

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ НА РАБОТУ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ

THE RESEARCH OF THE INFLUENCE OF WEBBING'S AND TRUSS JOINTS' RIGIDITY ON THE WORK OF METAL TRUSSES

*студент гр. ПС-21м Громыко А.С. (Юго-Западный
государственный университет)*

*к.т.н., доцент, научный руководитель. Сморчков А.А.
(Юго-Западный государственный университет)*

gr. PS-21m, Gromiko A.S. (Southwest State University)

*Research manager: Ph.D., assistant professor, Smorchkov A.A.,
(Southwest State University)*

Аннотация

Статья посвящена исследованию влияния жесткости узлов и элементов на работу металлических ферм. В работе отражены основные повреждения металлических ферм. Установлено, что фактическая жесткость узловых соединений может негативно повлиять на элементы фермы вследствие появления дополнительных моментов, а равно перенапряжения в стержнях фермы. Продемонстрирована зависимость предельной гибкости от расчетной длины и защемления.

Ключевые слова: металлическая ферма, жесткие узлы, устойчивость, предельная гибкость

Summary

The article is devoted to the influence of the rigidity of webbing and truss joints on the work of metal trusses. In this work the main defects of metal trusses are represented. It was found out, that the actual rigidity of the truss joints may adversely affect the webbing because of the appearance of excess torque and therefore there arise overstresses in the lattice. The dependence of the limit slenderness on the effective length and the fixing has been demonstrated.

Keywords: metal truss, rigid fixed truss joints, steadiness, limit slenderness

Важным фактором, влияющим на надёжность строительных конструкций, является точность расчёта. Поэтому путем совершенствования методики расчёта могут быть повышены экономическая эффективность и надёжность стальных каркасов. На практике часто возникает проблема адекватности расчёта жестких узлов их действительной работе. В большинстве случаев это связано с отсутствием достаточной информации по их фактическому напряжённому состоянию. Это может приводить к ошибочным результатам.

В фермах со стержнями, имеющими повышенную жесткость на изгиб, влияние жесткости соединений в узлах более значительно. Кроме того, моменты в узлах приводят к более раннему возникновению пластических деформаций в сечениях элементов, что снижает хрупкую прочность стали. Поэтому для двутавровых, трубчатых и Н-образных сечений стержней расчет ферм по шарнирной схеме допускается при отношении высоты сечения к длине не более $1/10$ для конструкции, эксплуатируемых при расчетной температуре ниже -40 °С. При превышении этих отношений следует учитывать дополнительные изгибающие моменты в стержнях от жесткости узлов. При этом осевые усилия можно определять по шарнирной схеме, а дополнительные моменты определять приближенно.[5]

Для оценки степени опасности дефектов и повреждений необходимо четкое представление об особенностях действительной работы элементов стальных конструкций в условиях эксплуатации. Исследование действительного состояния металлических конструкций в условиях эксплуатации позволяет выявить основные факторы, способствующие развитию повреждений, разработать систему мероприятий по предупреждению преждевременного износа и, следовательно, повышению долговечности производственных зданий.

Наличие тонкостенных гибких стержней, сложная конфигурация сечений, повышенная концентрация напряжений в узлах делает конструкции ферм покрытия чувствительными к общим и местным перегрузкам. Были случаи аварий стропильных и подстропильных ферм, связанные, как правило, с потерей устойчивости сжатых элементов трещинами в узловых фасонках [2].

К наиболее частым повреждениям стропильных ферм относятся: искривления и местные погибы элементов, отклонение ферм от вертикальной плоскости, расстройство болтовых соединений в опорных узлах. Трещины в узловых фасонках, являющиеся одним из наиболее опасных повреждений, встречаются относительно редко и связаны в основном с низким качеством стали, наличием острых

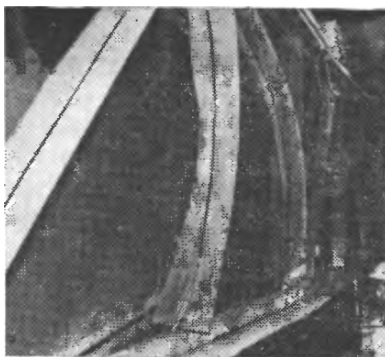


Рисунок 1. Искривление элементов фермы.

концентраторов напряжений и неудачным конструктивным решением узлов. Так, обварка торцов уголков решетки ферм приводит к появлению в фасонках однозначного поля растягивающих сварочных напряжений, что в сочетании с другими факторами может вызвать появление трещины

. Опасность возникновения трещин возрастает при эксплуатации конструкций при отрицательных температурах. Как правило, трещины в фасонках появляются в процессе монтажа и в первые годы эксплуатации. Этот вид повреждений проанализирован в [6].

Основной вид повреждений ферм — искривление стержней (81,8% всех повреждений). Стрелка искривления в отдельных случаях достигает 100 мм и превышает $1/50$ длины стержня (рис. 1).

Наибольшее число повреждений приходится на элементы решетки ферм. Основную опасность представляют повреждения сжатых элементов, частота искривления которых в 3 раза выше, чем растянутых. Стрелки искривления колеблются в широких пределах, составляя в среднем 10—15 мм, или $1/500$ — $1/300$ длины. Погнутости направлены в основном из плоскости фермы, что свидетельствует о недостаточной жесткости узлов в этом направлении.[4]

Наиболее часто повреждаются средние гибкие элементы решетки. Однако, искривления нижних поясов, хотя они и работают на растяжение, появляются значительно чаще. В основном эти искривления направлены из плоскости ферм, т. е. в направлении наибольшей гибкости.

Статистический анализ результатов обследования позволил выявить достаточно тесную связь между числом повреждений и сроком эксплуатации (коэффициент корреляции около 0,6).

Потеря несущей способности длинных гибких стержней при одновременном действии сжимающей силы и изгибающего момента происходит от потери устойчивости. При этом соответствующие состояния равновесия могут быть определены так же, как для центрального сжатия, с помощью энергетического баланса при вариации формы изогнутой оси стержня, а именно,

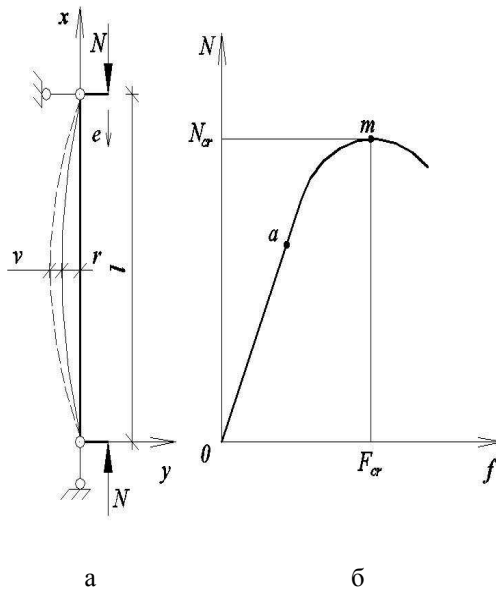


Рисунок 2. Работа внецентренно сжатого стержня.
 а — расчетная схема; б — зависимость между нагрузкой и прогибом стержня

$\delta A_i < \delta A_e$ — устойчивое состояние, — неустойчивое состояние,
 $\delta A_i = \delta A_e$ — критическое состояние.

Механическое поведение сжато-изгибаемого стержня можно проследить на графике $N-f$ (рис. 2).

В отличие от центрального сжатия здесь прогиб появляется с самого начала приложения нагрузки и возрастает с ее ростом, вначале линейно в соответствии с линейным поведением материала, а затем

график начинает отклоняться от прямой по мере развития в стержне пластических деформаций и заметного проявления геометрической нелинейности в работе стержня (участок $a-m$ на рис. 2, б). Наибольшая несущая способность стержня (точка m на графике) соответствует критическому состоянию $N_{max} = N_{cr,e}$. Левее точки m — устойчивое состояние, правее — неустойчивое.[3]

Сжатые стержни слабо сопротивляются изгибу, так как деформации от поворота и осевого усилия направлены у них в одну сторону, кроме того, они могут терять устойчивость одновременно.

Таким образом, чем больше растянутых стержней примыкает к сжатому стержню, и чем они мощнее, т.е. чем больше их погонная жесткость, тем выше степень защемления стержня и меньше его расчетная длина.

При расчете ферм со стержнями из уголков или тавров предполагается, что в углах системы — идеальные шарниры, оси всех стержней прямолинейны, расположены в одной плоскости и пересекаются в центрах узлов. Стержни такой идеальной системы работают только на осевые усилия: напряжения найденные по этим усилиям, являются основными. В связи с фактической жесткостью

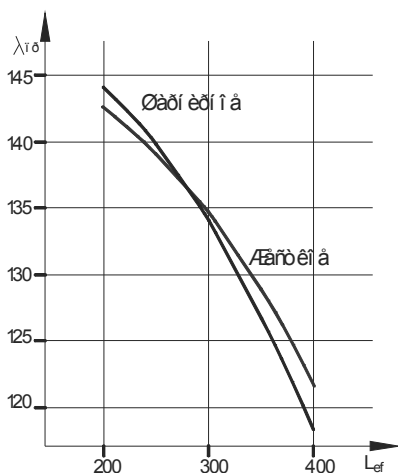


Рисунок 3. График зависимости предельной гибкости от расчетной длины и защемления.

узловых соединений в стержнях фермы возникают дополнительные напряжения и моменты, которые расчетом не учитываются. При использовании коэффициента продольного изгиба - φ делается

предположение о шарнирном опирании его концов, поэтому встаёт проблема выбора так называемых расчётных длин элементов.[1]

Взяв во внимание эту проблему, была сделана теоретическая модель металлической фермы из спаренных уголков и тавров. Расчет произведен двумя способами: по классической схеме, где узлы фермы являются идеальные шарниры, и с жесткими узлами. Сравнение результатов двух расчетов показало, что в модели с жесткими узлами напряжение в растянутых стержнях оказалось на 3-4% больше, чем в модели с шарнирными узлами, а в сжатых было отмечено как перенапряжение в промежутке от 3% до 25%, так и недонапряжение в среднем на 6%.

Проведенные исследования показали, что важным фактором, влияющим на несущую способность элементов является учет жесткости узлов. При расчёте теоретической модели фермы, учет жёсткости узлов оказал влияние на перераспределение внутренних усилий и появление изгибающих моментов. Расчёт сжато-изгибаемых элементов с жестким защемлением показал, что увеличение расчетной длины снижает напряжения в стержнях относительно элемента с шарнирным креплением, а также ведет к увеличению предельной гибкости сжато-изогнутого стержня. Это можно видеть на рис. 3.

Список литературы:

1. Артёмов А. А. Устойчивость стержневых элементов, работающих в составе решетчатых конструкций – Автореф. на соиск. учен, степени канд. техн. наук. М., 2004.
2. Беляев Е. И., Корниенко В. С. Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения. М., 1968.
3. Кудишин Ю. И. Металлические конструкции : учеб . для вузов по специальности "Пром. и гражд. стр-во" направления подгот. "Стр-во ; под ред. Ю. И. Кудишина. - 10-е изд., стер. - М. : Академия, 2007.- 680 с.
4. Лашенко М. Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений. Л., 1969.-154 с,
5. Рекомендации по проектированию структурных конструкций[Текст]/ Центр. н.-и ин-т строительных конструкций им. Кучеренко. — М.: Стройиздат, 1984. - 303 с.
6. Сильверстров А. В., Бирюлев В. В., Надеяев В. Д. Причины хрупкого разрушения стальных ферм. —Пром. стр-во, 1970, № 10.