Максимална позитивна релативна грешка је

$$RE_{max}^+ = \max \left(\frac{y_i - y_i^c}{y_i} \right) \text{ за } y_i - y_i^c > 0$$

а максимална негативна релативна грешка се приказује у облику

$$RE_{max}^- = \max \left(\frac{y_i - y_i^c}{y_i} \right) \text{ за } y_i - y_i^c < 0$$

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] ABB Lummus Global, Specification 00000-EA-201, Shell And Tube Heat Exchange Equipment, 2007.
- [2] AS 1210 – недостајући апендикс
- [3] ASME B16.5:2009 Pipe Flanges and Flanged Fittings
- [4] ASME B16.47:2017 Large Diameter Steel Flanges