

## РАСЧЁТ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ФЕРМЫ

<sup>1</sup>Котов В.В., <sup>1</sup>Нижник Д.А., <sup>1</sup>Ковальчук Д.Ю.

<sup>1</sup>Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

**Аннотация.** В статье приведен расчёты на прочность плоской металлической фермы. Составлены уравнения равновесия и посчитаны реакции в опорах. Приведена 3D модель фермы и карты результатов.

**Ключевые слова.** Ферма, расчёты на прочность, металлоконструкция, уравнения равновесия, КОМПАС-3D, APM FEM.

## CALCULATION OF THE METAL STRUCTURE OF THE FARM

<sup>1</sup>Kotov V.V., <sup>1</sup>Nizhnik D.A., <sup>1</sup>Kovalchuk D.Yu.

<sup>1</sup>Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

**Annotation.** The article presents calculations for the strength of a flat metal truss. The equilibrium equations are compiled and the reactions in the supports are calculated. A 3D model of the farm and maps of the results are given.

**Keywords.** Farm, strength calculations, metal structures, equilibrium equations, COMPASS-3D, APM FEM.

Ферма — это конструкция, которая состоит из большого количества металлических стержней. Они соединены между собой таким образом, что образуют решетки разной геометрии. Места соединений называют узлами. Именно на них приходится основная нагрузка, а на стержни – осевая. За счет этого достигается высокая прочность конструкции [2,3].

Самый наглядный пример металлической фермы – железнодорожный мост. Его боковые части, а также верхний пролет представляют собой решетчатые системы, основу которых задают балки. Это и есть фермы.

Но фермы считаются более целесообразными и экономически выгодными, когда речь идет о пролетах от 15 м и больше. Для этого есть несколько причин:

- Конструкция весит меньше.
- Расходуется меньше стали.
- Высокая прочность и жесткость конструкции.

Чем больше пролет, тем рациональнее использовать металлические фермы. В гражданском строительстве геометрия решеток делает конструкции привлекательнее, что позволяет применять их в декоративных целях [1,4].

Фермы различают по работе в пространстве:

Плоская ферма – самый распространенный вариант, когда все элементы расположены в одной плоскости. Такая конструкция хорошо справляется с вертикальной нагрузкой, например, со снеговой. А вот вертикальные или ветровые нагрузки делают фермы неустойчивыми, поэтому их соединяют между собой раскосами и стойками. Пространственные фермы образуют жесткий пространственный брус, способный воспринимать нагрузку, действующую в любом направлении.

Фермы так же различают по очертанию поясов:

- Параллельная
- Сегментная
- Полигональная
- Сегментная и полигональная фермы
- Трапецевидная
- Треугольная

В нашем исследовании была взята плоская треугольная ферма.

Была составлена расчётная схема фермы с указанием действия сил, она представлена на рисунке 1.

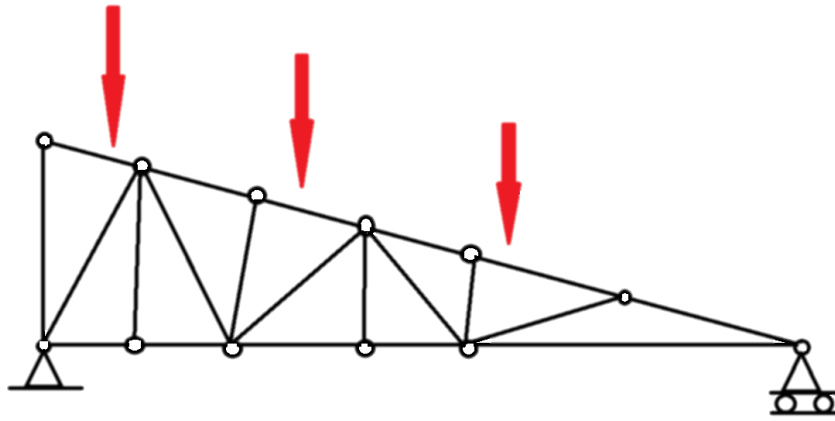


Рисунок 1 – Расчётная схема фермы

Были взяты входные данные для исследования фермы, на прочность которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Входные данные

Входные данные	
Давление которое оказывается на конструкцию	20 кН
Длина стержня АВ	2м
Длина стержня АС	4м
Длина стержня ВС	4,472м

Далее были найдены реакции в опорах, для этого были составлены уравнения равновесия.

$$\sum_x = 0$$

$$\sum_{Ma} = 0 \quad \sum_{Ma} = 0: q \cdot 4 \cdot 2 - R_B \cdot 5 \rightarrow R_B = \frac{q \cdot 4 \cdot 2}{5} = 8$$

$$\sum_{Mb} = 0 \quad \sum_{Mb} = 0: -q \cdot 4 \cdot 2 - R_a \cdot 5 = 0 \rightarrow R_a = \frac{-q \cdot 8}{5} = -8$$

$$0 \equiv 0$$

Далее были посчитаны опоры в стержнях методом вырезания узлов.

$$\sum_x = 0: -N_2 + N_1 \cos 53^\circ = 0$$

$$\sum_y = 0: 5 \cdot N_1 \sin 53^\circ = 0$$

$$N_1 = \frac{5}{\sin 53^\circ} = 7$$

$$N_2 = -N_1 \cos 53^\circ = -7 \cdot \cos 53^\circ = -4$$

Для создания 3Dмодели была использована программа КОМПАС-3D, а для расчёта на прочность была использована библиотека APM FEM. 3D модель фермы представлена на рисунке 2.

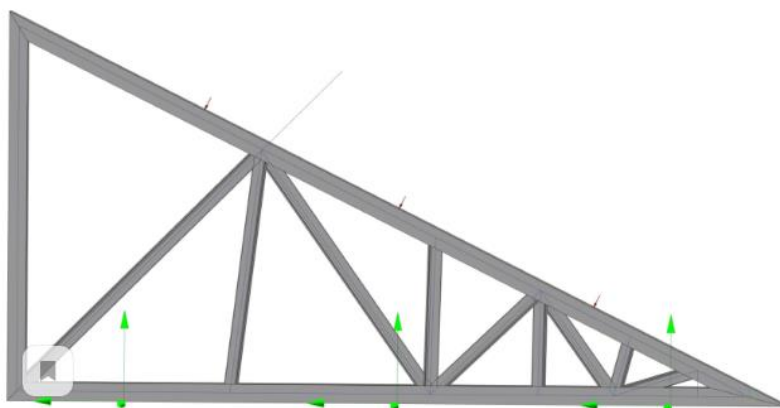


Рисунок 2 – 3D модель фермы

После этого были указаны закрепления и нагрузки, действующие на модель. Для проведения расчётов была сгенерирована конечно-элементная сетка, сетка представлена на рисунке 3.

Наименование	Значение
Тип элементов	10-узловые тетраэдры
Максимальная длина стороны элемента [мм]	100
Максимальный коэффициент сгущения на поверхности	1.2
Коэффициент разрежения в объеме	1.5
Количество конечных элементов	6547
Количество узлов	14205

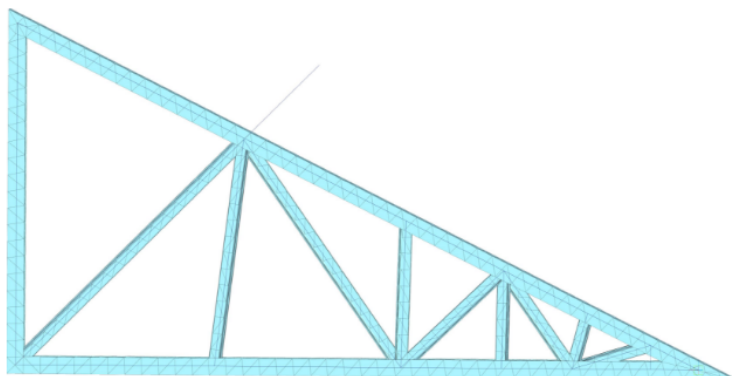


Рисунок 3 – Конечно-элементная сетка с её характеристиками.

Далее были проведены расчёты на эквивалентное напряжение, суммарное линейное перемещение, коэффициент запаса по текучести и коэффициент запаса по прочности. Карты результатов, представленные на рисунках 4, 5, 6 и 7.

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Эквивалентное напряжение по Мизесу	SVM [МПа]	0	148.403029

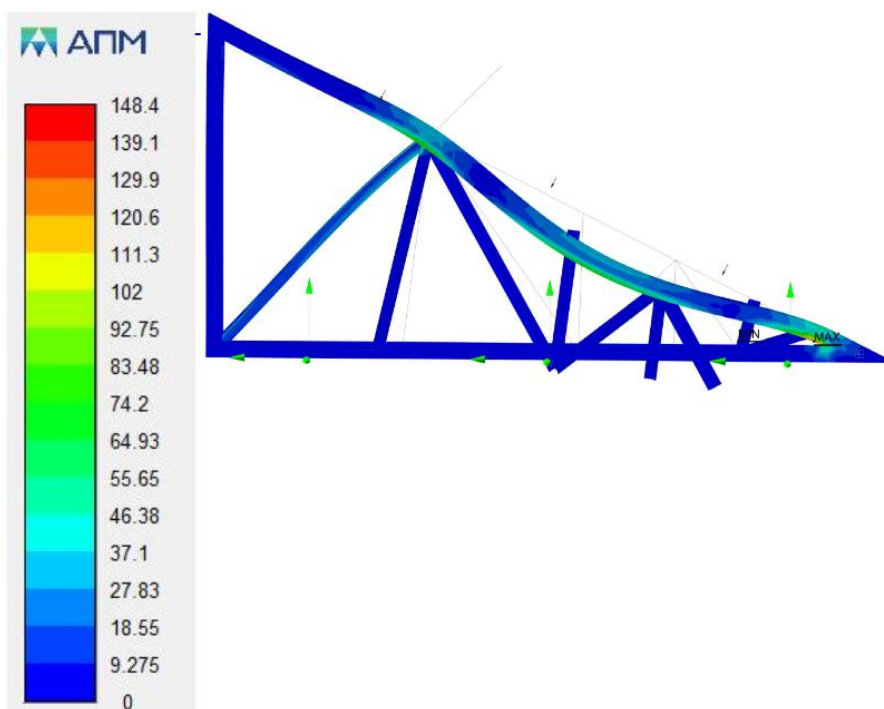


Рисунок 4 – Эквивалентное напряжение.

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Суммарное линейное перемещение	USUM [мм]	0	3.549478

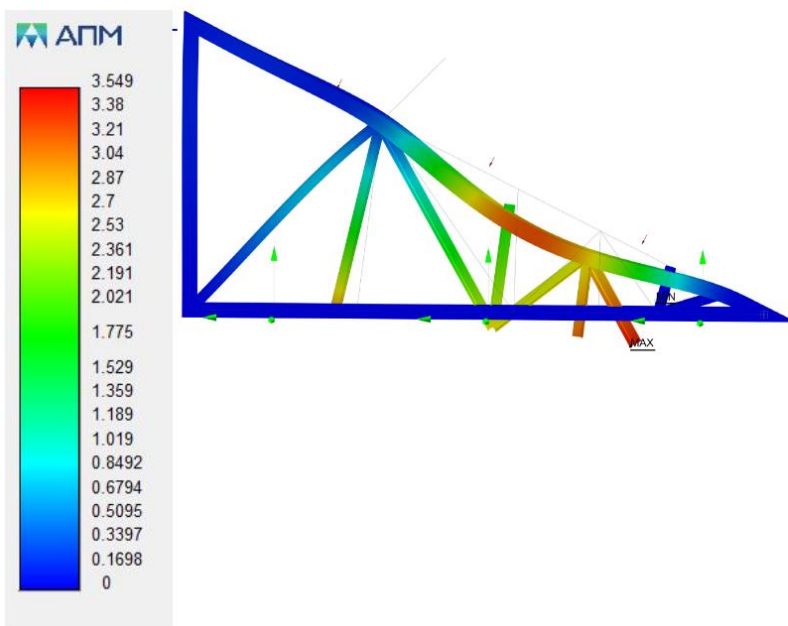


Рисунок 5 – Суммарное линейное перемещение.

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по текучести		1.640178	10

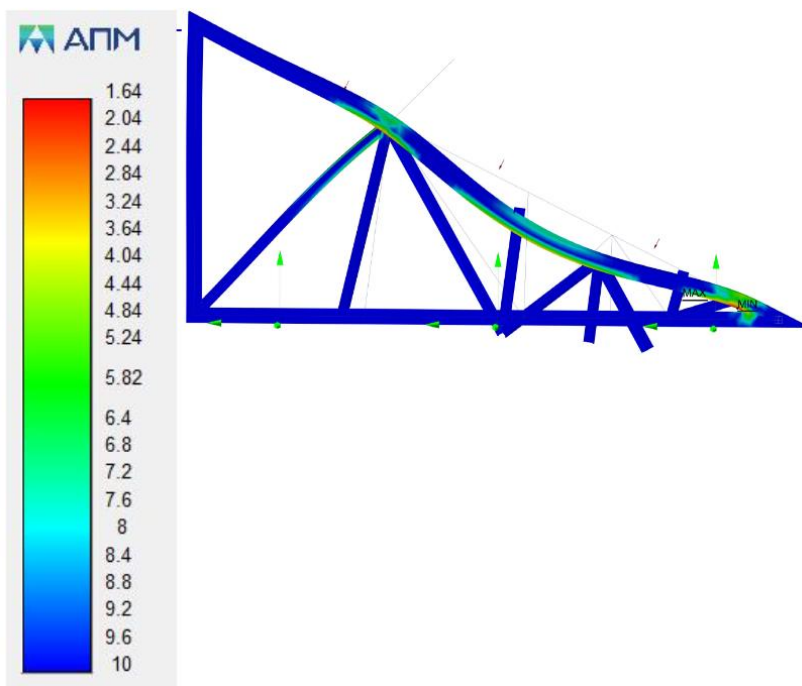


Рисунок 6 – Коэффициент запаса по текучести

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по прочности		2.861587	10

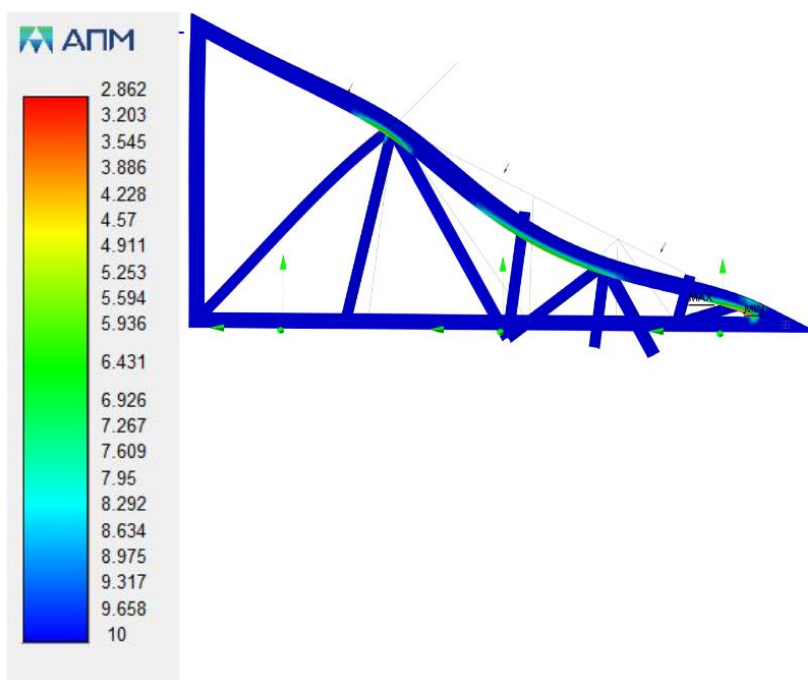


Рисунок 7 – Коэффициент запаса по прочности

#### Список использованных источников

1. Бокарев С.А. Совершенствование методики оценки грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов / С. А. Бокарев, А. А. Ращепкин // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2006. – № 2(13). – С. 177-186.
2. Бондарь И.С. Диагностика и мониторинг балочных пролетных строений железнодорожных мостов / И.С. Бондарь, М.Я. Квашнин, С.А. Косенко // Материалы IX Международной научно-технической конференции «Политранспортные системы» по направлению «Научные проблемы реализации транспортных проектов Сибири и на Дальнем Востоке». Новосибирск: СГУПС. - 2017, - С. 35 – 43.
3. Фермы металлические: виды, проектирование, этапы изготовления и монтаж/<https://vt-metall.ru/articles/753-ferma-metalicheskaya>
4. Абашев Л.П., Зуева И.И. Проектирование и расчет стальных ферм/