

**УДК 624.014**

**ШТУЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ЗУСИЛЬ В РАМАХ ЗМІННОЇ ЖОРСТКОСТІ З СУЦЬЛЮЮ ГНУЧКОЮ СТІНКОЮ**

**ИСКУССТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ УСИЛИЙ В РАМАХ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ СО СПЛОШНОЙ ГИБКОЙ СТЕНКОЙ**

**ARTIFICIAL REGULATION OF EFFORTS IN FRAMES OF VARYING STIFFNESS WITH A SOLID FLEXIBLE WALL**

**Склярів І.О., к.т.н., доц.** (Київський національний університет будівництва і архітектури)

**Склярів И.А., к.т.н., доц.** (Киевский национальный университет строительства и архитектуры)

**Sklyarov I.O. Ph.D., docent** (Kyiv National University of Construction and Architecture)

**В статті наведено аналіз ефективності застосування попередньо напружених сталевих затяжок у конструкціях рам двотаврового перерізу змінної жорсткості з гнучкою стінкою для зменшення розрахункових зусиль та зниження металоємності за умови застосування їх у якості несучих каркасів будівель.**

**В статье приведен анализ эффективности применения предварительно напряженных стальных затяжек в конструкциях рам двутаврового сечения переменной жесткости с гибкой стенкой для уменьшения расчетных усилий и снижения металлоемкости при условии применения их в качестве несущих каркасов зданий.**

**This article analyzes the effectiveness of pre-stressed steel inhalings in the construction of I-section frames of variable stiffness with flexible wall to reduce the calculation effort and reduce the metal consumption while using of them as bearing skeleton of buildings.**

***Ключові слова:***

рами змінної жорсткості, попередньо напружені конструкції, двотаври з гнучкою стінкою, легкі сталеві конструкції, рамні каркаси.

рамы переменной жесткости, предварительно напряженные конструкции, двутавры с гибкой стенкой, легкие стальные конструкции, рамные каркасы.

frames of variable stiffness, prestressed structures, beams with flexible wall, light steel structure, frame structure.

**Вступ.** Зважаючи на глобальні проблеми підвищення вартості енергетичних ресурсів, основними завданнями в сучасній галузі будівельних металевих конструкцій є зниження їх металоємності, трудомісткості виготовлення та монтажу. У цьому аспекті одними з найбільш привабливих є сталеві рамні каркаси зі зварних двотаврів змінної жорсткості, зокрема і рами зі зварних двотаврів з гнучкою стінкою. Використання резерву несучої здатності, яке полягає в урахуванні закритичної стадії роботи тонкої пластинки, дозволяє значно знизити вагу та вартість конструкцій. Застосування гнучкої стінки в двотаврових рамних конструкціях є еволюційним методом вдосконалення цієї технічної системи, адже дозволяє отримати економічний ефект за рахунок використання внутрішнього ресурсу конструкції та принципу підвищення тонкостінності двотаврів на базі існуючих технологій заводів металевих конструкцій. На даний момент на кафедрі МДК КНУБіА проведено ряд досліджень щодо питання розрахунку даного класу конструкцій [1, 2, 3]. Подальше вдосконалення рамних конструкцій з гнучкою стінкою, яке полягає у зниженні їх металоємності, вбачається у штучному регулюванні внутрішніх зусиль.

**Аналіз досліджень.** Штучне регулювання внутрішніх зусиль, яке зазвичай полягає у створенні в конструкції зусиль, протилежних розрахунковим, вже досить давно використовується у практиці будівельних металевих конструкцій як метод зниження маси конструкції. Попереднім напруженням можливо знизити витрати металу на 10-20%, знизити вартість, досягти більш раціонального розподілу матеріалу. Існує два основні методи штучного регулювання внутрішніх зусиль – попереднє напруження окремих елементів конструкції (наприклад витягування полиці двотавра, що у конструкції буде стиснутою, перед зварюванням зі стінкою, чи попередній вигин елемента); зміна статичної роботи конструкції (введення затяжок, шпренгелів та ін.). Обидва методи мають певні недоліки у контексті застосування їх при проектуванні порталних легких рамних каркасів зі зварних двотаврів з гнучкою стінкою. Витягування чи вигин елементів конструкції вимагає розташування на технологічній лінії по зварюванню конструкції громіздких домкратів, опорних конструкцій, які значно ускладнюють технологічний процес автоматизованого чи напівавтоматизованого зварювання. Щодо розміщення затяжок, то у порталних рамах, як і у аркових конструкціях, затяжку в переважній більшості випадків розміщують у опорних вузлах, а тіло затяжки проходить під підлогою. Це ускладнює як улаштування затяжок через необхідність розміщення їх у захисних лотках, так і моніторинг зусилля натягу та технічного стану. Для усунення цих проблем пропонуються нові варіанти розміщення затяжок у конструкціях ефективних легких порталних рам.

Майже для будь-якої конструктивної форми можливо застосувати методи штучного регулювання зусиль для підвищення її ефективності. У кожному випадку метод створення напружень обмежується лише інженерною уявою та здоровим глуздом дослідника.

Найбільш широко задача створення зустрічних зусиль зустрічається при проектуванні звичайних сталевих балок. Досить докладно задача попереднього напруження балки введенням сталевий затяжки з високоміцної сталі описана у роботах [4, 5]. У такій конструкції розрахунок балки виконується у два етапи – спочатку перевіряють її міцність та стійкість на дію зусиль попереднього напруження, а вже після цього виконують остаточний розрахунок балки під дією розрахункових навантажень. Враховуючи той факт, що розтягнутий пояс в цьому випадку буде умовно складатись із розтягнутого стержня та полиці перерізу, переріз проектується несиметричним – стиснуту полицю приймають більшого перерізу для забезпечення стійкості балки.

Найбільш ефективними способами попереднього натягу круглих затяжок вважаються електротермічний і електротермомеханічний. Останній відрізняється від електротермічного тільки тим, що під час нагрівання затяжка, подовжуючись, одночасно підтягується допомогою загвинчування гайок. Зусилля натягу в цьому випадку контролюється по відтиснуваним значенням подовжень затяжок.

Різні варіанти проектування попередньо напружених сталевих конструкцій (зокрема сталевих арок, ферм покриття, рамних мостових прольотів) також розглянуто у роботі [5].

У роботі [6] автором запропоновано варіанти встановлення затяжок у ригелях рам, але використання їх обмежено невеликими прольотами, без напруження елементів.

В рекомендаціях [7] встановлено можливість застосування конструкцій сталевих затяжок при реконструкції та підсиленні існуючих будівель. Це дає можливість продовжити ресурс конструкцій або підвищити їх несучу здатність.

В вищезазначених роботах залишаються поза увагою дослідників варіанти попереднього напруження рамних каркасів двотаврового перерізу змінної жорсткості з гнучкою стінкою. Зважаючи на підвищений попит на малоенергоємні сталеві рамні каркаси зі зварних двотаврів на сучасному ринку будівельних конструкцій, а також велику кількість відповідних імпортованих будівель комплексного постачання, актуальність та своєчасність дослідження роботи попередньо напружених рамних конструкцій зі зварних двотаврів з гнучкою стінкою не викликає сумнівів.

**Викладення основних матеріалів.** Метою розробки попередньо напруженої металевий рами із елементів змінного двотаврового перерізу є зниження витрат металу, а також підвищення несучої здатності рамних

конструкцій. Введенням затяжок у рами можна також підвищити ресурс вже збудованих рам при реконструкції або під час капітального ремонту.

Мета досягається тим, що у двохсхилому ригелі рами 1 (рис. 1) улаштовується затяжка із круглої сталі або сталевому тросу 2 (рис. 1).

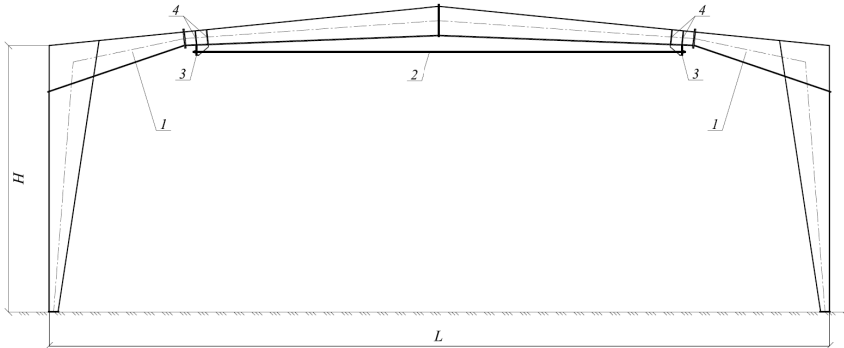


Рис. 1. Сталева портална рама змінної жорсткості з жорстким карнизним вузлом, попередньо напружена затяжкою у ригелі

Зусилля натягу затяжки забезпечує виникнення згинального моменту, протилежного тому, що виникає від дії розрахункових навантажень на раму. Сумарний згинальний момент зменшується, що зменшує необхідні розміри поперечного перерізу, і, як наслідок, приводить до зменшення витрат металу до 25% на кожну поперечну раму каркаса.

Затяжка кріпиться до рами шляхом приварювання упорів та ребер 3 (рис. 1). Натяг затяжки забезпечується закручуванням гайок в упорі. Натяг виконується після монтажу рам та системи в'язей каркаса будівлі. В місцях приєднання упорів та ребер для зменшення концентрації напружень встановлюються поперечні ребра жорсткості 4 (рис. 1). Монтажні стики в рамі – жорсткі фланцеві на високоміцних болтах чи на болтах звичайної міцності.

На рис. 2 наведено значення згинальних моментів у рамі легкого каркаса прольотом 36 м. для типових умов центральної України. Зусилля за умови проектування рами без попереднього напруження складає 639 кНм. За умови введення в конструкцію рами сталеві затяжки з зусиллям натягу 500 кН значення згинального моменту змінюється до 434 кНм, що складає 67% від випадку без регулювання зусиль. За умови застосування відносно дешевої круглої сталі 40Х, 30ХГСА такого зусилля натягу можна досягти застосуванням перерізу діаметром 30-32 мм.

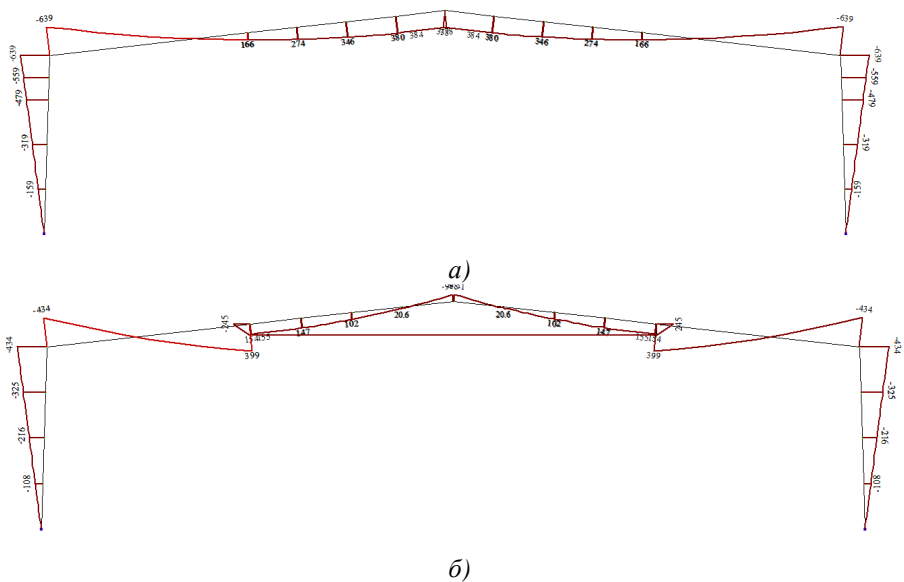


Рис. 2. Згинальні моменти у порталній рамі з жорстким карнизним вузлом без попереднього напруження (а) та при введенні затяжки (б)

У випадку застосування затяжок у тришарнірній рамі (рис. 3) ефективність застосування наведеного методу регулювання зусиль досягає ще більших масштабів – у аналогічній рамі з такими ж прольотом та навантаженням максимальне значення згинального моменту без попереднього напруження складає 944 кНм. При введенні затяжки з зусиллям натягу 500 кН згинальний момент зменшується до 358 кНм, що майже втричі менше (рис. 4).

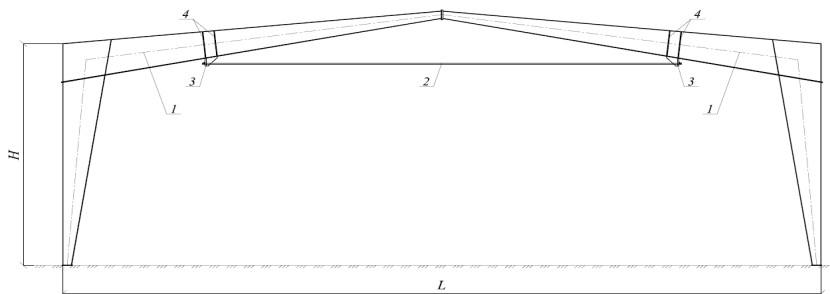


Рис. 3. Сталева портална рама змінної жорсткості з шарнірним карнизним вузлом, попередньо напружена затяжкою у ригелі

Зрозуміло, що для забезпечення умов згинально-крутильної стійкості до конструкцій в'язей жорсткості таких рам слід висувати більш жорсткі вимоги, але можливий економічний ефект безумовно вартий цих витрат.

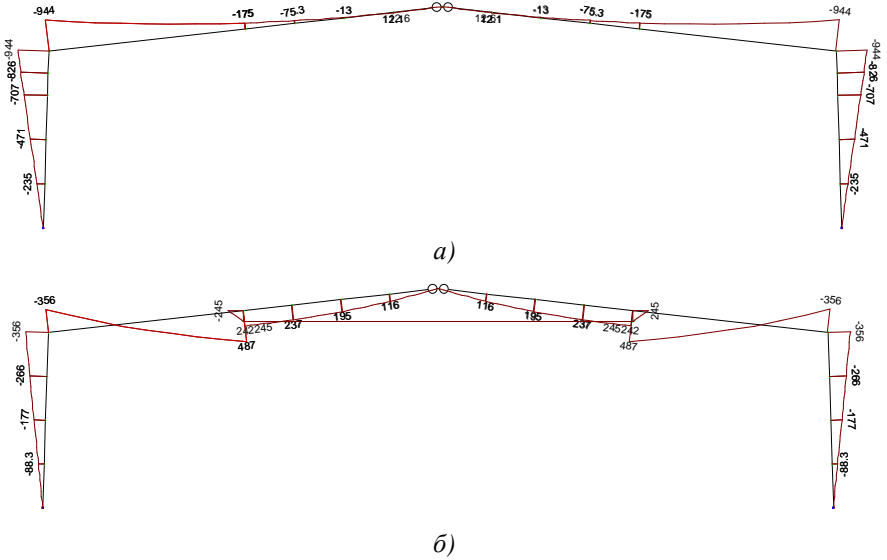


Рис. 4. Згинальні моменти у порталній рамі з шарнірним карнизним вузлом без попереднього напруження (а) та при введенні затяжки (б)

Ще один із можливих варіантів розміщення затяжки – по колоні рами (рис. 5, 6). У такому варіанті зусилля зменшується лише у колоні (у нашому випадку з 639 кНм до 404 кНм), тож сумарний ефект дещо менший. Та все ж за певних умов – наприклад за великих прольотів та незначної висоти колон можна на 15-20% знизити вагу колони рами.

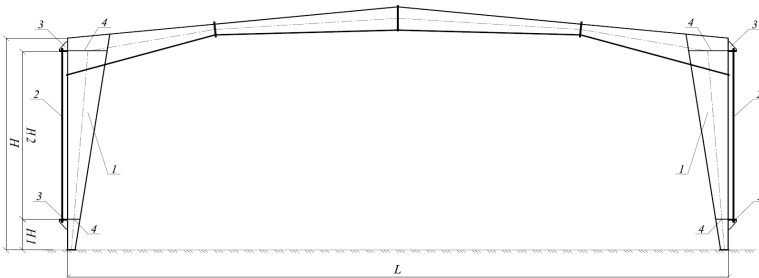
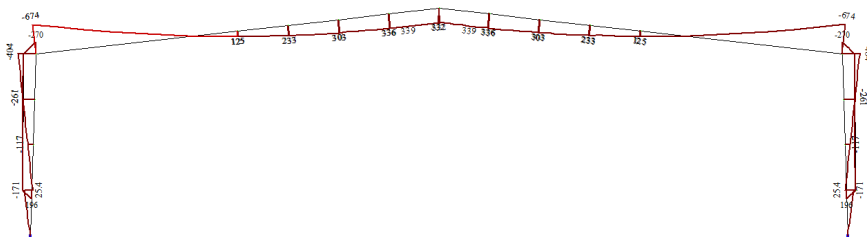


Рис. 5. Загальний вигляд рами за умови розміщення попередньо напруженої затяжки по колоні



б)

Рис. 6. Епюра згинальних моментів у рамі за умови розміщення поперечно напруженої затяжки по колоні

**Висновок.** Проведені дослідження рамних конструкцій змінної жорсткості з гнучкою стінкою з використанням штучного регулювання внутрішніх зусиль шляхом введення в конструкцію сталевих затяжок показало їх високу ефективність та значний потенційний економічний ефект.

[1]. Склярів І. О. Деякі аспекти проектування легких сталевих каркасів зі зварних двотаврів з гнучкою стінкою / І. О. Склярів // Збірник наукових праць «Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – Випуск 23. – Рівне, 2012. – С. 745-750.

[2]. Склярів І. О., Білик С. І. Експериментальні дослідження тонкостінних рамних двотаврів / І. О. Склярів, С. І. Білик // Збірник наукових праць «Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – Випуск 24. – Рівне, 2012. – С. 248-254.

[3]. Склярів І. О. Перспективи розвитку рамних каркасів зі зварних двотаврів з гнучкою стінкою / І. О. Склярів // Чернігівський науковий часопис. Серія 2, Техніка і природа. – 2011. – №2 (2). – С. 128-133.

[4]. Металлические конструкции: Общий курс: Учеб. для вузов / Г. С. Ведеников, Е. И. Беленя, В. С. Игнатьева и др.; Под ред. Г. С. Веденикова. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1998. — 760 с., с. 244-246.

[5]. Металлические конструкции: Специальные конструкции и сооружения: Учеб. для строит. вузов.; под ред. В. В. Горева – 2-е изд., справ. – М.: Высш. школа, 2002 – т.3 – 544с.

[6]. Легкие конструкции сельскохозяйственных зданий / Л. Е. Дробязко. – К.: Будельник, 1985. — 136 с.

[7]. СО 34.21.673 Рекомендации по усилению стальных конструкций производственных зданий и сооружений энергопредприятий М: Минэнерго СССР Действует с: 15.08.1983 – 143с.