

Міністерство освіти Азербайджанської Республіки
Міністерство освіти і науки України

Азербайджанський архітектурно-будівельний університет
Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»

BUILDING INNOVATIONS – 2020

Збірник наукових праць
за матеріалами

III Міжнародної
азербайджансько-української
науково-практичної конференції

1 – 2 червня 2020 року

Баку – Полтава 2020

УДК 624.012.35

Павліков А.М., д.т.н, проф.

ORCID: 0000-0002-5654-5849, am.pavlikov@gmail.com

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Кочкаръов Д.В., д.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-4525-7315, dim7@ukr.net

Національний університет водного господарства та природокористування,

Гарькава О.В., к.т.н, доц.

ORCID: 0000-0003-2214-3128, olga-boiko@ukr.net

Андрієць К.І., студентка, kate.andriec@gmail.com

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,

КОЕФІЦІЄНТ ЗМІЦНЕННЯ БЕТОНУ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ УМОВ ПЛАСТИЧНОСТІ

***Анотація.** Отримані формули для обчислення коефіцієнта зміцнення бетону трубобетонних елементів при осьовому стисненні на основі теорій пластичності Сен-Венана і Губера-Мізеса-Генки. Коефіцієнт ураховує меридіональний тиск бетону на трубу та осьові напруження в ньому. Отримано рівняння міцності трубобетонного елемента, яким описується стан одночасного досягнення розрахункових значень напружень в трубі та бетоні при повному руйнуванні елемента, тобто, коли критерієм руйнування елемента є його повна непридатність до експлуатації.*

***Ключові слова:** трубобетон, міцність, пластичність.*

Pavlikov A.M., ScD, Professor,

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,

Kochkarov D.V., ScD, Associate Professor,

National University of Water and Environmental Engineering,

Harkava O.V., PhD, Associate Professor,

Andriiets K.I., Student,

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

CALCULATION OF STRENGTHENING COEFFICIENT OF CONCRETE IN THE COMPOSITION OF CONCRETE-FILLED STEEL TUBULAR MEMBERS BASED ON PLASTICITY CONDITIONS

***Abstract.** The method of calculating the strengthening coefficient of concrete-filled steel tubular members at axial compression based on the theories of plasticity of Saint-Venant and Huber-Mises-Genka is developed. The strengthening coefficient is determined taking into account the meridional pressure of the concrete on the tube and axial stress in it. The equation of strength of the tubular member is obtained, in which the stress in the tube reaches the design yield strength of steel at the moment of destruction of the element, that is, the strength of the materials is used completely.*

***Key words:** concrete, steel, strength, plasticity.*

На сьогодні існує важлива проблема в проектуванні стиснутих трубобетонних елементів – відсутність розрахункових залежностей, в яких чітко була б виділена складова врахування явища збільшення несучої здатності за рахунок роботи бетону в умовах об'ємного напружено-деформованого стану.

Також потребує подальшого дослідження спосіб прикладання зовнішнього навантаження до трубобетонних елементів, рівень адгезії на контакті «труба – бетон»

та критерії руйнування (перший – за досягнення в сталі труби напружень текучості, другий – стан повного руйнування труботонного елемента).

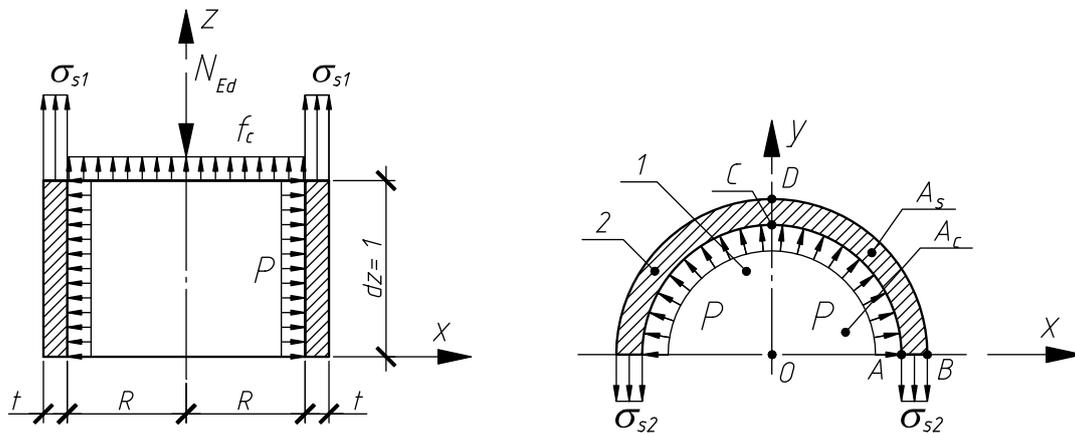
За критерій руйнування труботонного елемента прийнято другий його граничний стан. Зайвість застосування першого стану (критерію) роботи труботонного елемента є достатньо обґрунтована широко впровадженням у сучасних методах розрахунків будівельних конструкцій поняттям їх граничного стану. Висвітлено можливість розв'язання існуючої проблеми в теорії розрахунків міцності труботонних елементів на основі впроваджуваних сучасних поглядів на роботу бетону в поєднанні з арматурою та сталеву оболонкою [1 – 3].

Метою роботи є отримання аналітичного виразу обчислення коефіцієнта зміцнення бетону осердя труботонного елемента в момент його повного руйнування.

Міцність нормального перерізу циліндричного труботонного елемента при центральному стиску, з урахуванням меридіонального тиску p бетону на трубу та осевих напружень σ_{s1} в ній, буде забезпечена, якщо виконуватиметься така умова (рис. 1)

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = A_c (f_c + 4 \times p) + A_s \sigma_{s1}, \quad (1),$$

у якій A_c – площа поперечного перерізу бетону в трубі, A_s – площа поперечного перерізу труби, f_c – граничне значення напружень в бетоні при його руйнуванні.



**Рисунок 1 – Розрахункова схема напруженого стану труботонного елемента:
1 – бетон; 2 – труба (оболонка)**

У цій умові (1) права частина являє собою відомий вираз, який тільки частково враховує роботу оболонки в граничному стані в осьовому (меридіональному) напрямку. Це приводить до того, що розрахункові значення міцності нормального перерізу труботонного елемента недовикористані.

Для отримання такого рівняння міцності труботонного елемента, в якому міцність матеріалів використовується повністю будемо розглядати частину труботонного елемента товщиною $dz = 1$ (рис. 1). Після виконаних математичних перетворень з урахуванням позначень

$$\frac{s_{s2}}{s_{s1}} = k, \quad \text{або} \quad s_{s1} = \frac{s_{s2}}{k}, \quad s_{s2} = k s_{s1} \quad (2)$$

з (1) матимемо, що

$$N_{Rd} = A_c f_c + (2k + 1) A_s s_{s1}. \quad (3).$$

Отримана залежність (3) має дві невідомі величини k та σ_{s1} (або осеві напруження σ_{s1} та меридіональні напруження σ_{s2}). Одну з них, наприклад σ_{s2} , можна легко визначити із умови сумісності та однаковості деформування оболонки та бетону у радіальному напрямку. Використовуючи цю особливість деформування шару dz

трубобетонного елемента можна записати, що в точці A переміщення бетону u_c та переміщення сталї оболонки u_s однакові, тобто $u_s = u_c$.

При використанні рівняння (3) після вираження переміщень через напруження з метою перевірки міцності нормального перерізу циліндричного трубобетонного елемента при центральному стиску, необхідно мати додаткове рівняння для визначення меридіональних напружень σ_{s1} . У якості такого рівняння можна застосовувати умови теорії пластичності Сен-Венана або Губера-Мізеса-Генки, за якими додаткові рівняння матимуть такий вигляд:

$$s_{s1} + s_{s2} = f_y, \quad (5)$$

$$s_{s1}^2 - s_{s1}s_{s2} + s_{s2}^2 = f_y^2. \quad (6)$$

З використанням (5) та (6) разом із (2) та (3) у результаті отримано остаточний вигляд рівняння для визначення несучої здатності трубобетонного елемента при центральному стиску:

$$N_{Rd} = k_{cs} A_c f_c + A_s f_y. \quad (7)$$

У (7) при застосуванні теорії пластичності Сен-Венана коефіцієнт «зміцнення» бетону визначається за залежністю

$$k_{cs} = 1 + \frac{4k}{k+1} \frac{f_y}{f_c} \frac{t}{D}. \quad (8)$$

При застосуванні у (7) теорії пластичності Губера-Мізеса-Генки для обчислення коефіцієнта «зміцнення» бетону отримано таку залежність:

$$k_{cs} = 1 + 4 \frac{\alpha}{\epsilon} \frac{2k+1}{\sqrt{k^2+k+1}} - 1 \frac{\sigma_y}{\sigma_c} \frac{t}{D}. \quad (9)$$

Висновки. Отже на основі застосування теорій пластичності Сен-Венана та Губера-Мізеса-Генки отримано аналітичні вирази для обчислення коефіцієнта «зміцнення» бетону осердя трубобетонного елемента в момент його повного руйнування, а також рівняння міцності трубобетонного елемента, в якому міцність матеріалів використовується повністю.

Література

1. Pavlikov A. Calculation of reinforced concrete members strength by new concept / A. Pavlikov, D. Kochkarov, O. Harkava // CONCRETE. Innovations in Materials, Design and Structures : Proceedings of the fib Symposium 2019 held in Kraków, Poland 27-29 May 2019. – P. 820 – 827.
2. Koval'chuk S.B. Solution to the Task of Elastic Axial Compression-Tension of the Composite Multilayered Cylindrical Beam / S.B. Koval'chuk, A.V. Gorik, A.M. Pavlikov, A.V. Antonets // Strength of Materials. – Vol. 51. – No 2. – 2019. – P. 240 – 251.
3. Митрофанов В. П. Пособие по расчету прочности трубобетонных элементов при осевом сжатии : монография / В. П. Митрофанов, Н. Дергам Али. – Полтава : ПолтНТУ имени Юрия. Кондратюка, 2008. – 91 с.