

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАСТИНЧАТО-СТЕРЖНЕВЫХ
НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СКВОЗНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
КОНСТРУКЦИЙ

Д. О. КУЗМЕНКО

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Основная мировая тенденция развития строительной индустрии – возрастающие требования к уровню заводской готовности строительных конструкций или их элементов [1]. Современные архитектурные формы большепролетных и высотных сооружений на основе металлических конструкций собраны многократно повторяющимися элементами, которые образуют так называемые структуры. Структурные конструкции в большинстве своем состоят из пространственных стержневых конструкций [2].

Металлоконструкции выполняются из стального листового проката, в т. ч. стандартного универсального (ГОСТ 27772-2015, ГОСТ 103-2006, ГОСТ 1577-93, ГОСТ 6713-91, ГОСТ 11269-76, ГОСТ 14637-89, ГОСТ 19903-2015 и др.), т. к., оптимизируя структуру несущих элементов металлических строительных конструкций, получают их наименьший объем. Это позволяет создавать наиболее рациональные конструктивные формы и организовывать эффективный поточный выпуск конструкций. Также одним из факторов индустриализации производства является модульность конструкций и их элементов.

Стальное (металлическое) строительство является отражением современной архитектуры развитых стран. Стержневые несущие элементы из металла играют важную роль в создании облика современных зданий и сооружений, позволяя создавать необычные формы и принимать неординарные решения в проектировании. Например, в Норвегии доля использования стальных конструкций в строительстве зданий и сооружений достигает 45-50 %, в США - 55-60 %, в Швеции - до 70 %. В странах СНГ на долю зданий и сооружений из металла приходится около 15-25 % строительства. В основном это вызвано тем, что главным потребителем металла является производство арматуры (около 25% в странах СНГ, в то время как в США приходится около 11 %). Еще одним показателем высокого потенциала использования металлоконструкций является выпуск фасонного проката и балок: в странах СНГ выпуск фасонного проката составляет около 9 % от всего металлопотребления, тогда как в Японии данный показатель составляет около 22 %.

В Республике Беларусь основными металлическими конструкциями, выпускаемыми для строительства (более 50%), являются сварные элементы, а во всем мире на производство сварных элементов идет до 70 % всего металлопроката.



Основной проблемой широкого использования металлических конструкций в строительстве является использование продольной заводской сварки как элемента создания несущей конструкции. Заводская продольная сварка - один из основных методов создания стержневых элементов конструкции. С ее помощью варятся двутавровые профили, коробчатые балки, трубы и пр. Технологически процесс простой и характеризуется высокой герметичностью стыкуемых объектов, а также обеспечивает высокую прочность элемента при соблюдении технологий. Применяется практически во всех конструктивных несущих элементах пролетных и высотных строений из металла (несущие стержни), реже в фасонных элементах. Современные виды сварок позволяют варить практически все виды сталей. Однако, как и у любого способа создания несущего элемента, данное соединение имеет недостатки [3]:

- большие затраты электроэнергии на создание сварных соединений;
- образование кратеров в сварных швах, что особенно опасно для конструкций северного исполнения в связи с высокой чувствительностью их к концентрации напряжений;
- большие энергозатраты для обработки поверхностей металла в зоне наложения сварных швов (один из методов снижения концентрации напряжений);
- наличие остаточных деформаций от теплового воздействия сварочного процесса;
- сложность в применении для оптимизации конструктивной формы пролетного строения в одном сварном элементе различных классов стали из-за затратных проблем с обеспечением качества сварных соединений.

Применение сварных швов обусловлено тем, что создать конструкцию сборной (на болтах или заклепках), коробчатого и таврового сечения, достаточно проблематично. Решение проблемы возможно с использованием современного высокоточного оборудования и структуры стержневой строительной конструкции, свободной от перечисленных выше недостатков и, в свою очередь, имеет ряд существенных преимуществ [4]:

- простота заводского изготовления стержневого элемента и соединительной фасонки;
- отсутствие закрытых полостей, что предотвращает накопление влаги и образование наледи, особенно для зон с низкими температурами;
- простая и полная доступность всех поверхностей составных металлических стержней к нанесению антикоррозионных покрытий;
- возможность минимизации собственного веса главных ферм за счет комбинации сталей различных классов в стержнях и между ними;
- упрощение технологии монтажа главных ферм сквозных металлических пролетных строений (требуемую геометрию ферм получают за счет точности сверления отверстий в узловых фасонках на современных станках с ЧПУ).



Для оценки преимущества использования нового типа сквозного стержневого элемента были проведены численные исследования на основе МКЭ двух вариантов пролетного строения 2x110 м стального однопутного ж/д моста с ездой понизу по серии 3.501.2-166 (рис. 1):

- с использованием стержней коробчатого сечения для главных ферм;
- с использованием стержней предлагаемой структуры несущего элемента главной фермы.



Рис. 1. Сквозное пролетное строение стального ж/д моста с ездой понизу

Граничные условия включали в себя три опоры: две шарнирно-подвижные опоры с каждого края моста и шарнирно-неподвижная опора в середине. Прикладывались нагрузка от собственного веса элементов моста и равномерно распределенная статическая нагрузка от веса состава на рельсы, равная 80 кН/м. Конечно элементная модель состояла из балок постоянного сечения (рис. 2).

После статического расчета была проведена параметрическая оптимизация с использованием МКЭ. Входные параметры включали в себя:

- высоту пластинчатого элемента;
- толщину пластинчатого элемента;
- радиус трубы (внешний) соединительного элемента.

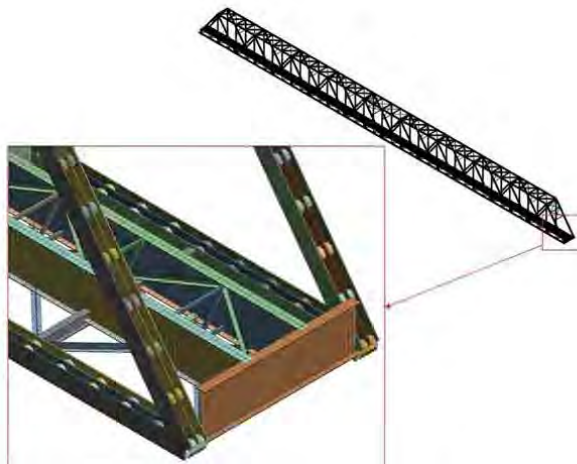


Рис. 2. Конечно элементная модель ж/д моста с ездой понизу

Выходные параметры ограничивали:

- массу конструкции (минимизация массы);
- максимальные и минимальные нормальные напряжения, возникающие в элементах главной фермы и не превышающие значения напряжений в стандартной ферме;
- суммарную деформацию элементов главной фермы, не превышающую деформацию в стандартной ферме.

Результаты, полученные при параметрической оптимизации предлагаемой металлоконструкции, и их сравнение с серийным типом конструкции указаны в табл. 1.

Табл. 1. Результаты исследований

Тип конструкции	Суммарные деформации, мм	σ_{\min} , МПа	σ_{\max} , МПа	Масса, кг	Стоимость, у.е.
По серии 3.501.2-166	127,39	-134,9	188,37	794270	724682,04
Предлагаемый элемент	125,6	-127,81	182,66	879540	532784,71

Применение новой конструктивной формы несущего элемента позволяет исключить недостатки, присущие стандартным элементам, в частности, сварным стержням коробчатого сечения. Было установлено, что использование параметрической оптимизации позволяет создать более совершенную конструкцию по сравнению со стандартным конструктивным решением, при этом экономический эффект от использования новой конструктивной формы позволяет существенно снизить стоимость на изготовление металлоконструкции в заводских условиях (более 20 %), по сравнению со стандартным конструктивным решением, принятым по серии 3.501.2-166.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов, В. В. Пространственные стержневые конструкции покрытий (структуры) : учеб. пособие 1 В. В. Михайлов, М. С. Сергеев. - Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. -56 с.

2. Лоусон, М. Стальные конструкции в архитектуре / М. Лоусон, А. Билык. - Киев : Украинский центр стального строительства, 2015. - 135 с.

3. Фридкин, В. М. Конструктивно-технологические подходы к разработке современных сквозных стальных конструкций большепролетных сооружений / В. М. Фридкин, Д. О. Кузменко, Е. В. Кожемякина // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : междунар. науч.техн. конф.- Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2015.- С. 274.

4. Заявка МПК Е 04В 1/08. Структура несущих элементов стержневой строительной конструкции / В. М. Фридкин, И. М. Кузменко, Д. О. Кузменко, В. Н. Башаримова, Е. В. Кожемякина ; заявитель и патентообладатель Беларус.-Рос. ун-т. - № а 20160063 ; заявл. 26.02.16 ; опублик. 30.10.2017, Бюл. №5 (118).

