

Пискарьёва Татьяна Ивановна,
к.т.н., доцент, ОГУ
Piskaryova Tatyana Ivanovna
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, OSU

Осокин Дмитрий Сергеевич, студент
РГУ нефти и газа (НИУ)
имени И.М. Губкина филиал в г Оренбург
Osokin Dmitry Sergeevich, Student
Gubkin Russian State University of Oil and Gas
(National University) Branch in Orenburg

ОБЗОР КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФЕРМ ПРАТТА И УОРРЕНА REVIEW OF THE DESIGN FEATURES OF PRATT AND WARREN FARMS

Аннотация. В данной статье рассматривается исследование прочности ферм Пратта и Уоррена. Проанализированы особенности распределения сил в элементах конструкций, их устойчивость к прогибу и разрушению. Установлено, что ферма Пратта демонстрирует лучшую жесткость при вертикальной нагрузке, а ферма Уоррена – более равномерное распределение напряжений.

Abstract. This article examines the strength of Pratt and Warren trusses. The characteristics of force distribution in structural elements, as well as their resistance to deflection and failure, are analyzed. It is established that the Pratt truss exhibits superior rigidity under vertical loading, while the Warren truss exhibits a more uniform stress distribution.

Ключевые слова: Ферма Пратта, ферма Уоррена, прочность, распределение усилий, оптимизация конструкций.

Keywords: Pratt truss, Warren truss, strength, force distribution, design optimization.

Ферменные конструкции оказали огромное значение на развитие мировой строительной индустрии. Они являются основой многих инженерных сооружений, где требуется перекрытие больших пролетов при минимальных затратах материалов, денег и времени. Фермы Пратта и Уоррена стали наиболее популярными благодаря небольшому расходу материалов и относительной простоте изготовления [1].

В ферме Пратта вертикальные элементы работают на сжатие, а диагональные – на растяжение. Это является её главным преимуществом, так как для растянутых элементов можно использовать более тонкие и легкие стержни, что уменьшает затраты на материалы. Диагональные элементы направлены от опор к центру пролета, такая схема наиболее эффективна в конструкциях, где преобладает вертикальная нагрузка, приложенная в узлах верхнего пояса. Благодаря этому данную ферму часто используют при строительстве мостов и перекрытий зданий. Схема фермы Пратта приведена на рисунке 1.

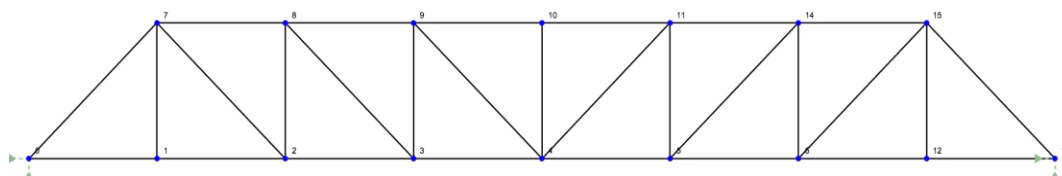


Рис. 1 Схема фермы Пратта

Ферма Уоррена, в свою очередь, состоит из одинаковых равнобедренных треугольников, без вертикальных элементов. Чередующиеся диагонали работают попеременно на сжатие и растяжение в зависимости от точки приложения нагрузки. Такая схема обеспечивает равномерное распределение усилий и высокую устойчивость конструкции. Отсутствие вертикальных элементов упрощает конструкцию и снижает затраты на материалы, однако может потребовать применения более мощных диагоналей. Схема фермы Уоррена приведена на рисунке 2.

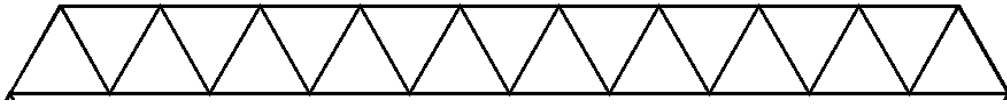


Рис. 2 Схема фермы Уоррена

Выбор между фермой Пратта и Уоррена зависит от множества факторов такие как: величина пролета, характер действующих нагрузок и требования к жесткости. Проведение сравнительного анализа конструктивных параметров позволяет объяснить выбор наиболее эффективной конструкции для конкретных условий эксплуатации.

В данной работе проведен анализ распределения внутренних усилий является главной задачей строительной механики, которая позволяет определить несущую способность и надежность конструкции. В фермах Пратта и Уоррена распределения усилий существенно отличаются друг от друга, по этой причине область их применения также различна.

В ферме Пратта при воздействии на неё вертикальной силы наибольшую нагрузку испытывают элементы в средней части пролета: верхний пояс испытывает сжимающие усилия, а нижний растягивающие. В центральной части фермы диагональные элементы практически не нагружены, зато ближе к опорам эти элементы испытывают максимальное растяжение. Вертикальные стойки (кроме центральной) в основном сопротивляются сжатию. Благодаря такому понятному распределению ролей, инженеры могут подбирать для каждого элемента оптимальное сечение: для растянутых диагоналей – более тонкие и гибкие стержни, а для сжатых вертикалей – прочные элементы, устойчивые к изгибу [2].

В отличие от фермы Пратта, ферма Уоррена распределяет нагрузку между элементами более равномерно. В зависимости от места приложения нагрузки диагональные стержни попеременно испытывают то сжатие, то растяжение. Наибольшие усилия, как и следовало ожидать, возникают в элементах, расположенных ближе к опорам. Отсутствие вертикальных элементов приводит к тому, что верхний и нижний пояса принимают на себя большую часть изгибающего момента. Из-за большей длины элементов решетки жесткость фермы Уоррена на поперечный изгиб немного ниже, чем у фермы Пратта той же высоты. Однако этот недостаток компенсируется устойчивостью конструкции к несимметричным и динамическим нагрузкам благодаря симметричной и однородной структуре.

При сравнении ферм Пратта и Уоррена, мы использовали разные способы расчетов. Во-первых, можно посчитать вручную, используя классические методы вроде вырезания узлов; а во-вторых, можно применить современные компьютерные программы.

Как оказалось, ферму Пратта рассчитать проще, так как при определенных нагрузках некоторые ее элементы их не испытывают, что упрощает расчет. А вот в ферме Уоррена все стержни обычно задействованы, поэтому считать приходится полностью всю систему [3].

Благодаря компьютерному моделированию было установлено, что ферма Пратта, благодаря наличию вертикальных стоек, имеет меньший максимальный прогиб при вертикальных нагрузках, а ферма Уоррена показывает лучшую устойчивость к нагрузкам, приложенным в узлах нижнего пояса [4].

С точки зрения трудоемкости изготовления ферму Уоррена сделать намного проще из-за меньшего количества сложных деталей.

Результаты сравнения двух ферм представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ ферменных конструкций.

Параметр	Ферма Пратта	Ферма Уоррена
Конструктивные особенности	Вертикальные стойки + диагональные раскосы	Только диагональные элементы, образующие треугольники
Работа элементов	Вертикали – сжатие, диагонали-растяжение	Диагонали попеременно на сжатие/растяжение
Распределение усилий	Неравномерное, максимум в центральной части	Более равномерное по всем элементам
Жёсткость при вертикальной нагрузке	Высокая (меньший прогиб)	Средняя (прогиб на 15-20% больше)
Устойчивость к динамическим нагрузкам	Средняя	Высокая
Стоимость изготовления	Выше из-за большего количества элементов	Низкая
Трудоёмкость монтажа	Средняя	Ниже за счет унификации деталей
Эффективность использования материала	0.85-0.90	0.90-0.95
Оптимальная область применения	Мосты, перекрытия зданий, крановые конструкции	Большепролетные конструкции, динамически нагруженные объекты
Сложность расчета	Ниже (некоторые элементы не нагружены)	Выше (все элементы работают)

Проведенное исследование показало, что ни одна из рассмотренных ферменных схем не имеет абсолютного преимущества. Выбор между фермой Пратта и Уоррена зависит от конкретных условий проекта и эксплуатационных требований.

Ферма Пратта демонстрирует максимальную эффективность при действии статических вертикальных нагрузок, обеспечивая минимальные прогибы благодаря рациональному распределению усилий между элементами.

В свою очередь, ферма Уоррена проявляет лучшую устойчивость к динамическим и несимметричным воздействиям, а её однородная структура обеспечивает технологичность изготовления и удобство эксплуатации.

Важным направлением дальнейших исследований является оптимизация геометрических параметров ферм для конкретных применений, а также разработка гибридных решений, сочетающих преимущества обеих схем.

Список литературы:

1. Иванов, А. В. Современные ферменные конструкции в мостостроении / А.В. Иванов, С.К. Петров. – Москва: Стройиздат, 2023.
2. Сидоров, К. Л. Компьютерное моделирование несущих конструкций: анализ ферменных систем / К. Л. Сидоров. – Санкт-Петербург: Политехника, 2021.
3. Козлов, Д. В. Методы расчета строительных конструкций / Д. В. Козлов. – Москва: АСВ, 2019.
4. Григорьев, П. С. Проектирование стальных конструкций. Особенности расчета ферм / П. С. Григорьев, М. К. Федоров. – Москва: Инфра-Инженерия, 2017.

