

УДК 624.072.014.2

І.М. Підгурський, к.т.н., Д.З. Биків, О.В. Міщенко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ДВОТАВРОВИХ СТАЛЕВИХ БАЛОК З КОМБІНОВАНОЮ ПЕРФОРОВАНОЮ СТІНКОЮ

I.M. Pidgurskyi Ph.D., D.Z. Bykiv, O.V. Mishchenko

ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF STEEL I-BEAMS WITH A COMBINED PERFORATED WEB

Сталеві двотаврові балки – це одні з найпопулярніших видів сталевих ригелів, які завдяки своїй конфігурації добре сприймають згинальні зусилля. Найчастіше їх використовують в машинобудуванні та будівництві, завдяки їх характеристикам міцності та жорсткості [1].

У сучасних умовах зростає потреба в більш ефективних і оптимізованих конструкціях, таких як перфоровані сталеві двотаврові балки, що завдяки своїм особливостям мають меншу вагу і кращі характеристики міцності та жорсткості, ніж їх первісні балки [2]. Однак при аналізі їх напружено-деформівного стану (НДС) помітно, що навіть в перфорованих сталевих балках запаси міцності не використовуються в повній мірі.

Для покращення властивостей перфорованих сталевих двотаврових балок, зокрема для зменшення їх ваги, використовують різні методи їх виготовлення. Так перспективним, але мало дослідженим методом є комбінація балок з різним розташуванням отворів по довжині балки. Вони виготовляються методом зварювання декількох перфорованих балок однакової висоти з різною перфорацією. Зазначимо, що трудомісткість такого виробництва значно зростає і весь позитивний ефект від оптимізації конструкції може зменшитись через її здорожчання [3].

У даній роботі розглянуті перфоровані балки довжиною 12 м з різною шириною перемичок між круглими отворами. Первісною двотавровою балкою був профіль IPE 500, з якого виготовлено 3 види перфорованих балок довжиною 6 м, але з різним кроком. 1-й вид (В.1) з кроком отворів 496 мм, 2-й вид (В.2) з кроком 586 мм, 3-й (В.3) з кроком 716 мм. Комбінація цих балок виконується наступним методом: перфорована балка В.1 розрізається навпіл, посередині між її частинами приварюється ціла перфорована балка В.2. Таким чином утворюється балка В.1.2.1 в якій перші 3 м – це балка В.1, наступні 6 м – балка В.2, і знову 3 м балки В.1. Подібним методом виготовляються і всі наступні види балок.

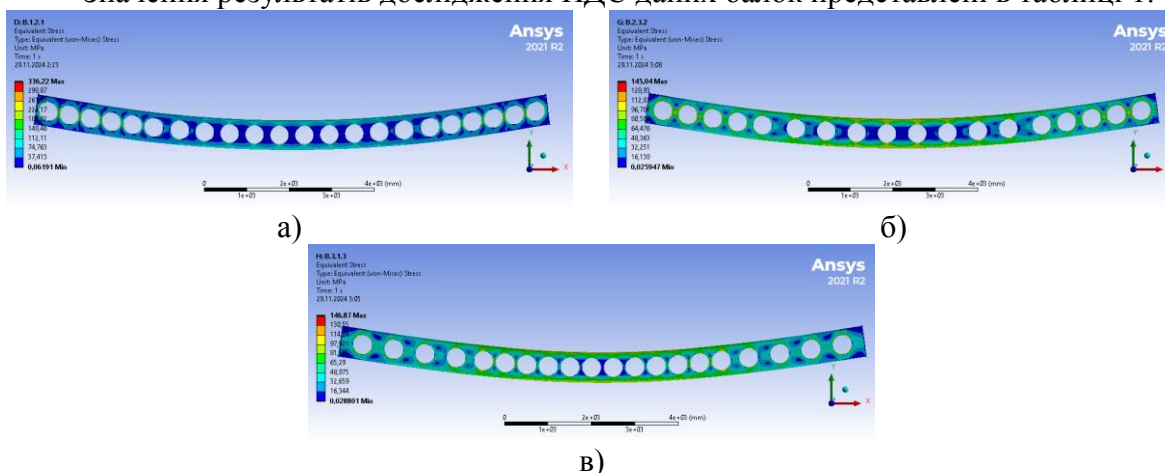
Вважаємо, що зварні шви в стик виконані заводськими методами з відповідною підготовкою поверхні, що забезпечують їх максимальну міцність. У роботі не враховані залишкові напруження та деформації від зварювання частин перфорованих балок.

Моделювання та аналіз НДС перфорованих сталевих балок виконується методом скінченних елементів в програмному комплексі ANSYS. Довжина балки – 12 м, висота – 700 мм, діаметр перфорації – 430 мм, навантаження – рівномірно розподілене 15 кН/м, закріплення балки – шарнірне обпирання двох країв. Для зменшення впливу поперечного зусилля на кінцях балки – виконане опорне ребро товщиною 20 мм. Важливо зазначити, що при дослідженні не враховувалась власна вага балок.

Для змодельованих перфорованих сталевих двотаврових балок було досліджено значення їх прогину, максимальні еквівалентні (von Mises) напруження (для балок В.1.2.1,

В.2.3.2 та В.3.1.3 рис. 1 (а, б, в) відповідно) в нижній полиці, навколо крайніх та центральних отворів, та середні еквівалентні напруження у перетині всієї балки.

Значення результатів дослідження НДС даних балок представлені в таблиці 1.



а) – в балці В.1.2.1; б) – в балці В.2.3.2; в) – в балці В.3.1.3

Рисунок 1. Еквівалентні напруження ($\sigma_{\text{von Mises}}$) в комбінованих перфорованих балках

Таблиця 1. Результати дослідження НДС комбінованих перфорованих балок

Поз. балки	Прогин, мм	Еквівалентні напруження, МПа				Вага, кг
		Макс. в полиці	Макс. в крайн. отв.	Макс. в центр. отв.	Середні	
В.1	26,154	100,26	337,32	94,33	62,40	1 015,5
В.2	23,005	99,26	144,02	109,64	54,75	1 063,9
В.3	22,059	98,59	112,27	116,11	51,50	1 112,2
В.1.2.1	25,091	100,43	336,22	106,34	59,67	1 039,7
В.1.3.1	24,784	98,17	337,86	114,16	58,53	1 063,9
В.2.1.2	23,706	100,26	144,21	92,61	56,59	1 039,7
В.2.3.2	22,653	98,31	143,49	114,65	53,50	1 088,0
В.3.1.3	23,035	100,14	112,26	93,03	54,22	1 063,9
В.3.2.3	22,303	100,36	111,81	106,99	52,36	1 088,0

Аналіз показує, що у перфорованій балці В.3 спостерігаються найменші значення прогину (на 4,1% у порівнянні з В.2 та 15,7% з В.1) і найменші значення середніх напружень (на 5,9% з В.2 та 17,5% з В.1) з поміж балок з однорідною перфорацією. Комбінована балка В.3.1.3 поєднала найменші максимальні напруження навколо центрального отвору від балки В.1 та навколо крайніх отворів від балки В.3, тому середні значення максимальних напружень навколо її отворів на 6,2-53,6% менші. У подальшому важливо дослідити більше видів комбінацій перфорованих балок.

Література

- Нілов О.О., Пермяков В.О., Шимановський О.В., Білик С.І., Лавриненко Л.І., Белов І.Д., Володимирський В.О. Металеві конструкції: Загальний курс. К.: Видавництво «Сталь», 2010. 869 с.
- Pidgurskyi M., Pidgurskyi I., Stashkiv M., Ihnatieva V., Danylchynko S., Bykiv D., Pidluzhnyi O. (2023) Osoblyvosti doslidzhennia napruzhenno-deformivnoho stanu budivelnnykh stalevykh perforovanykh balok metodom skinchennykh elementiv [Peculiarities of studying the stress-strain state of structural steel perforated beams using the finite element method]. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol. 111, no 3, pp. 126-138.
- Біків Д., Кос А., Підлужний О., Підгурський І., Підгурський М. Методи виготовлення сталевих перфорованих двотаврових балок з регулярною та нерегулярною структурою отворів // Матеріали I Міжнародної науково-технічної конференції „Прикладна механіка“, 6-7 червня 2024 р. — Т. : ТНТУ, 2024. — С. 76–79.