

УДК 669.14

д.т.н., професор Гайдайчук В.В.,
viktor_gaydaychuk@bigmir.net, ORCID: 0000-0003-2059-7433,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
д.т.н., професор, професор Банніков Д.О.,
bdo2020@yahoo.com, ORCID: 0000-0003-9019-9679,
д.т.н., професор, професор Радкевич А.В.,
anatolij.radkevich@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6325-8517,
к.філ.н., доцент Мунтян А.О.,
muntonya@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8375-4067,
Дніпровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

DOI: 10.32347/2076-815x.2019.71.105-114

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СОРТАМЕНТУ ФАСОННОГО МЕТАЛОПРОКАТУ ІНДІЇ ТА УКРАЇНИ

Викладено основні результати виконаного кількісного та якісного аналізу сучасного фасонного сортаменту металопрокату Індії, який застосовується для сталевих будівельних конструкцій. Проведено співставлення його ефективності із чинним вітчизняним сортаментом України на прикладі кутикових, швелерних та двотаврових профілів. Окрему увагу приділено системі позначень і маркування виробів сортаменту.

*Ключові слова: сортамент, металопрокат, сталеві конструкції, металоко-
нструкції, фасонні профілі, Індія, Україна.*

Вступ. Сталеві фасонні гарячекатані профілі становлять основу при проектуванні елементів металоко-нструкцій, адже вони дозволяють не тільки забезпечити високий рівень їх технологічності при виготовленні, а й необхідну надійність та якість конструкцій. Тому питання побудови та ефективності сортаментів таких профілів залишається досить актуальним, адже на ринку металоко-нструкцій постійно відбуваються певні економічні події, які призводять до зміни попиту на різні види сталевих фасонних профілів.

Розширення співпраці між окремими країнами, яка постійно відбувається в світі на протязі останніх десятиріч, в тому числі і в галузі проектування металоко-нструкцій, створює умови для своєрідної взаємозаміни сталевих профілів в проектах будівельних конструкцій, виконаних проектними організаціями в різних точках земної кулі. Одним з вирішальних факторів при цьому виявляється можливість використання сортаментів металопрокату різних країн.

Саме така ситуація все частіше спостерігається під час співпраці між фахівцями Індії та України в галузі проектування та створення міні-заводів для фармакологічної галузі. Подібні невеличкі підприємства здатні випускати значні обсяги відносно дешевих медичних препаратів за ліцензіями відомих торгівельних марок. Проте для розміщення таких виробництв часто використовують наявні в Індії та Україні на тепер будівлі та території, які певний час не експлуатувались та знаходились без нагляду. Під час їх реконструкції розробляються відповідні проектні пропозиції, які мають на меті застосування місцевих матеріалів, потужностей й робочої сили. У зв'язку з цим і виникає питання порівняння та можливої заміни фасонного металопрокату, який досить широко застосовується в таких випадках.

Основною метою даної публікації є викладення виконаних порівняльних досліджень ефективності та аналізу особливостей застосування сортаменту фасонного прокату Індії порівняно із чинним аналогічним вітчизняним сортаментом України.

Загальна організація сортаменту.

На відміну від України, основні гарячекатані фасонні профілі Індії зібрані в єдиному національному стандарті – IS 808 [1]. Він передбачає всього чотири типи перерізів – кутик рівнополічний, кутик нерівнополічний, швелер і двотавр. Порівняно із вітчизняною сортаментною базою [2-6] відсутні таврові профілі, які не є популярними в теперішній час і в Україні.

В цілому загальна організація стандарту IS 808 [1] аналогічна до вітчизняних сортаментів – всі профілі згруповані за видами перерізів та для кожного з них наводяться їх геометричні розміри, геометричні характеристики та масові показники погонового метру. Основні відмінності пов'язані із математичними позначеннями деяких з цих величин. Так, висота профілю позначається як D , ширина й товщина його полиць як B і T відповідно, відстані до центрів ваги як C_i , а площа перерізу як a . Відповідні позначення у вітчизняних сортаментах – висота h , ширина й товщина полиць b і t , відстані до центрів ваги z , а площа перерізу взагалі немає власного спеціального позначення.

На відміну від вітчизняних сортаментів стандарт IS 808 [1] не наводить дані щодо допустимих відхилень геометричних розмірів профілів від заявлених, також відсутні рекомендації щодо довжини профілів.

Основна принципова відмінність в системі профілів Індії для двотаврових і швелерних профілів пов'язана із поділом їх на чотири різновиди – надлегкі (junior), легкі (light), середні (medium) і важкі (heavy). Геометрично вони мають однакову висоту, проте інші геометричні розміри (товщини стінки й полиці, а також ширина полиці) змінюються. За рахунок цього виявляється можливим в

практиці проектування добирати переріз більш економічно, який точніше відповідатиме необхідним геометричним характеристикам.

Також двотаврові і швелерні профілі мають крок зміни висоти перерізу 25 мм (до висоти 250 мм), а далі – 50 мм. У вітчизняній сортаментній базі цей крок дорівнює 20 мм (до висоти приблизно 220 мм), а далі – 30 мм. Тобто більш рідкий крок, закладений в стандарті IS 808 [1], компенсується своєрідним чином за рахунок описаної вище системи поділу профілів на різновиди за геометричними характеристиками. Відповідно, коефіцієнт градації в стандарті IS 808 [1] сягає 1,35, що вище за вітчизняні сортаменти, для яких максимальне значення доходить лише до 1,20.

Кутиковий профіль.

Відповідно до стандарту IS 808 [1] кутикові профілі, як рівнополічні, так і нерівнополічні, мають геометрію аналогічну до вітчизняних стандартів – полиці мають паралельні грані без ухилу з однаковою товщиною. При цьому крок профілів є більш рідким, а діапазон товщини більш широким. Так для рівнополічних кутиків налічується 91 профіль (максимальний кутик $200 \times 200 \times 25$) проти 89 за вітчизняним стандартом ДСТУ 2251-93 [2] (максимальний кутик $250 \times 250 \times 35$), а для нерівнополічних кутиків налічується 111 профілів (максимальний кутик $200 \times 150 \times 20$) проти 62 за вітчизняним стандартом ГОСТ 8510-86* [3] (максимальний кутик $200 \times 125 \times 16$). Це пов'язано зі значною розповсюдженістю кутикових профілів в несучих елементах сталевих конструкцій. В багатьох випадках такі елементи виконуються у вигляді просторових коробчастих ферм для сприйняття високих вітрових і особливо сейсмічних навантажень Індії, відповідно до стандартів [7, 8]. Для поясів цих ферм як раз і застосовують поодинокі кутики, орієнтовані полицями в вертикальній і горизонтальній площинах та об'єднані решіткою із сталеві сортової або полосової сталі. Відсутність понижуючого коефіцієнту сполучення навантажень за стандартом [9] додатково збільшуватиме загальний навантажувальний ефект на конструкції.

Співвідношення сторін нерівнополічних кутиків за стандартом IS 808 [1] аналогічно до прийнятого у вітчизняній проектній практиці і становить в середньому 1:1,6. Хоча для профілів із значною шириною полиці він має тенденцію до збільшення до 1:2,0.

Швелерний профіль.

Швелерний профіль відповідно до стандарту IS 808 [1] застосовується двох типів – як з ухилом полиць, так і з паралельними гранями полиць.

Для першого типу ухил полиць визначається кутом нахилу внутрішньої грані полиці, яка має становити $91,5^\circ$ або 96° . Відповідно до вітчизняного сортаменту ДСТУ 3436-96 [4] ухил полиць не є чітко визначеним і може коливатись в межах 4 – 10 %, що відповідає діапазону $92,5 - 95,5^\circ$. Максимальний профіль

має висоту 400 мм, як і за вітчизняними стандартом ДСТУ 3436-96 [4]. Полегшені різновиди мають площу перерізів, й відповідно масу погонного метра, в середньому на 30 – 35 % меншу за вітчизняні профілі, а важкі різновиди – в середньому на 35 – 40 % більшу.

Профілі другого типу за Індійським стандартом випускаються тільки в двох різновидах – середні та важкі. При цьому важкі також мають площу та, відповідно, масу перерізу на 35 – 40 % більшу за профілі вітчизняного сортаменту. Проте вітчизняний сортамент передбачає ще дві додаткові серії – економічну і легку, профілі яких виявляються майже вдвічі легшими за індійські.

Загальна кількість швелерних профілів усіх різновидів за стандартом IS 808 [1] з ухилом полиць становить 40 найменувань проти 18 за вітчизняним стандартом ДСТУ 3436-96 [4], а з паралельними гранями полиць – 20 проти 43. Їх сумарна кількість при цьому виявляється майже однаковою – 60 проти 61.

Двотавровий профіль.

Двотаврові профілі в стандарті IS 808 [1] представлені найбільшою кількістю видів. Всі вони передбачені тільки з ухилом полиць, який змінюється в діапазоні 91,5 – 98 °. Ближчий за все до вітчизняного стандарту ГОСТ 8239-89 [5] є профілі середнього різновиду. Їх максимальна висота змінюється до 600 мм, а загальна кількість становить 14 найменувань проти 17 за вітчизняним сортаментом. Індійські профілі цього різновиду виявляються на 15 – 20 % важчими за вітчизняні, при приблизно рівному співвідношенні ширини полиці до висоти, яке в середньому дорівнює 0,45 – 0,50.

Також в Індійському сортаменті передбачений спеціальний різновид двотаврового профілю – колонний. Він також має ухил полиць на відміну від вітчизняного стандарту ГОСТ 26020-83 [6], проте співвідношення ширини полиці до висоти є дуже близьким до 1,0. Його максимальна висота становить 450 мм проти 400 мм за вітчизняним сортаментом колонної серії.

Загальна кількість двотаврових профілів усіх різновидів за стандартом IS 808 [1] становить 79 найменувань проти 108 за вітчизняними стандартами ГОСТ 8239-89 [5] і ГОСТ 26020-83 [6] разом.

З теорії сортаменту відомо, що ефективність двотаврових профілів визначається спеціальними питомими показниками, які розраховуються за наступними виразами (позначення геометричних параметрів збережені відповідно до вітчизняного сортаменту):

- питомий момент опору

$$\bar{W} = \frac{\sqrt{\lambda_w}}{4} \cdot \left(2 - \frac{4}{3} \cdot k \right) \cdot \sqrt{k},$$

- питомий момент інерції

$$\bar{I} = \frac{\lambda_w}{12} \cdot (3 - 2 \cdot k) \cdot k,$$

- питомий радіус інерції

$$\bar{i} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\lambda_w \cdot (3 \cdot k - 2 \cdot k^2)}{3}},$$

де $\lambda_w = \frac{h_w}{t_w}$ – гнучкість стінки двотавру;

h_w – висота стінки двотавру;

t_w – товщина стінки двотавру;

$k = \frac{h_w \cdot t_w}{A}$ – умовний показник площі стінки двотавру;

A – площа перерізу двотавру.

Значення цих показників бажано мати якомога вищими, що й характеризує ефективність сортаменту двотаврових профілів. В таблицях 1 – 3 наведено співставлення геометричних характеристик двотаврів за наведеними вище стандартами Індії та України для деяких найбільш характерних перерізів. Позначення геометричних параметрів збережені відповідно до вітчизняного сортаменту:

h – висота двотавру;

b – ширина полиці двотавру;

t_w – товщина стінки двотавру;

t_f – товщина полиці двотавру;

I – момент інерції двотавру;

W – момент опору двотавру;

M – погонова маса двотавру.

Порівнюючи питомі характеристики для двотаврових профілів цих стандартів, слід констатувати, що для легких перерізів (серій LB за стандартом Індії і серії з ухилом полиць за стандартом України) вони є практично однаковими. Для перерізів, орієнтованих на згин (серій MB за стандартом Індії і серії Б за стандартом України), питомі характеристики для вітчизняних профілів є вищими в середньому на 15 – 40 % при меншій на 30 – 40 % масі.

Для профілів важких серій, орієнтованих також на сприйняття поздовжніх зусиль, перерізи сортаменту Індії мають вищі питомі характеристики і меншу масу в середньому на 20 – 30 %. Проте значення абсолютних геометричних характеристик за вітчизняним сортаментом виявляється вищими в середньому в 1,5 – 1,8 рази, що в практиці проектування надає можливості їх більш широкого застосування.

Таблиця 1

Показник	Стандарт							
	IS 808 [1]	IS 808 [1]	IS 808 [1]	IS 808 [1]	ГОСТ 8239- 89 [5]	ГОСТ 26020- 83 [6]	ГОСТ 26020- 83 [6]	ГОСТ 26020- 83 [6]
Марка	LB200	MB200	WB200	HB200	20	20Б1	20Ш1	20К1
h , мм	200	200	200	200	200	200	193	195
b , мм	100	100	140	200	100	100	150	200
t_w , мм	5,4	5,7	6,1	6,1	5,2	5,6	6,0	6,5
t_f , мм	7,3	10,0	9,0	9,0	8,4	8,5	9,0	10,0
I , см ⁴	1700	2120	2620	3600	1840	1943	2660	3820
W , см ³	170	212	262	360	184	194	275	392
A , см ²	25,3	30,8	36,7	47,5	26,8	28,5	39,0	52,8
M , кг/м	19,8	24,2	28,8	37,3	21,0	22,4	30,6	41,5
\bar{w}	1,36	1,26	1,20	1,11	1,35	1,30	1,15	1,03
\bar{l}	2,50	2,05	1,80	1,47	2,39	2,23	1,61	1,24
\bar{i}	1,58	1,43	1,34	1,21	1,55	1,49	1,27	1,11

Таблиця 2

Показник	Стандарт							
	IS 808 [1]	IS 808 [1]	IS 808 [1]	IS 808 [1]	ГОСТ 8239- 89 [5]	ГОСТ 26020- 83 [6]	ГОСТ 26020- 83 [6]	ГОСТ 26020- 83 [6]
Марка	LB300	MB300	WB300	HB300	30	30Б1	30Ш1	30К1
h , мм	300	300	300	300	300	296	291	296
b , мм	150	140	200	250	135	140	200	300
t_w , мм	6,7	7,7	7,4	7,6	6,5	5,8	8,0	9,0
t_f , мм	9,4	13,1	10,0	10,6	10,2	8,5	11,0	13,5
I , см ⁴	7330	8990	9820	12600	7080	6328	10400	18110
W , см ³	489	600	655	840	472	427	715	1223
A , см ²	48,1	58,6	61,3	74,8	46,5	41,9	68,3	108,0
M , кг/м	37,7	46,0	48,1	58,8	36,5	32,9	53,6	84,8
\bar{w}	1,50	1,36	1,39	1,31	1,52	1,60	1,29	1,10
\bar{l}	3,04	2,43	2,48	2,11	3,11	3,45	2,09	1,42
\bar{i}	1,74	1,56	1,57	1,45	1,76	1,86	1,45	1,19

Таблиця 3

Показник	Стандарт							
	IS 808 [1]	IS 808 [1]	IS 808 [1]	IS 808 [1]	ГОСТ 8239-89 [5]	ГОСТ 26020-83 [6]	ГОСТ 26020-83 [6]	ГОСТ 26020-83 [6]
Марка	LB400	MB400	WB400	HB400	40	40Б1	40Ш1	40К1
h , мм	400	400	400	400	400	392	388	393
b , мм	165	140	200	250	155	165	300	400
t_w , мм	8,0	8,9	8,6	9,1	8,3	7,0	9,5	11,0
t_f , мм	12,5	16,0	13,0	12,7	13,0	9,5	14,0	16,5
I , см ⁴	19300	20500	23400	28100	19062	15750	34360	52400
W , см ³	965	1025	1170	1405	953	804	1771	2664
A , см ²	72,4	78,4	85,0	98,7	72,6	61,3	122,4	175,8
M , кг/м	56,9	61,5	66,7	77,4	57,0	48,1	96,1	138,0
\bar{w}	1,59	1,50	1,52	1,45	1,57	1,71	1,32	1,15
\bar{l}	3,51	3,12	3,08	2,74	3,44	4,06	2,15	1,57
\bar{i}	1,87	1,77	1,75	1,65	1,86	2,02	1,47	1,25

Висновки.

На основі якісного та кількісного співставлення чинних сортamentів фасонного металопрокату Індії та України слід зробити наступні висновки:

1. В цілому загальна організація та принцип побудови сортamentів цих двох країн є досить схожими. Основна принципова відмінність полягає у наявності в стандарті Індії більш широкого спектру різновидів профілів в межах одного кроку, що дозволяє ефективніше обирати потрібний переріз при проектуванні. Проте сам крок є більшим, ніж за вітчизняними стандартами, що нівелює таку перевагу.

2. Кутикові профілі за сортamentом Індії мають більш широкий діапазон товщин та в цілому більшу кількість типорозмірів профілів, особливо для нерівнополичних кутиків, що пов'язано зі значною розповсюдженістю таких профілів в несучих елементах сталевих конструкцій.

3. Швелерні профілі в цілому мають приблизно однакову ступінь ефективності та кількість типорозмірів за сортamentами обох країн. В стандарті Індії більше представлені профілі з ухилом полиць, а у вітчизняному стандарті – з паралельними гранями полиць.

4. Двотаврові профілі мають найбільшу кількість типорозмірів за обома сортamentами, проте на відміну від вітчизняного стандарту в стандарті Індії вони представлені тільки перерізами з ухилом полиць. При цьому профілі, орієнтовані на згин, за вітчизняним сортamentом мають питомі характеристики в середньому на 15 – 40 % вищі при меншій на 30 – 40 % масі. Для профілів важких серій, орієнтованих також на сприйняття поздовжніх зусиль, перерізи сортamente-

нті Індії мають вищі питомі характеристики і меншу масу в середньому на 20 – 30 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. IS 808. Dimensions for hot rolled steel beam, column, channel and angle sections: third rev. – New Delhi: BIS, 2002. – 24 p.
2. ДСТУ 2251-93 (ГОСТ 8509-93). Кутики сталеві гарячекатані рівнополічні. Сортамент [Текст]. – Київ: Держстандарт України, 1993. – 17 с.
3. ГОСТ 8510-86*. Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортамент [Текст]. – Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 5 с.
4. ДСТУ 3436-96 (ГОСТ 8240-97). Швелери сталеві гарячекатані. Сортамент [Текст]. – Київ: Держстандарт України, 2004. – 11 с.
5. ГОСТ 8239-89. Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент [Текст]. – Москва: Изд-во стандартов, 2001. – 4 с.
6. ГОСТ 26020-83. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент [Текст]. – Москва: Изд-во стандартов, 1984. – 6 с.
7. IS 875-3. Code of practice for design loads (other than earthquake) for buildings and structures. Part 3 – Wind loads: second rev. – New Delhi: BIS, 2015. – 69 p.
8. IS 1893-1. Criteria for earthquake resistant design of structures: fifth rev. – New Delhi: BIS, 2002. – 45 p.
9. IS 875-5. Code of practice for design loads (other than earthquake) for buildings and structures. Part 5 – Special loads and load combinations: second rev. – New Delhi: BIS, 1988. – 26 p.

д.т.н., професор Гайдайчук В.В.,
Київський національний університет будівництва та архітектури,
д.т.н., професор Банников Д.О.,
д.т.н., професор Радкевич А.В.,
к.фил.н., доцент Мунтян А.А.,
Дніпровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОРТАМЕНТА ФАСОННОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА ИНДИИ И УКРАИНЫ

В публикации изложены основные результаты выполненного количественного и качественного анализа современного сортамента металлопроката Индии, который применяется для стальных строительных конструкций. Проведено сопоставление его эффективности с действующим отечественным сортаментом

Украины на примере уголковых, швеллерных и двутавровых профилей. Отдельное внимание уделено системе обозначений и маркировки изделий сортамента.

Ключевые слова: сортамент, металлопрокат, стальные конструкции, металлоконструкции, фасонные профили, Индия, Украина.

Dr. of Tech. Sciences, professor Gaidaichuk V.V.,
Kyiv national university of construction and architecture
Dr. of Tech. Sciences, professor Bannikov D.O.,
Dr. of Tech. Sciences, professor Radkevich A.V.,
Cand. of Philol. Sciences, associate professor Muntian A.O.,
Dnipro National University of Rail Transport after V. Lazaryan

EFFICIENCY ESTIMATION OF THE SHAPED HOT ROLLED STEEL PRODUCT MIX OF INDIA AND UKRAINE

The publication presents the main results of the quantitative and qualitative analysis of the modern hot rolled steel assortment of India, which is used for steel building structures. The shaped hot rolled steel products are considered, represented in the standards of both countries by four types of profiles – equal leg angles, unequal leg angles, channel and beams. Special attention is paid to the system of designations and labeling of products of the assortment.

In general, it should be noted that the overall organization and principle of construction of the analyzed assortments of India and Ukraine are quite similar. The main fundamental difference is the availability in the standard of India of a wider range of profile varieties within one step, which makes it possible to more efficiently choose the required section in the design. However, the step itself is widely than in domestic standards, which negates such dignity.

Angels profiles in the Indian assortment have a wider range of thicknesses and are represented by a large number of sizes, especially for unequal leg angles, which is connected with a significant distribution of such profiles in the supporting elements of steel structures.

Channel profiles in general have approximately the same degree of efficiency and the number of standard sizes in the assortments of both countries. In the standard of India, profiles with flange slopped shelves are displayed in more way and, in the domestic standard, with parallel shelves.

Beam profiles have the largest number of sizes in both assortments, but unlike the domestic standard in India's standard, they are presented only in cross-sections with flange slopped shelves. In this case, the profiles aimed at bending, according to the

domestic assortment have specific characteristics averaged on 15 – 40 % higher with a less on 30 – 40 % by weight. For profiles of heavy series, oriented also on the perception of longitudinal forces, sections in the Indian assortment have higher specific characteristics and less weight on average by 20 – 30 %.

Key words: assortment, metal rolling, steel constructions, metal structures, shaped profiles, India, Ukraine.

REFERENCES

1. IS (Indian Standard) 808. Dimensions for hot rolled steel beam, column, channel and angle sections, third rev. – New Delhi: BIS, 2002. P. 24. (in English)
2. DSTU (Building Standard) 2251-93 (GOST 8509-93). Steel hot rolled equal leg angels. Assortment. – Kyiv: State Standard of Ukraine, 1993. P. 17 (in Ukraine)
3. GOST (Building Standard) 8510-86*. Steel hot rolled unequal leg angels. Assortment. – Moscow: Standard Publishing, 1990. P. 5 (in Russian)
4. DSTU (Building Standard) 3436-96 (GOST 8240-97). Steel hot rolled channels. Assortment. – Kyiv: State Standard of Ukraine, 2004. P. 11 (in Ukraine)
5. GOST (Building Standard) 8239-89. Steel hot rolled beams. Assortment. – Moscow: Standard Publishing, 2001. P. 4 (in Russian)
6. GOST (Building Standard) 26020-83. Steel hot rolled beams with parallel edges of shelves. Assortment. – Moscow: Standard Publishing, 1984. P. 6 (in Russian)
7. IS (Indian Standard) 875-3. Code of practice for design loads (other than earthquake) for buildings and structures. Part 3 – Wind loads: second rev. – New Delhi: BIS, 2015. P. 69. (in English)
8. IS (Indian Standard) 1893-1. Criteria for earthquake resistant design of structures: fifth rev. – New Delhi: BIS, 2002. P. 45. (in English)
9. IS (Indian Standard) 875-5. Code of practice for design loads (other than earthquake) for buildings and structures. Part 5 – Special loads and load combinations: second rev. – New Delhi: BIS, 1988. P. 26. (in English)