

строительных машин. дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / Пенчук Валентин Алексеевич. – Москва. – 1979. – 201 с.

6. Пенчук В.А. Винтовые сваи и анкера для опор: монография / Пенчук В.А. – Донецк: "Ноулидж". – 2010. – 179 с.

7. Пенчук В.А. Экспериментальные исследования процессов погружения винтовых свай и якорей / В.А. Пенчук, В.В. Константиненко // Подъемно–транспортные и строительные системы: наука и инновации, ЮРГПУ (НПИ) им. Платова. – 2016. – С.134 – 139.

#### АНОТАЦІЯ

У роботі наведені результати дослідження впливу конструкцій механізмів занурення на силові і енергетичні характеристики процесу занурення гвинтових паль і якорів у ґрунт. Описано закономірності впливу осьової сили пригрузу на крутний момент загвинчування якоря в ґрунт та виконану механізмом занурення роботу. Дано рекомендації щодо раціонального використання осьової сили пригрузу для загвинчування гвинтових паль і якорів.

Ключові слова: гвинтова паля, механізм занурення, процес занурення, осьове зусилля, крутний момент, робота.

#### ANNOTATION

The results of studies of the effect of structures dipping mechanisms on power and energy characteristics of the process of immersion of screw piles and anchors in the ground. The regularities of influence of axial force on torque screwing the anchor into the ground and produced mechanism dive operation. Recommendations on the rational use of axial force for screwing screw piles and anchors.

Key words: screw pile, dive gear, dive process, axial force, torque, work.

УДК 624.015:624.023:620.19

Матченко Т.І., к.т.н

Шаміс Л.Б.

Первушова Л.Ф.

#### ПОМИЛКИ В ДБН В.2.6-198 :2014

##### АНОТАЦІЯ

Знайдені помилки в ДБН В.2.6-198:2014 в формулах з визначення розрахункових опорів болтових з'єднань на розтяг, а також в формулах, які містять коефіцієнт надійності за відповідальністю. Запропоновані нові формули для визначення розрахункових опорів болтових з'єднань на розтяг і на зріз. Наведені посилання на критерії для розрахунків на міцність та опір крихкому руйнуванню елементів сталевих конструкцій з тріщинами, що знаходяться в експлуатації, при центральному розтягу, при позацентровому розтягу і при згині.

Ключові слова: болти, розрахунковий опір, металеві конструкції.

##### Вступ

В таблиці 7.4 ДБН В.2.6-198 [1] приведені формули з визначення розрахункових опорів болтових з'єднань. Розрахунки за формули для визначення розрахункового опору розтягу одноболтового з'єднання ( $R_{bt}$ ) для болтів класу міцності 5.6; 8.8; 10.9 дають результати, які не співпадають з результатами таблиці Д.4 [1]. Таблиця 7.4 ДБН В.2.6-198 [1] з формулами в яких помилки приведена в таблиці 1. В таблиці 2 приведено порівняння значень  $R_{bt}$  з таблиці Д.4 [1] і обчислених за формулами Табл. 7.4 [1].

З таблиці 2 видно, що значення  $R_{bt}$  з таблиці Д.4 [1] і обчислених за формулами Таблиця 7.4 [1] мають суттєві відмінності.

**Ціль роботи** — Визначити, яким чином слід усунути відмінності таблиці Д.4 [1] і обчислень за формулами Таблиця 7.4 [1]? Виконати аналіз інших формул в ДБН В.2.6-198:2014.

##### Аналіз нормативних документів

В таблиці 5 [2], наведені формули для визначення розрахункових опорів болтових з'єднань, якими користуються в РФ. Для розрахункового опору розтягу одноболтового з'єднання ( $R_{bt}$ ) для болтів класу міцності 5.6; 8.8; 10.9, ці формули приведені в таблиці 3.

Табл. 1.

Напружений стан	Умовне позначення	Розрахунковий опір одноболтового з'єднання зрізу, розтягу, змицання для болтів класу міцності				високоміцних із сталі марки 40X «селект»
		5.6	5.8	8.8	10.9	
		Зріз	а) $R_{bs}$	$0,42 R_{bun}$	$0,42 R_{bun}$	
Розтяг	б) $R_{bt}$	$0,75 R_{bun}$	$0,75 R_{bun}$	$0,68 R_{bun}$	$0,60 R_{bun}$	$0,50 R_{bun}$
Змицання: болти класу точності А	в) $R_{bp}$	$1,60 R_u$				
болти класу точності В і С		$1,35 R_u$				

а) Значення  $R_{bs}$  і  $R_{bt}$  для болтів класів міцності 8.8 і 10.9 та із сталі марки 40X «селект» наведені для болтів без покриття (наприклад, без оцинкування, алюмінівання).  
 б) Значення  $R_{bt}$  вказано для болтів з додатковим подальшим відпуском при температурі 650°C.  
 в) Значення  $R_{bp}$  вказано для з'єднаних елементів із сталі з межею текучості до 440 Н/мм<sup>2</sup> і при  $R_{bun} > R_{um}$ .

Таблиця 2.

Клас міцності болтів	Значення $R_{bt}$ з таблиці Д.4 [1], Н/мм <sup>2</sup> .	Значення $R_{bt}$ за формулами таблиці 7.4 [1], Н/мм <sup>2</sup> .
5,6	225	375
8,8	435	544
10,9	540	600

Таблиця 3.

Клас міцності болта	5,6	8,8	10,9
Формули визначення $R_{bt}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$0,45 R_{bun}$	$0,54 R_{bun}$	$0,54 R_{bun}$

Таблиця 4.

Клас міцності болта	5,6	8,8	10,9
Формули визначення $R_{bt}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$0,42 R_{bun}$	$0,50 R_{bun}$	$0,50 R_{bun}$

В таблиці 5\* [3], наведені формули для визначення розрахункових опорів болтових з'єднань, якими користувалися до набуття чинності Українських ДБН. Для розрахункового опору розтягу одноболтового з'єднання ( $R_{bt}$ ) для болтів класу міцності 5.6; 8.8; 10.9, ці формули приведені в таблиці 4.

З аналізу таблиць 1, 3, 4 видно, що в актуальному нормативному документі РФ [2] в формулі:

$$R_{bt} = k \cdot R_{bun}$$

в порівнянні з нормативним документом [3] збільшено значення коефіцієнту ( $k$ ) на 7-8%.

В ДБН В.2.6-198 [1] в порівнянні з нормативним документом [3] цей коефіцієнт збільшено на 78-20% в порівнянні з нормативним документом [3].

У відповідності з формулою (6) [4] при визначенні розрахункового опору прокату (якими є болти) ( $k$ ) визначається за формулою:

$$k = 0,5/\gamma_m$$

( $\gamma_m$ ) – коефіцієнт надійності за матеріалом призначається у відповідності з табл. 7.2 [1] і для болтів ( $\gamma_m$ ) = 1,05. Таким чином ( $k$ ) не може бути більшим за 0,5.

#### Аналіз формули для визначення розрахункового опору розтягу болтових з'єднань

Для визначення значень коефіцієнту ( $k$ ), необхідно дослідити правила його побудови. Опір розтягу одноболтового з'єднання ( $R_{bt}$ ) визначається в залежності від критерію міцності, що найбільше характерний для болтів, технології виготовлення виробу і коефіцієнта надійності за матеріалом, який гарантує визначене імовірнісне забезпечення ( $\alpha$ ) отриманих значень. Відомо, що за енергетичним критерієм М. Губера, для болтів, які можуть працювати на розтяг і на зріз (зсув), виконується залежність:

$$\sigma_{IV} = (\sigma^2 - 3 \cdot \tau^2)^{0,5} \leq \sigma_{0,2} / [n],$$

де  $[n]$  – коефіцієнт запасу міцності;  $\sigma$ ,  $\tau$  – відповідно розтягуючі і дотичні напруження в болті. Тоді розрахунковий опір болта на розтяг визначається виходячи із залежності:

$$(R_{bt}^2 - 3 \cdot \tau^2)^{0,5} \leq R_{byn} / [n]. \quad (1)$$

У випадку, коли дотичними напруженнями можна знехтувати, отримуємо:

$$R_{bt} \leq R_{byn} / [n].$$

Якщо виражати  $(R_{bt})$  не через значення через  $R_{byn}$ , а через значення  $R_{bum}$ , тоді у відповідності з формулами (7) [4] можна записати:

$$R_{bt} = \frac{\gamma_{bt} \cdot R_{bum}}{\gamma_{mbt} \cdot \gamma_u}, \quad k = \frac{\gamma_{bt}}{\gamma_{mbt} \cdot \gamma_u}, \quad (2)$$

де  $(\gamma_{bt})$  – коефіцієнт, який враховує зниження міцності прокату на розтяг в напрямку товщини прокату – осі болта  $(\gamma_{bt}) = 0,72$ ;  $(\gamma_u) = (\sigma_s / \sigma_t) = (R_{bum} / R_{byn})$ ;  $(\gamma_{mbt})$  – коефіцієнт, надійності за матеріалом при розтягненні в напрямку товщини прокату – осі болта  $(\gamma_{mbt}) = 1,1 \cdot (\gamma_m)$ , який приймається виходячи з того, що забезпеченість значень розрахункових опорів повинна бути не меншою за 0,998 (див. п. 7.2 [1]).

Перевіримо формулу (2) для болтів класу міцності 5,6 для наступних значень коефіцієнтів:  $(\gamma_{bt}) = 0,72$ ;  $(\gamma_{mbt}) = 1,1 \cdot 1,05 = 1,155$ ;  $(\gamma_u) = (\sigma_s / \sigma_t) = 1/0,6 = 1,6666$ .

$$k = \frac{1 \cdot 1 \cdot 0,72}{1,155 \cdot 1,66} = 0,374.$$

Перевіримо формулу (2) для болтів класу міцності 8,8 для наступних значень коефіцієнтів:  $(\gamma_{bt}) = 0,72$ ;  $(\gamma_{mbt}) = 1,1 \cdot 1,05 = 1,155$ ;  $(\gamma_u) = (\sigma_s / \sigma_t) = 1/0,8 = 1,25$ .

$$k = \frac{1 \cdot 1 \cdot 0,72}{1,155 \cdot 1,25} = 0,4987.$$

Перевіримо формулу (2) для болтів класу міцності 10,9 для наступних значень коефіцієнтів:  $(\gamma_{bt}) = 0,72$ ;  $(\gamma_{mbt}) = 1,1 \cdot 1,05 = 1,155$ ;  $(\gamma_u) = (\sigma_s / \sigma_t) = 1/0,9 = 1,1$ .

$$k = \frac{1 \cdot 1 \cdot 0,72}{1,155 \cdot 1,1} = 0,566.$$

Отримані результати відрізняються від результатів в таблиці 4 і в [3] на 12% для класу міцності

болтів 5,6 і 10,9 і співпадають для класу міцності болтів 8,8.

Таким чином можна зробити висновок, що правило визначення коефіцієнта ( $k$ ) прийнято вірно і в таблиці 7.4 ДБН В.2.6-198 [1] допущені помилки. Вочевидь доцільно прийняти значення формул для визначення розрахункового опору розтягу одноболтового з'єднання ( $R_{bt}$ ) такі самі, як і в СП 16.13330.2014 [2].

#### Аналіз формули для визначення розрахункового опору зрізу болтових з'єднань

На думку авторів цієї роботи в формулах з визначення розрахункового опору зрізу ( $R_{bs}$ ) одноболтового з'єднання в [1-3] припущені помилки. Відомо, що за енергетичним критерієм М. Губера, який доцільно застосовувати для тривимірного напружено – деформованого стану, виконується залежність:

$$\sigma_{IV} = \left\{ 0,5 \left[ (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right] \right\}^{0,5} \leq \sigma_{0,2} / [n].$$

Якщо розглядати тривимірний напружений стан, тоді виконується залежність:

$$\sqrt{3} \cdot \tau_t = \sigma_t, \quad \tau_t = 0,577 \sigma_t.$$

Якщо розглядати одновимірний розтяг болта, коли  $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ , тоді, за критерієм Губера:

$$\sqrt{2} \cdot \tau_t = \sigma_t, \quad \tau_t = 0,707 \cdot \sigma_t$$

За критерієм Треска, який застосовується для одновісного розтягу, виконується залежність:

$$\tau_t = 0,5 \cdot \sigma_t,$$

де  $(\tau_t)$  і  $(\sigma_t)$  – відповідно межа текучості при чистому зсуві і межа текучості при одновісному розтягу матеріалу.

Критерій Треска більш консервативний, чим критерій Губера. Тому саме його доцільно застосовувати для оцінки міцності болтів.

В такому випадку формула для розрахункового опору зрізу одноболтового з'єднання ( $R_{bs}$ ) за значеннями ( $R_{bum}$ ) повинна мати вигляд:

$$R_{bs} = \frac{\gamma_{bs}}{\gamma_{mbs} \cdot \gamma_u} \cdot \left( \frac{R_{byn}}{R_{bum}} \right) \cdot R_{bum}, \quad (3)$$

де ( $R_{byn}$ ) – характеристичний опір сталі болтів, який приймається таким, що дорівнює границі текучості ( $\sigma_t$ ) згідно з державними стандартами і технічними умовами на болти; ( $\gamma_{bs}$ ) – коефіцієнт, який враховує зниження міцності прокату на зсув в перерізі нормальному до осі болта ( $\gamma_{bs}$ ) = 0,5 для болтів; ( $\gamma_{mbs}$ ) – коефіцієнт надійності за матеріалом при зсуві в перерізі нормальному до осі болта ( $\gamma_{mbs}$ ) = 1,1·( $\gamma_m$ ), ( $\gamma_u$ ) – коефіцієнт надійності при зсуві ( $\gamma_u$ ) = 1.

Тоді формула (3) прийме вигляд:

$$R_{bs} = 0,5 \cdot \left( \frac{R_{byn}}{R_{bun}} \right) \cdot R_{bun} \quad (4)$$

Відношення ( $R_{byn} / R_{bun}$ ) можна визначити за другою цифрою в класі міцності болтів, яка вказує на відсоткове (дольове) відношення ( $R_{byn} / R_{bun}$ ). Таким чином формула для розрахунку ( $R_{bs}$ ) має

вигляд такий, як в таблиці 5.

З таблиці 5 видно, що формули для визначення розрахункового опору зрізу болтових з'єднань ( $R_{bs}$ ) добре узгоджуються з [1-3] для болтів з класом міцності, що дорівнює і перевищує 8,8. Для болтів класу міцності 5,6 і 5,8 в нормативних документах [1-3] завищені коефіцієнти в формулах для визначення розрахункового опору зрізу болтових з'єднань.

Розрахунковий опір  $R_{bs}$  болтів, що працюють з натягом, який створює осьове напруження розтягу в болті  $\sigma$ , визначається за формулою

$$R_{bs} = \left[ \frac{(R_{byn} / \gamma_{mbs})^2 - \sigma^2}{3} \right]^{0,5} \quad (5)$$

де  $R_{byn}$  – характеристичний опір сталі болтів, який приймається таким, що дорівнює границі те-

Таблиця 5.

Клас міцності болта	5,6	8,8	10,9
Формули визначення ( $R_{bs}$ ), Н/мм <sup>2</sup>	$0,26 R_{bun} - 0,30 R_{bun}$	$0,346 R_{bun} - 0,40 R_{bun}$	$0,40 R_{bun} - 0,45 R_{bun}$

Таблиця 6.

Напружений стан	Умовне позначення	Розрахунковий опір одноболтового з'єднання зрізу, розтягу, змінанню для болтів, Н/мм <sup>2</sup> .					Змінання з'єднувальних елементів
		класу міцності					
		5,6	5,8	8,8	10,9	12,9	
Зріз болтів без натягу за критерієм Треска,	a) $R_{bs}$	$0,26 R_{bun}$	$0,346 R_{bun}$	$0,346 R_{bun} - 0,40 R_{bun}$		$0,38 R_{bun}$	-
Зріз болтів без натягу за критерієм Губера	a) $R_{bs}$	$0,3 R_{bun}$	$0,4 R_{bun}$	$0,4 R_{bun} - 0,45 R_{bun}$		$0,45 R_{bun}$	-
Зріз болтів з натягом	з) $R_{bs}$	$R_{bs} - \left[ \frac{(R_{byn} / \gamma_{mbs})^2 - \sigma^2}{3} \right]^{0,5}$					-
Розтяг у випадку коли $\tau \approx 0$	б) $R_{bt}$	$0,374 R_{bun}$	$0,50 R_{bun}$	$0,50 R_{bun} - 0,56 R_{bun}$		$0,56 R_{bun}$	-
Розтяг у випадку коли $\tau$ має значні значення		$R_u - [0,39 R_{bun}^2 - 3 \cdot \tau^2]^{0,5}$					
Змінання: болти класу точності A	в) $R_{bp}$	-					$1,60 R_u$
болти класу точності B і C		-					$1,35 R_u$

а) Значення  $R_{bs}$ ,  $R_{bt}$ , наведені для болтів без покриття (наприклад, без оцинкування, алюмініювання).  
 б) Значення  $R_{bt}$  вказано для болтів з додатковим подальшим відпуском при температурі 650°C.  
 в) Значення  $R_{bp}$  вказано для з'єднаних елементів із сталі з межею текучості до 440 Н/мм<sup>2</sup> и при  $R_{bun} > R_{ut}$ .  
 з)  $\sigma$  - осьове напруження розтягу в болті,  $\tau$  - дотичне напруження в болті.  
 Примітка: 1). Для високоміцних болтів із сталі марки 40X «селект»  $R_{bs} = 0,37 R_{bun}$ ,  $R_{bt} = 0,70 R_{bun}$ .  
 2). Приймається припущення, що твердість металу болтів перевищує твердість з'єднувальних деталей.

Таблиця 7.

Клас міцності болтів	$R_{\text{bun}}$ , Н/мм <sup>2</sup> .	$R_{\text{бун}}$ , Н/мм <sup>2</sup> .	$R_{\text{бк}}$ , Н/мм <sup>2</sup> .	$R_{\text{бт}}$ , Н/мм <sup>2</sup> .
5.6	500	300	130	187
5.8	500	400	170	250
8.8	800	640	275	400
10.9	1000	900	400	560
12.9	1200	1080	455	670

Примітка. В таблиці указані значення розрахункових опорів, обчислені за формулами розділу 7 [1] із округленням до 5 Н/мм<sup>2</sup>.

кучості  $\sigma_t$  згідно з державними стандартами і технічними умовами на болти.

При актуалізації ДБН В.2.6-198 пропонується таблицю 7.4 [1] викласти у вигляді таблиці 6, а таблицю Д.4 [1] викласти у вигляді таблиці 7.

#### Пропозиція, що до змін в таблиці 7.1 ДБН В.2.6-198 [1]

Зміни також доцільно внести в таблицю 7.1 [1] і викласти її у вигляді, як показано в таблиці 8.

\*) Стосується сталей, які задовольняють вимоги за властивостями у напрямку товщини прокату згідно з ГОСТ 28870.

Слід також зауважити, що для болтів із сталі 40X "селект" в [1] застосовуються умовні позначення: ( $R_{bt}$ ) – розрахунковий опір розтягу одноболтового з'єднання; ( $R_{bh}$ ) – розрахунковий опір розтягу високоміцних болтів. Це ускладнює вибір конструктора між значеннями ( $R_{bt}$ ) і ( $R_{bh}$ ) розрахункового опору на розтяг болтів цієї сталі.

#### Пропозиція, щодо змін в таблиці 18.2 ДБН В.2.6-198 [1]

Зауважимо, що таблиця 18.2 [1], в якій приведені розрахункові опори заклепкових з'єднань, також потребує корегування. Прийmemo наступні

Таблиця 8.

Напружений стан	Умовне позначення	Розрахунковий опір прокату і труб
Розтяг, стиск, згин для прокату і труб зварених з гнучкого листа:	-	-
– за межею текучості	$R_y$	$R_{yn} / \gamma_m$
– за тимчасовим опором	$R_u$	$R_{un} / \gamma_m$
Зсув сталей для яких характерний плоский або тривимірний напружено – деформований стан	$R_s$	$0,577 R_{yn} / \gamma_m$
Зсув сталей з значними розтягуючими напруженнями ( $\sigma$ )	$R_s$	$R_s = ((R_{yn}^2 - \sigma^2) / 3)^{0.5} / \gamma_m$
Зсув сталей для яких характерний одновісний напружено – деформований стан	$R_s$	$0,50 R_{yn} / \gamma_m$
Зминання торцевої поверхні (за наявності пригонки)	$R_p$	$R_{un} / \gamma_m$
Зминання місцеве у циліндричних шарнірах (цапфах) при щільному дотиканні	$R_{ip}$	$0,5 R_{un} / \gamma_m$
Діаметральний стиск катків (при вільному дотиканні в конструкціях з обмеженою рухомістю)	$R_{cd}$	$0,025 R_{un} / \gamma_m$
Розтяг у напрямку товщини прокату $t$ ( $t \leq 60$ мм), коли $\tau \approx 0$	$R_{th}$	$0,72 R_{yn} / \gamma_m$
Розтяг у напрямку товщини прокату $t$ ( $t \leq 60$ мм)*, коли значні дотичні напруження $\tau$	$R_{th}$	$R_{th} = [(0,72 R_{yn} / \gamma_m)^2 - 3\tau^2]^{0.5}$

терміни та дамо їм визначення:

Зсув — процес деформування матеріалу при якому відбувається переміщення однієї грані матеріалу відносно другої грані внаслідок дії дотичних напружень. Прикладом може бути закручування болта.

Зріз — процес обтяження тіла з двох протилежних боків двома рівними, паралельними, протилежними і всередину його зверненими розподіленими іншими тілами, що мають між собою дуже малий відступ. Прикладом зрізу може бути зріз заклепки матеріалом з'єднувальних деталей в заклепкового з'єднання.

Суттєва відмінність зрізу і зсуву полягає в тому, що при зрізі присутня концентрація напружень (деформацій) в матеріалі досліджуваного тіла іншими ріжучими тілами. При зсуві така концентрація напружень відсутня. Виходячи з цього опір зрізу  $R_{rs}(t)$  матеріалу заклепки, на час експлуатації (t), визначається залежністю:

$$R_{rs}(t) = k_{\Sigma} \cdot R_s(t),$$

де  $k_{\Sigma}$  — сумарний коефіцієнт концентрації напружень, який дорівнює:

$$k_{\Sigma} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3,$$

де  $k_1$  — коефіцієнт концентрації напружень внаслідок концентрації твердості матеріалів, і дорівнює відношенню твердості матеріалу з'єднувальних деталей до твердості матеріалу заклепки;  $k_2$  — коефіцієнт концентрації напружень внаслідок гостроти кромки матеріалу з'єднувальних деталей ( для кромки без закруглення  $k_2 = 1,5$ ; для кромки з закругленнями  $k_2 = 0,8$ );  $k_3$  — коефіцієнт порівняння міцності, якщо міцність матеріалу з'єднувальних деталей більша за міцність матеріалу заклепки  $R_y(t) > R_{ry}(t)$ , тоді  $k_3 = 1$ , якщо міцність заклепки більша за міцність з'єднувальних деталей  $R_y(t) < R_{ry}(t)$ , тоді  $k_3 = 1$ .

На підставі сказаного вище таблиця 18.2 [1] прийме вигляд, як в таблиці 9.

**Пропозиція щодо зміни пункту 9 ДБН В.2.6-198 [1]**

Формулу (9.3) [1] слід доповнити наступним:

За рекомендацією Єврокоду ENV 1993-1-1: 1992 для перерізів 1-го і 2-го класів:

Таблиця. 9.

Напружений стан	Умовне позначення	Група з'єднання	Розрахунковий опір заклепкового з'єднання, Н/мм <sup>2</sup>		
			зрізу і розтягу заклепок із сталі марок		змінанню з'єднувальних елементів
			Ст2, Ст3	09Г2	
Зріз	$R_{rs}(t=0)$	B	$k_{\Sigma} \cdot 180$	$k_{\Sigma} \cdot 220$	—
		C	$k_{\Sigma} \cdot 160$	—	—
Розтяг (відрив головки)	$R_r(t=0)$	B, C	120	150	—
Змінання	$R_{rp}(t)$	B	—	—	$R_{rp}(t) = 2,0R_y(t)$
		C	—	—	$R_{rp}(t) = 1,7R_y(t)$

Примітки:

1. До групи B належать з'єднання, у яких заклепки влаштовані в отвори, просвердлені у зібраних складаних елементах або в деталях із застосуванням кондуктора. До групи C належать з'єднання, у яких заклепки влаштовані в отвори, просвердлені в окремих деталях без застосування кондуктора.
2. При застосуванні заклепок з потайними чи напівпотайними головками розрахункові опори заклепкових з'єднань зрізу і змінанню зменшуються множенням на коефіцієнт 0,8. Робота зазначених заклепок на розтяг не допускається.
3.  $k_{\Sigma}$  — сумарний коефіцієнт концентрації напружень, який дорівнює:

де  $k_1$  - коефіцієнт концентрації напружень внаслідок концентрації твердості матеріалів, і дорівнює відношенню твердості матеріалу з'єднувальних деталей до твердості матеріалу заклепки;  $k_2$  - коефіцієнт концентрації напружень внаслідок гостроти кромки матеріалу з'єднувальних деталей ( для кромки без закруглення  $k_2 \approx 1,5$ ; для кромки з закругленнями  $k_2 \approx 0,8$ );  $k_3$  — коефіцієнт порівняння міцності, якщо міцність матеріалу з'єднувальних деталей більша за міцність матеріалу заклепки  $R_y(t) > R_{ry}(t)$ , тоді  $k_3 = 1$ , якщо міцність заклепки більша за міцність з'єднувальних деталей  $R_y(t) < R_{ry}(t)$ , тоді  $k_3 = 1$ .

$$\left( \frac{\gamma_n M_x \times y}{I_{xn} R_y \gamma_C} \right)^\alpha \pm \left( \frac{\gamma_n M_y \times x}{I_{yn} R_x \gamma_C} \right)^\beta \leq 1 .$$

Показники ступеня  $\alpha$  і  $\beta$  залежать від форми перерізу:

- для круглих труб  $\alpha = \beta = 2$ ;
- для I та H перерізів  $\alpha = 2$ ;  $\beta = 5 \cdot n$ , але  $\beta > 1$ ;
- для прямокутних порожнистих профілів

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1 - 1,13n^2}, \text{ але } \alpha = \beta \leq 6;$$

– для суцільних прямокутників і плит

$$\alpha = \beta = 1,73 + 1,8n^3,$$

де  $n = N/N_u$ .

Формулу (9.11) [1] слід доповнити наступним:

Для перерізів 1-го і 2-го класів:

$$\left( \frac{\gamma_n M_x}{C_x \beta W_{xn, \min} R_y \gamma_C} \right)^\alpha \pm \left( \frac{\gamma_n M_y}{C_y \beta W_{yn, \min} R_x \gamma_C} \right)^\beta \leq 1 .$$

Формулу (9.19) [1] слід доповнити наступним:

Для перерізів 1-го і 2-го класів:

$$\left( \frac{\gamma_n M_x}{C_{xr} \beta_r W_{xr} R_{yw} \gamma_C} \right)^\alpha \pm \left( \frac{\gamma_n M_y}{C_{yr} W_{yr} R_{yf} \gamma_C} \right)^\beta \leq 1 .$$

В формулі (9.39) [1] припущена помилка. Замість:

$$\frac{\gamma_n}{\gamma_C} = \sqrt{\left( \frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc, cr}} \right)^2 + \left( \frac{\tau}{\tau_{cr}} \right)^2} \leq 1 ,$$

повинно бути:

$$\frac{\gamma_n}{\gamma_C} \times \sqrt{\left( \frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc, cr}} \right)^2 + \left( \frac{\tau}{\tau_{cr}} \right)^2} \leq 1 .$$

#### Пропозиція, що до зміни пункту 10 ДБН В.2.6-198 [1]

Формулу (10.3) [1] слід доповнити наступним:

За рекомендацією Єврокоду ENV 1993-1-1: 1992 для перерізів 1-го і 2-го класів:

$$\frac{\gamma_n M_x \cdot y}{M_{N, Rd, x}} \pm \frac{\gamma_n M_y \cdot x}{M_{N, Rd, y}} \leq 1 ,$$

де  $M_{N, Rd, x}$  і  $M_{N, Rd, y}$  – відповідно є понижуючі моменти опору перерізу конструкції згинаючим моментам  $M_x$  і  $M_y$  внаслідок дії поздовжньої сили.  $M_{N, Rd, x}$  і  $M_{N, Rd, y}$  визначаються за формулами:

$$M_{N, Rd, x} = I_{xn} R_y \gamma_C \cdot \left( 1 - \left( \gamma_n N_z / A_n R_y \gamma_C \right)^2 \right),$$

$$M_{N, Rd, y} = I_{yn} R_x \gamma_C \cdot \left( 1 - \left( \gamma_n N_z / A_n R_x \gamma_C \right)^2 \right) .$$

#### Пропозиція щодо зміни пункту 14 ДБН В.2.6-198 [1]

В формулі (14.1) [1] припущена помилка. Замість:

$$\frac{\gamma_m}{R_y \gamma_C} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1 ,$$

повинно бути:

$$\frac{\gamma_n}{R_y \gamma_C} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1 .$$

#### Пропозиція щодо продовження пункту 16.1.19 ДБН В.2.6-198 [1]

У випадку, коли до зварного з'єднання з кутовим швом (рисунок 16.5 [1]) в доповнення до зусиль в площині з'єднання прикладене зусилля  $P$  по осі  $Z$ , яке нормальне до площини зварного з'єднання (осі  $X$  і  $Y$ ), а також згинаючий момент  $M_z$ , тоді дотичні напруження  $\tau_f, \tau_z$ , в небезпечній точці розрахункового перерізу кутового шва у зварному з'єднанні відповідно у площині наплавленого металу і у площині металу межі сплавлення, визначаються за формулою:

$$\tau = \sqrt{(\tau_N + \tau_{M_x})^2 + (\tau_Q + \tau_{M_y})^2 + (\tau_P + \tau_{M_z})^2} .$$

#### Пропозиція щодо зміни та продовження пункту 16.2.13 ДБН В.2.6-198 [1]

У відповідності з п. 4.7 ДБН В.1.2-2:2006: "При розрахунку несучих конструкцій і основ слід враховувати коефіцієнт надійності за відповідальністю  $\gamma_n$ , згідно з ГОСТ 27751 (з 2009-12-01 ДБН В.1.2-14-2009). На коефіцієнт надійності за відповідальністю слід множити характеристичні значення навантажень або навантажувальний ефект (внутрішні сили і переміщення конструкцій і основ, що спричиняються навантаженнями і впливами)". Нажаль в ДБН В.1.2-2:2006 не сказано, які

саме внутрішні зусилля слід множити на коефіцієнт надійності за відповідальністю  $\gamma_n$  з перелічених: приведені напруження, еквівалентні напруження, вектор сумарних переміщень, або компоненти тензора напружень і компоненти вектора переміщень. Виходячи з умови лінійної залежності між значеннями навантажень і компонентами тензора напружень, та компонентами вектора переміщень, автори цієї роботи вважають, що коефіцієнт надійності за відповідальністю  $\gamma_n$  слід множити на компоненти тензора напружень і компоненти вектора переміщень.

В такому випадку в формулі (16.16) [1] припущена помилка. Замість:

$$\gamma_n \sqrt{(N_s/N_{bs})^2 + (N_t/N_{bt})^2} \leq 1,$$

повинно бути:

$$\sqrt{(\gamma_n N_s/N_{bs})^2 + (\gamma_n N_t/N_{bt})^2} \leq 1.$$

При недостатній жорсткості на згин ІЕ елементів болтового з'єднання, болти можуть бути обтяжені згином. У випадку, коли можливий згин болта при одночасній дії на болтове з'єднання зусиль, що викликають зріз і розтяг болтів, найбільше напружений болт поряд із розрахунком згідно з формулами (16.12) і (16.14) слід перевіряти за формулою:

$$\sqrt{(\gamma_n N_s/N_{bs})^2 + (\gamma_n N_t/N_{bt} + \gamma_n M_t/M_{bt})^2} \leq 1,$$

де  $M_t$  – згинаючий момент в болті, який викликає розтягнення в розтягнутих волокнах болта;  $M_{bt}$  – розрахункове зусилля згину, яке може бути сприйняте одним болтом, визначається за формулою:

$$M_{bt} = \frac{2 \cdot I_b \cdot R_{bt} \cdot \gamma_c}{d_b},$$

де  $I_b$  – момент інерції перерізу болта, інші умовні позначення такі самі, як і в [1].

Зауважимо, що в формулах (16.12), (16.13), (16.14) [1] припущені помилки в формулах з визначення розрахункового зусилля, яке може бути сприйняте одним болтом. Замість:

$$N_{bs} = R_{bs} A_b n_s \gamma_b \gamma_c \gamma_n,$$

$$N_{bp} = R_{bp} d_b \sum t_{\min} \gamma_b \gamma_c \gamma_n,$$

$$N_{bt} = R_{bt} A_{bn} \gamma_c \gamma_n,$$

слід записати:

$$N_{bs} = R_{bs} A_b n_s \gamma_b \gamma_c \gamma_n,$$

$$N_{bp} = R_{bp} d_b \sum t_{\min} \gamma_b \gamma_c \gamma_n,$$

$$N_{bt} = R_{bt} A_{bn} \gamma_c \gamma_n,$$

Коефіцієнт надійності за відповідальністю  $\gamma_n$  не входить до складу формул з визначення розрахункового опору, яке може бути сприйняте елементом.

#### Пропозиція щодо зміни пункту 16.4 ДБН В.2.6-198 [1]

В формулах (16.22), (16.23), (16.24) [1] припущена помилка. Замість:

$$\frac{\gamma_n \sqrt{T^2 + V^2}}{2\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} \leq 1,$$

$$\frac{\gamma_n \sqrt{T^2 + V^2}}{2\beta_z k_f R_{wz} \gamma_c} \leq 1,$$

$$\frac{\gamma_n s \sqrt{T^2 + \alpha^2 V^2}}{Q_{bh} k \gamma_c} \leq 1,$$

повинно бути:

$$\frac{\sqrt{(\gamma_n T)^2 + (\gamma_n V)^2}}{2\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} \leq 1,$$

$$\frac{\sqrt{(\gamma_n T)^2 + (\gamma_n V)^2}}{2\beta_z k_f R_{wz} \gamma_c} \leq 1,$$

$$\frac{s \sqrt{(\gamma_n T)^2 + \alpha^2 (\gamma_n V)^2}}{Q_{bh} k \gamma_c} \leq 1.$$

Для недопущення перелічених вище невідповідностей з урахуванням  $\gamma_n$ , на нашу думку, слід враховувати коефіцієнт надійності за відповідальністю  $\gamma_n$  тільки на етапі визначення розрахункових навантажень і виключити його з усіх формул ДБН В.2.6-198, як це було в ДБН В.2.6-163, СНиП II-23-81\*, і як це в СП 16.13330.2011.

#### Пропозиція щодо зміни пункту 24 ДБН В.2.6-198 [1]

В формула (24.20) [1] не є універсальною.



Замість:

$$f = \frac{5\gamma_n M_e l^2}{48EI_f} + \frac{\gamma_n Q_e l}{4\bar{G}A_w} \leq f_u.$$

В разі, коли необхідність визначення прогину для однопрогінної балки з гофрованими стінками шарнірно закріпленої по кінцях з зосередженими згинаючими моментами в опорах, при одночасному рівномірного розподіленого або близького до такого навантаження вздовж балки слід користуватися формулою:

$$f = -\frac{\gamma_n l^2}{8EI_f} \left( M_o - \frac{5pl^2}{48} \right) + \frac{\gamma_n Q_e l}{4\bar{G}A_w} \leq f_u,$$

де  $M_o$  – згинаючий момент в опорах балки;  $p$  – погонне розподілене навантаження за довжиною балки, Н/м; інші умовні позначення такі самі, як і у [1]. У випадку, коли  $M_o = 0$ , формула прийме вигляд

$$f = \frac{\gamma_n 5pl^4}{384EI_f} + \frac{\gamma_n Q_e l}{4\bar{G}A_w} \leq f_u.$$

В [1] приведена формула з визначення прогину тільки для балки з гофрованою стінкою. Виникає питання: чому не наведені формули для визначення прогину для: балки із гнучкою стінкою та ребрами; балки із гнучкою нещідкріпленою стінкою; балок з перфорованою стінкою; балок кранових колій; висячих покриттів; мембранних покриттів?

### Пропозиція щодо зміни пункту 22 ДБН В.2.6-198 [1]

Формула (22.1) [1] не охоплює усі небезпечні випадки. В разі, коли дві або більше балок (рисунок 22.1 [1]) з'єднані між собою на рівні верхнього поясу, наприклад рейкою кранової колії, і в разі коли кран гальмує, в поясах балки можуть виникати не тільки згинаючий момент і поперечна сила, як в формулі (22.1) [1], але і повздовжня сила  $N$ , яка направлена вздовж довжини балки. В такому випадку при оцінці міцності балки з гнучкою стінкою слід вибирати найгірший випадок з двох умов:

$$(\gamma_n M / M_u)^4 + (\gamma_n Q / Q_u)^4 \leq 1,$$

$$(\gamma_n M / M_u \pm \gamma_n N / N_u)^4 + (\gamma_n Q / Q_u)^4 \leq 1.$$

Пропозиція щодо зміни пунктів 8;9;10;15;16 та додатків Ф і доповнення додатком З ДБН В.2.6-198 [1]

В п.1 [1] сказано: "Норми встановлюють вимоги до проектування сталевих конструкцій, у тому числі при їх зведенні, реконструкції та ремонті, а також при визначенні придатності до експлуатації існуючих конструкцій".

В такому випадку в [1] повинні бути наведені формули для перевірки сталевих конструкцій з пошкодженнями, такими як викривлення елементів, тріщини, порушення жорсткості з'єднань елементів, внаслідок чого з'єднання не можна віднести до затиснення і не можна віднести до шарніру.

Якщо ДБН В.2.6-198 розповсюджується на визначення придатності до експлуатації існуючих конструкцій, тоді при підготовці нової редакції документу пропонується внести наступні зміни до ДБН В.2.6-198:2014:

- приведені співвідношення в [4] можуть доповнювати додатки Ф і З ДБН В.2.6-198;
- приведені співвідношення в [5] можуть доповнювати пункти 8, 9, 10 ДБН В.2.6-198;
- приведені співвідношення в [6,7] можуть доповнювати пункти 15 ДБН В.2.6-198;
- приведені співвідношення в [6] можуть доповнювати пункти 16.1 ДБН В.2.6-198;
- приведені співвідношення в [8] можуть доповнювати пункти 16.2 ДБН В.2.6-198.

### ВИСНОВКИ

1. В таблиці 7.4 ДБН В.2.6-198 допущені помилки в формулах визначення розрахункового опору розтягу одноболтового з'єднання ( $R_{bt}$ ).
2. Доцільно прийняти значення формул для визначення розрахункового опору розтягу одноболтового з'єднання ( $R_{bt}$ ) і опору зрізу болтових з'єднань ( $R_{bs}$ ) в ДБН В.2.6-198 такі самі, як в таблиці 6, а значення розрахункові опори одноболтових з'єднань зрізу і розтягу такі самі, як в таблиці 7.
3. Доцільно в таблиці 7.1 ДБН В.2.6-198 формули для визначення розрахункових опорів прокату і труб прийняти такі, як в таблиці 8.
4. Доцільно в таблиці 18.2 ДБН В.2.6-198 формули для визначення розрахункових опорів зрізу заклепок прийняти такі, як в таблиці 9.
5. Доцільно доповнити пункт 16.1.19 ДБН В.2.6-198 формулою з визначення дотичних напружень для випадку тривимірного навантаження зварного з'єднання з кутовим швом.
6. Доцільно доповнити пункт 16.2.13 ДБН В.2.6-198 формулою з перевірки міцності болта, який сприймає одночасно зріз, розтяг та згин.

7. Доцільно виправити помилки в формулах (9.3), (9,11), (9,19), (9,39), (10.3), (16.22), (16.23), (16.24), (14.1), (16.12), (16.13), (16.14), (16.16), (22.1), (24.20) ДБН В.2.6-198.

8. Доцільно внести зміни до пунктів 8;9;10;15;16 та додатків Ф і доповнення додатком З ДБН В.2.6-198 з урахуванням формул: з розрахунок вузлів ферм на опір крихкому руйнуванню; розрахунку елементів сталевих конструкцій на опір крихкому руйнуванню; розрахунку зварних елементів сталевих конструкцій на витривалість і циклічну тріщиностійкість; розрахунку болтових з'єднань на циклічну тріщиностійкість і крихку міцність.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Сталеві конструкції. Норми проектування: ДБН В.2.6-198:2014.-[Чинні з 2015-01-01]. -К.: Мінрегіонбуд України, 2014, -199с. -(Будівельні норми України).*

2. *Свод правил: СП 16.13330.2014 Стальные конструкции. [Текст]: СНиП II-23-81\* : актуализированная редакция : [утвержден Минрегион России 27.12.2010 г. № 791].— Изд. Офиц.-Введ. С 20.05.2011. — Москва : Минрегион России, 2011.— 220 с.*

3. *СНиП II-23-81\* Стальные конструкции.*

4. *Матченко Т.І. Розрахунок вузлів ферм на опір крихкому руйнуванню / Матченко Т.І. // Будівництво України, 2016, № 4, с. 33-41.*

5. *Матченко Т.І. Розрахунок елементів сталевих конструкцій, що знаходяться в експлуатації, на статичну міцність і опір крихкому руйнуванню / Матченко Т.І. // Наука та будівництво, 2016, № 2(8), с.28-34.*

6. *Матченко Т.І. Розрахунок зварних елементів сталевих конструкцій на витривалість і циклічну тріщиностійкість / Матченко Т.І., Шаміс Л.Б.,*

*Матченко П.Т. // Будівництво України, 2015, № 1, с. 37-44.*

7. *Матченко Т.І. Розрахунок на статичну міцність, опір крихкому руйнуванню та циклічну тріщиностійкість сталевих трубопроводів АЕС, не важливих для безпеки. / Матченко Т.І., Шаміс Л.Б., Перушова Л.Ф. // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля, 2015, випуск. 25. с.15-24.*

8. *Шаміс Л.Б. Розрахунок болтових з'єднань на циклічну тріщиностійкість і крихку міцність / Шаміс Л.Б. // Будівництво України, 2016, № 1, с. 27-34.*

#### АННОТАЦИЯ

Обнаружены ошибки в ДБН В.2.6-198:2014 в формулах определения расчетных сопротивлений болтовых соединений на растяжение и на срез, а также в формулах, содержащих коэффициент надежности по ответственности. Приведены ссылки на критерии для расчетов на прочность и на сопротивление хрупкому разрушению элементов стальных конструкций с трещинами, находящихся в эксплуатации, при центральном растяжении, при внецентренном растяжении и при изгибе.

Ключевые слова: болт, расчетное сопротивление, металлоконструкции.

#### ANNOTATION

I found an error in the DBN V.2.6-198:2014 in the formula for determining the calculated resistance tensile bolting, as well as the coefficient of reliability of structures of responsibility. It proposed a new formula for determining the calculated resistance of bolted joints in tension and shear. Provides links to the criteria for strength calculations and resistance to brittle fracture of steel structures with cracks in operation at central and eccentric tensile and flexural.

Keywords: bolt, calculated resistance, steel structures.