

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 624.016

Галінська Т.А., к.т.н., доцент,  
ORCIDID: 0000-0002-6138-2757., e-mail: Galinska@i.ua,  
Овсій Д.М., аспірант,  
e-mail: mr.ovseev@gmail.com,

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

## ЗІСТАВЛЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МІЦНОСТІ ТАВРОВИХ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОМБІНОВАНИХ БАЛОК

*Анотація.* В роботі приведені результати зіставлення теоретичних і експериментальних досліджень міцності сталезалізобетонних балок, в яких в момент руйнування забезпечене зчеплення між усіма їх компонентами. Теоретичні дослідження міцності таврових суцільних сталезалізобетонних комбінованих балок виконувалися за запропонованими авторами в роботах [1, 2] методикою і теоретичними залежностями їх розрахунку, які базуються на деформаційній моделі та екстремальному критерії міцності залізобетонних елементів при згині. Для аналізу теоретичних результатів досліджень міцності були використані результати експериментальних досліджень несучої здатності таврових суцільних сталезалізобетонних балок, що були раніше проведені світовими науковцями.

**Ключові слова:** сталезалізобетонні балки, міцність, теоретичні розрахунки, експериментальні дослідження, аналіз збіжності.

Galinska T., Phd, Senior Researcher,  
ORCID 0000-0002-6138-2757., e-mail: Galinska@i.ua,  
Ovsii D., postgraduate student,  
e-mail: mr.ovseev@gmail.com,

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

## COMPARISON OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF STRENGTH OF STEEL- REINFORCED -CONCRETE COMPOSITE T-BEAMS

*Abstract.* The paper presents the results of a comparison of theoretical and experimental studies of the strength of T-section steel-reinforced-concrete composite beams, in which at the time of destruction coupling between all their components is ensured. Theoretical studies of the strength steel-concrete beams were carried out according to the method proposed by the authors in [1, 2] and the theoretical dependences of their calculations based on the deformation model and the extreme strength criterion of reinforced concrete elements during bending. To analyze the theoretical results of studies of strength, used the results of experimental studies of the carrying capacity of steel -concrete composite T-beams, previously conducted by world scientists.

**Keywords:** steel-concrete composite T-beams, strength, theoretical calculations, experimental research, analysis of convergence.

При порівнянні міцності дослідних зразків з теоретичними розрахунками були використані дані ( $M^{\text{test}}$ , кНм) експериментальних досліджень наступних вітчизняних і закордонних науковців: С. Балакрішна (зразки марок А2...А6, В1, С1, D1, Е1, U1, U3) [3]; Янг Йонга (зразки марок SCB-1...SCB-3, SCB-6) [4]; С. Хейнемаера (зразок

марки КН) [5]; С. Армадіо (зразок марки В4) [6]; Тан Е Луна (зразки марок SCF-1...SCF-3) [7]; Джіангуо Ніе (зразки марок НВ-1...НВ-7, NF) [8]; Дук Буй Вінха (зразки марок В1, В2) [9]; Дж. Старка (зразки марок С1, D1) [10]; А. Топрака (зразки марок 21, 22а, 22b, 23, 32, 33а, 33b, 34, 35) [11]; А. Ріг (зразки марок VT1, VT2, VT4... VT6) [12]; Лок Хуан Дао (зразки марок P2-1, P2-2, P3-1, P3-2) [13]; Б. Сабо (зразки марок S1...S3, S5) [13]; М. Давуда (зразок марки СВ) [14]; Мінх-Тунг Трана (зразки марок D1...D4) [15]; І. Віджесірі Пасірана (зразки марок CWS, СВВ-1, СВВ-2) [16]; М. Валенте (зразки марок VM4, VM5, VM7, VM8) [17]; Д. Шнерча (зразки марок ІМ-4.5-АВ, НМ-3.8-PS, НМ-7.6-АВ) [18]; Г. Хеїко (зразок марки Т8\_1) [19].

Теоретичні значення міцності експериментальних балок були розраховані при значеннях коефіцієнтів надійності для матеріалів балок  $\gamma_m = 1,0$  ( $M_{\gamma=1,0}^{calc}$ , кНм) та  $\gamma_m > 1,0$  ( $M_{\gamma>1,0}^{calc}$ , кНм) за запропонованою в роботах [1, 2] методикою розрахунку міцності сталезалізобетонних комбінованих балок, в яких забезпечується зчеплення між їх компонентами. Результати порівняння теоретичних і експериментальних величин міцності розрахункового перерізу сталезалізобетонних балок (вигинальних моментів) зведено в таблицю 1.

**Таблиця 1 – Результати порівняння теоретичних і експериментальних величин міцності розрахункового перерізу балок (вигинальних моментів)**

№	Марка балки	$M^{test}$ , кНм	$M_{\gamma=1,0}^{calc}$ , кНм	$\frac{M^{test}}{M_{\gamma=1,0}^{calc}}$	$M_{\gamma>1,0}^{calc}$ , кНм	$\frac{M^{test}}{M_{\gamma>1,0}^{calc}}$
1	2	3	4	5	6	7
1	SCB-1	195.1	182.2	1.071	153.3	1.273
2	SCB-2	230.2	221.3	1.040	184.2	1.250
3	SCB-3	282.7	266.3	1.062	237.6	1.190
4	SCB-6	357.7	346.0	1.034	309.1	1.157
5	КН	1328.0	1478.9	0.898	1266.0	1.049
6	В4*	392.0	397.8	0.985	359.3	1.091
7	СВF-1	220.0	218.3	1.008	185.7	1.185
8	СВF-2	214.0	218.3	0.980	185.7	1.152
9	СВF-3	197.0	218.3	0.902	185.7	1.061
10	NF	217.0	213.9	1.014	194.4	1.116
11	НВ-1	214.8	206.4	1.041	190.4	1.128
12	НВ-2	214.4	208.4	1.029	193.2	1.110
13	НВ-3	216.7	208.3	1.040	193.0	1.123
14	НВ-4	205.7	210.0	0.980	195.3	1.053
15	НВ-5	206.1	210.4	0.980	195.9	1.052
16	НВ-6	230.4	203.9	1.130	187.0	1.232
17	НВ-7	190.2	203.2	0.936	186.1	1.022
18	В1**	911.6	890.6	1.024	795.6	1.146
19	В2**	939.7	890.6	1.055	795.6	1.181
20	С1	17.3	15.9	1.088	14.3	1.210
21	D1	17.0	15.9	1.069	14.3	1.189
22	21	240.9	236.7	1.018	217.2	1.109
23	22а	494.3	439.0	1.126	385.3	1.283
24	22b	494.3	439.0	1.126	385.3	1.283
25	23	331.2	305.7	1.083	278.3	1.190
26	32	536.6	423.6	1.267	373.4	1.437

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4	5	6	7
27	33a	489.8	436.3	1.123	391.9	1.250
28	33b	498.6	437.0	1.141	392.8	1.269
29	34	343.1	346.8	0.989	316.2	1.085
30	35	706.5	627.3	1.126	549.0	1.287
31	VT1	402.3	356.9	1.127	336.3	1.196
32	VT2	425.5	360.3	1.181	341.0	1.248
33	VT4	469.9	359.7	1.306	340.1	1.382
34	VT5	706.2	489.9	1.442	463.9	1.522
35	VT6	719.8	489.9	1.469	463.9	1.552
36	P2-1	92.5	87.2	1.061	75.0	1.233
37	P2-2	97.5	87.2	1.118	75.0	1.300
38	P3-1	76.5	88.4	0.865	76.9	0.995
39	P3-2	78.1	88.4	0.883	76.9	1.016
40	S1	80.0	88.4	0.905	76.9	1.040
41	S2	82.5	88.4	0.933	76.9	1.073
42	S3	65.3	88.4	0.739	76.9	0.849
43	S5	81.8	88.4	0.925	76.9	1.064
44	CB	66.2	49.2	1.346	44.3	1.494
45	D1	334.0	324.7	1.029	280.3	1.192
46	D2	331.8	324.7	1.022	280.3	1.184
47	D3	327.6	324.7	1.009	280.3	1.169
48	D4	268.5	324.7	0.827	280.3	0.958
49	CWS	1515.0	1249.4	1.213	1104.9	1.371
50	CBB-1	2015.0	1249.4	1.613	1104.9	1.824
51	CBB-2	2205.0	1249.4	1.765	1105.1	1.995
52	VM4	52.6	47.2	1.114	42.6	1.235
53	VM5	47.5	48.1	0.988	43.7	1.087
54	VM7	50.1	47.5	1.055	42.9	1.168
55	VM8	49.8	47.5	1.048	42.9	1.161
56	IM-4.5-AB	966.6	501.7	1.927	443.3	2.180
57	HM-3.8-PS	934.2	501.7	1.862	443.3	2.107
58	HM-7.6-AB	912.6	516.0	1.769	453.1	2.014
59	T8_1	528.0	454.7	1.161	414.0	1.275
60	A2	614.8	539.6	1.139	484.6	1.269
61	A3	616.2	603.8	1.021	506.2	1.217
62	A4	717.8	621.9	1.154	528.8	1.357
63	A5	642.3	626.9	1.025	550.1	1.168
64	A6	590.2	574.2	1.028	506.7	1.165
65	B1	667.0	538.6	1.238	458.5	1.455
66	C1	614.8	533.6	1.152	476.4	1.291
67	D1	660.1	537.4	1.228	479.5	1.377
68	E1	704.0	564.6	1.247	512.4	1.374
69	U1	696.9	568.8	1.225	507.6	1.373
70	U3	663.1	532.2	1.246	481.8	1.376
			$\bar{x} =$	1.125		1.264
			$s_{n-1} =$	0.052		0.064
			$n =$	4.6%		5.1%

**Висновки.** Зіставлення дослідних та теоретичних значень міцності 70-ти зразків сталезалізобетонних комбінованих балок, в яких забезпечується зчеплення між їх компонентами, призводить до наступних статистичних показників:  $\bar{X} = 1,25$ ;  $s_{n-1} = 0,052$ ;  $n = 4,6\%$  при значеннях коефіцієнтів надійності для матеріалів балки  $\gamma_m = 1,0$  та  $\bar{X} = 1,264$ ;  $s_{n-1} = 0,064$ ;  $n = 5,1\%$  при значеннях коефіцієнтів надійності для матеріалів балки  $\gamma_m > 1,0$ . Отримані результати аналізу зіставлення теоретичних і експериментальних досліджень дозволили стверджувати, що запропонована авторами в роботах [1, 2] методика розрахунку міцності сталезалізобетонних комбінованих балок може бути використана у практиці проектування раціональних сталезалізобетонних балкових конструкцій.

### Література

1. Galinska T. *The combining technique of calculating the sections of reinforced concrete bending elements normal to its longitudinal axis, based on the deformation model* / T. Galinska, D. Ovsii, M. Ovsii // *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 2018. 7 (3). pp. 123-127. Режим доступу до статті: <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/download/14387/5818>
2. Галінська Т.А. Підбір оптимального армування нормального перерізу сталезалізобетонних балок з бетонною верхньою полицею на основі деформаційної моделі / Т.А. Галінська, Д.М. Овсій // *Вісник СНАУ. Серія: Будівництво*. – Суми: СНАУ, 2014. – Вип.10(18). – С.80-84.
3. Balakrishnan S. *The behaviour of composite steel and concrete beams with welded stud shear connectors: A Thesis of the Degree of Ph.D. (Engineering)* / S. Balakrishnan. Imperial College of Science and Technology, University of London, 1963. – 348 p. Режим доступу до роботи: <https://spiral.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/13358/2/Balakrishnan-SM-1963-PhD-Thesis.pdf>
4. Yong Yuan. *Experimental studies on composite beams with high-strength steel and concrete* / Huiling Zhao, Yuan Yong // *Steel and Composite Structures*. – 2010. Vol.10, No. 4. – pp. 297-307. Режим доступу до статті: [https://www.researchgate.net/publication/264146847\\_Experimental\\_studies\\_on\\_composite\\_beams\\_with\\_high-strength\\_steel\\_and\\_concrete](https://www.researchgate.net/publication/264146847_Experimental_studies_on_composite_beams_with_high-strength_steel_and_concrete)
5. Heinemeyer S. *Zum Trag- und Verformungsverhalten von Verbundträgern aus ultrahochfestem Beton mit Verbundleisten: Dissertation einer Doktorin der Ingenieurwissenschaften* / Sabine Heinemeyer,- Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, 2011. 298 p. Режим доступу до роботи: <http://publications.rwth-aachen.de/record/64391/files/3634.pdf>
6. Amadio C. *Experimental evaluation of effective width in steel-concrete composite beams* / C. Amadio, C. Fedrigo, M. Fragiaco, and L. Macorini // *Journal of Constructional Steel Research*. – 2004. Vol. 60. pp. 199–220. – Режим доступу до статті: [https://www.academia.edu/16860479/Experimental\\_evaluation\\_of\\_effective\\_width\\_in\\_steel\\_concrete\\_composite\\_beams](https://www.academia.edu/16860479/Experimental_evaluation_of_effective_width_in_steel_concrete_composite_beams)
7. Tan Ee Loon. *The effects of partial shear connection on composite steel-concrete beams subjected to combined flexure and torsion: A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy* / Ee Loon Tan, - College of Health and Science, University of Western Sydney, 2010. – 414p. Режим доступу до роботи: <https://researchdirect.westernsydney.edu.au/islandora/object/uws%3A8917/datastream/PDF>
8. Nie Jianguo. *Experimental Studies on Behavior of Composite Steel High-Strength Concrete Beams* / Jianguo Nie, Yan Xiao, Ying Tan, and Hongquan Wang // *ACI Structural Journal*. 2004. Vol. 101, No. 2. .pp. 245-251. Режим доступу до статті: <http://www.paper.edu.cn/scholar/showpdf/OU2gN2IMTT0YxeQh>

9. Vinh Bui Duc. *Behaviour of Steel-Concrete Composite Beams Made of Ultra High: A thesis of a Doctor of Engineering / Bui Duc Vinh.* - University of Leipzig, 2010. – 243 p. Режим доступу до роботу: [https://www.researchgate.net/profile/Bui\\_Vinh2/publication/309505664\\_Behaviour\\_of\\_Steel-Concrete\\_Composite\\_Beams\\_Made\\_of\\_Ultra\\_High\\_Performance\\_Concrete/links/5813ffe308ae90acb23b8463/Behaviour-of-Steel-Concrete-Composite-Beams-Made-of-Ultra-High-Performance-Concrete.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Bui_Vinh2/publication/309505664_Behaviour_of_Steel-Concrete_Composite_Beams_Made_of_Ultra_High_Performance_Concrete/links/5813ffe308ae90acb23b8463/Behaviour-of-Steel-Concrete-Composite-Beams-Made-of-Ultra-High-Performance-Concrete.pdf)
10. Stark J. W. B. *Composite steel and concrete beams with partial shear connection / J.W. B. Stark // HERON.* – 1989. - Vol. 34, No. 4. – pp. 36-46. Режим доступу до статті: <http://heronjournal.nl/34-4/1.pdf>
11. Toprac A.A. *Strength of Three New Types of Composite Beams / A.A. Toprac // Engineering Journal, American Institute of Steel Construction.* – 1965. Vol. 2, pp. 21-30. Режим доступу до статті: <https://scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1082&context=ccfss-library>
12. Rieg A. *Verformungsbezogene mittragende Breite niedriger Verbundträger: Dissertation einer Doktorin der Ingenieurwissenschaften / A. Rieg. Universität Stuttgart, 2006.* – 160 p. Режим доступу до роботу: [https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/265/1/Diss\\_Rieg\\_Druck\\_14\\_11\\_2006.pdf](https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/265/1/Diss_Rieg_Druck_14_11_2006.pdf)
13. Szabó B. *Influence of shear connectors on the elastic behaviour of composite girders: Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology / B. Szabó / Helsinki University of Technology, 2006.* 120 p. Режим доступу до статті: <https://aaltdoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/2798/isbn9512284472.pdf>
14. Dawood Mustafa B. *Flexural behavior of steel concrete composite beam with web openings and strengthened by CFRP laminates / Mustafa B. Dawood and Dhurgham H. Al-saffar // XIII International Conference on Computational Plasticity: fundamentals and applications.* – 2015. – pp. 507-518. Режим доступу до статті: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/81368/Complas2015\\_507-518\\_FLEXURAL%20BEHAVIOR.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/81368/Complas2015_507-518_FLEXURAL%20BEHAVIOR.pdf)
15. Tran Minh-Tung. *Behaviour of steel-concrete composite beams using bolts as shear connectors / Minh-Tung Tran Vuong Nguyen Van Do and Tuan-Anh Nguyen //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science – 2018.* –Vol. 143. - No. 012027. Режим доступу до статті: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/143/1/012027/pdf>
16. Wijesiri Pathirana I.S. *use of innovative shear connectors in construction and rehabilitation of steel-concrete composite beams: A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy / I.S. Wijesiri Pathirana, The University of New South Wales, 2016.* Режим доступу до роботу: <http://unsworks.unsw.edu.au/fapi/datastream/unsworks:40639/SOURCE02?view=true>
17. Valente M. I. B. *Experimental Studies on Shear Connection Systems in Steel and Lightweight Concrete Composite Bridges: A thesis of a Doctor of Engineering / M. I. B. Valente, University of Minho, 2007.* – 411 p.
18. Schnerch D. *Flexural Strengthening of Steel Bridges with High Modulus CFRP Strips / Schnerch. D., Rizkalla S. // Journal of Bridge Engineering.* – 2008. March/April. – pp. 192-201. Режим доступу до статті: [http://www4.ncsu.edu/~srizkal/TechPapers2007/FINAL%20REVISION\\_Manuscript\\_Schnerch%20and%20Rizkalla%202007\\_ASCE%20Journal%20of%20Bridge%20Engineering.pdf](http://www4.ncsu.edu/~srizkal/TechPapers2007/FINAL%20REVISION_Manuscript_Schnerch%20and%20Rizkalla%202007_ASCE%20Journal%20of%20Bridge%20Engineering.pdf)
19. Heiko G. *Zur Vorhersage des Rissfortschritts bei einbetonierten Kopfbolzendübeln in Verbundträgern unter nicht ruhender Belastung: Dissertation einer Doktorin der Ingenieurwissenschaften / G. Heiko. Technische Universität Kaiserslautern, 2006.* – 189 p. Режим доступу до роботу: [https://kluedo.ub.uni-kl.de/frontdoor/deliver/index/docId/1819/file/genehmigte\\_Dissertation\\_Heiko\\_Gesella.pdf](https://kluedo.ub.uni-kl.de/frontdoor/deliver/index/docId/1819/file/genehmigte_Dissertation_Heiko_Gesella.pdf)