

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ РАМ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ С
ПОВЫШЕННОЙ ГИБКОСТЬЮ СТЕНКИ**

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
Кафедра металлических и деревянных конструкций, г. Киев, Украина*

Современные рыночные экономические условия в области производства металлоконструкций в Украине, да и во всем мире, приводят к обострению конкурентной борьбы между производителями. Сложилась такая ситуация, что выиграть тендер и при этом хорошо заработать можно только с новыми легкими металлическими конструкциями. Замкнутый круг заинтересованности участников цепи «проектировщик – производитель – монтажник» в искусственном росте объемов играет с ними дурную шутку. В этом порочном круге все заинтересованы строить из слябов, вес здания получается неконкурентоспособный, и заказчик в итоге уходит «в бетон» [1]. В результате проигрывает целая отрасль, непосредственной составляющей которой являются все вышеперечисленные участники. Единственным выходом в сложившейся ситуации является изготовление эффективных легких металлоконструкций с использованием максимальной автоматизации и, как результат – скорости и качества изготовления конечного продукта. Наибольшую степень автоматизации среди разнообразия выбора сечений обеспечивают сварные двутавры. При использовании передовых технологий производства и научных разработок конструкции данного типа вполне способны конкурировать по стоимости (особенно при учете стоимости конструкций «в деле») с решетчатыми конструкциями. Использование двутавров переменного сечения с изменением высоты элементов по длине пропорционально действующим усилиям позволяет еще более полно реализовать преимущества сварных металлоконструкций.

На современном этапе наиболее передовыми среди сварных двутавров являются двутавры с гофрированной и гибкой стенкой. Использование двутавров с традиционной гибкостью стенки при преимущественном влиянии изгибающих моментов в сечении значительно повышает металлоемкость и приводит к снижению конкурентных возможностей сварного сечения.

Работе этих двух передовых типов конструкций сварного сечения посвящено достаточно большое количество исследований [2-6], что позволяет практически каждому проектировщику внедрять их в своих проектных решениях.

Дальнейшим путём совершенствования конструкций из сварных двутавров является искусственное регулирование усилий в элементах рам путём введения стальных затяжек. Однако это направление пока недостаточно исследовано и требует как глубокого теоретического анализа, так и проведения ряда натурных экспериментов, особенно при использовании преднапряжения к конструкциям с гибкой стенкой.

Рассмотрим формообразование типичных легких рамных каркасов, которые наиболее распространены в современном металлостроительстве (рис. 1).

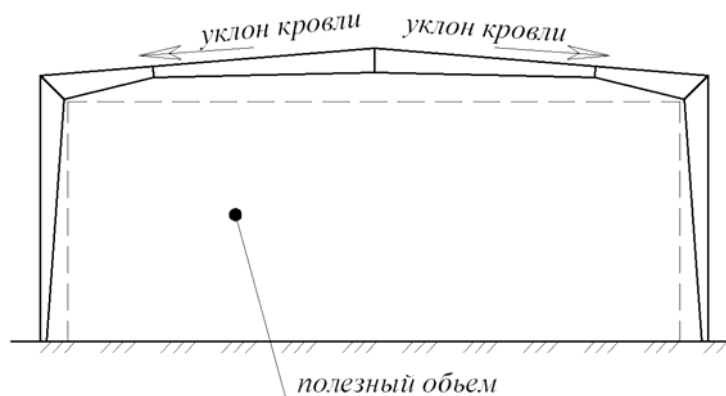


Рис. 1. Конструкция типичной современной легкой рамы

Каркас очерчивает прямоугольный функциональный внутренний объём. Уклон ригелей необходим в основном для организации водоотвода. Таким образом в каркасе под ригелем образуется «мертвая зона», которая не имеет в большинстве случаев функциональной нагрузки и служит в основном для размещения вентиляционного оборудования и элементов освещения. Вполне очевидно, что внутри этого функционального объема допустимо разместить дополнительный конструктивный элемент в виде стального стержня. Натягивая этот стержень в упорах, можно получить усилие растяжения, которое даст нам изгибающий момент в ригеле, противоположный по значению расчетному. Таким образом можно значительно снизить усилия в ригеле и уменьшить его сечение (рис.2).

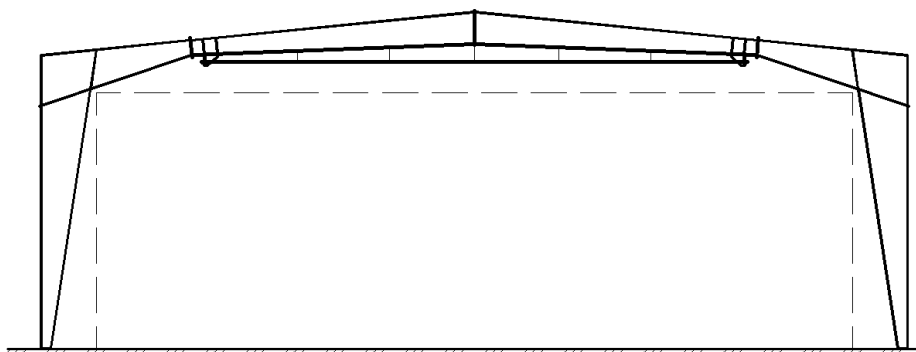


Рис. 2. Размещение в «мертвой зоне» ригеля стальной затяжки

Рассмотрим эффективность данного метода на примере рамы пролетом 60 м для условий строительства в г. Киев.

Ниже (рис. 3) приведены эпюры усилий в элементах рамы без предварительного напряжения и с введением растянутой затяжки в ригель.

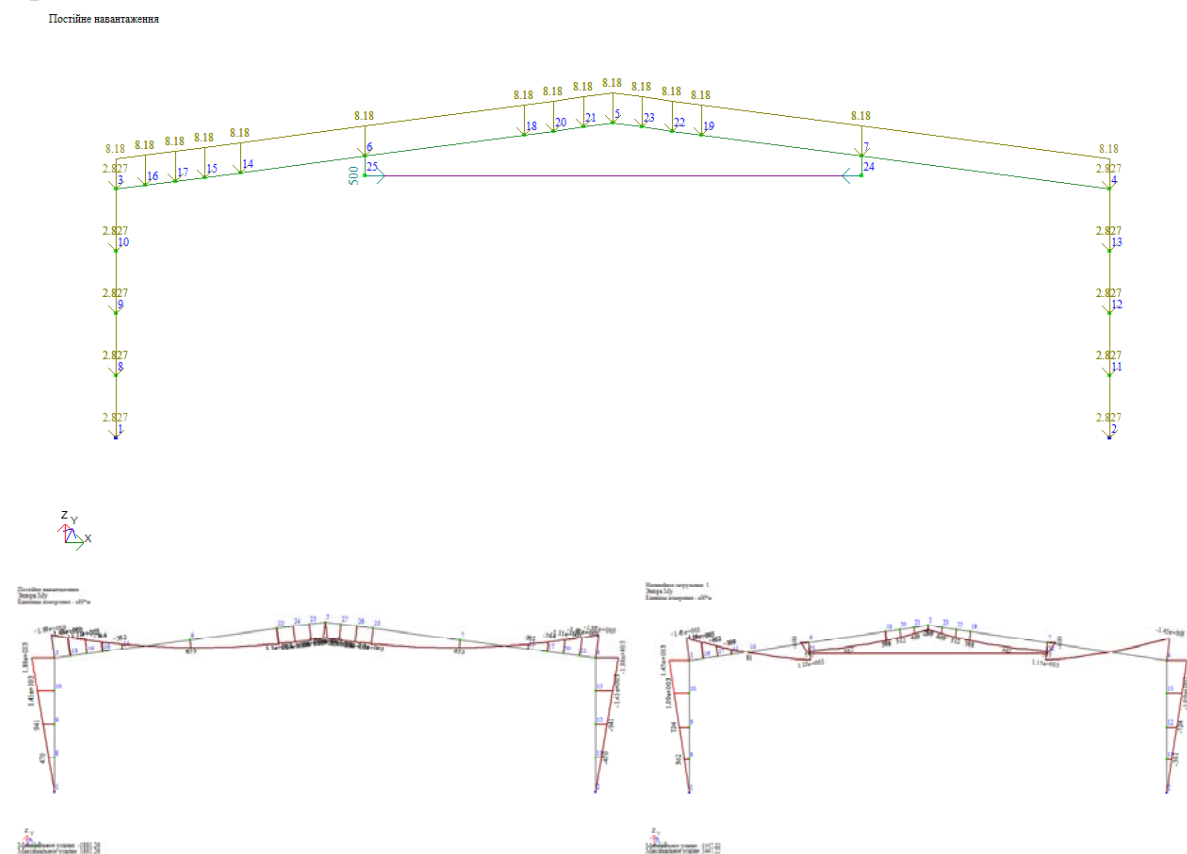


Рис. 3 Расчетная схема рамы пролетом 60м при введении затяжки в ригель и эпюры изгибающих моментов в раме без предварительного напряжения и при введении затяжки

Значение изгибающих моментов в карнизном узле рамы без предварительного напряжения от комбинации предельных расчетных значений нагрузок составляет 3757 кНм. Введение в ригель затяжки с усилием натяжения 500 кН обеспечивает уменьшение расчетного усилия в карнизном узле рамы до 2528 кНм. При условии применения относительно дешевой круглой стали 40Х, 30ХГСА такого усилия натяжения можно достичь применением сечения диаметром 30-32 мм.

Уже из статического расчета видно, что определяющее усилие в сечении уменьшается на 32 %.

Для более детального анализа напряженно-деформированного состояния рамы из двутавров переменного сечения с гибкой стенкой с преднапряженной затяжкой была разработана детальная трехмерная модель рядовой рамы в среде программного комплекса «Ли́ра» (рис. 4). Для моделирования стенки и полок использованы оболочечные конечные элементы, затяжка принята из конечного элемента 308 – геометрически нелинейный специальный двухузловой конечный элемент для моделирования предварительного напряжения.

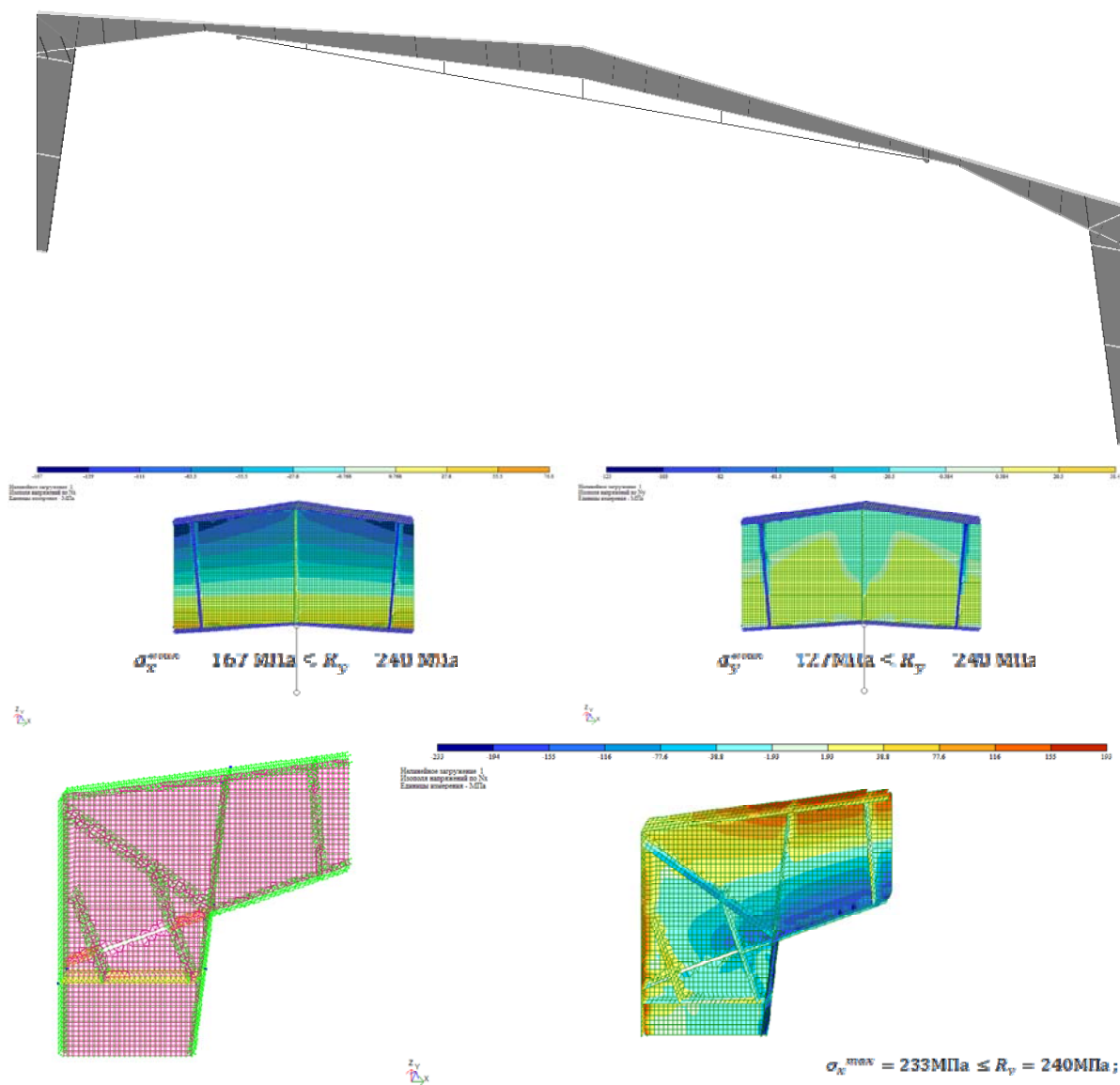


Рис. 4 Конечноэлементная модель рамы с предварительным напряжением в среде программного комплекса «Лира»

Расчет выполнен как в линейной, так и в нелинейной постановке. Выявлена довольно интересная особенность данных рам – при деформировании ригеля (конькового узла) уменьшается расстояние между центром тяжести сечения и затяжкой, поэтому для сохранения плеча усилия натяжения необходимо устанавливать между ригелем и затяжкой жесткие распорки, введение гибких элементов недопустимо.

В целом в результате проведенных расчетов подтверждена работоспособность данных рам и достаточно высокая их эффективность – введением затяжки можно достичь до 20% экономии металла на одну раму.

Выводы. Предварительное напряжение легких рам из сварных двутавров путём введения растянутых затяжек является на данном этапе одним из перспективных методов повышения эффективности и конкурентоспособности наиболее востребованного класса металлических конструкций. Этот простой технологический метод способен обеспечить

до 20% економии металла в сравнении с традиционными решениями. Однако перед внедрением этого метода в производство необходимо провести ряд дополнительных теоретических и, что более важно, экспериментальных исследований для выявления особенностей работы предварительно напряженных рамных двутавров с гибкой стенкой под нагрузкой.

Литература

1. Атавизм "Цена за тонну" - тормоз развития рынка металлоконструкций – <http://www.zeman.kiev.ua/nov.htm>

2. Білик С. І., Склярів І. О. Раціональні рамні каркаси постійного та змінного двотаврового перерізу з підвищеною гнучкістю стінки – К. : Вид-во «Сталь», 2010. – С. 199-209.

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

4. 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.

5. Лазнюк М. В. Балки з тонкою поперечно гофрованою стінкою при дії статичного навантаження. Автореф. дис канд. техн. наук.

6. Нилов А.А., Лазнюк М.В. Уточнение расчета тонких поперечно гофрированных стенок изгибаемых элементов двутаврового сечения с различной формой и параметрами гофров. Научный вестник строительства: Зб. науч. тр. – Харьков: ХДТУБА, 2006. - Вып. 37. – С.91-100.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ РАМ ЗМІННОГО ПЕРЕРІЗУ З ПІДВИЩЕНОЮ ГНУЧКІСТЮ СТІНКИ

І. А. Склярів

Стаття присвячена аналізу особливостей моделювання напружено-деформованого стану конструкцій рам змінного перерізу із двотаврів з підвищеною гнучкістю стінки з урахуванням попереднього напруження, отриманого шляхом введення в ригель високоміцних затяжок, у програмному комплексі «Ліра». Аналіз виконано на прикладі розрахунку і моделювання конструкції рами прольотом 60 м.

**COMPUTER SIMULATION STRESS-STRAIN STATE OF
PRESTRESSED FRAMES VARIABLE SECTION WITH INCREASED
FLEXIBILITY WALL**

I.Sklyarov

Article analyzes the features of modeling in the software package "Lira" of the stress-strain state of the frame structures of variable double-T cross section with increased wall flexibility in view of pre-stresses obtained by the input into the girder of high-strength puffs. The analysis is performed on the example of calculation and simulation of frame structure a span of 60 m.