

DOI 10.58351/2949-2041.2025.29.12.009

Мареева Ольга Викторовна,
к.техн.н., доцент, РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева
Mareeva Olga Viktorovna, Russian State Agrarian University-
Moscow Timiryazev Agricultural Academy

**АНАЛИЗ ДЕФОРМАТИВНОСТИ СТАЛЬНОГО КАРКАСА ОПЗ
ПРИ ШАРНИРНОМ И ЖЕСТКОМ СОПРЯЖЕНИИ РИГЕЛЯ СО СТОЙКОЙ
ANALYSIS OF THE DEFORMABILITY OF THE OPZ STEEL FRAME WITH VARIOUS
METHODS OF CONNECTING THE CROSSBAR TO THE RACK: HINGED AND RIGID**

Аннотация. В статье представлены результаты проведенного исследования влияния конструктивных решений стальных каркасов одноэтажных производственных зданий на обеспечение их пространственной жесткости.

Abstract. The article presents the findings of a study on the impact of structural solutions for steel frames in single-story industrial buildings on their spatial stability.

Ключевые слова: Стальной каркас, деформативность, перемещения, пространственная жесткость.

Keywords: Steel frames, deformability, movements, spatial stability.

Поиск эффективных конструктивных решений стальных каркасов промышленных зданий является актуальной инженерно-технической и экономической задачей, обусловленной непрерывным ростом цены на металлургическую продукцию.

Здание в целом и отдельные его элементы, подвергающиеся воздействию различных нагрузок, должны обладать прочностью, устойчивостью и пространственной жесткостью. Общая устойчивость и пространственная жесткость здания зависят от взаимного сочетания и расположения конструктивных элементов, прочности узлов соединений и т.д [1].

В качестве объекта исследования пространственной жесткости при различных вариантах схем рассмотрено одноэтажное однопролетное бескрановое производственное здание с металлическим каркасом. Конструктивная схема объекта – рамно-связевая, состоящая из колонн и ригелей в виде стропильных ферм (поперечных рам) и системы горизонтальных и вертикальных связей.

В актуализированной версии СП16.13330.2017 [2] приведены некоторые рекомендации по постановке связей в стальных каркасах для обеспечения пространственной жесткости, однако они не дифференцированы по способу сопряжения ригеля со стойкой. Так же существует большое количество пособий и справочников для проектировщиков, выдвигающих общепринятые требования по компоновке стальных каркасов ОПЗ [3, 4]. Тем не менее, из-за немного различающихся друг от друга рекомендаций разных источников, есть необходимость изучения пространственной жесткости ОПЗ, для поиска возможно более эффективных вариантов обеспечения пространственной работы конструкции.

При выборе пространственной расчетной схемы каркаса варьировались следующие параметры: пролет рамы/фермы (24 и 30 м), шаг рам/ферм (6 и 12 м), тип покрытия (профилированный настил по прогонам, ж/б плиты), высота цеха (от заделки колонны до низа ригеля), и вид сопряжения ригеля с колонной (шарнирные схемы 1-16 и жесткие схемы 17-32), который является основным параметром, влияющим на деформативность каркаса. Стропильная ферма трапецевидного очертания, малоуклонная ($i=1/12$), с треугольной решеткой со стойками, высотой 3,5 м, кровля рулонная по сборным ж/б плитам или по стальному оцинкованному профилированному настилу. Сталь С255, снеговой район III. В итоге для численного анализа сформировано 32 расчетные схемы. Исследования проводилось методом конечных элементов с



использованием учебной версии ПК ЛИРА-САПР. Расчет производился по РСУ (расчетному сочетанию усилий), включающий: собственный вес конструкции и постоянную нагрузку от веса покрытия; снеговую нагрузку; ветровое давление на боковую и торцевую поверхность. Предварительные жесткости элементов схем назначались исходя из опыта проектирования, во второй итерации уточнялись жесткости, при этом обеспечивались требования двух групп предельных состояний, местной устойчивости и унификации.

Для возможности проведения анализа по деформациям требуются данные о величине смещения расчетных точек каркаса под действием нагрузки. Полученные в ходе исследования результаты направлены на получение совокупных данных, анализ которых позволил бы установить перемещения в разных схемах и проанализировать взаимосвязь деформаций от способа сопряжения ригеля с колонной. Анализ проводился по следующим направлениям перемещений: X – линейное по оси X; Y – линейное по оси Y; Z – линейное по оси Z (рисунки 1, 2); UY – угловое вокруг оси Y (рисунки 3, 4).

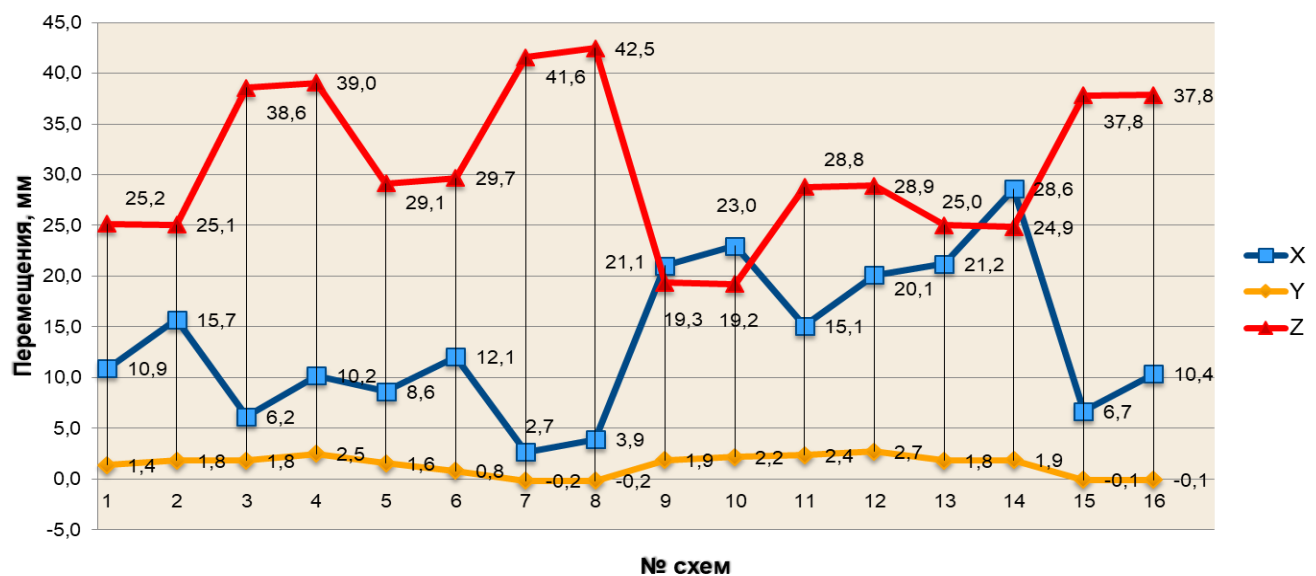


Рисунок 1 – Значения перемещений при шарнирном сопряжении ригеля со стойкой

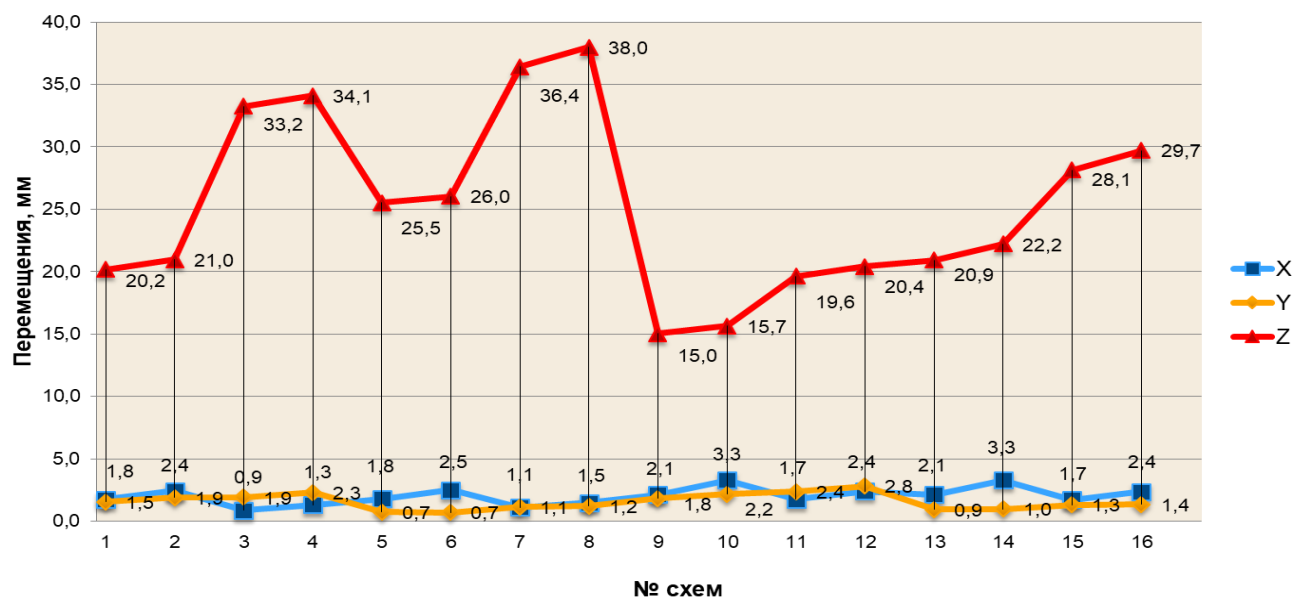


Рисунок 2 – Значения перемещений при жестком сопряжении ригеля со стойкой

По графикам видно, что различие перемещений по оси X при жестком сопряжении значительно меньше, чем при шарнирном сопряжении.

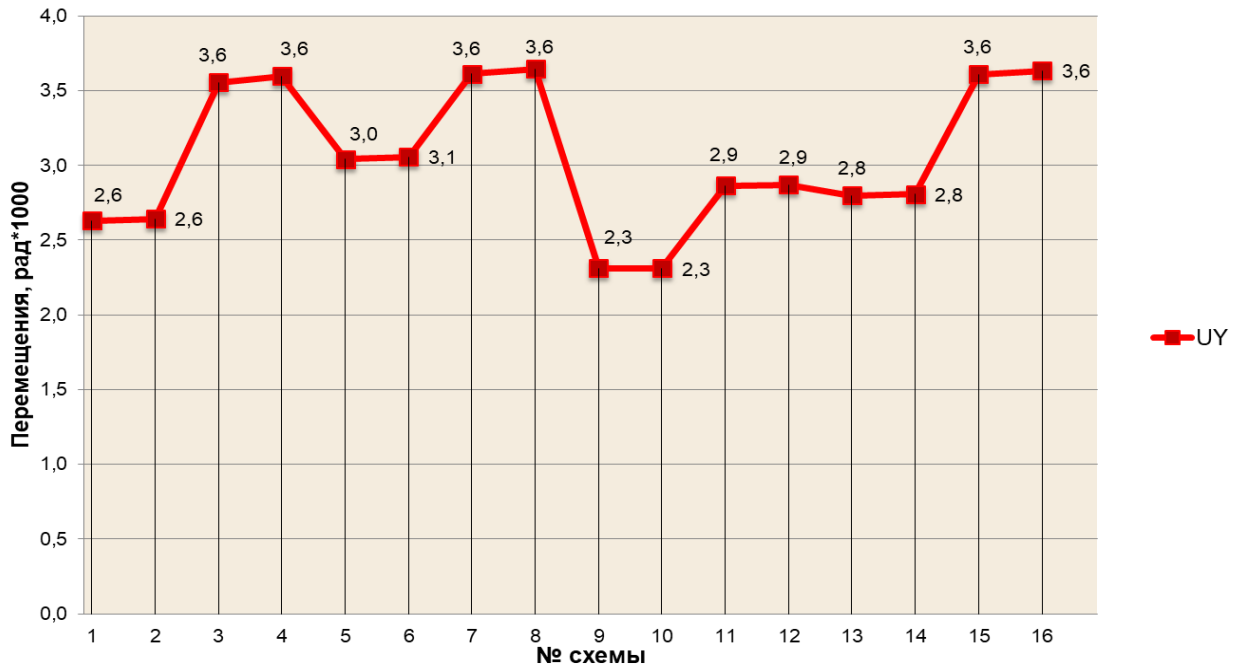


Рисунок 3 – График угла поворота вокруг оси Y шарнирном сопряжении ригеля с колонной

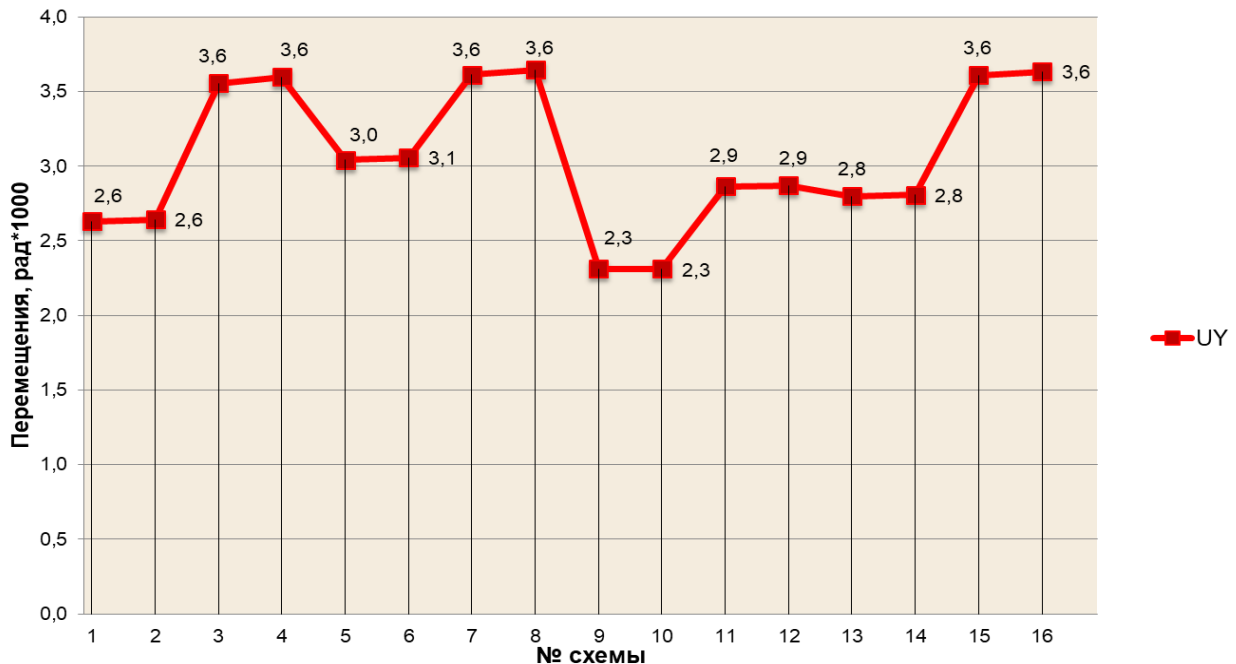


Рисунок 4 – График угла поворота вокруг оси Y жестком сопряжении ригеля с колонной

Анализ между средними значениями относительных величин всех схем, показал, что деформации при жестком сопряжении относительно шарнирного сопряжения ригеля с колонной по оси X уменьшаются на 82%, относительно оси Y увеличиваются на 15%, относительно оси Z уменьшаются на 40%, вокруг оси Y уменьшается на 12%. Для наглядности отразим значения на диаграммах (рисунок 5).

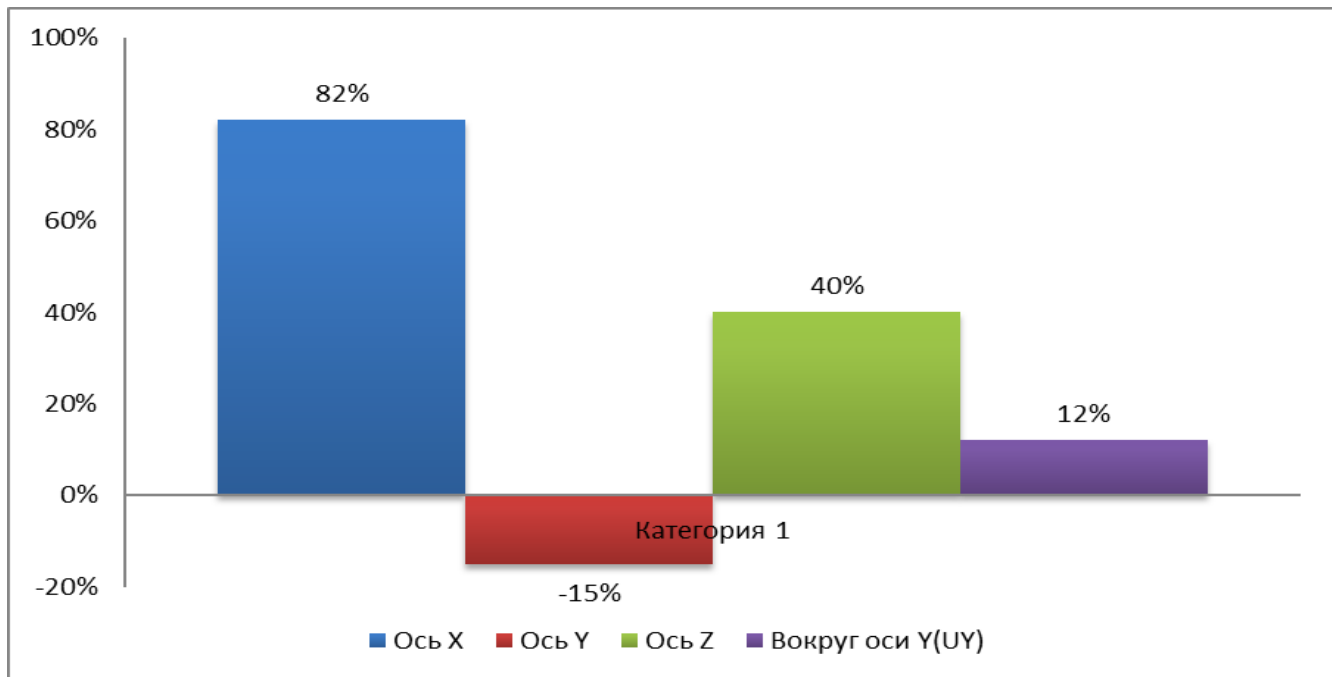


Рисунок 5 – Диаграмма деформаций в относительных величинах

Таким образом, жесткое сопряжение более эффективно с точки зрения обеспечения пространственной жесткости и наиболее эффективным вариантом оказалась схема №25 (жесткое сопряжение, пролет 24 м при шаге 6). Однако оценка материалоемкости всех моделируемых схем в среднем показала увеличение массы при жестком сопряжении.

Основные итоги и выводы:

1. Жесткое сопряжение ригеля с колонной повышает устойчивость к деформациям на 25...40%;
2. Вес конструкции при жестком сопряжении относительно конструкций с шарнирным сопряжением возрастает на 15...25%

Список литературы:

1. Дукарский, Ю.М. Инженерные конструкции. Металлические конструкции и конструкции из древесины и пластмасс: учебник / Ю.М. Дукарский, Ф.В. Расс, О.В. Мареева. – М.: ИНФРА-М, 2024. – 262 с.
2. СП 16.13330.2017 – Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*: Издание официальное – М.: Минстрой России, 2017. – 145 с.
3. Мареева, О.В. Металлические конструкции: учебное пособие / О.В. мареева, А.В. Кловский, Н.Н. Марина. – М.: Спутник+, 2020. – 149 с.
4. Металлические конструкции. Справочник проектировщика / под общ. ред. Н.П. Мельникова. – М.: Стройиздат, 1980. – 776 с.