



ВИПРОБУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ КОНСТРУКЦІЙНОГО ПРОФНАСТИЛУ ВИРОБНИЦТВА ФІРМИ ТОВ «БАЛЕКС-МЕТАЛ» ТИПУ ВТН 160.250.750 ДЛЯ ПОКРИТТІВ

УДК 624.073

АВТОРЫ

ТАРАСЮК В.Г., канд. техн. наук, заступник директора з наукової та нормативно-методичної роботи, ДП НДІБК;

ЖАРКО Л.О., канд. техн. наук, завідувач відділу ДП НДІБК;

ОВЧАР В.П., канд. техн. наук, провідний науковий співробітник, ДП НДІБК;

ЦИМБАЛ С.П., інженер ДП НДІБК;

БЕЛОКОНЬ А.М., інженер ДП НДІБК

АННОТАЦІЯ

Представлено результати випробування навантаженням профілів сталевих листових гнутих, з трапецієподібними гофрами - листів конструкційного профнастилу довжиною 12 м, в т.ч. підсилених накладками на опорах, виробництва фірми ТОВ «Балекс-Метал» типу ВТН 160.250.750 для будівництва безпрогонових покриттів.

The results of test loading of structural steel trapezoidal profiles BALEX METAL TOV productions as VTR 160.250.750, length a 12 m, including increase protective straps on supports, for building without span coverages.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

випробування рівномірно розподіленим навантаженням, конструкційний профнастил

Чималої популярності у сучасному будівництві набув покрівельний профнастил завдяки таким перевагам, як економічність, практичність і надійність в експлуатації, невелика вага, зручність транспортування, простота монтажу.

Актуальні питання визначення характеристик профнастилу розглянуто в роботі, яка виконувалася за замовленням ТОВ «Мегалайн Глобал Юкрейн» як генерального підрядника з проектування та будівництва Торгово-розважального центру (ТРЦ) «Лавіна» по вул. Берковецькій, 6 у Святошинському районі м. Києва.

Конструктивні рішення будівлі ТРЦ «Лавіна» (рис. 1) включають залізобетонні і металеві колони, легкі металеві ферми та підкроквяні балки, профільовані металеві листи покриття (рис.2). Конструктивно безпрогонові покриття будівлі вирішено у вигляді конструкційних профільованих листів [1], що прикріплені до металевих балок самонарізними болтами, а зверху покриті шарами пароізоляції, плитної теплоізоляції та гідроізоляції (рис. 3).



Рис. 1. Фрагмент покриття будівлі ТРЦ «Лавіна» по вул. Берковецькій, 6 у Святошинському районі м. Києва з профільованим металевим листом.

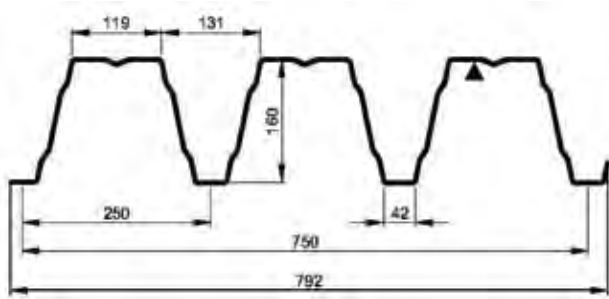


Рис. 2. Переріз профільованого металевго листа типу ВТR 160.250.750 товщиною 0,75 мм виробництва фірми ТОВ «Балекс-Метал».



Рис. 3. Конструктивне рішення покриття з профільованим металевим листом.

Профільований металевий лист кріпиться до підкроквяних балок за допомогою сталевих з'єднувачів розміром не менше $\varnothing 4,5 \times 55$ мм або дюбелів, що забивають піротехнічним приладдям, діаметром не меншим 4,30 мм в кількості: один з'єднувач для кожного поглиблення гофру – для кроку підкроквяних балок 600 см; два з'єднувачі для кожного поглиблення гофру в місцях накладання двох листів на опорах та на крайніх опорах для кроку підкроквяних балок від 600 до 750 см.

Поздовжнє поєднання металевих листів здійснюється за допомогою односторонніх сталевих заклепок діаметром не меншим 4 мм та довжиною не меншою 10 мм з проміжком не більшим 250 мм, або самонарізних шурупів діаметром не меншим 4,20 мм та довжиною не меншою 16 мм з проміжком не більшим 250 мм.

Листи профнастилу із захисним покриттям з поліестеру товщиною 15 мкм за технічними умовами повинні відповідати вимогам [2]. Вони укладаються на систему металевих балок, ширина яких 150 мм, з прогоном в осях 4 м, з кріпленням кожної вузької гофри до балок самонарізними болтами.

Випробування зразків листів профнастилу проводилося етапами: спочатку на двох зразках коригувалася методика навантаження; далі на першому етапі – власне на листах та на другому етапі – на листах, що підсилені накладками на проміжних опорах. В кожному випадку на трьох зразках визначалися величини руйнівного рівномірно-

розподіленого навантаження, максимального прогину, а також характер руйнування та розрахунковий граничний опір.

Випробувані зразки листів профнастилу мали прямокутну форму в плані розмірами $12,3 \times 0,75$ м, по ширині трьома трапецієподібними гнучими широкими гофрами висотою 160 мм догори, номінальна товщина листа 0,75 мм, фактична в межах 0,72...0,77 мм. Схему зразка з позначенням товщини наведено на рис. 4. Схему розташування приладів наведено на рис. 5.

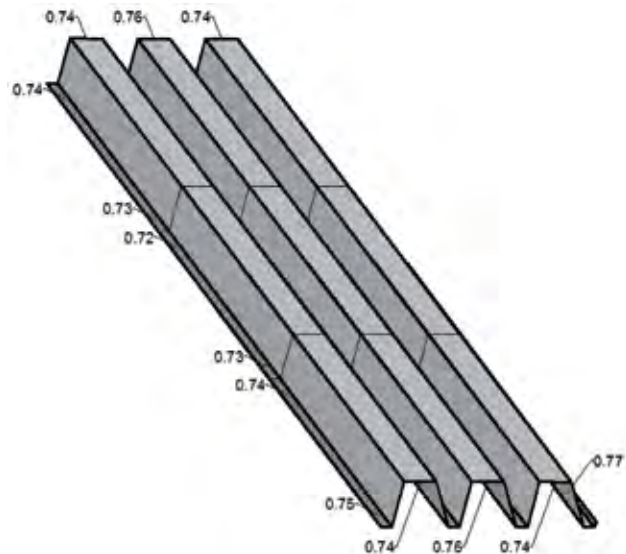


Рис. 4. Фактична товщина металу в мм в у відібраних зразках профільованого металевго листа типу ВТR 160.250.750 довжиною 12 м.

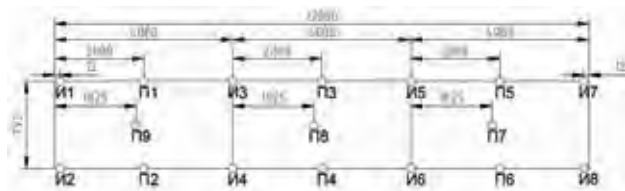


Рис. 5. Схема розташування приладів.

Випробування зразків проводились за [3] та [4] за трьохпрогінною нерозрізною схемою на статичний згин шляхом ступеневого прикладання рівномірно розподіленого навантаження, що створювалося за допомогою тарованих бетонних та чавунних вантажів, які встановлювались на першому етапі на картонні підкладки (рис 6), а в подальшому, для імітування роботи профнастилу як елемента покриття, на підкладки з деревини, розмірами $620 \times 250 \times 4$ мм (рис. 7).

Зразки довжиною 12,01 м встановлювались на опори випробувального стенду широкими гофрами догори, а кожна вузька гофра жорстко закріплювалася болтами до металевих траверс шириною 120 мм (проміжних) і 60 мм (крайніх).

Прогини зразка вимірювались прогиномірами, з обох боків в середині кожного прольоту. Індикатори встановлювались з обох боків зразка по осі кожної опори.



а)



б)

Рис. 6. Загальний вигляд зразка до початку випробування: а - № 1 і № 2; б - № 3 - № 5.

Руйнування зразка № 1 відбулось внаслідок місцевої втрати стійкості на крайніх опорах (рис.7) на 13 ступені завантаження при рівномірно-розподіленому навантаженні 390 кг/м² і максимальному прогині 21,16 мм.

Руйнування зразка № 2 відбулось внаслідок місцевої втрати стійкості крайньої

гофри на проміжних опорах на 14-й ступені завантаження при рівномірно-розподіленому навантаженні 410 кг/м² і максимальному прогині 16,45 мм.

Руйнування зразків № 3-5 відбулось внаслідок місцевої втрати стійкості на проміжних опорах (рис.8) на 16-й ступені завантаження при рівномірно-розподіленому навантаженні 476,67 кг/м² і

Таблиця 1.

№ зразка	Рівномірно розподілене навантаження на профнастил, q, кг/м ²	Найбільший прогин зразка, мм								
		П1	П3	П5	П9	П8	П7	П2	П4	П6
Проліт		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	360	16,30	19,77	9,53	-	-	-	15,14	10,96	21,16
2	390	11,70	8,75	16,45	8,02	4,41	9,48	9,90	11,04	11,33
3	450	13,65	7,96	13,27	12,93	6,14	16,49	9,91	11,75	13,27
4	450	9,46	7,52	12,02	12,73	6,08	11,01	9,97	14,49	12,24
5	450	12,40	7,34	14,15	15,41	8,72	13,26	11,93	12,26	12,80
Вісь зразка		ліва			середня			права		



а)



б)

Рис. 7. Характер руйнування зразка - місцева втрата стійкості на крайній опорі.

максимальних прогинах 16,49 мм (№3), 14,49 мм (№ 4), 15,41 мм (№ 5).

Графік прогинів (мм) в прогонах по лівій, середній і правій осям зразків показано на рис. 9, а максимальні прогини в залежності від рівня навантаження (кг/м²) в середньому прогоні показано на графіках переміщень зразків № 2-5 на рис. 10.

Найбільші прогини зразків по боковим і середній осям наведено в табл. 1.

Обробка результатів випробувань зразків профільованого металевого листа виконувалася за рекомендаціями Додатку А [3].

Дані про руйнівне навантаження підлягали коригуванню для визначення граничного опору конструкції в



а)



б)

Рис. 8. Характер руйнування зразка - місцева втрата стійкості крайньої або усіх гофр на проміжній опорі.

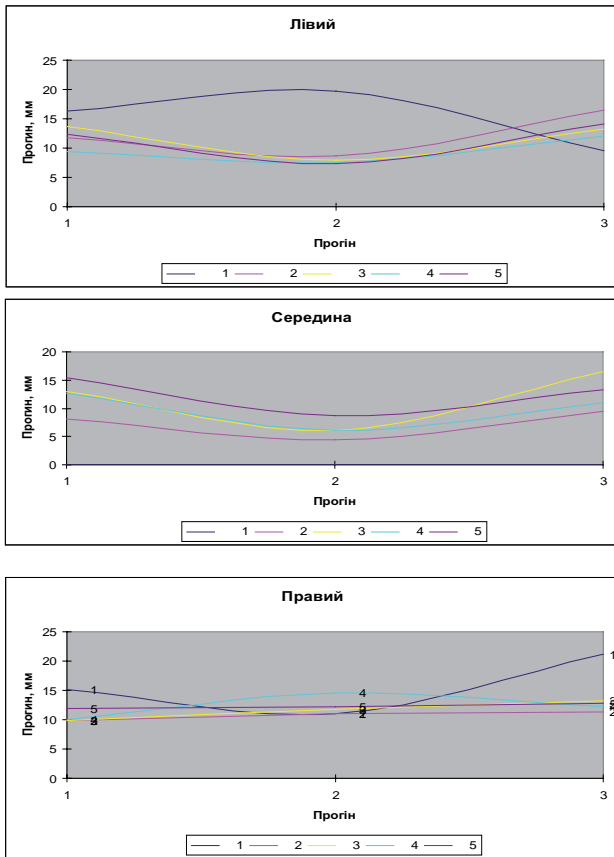


Рис.9. Графік прогинів в прогонах по лівій (а), середній (б) і правій осі зразків.

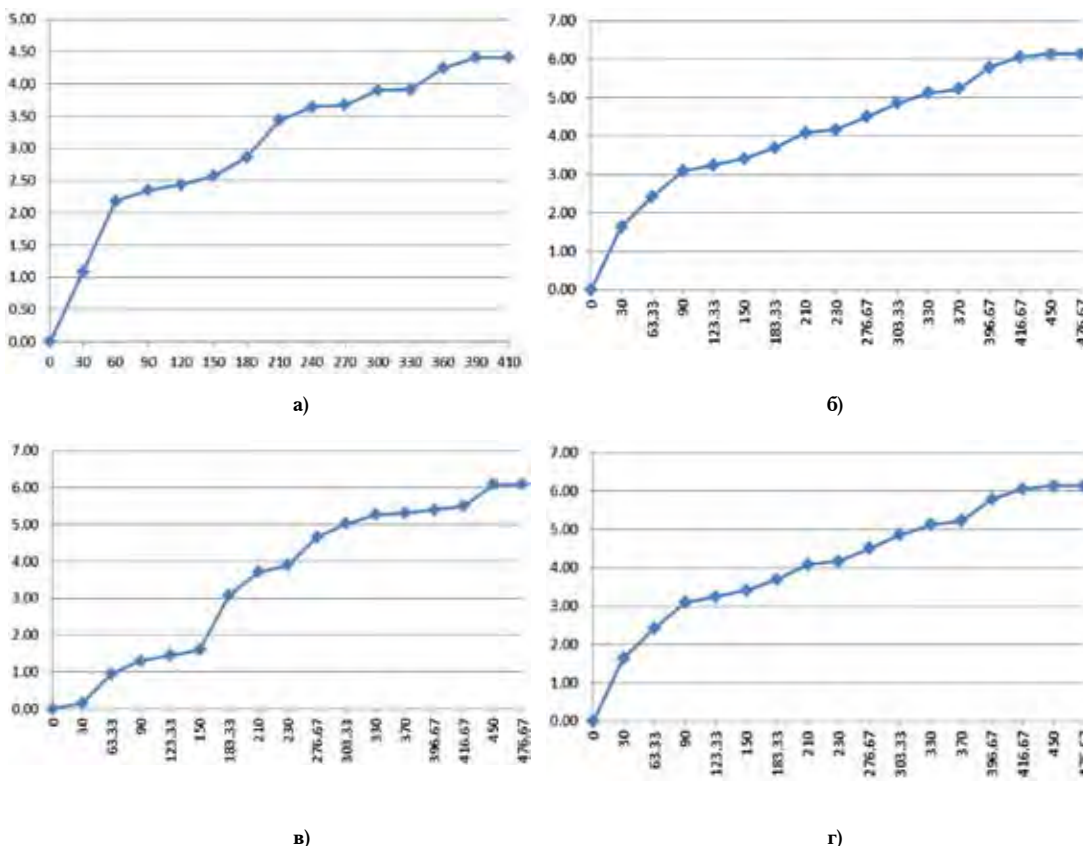


Рис.10. Максимальні прогини (по вертикалі, мм) в залежності від рівня навантаження (по горизонталі, кг/м²) в середньому прогоні зразків: а - № 2, б - № 3, в - № 4, г - № 5.

залежності від таких показників, як номінальна і фактична товщина прокату, коефіцієнт виду зруйнування, гранична та відносна гнучкість профілю, коефіцієнт надійності даних випробувань.

Фізико-механічні характеристики випробуваних зразків сталі з профільованих металевих листів типу ВТR 160.250.750, що було відібрано з профнастилу згідно [5] і випробувано за методом [6], наступні: границя текучості $\sigma_{0,2} = 386,93$ МПа (39,44 кгс/мм²), тимчасовий опір $\sigma_{\theta} = 436,00$ МПа (44,44 кгс/мм²), відносне видовження $\delta = 29,6$ %.

Розрахунки, ґрунтовані на стійких результатах випробувань зразків № 3-5, довели, що розрахунковий граничний опір зразків профільованого металевого листа типу ВТR 160.250.750 виробництва фірми ТОВ «Балекс-Метал», становив 410,63 кг/м².

На другому етапі випробувань, зважаючи на встановлений характер руйнування зразків на проміжних опорах, профільований металевий лист було підсилено накладками розмірами 0,8x0,75 м і фактичною товщиною 1,15 мм, що були закріплені заклепками. Зразки мали нерівномірну товщину в межах 0,69...0,73 мм, як зображено на схемі з позначенням товщини листів настилу і накладок (рис. 11).

Загальний вигляд зразка з накладками під час випробування до руйнування показано на рис. 12а. Руйнування зразків № 1-3 профільованих металевих листів, підсилені накладками на середніх опорах, відбулось внаслідок місцевої втрати стійкості на проміжних опорах (рис. 12 б, 13а) при рівномірно-розподіленому навантаженні,

що дорівнювало 839,67 кг/м². Руйнування зразків з накладками на крайніх опорах (рис.13 б) було спричинене великими прогинами профнастилу під руйнівним навантаженням.

Характерні графіки переміщень в місці максимального прогину зразків по середній та по лівій і всім крайньому прогону представлено на рис. 14. Прогини зразків по боковим і середній осям наведено в табл. 2.

Розрахунки, ґрунтовані на результатах випробувань трьох зразків, довели, що розрахунковий граничний опір зразків профільованого металевого листа типу Т 160.250.750

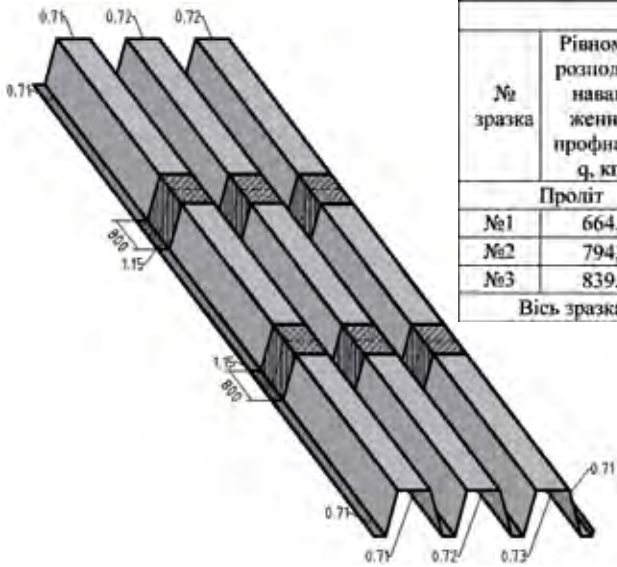


Рис.11. Схема зразка з накладками з позначеннями товщини листів зразка і накладок.

№ зразка	Рівномірно розподілене навантаження на профнастилу, q , кг/м ²	Найбільший прогин зразка, мм								
		П2	П4	П6	П9	П8	П7	П1	П3	П5
Проліт		1	2	3	1	2	3	1	2	3
№1	664,07	9,75	13,07	12,47	20,34	3,96	19,01	17,23	9,39	16,90
№2	794,15	18,21	11,72	16,76	25,51	2,08	18,76	21,87	18,38	23,86
№3	839,67	18,02	23,55	19,63	26,14	11,40	24,43	27,11	18,72	5,98
Вісь зразка		ліва			середня			права		

виробництва фірми ТОВ «Балекс-Метал», підсиленого накладками на середніх опорах, становив 733,53 кг/м².

ВИСНОВКИ

За результатами випробування на статичний згин зразків профільованого металевих листа типу Т 160, виробництва фірми ТОВ «Балекс-Метал», в т.ч. підсиленого накладками на середніх опорах, за трьох прогонною нерозрізною схемою рівномірно розподіленим навантаженням в умовах наближених до роботи профнастилу в конструкціях покриття встановлено наступне:

- конструктивно ліва бокова вісь профнастилу є ослабленою відсутністю ребра жорсткості;
- руйнування зразків відбувалося внаслідок місцевої втрати стійкості на проміжних опорах в місцях подвійної стискаючої дії навантаження і реакції опор;
- руйнівне рівномірно розподілене навантаження листів профнастилу становило - 476,67 кг/м², а підсиленого - 839,67 кг/м², що більше на 76,15%;
- максимальні прогини зразків листів профнастилу становили 26,86...27,11 мм, а підсиленого - 13,65...15,41 мм, що менше в 1,97 рази;
- розрахунковий граничний опір, що було визначено за рекомендаціями Додатку А [3], становив 410,63 кг/м², а підсиленого 733,53 кг/м², що більше на 78,6%.

Таким чином, застосування підсилюючих накладок профільованого металевих



а)



б)

Рис.12. Загальний вигляд зразка з накладками:

а – під час випробування до руйнування, б – після випробувань.



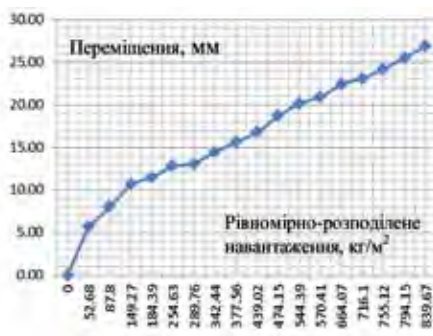
а)



б)

Рис.13. Характер руйнування зразка з накладками:

а – на проміжній опорі, б – на крайній опорі.



а)



б)

Рис.14. Характерні графіки переміщень в місці максимального прогину зразка: а - середня вісь крайнього прогону (П9), б - ліва вісь крайнього прогону (П1)



го листа типу Т 160 на середніх опорах трипрогінного нерозрізного покриття при роботі на статичний згин під рівномірно розподіленим навантаженням змінює характер руйнування, підвищує на 76,15 % руйнівне рівномірно розподілене навантаження, зменшує до 1,97 рази максимальні прогини, збільшує на 78,6 % розрахунковий граничний опір.

ЛІТЕРАТУРА

1. Профилированные листы. Облицовочные и конструкционные. Технический каталог. Май 2013. - BELEXMETAL. www.balex.eu.
2. Конструкції будинків і споруд. Профілі сталеві листові гнуті з трапецієподібними гофрами для будівництва. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.6-9:2008. – [Чинний від 2010-01-01]. – К.: Мінрегіон України, 2009. – III, 22 с. – (Національний стандарт України).
3. Конструкції будинків і споруд. Конструкції сталеві будівельні. Методи випробування навантаженням: ДСТУ Б В.2.6-10-96. – [Чинний від 1997-07-01]. – К.: Укрархбудінформ, 1997. – III, 20 с. – (Національний стандарт України).
4. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-3. Загальні правила. Додаткові правила для холодноформованих елементів і профільованих листів (EN 1993-1-3:2006, IDT): ДСТУ-Н Б EN 1993-1-3-2012. – [Чинний від 2013-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2012. – VII, 212 с. – (Національний стандарт України).
5. Прокат. Загальні правила відбору проб, заготовок і зразків для механічних і технологічних випробувань: ГОСТ 7564-97. – [Чинний від 1999-01-01]. – Мінськ, 1997. – III, 12 с.
6. Метали. Методи випробування на розтяг тонких листів: ГОСТ 11701-84. – [Чинний від 1986-01-01]. – Мінськ, 1984. – 15 с.
4. Eurocode 3. Planning of steel constructions. Part 1-3. General rules. Additional rules for cool shaped elements and profiled letters (EN 1993-1-3:2006, IDT): DSTU - N B EN 1993-1-3-2012. – [Valid from 2013-07-01]. – K.: Minregion of Ukraine, 2012. – VII, 212 p. – (National Standard of Ukraine, in Ukrainian).
5. Rental. General rules of sampling, purveyances and standards for mechanical and technological tests: GOST 7564-97. – [Valid from 1999-01-01]. – Minsk, 1997. – III, 12 p.
6. Metals. Methods of test on tension of thin letters: GOST 11701-84. – [Valid from 1986-01-01]. – Minsk, 1984. – 15 p.

REFERENCES

1. Profiled folias. Facings and construction. Technical catalogue. May 2013. - BELEXMETAL. www.balex.eu
2. Constructions of houses and buildings. Steel sheet bent with trapezial gofry for building. Technical specification: DSTU B V.2.6-9:2008. – [Valid from 2010-01-01]. - Kyiv, Minregion of Ukraine, 2009, - III, 22 p. - (National Standard of Ukraine, in Ukrainian).
3. Constructions of houses and buildings. Constructions steel build. Methods of test loading: DSTU B V.2.6-10-96. – [Valid from 1997-07-01]. - Kyiv, Ukrarkhbudininform, 1997. - III, 20 p. - (National Standard of Ukraine, in Ukrainian).