

## ВНУТРІШНІ КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Якість конструктивних рішень при проектуванні сталевих будівельних конструкцій може оцінюватись величиною коефіцієнта зміни вартості будівництва, пов'язаного із впровадженням у проєкті заходів щодо внутрішніх критеріїв оцінки та забезпечення економії металевих прокату та затрат праці на виготовлення та монтаж металевих конструкцій (далі – будівництво) в порівнянні з базовими (загальноприйнятими) рішеннями [1]:

- $K_{зв} = C/C_{пр}$ , де  $K_{зв}$  – коефіцієнт зміни вартості будівництва;
- $C$  – зміна вартості у зв'язку із застосуванням економічних або технологічних конструктивних рішень;
- $C_{пр}$  – вартість проєкту із застосуванням базових (традиційних) рішень.
- $K_{зт} = B/B_{пр}$ , де  $K_{зт}$  – коефіцієнт зміни термінів будівництва;
- $B$  – зміна термінів у зв'язку із застосуванням економічних або технологічних конструктивних рішень;
- $B_{пр}$  – термін виконання проєкту із застосуванням базових (традиційних) рішень.

Внутрішніми критеріями оцінки ми будемо називати відношення узагальнених витрат, що досягаються застосуванням конструктивних рішень, які зменшують вартість як окремих елементів споруд, так і споруд в цілому, до обсягів вартості при застосуванні традиційних технічних рішень.

Оптимальна конструктивна форма має відповідати трьом постулатам проф. М.С. Стрілецького, першим з яких є проєктувальний (економія сталі), другим – виробничий (економія затрат праці), третім – організаційний (мінімальні терміни виконання робіт) [2].

Досягнення вимог першого постулату – економії сталі – можливо за рахунок застосування високоміцних мікролегованих сталей класу С440 (ТМСП-прокат), які мають високу міцність, ударну в'язкість та якісну зварюваність.

Використання ТМСП-прокату має такі переваги:



**Ю.І. Гезенцев**

експерт з будівельного проектування  
ТОВ «Метінвест Інжиніринг»,  
м. Дніпро

- для проєктантів – вільний вибір проєктних рішень, підвищення надійності конструкцій, покращення експлуатаційних показників конструкцій в екстремальних ситуаціях (нагрівання, низькі температури);
- для виробників металоконструкцій – спрощення зварювальних робіт, покращення якості зварювальних з'єднань;
- для замовників – мінімізація ваги конструкцій у несних елементах будинків та споруд, скорочення термінів будівництва.

ТМСП-прокат сертифікований та стандартизований в Україні (ДСТУ EN 10025-4:2007), виготовляється згідно з ТУ У 14-16-150-99, ТУ 14-3-1573-96.

Застосування дрібнозернистих термозміцнених сталей підвищує живучість сталевих промислових споруд [7].

Урахування внутрішніх критеріїв при цьому залежить від призначення споруди та конкретних умов, в яких перебувають її конструкції.

Одним із показників внутрішніх критеріїв може бути порівняння ваги основних несних конструкцій каркаса будівлі РУ-3 Єнакієвського металургійного заводу, виготовлених зі зварних складених двутаврів із застосуванням сталей С245 та С440М. Результат розрахунку, виконаного за просторовою схемою, показав ефективність застосування сталі класу С440, яка складає 33,52 % [3].

Для конструкцій, що піддаються стаціонарному чи імпульсному нагріванню, таких як кожухи доменних печей та подібних до них, важливо враховувати зміну межі міцності матеріалу на граничну кількість циклів навантаження до руйнування. Шляхом розрахунків та порівняння результатів щодо сталі марки 09Г2С та 10Г2ФБ

встановлено, що співвідношення граничної кількості циклів до руйнування є таким, що дорівнює 1,545 на користь сталі 10Г2ФБ та підвищується зі зростанням температури [4].

У конструкціях, на які діє нагрівання та абразивний технологічний пил, особливо у розтягнутих елементах при концентрації вологи виникає кипіння (як у порах матеріалу, так і в місцях кріплень), що викликає небезпеку кавітаційного руйнування матеріалу конструкцій. При цьому матеріал підлягає значним механічним ударним навантаженням, що призводить до кавітаційної ерозії. Підвищення несної здатності конструкцій може бути досягнуте шляхом застосування високоміцних сталей класу С440.

Використання високоміцних сталей класу С440 в конструкціях сталевих бункерів для металургійної промисловості за умов дії високих технологічних навантажень та низьких температур засвідчило, що економія у вазі матеріалу [5] при порівнянні варіанта бункера зі сталі класу С255 та сталі класу С440 становить:

- по обшивці – 38,9 % ;
- по ребрах жорсткості – 36 % ;
- по бункерних балках – 37,8 % .

Слід зазначити також, що підвищення міцності сталі для конструкції ємності знижує значення власних частот у середньому на 15 % для кожних 100 МПа збільшення міцності [6].

Важливою умовою, що забезпечує живучість споруди, є підвищення вогнестійкості сталей класу С440. В таблиці приведені значення межі плинності найбільш використовуваних марок сталей при нагріванні зразків до температур +600 °С і +800 °С (згідно з даними випробувань, проведених ТОВ «Метінвест Інжиніринг»).

Марка сталі	Температура, °С	Межа плинності, Н/мм <sup>2</sup>
Ст3сп	+600	100
	+800	36
09Г2С	+600	161
	+800	60
10Г2ФБЮ	+600	246
	+800	70

З даних таблиці очевидні значення внутрішніх критеріїв при врахуванні підвищеної вогнестійкості високоміцних сталей.

Загальне значення внутрішнього критерію може визначатися як алгебраїчна сума частинних критеріїв, які залежать від особливостей та при-



**Застосування стінової огорожі промислової будівлі з використанням самонесних стінових касет**

значення конструктивних елементів конкретної споруди.

Другий постулат – промисловий, що характеризується оптимізованою конструктивною формою споруди (чи її елементів). Прикладом може слугувати стінова огорожа, яка виконується без несних конструкцій фахверка із застосуванням самонесних стінових касет завдовжки до 900 мм із наступним улаштуванням утеплювача і зовнішнього металевого профільованого листа (див. рисунок).

Конструкції касет виготовляються компанією «Прушинський». Їх застосування не потребує несних конструкцій фахверка, виключаючи весь комплекс пов'язаних із ними робіт – зведення фундаментів, виготовлення ригелів та стійок, а також їх монтаж. Крім того, монтаж касет і окремих листів стінового профнастилу не потребує застосування вантажопідійомних механізмів і дає змогу вільного кольорового вирішення фасаду будівлі, особливо при проектуванні таких громадських будівель, як торгово-виставкові, спортивні, видовищні тощо.

Застосування стінової огорожі промислової будівлі з використанням самонесних стінових касет показано на рисунку.

Вага елементів фахверка при традиційній конструкції стін із застосуванням сендвіч-панелей (стійок фахверка і ригеля) складає від 2 до 8 % від загальної ваги металевого каркаса, через що внутрішній критерій при використанні самонесних касет може складати 1,05 (середнє значення).

Одним із прикладів оптимальної конструктивної форми, яка застосовується для досягнення мінімізації як обсягу металоконструкцій, так і трудовитрат при їх монтажі, може слугувати система в'язей, яка передбачає використання зсувної жорсткості покрівлі з профільованого настилу в діафрагмах жорсткості, розміщених як поперек, так і вздовж прогону будівлі замість стрижневих в'язевих ферм [8].

Поперечні та поздовжні діафрагми повністю замінюють поперечні в'язі по верхніх поясах кроквяних ферм і обидва типи в'язей по нижніх поясах, особливо при шарнірному спиранні кроквяних ферм на колони, коли опорний вузол розташований на рівні верхнього поясу, а також в суцільностінчастих рамах (типу «Канск») [9].

Визначаючи конструкцію каркаса з урахуванням застосування даних рішень, можливо довести внутрішній частинний критерій до значення 1,12–1,2.

Реалізувати третій постулат – організаційний (мінімальні терміни виробництва робіт) – можливо шляхом регулювання напружень у конструкціях металевих каркасів будівель і споруд (10).

Технологічні способи регулювання напружень відносяться до проблеми підвищення фі-

зичної і моральної довговічності будівельних металоконструкцій.

При реконструкції систем аспірації ливарного двору ДПЗ ММКІ за допомогою штучного регулювання зусиль в елементах існуючого каркаса будівлі забезпечено їх пристосування до додаткових навантажень. При цьому збережена можливість виробництва БМР без зупинки діючого виробництва і без демонтажу конструкцій. Тобто створені умови для безпечного виробництва робіт з підсилення в мінімальні терміни.

За допомогою аналізу розподілення зусиль було встановлено, що найбільш напруженим є ригель поперечної рами в місці жорсткого вузла і його з'єднання зі стійкою. Зменшення прогону ригеля забезпечило перерозподіл зусиль і, як наслідок, зменшення рівня відповідних напружень.

Перераховані методи визначення внутрішніх критеріїв оцінки технологічності та ефективності застосування металоконструкцій є поодинокими випадками дотримання принципів трьох засад у проектуванні, застосування яких (як окремо, так і в комплексі) істотно визначає переваги металу в конструкціях.

- 
- [1] *Голубова О.С.* Показатели оценки качества проектно-сметной документации в строительстве // Белорусский национальный технический университет.
  - [2] *Сахновский М.М.* Технологичность строительных сварных стальных конструкций – К.: Будивельник, 1970.
  - [3] *Гезенцевей Е.И.* Повышение технологичности строительных металлоконструкций // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2015. – № 1. С. 32–38.
  - [4] *Гезенцевей Е.И., Олевский В.И., Олевский А.В.* Сравнительный анализ прочности кожуха доменной печи модернизированной конструкции из стали 10Г2ФБ и традиционной из стали 09Г2С//Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2020. – № 2. С. 36–41.
  - [5] *Y. Hezentsvej, D. Bannikov* Effectiveness evaluation of steel strength improvement for pyramidal-prismatic bunkers// EUREKA: Physics and engineering. – Number 2. – 2020.
  - [6] *Банников Д.О., Гезенцевей Е.И., Мунтян А.О.* Динамически свойства малоразмерных бункерных емкостей из мелкозернистых термоупрочненных сталей: Тезисы доклада. VII Международная конференция «Актуальные проблемы инженерной механики», Одесса, – 2020 г.
  - [7] *Гезенцевей Е.И., Банников Д.О.* Повышение живучести стальных промышленных сооружений за счет применения мелкозернистых термоупрочненных сталей//Промислове будівництво та інженерні споруди, – 2020. – № 2. С. 42–45.
  - [8] Рекомендации по учету жесткости диафрагм из стального профилированного листа в покрытиях одноэтажных производственных зданий при горизонтальных нагрузках. – ЦНИИПроектстальконструкция, – М.: – 1980.
  - [9] *Сахновский М.М.* Легкие конструкции стальных каркасов зданий и сооружений. – К.: Будивельник, 1984.
  - [10] *Лашенко М.Н.* Регулирование напряжений в металлических конструкциях. Издательство литературы по строительству, – Л., М., 1966.

Надійшла 18.08.2020 р.